

**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра агроінжинірингу

(повна назва кафедри )

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

**СВО «Бакалавр»**

на тему: «Обґрунтування техніко – технологічних заходів зі  
зниження травмування зерна при обробці на елеваторах»

Виконав: студент 4м курсу, групи \_\_\_\_\_

спеціальності 208 Агроінженерія

Зінчук Р.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Харченко Ф.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**м. Суми - 2025 року**

## ЗМІСТ

Анотація	3
Вступ	5
1. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ	7
1.1. Загальні критерії якості зерна кукурудзи	7
1.2. Спосіб визначення якості зернового матеріалу	8
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНО – КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ	12
2.1. Конструкції та способи підвищення ефективності процесу завантажування	12
2.2. Технічний об'єкт проекту	16
2.3. Порівняння з іншими виробниками	21
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНА	23
3.1. Проведення експерименту	23
3.2. Аналіз проведеного експерименту	25
4. ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	28
4.1. Визначення параметрів аспіраційної системи	28
4.2. Визначення діаметрів повітропроводів	31
4.3. Розрахунок втрат тиску в системі асперації	34
4.4. Вибір аспераційного обладнання	35
4.5. Кінцевий результат	36
5. БЕЗПЕКА ПРАЦІ	37
5.1. Безпека праці	37
Загальні висновки	44
Список використаних джерел	45
Додатки	47

## АНОТАЦІЯ

Обсяг дипломної роботи складає 46 сторінок основного матеріалу та 4 сторінок додатків, кількість ілюстрацій – 23 шт., таблиць – 7 шт., бібліографічних найменувань за переліком посилань – 10 шт.

В дипломному проекті проведено удосконалення процесу очищення зернового матеріалу при післязбиральній обробці. Під час завантаження зернового матеріалу в автотранспорт чи то біг-беги, підприємства постійно стикаються з травмуванням зернового матеріалу, і в зв'язку з цим потрібно знаходити альтернативні методи та механізми для завантаження з мінімальним травмування зернового матеріалу. Для цього було прийнято рішення, провести удосконалення вивантажувального пристрою. З метою зниження травмування зернового матеріалу та проведення додаткового очищення, визначення раціональних параметрів транспортуючого пристрою та приєднання пневмосепаратору. Перспективним було обрано пневмосепаратор ТАМА АЕРНОВА, продуктивність яких була покращена за рахунок збільшення робочої площі та пере-розрахунку основних параметрів. Під час виконання робіт на даному пристрої працівники мають більш безпечні умови праці, а саме :

- а) зона виконання робіт менш запилена;
- б) зменшений ризик виробничого травматизму;
- в) знижений рівень шуму;
- г) унеможливлення ураження статичним струмом.

Провели наступні розрахунки: динаміку компонентів матеріалу зерна в робочій зоні, визначення параметрів вентилятора та конфузора, надійний монтаж складових частин. В результаті проведення удосконалення даного завантажувального пристрою було досягнуто покращення ефективності в роботі, це також дало зменшити негативний вплив на довкілля, зменшилося травмування зернового матеріалу.

*Ключові слова:* аеродинамічні, властивості, зерно, властивості, удосконалення, модернізація, завантаження, ефективність.

## ABSTRACT

The volume of the thesis is 46 pages of the main material and 4 pages of appendices, the number of illustrations is 23 pcs., tables are 7 pcs., bibliographic names according to the list of references are 10 pcs.

In the diploma project, the process of cleaning grain material during post-harvest processing was improved. When loading grain material into vehicles or big bags, enterprises are constantly faced with injury to grain material, and in this regard, it is necessary to find alternative methods and mechanisms for loading with minimal injury to grain material. To do this, it was decided to improve the unloading device. In order to reduce injury to grain material and carry out additional cleaning, determine the rational parameters of the conveying device and connect the pneumatic separator. The TAMA AERNOVA pneumatic separator was chosen as promising, the performance of which was improved by increasing the working area and recalculating the main parameters. When performing work on this device, employees have safer working conditions, namely:

- a) the work area is less dusty;
- b) reduced risk of industrial injuries;
- c) reduced noise level;
- d) exclusion of static shock.

The following calculations were carried out: the dynamics of the components of the grain material in the working area, the determination of the parameters of the fan and confuser, reliable installation of the components. As a result of the improvement of this loading device, an improvement in efficiency in work was achieved, it also reduced the negative impact on the environment, and the injury to grain material was reduced.

*Keywords:* aerodynamic, properties, grain, properties, Improvement, modernization, loading, efficiency.

## ВСТУП

Пріоритетним напрямком розвитку АПК України є створення нового та вдосконалення існуючого технологічного обладнання та технологій для післязбиральної обробки зерна, обсяги виробництва та експорту якого визначають продовольчу безпеку.

Застосування автоматизованих завантажувальних рукавів та систем, «Moduflex» від компанії «Cimbria» при завантаженні сипких матеріалів із найменшими пошкодженням частинок на даний момент є найефективнішим рішенням. Це використовується в технологічних процесах при завантаженні зерна та сільгосппродукції на автотранспорт та в біг-беги для експорту зерна за кордон. Цей процес у сільському господарстві є поширеним та обов'язковим до застосування при відвантаженні сільськогосподарської продукції.

Завантажувальні рукава для автотранспорта працюють на основі набраної системи модулів конусного типу, кожухів, датчика рівня, електричного приводу опускання та підняття рукава – що здійснюється за допомогою системи тросів та роликів та контролерами з блоком управління. Даний механізм дозволяє завантаження зернових культур з найменшим пошкодженням частинок. Таким чином, удосконалення даного типу машини шляхом удосконаленням аспіраційною системою – є актуальним завданням здатним забезпечити відвантаження зерна з найменшою вірогідністю травмування частинок. Це дозволить виключити додаткову очисну машину в більшості технологічних ліній відвантажень зернової продукції.

Аспіраційні системи для очищення зерна виділяють легкі компоненти (домішки) із зернового матеріалу, які відрізняються від основного зерна розмірами, питомою вагою та аеродинамічними властивостями.

Використовуючи аеродинамічне очищення зерна, під час відвантаження є ефективним, так як зерно травмується мінімально. Зерно рухається найкоротшим маршрутом і не застосовується значна кількість механізмів. Крім того, повітряний потік не має механічного контакту з зерниною, порівнюючи з активними робочими органами решетних машин. Це дозволяє зерну зберігати максимальні

показники якості при відвантаженні.

Об'єктом розрахунків та досліджень обрано систему «Moduflex», яка завдяки ефективності роботи набуває поширення та використання на елеваторах, великих сільгоспвиробниках, комбінатах хлібопродуктів та фермерських господарствах.

Транспортувальна система «Moduflex» зарекомендувала себе, як дуже високопродуктивний (до 200 т/год), надійний та автоматизований механізм. Проте питання травмування зерна та його паралельне очищення не є достатньо враховано.

Метою даної роботи є підвищення ефективності роботи завантажувального рукава «Moduflex» шляхом встановлення на цей механізм аспіраційної системи та комплексний інженерно-технічний розрахунок його параметрів.

Завдання проекту для досягнення мети наступні: провести аналіз національних та міжнародних стандартів які регламентують норми на зернових матеріал; визначити умови та наслідки механічного контакту зернини з робочими елементами конструкції; ідентифікувати рівні травмування зерна; визначити параметри додаткової аспіраційної системи очищення зерна; розрахувати заходи що до заземлення механізму та безпечної експлуатації.

Таким чином, виконання проекту на тему «Обґрунтування техніко – технологічних заходів зі зниження травмування зерна при обробці на елеваторах» є актуальним та перспективним для АПК України.

