

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра Технології та обладнання переробних і харчових виробництв

Пояснювальна записка
до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти
«магістр»
на тему: «Підвищення ефективності технологічного процесу завантаження
силосів зерном»

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо- професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
назва ОПП
спеціальності « 208 Агроінженерія»
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «магістр» групи 3
Щербаков Р.В.
прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: к.т.н, професор Арендаренко В.М.
прізвище та ініціали керівника
Рецензент: к.т.н., доцент Харак Р.М.
прізвище та ініціали керівника рецензента

РЕФЕРАТ

Основна частина дипломної роботи виконана на 68 сторінках пояснювальної записки і 6 фоліях, відображена у 2 таблицях та 20 рисунках.

Пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 32 найменувань та 2 додатків.

Тема кваліфікаційної роботи: «Підвищення ефективності технологічного процесу завантаження силосів зерном».

Мета роботи – розробка та наукове обґрунтування ефективного способу завантаження силосів зерном без його травмування.

Об'єкт дослідження – механізований процес завантаження силосів зерновим вантажем.

У першому розділі розглянуто існуючі на сьогоднішній технічні пристрої і засоби завантаження силосів зерновим матеріалом,

В другому розділі досліджено та обґрунтовано вигляд та структуру теоретичної моделі швидкості руху зерна у гофрованому рукаві та схід його із тороподібної тарілки на дно силосу, Визначені основні параметри ковшових елеваторів, оснащених полімерними ковшами логарифмічної форми. Наведена методика проведення дослідів з використанням лабораторної установки.

У третьому розділі наведені результати експериментальних досліджень функціонування завантажувального пристрою оснащеного тороподібною тарілкою. Встановлено, яким чином змінюється сегрегація зернового насипу. Наведені залежності ступені ушкодження насіння озимої пшениці при її взаємодії із ковшем норії котра оснащена металевими і полімерними ковшами.

У четвертому розділі представлена екологічна експертиза елеваторного виробництва, розглянуті питання охорони праці, наведено заходи щодо їх покращення. Проведено техніко - економічне обґрунтування пристрою

Ключові слова: ЗЕРНО, ЕЛЕВАТОР, НОРІЯ, КІВШ, ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ТРАВМУВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ВСТУП

Основною особливістю виробництва зерна являється сезонність, тому необхідно створювати запаси і зберігати зерно для задовольнення поточних потреб населення і для сівби. Зберігається зерно у відповідних сховищах.

Для зберігання зерна в Україні широко використовуються сучасні енергоощадні технології і циліндричні ємності для довготривалого зберігання зерна, у таких спорудах як силоси. За типами конструкцій елеватори можуть бути прямокутними заввишки від 50 до 60 м та силосні споруди висотою до 45 метрів [1]/ Проте сучасні технології дають найбільший економічний ефект, тому, що сучасна техніка та технології забезпечують раціональне (розумне) використання енергії і сировини. Сучасні силосні корпуси дозволяють ефективно працювати з зерном та гарантувати йому високу якість при довготривалому зберіганні.

Елеваторне підприємство являється стаціонарним зерносховищем, до складу якого входять машини по сушінню зерна, очистці його, зберіганню і транспортуванню. Елеватор виконує цілу низку важливих функцій по переробці зерна. Протягом значного періоду елеваторне підприємство приймає зерно на зберігання – сирого, засміченого, не готового до споживання та зберігання – до відвантаження споживачам чистого, сухого, та якісного зерна.

Більшість сучасних елеваторів завантажують силосні споруди самопливним способом. При такому способі завантаження зерно із значної висоти падає на бетонну основу силосу і ушкоджується. Внаслідок такого гравітаційного завантаження у нижній частина силосу накопичується значна частина травмованого зерна. Таке зерно може негативно впливати на увесь процес функціонування силосу [2, 3]. Для того щоб позбутись цього негативного явища необхідно на початковій стадії завантаження використовувати спеціальна пристрої котрі б зменшували швидкість падіння зерна на бетонне дно силосу.

Відомо, що ушкоджене зерно, яке накопичується у нижній частині силосу менш стійке до зберігання і в його об'ємі інтенсивно розвивається

патогенні мікроорганізми. Нижній травмований об'єм зерна інтенсивно дихає в наслідок чого виділяється значна кількість тепла і цей об'єм само зігрівається передаючи тепло вищим шарам зерна. Такі фізичні процеси котрі відбуваються у зерновому матеріалі приводять до порчі зерна або його повної загибелі. Вище сказані проблеми пов'язані із завантаженням зерна у силоси без його травмуванням являються *актуальними питаннями* ошадного завантаження силосів зерном з використанням транспортуючих і завантажувальних пристроїв котрі б обережно доставляли зерно в силоси для зберігання.

Для комплексного рішення цих задач з метою підвищення ефективності всього технологічного процесу завантаження доцільно дослідити роботу ковшових елеваторів і запропонувати виробникам шляхи усунення травмування зерна ковшами. З другого боку необхідно розробити і дослідити роботу завантажувального пристрою котрий складається із гофрованого рукава і тороподібної тарілки. Даний пристрій повинен опускатись до дна силосу і по мірі заповнення його зерном підніматись вгору.

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування елеваторів при завантаженні силосів зерновим вантажем. Дослідженню підлягає процес зачерпування зерна ковшами ковшовими елеваторами та процес завантаження силосів зерном. Для досягнення поставленої нами мети необхідно було вирішити *наступні задачі*:

- провести аналіз існуючих ковшових елеваторів які використовуються на елеваторних підприємствах;
- провести аналіз існуючих завантажувальних пристроїв для обережного завантаження силосі зерном;
- дослідити параметри завантажувального пристрою з тороподібною тарілкою;
- дослідити рух зерна по робочим поверхням завантажувального пристрою із різними торцевими поверхнями;
- на виробництві дослідити травмування зерна ковшовим елеватором оснащеним металевими і полімерними ковшами логарифмічної форми ;

- представити результати експериментальних досліджень направлених на підвищення ефективності технологічного процесу завантаження силосів зерном;

- виконати техніко-економічні розрахунки про доцільність використання розробленого завантажувального пристрою.

Об'єкт дослідження – процес завантаження зерном силосів без його травмування.

Предмет дослідження - технологічна лінія транспортування зерна до горловини силосу і завантажувальний пристрій торцевого типу.

Методи досліджень – аналіз, порівняння, спостереження, синтез, експеримент.

Теоретична значущість – представлена теоретична модель руху зернового вантажу у гофрованому рукаві та в тороподібному завантажувальному пристрої. За допомогою моделі можна визначити швидкість сходу зерна із робочих поверхонь пристрою.

Практична значущість – розроблений завантажувальний пристрій котрий розміщується в середині силосу і складається із рухомого гофрованого рукава, механізму підйому і опускання, та торцевої тарілки. Запропонований пристрій запобігає травмуванню зерна, зменшує сегрегацію зернового насипу та рівномірно розподіляє зерно в силосній ємності. Для даного пристрою обґрунтована швидкість сходу зерна із його робочих поверхонь. Запропонований полімерний ківш логарифмічної форми який не ушкоджує зерно при його входженні у завальну яму.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Фізико-механічні властивості насіння і їх вплив на процес завантаження силосів зерном

Проектування і розрахунок робочих органів машин для механізації завантаження силосів потребує попереднього технологічного обґрунтування елементів їх конструкцій з урахуванням технологічних властивостей зерна. Ці властивості визначаються головним чином морфологічною будовою і фізико-механічними властивостями зернівок і зерновою масою [4].

Знання будови зернівок різних культур дає можливість встановити технологічні регулювання машин і режими їх роботи при транспортуванні зернової маси до завантажувальних пристроїв силосу. Крім того знання будови зернівок дає можливість виробникам і вченим досконало вивчити механічні пошкодження зерна під час його завантаження у силоси, та розробити ощадні технології і обладнання котрі зменшать ушкодження зерна.

Фізико-механічні властивості зерна не володіють строгою постійністю і мають великий діапазон змін в залежності від багатьох причин [5, 6].

Фізико-механічні властивості зерна характеризуються наступними показниками: формою насіння, характером поверхонь, абсолютною і питомою вагою, скловидністю, гігроскопічністю, пружністю, і т.п. Але не всі вони в однаковій мірі впливають на механічне ушкодження зерна.

Найбільший вплив на ушкодження зерна чинить форма зерна і стан поверхні, розміри (лінійні і вагові) показники, щуплість, вологість, скловидність. На механічне ушкодження зерна чинять такі показники, як гігроскопічність, сипучість, теплові властивості (теплоємність, теплопровідність і т. п.).

Зерно, це складна біологічна система, складові якої володіють різними механічними властивостями, це значить що вони по різному опираються до руйнування з одночасною зміною форми [4].

Форма і стан поверхні зерна може бути різною, і як правило, вони характерні культурі, виду і сорту. Але навіть в межах одного виду, сорту форма і поверхонь зерна можуть значно відрізнятись в залежності від умов розвитку та інших природних факторів. Існує багато класифікацій зерна по його формі, дослідники в основному використовують класифікацію розроблену Н.Н.Ульріхом. Згідно з цією класифікацією зерно ділиться на п'ять класів: кулеподібні, чечеподібні, еліптичні, видовжені, трикутні. Незважаючи на те, що зерно деяких культур не мають правильної геометричної форми, перераховані групи форм зерна охоплюють більшу частину польових культур.

Поверхня зерна може бути гладкою і глянцевою, шершавою, ребристою, бугристою або зморщиною.

Ці властивості чинять великий вплив на транспортування зерна до горловини силосу та під час його подачі в його середину.

Поверхня зерна залежить не тільки від властивостей даної рослини, вона також змінюється під впливом зовнішніх умов.

Розмір або величина зерна. Розмір зерна різних культур дуже різноманітний, коливання його усугубляється під впливом індивідуальних особливостей кожної окремої рослини і зовнішньої дії. Розмір зерна визначається довжиною, шириною і товщиною. Крупне і дрібне зерно – це категорія розмірних показників а важке і легке зерно – показники вагові.

Найбільш стійким є розмірний признак - довжина зерна, а ширина і товщина легко змінюються під впливом зовнішнього середовища. Під впливом вологості лінійні розміри зерна міняються у неоднаковій мірі.

При високій вологості сильно збільшується ширина (на 10,8%), товщина (на 6,2%). Цю особливість зерна необхідно враховувати при виборі транспортного обладнання, так як мікропошкодження вологого зерна більші ніж сухого.

Маса 1000 зернинок є одним із найбільш стабільних показників у межах сорту. Вирівнювання зерна – ступінь однорідності окремих зернівок, які

складають зерновий вантаж по тому чи іншому показнику (велике, вологе, колір і т.п.).

На елеваторах вантажні роботи виконуються по таким показникам, як вологість і розміри. При переробці вирівняного зерна покращується процес транспортування зернової маси до ємностей де воно буде зберігатись.

По даним А.Н. Семенова [7], найбільше вирівнювання зерна досягається по товщині і ширині, значно нижче зерно вирівнюється по довжині.

Важливим фактором, який визначає якість насіннєвого матеріалу, являється його вологість. При дослідженні цього питання рядом авторів були отримані, здавалось би, цілком суперечні результати. Так, деякі дослідники стверджують, що із збільшенням вологості зерна здатність його до пошкодження збільшується. Другі ж дослідники стверджують, що із зменшенням вологості зерна здатність його до пошкодження збільшується.

Причиною таких суперечливих результатів є те, що дослідження проводились у досить вузькому діапазоні зміни вологості зерна. Приймавши більш широкі межі зміни вологості зерна дослідники виявили складний характер зміни травмування зерна. Мінімальне травмування насіння спостерігалось при кондиційній вологості початкового матеріалу. Зміна вологості у бік зниження або збільшення супроводжується різкому росту травмуванню зерна. У першому випадку це відбувається по причині зменшенню опірності ударним навантаженням, а по другому - за рахунок зниженню міцності верхніх частин зерна.

Вологість. Вміст вологи в зерні має велике значення у технологічному процесі завантаження силосів зерновим вантажем. Зерно всіх рослин має свою гігроскопічність. Цей показник необхідно враховувати при підборі вантажно-розвантажувального обладнання.

Виходячи із вище описаного, при проектуванні транспортних машин, встановлені технологічних регулювань і режимів роботи необхідно враховувати морфологічну будову і фізико-механічні властивості зерна.

1.2. Причини пошкодження зерна транспортними машинами

Під час завантаження зернового вантажу у силос відбувається багаторазова взаємодія зерна з робочими органами транспортних машин. При цьому на зерно діють всі види механічних зусиль: статичні, динамічні і сили котрі змінюються як за величиною так і за знаком. Такі механічні зусилля являються основними причинами пошкодження зерна.

Відомо, що кількість механічних пошкоджень зерна робочими органами транспортних машин – результат дії двох факторів. Перший – дія на зерно робочих органів (ковшів, шкребків, шнеків, ланцюгів і т.п.), це зовнішні фактори. Другий фактор – природна міцність самого зерна.

Чисельні дослідження зерна різних культур і сортів показали, що природна механічна міцність зерна коливається в дуже широких межах і залежить від культури, сорту, вологості зерна і його розмірів, виду, механічного зусилля (стиску, удару, тертя, зсуву), положення зерна, виду матеріалу з якого виготовлені робочі органи транспортних машин. Отже, для одного і того ж робочого органу, при однакових навантаженнях можна отримати різну оцінку якості роботи транспортної машини в залежності від фізико-механічних властивостей зерна [8,9].

Тому при завантаженні силосів зерновим вантажем необхідно підбирати такі технологічні параметри, котрі б забезпечували ефективність технологічного процесу, шляхом оптимізації швидкості руху робочих органів транспортних машин. Вибрані оптимальні швидкості забезпечують транспортування зернового вантажу без його механічних пошкоджень

Механічні пошкодження зерна можна розділити на дві великі групи: макропошкодження і мікропошкодження. На рис. 1.1 представлена одна із класифікацій механічних пошкоджень зерна робочими органами транспортних машин. В ній вказані основні підтипи механічних пошкоджень зерна. Знання цих пошкоджень дає можливість удосконалити технологічний процес завантаження силосів зерном без його травмування.



Рисунок 1.1 - Класифікація механічних пошкоджень зерна транспортними машинами на елеваторах

Особливе місце серед транспортних машин займають норії – елеватори ковшового типу, шкребкові транспортери і пристрої які встановлюють безпосередньо в середині силосів. Пристрої, що встановлюють у середині силосів забезпечують ошадне завантаження зерна в силос без його травмування.

Відомо, що робочі органи машин які використовуються на елеваторах можуть травмувати насіння у більшій мірі, ніж робочі органи комбайна при скошуванні і обмолоті хлібної маси. І це не випадково, оскільки не завжди вдається отримати необхідний клас чистоти насіння за один пропуск зернового

вороху через сортувальні і очисні машини, а повторний обробіток зерна приводить до збільшення його пошкодження.

У травмованого зерна у порівнянні з цілим, спостерігається знижена стійкість до довготривалого зберігання. Порушення цілісності зерна веде до посилених дихальних процесів, в результаті чого до такого зерна збільшується вільний доступ повітря. Вільний доступ повітря до внутрішніх клітин зерна приводить до того, що в цих місцях інтенсивно розвиваються різні шкідливі мікроорганізми. А так як в процесі інтенсивного дихання виділяється велика кількість тепла, то може наступити самозігрівання зернової маси, яка знаходиться на зберіганні у силосі. Тому таке зерно псується, а вся партія зерна може загинути.

Таким чином підвищити ефективність технологічного процесу завантаження силосів зерновим вантажем без його травмування можна за рахунок удосконалення робочих органів транспортних машин та розробкою пристрою котрий забезпечить завантаження зерна в силос без його травмування об бетонне дно силосної ємності.

1.3 Призначення, будова і класифікація елеваторів

Елеватори служать для транспортування різних насипних і кускових матеріалів по вертикалі або по похилому напрямкам. Тому вони дуже широко використовуються у сільському господарстві.

Елеватори розрізняють по таким признакам [10]:

по виконанню – стаціонарні, рухомі і вбудовані в такі машини, як молотарки, зерносушарки, зерноочисні і кормо годівельні агрегати, вантажні машини;

по конструкції робочого органу – ковшові (норії) для кускового і сипучого матеріалу, полицеві і колискові для штучних вантажів;

по способу вивантаження і завантаження – тихохідні і швидкохідні, перші вивантажуються під дією сил тяжіння і називаються елеваторами з

гравітаційним вивантаженням, другі вивантажуються під дією відцентрових сил і називаються елеваторами з відцентровим вивантаженням;

по розміщенні у просторі – вертикальні і похилі, послідні мають зворотну гілку, яка вільно може звисати;

Проаналізувавши роботу елеваторі приходимо до висновку, що основний приріст механічних пошкоджень припадає на норій. На долю норій приходить 80% [10] всіх механічних пошкоджень, всієї лінії завантаження силосів.

На рис. 1.2 наведена класифікація елеваторів [11].

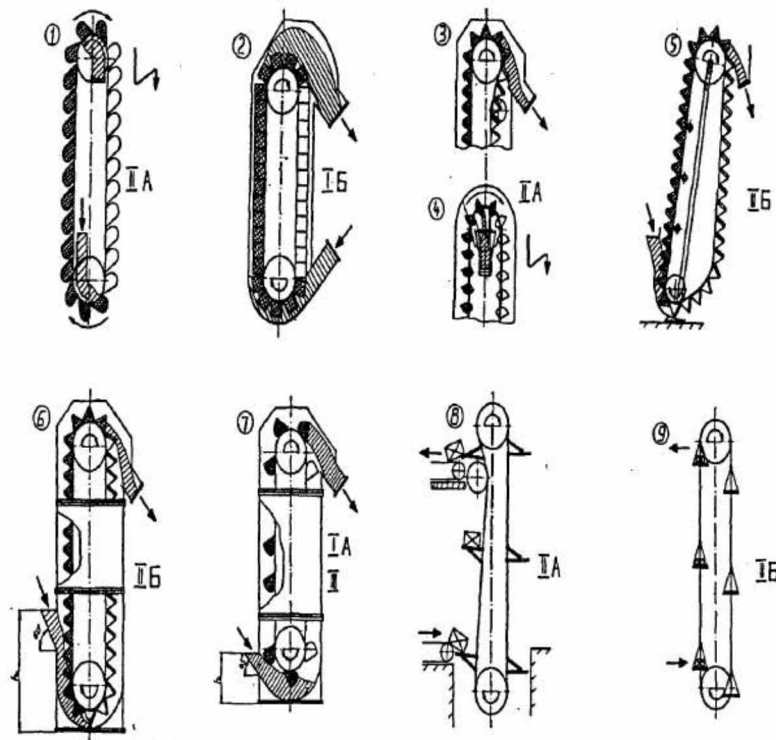


Рисунок 1.2 - Класифікація елеваторів

До переваги ковшових елеваторів відноситься простота конструкції, надійність при експлуатації, малі габаритні розміри у поперечному перерізі, можливість подачі вантажу на значну висоту (до 60...90 м), широкий діапазон продуктивності (5...%00 м³/год і вище), а також можливість створення герметичного звукоізовльованого кожуха, забезпечити захист навколишнього середовища від пилу і шуму. Недоліком являється можливість відриву ковшів елеватора при перевантаженні, необхідність рівномірної подачі вантажу і ударну дію на нього.

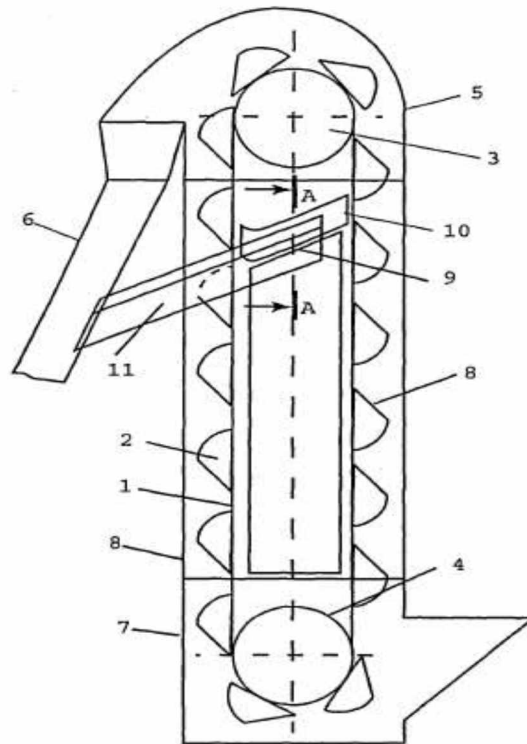
Численні дослідження показують, що величина травмування насіння норіями залежить від конструктивних параметрів і режимів роботи, способу заповнення ковшів стану початкового вороху і «зворотного висипу». При роботі норій спостерігаються такі ударні дії на зерно як центральний удар ковшів об верхній шар зерна в нижній його головці, Під час завантаження зерна спостерігається удар із ковзанням ковшів об зерно у верхній головці елеватора та «зворотній висип» зерна у холосту гілку. По даним досліджень встановлено, що на послідній ділянці норії травмується понад 30% зерна. На цій ділянці на зерно діють сили тертя і стиснення одночасно.

Після сходження з норій зерно ударяється об стінки зерно проводу. У бистрохідних норіях удар об стіну відбувається зі швидкістю до 6 м/с, тому приріст ушкодження зерна тільки на даній ділянці досягає більше 2% [12].

Для зменшення ушкодження зерна у верхній головці елеватора пропонуємо використовувати норії із додатковими пристроями які б забезпечували вільний політ зерна при вивантаженні ковшів.

Зменшення травмування зерна яке може попадати під холосту гілку тягової смуги і підвищення продуктивності шляхом зменшення зворотного висипу зерна, в ковшових елеваторах встановлюється накладка у вигляді пластини із загнутим жолобоподібним кінцем. Пластина щільно прилягає до холостої гілки тягової смуги.

На рис.1.3 наведена структурна схема такого елеватора. Даний елеватор оснащений накладкою у вигляді пластини котра має загнутий жолобоподібний кінець, який прилягає до холостої гілки тягової стрічки. Таке удосконалення підвищить ефективність технологічного процесу завантаження силосів зерном і зменшить зворотній висип зерна, а значить і його травмування.



1 – смуга; 2 – ківш; 3 – верхній барабан; 4 – нижній барабан; 5 – головка норії; 6 – вивантажувальний патрубок; 7 – башмак норії; 8 – норійні труби; 9 – перемичка; 10 – накладка; 11 – лоток

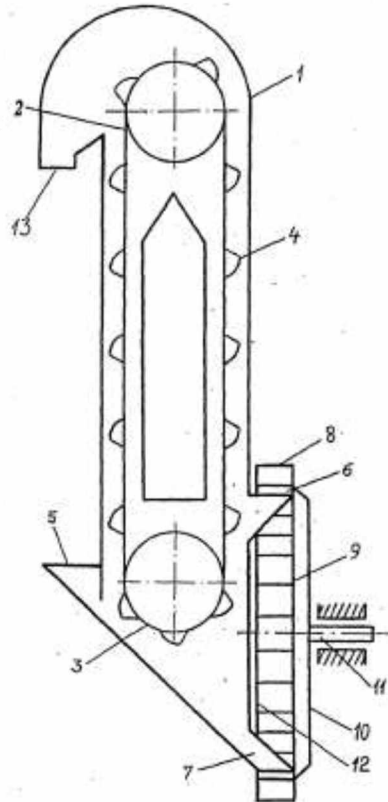
Рисунок 1.3 – Кінематична схема ковшового елеватора

Ковшовий елеватор котрий представлений рис.1.4 дає можливість зменшити динамічний стиск зерна в башмаку [13]. Таке зменшення тиску відбувається за рахунок поступового завантаження ковшів по ходу руху транспортної смуги.

Підйомний пристрій в цьому елеваторі виконаний у вигляді поворотного барабану. Він встановлений на горизонтальній осі, башмак оснащений додатковим завантажувальним лотком. Дно башмака нахилене у бік барабана. В свою чергу башмак оснащений вихідним патрубком.

Працює ковшовий елеватор наступним чином. Зерно подається через завантажувальний лоток 5, скочується по дну башмака і через патрубок 7 надходить в карман 9 барабана 8. В свою чергу барабан обертаючись засипає зерно у завантажувальний лоток 6. В подальшому зерно рухається назустріч ковшам 4, заповнюючи їх і частково зсипаючись на дно башмака.

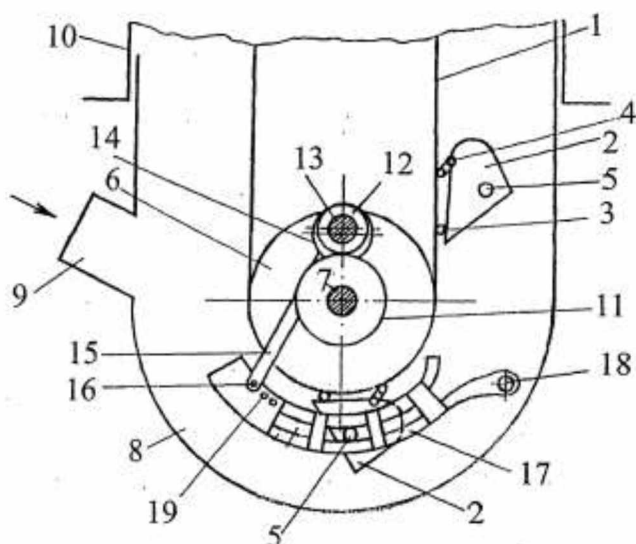
Недоліком такого елеватора є те, що поворотний барабан який знаходиться в нижній частині елеватора збільшує габаритні розміри і вагу елеватора, а це в свою чергу ускладнює його конструкцію.



1 – кожух; 2 і 3 – барабани; 4 – ківш; 5 – основний завантажувальний лоток; 6 – додатковий завантажувальний лоток; 7 – патрубок вихідний; 8 – барабан підйомний; 9 – карман; 10 – глуха стіна; 11 – вісь; 12 – кільце; 13 – патрубок вивантажувальний.