# 1. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ

## 1.1. Показники якості зерна кукурудзи

Показники якості зерна визначаються при прийманні на підприємство до відвантаження. При зберіганні або при відвантаженні на експорт. Зерновий матеріал змінює властивості якості при тривалому часі зберігання, що потрібно враховувати. Показники поділяються на: біологічні, фізичні, технологічні та хімічні властивості зернових матеріалів – називається показниками якості зерна. Дотримуючись норм показників якості зерна, дозволяє підприємству отримати продукт переробки на експорт. Що дозволяє без перешкод працювати, як на внутрішньому ринку так і на зовнішньому.

Переробка зернового матеріалу внутрішня, а також міжнародний торгівельний ринок вимагають від експортерів відповідної якості зернових матеріалів. Для визначення якісних показників зернового матеріалу приймаються фізико- біологічні, споживчі, хімічні, механічні, т.д.

В різних країнах та регіонах країн стандарти якості зерна відрізняються, серед яких ми маємо міжнародні класифікації, до наприкладу: ГОСТ 30483; USDA; EN 16378:2013; (ДСТУ 45125:2008)

Кукурудза має великий попит на міжнародних ринках, та повинне відповідати їх стандартам:

- зерно кукурудзи повинно мати колір здорового зерна, без зайвих забарвлень;
- зерно не може мати сторонніх запахів або шкідників (включаючи кліщів) незалежно від стадії їх розвитку;
- зерно повинно відповідати всім вимогам якості зерна (Таблиця 1.1);
- вміст по сторонніх речовин та домішок у зерні не повинен перевищувати найвищих показників, встановлених правилами ЄС.
- залишок пестицидів не можна перевищувати граничний рівень.
- рівень радіоактивності в зерновому матеріалі не може перевищувати встановлений.

## Вимоги до якості зерна кукурудзи у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Показники якості кукурудзи відповідно до:

Показники		Од. Вимір.	Значення
1	Найбільша вологість кукурудзи відповідно до ISO 6540:2010 [7]	%	13,5
2	Найбільший відсоток зерна, яка не є основним зерном EU 1272/2009 [8]	%	12,0
	1. Биті зерна	%	5,0
	2. Зернові домішки:	%	5,0
	2.1 Домішки, за виключенням зерен іншого кольору	%	5,0
	а) щуплі зерна	%	н/в
	б) інші культури	%	х
	в) зернини зіпсовані та пошкоджені шкідниками	%	х
	г) матеріал зі зміненим кольором зародка	%	н/в
	д) зерна перегріті при сушінні	%	0,5
	2.2 Іншого кольору	%	н/в
	3. Пророслі зерна	%	6,0
	4. Інші домішки, в тому числі:	%	3,0
	- Інші домішки(насіння):		
	шкідлива	%	0,10
	- Пошкоджені зерна:		
	Зерна пошкоджені при сушці	%	х
Зерна пошкоджені фузаріозом	%	х	

В табл.1.1 «х» вказує на необхідний аналіз без конкретного обмеження, але вміст, який слід враховувати для максимальних обмежень, встановлених у пунктах 2 і 4 таблиці. Позначення «н.в» – не визначається.

### 1.2. Способи визначення якості зернового матеріалу

Способи визначення якості культури кукурудзи, яка використовуються в

торгівлі зерном, зазвичай мають свій стандарт та розписані в міжнародних стандартах (ISO), які встановлені Міжнародною організацією стандартизації та регіональними стандартами (EN), видані Європейським комітетом стандартизації CEN і використовуються в інших державах Європейського Союзу.

Вище перелічені організації стандартизації CEN та ISO, які тісно співпрацюють між собою, і багато нових стандартів та правок розробляються разом. В спільно розроблених стандартах номер стандарту записується як EN ISO, та внесення змін до стандартів також проводять одночасно.

Хочу зазначити, що не існує загальноприйнятого важливості стандартів, виданих в різних організаціями.

1.2.1. Визначення вологості зернових матеріалів. Вологість зернових культур є одним із дуже важливих показників якості, при зберігання та переробки зерна кукурудзи. Показник рівня вологи зерна вказує на придатність зерна кукурудзи до безпечного та тривалого зберігання. Зерно кукурудзи з показниками вологості не більше 13,5-14,5% може безпечно зберігатися у відповідних умовах. У разі перевищення вологості, необхідно проводити додаткову обробку (сушіння зерна, активне вентилявання), що дозволить знизити вологість зерна або його охолодження.

Визначення вологості кукурудзи можна визначити за наступними методами:

- спосіб сушіння (по вазі);
- за допомогою експрес тесту вологи;
- за допомогою електронних гігрометрів різних типів (переважно ємнісних та резистивних), відповідно до інструкцій із застосування;
- з допомогою використання вимірювальних приладів цілого зерна з використанням техніки інфрачервоного діапазону відповідно до інструкцій.

Вологість визначається по втраті ваги, яка виражена у %, яка відбувається в зерновому матеріалі, зазначених у методиці визначення. Принцип методу полягає у висушуванні відповідним методом.

Умови виконання та відмінності між положеннями окремих стандартів представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2– Показники вологості зерна зернових кукурудзи

Продукт	Стандартний	Температура, °С	Час, хв	Вага зразка, грам
Зерно кукурудзи	ISO 6540:2010	130 – 133	240	8

На початкових стадіях приймання партії зерна, перевірку проводять в два етапи:

1. I етап - перевіряється загальний стан зерна, в середині транспортного засобу, що надійшло на склад або на елеватор для зберігання, або що зберігається.

2. II етап - це перевірка зразка лабораторної проби. При перевірці стану та однорідності зерна потрібно застосовувати наступні методи:

а. після розкриття транспорту, що захищає зерновий матеріал автомобіля, вагона, причепа тощо, потрібно перевірити чи не виділяється з всієї партії зерна запах, що не властивий культурі зерна. В складах зазвичай перевіряється, чи не виділяється із зернової культури запаху, що свідчить про псування зерна, яке зберігається;

б. також потрібно перевірити, чи немає живих шкідників або слідів їх присутності на внутрішніх стінках автотранспортних, вагонах і складів;

в. потрібно провести візуальний огляд зерна в різних місцях партії зерна, також потрібно перевірити зерно чи не пошкодили опади або інші несприятливі фактори при транспортуванні та зберіганні партії зерна, та чи зовнішній вигляд зернового матеріалу є однорідний;

г. також рекомендується перевіряти зерно в різних місцях партії, чи немає самозігрівання зерна, зміни кольору тощо. При можливості, краще занурити руки в зерновий матеріал і відчуті різницю між температурою зерна та температури навколишнього середовища, таким чином можна визначити, чи відбувається самонагрівання чи ні;

д. результати огляду та оцінки зерна та загального стану партії зерна зафіксувати в журнал приймання зерна або журнал огляду складів. При перевірці показників якості зерна за ДСТУ 4525:2006 [ 21] включає в себе характеристику наступних

показників якості зернового продукту як: запахи, волога, очистка, наявність живих шкідників та домішок тваринного походження, візуальний огляд кольору зерна.

Як проводиться перевірка запаху зернової маси коли проба суха - відразу після відкриття упаковки з лабораторним зразком зігрівши його в руках, які не мають сторонніх запахів.

Таким чином, з проведений аналіз показників якості зернового матеріалу, який експортується та іде на власну переробку, доводить значна увагу до показників травмування частинок та рівня засмічення. Це доводить актуальність обраної тематики проекту.

## 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНО-КОСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

### 2.1. Особливості технологічного процесу

Обрана завантажувальна система призначена для транспортування сипких матеріалів з можливістю локалізації потоку та мінімізації пилоутворення.

Систему з завантажувальним рукавом використовують для безпечного та без пилового завантаження сипучого матеріалу зі стаціонарної установки (наприклад, елеватора) у транспортний засіб (наприклад, вантажівка, залізничний вагон тощо).