Рисунок 1.4 – Ковшовий елеватор з поворотним барабаном

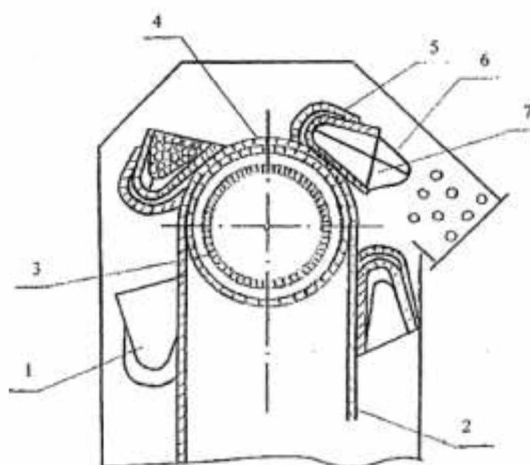
На рис. 1.5 представлений ковшовий елеватор конструкція котрого дозволяє набагато зменшити травмування зерна у самому башмаку [14]. Це досягається за рахунок вібрації передньої стінки ковша 2 в момент його взаємодії з сипучим вантажем, що знаходиться в башмаку 8. При цьому в зоні контакту з ребром ковша 2 сипкий вантаж набуває властивості рідини. Такий елеватор має дуже складну конструкцію.



1 – тяговий орган; 2 – ківш; 3 – шарнір; 4 – ланка; 5 – палець; 6 – барабан;
7 – вал; 8 – башмак; 9 – завантажувальний патрубок; 10 – кожух; 11 зубчасте
колесо; 12 – шестерня; 13 – вісь; 14 – підшипник; 15 – шатун; 16 – палець; 17 –
направляючі; 18 – шарнір; 19 – болт.

Рисунок 1.5 – Ковшовий елеватор з вібруючим пристроєм

На рис.1.6 наведена схема ковшового елеватора [15], який дає можливість поліпшити процес розвантаження ковша. Ківш даного елеватора оснащений мішкоподібним вкладишем 6, який виготовляється із еластичного матеріалу котрий не пропускає повітря.



1 – ківш; 2 – смуга; 3 – камера; 4 – вікно; 5 – козирок; 6 – вкладиші;
7 – джгут.

Рисунок 1.6 – Ковшовий елеватор з мішкоподібним вкладишем

Під час роботи даного елеватора стиснуте повітря надходить в повітродозподільний канал 4. З повітродозподільного каналу воно надходить до горловину 5, звідси до отвору між пластиною 6 і ковшем 3, який заходиться в зоні розвантаження. Із цієї порожнини стиснуте повітря надходить через отвір всередину ковша 3, при цьому відбувається виштовхування із нього сипкого вантажу. Недоліком такої конструкції елеватора є низька експлуатаційна надійність.

Аналізом існуючих елеваторів ковшового типу було встановлено, що в при їх роботі зерно травмується в основному за рахунок ударних навантажень. Відсутність ударних навантажень на зерно під час його руху до горизонтальних транспортних системам є запорукою низького травмування зерна. Для отримання низької ступені пошкодження зерна необхідно на елеваторах встановлювати норії з еластичними ковшами. Щоб виключити попадання зерна між ковшем і смугою необхідно встановити в башмаку обмежувальні пластини. Вони закривають з боків простір між ковшем і смугою. Крім того ми рахуємо, що необхідно покращувати геометрію ковшів.

1.4 Аналіз пристроїв призначених для обережного завантаження силосів зерном

На стабільність функціонування ємності впливають як внутрішні так і зовнішні фактори [16]. До внутрішніх факторів відносяться фізико-механічні і властивості вантажу, а до зовнішніх – умови навколишнього середовища і конструктивно-технологічні параметри самої ємності, та її допоміжні пристрої.

Головний фактор, котрий відіграє вирішальну роль у процесі нормального функціонування ємності, є сипучість зернового вантажу. При завантаженні силосів зерном також велике значення набувають такі показники, як адгезія, когезія і аутогезія.

На сучасних елеваторах завантаження відбувається, як правило, самопливним способом. Тобто зерновий вантаж під дією сили тяжіння скидається зверху в низ. На початковій стадії зерно падаючи на бетонне дно

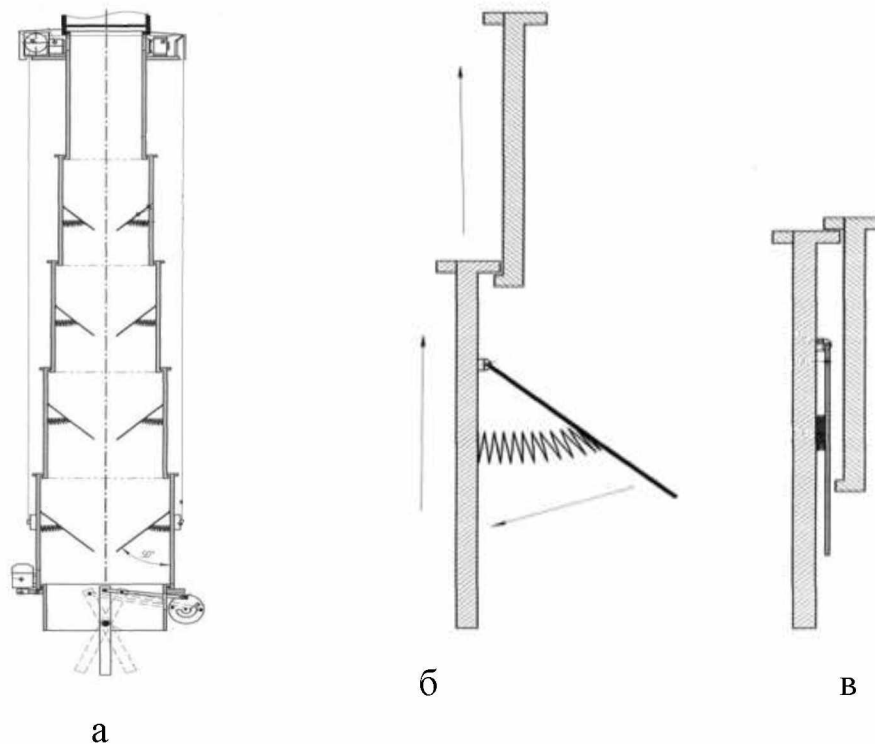
ємності ударяється об нього і ушкоджується. Внаслідок такого не обережного завантаження у нижніх шарах зернового насипу скопи чується значно кількість травмованого зерна. Таке завантаження негативно впливає на процес довготривалого зберігання зерна в силосі.

Ступінь травмування та його кількість на пряму залежить від висоти падіння та маси зернового вантажу. Для зменшення травмування зерна та покращення технологічного процесу безпосереднього завантаження силосів зерном можна використовувати спеціальні пристрої. Розглянемо деякі із них.

На рис. 1.7 приведений пристрій за допомогою якого можна рівномірно та обережно завантажувати ємність зерном. В даному пристрою використаний принцип пересипання. Представлений на рис.1.9 пристрій складається із вертикальної телескопічної труби, в якій розміщено ряд циліндрів. В середині кожного циліндра вмонтовані підпружинені пересипні полиці. Для уникнення склепінь зерна пристрій оснащений вібратором, та лебідкою. За допомогою лебідки здійснюється підйом та опускання концентричних циліндрів.

Завантаження зерна в силос відбувається так, телескопічна труба за допомогою лебідки, автоматично, опускається до днища силосу. Коли телескопічна труба пристрою торкнеться підлоги розпочинається завантаження силосу зерном. Зерно в телескопічній трубі рухається пересипаючись із однієї полиці на іншу. Встановлені в телескопічній трубі полиці сповільнюють рух зерна. Лінійна швидкість зерна зменшується і зменшується відстань вільного падіння тому зерно практично не травмується [17].

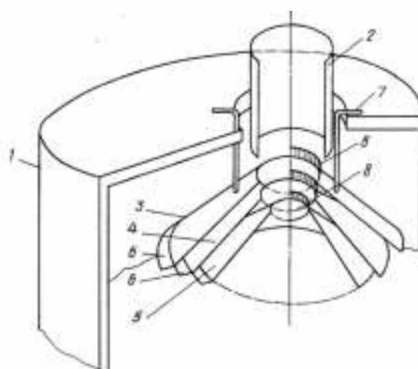
Основним недоліком цього завантажувального пристрою є його велика металоємність, що негативно позначається на всю конструкцію силосу. Крім того при завантаженні зерна можливе його перетирання між собою.



а – повздовжній переріз по вертикальній осі; б – бокові полиці у розкладеному вигляді; в – бокові полиці у складеному вигляді
Рисунок 1.7 – Пристрій для рівномірного завантаження зерна в силос

Для рівномірного завантаження силосів сипкими матеріалами можна скористатись конусним гравітаційним завантажувальним пристроєм, який зображено на рис. 1.8. Він складається із циліндричного корпусу 1, завантажувального патрубку 2 і співвісних конусів 3, 4, 5 які оснащені горизонтальними козирками 6 та обичайками 8 [18]. Пристрій встановлюється у верхній частині силосу по центральній осі засипної горловини.

При засипанні зерна в силос воно поступово проходить по похилим конусам змінює свій напрям руху і лінійну швидкість. Проходячи через три конуси зерновий матеріал рівномірно висипається в середину силосу. Таке завантаження зменшує травмування зерна і зменшує сегрегацію.



1 – корпус; 2 – завантажувальний патрубок; 3, 4, 5 – співвісні конуси; 6 – горизонтальні козирки; 7 – кріплення; 8 – обичайки

Рисунок 1.8 – Конусний пристрій для рівномірного завантаження сипких матеріалів

На рис.1.9 показаний силос у верхній частині якого змонтований механізм, який складається із вертикального валу на якому закріплені циліндричні кільцеві диски. За допомогою цих кільцевих дисків зерновий вантаж у вигляді дощу скидається у силос. Подача зернового матеріалу і обертання вала здійснюється одночасно. Зерно, що попало на поверхні кілець, відкидається лопатями на відстань, яка відповідає діаметру кільця. Такий дощовий принцип завантаження забезпечує рівномірний розподіл зернового матеріалу по всій площині ємності [19].

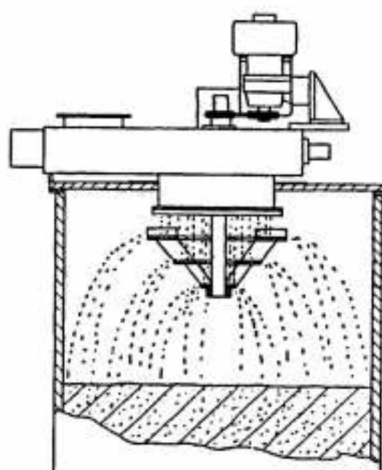
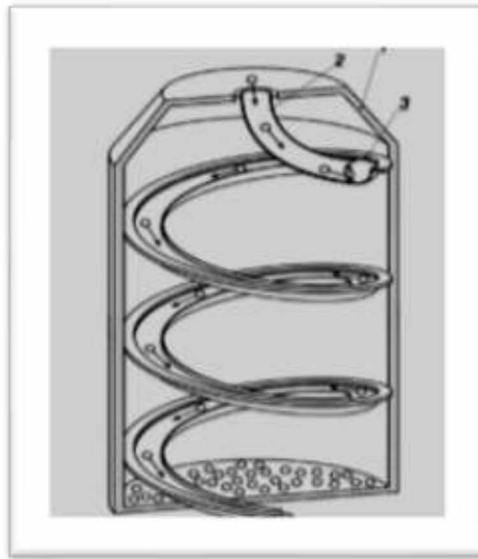


Рисунок 1.9 – Відцентровий завантажувальний пристрій дощового типу

Для зменшення травмування зерна на кафедрі технології та обладнання переробних і харчових виробництв був розроблений периферійний відкритий гвинтовий пристрій (ПВГП) із двома кутами нахилу розгінної і гальмівної

ділянок [20]. На рис. 1.10 представлений силос в середині якого змонтований ПВГП. Розгінна ділянка пристрою нахилена до горизонту під кутом α , а гальмівна відповідно під кутом β . Причому $\alpha > \beta$. Пристрій монтується на внутрішній циліндричній частині силосу. При завантаженні силосу завантажувальний лоток 2 спрямовує зерновий вантаж до периферійного відкритого гвинтового каналу. Сам гвинтовий канал 3 утворений шляхом провертання U – подібного профілю.



1 – силос; 2 – завантажувальний лоток; 3 – периферійний відкритий гвинтовий пристрій; 4, 5 – відповідно розгінна і гальмівна ділянки пристрою

Рисунок 1.10 – Силос із периферійним відкритим гвинтовим пристроєм

Із проведеного аналізу пристроїв для обережного завантаження силосів зерном, було встановлено, що завантаження циліндричних ємностей може відбуватися струменем (в силосах без використання завантажувальних пристроїв), каскадом, дощем або віялом застосовується як в рухомих так і в нерухомих пристроях. Віяльне завантаження забезпечує рівномірне розподілення зерна по всьому об'єму силосу, при цьому рухомий рукав пристрою здійснює вертикальний і горизонтальний (коливальний) рухи.

Задачі дослідження

В основі розробки і проектування нових технологій і техніки, при експлуатації силосів на сучасних елеваторах лежить науковий підхід до

виявлення взаємозалежності ключових параметрів, їх впливу на ефективність технологічного процесу завантаження силосів зерновим матеріалом. Для вирішення цього питання необхідно всебічно підійти до вивчення технології і техніки яка використовується для завантаження силосів зерном. Необхідно усвідомити сутність технологічного процесу завантаження силосів зерновим вантажем та виявити основні чинники, які впливають на травмування зерна під час його подачі у силоси. Процес завантаження залежить від транспортних машин і технологій, і особливо від пристроїв які зменшують швидкість падіння зерна в силос.

В даній дипломній роботі проведений аналіз сучасного елеваторного обладнання та пристроїв які використовуються для зменшення травмування зерна під час його завантаження у силоси. Поставлене завдання для розробки конусного тарілчастого пристрою. Для цього необхідно здійснити наступні кроки:

1. Дослідити сучасні тенденції розвитку і проектування пристроїв для обережного завантаження силосів зерном.
2. Розробити технологічний процес завантаження силосів зерном без його травмування.
3. Провести теоретичний аналіз сил взаємодії «ківш – зерно»
4. Виконати теоретичні дослідження роботи конусного завантажувального пристрою.
5. Обґрунтувати техніко-економічну ефективність запропонованих в роботі технічних рішень.
6. Проведення аналізу шкідливих виробничих факторів виробництва та можливостей виникнення надзвичайних ситуацій.
7. Зробити висновки та пропозиції з виконаної кваліфікаційної роботи.

2. МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Рух зерна в полі сили тяжіння

Закони руху матеріальної частинки під дією прикладених до неї сил відомі із класичної теоретичної механіки [21]. Якщо на частинку діють тільки сили ваги, і на початку руху вона має початкову швидкість v_0 , яка направлена під кутом до горизонту $\beta \neq \pi/2$, то траєкторія руху частинки буде парабола.

Рівняння руху зернівки в параметричній формі у Декартові системі координат має такий вигляд:

$$x = v_0 \cos \beta t. \quad (2.1)$$

$$y = v_0 \sin \beta t - g \frac{t^2}{2}. \quad (2.2)$$

Під час руху зернівки у повітряному просторі, на неї крім сили тяжіння діє сила опору середовища, котра стає вагомою для відносно легких зернівок або зернівок, що рухаються із великою швидкістю. Для практичних розрахунків як правило беруть рух більш важких зернівок. При цьому враховують форму зернівки, шершавість її поверхні.

При урахуванні всіх діючих на тіло сил необхідно скласти систему рівнянь, які зв'язують його положення, швидкість і прискорення з прикладеними до нього силами. Подібні задачі вирішуються в теорії руху снарядів.

Характеристикою зернового вантажу, що завантажується у силос є швидкість витання. Швидкість витання зернівки в повітряному потоці рівна швидкості повітря у вертикальній трубі, при якій зернівка підтримується повітряним струменем і зберігає своє положення (практично здійснює коливальний рух біля визначеної точки).

У [21] відмічається, що врахування у сих сил веде до необхідності рішення досить громіздкої системи диференціальних рівнянь. Іноді, буває більш складною задача по складанню таких рівнянь. Тому необхідно зробити деякі спрощення, а саме які сили можна не враховувати, а які необхідно врахувати.

При рішенні диференціальних рівнянь використовують різні методи, які поліпшують рішення і забезпечують необхідну точність. Наприклад, при врахуванні малих впливів спочатку рішається задача з урахуванням основних сил, а потім малі впливи вводяться як додаткові члени у вигляді поправок до основного рішення [22]. При дослідженні руху у повітряному потоці сипучих зернових вантажів використовують швидкість витання V_B і коефіцієнт парусності k_{Π} . Знаючи, ці показники можна визначити силу, яка буде діяти на зернівку у повітряному просторі.

$$R = k \frac{\gamma}{g} S v^2, \quad (2.3)$$

де k – коефіцієнт опору; γ – питома вага повітря; S – миделевий переріз тіла; v – відносна швидкість зернівки.

Прискорення, яке надає сила R зернівці з масою m , виражається формулою:

Величина прискорення визначається за формулою:

$$a = \frac{R}{m} = \frac{k\gamma S}{mg} v^2 = k_{\Pi} v^2. \quad (2.4)$$

Величина

$$k_{\Pi} = \frac{k\gamma S}{G} \quad (2.5)$$

називається коефіцієнтом парусності.

На практиці часто використовують інші показники: швидкість витання V_B . Під цією швидкістю розуміють швидкість потоку повітря, при якому зернівка буде знаходитись у підвішеному стані. Вона визначається за наступною формулою:

$$v_B = \sqrt{\frac{Gg}{k\gamma S}} = \sqrt{\frac{g}{k_{\Pi}}}. \quad (2.6)$$

Якщо зернівка характеризується трьома різними розмірами a , b , c тобто довжиною, шириною і товщиною, то швидкість витання буде визначатись:

$$v_B = \sqrt{\frac{\gamma_{\kappa} l}{k_{\Pi}}}, \quad (2.7)$$

де $l = \sqrt[3]{abc}$ і $S = l^2$.

При дослідному визначенні V_B проявляються інші властивості зернового вантажу: форма, співвідношення між площею миделевого перерізу і вагою, шершавістю поверхні зернівки, від якої залежить тертя об повітря. Тому швидкість витання конкретного зернового матеріалу максимального до мінімального значення V_B і характеризується варіаційною кривою [23].

Характеристики V_B і κ_{II} використовуються при транспортуванні зернового матеріалу у повітряному просторі (пневмотранспортуванні), сортуванні зернового вороху на фракції, очистці від дрібних домішок.

Очевидно, що при дослідженні процесу завантаження силосів, ці характеристики будуть мати значення на ділянці вільного падіння зернового матеріалу, після його сходу з розподільчого пристрою, від них залежить сегрегація і травмування зерна.

2.2 Теоретичний аналіз роботи завантажувального пристрою

Завантаження силосів зерновим вантажем супроводжується зменшенням потенціальної енергії завантажувального матеріалу. На початку завантаження зерновий вантаж знаходиться у верхній частині силосу. Під час його надходження у ємність він може знаходитись в тому чи іншому горизонтальному шарі насипу, розміщеного нижче початкового положення.

Гравітаційне завантаження компактним струменем характерне тим, що зерновий вантаж вільно падає на насип, котра уторилась раніше (рис.2.1). У вільному падінні в силовому полі Землі частина потенціальної енергії зернового матеріалу переходить у кінетичну енергію, а інша іде на подолання сил опору повітря перетворюючись у теплову енергію. Теплова енергія разом із пилом розсіюється у навколишньому просторі силосу.

Падаючий зерновий матеріал при контакті із насипом визиває динамічну силу. Вона може бути визначена за формулою:

$$F_y = \theta \cdot \vartheta , \quad (2.8)$$

де θ - продуктивність завантаження, ϑ - швидкість зернівок вантажу в момент їх контакту із насипом

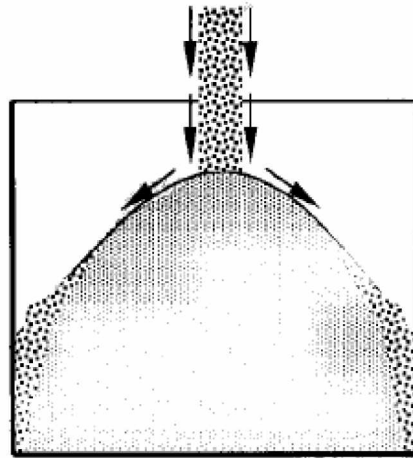


Рис.2.1 Повздовжній переріз ємності котра завантажується компактним струменем.

Під дією F_y зерновий насип ущільнюється, це сприяє злежуванні під час довготривалого зберігання і негативно впливає на стабільність випуску вантажу із ємності. Ущільнення супроводжується тертям зернових частинок одна об одну, таким чином кінетична енергія завантажувального вантажу перетворюється у роботу ущільнення, котра витрачається на тертя частинок матеріалу одна об одну і в теплову, яка розсіюється у навколишнє середовище силосу. Слід також згадати тут і про сегрегацію вантажу, яка утворюється під час вільного падіння зернового вантажу із значної висоти і продовжується на насипі. Для зменшення роботи ущільнення та інших не бажаних явищ (наприклад, травмування зерна) використовуються спеціальні пристрої, які зменшують швидкість падіння зерна на дно силосу та на його насип. Ці пристрої не потребують додаткових затрат енергії на їх привід.

В якості такого пристрою, який зменшує травмування зерна на початковій стадії завантаження силосу і зменшує ущільнення зернового насипу, а запаси потенціальної енергії завантажувального матеріалу використовується для рівномірного розподілення вантажу по площі силосу. Для цього нами пропонується тороподібна тарілка з вигнутими на зовні краями. Пристрій встановлюється в середині гофрованого рукава, який за допомогою механічного

приводу може опускатись і підійматись в середині силосу. Тороподібна тарілка зорієнтована меншою своєю основою до внутрішнього простору гофрованого рукава. Із завантажувальної горловини зерновий вантаж попадає на тороподібну тарілку і взаємодіє з її боковою поверхнею. Вертикальний потік вантажу досягши тороподібної тарілки почне ковзати по її поверхні і вилітає з тарілки вгору на певну висоту H , гасячи таким чином зайву кінетичну енергію, надлишок якої при зіткненні з днищем силосу призвів би до травмування зерна та втраті його суцільності. Вигнуті кромки тарілки поліпшують виліт зерна, не чинячи йому зайвого опору. Після сходу з робочої поверхні зерно летить як тіло кинуте під кутом до горизонту.

Вихід зернового потоку з тарілки різними шляхами дозволяє збільшити площу поперечного зернового потоку, що рухається донизу силосу, рівномірно заповнюючи його нижню частину. Якщо в торовій тарілці виконати ряд отворів тоді, частина зернового вантажу пройде через ці отвори і вантаж буде розподілений по всьому колу силосу. Крім того таке завантаження знижує динамічне ущільнення вантажу: тобто окремі потоки, на які розділяється зерновий вантаж, взаємодіє із насипом з набагато меншою силою.

На рис. 2.2 наведена схема простору для обережного завантаження зерна в силос [24]. Пропонований пристрій складається із гофрованого завантажувального рукава 1, що має на своїй зовнішній бічній стороні напрямні у вигляді кілець 2 з протягнутими крізь них тросами 3, механічного приводу (не вказано) підйому – опускання рукава та закріпленої ланками 4 до напрямних рукава 1 тороподібна тарілка 5 з вигнутими назовні краями 6, центральною конусоподібною напрямною 7, зорієнтованою меншою своєю основою до внутрішнього простору рукава 1.

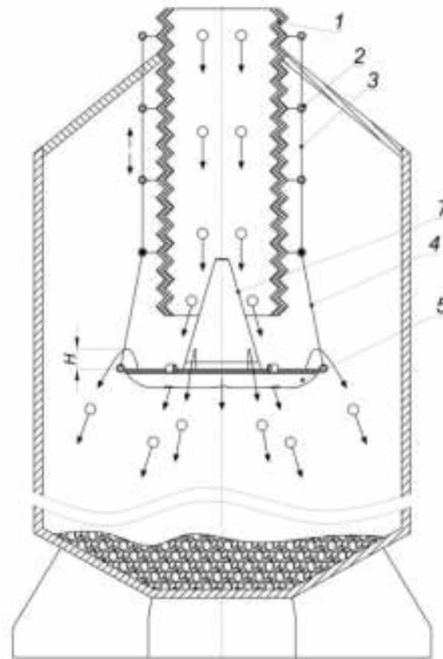


Рисунок 2.2. Схема пристрою для обережного завантаження зерна в силос

Проведемо аналіз роботи тарічкового розподільника, який схематично приведений на рис.2.3 і визначимо координати падіння зерна на дно силосу. Рух зерна до падіння на дно силосу можна розділити на три самостійні ділянки. Перша ділянка відповідає вільному падінню зерна із завантажувальної горловини до контакту його з конусоподібною поверхнею.

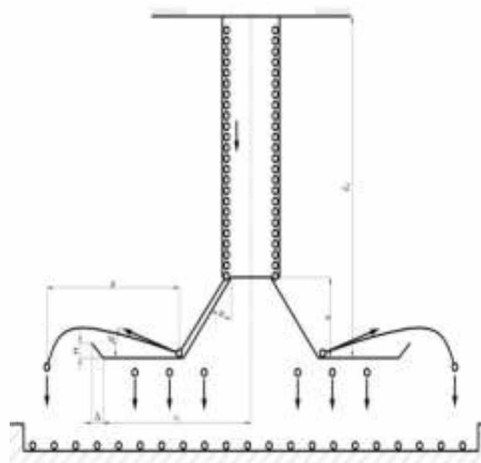


Рисунок 2.3 – Схема руху зернового вантажу в пристрої для обережного завантаження силосу зерном

Розглянемо рух зерна в середині гофрованого рукава (перша ділянка). Для цього розглянемо рис. 2.4.