Основні конструктивні елементи системи (рис.2.1), що забезпечують технологічний процес, становлять:

а) *несуча частина* – базова плита з чорної сталі, на якій знаходиться система опускання/підймання рукаву та автоматика;

б) *транспортний жолоб* – складається з низки конусів, по яким відбувається завантаження матеріалу, які виготовлені з надміцного матеріалу HARDOX 500;

в) *зовнішня гофра* – складається з гофрованого матеріалу, який герметизує процес завантаження та блокує витік пилу;

г) *пилонепроникна юбка* – запобігає потраплянню пилу в довкілля з нижньої частини рукаву;

д) *датчик рівня* – дає сигнал про рівень матеріалу для поступового підняття рукаву і контролює герметизацію процесу;

Завантажувальна система «Moduflex» може бути обладнано різними типами датчиків для стеження за потоком матеріалу, що завантажується, які для виконання їхніх функцій необхідно підключити до завантажувального рукава.

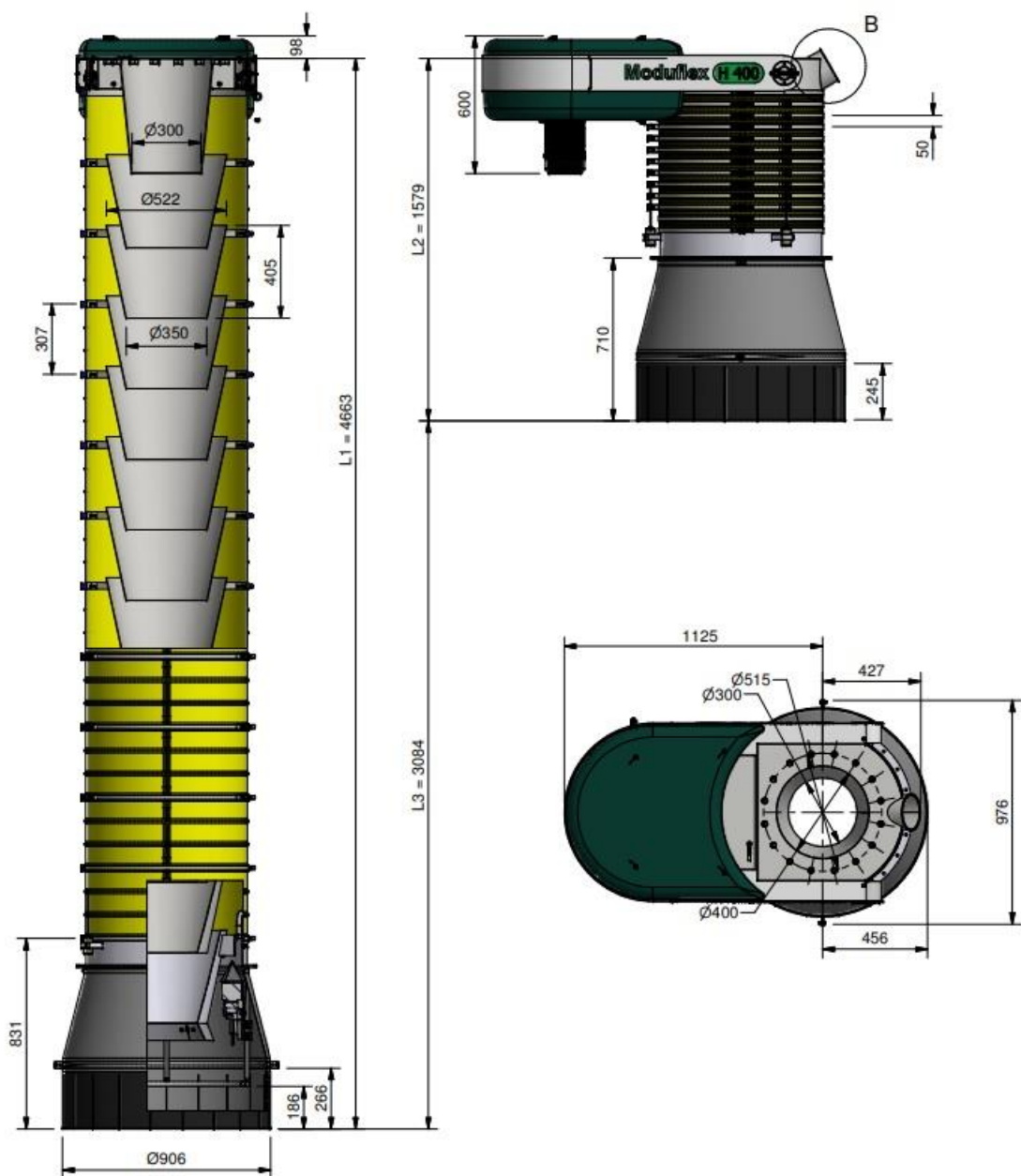


Рисунок 2.1. Загальний вид та розміри

Вибір датчиків визначається матеріалом, що завантажується, проводиться з урахуванням наступних технологічних особливостей. Головна функція датчиків (рис.2.2): подача сигналу, контроль підняття завантажувального рукава, коли піднімається рівень матеріалу. Цей сигнал використовується і в якості інформації для персоналу щодо процесу завантаження, і для запобігання перевантаження завантажувального рукава.

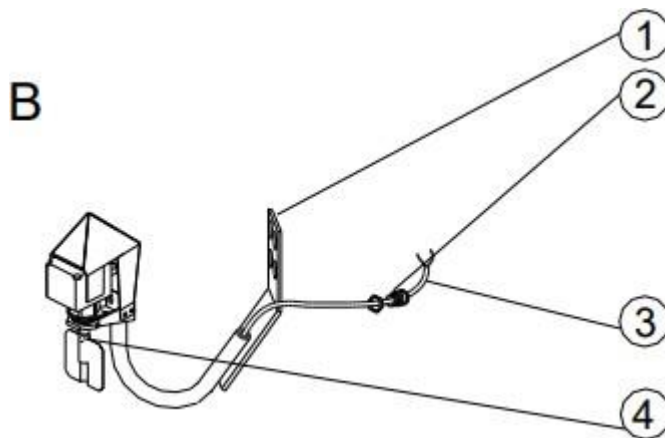


Рисунок 2.2. Датчики системи завантаження

Аналіз технічної документації дозволив виділити наступні обмеження та умови використання завантажувальних рукавів:

- Завантажувальний рукав Moduflex використовують лише для завантаження матеріалу з мінімальною енергією займання вище 3 мДж ;

- Завантажувальний рукав Moduflex можна використовувати лише для матеріалів з «мінімальною температурою самозаймання хмари пилу» не нижче 203 °С та з «мінімальною температурою самозаймання шару пилу товщиною 5 мм» не нижче 210 °С;

- Завантажувальний рукав Moduflex можна розміщувати лише на ділянках, передбачених категоріями, які зазначені в декларації відповідності;

- Якщо завантажувальний рукав Moduflex використовується з іншими механізмами, вони повинні бути змонтовані таким чином, щоб постачання матеріалу було герметичним. Наприклад, приймач матеріалу повинен відповідати випускному отвору завантажувального лотка Moduflex, і у завантажувального лотка був достатній вихід. Це головні умови для технічного використання завантажувального рукава Moduflex відповідно до директиви щодо вибухонебезпечного середовища (ATEX);

- Температура навколишнього середовища: -20 - + 40 °С;

- У матеріалі не повинні міститися предмети, що можуть створювати іскри при падінні через направляючі конуси в рукаві.

Схема завантажувального рукава представлена на рисунку 2.3.