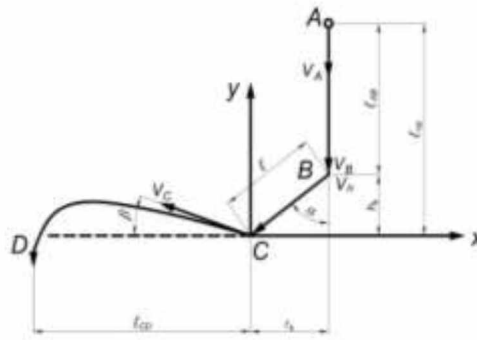


Рисунок 2.4– Схема зміни напрямків руху зернового вантажу в пристрої для обережного завантаження силосу зерном

Починаючи з точки А, зерновий вантаж вільно падає з початковою швидкістю v_A . Проходячи відстань АВ зерновий вантаж рухається не суцільним потоком, а у вигляді сукупності окремих частинок [20]. Швидкість падіння окремих зернин в момент їх зіткнення з конусоподібною поверхнею збільшується і буде рівною v_B . Шлях (ℓ_{AB}) пройдений окремими зернинами в середині гофрованого рукава в рівноприскореному русі до зіткнення із поверхнею прямого конуса буде:

$$\ell_{AB} = v_A \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (2.9)$$

Час за який зернина пройде відстань ℓ_{AB} буде

$$t = \left(-v_A + \sqrt{v_A^2 + 2 \cdot g \cdot \ell_{AB}} \right) \cdot g^{-1}. \quad (2.10)$$

Підставивши (2.10) в рівняння швидкості рівноприскореного руху, отримаємо швидкість зерна в точці В

$$v_B = \sqrt{v_A^2 + 2 \cdot g \cdot \ell_{AB}}. \quad (2.11)$$

Зіткнення зернового потоку з боковою поверхнею конуса є не пружним, тоді швидкість в точці В змінюється по напрямку і величині. Вона стає швидкістю ковзання і початкова швидкість на вершині конуса буде

$$v_n = v_B \cdot \cos \alpha = \sqrt{v_A^2 + 2 \cdot g \cdot \ell_{AB}} \cdot \cos \alpha. \quad (2.12)$$

На ділянці BC зерновий вантаж пройшовши кільцевий зазор між гофрованим рукавом і боковою поверхнею конуса утворює відносно структурований не великий по товщині зерновий потік. Попавши на бокову

поверхню конуса зерна починають здійснювати галопуючий рух, ударяться зерна одне з одним та контактувати із зерновим шаром. За рахунок безлічі одночасних зіткнень зернових часток відбувається демпфірування руху цих частинок по боковій поверхні конуса.

Використавши теорему про зміну кінетичної енергії визначимо швидкість руху зернового вантажу в точці С.

$$\frac{q}{2} \cdot (V_c^2 - V_n^2) = A_p - A_0, \quad (2.13)$$

де q - подача зернового матеріалу на бокову поверхню конуса; A_p - робота рушійних сил, тобто робота сил тяжіння; A_0 - робота сил тертя.

$$\begin{cases} A_p = q \cdot g \cdot h_k \\ A_0 = q \cdot g \cdot l_{BC} \cdot f_T \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

де h_k - висота конуса; q - прискорення вільного падіння; l_{BC} - довжина твірної конуса; α - кут при вершині конуса; f_T - коефіцієнт тертя зернового вантажу об поверхню конуса.

Підставивши A_p і A_0 у формулу (2.13), отримуємо

$$\frac{q}{2} \cdot (V_c^2 - V_n^2) = q \cdot g \cdot h_k - q \cdot g \cdot l_{BC} \cdot f_T \cdot \sin \alpha, \quad (2.15)$$

або

$$V_c^2 = 0,5 \cdot V_n^2 + g \cdot h_k - g \cdot l_{BC} \cdot f_T \cdot \sin \alpha. \quad (2.16)$$

Третій член правої частини рівняння помножимо і поділимо на $\cos \alpha$ і враховуючи, що $l_{BC} \cdot \cos \alpha = h_k$ отримаємо

$$V_c = \sqrt{0,5 \cdot V_n^2 + g \cdot h_k - g \cdot h_k \cdot f_T \cdot \operatorname{tg} \alpha}. \quad (2.17)$$

Підставивши (2.12) в (2.17) отримаємо кінцеву швидкість в точці С.

$$V_c = \sqrt{0,5 \cdot V_A^2 \cdot \cos^2 \alpha + g \cdot l_{AB} \cdot \cos^2 \alpha - g \cdot h_k \cdot f_T \cdot \operatorname{tg} \alpha}. \quad (2.18)$$

Враховуючи, що $l_{AB} = l_{np} - h_k$ формула (2.18) в кінцевому вигляді буде виглядати

$$V_c = \sqrt{0,5 \cdot V_A^2 \cdot \cos^2 \alpha + g \cdot (l_{np} - h_k) \cdot \cos^2 \alpha - g \cdot h_k \cdot f_T \cdot \operatorname{tg} \alpha}. \quad (2.19)$$

де l_{np} - довжина гофрованого рукава з'єднаного з тороподібною тарілкою.

На ділянці CD зерновий потік удараючись об дно тарілки перетворюється в хаотичний рух окремих частинок кинутих під кутом β до горизонту. Зерно після удару рухатиметься по просторовій кривій. Під час польоту на нього діє сила ваги σ . Важчі зернини вилетять із тарілки, а легші впадуть на дно тарілки і просіються через її отвори на дно ємності.

Нехтуючи силою опору повітря складемо диференціальні рівняння руху зернини в плоскій системі координат на ділянці CD (рис.2.4).

$$m\ddot{x} = 0; \quad m\ddot{y} = -\sigma \quad (2.20)$$

Після перетворень та інтегрування отримаємо

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= 0; \quad \dot{x} = C_1; \quad x = C_1 \cdot t + C_2 \\ \ddot{y} &= -q; \quad \dot{y} = -q \cdot t + C_3; \quad y = -\frac{q \cdot t^2}{2} + C_3 \cdot t + C_4. \end{aligned} \quad (2.21)$$

Визначимо сталі інтегрування

$$\begin{aligned} t = 0; \quad x = y = 0; \quad C_2 = C_4 = 0 \\ t = 0; \quad \dot{x} = v_c \cdot \cos\beta; \quad C_1 = v_c \cdot \cos\alpha \\ t = 0; \quad \dot{y} = v_c \cdot \sin\beta; \quad C_3 = v_c \cdot \sin\alpha \end{aligned}$$

Підставивши початкову швидкість та сталі інтегрування у рівняння руху отримаємо

$$\begin{cases} x = t \cdot \sqrt{0,5 \cdot V_A^2 \cdot \cos^2 \alpha + g \cdot (l_{np} - h_k) \cdot \cos^2 \alpha - g \cdot h_k \cdot f_T \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta} \\ y = -\frac{g \cdot t^2}{2} + t \cdot \sqrt{0,5 \cdot V_A^2 \cdot \cos^2 \alpha + g \cdot (l_{np} - h_k) \cdot \cos^2 \alpha - g \cdot h_k \cdot f_T \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta} \end{cases} \quad (2.22)$$

Визначимо час падіння зерна на дно ємності. Коли зернина досягне dna координати $y = 0$.

$$t = \frac{2 \cdot \cos \beta \cdot \sqrt{0,5 \cdot V_A^2 \cdot \cos^2 \alpha + g \cdot (l_{np} - h_k) \cdot \cos^2 \alpha - g \cdot h_k \cdot f_T \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta}}{g} \quad (2.24)$$

Підставивши (2.24) в (2.22) одержимо координату D .

$$x = l_{CD} = \frac{2 \cdot (0,5 \cdot V_A^2 \cdot \cos^2 \alpha + g \cdot (l_{np} - h_k) \cdot \cos^2 \alpha - g \cdot h_k \cdot f_T \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \beta}{g} \quad (2.25)$$

При русі зернового потоку у даному пристрої, зернівки які знаходяться ближче до осі конуса, зустрічаються з поверхнею цього конуса раніше сусідніх з ним шарів. Тому після співудару з поверхнею конуса зернівки отримують

різні по величині швидкості. В даній роботі використані середні швидкості руху зернівок по тороподібному пристрою.

2.3 Вплив робочих елементів ковшового елеватора на ушкодження зерна

Ковшові елеватори котрі використовуються на елеваторах здатні ушкоджувати або повністю руйнувати зернівки зернового вантажу, який подається до горизонтальних транспортерів. Переважна більшість насіння зернових культур травмується із-за зіткнення, ударяння стискання та защемлення, зворотного зсипання. Травмоване зерно має знижену дію на міцність [3]. Тому подальше його транспортування і завантаження у силос збільшує імовірність ушкодження.

В зв'язку з цим були виділені основні причини травмування зерна елементами ковшового елеватора: деформація та контактування зерна (особлива уже травмованого) з внутрішніми та зовнішніми поверхнями ковша, «зворотне висипання», відстань транспортування, заповнення ковша зерном (особливо при зачерпуванні) і т.п.

2.4 Контактна задача взаємодії ківш - зерно

Для покращення технологічного процесу завантаження силосів зерновим матеріалом необхідно провести детальний аналіз ковшових елеваторів, для цього необхідно рішення як взаємодіє ківш із зерном під час його завантаження.

Визначимо потужність яка витрачається на підйом зернового матеріалу на висоту H_0 .

$$P = \frac{P_T \cdot \gamma \cdot \left(\frac{H}{2} + H_0\right)}{\eta_{\text{ц}}} g, \quad (2.26)$$

де $\eta_{\text{ц}}$ – к.к.д. ковшової смуги, γ – щільність зернового матеріалу, H – глибина забору зернового матеріалу, g – прискорення вільного падіння; P_T – технічна продуктивність ковшового елеватора, H_0 - висота підйому зернового вантажу.

Теоретична продуктивність ковшового елеватора визначається за формулою:

$$P_0 = \frac{V_{ц} g k}{t_k} = z \cdot g_k, \quad (2.27)$$

де $V_{ц}$ – швидкість руху ковшової смуги, g – ‘ємність ковша, t_k – крок ковша, z – кількість вивантажень ковшів за одну секунду.

Технічна продуктивність елеватора визначається з наступного виразу:

$$P_T = P_0 \frac{K_H}{K_T} \quad (2.28)$$

де K_H – коефіцієнт заповнення ковша зерном, K_T – коефіцієнт тертя зернового матеріалу під час його забору.

Для підвищення ефективності технологічного процесу завантаження силосів зерновим вантажем важливим є швидкість руху та заповнення ковша зерном, крок розміщення ковшів, затискання між стінками і корпусом «зворотнє зсипання» всі ці чинники впливають на ступінь ушкодження та якість зернового матеріалу, який буде зберігатись у силосі.

В зв’язку з цим у формулі 2.28 необхідно уточнити значення коефіцієнта тертя шляхом введення додаткового коефіцієнта, котрий враховував такі параметри ковша як його геометрію і матеріал з якого він виготовлений.

Роботу деформації під час удару пружно – деформованого тіла можна визначити так:

$$A = \frac{m_1 m_2 (V_1 + V_2)^2}{2 \cdot (m_1 + m_2)}, \quad (2.29)$$

де A – робота деформації під час удару пружно – деформованого тіла, m_1 , m_2 – відповідно маса ковша і маса порції зерна, V_1 – швидкість входження ковша у зерновий шар, V_2 – швидкість переміщення зерна в ковші (приймаємо $V_2 = 0$).

Якщо замість металевих ковшів поставити ковші виготовлені із полімерного матеріалу то робота деформації зменшиться на ΔA . Ми ж пропонуємо такі ковші виготовляти у формі логарифмічного витка під кутом зрізу $24 - 28^\circ$. Тоді ефективність технологічного процесу поліпшиться. Звідси

збільшиться швидкість руху смуги, і як наслідок збільшиться продуктивність при тих же параметрах елеватора.

$$\Delta A = \sqrt{\frac{2\Delta A(\Delta m_1 + m_2)}{\Delta m_1 \cdot m_2}} \quad (2.30)$$

Величина травмування зерна робочими елементами ковшовими елеваторами (норіями) напряму залежить від матеріалу із якого виготовлені ковші і режимів роботи і фізико-механічних особливостей сорту.

2. 5 Програма експериментальних досліджень

Лабораторні дослідження з використанням тороподібного завантажувального пристрою проводились з метою підтвердження теоретичних передумов і оцінки основних конструктивно-режимних параметрів процесу завантаження з метою поліпшення всього процесу завантаження силосу зерном.

В програму досліджень входили наступні задачі:

1. Розробка методики проведення експериментів і аналіз отриманих результатів.
2. Дослідження впливу способу завантаження і конструктивно-режимних параметрів завантажувального пристрою на характер заповнення ємності зерном.
3. Аналіз і оцінка результатів проведення дослідів і співставлення їх теоретичним результатам.
4. Виготовлення лабораторної установки

Експериментальні дослідження проводились поетапно у відповідності з програмою і в такій послідовності:

1. Розробка і виготовлення лабораторно зразка завантажувального пристрою згідно результатів теоретичних досліджень.
2. Підготовка вимірювальної апаратури.
3. Проведення дослідів і аналіз їх результатів.