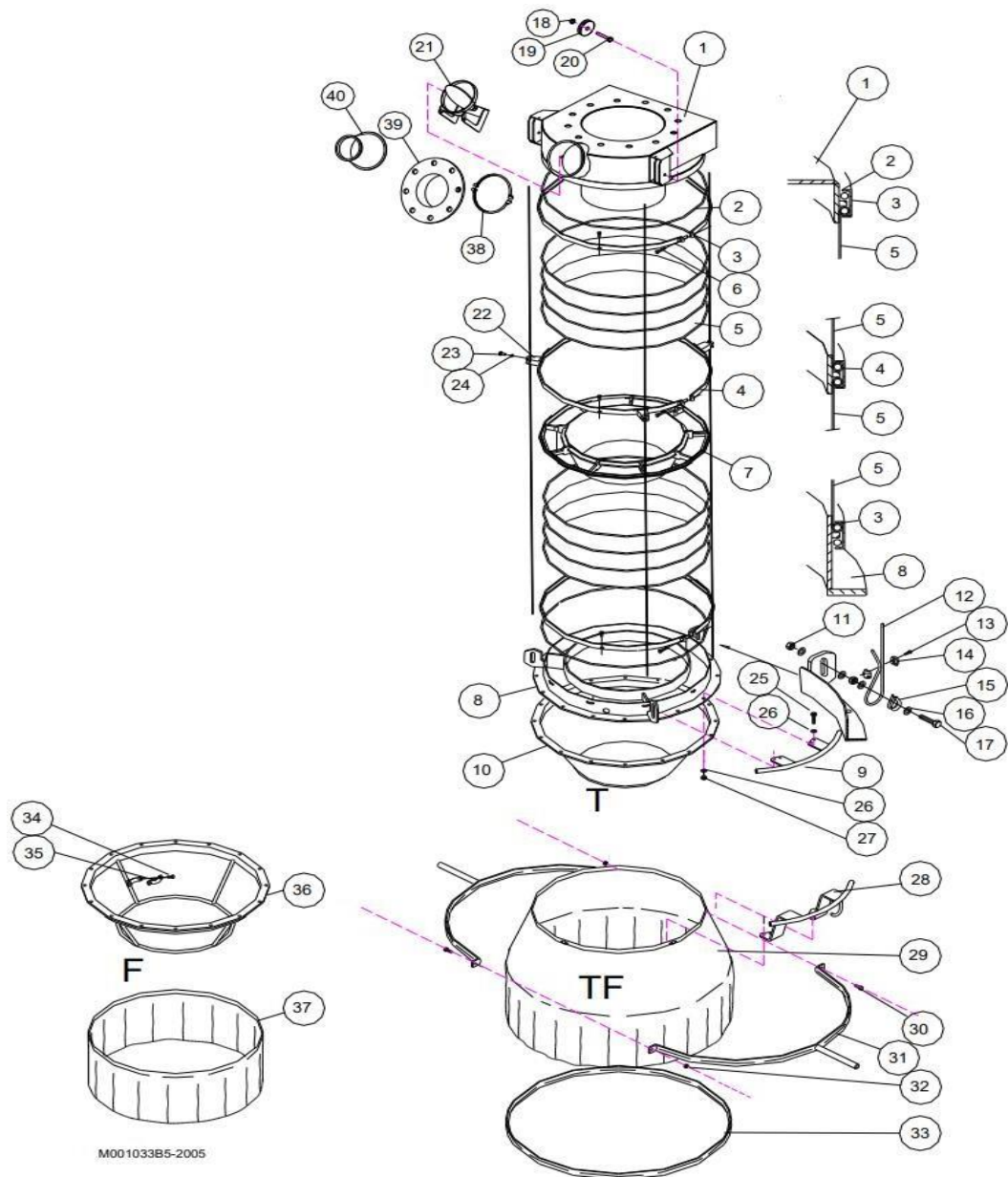


Рисунок 2.3. Схема завантажувального рукава:

1– впуск; 2 – ущільнюоче кільце; 3 – з’єднувальне кільце; 4 – направляюча троса; 5 – кожух; 6 – болт; 7 – направляючий конус; 8– з’єднання з трубою; 9 – ручка; 10 – випускний пристрій Т; 11 – гайка; 12 – підйомний трос; 13 – гвинт з шестигранною головкою; 14 – половинка фіксатора троса; 15 – наконечник; 16 – прокладка; 17 – шестигранний гвинт; 18 – гайка; 19 – сітчастий барабан; 20 – вісь ролика; 21 – автоматичне закривання; 22 – напрямна троса; 23– гвинт; 24– прокладка; 25 – шестигранний гвинт; 26 – прокладка; 27– гайка; 28 – ручка типу М; 29 – острішок типу М з фіксатором; 30 – шестигранний гвинт; 31 – з’єднувальне кільце з ручкою; 32 – гайка; 33 – підтримуюче кільце; 34 - фітинг; 35 – захисний пристрій; 36 – острішок типу F з фіксатором; 37 – фартух завантажувального рукава; 38 – з’єднувальне кільце; – фланець 150 мм; 39 – патрубок 150 мм

Механізм для опускання та підняття завантажувального рукава представлений

на рис.2.4.

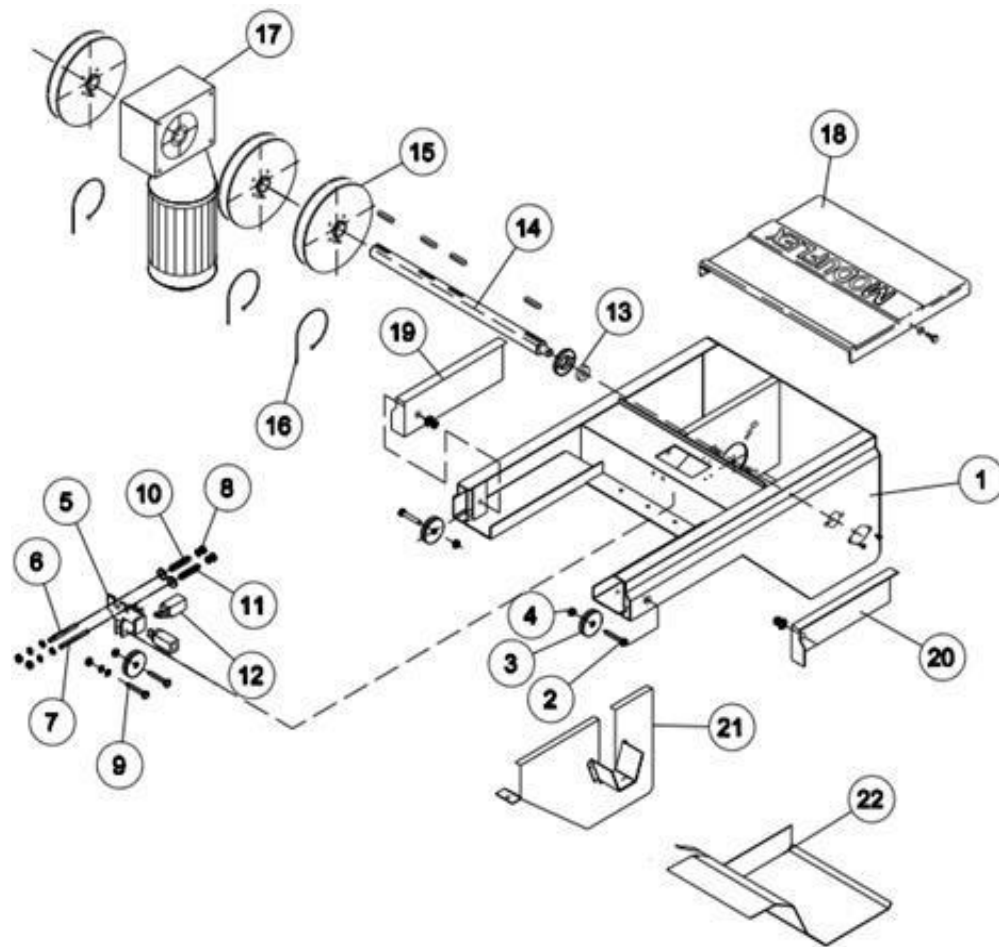


Рисунок 2.4. Механізм для опускання та підняття завантажувального рукава

Даний механізм (рис.2.4) складається із: моторредуктора – привід, шківів намотування тросів – 3шт., тросу – 5мм, валу кріплення шківів та корпусу цього механізму.