В лабораторії кафедри були проведені наступні досліді:

1. Вимірювання діаметра розкидання зернового матеріалу при різних кутах нахилу бокової поверхні торової тарілки.

2. Вимірювання діаметра розкидання зернового матеріалу із різної висоти його падіння на конус торової тарілки.

2.6 Опис експериментальної установки

Експериментальна установка була виготовлена в масштабі 1:2 по відношенні до ємності діаметром 2 м. Вона складається із завантажувального бункера оснащеного заслінкою, тороподібного пристрою і вимірювальної решітки з кругами. Мається можливість регулювати висоту установки завантажувального бункера. Загальний вигляд установки наведена на рис. 2.5.

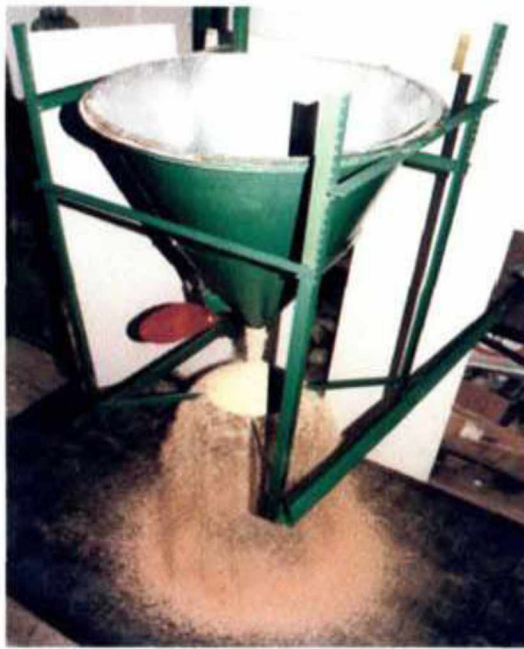


Рисунок 2.5 Загальний вигляд дослідної установки для дослідження процесу завантаження ємностей зерном.

В досліді використовувались ємності для збирання зернового матеріалу, електронні ваги, секундомір, лінійка та зерно озимої пшениці вологості 14%.

По всіх пунктах програми досліди проводились так. В завантажувальний бункер з закритою заслінкою засипалось зерно озимої пшениці певною вагою. Після відкриття заслінки зерно падаючи на завантажувальний пристрій падав на встановлену в низу вимірювальну площину з кругами. Час виходу зерна із бункера фіксувався за допомогою секундоміра. Розкиданий зерновий вантаж збирався по всіх кругових площах і зважувався на електронних вагах.

Висновки по другому розділу

1. Для підвищення ефективності роботи елеваторного підприємства необхідно удосконалити норії, шляхом встановлення полімерних ковшів з логарифмічною формою.

2. Для покращення технологічного процесу завантаження силосів зерновим матеріалом була вирішена контактна задача взаємодії ківш – зерно. Це дає можливість усунути травмування зерна при проектуванні ковшових елеваторів.

3. Теоретично обгрунтовано завантаження силосів з використанням рухомих пристроїв оснащених тороподібним пристроєм.

4. Розроблена методика проведення лабораторних досліджень по завантажуванні циліндричних ємностей з використанням завантажувального пристрою тороподібного виду.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика дослідження сегрегації

Результати дослідження сегрегації зернового матеріалу на ділянці вільного падіння при завантаженні силосів проводились наступним чином. В кожному досліді після завантаження бункера установки зерновим вантажем масою G відкривалась заслінка і зерновий матеріал висипався на дно циліндричної ємності.

Вага зерна, що поміщалась у бункер вибиралась так, щоб при її висипанні на дні ємності утворювалась насип достатньої висоти. Після цього проводилось дослідження сегрегації зернового насипу. Легкі зернівки збирались і зважувались на електронних вагах. Ступінь сегрегації оцінювалась за формулою:

$$g_c = \frac{m_d}{G} \% , \quad (3.1)$$

де m_d – вага легких зернівок які розміщувались на краю зернового насипу, грам.

Висота падіння зернівок на торовий завантажувач H коливалась на таких значеннях: $H_1 = 0,5\text{м}$, $H_2 = 0,8\text{м}$, $H_3 = 1,0\text{м}$, $H_4 = 1,2\text{м}$, $H_5 = 1,5\text{м}$. На рис. 3.1 наведений графік ступені сегрегації зернового насипу в залежності від висоти падіння зерна на робочу поверхню завантажувального пристрою.

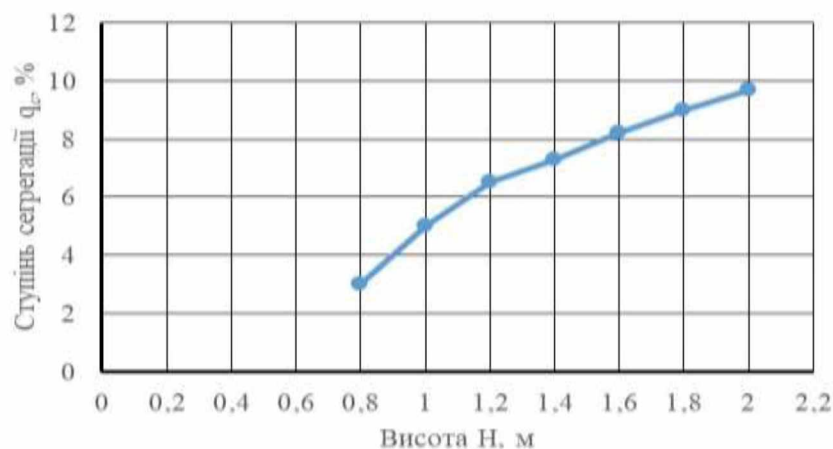
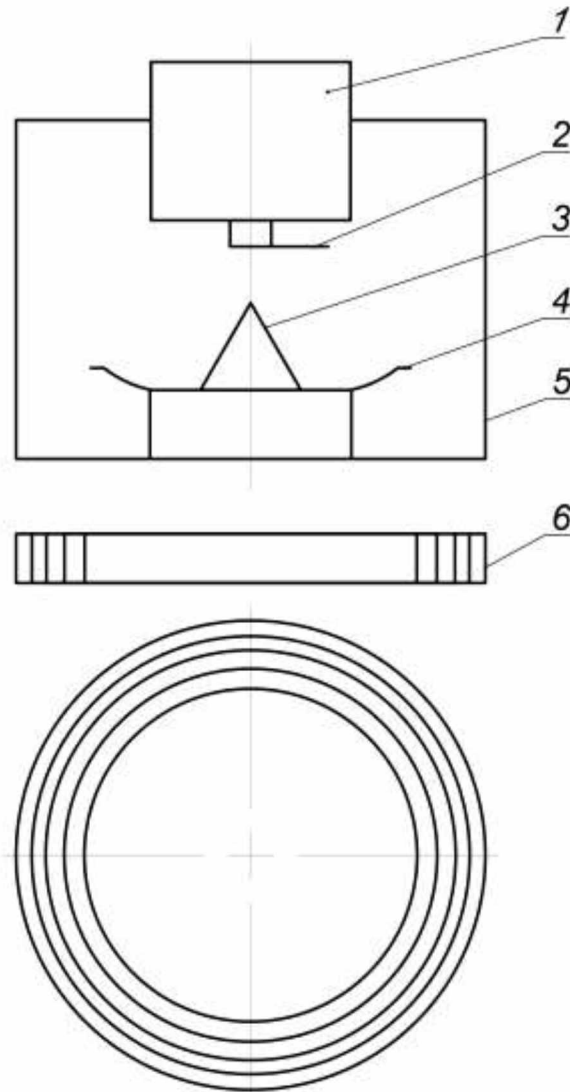


Рисунок 3.1 - Ступінь сегрегації зерна пшениці при падінні його на завантажувальний пристрій із різної висоти.

3.2 Вплив конструктивних параметрів завантажувального пристрою на величину зони розподілення зернового вантажу

Для дослідів були виготовлені зразки завантажувального пристрою із різними кутами конуса тороподібної тарілки. На рис.3.2 показана схема з визначення розподілення зернового матеріалу по круговим площинам. Результати дослідів представлені в табл. 3.1.



1 – завантажувальний бункер, 2 – заслінка завантажувального бункера,
3 – центральний конус, 4 – тороподібна тарілка, 5 – циліндрична ємність,
6 – кругова решітка .

Рисунок 3.2 - Схема дослідної установки

Таблиця 3.1 Результати досліджень $H = 0,68$ м, $h = 0,22$ м, $G = 670$ грам.

Площа розкидання зерна, м ²	Вага зерна на досліджуваних площах,грам				
	G_1	G_2	G_3	G_4	Середнє значення
	Кут нахилу твірної конуса ($\alpha = 18^\circ 24^1$)				
$S_1 = 0,038$	530	521	518	534	526
$S_2 = 0,065$	93	88	95	81	89
$S_3 = 0,049$	41	44	37	42	41
$S_4 = 0,033$	26	17	24	27	24
	Кут нахилу твірної конуса ($\alpha = 15^\circ 23^1$)				
$S_1 = 0,038$	568	556	571	563	565
$S_2 = 0,065$	65	60	69	63	64
$S_3 = 0,049$	22	28	20	24	24
$S_4 = 0,033$	11	14	16	9	13
	Кут нахилу твірної конуса ($\alpha = 12^\circ 51^1$)				
$S_1 = 0,038$	603	598	608	612	605
$S_2 = 0,065$	38	40	39	43	40
$S_3 = 0,049$	22	25	20	26	23
$S_4 = 0,033$	7	12	8	6	8

Примітка. Середні значення закруглені до цілого числа

Для визначення основних показників досліджуємого процесу використовували дискову решітку, яка встановлювалась під завантажувальним пристроєм на висоті $h = 0,22$ м від нього. Площа дискових решіток вказана у табл. 3.1. Із таблиці випливає, що найбільше зернового матеріалу буде ближче до циліндра ємності.

3.3 Використання квадратної решітки для дослідження показників процесу завантаження циліндричної ємності

На практиці зустрічається велика кількість циліндричних ємностей, крім того, дослідний пристрій являє собою круглий тороподібний конус, а , відповідно, розподіляє зерновий вантаж всередині кола певного діаметра. Для

дослідження характеру заповнення циліндричної ємності з використанням квадратної решітки описана вище методика потребує деяких змін.

При подачі насипного вантажу в кругову циліндричну ємність ідеально рівномірним потоком у кожен чарунку, яка знаходиться всередині поперечного перерізу круга діаметром $d = n$, де n – відрізок, прийнятий за одиницю довжини (лінійний розмір чарунки решітки) повинно надійти певна кількість зернового вантажу. рівне

$$\mu = \frac{1}{S}$$

або

$$\mu = \frac{4}{\pi n^2}, \quad (3.2)$$

Для решітки, котра складається 10x10 чарунок $\mu = \frac{1}{25\pi}$.

Представимо площу круга як площу решітки у вигляді суми чарунок із урахуванням їх зайнятості кругом (вага)

$$S = \frac{\pi}{4} n^2 = \sum \sum \lambda_{ij} n^2, \quad (3.3)$$

де λ_{ij} - доля площі ij – ої чарунки, зайнятої кругом поперечного перерізу бункера (вага), визначається геометрично.

Розрахунок значень λ_{ij} для решітки розміром 10x10 чарунок представлено рис.3.3.

В чарунку, для якої $\lambda_{ij} < 1$, в ідеальному варіанті розподілення вантажу буде рівним:

$$\bar{\mu}_{ij} = \frac{4\lambda_{ij}}{\pi n^2} \quad (3.3)$$

Тобто, для чарунок, не повністю зайнятих колом, існують різні значення «середньо зваженого». Відхилення кругової решітки від квадратної можна представити наступним виразом:

$$S = \sqrt{\frac{\sum \sum (\mu_{ij} - \bar{\mu}_{ij})^2}{n^2}}. \quad (3.4)$$

У виразі $g_1 = \frac{S}{\mu}$ значення S розраховуємо по формулі 3.4, а μ - по формулі 3.2.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0,307	0,75	0,97	0,97	0,75	0,307	0	0
2	0	0,527	1	1	1	1	1	1	0,527	0
3	0,307	1	1	1	1	1	1	1	1	0,307
4	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75
5	0,97	1	1	1	1	1	1	1	1	0,97
6	0,97	1	1	1	1	1	1	1	1	0,97
7	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75
8	0,307	1	1	1	1	1	1	1	1	0,307
9	0	0,527	1	1	1	1	1	1	0,527	0
10	0	0	0,307	0,75	0,97	0,97	0,75	0,307	0	0

Рисунок 3.3 - Значення коефіцієнтів вагомості λ_{ij} для квадратної решітки 10x10.

Формули 3.3 і 3.4 необхідні для визначення $\bar{\mu}_{ij}$ і S . Вони дають можливість використовувати квадратну решітку для проведення замірів у циліндричній ємності.

3.4 Визначення залежності ушкодження насіння озимої пшениці при її взаємодії з ковшем елеватора

Для визначення ступені травмування насіння озимої пшениці ми скористались послугами ПП Відродження Кременчуцького району Полтавської області. На елеваторному підприємстві були проведені дослідження по визначенні ступені травмування зерна озимої пшениці сталевими і полімерними ковшами норії. Відбір середніх зразків насіння проводився методом хрестоподібного ділення.