## 2.2 Технічний об'єкт проекту

Для удосконалення даного навантажувального рукава – буде використано фільтруючий елемент «картриджний фільтр» від компанії TAMA AERNOVA (рис.2.5, 2.6, табл.2.1). За допомогою даного фільтра будемо мати можливість виконувати відвантаження зерна в більшості без задіяння очисної машини.

Даний фільтр (рис.2.5) складається із: вентилятора, фільтруючих картриджів, корпусу фільтра та підведеної системи стиснутого повітря.

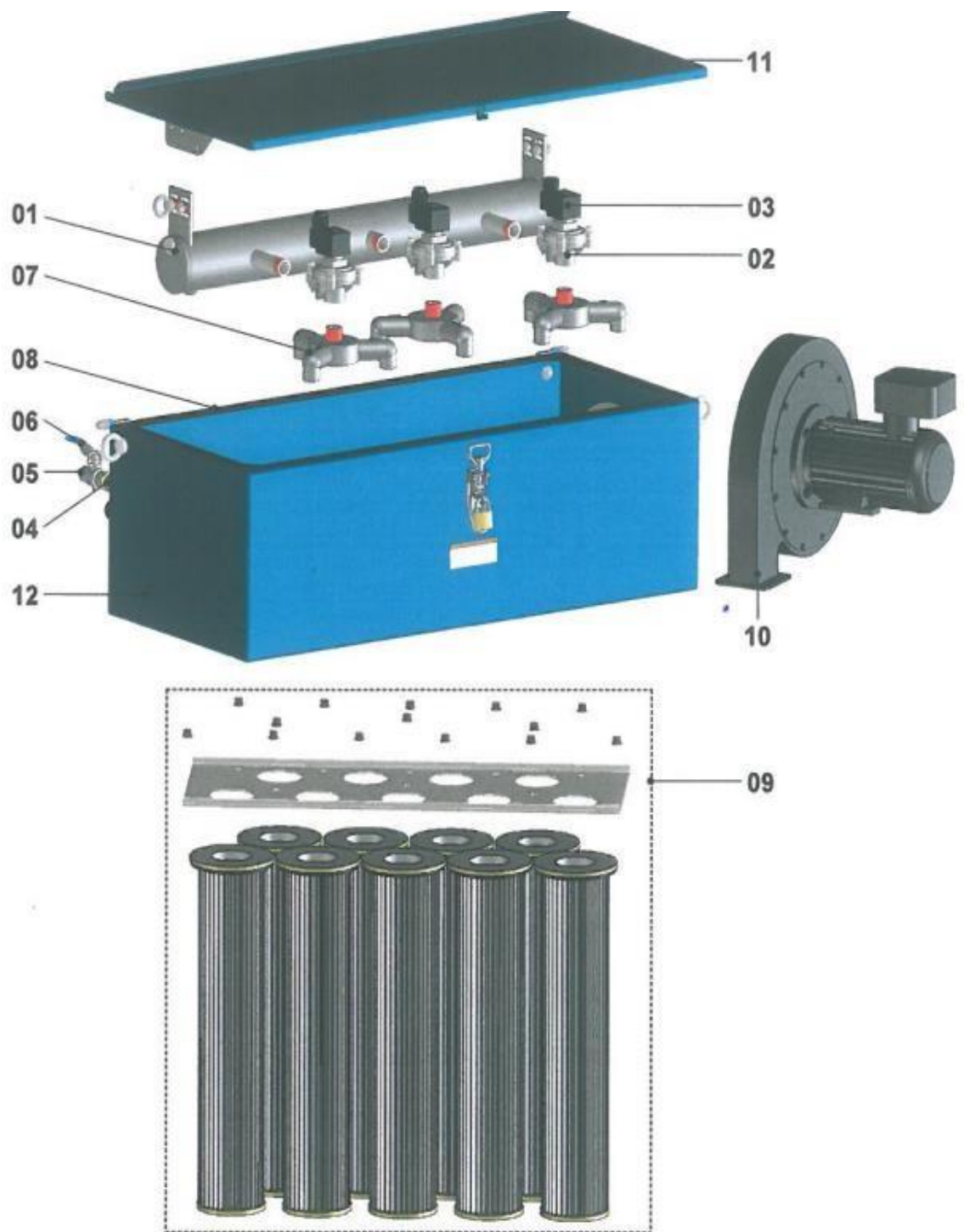


Рисунок 2.5. Фільтруючий елемент «картриджний фільтр» ТАМА АERNOVA:

1– напірний бак; 2 – ходовий клапан; 3– котушка ходового клапана; 4 – прямий гвинтовий вал №1; 5 – прямий гвинтовий вал №2; 6 – кульковий кран ½; 7 – розподільник; 8– ущільнювальний профіль; 9 – картриджі фільтра; 10 – вентилятор; 11 – верхня частина корпусу; 12– кришка корпусу

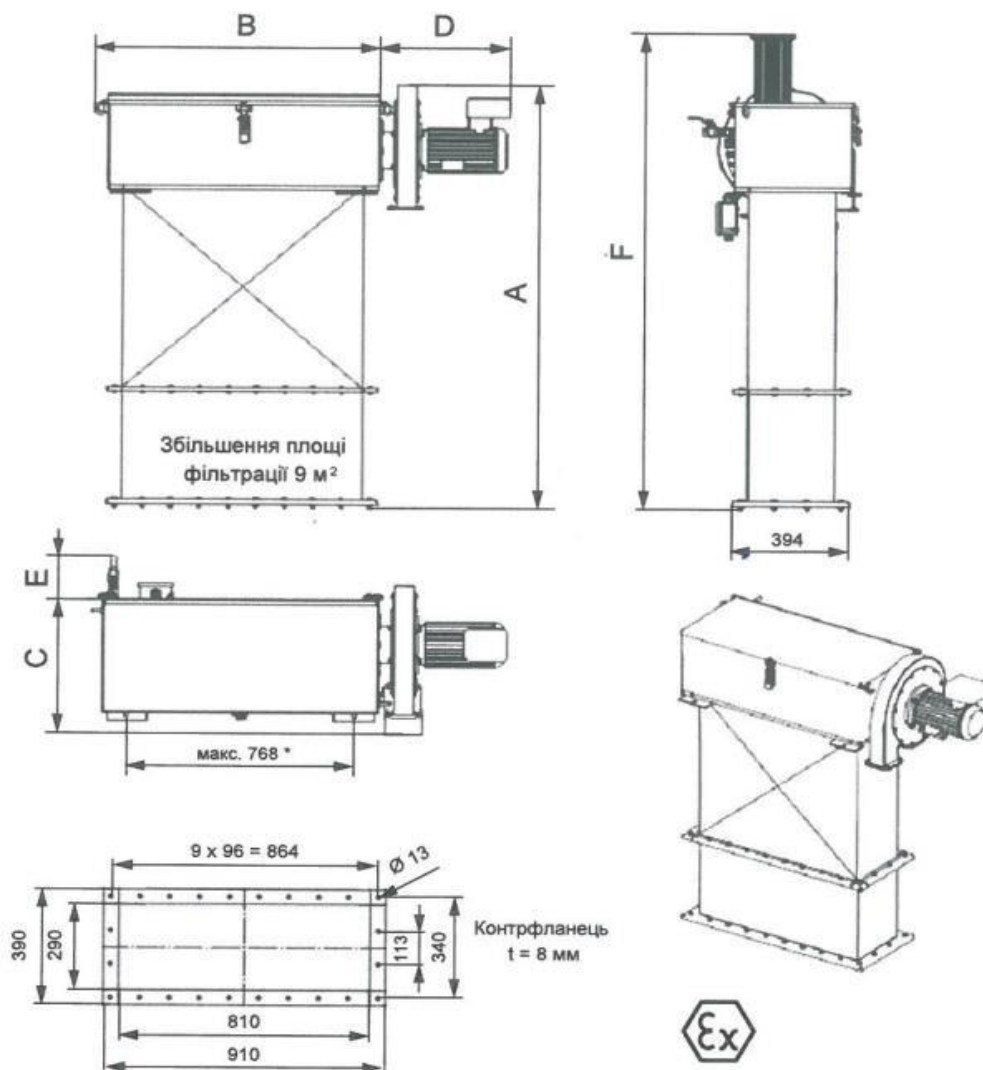


Рисунок 2.6. Схема картриджного фільтра типу ТАМА АЕРНОВА

При роботі вентилятор втягує дрібні домішки на фільтруючі картриджі, а потім система стиснутого повітря через електромагнітні клапани струшує ці домішки в конус фільтра і далі по самопливам вини потрапляють в бункер відходів. Цей процес відбувається під час завантаження зерна на автотранспорт. До цього всього даний фільтр дає змогу завантаження автотранспорту з мінімальним пиловим забрудненням навколишнього середовища.

Принцип роботи удосконаленого механізму полягає в тому – щоб забезпечити мінімальне травмування зерна при завантаженні на автотранспорт.

Таблиця 2.1. Розміри картриджного фільтра типу ТАМА АЕРНОВА

Картриджний фільтр ТАМА АЕРНОВА						
Параметри	9м <sup>2</sup>		14м <sup>2</sup>		18м <sup>2</sup>	
	DMV 330	DMV 350	DMV 330	DMV 350	DMV 330	DMV 350
А – висота	1090	1075	1490	1475	1690	1675
В – ширина	965	965	965	965	965	965
С – глибина	477	535	477	535	477	535
Д – вентилятор з насадкою	441	440	441	440	441	440
Е – різьбове з'єднання	160	160	160	160	160	160
F – простір, необхідний для заміни картриджа	1450	1450	2250	2250	2650	2650
Вага (кг)	117	125	147	155	154	162

Завантажувальний рукав кріпиться до бункера авто загрузки, а саме до електропривідної засувки яка відкриває потік зерна для завантаження. Перед початком завантаження автотранспорту апаратник обробки зерна опускає рукав на відстані 15 – 20 см від днища кузова автомобіля і лише після цього розпочинає завантаження. Коли насипається невелика кількість зерна та починає підпирати датчик рівня на якому починає рости опір. При певному опорі датчик починає піднімати рукав по 5 – 7 см, після чого опір зменшується і датчик чекає наступного опору щоб знову при підняти завантажувальний рукав. Таким чином, відбувається завантаження автотранспорту.

Шляхом удосконалення та модернізації, було прийнято рішення встановити аспіраційний сепаратор на даний завантажувальний рукав. За допомогою аспіраційного сепаратора ми зменшуємо можливість травмування зерна. Також зменшуємо забруднення навколишнього середовища та викидів у атмосферу.

Даний аспіраційний сепаратор дає змогу відвантаження найкоротшими шляхами з меншим часом перебування зерна в транспортному обладнанні.

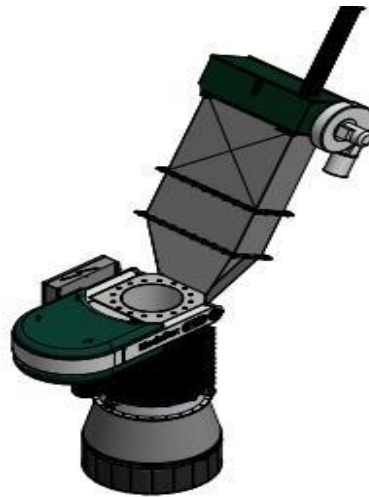


Рисунок 2.7. Вид системи завантаження зі встановленою аспіраційною системою

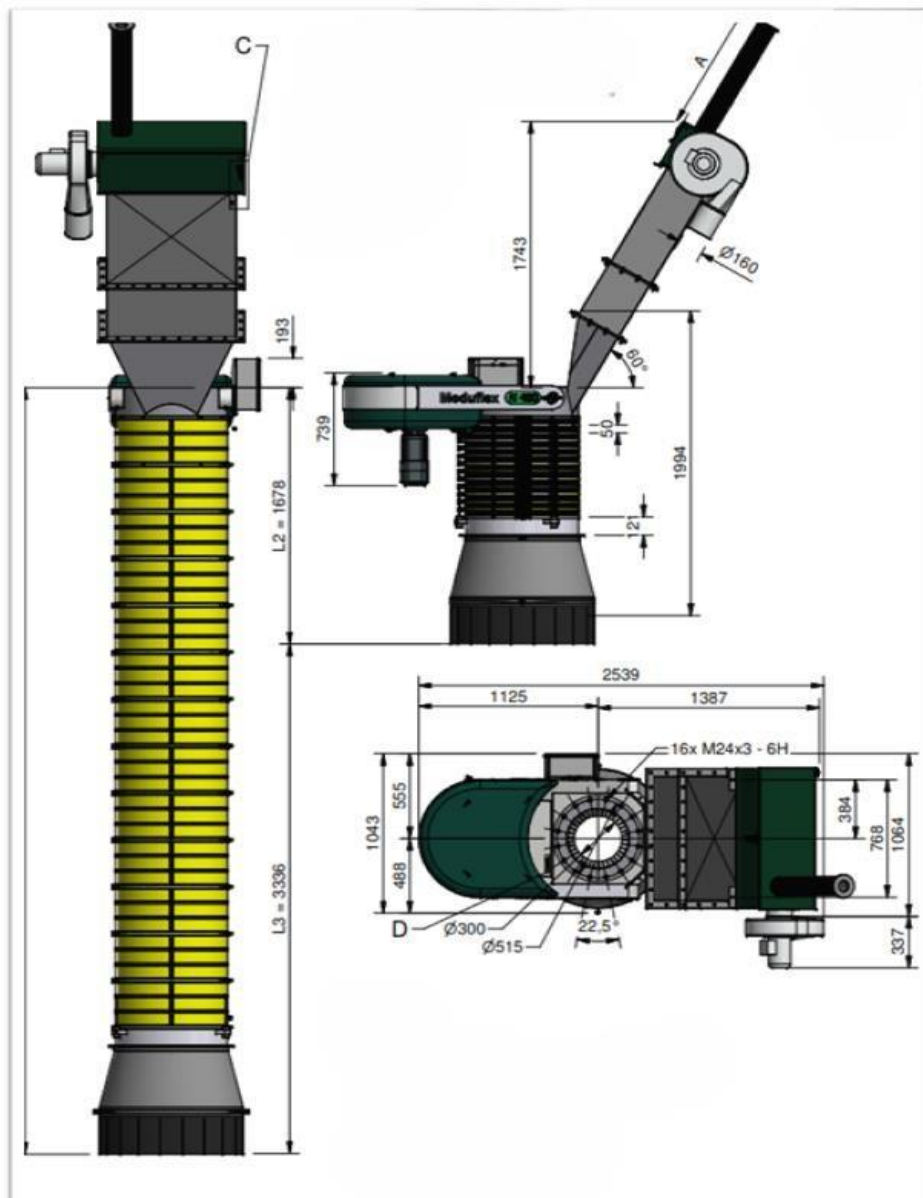


Рисунок 2.8. Вигляд механізму після модернізації

Встановлення даної системи має бути на виході зерна з бункера, а саме як найближче до електро-засувки. Щоб потім при завантаженні відбирати домішки на всю довжину опущеного завантажувального рукава.