Всі партії насіння оброблялись по видам травм і швидкості співударів. Також проводився аналіз насіння яке не піддавалось ударам. Отримані дані заносились у таблицю. Методом кореляційно-регресивного аналізу визначали зв'язок між двома ознаками: травмуванням і швидкістю співударів зернівок.

Для характеристики цього зв'язку визначали:

1. Форму зв'язку, математичне рівняння зв'язку, для чого будували графік кореляційної залежності.

2. За допомогою стандартних програм визначали параметри рівняння.

Аналіз рівнянь регресії показує, що між травмуванням зерна озимої пшениці і швидкістю співударів існує не лінійний зв'язок. Відсоток травмування насіння збільшується із підвищенням швидкості. Розміщення точок на кореляційному полі вказує на те, що зв'язок між травмуванням насіння і швидкістю може бути, виражений рівнянням параболі:

$$Y = a + bx + cx^2, \quad (3.5)$$

де y – відсоток травмованого ковшами зерна, %; x – швидкість співударів, м/с; a, b, c – параметри рівняння.

За допомогою прикладних програм, були отримані наступні рівняння регресії. Дані розрахунків наведені у додатках А і Б.

Для металевих ковшів

$$Y_M = 0,2 - 1,119x + 1,151x^2. \quad (3.6)$$

Для полімерних ковшів

$$Y_M = 0,2 + 0,482x + 0,368x^2. \quad (3.7)$$

На основі цих рівнянь регресії був побудований графік зміни ступені травмування зерна від швидкості співударів (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Графік залежності ступені травмування озимої пшениці ковшами виготовленими із різного матеріалу в залежності від швидкості співударів: 1 і 3 – теоретичні криві; 2 і 4 – експериментальні.

Таким чином, порівнюючи криві залежностей (рис. 3.4), можемо зробити наступний висновок про перевагу полімерних ковшів перед такими ж але виготовлених із сталі.

Висновки по третьому розділу

1. Підвищити ефективність технологічного процесу завантаження силосів зерном без його травмування можна замінивши металеві ковші елеваторів на полімерні та встановленням у середині силосу тороподібного завантажувального пристрою.

2. Із збільшенням швидкості ступінь травмування зерна збільшується. Для нормальної роботи швидкість повинна бути в межах 1,8...2,2 м/с.

3. Тороподібний завантажувальний пристрій забезпечує рівномірне завантаження всього об'єму силосу, та зменшує травмування зерна озимої пшениці та покращує такий показник як сегрегація.

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБКИ

4.1 Екологічна експертиза розробки

Захист навколишнього середовища являється важливою задачею кожної країни. Шкідливі речовини які виробляє промисловість призводять до виснаження природних ресурсів землі. Викид в атмосферу токсичних і шкідливих речовин значно погіршує екологічну ситуацію у великих містах та в цілому у країні.[25,26].

Екологічна безпека на елеваторах залежить від технологічних процесів які виконує дане підприємство. Такі підприємства зобов'язані забезпечити екологічний баланс оточуючого середовища. Виконання елеваторним виробництвом усіх екологічних правил не потребує великих грошових витрат. Із сказаного виходить, що екологічна безпека будь якого елеваторного підприємства оцінюється за допомогою проведення екологічної експертизи.

Мета її - запобігання негативного впливу антропогенної діяльності людей на стан довколишнього середовища та здоров'я людей і тварин. Екологічна експертиза оцінює екологічний стан, в даному випадку на елеваторному підприємстві при його господарській діяльності.

При завантаженні силосів зерновим матеріалом в середині його завжди присутній пил і легкі домішки. Їх величина становить 0,16% від загальної маси зерна, котре знаходиться у середині силосу.

На елеваторах головною загрозою є пил , який виникає при виконанні всіх технологічних операціях із зерном – приймання, транспортування, очистка, зберігання в силосах і напільних складах, а також при вивантаженні.

Технологічна операція з зерном починається на елеваторі із взяттям проб. Для цієї процедури пропонуємо використовувати автоматичні вакуумні пробовідбірники. Вони відсмоктують 2...3 кг зерна і не дають можливості підніматись у верх зернового пилу.

Автомобілі які доставляють зерно на елеватор повинні бути затентовані. Це правило дозволяє не тільки виключити попадання сторонніх предметів в зерно, але й зводить до нуля викид пилу та розсипання зерна при переміщенні зерновозу по території елеватора.

Всі елеватори повинні бути оснащені воротами які закриваються при в'їзді зерновоза до завальної ями. Даний прийомний пункт повинен бути оснащений аспіраційним обладнанням. Аспіраційні системи повинні бути змонтовані і у підсилованих галереях і на сепараторах. Екологічна норма аспіраційних систем повинна бути в межах 10...50 мг на 1 куб.м. у точці викиду.

Основним джерелом можливого забруднення атмосфери на елеваторах – ще зерносушарки. Атмосферне повітря забруднюється в результаті спалення рідкого або твердого палива у печах зерносушарки. Шкідливі речовини, що надходять від спалення в атмосферу, можуть привести до виникнення у людини тяжких респіраторних захворювань, тому у кожного підприємства повинен бути « Дозвіл на викид забруднюючих речовин в атмосферу»

«Дозвіл» з розрахунками норм викидів є своєрідною «екологічною конституцією» для роботи елеватора. З нею звіряються у ході регулярних перевірок викидів, які проводить державна екологічна служба. На основі перевірок складається звіт по моніторингу атмосферного повітря в районі промислового майданчика.

Всі зерносушарки повинні вранці і у вечері зачищатись. Працівники елеваторів повинні мати спец одяг, респіратори, маски і рукави ці.

4.2 Аварійні і травмонебезпечні ситуації при завантаженні силосів зерновим вантажем

На елеваторах де одночасно знаходяться працівники і застосовуються різні машини та механізми можуть виникати аварійні і травмонебезпечні ситуації. У зв'язку з цим необхідно установити небезпечні загрози які можуть виникнути і безпосередньо вплинути на робітників які працюють на цих підприємствах.

Всі небезпечні фактори на елеваторному підприємстві, які впливають на людину, можна розділити на шкідливі й небезпечні [27].

Небезпечні фактори – дія їх, на елеваторних підприємствах, призводить до тривалих або інших раптових погіршень здоров'я робітників. Вони можуть бути фізичні, біологічні, хімічні та психофізіологічні.

Виробничі небезпеки – такі умови праці на виробництві при яких появляються передумови по ушкодженню здоров'я працівника.

Нещасні випадки на елеваторному виробництві – невеликий проміжок часу в результаті якого застрахований робітник отримав каліцтво або інше ушкодження.

Небезпечна зона – простір, у якому на працівника елеватора можуть діяти небезпечні фактори. Наприклад, привод мотор-редуктора норії можна встановити паралельно до обладнання чи перпендикулярно. В другому випадку робітнику підприємства доведеться щоразу переступати через них, що на висоті завжди є небезпечно. Небезпечні зони на елеваторах знаходяться там де є пасові, ланцюгові та інші відкриті передачі, що рухаються і знаходяться на висоті.

Небезпечна дія – така дія оператора, котра перечить науково - обгрунтованим нормам фахової поведінки робітника при виконанні ним визначеного виробничого завдання. Вона виникає внаслідок порушення регламентованого режиму роботи обладнання, нормативних вимог охорони праці, норм експлуатації споруд і будівель, тощо.

Небезпечні обставини – вони поділяються на обставини, які вказують ті чи інші обставини які можуть виникнути непередбачено. Щоб їх уникнути необхідно користуватись всіма благами автоматизації.

Небезпечні умови - це недоліки в конструкції тієї чи іншої машини яка використовуються при завантаженні силосів зерном, технологічного обладнання і процесів, низького рівня організації виробництва, недостатньої надійністю виробничого обладнання, тощо.

На елеваторних підприємствах можуть виникнути небезпечні ситуації. Небезпечна ситуація – стан, який може виникнути при певному збігу небезпечних умов (НУ) і небезпечних обставин (НО). На елеваторах небезпечна ситуація виникає як правило при одночасному поєднанні кількох небезпечних дій (НД), або при спів паданні декількох НУ.

Практично працюючі на елеваторних підприємствах робітники, можуть виконувати на робочому місці небезпечні дії. Наприклад, регулювати натяг ланцюгової передачі при включеному мотор-редукторі. Такі небезпечні чинники і одна або кілька небезпечних умов, що мають пряме відношення до небезпечних чинників, через небезпечні обставини приводять робітників до небезпечних ситуацій. Якщо НС трапляється при функціонуванні такої системи як людина – машина, то наслідками можуть бути аварія (А), травма (Т) або подія без будь яких наслідків (П_{бн}). В окремих випадках на елеваторних підприємствах можуть з'явитись додаткові НУ і (або) додаткові НД, які можуть викликати катастрофічну ситуацію. Внаслідок чого може бути значне руйнування силосів або значні матеріальні збитки і загибель людей.

На рис. 4.1 показана загальна схема утворення небезпечних ситуацій при завантаженні силосів зерновим матеріалом.

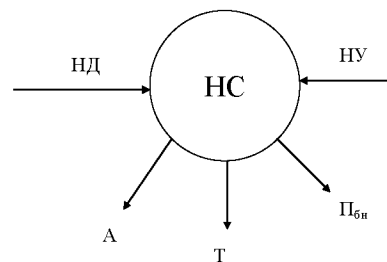


Рисунок 4.1 Логічна модель функціонування людино - машинної системи

Логічні моделі НС, на різних технологічних процесах при завантаженні силосів зерном бувають: лінійні, розгалужені або змішані. Як правило НС формуються за другою і третьою схемою. Особливо, необхідно пам'ятати керівникам елеваторного підприємства, це характерно при виникненні проблематичних аварійних і травмонебезпечних ситуаціях.

Незалежно від характеру НС, процес їх на елеваторному підприємстві починається із однієї події: небезпечної умови або небезпечної дії. Якщо при завантаженні силосів зерном синхронно утворюються кілька початкових подій, то одна із них завжди буде пріоритетною. Дана властивість зародження НС повинна бути покладена в основу розробки концепції підприємства, щодо запобіганню можливих наслідків НС. Це в свою чергу дасть можливість своєчасно усунути пріоритетну подію або не допустити її виникненню, що зупиняє розвиток небезпечного явища на елеваторному підприємстві.

Відомо, що за первісними подіями при їх виникненні, слідує проміжні і так процес розвивається до утворення НС. В окремих випадках одна НС може перейти в іншу і так до виникнення наслідку у вигляді аварії, або (І) травми чи інших небажаних явищ.

4.3 Аналіз виробничих небезпек які виникають під час завантаження силосів зерном

Щоб уникнути нещасних випадків на елеваторному підприємстві перед початком його роботи інженер з охорони праці повинен провести інструктаж робітникам які будуть працювати на даному підприємстві. Майстер повинен перевірити машини і механізми котрі будуть задіяні у технологічному процесі завантаження силосів зерновим вантажем. Працюючі механізми не можна змазувати, затягувати на ній болтові з'єднання і замінювати інші деталі.

Не потрібно допускати до роботи осіб у широкому і громіздкому одязі, тому що вона може бути захоплена пасовою передачею, ланцюгом, зубчастими колесами та іншими ланками що рухаються. Тому на елеваторних підприємствах і можуть виникати нещасні випадки, які приводять до травм.

У процесі завантаження силосів зерновим матеріалом можуть виникнути виробничі небезпеки, які негативно впливають на людину. На людину при роботі на такому підприємстві можуть впливати різні фактори: механічні, хімічні, теплові, електричні, біологічні [28]. Організм людини може переносити без наслідків різні небезпеки, але вони не повинні перевищувати допустимого

рівня.. За межами цих рівнів і тривалості виникає пошкодження організму. Джерелом травм при виготовленні макаронних виробів можуть бути будь-які чинники виробництва.

Чималу роль у забезпеченні безаварійної роботи та недопущення нещасних випадків на елеваторному підприємстві має бути додержання працівниками технологічних карт з виконання робіт по завантаженні силосів зерном, та інструкцій з охорони праці, використанні у роботі засобів індивідуального захисту.

Ризики які можуть виникнути при експлуатації силосних споруд:

- падіння працівника підприємства із силосу в зерно або завальню яму,
- неправильне завантаження і вивантаження зерна в силоси, що також може стати причиною падіння ємності,
- потрапляння частини одягу працівників, ніг і рук у рухомі частини механізмів,
- ремонт обладнання не знеструмивши обладнання, або експлуатують його несправним.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на елеваторному підприємстві показав, що їх можна поділити на групи, які [27]:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини, та інші;
- спонукають працюючого допускати помилок у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- відсутність належного контролю за дотриманням законів з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону.

\

4. 4 Техніка безпеки при експлуатації електроустановок елеваторного підприємства

При експлуатації внутрішньої електропроводки щоб уникнути ураженням струмом необхідно заборонити працювати під напругою безпосередньо на струмоведучих частинах або рядом з ними і приєднувати електродвигуни без відому особи яка є на підприємстві відповідальною за експлуатацією електроустановок.