Проведено аналіз конструктивних рішень систем завантажування інших виробників (рис.2.9). Аналогічні завантажувальні рукава має низка інших компаній, але їхня ефективність значно менша тому, що деякі з них взагалі не облаштовані аспіраційними системами. Деякі виробники передбачають в технології стаціонарні аспіраційні системи, але її принцип роботи не дозволяє отримати достатню якість зерна за мінімальних витрат енергії.



а)



б)

Рисунок 2.9. Системі завантажування різних виробників:

а– Hennlich NZO; б – NZOF

Проте, ці два зразки компанії TBS industry (Hennlich NZO; NZOF) [[посилання](#)] (посилання на літературу) також були представленні для розгляду та подальшого прийняття рішення з приводу монтування на підприємстві.

Розглянемо варіант «Б» - на цьому завантажувальному рукаві встановлено стаціонарну аспіраційну систему. Її принцип роботи такий – під час завантаження транспортного засобу (наприклад, автомобіля) всі малі домішки які знаходяться під захисним кожухом - вентилятором втягується на фільтрувальні картриджі і кожні 30-60 сек. в залежності як виставлено на контролері панелі керування, спрацьовує електромагнітний клапан стиснутого повітря (8bar) та отряхує ці фільтрувальні

картриджі в зерно яке завантажується. Дуже часті випадки коли ця смітна домішка витрушується на поверхню зерна, що завантажено в автомобіль. Саме це стало причиною по встановленню завантажувального рукава компанії CIMBRIA «Moduflex».

Таким чином, технологічне рішення проекту передбачає встановлення аспіраційного сепаратору, що дозволяє провести додаткове очищення матеріалу від легких домішок та пилу, забезпечити якість транспортованого зерна. Для обґрунтування параметрів модернізованої системи необхідно провести експериментальні дослідження щодо рівнів травмування та розрахунків аспіраційної системи.

### 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНА

В даному розділі наведено методику та результати експериментального визначення рівнів травмування зерна за різних умов. Визначено травмування зерна при завантаженні транспортних засобів без завантажувального рукава та за умови його використання.

Для дослідження обрано зерновий матеріал кукурудзи сорту «Торіно», з наступними властивостями таблиця 3.1.

Таблиця 3.1. Властивості вихідного матеріалу кукурудзи сорту «Торіно» (середні значення)

Властивості	Значення
Довжина, мм	13,47
Ширина, мм	8,36
Товщина, мм	4,51
Густина, кг/м <sup>3</sup>	982,80
Вологість, %	13,7

Розміри зерен кукурудзи визначали за допомогою штангель циркуля типу УАТО УТ-7201. Для вимірювання брали наважку зерна попередньо відкаліброваного на решетах з круглими отворами діаметром 6 та 8 мм.

Для визначення густини використовували пурку за ДСТУ ГОСТ 10840:2019.

Визначення вологості проводили за допомогою FOSS Infratek – 1241 Grain Analyzer.

Результати вимірювань представлені в табл.3.1.

Попередній відбір зразків зерна та визначення їх властивостей дозволив провести експерименти для системи завантаження за рівних умов, що дає право стверджувати про адекватність отриманих даних.

Перший дослід передбачав імітацію завантаження автомобіля без завантажувального рукава. Попередньо робимо фотофіксацію зернин кукурудзи для подальшого проведення аналізу. Загальний вигляд вихідного матеріалу представлено

на рис.3.1.



Рисунок 3.1. Загальний вигляд вихідного матеріалу кукурудзи

Схема проведення експерименту наведена на рис.3.2. Функцію автомобіля буде виконувати фронтальний навантажувач з металевим ковшем, як і сам причіп чи кузов автомобіля зернового. Днище кузова знаходиться на висоті 1150мм від поверхні землі, яка була змінною.

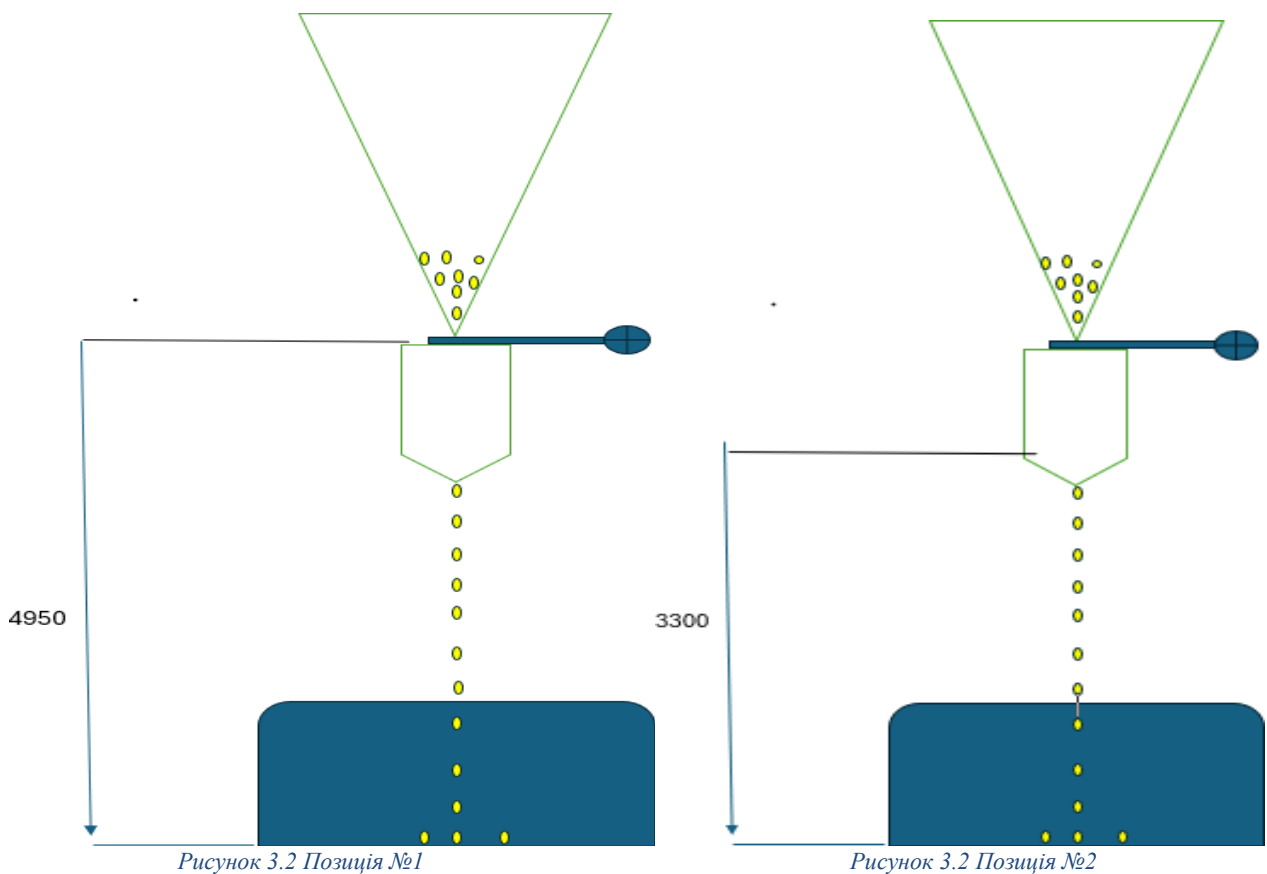


Рисунок 3.2. Схеми проведення експерименту: позиція №1 завантаження зернового матеріалу з висоти падіння зерна – 4950 мм (без застосування завантажувального рукава); позиція №2 завантаження зернового матеріалу з висоти – 3300 мм ( також без застосування завантажувального рукава)

Зернини кукурудзи були скинуті з висоти 4950 мм та 3300 мм на металевий ковш без завантажувального рукава, після чого проводимо ретельний огляд під мікроскопом та робимо аналіз рівня травмування зерна . Далі проводили порівняння з іншими дослідями, які проводили з завантажувальним рукавом.