Так як більшість обладнання на елеваторному підприємствах приєднані до електричної енергії, тому існує небезпека ураження електричним струмом робітників які працюють з цим обладнанням. Причинами ураження працюючої особи може бути випадковий дотик його до струмоведучих частин, які знаходяться під великою напругою. Це може виникнути в результаті помилки при проведенні регламентних або певних технологічних робіт. Причиною ураження струмом робітника може бути і несправність захисних засобів. Поява напруги на металевих частинах обладнання в результаті пошкодження ізоляції струмоведучих частин теж може привести до ураження людини електричним струмом. Замикання фази електро мережі на землю, падіння дротів на конструктивні частини обладнання, несправність захисного заземлення також може привести до травм або смерті працівника.

Забезпечення безпеки робіт з діючими електроустановками [27,28] при частковому або повному знятті напруги необхідно виконати наступні технічні заходи. По перше необхідно відключити всі електроустановки або деяку їх частини. Після цього можна проводити відповідні заходи по усуненню несправностей. Для цього відключені електроустановки заземлюють, а робоче місце огорожується і вивішуються попереджувачі плакати.

Підвищення електробезпеки виконується шляхом застосуванням систем захисного заземлення, занулення, захисного відключення та інших засобів. При виконанні ремонтних робіт з обладнанням, яке оснащено електродвигунами після зняття напруги необхідно встановити знаки безпеки або попереджувальні плакати та написи.

Заземлення – контурне підземне з'єднання яке обов'язково повинно бути на підприємствах з виготовлення макаронних виробів.

При роботі по завантаженню силосів зерном оператор може дотикатися до струмоведучих частин електроустановок. Щоб цього не сталося необхідно перевіряти та виконувати таку інструкцію:

- перевіряти надійність ізоляції проводів які підходять до електроустановок та їх заземлюючих контурів;
- для забезпечення недоступності до електричних мереж та струмоведучих частин обладнання необхідно встановити суцільні або сітчасті огорожі;
- створити блокувальні пристрої для електроустановок з напругою більше ніж 250 В.

Для боротьби із статичною електрикою все обладнання елеватора повинно бути заземленим .

4.5 Техніко – економічна оцінка завантажувального пристрою для силосу

Капітальні затрати на модернізацію силосу з установкою в середині завантажувального пристрою складаються із виготовленням і монтажем такого пристрою. Визначимо необхідні грошові кошти на виготовлення завантажувального пристрою [30].

$$C = C_{op} + C_{нд} + C_{пр} + C_p + C_{пр.} + C_{зв}, \quad (4.1)$$

де C_{op} – вартість виготовлення оригінальних деталей, грн.; $C_{нд}$ – вартість покупних деталей, грн.; $C_{пр}$ – затрати на оплату праці робітникам, грн.; C_p – вартість гофрованого рукава, грн.; C_n – вартість електроприводу, грн.; $C_{зв}$ – загально виробничі витрати, грн..

Вартість виготовлення оригінальних деталей визначаємо за формулою:

$$C_{op} = C_{зн.пов.} + C_m, \quad (4.2)$$

де $C_{зн.пов.}$ – заробітна плата робітникам які зайняті на виготовленні оригінальних деталей, грн.; C_m – вартість металу, кий іде на виготовлення оригінальних деталей, грн..

Заробітна плата робітникам які зайняті на виготовленні оригінальних деталей:

$$C_{зп.пов} = C_{oc} + C_{\delta} + C_{соц}, \quad (4.3)$$

де C_{oc} і C_{δ} – основна і додаткова заробітна плата працівників зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн.; $C_{соц}$ – відрахування на соцзабезпечення, грн..

Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$C_{oc} = t_{cp} \cdot C_{год} \cdot K_{\delta}, \quad (4.4)$$

де t_{cp} – середній термін виготовлення оригінальних деталей (приймаємо 10 годин); $C_{год}$ – погодинна ставка основних робітників, приймаємо $C_{год} = 50$ грн.; K_{δ} – коефіцієнт доплати, приймаємо $K_{\delta} = 1,2$ [31].

$$C_{oc} = 10 \cdot 50 \cdot 1,2 = 600 \text{ грн.}$$

Додаткову заробітну плату визначаємо за формулою:

$$C_{\delta} = (5 \dots 12) \cdot C_{oc} / 100, \quad (4.5)$$

Тоді,

$$C_{\delta} = \frac{10 \cdot 600}{100} = 60 \text{ грн.}$$

Нарахування у фонди соціального страхування, пенсійний і фонд безробіття визначимо із формули:

$$C_{соц} = k \cdot (C_{пр} + C_{\delta}) / 100, \quad (4.6)$$

де k – сумарний коефіцієнт нарахувань на соціальне страхування, пенсійний фонд і фонд безробіття.

$$C_{соц} = 37 \cdot (600 + 60) / 100 = 62,3 \text{ грн.}$$

$$C_{зп.пов.} = 600 + 60 + 62,3 = 722,3 \text{ грн.}$$

Вартість металу для виготовлення оригінальних деталей визначається:

$$C_M = C_M \cdot Q_M, \quad (4.7)$$

де C_M - ціна одного кілограму металу, приймаємо $C_M = 40$ грн / кг; Q_M - маса металу, який необхідний для виготовлення завантажувального пристрою, приймаємо $Q_M = 125$ кг.

$$C_M = 40 \cdot 125 = 500 \text{ грн.}$$

Отже вартість виготовлення оригінальних деталей складе

$$C_{op} = 62,3 + 500 = 562,3 \text{ грн.}$$

Для приводу завантажувального пристрою необхідно придбати мотор-редуктор, барабан, кріпильні матеріали, троси підшипники та інше. Загальна вартість цих пристроїв приблизно складе $C_{np} = 11480$ грн. Для кріплення необхідні болти, гайки, шайби, підшипники, приймаємо $C_{nd} = 950$ грн.

Повну заробітну плату виробничих робітників, котрі зайняті на монтажі устаткування визначаємо за формулою:

$$C_{zn} = T_{зб} \cdot C_{зод} \cdot K_d, \quad (4.8)$$

де $T_{зб}$ – нормативна трудомісткість на монтаж завантажувального пристрою, год;

$$T_{зб} = K_c \cdot \Sigma t_{зб,i}, \quad (4.9)$$

де K_c – коефіцієнт, котрий ураховує співвідношення між новим і базовим часом збирання, $K_c = 1,08$; $\Sigma t_{зб,i}$ – сумарна трудомісткість збирання завантажувального пристрою, год.

$$\Sigma t_{зб} = \frac{\Sigma_{i=0}^n (m_1 \cdot t_1 + \dots + m_n \cdot t_n)}{t_{зб}}, \quad (4.10)$$

де $m_1 \dots m_n$ – відповідно маси торової тарілки, конуса, напрямних та площадки для установки приводу, кг; $t_1 \dots t_n$ – час який відводиться на збирання окремих частин завантажувального пристрою, год.

Тоді

$$\Sigma t_{зб} = \frac{\Sigma_{i=0}^n (80 \cdot 5 + 15 \cdot 4 + 5 \cdot 1 + 50 \cdot 4)}{14} = 47,5 \text{ год}$$

$$T_{зб} = 1,08 \cdot 47,5 = 51,3 \text{ год.}$$

На збирання пристрою необхідно приблизно вісім днів.

$$C_{zn} = 51,3 \cdot 50 \cdot 1,2 = 3078 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата :

$$C_{д.зн} = 10 \cdot 3078 / 100 = 307,8 \text{ грн.}$$

Нарахування у фонд соціального страхування, у пенсійний фонд і в фонд безробіття визначаються за формулою 4.6:

$$C_{соц} = 37 \cdot (3078 + 307,8) / 100 = 1252,75 \text{ грн.}$$

$$C_{зп.зб} = 3078 + 307,8 + 1252,75 = 4638,55 \text{ грн.}$$

Загальні виробничі витрати на виготовлення завантажувального пристрою складуть:

$$C_{зв,} = C_{нр} \cdot R_{он} / 100, \quad (4.11)$$

де $C_{нр}$ – основна заробітна плата робітників які виготовляють і встановлюють завантажувальний пристрій, грн; $R_{он}$ – відсоток загальновиробничих витрат ($R_{он} = 15\%$).

$$C_{нр} = C_{зп.нов} + C_{зп.зб}. \quad (4.12)$$

$$C_{нр} = 4638,55 + 722,3 = 5360,85 \text{ грн.}$$

Тоді

$$C_{зв,} = 5360,85 \cdot 15 / 100 = 804,13 \text{ грн.}$$

Затрати на виготовлення гофрованого рукава та монтаж його приймаємо 50% від вартості виготовлених оригінальних деталей і електроприводу, отже $C_p = 6496$ грн.

Визначимо капітальні вклади які необхідно затратити щоб виготовити і змонтувати завантажувальний пристрій в силосній будівлі.

$$C = 562,3 + 950 + 11480 + 6496 + 5360,85 + 804,13 = 25653,28 \text{ грн.}$$

Очікувана економічна ефективність капітальних вкладень від запровадження завантажувального пристрою визначається за формулою:

$$E_o = \frac{E_p}{C}, \quad (4.13)$$

де E_p – очікувана економія від ощадного без травмування зерна у силос (по даним ПП Відродження втрати від ушкодження зерна у нижній частині силосу складають 17000...18000 грн.)

$$E_o = \frac{17500}{25653,28} = 0,68 \text{ грн.}$$

Термін окупності розробки підраховуємо за такою формулою:

$$T = \frac{C}{E_p}. \quad (4.14)$$

$$T = \frac{25653,28}{17500} = 1,5 \text{ роки.}$$

Основні техніко - економічні показники даної розробки наведено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Техніко - економічні показники пристрою для обережного завантаження силосу зерном

Показники	Значення
1. Витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн..	562,3
2. Вартість покупних деталей, грн.	11430
3. Затрати на оплату праці робітникам,грн	5360,85
4. Капітальні вкладення на виготовлення пристрою, грн..	
5. Очікувана річна економія , грн..	17500
6. Термін окупності, років	1,5

Проводячи аналіз виконаних економічних розрахунків по виготовлені і устаткуванні завантажувального пристрою в силосі, можна зробити такий висновок. Завантажувальний пристрій збільшить собівартість силосної споруди але ж одночасно зменшиться травмування зернового матеріалу.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Проведений аналіз наукових досліджень і теоретичних рішень по питанням завантаження силосів зерновим матеріалом без його ушкодження дозволив виявити найбільш проблематичні місця травмування. Тому для покращення технологічного процесу завантаження пропонується замінити металеві ковші ковшових елеваторів на полімерні логарифмічної форми.

2. Для завантаження високих силосів зерном пропонується завантажувальний пристрій оснащений гофрованим рукавом, механізмом підйому і опускання та тороподібною тарілкою конусного типу.

3. Запропонований завантажувальний пристрій забезпечує рівномірне завантаження всього об'єму силосу протягом всього періоду завантаження, зменшує травмування зерна озимої пшениці і зменшується сегрегація на ділянці вільного падіння вантажу.

4. Досліджено основні параметри аналітичної моделі руху зерна по робочим поверхням тороподібною тарілки з вигнутими назовні краями, та центральною конусоподібною напрямною. Запропонована аналітична модель враховує радіус та висоту силосу, кути нахилу центрального конуса та твірної конусоподібною тарілки їхні відстані, початкову швидкість руху зерна, а також коефіцієнт тертя-ковзання між зерновою масою та поверхнею пристрою.

5. Аналітично визначені оптимальні співвідношення параметрів завантажувального пристрою, які відповідають мінімуму їх вартості і заданим режимним параметрам: для вантажів з малим коефіцієнтом тертя кут нахилу твірної тороподібною тарілки $\alpha = 18^{\circ}24'$, діаметр тарілки $d = 0,3$ м; для вантажу з великим коефіцієнтом тертя $\alpha = 12^{\circ}51'$, діаметр тарілки $d = 0,4$ м, відстань від завантажувального отвору до центрального конуса пристрою $H = 0,68$ м, положення тарілки відносно основи ємності $h = 0,22$ м.

6. Розроблена методика проведення лабораторних досліджень по завантаженню циліндричних ємностей, типу силос, з використанням тороподібною тарілки з вигнутими назовні краями, та центральною

конусоподібною напрямною, зорієнтованою меншою своєю основою до внутрішнього простору гофрованого рукава.

7. Виробничими дослідженнями встановлено, що швидкість руху смуги ковшових елеваторів оснащених полімерними ковшами логарифмічної форми повинна бути в межах від 1,8 до 2,2 м/с. Така швидкість руху смуги забезпечує цілковиту неушкодженість зерна як на макро-, так і на мікро рівнях.

8. Розраховано, що капітальні затрати на модернізацію силосу з установкою в середині завантажувального пристрою складуть близько 25653грн. Незважаючи на те що завантажувальний пристрій збільшить собівартість силосної споруди елеваторі підприємства позбавляться від такого негативного явища як травмування зернового матеріалу. Термін окупності завантажувального пристрою складе 1,5 роки. Встановлення завантажувальних пристроїв у середині силосу дасть змогу зберігати зерно більш високої якості, що є вигідно економічно.