При дослідженнях проводили змінювання висоти падіння зернин, яку варіювали з урахуванням прийнятих даних від виробника обраної системи завантаження (рис.2.8). Висота падіння, яку використали при експериментах, наведена в табл.3.2.

Таблиця 3.2. Висота падіння зернин (мм)

Висота падіння	Рівень падіння
1650	мінімальний
3300	середній
4950	максимальний

### 3.2. Аналіз проведеного експерименту

Скидання зернини кукурудзи з висоти 4950 мм та 3300 мм без завантажувального рукава, після чого проводимо ретельний огляд під мікроскопом та робимо аналіз .

Для аналізу рівня травмування аналізували кількість зерен які після падіння мали наявні макротравми. Макро травми – відсутність частини зернини або зовнішні тріщини. Далі порівнювали у відсотковому співвідношенні кількість макротравмованих зерен до загальної кількості зерне в експерименті. При цьому враховували висоту падіння.

В даному випадку після проведення експерименту маємо наступні результати (рис.3.3, табл.3.3).



а)



б)

Рисунок 3.3. Загальний вигляд зернин кукурудзи за різної висоти падіння:

а – висота падіння 4950мм; б – висота падіння 3300 мм

Таблиця 3.3. Результати травмування зерен

Висота падіння, мм	Загальна кількість зерен, шт.	Кількість макротравмованих зерен, шт.	Рівень травмування, %
1650	50	01	2
3300	50	05	10
4950	50	09	18

В результаті експерименту на рисунку 3.4 варіант (а) де була висота падіння

зернини 4950 мм, ми бачимо значні травмування зернин. На яких ми спостерігаємо, що зернини скинуті з такої висоти має бите зерно та зерна з мікротравмами. На варіанті (б) ми спостерігаємо менші пошкодження зернин, маємо биті зерна, але їхня кількість менша також мікротравми зменшилися. Даний експеримент доводить – що, висота падіння зернин суттєво впливає на її травмування. З різницею в 1650 мм. по висоті, травмування зерна зменшилося на 8%.

Одним з запропонованих технічних рішень може бути використання підвісного конуса закріпленого на тросі. Конус може бути виготовленим з гуми, що також дозволить зменшити травмування зерна. Встановлення цього конуса всередині рукава дозволяє розбити висоту падіння на дві ділянки, тим самим зменшити рівень травмування зерна (рис.3.5). Приймаємо відстань до конуса 1650 мм, що забезпечить зниження рівня травмування до 2%.

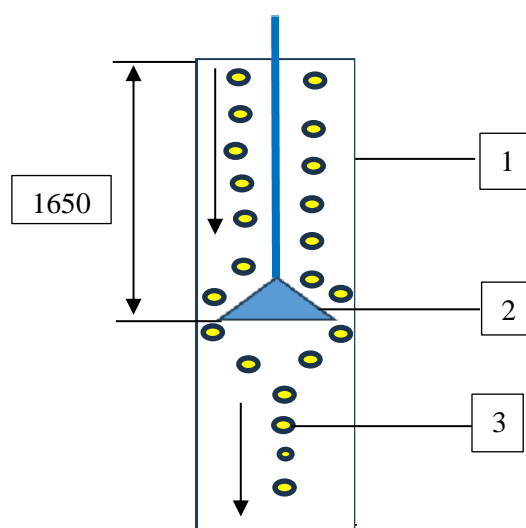


Рисунок 3.5. Запропоноване технічне рішення для зменшення травмування зерна:

1 – рукав, 2 – конус, 3 – зернина.

Таким чином, вдалося визначити залежність рівня травмування зерна від висоти падіння, запропонувати технічне рішення для його реалізації. Зменшення рівня травмування склало на 18% до 2%, що є достатнім для виробничого процесу.

Подальше удосконалення системи завантаження потребує інженерно-технічного розрахунку аспіраційної системи.

## 4 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Для забезпечення технологічного процесу з визначеними параметрами (п.3) робочої зони проведемо розрахунків параметрів елементів пневмосепаратора за критеріями надійності, технологічності виготовлення та безпеки праці.

Приймаємо наступні завдання для розрахунків:

1. Розрахувати параметри аспіратора для заданої продуктивності системи завантаження (200 т/год) з урахуванням типу зерна – кукурудза.
2. Визначити розміри робочої зони аспіратора: ширина та довжина.
3. Визначити параметри вентилятора: тип, потужність та частота обертання ротора, тиск.
4. Визначити параметри фільтрів: тип, гідравлічний опір, кількість.

У якості вихідних даних приймаємо наступні:

- Процес – завантаження кукурудзи в відкритий транспорт;
- Матеріал – кукурудза;
- Продуктивність – 200 т/год;
- Об'ємна вага кукурудзи – 0,6-0,8 т/м<sup>3</sup>.

### 4.1. Постановка завдання та технологічне обґрунтування

В процесі завантаження зерна через ежекцію повітря (рис.4.1) відбувається виділення мілко дисперсного пилу (рис.4.2), що негативно впливає на безпеку підприємства, здоров'я персоналу та екологічну ситуацію прилеглих територій.

Проведемо огляд доступних технологій. Для зменшення виділення пилу в процесі завантаження відкритого транспорту на даний час доступні наступні технічні рішення.

а) телескопічний аспіраційний рукав (рис.4.3) – це пристрій який герметизує процес завантаження сипучих матеріалів в транспорт та зменшує виділення пилу в навколишнє середовище (рис.4.4).

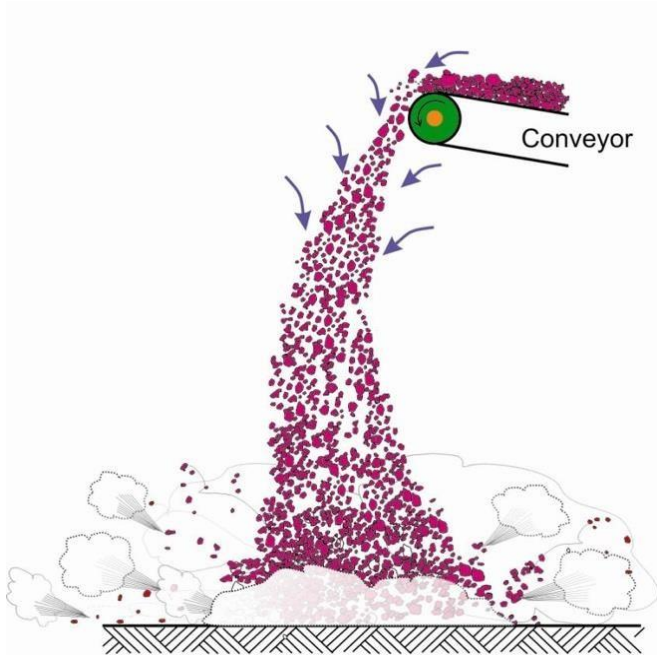


Рисунок 4.1. Ежекція повітря з виділенням пилу, в процесі падіння матеріалу.



Рисунок 4.2. Виділення пилу в процесі завантаження відкритого транспорту.

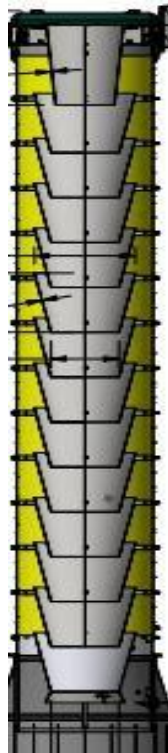


Рисунок 4.3. Телескопічний аспіраційний рукав



Рисунок 4.4. Приклад встановлення телескопічного аспіраційного рукаву

Рукав складається з таких основних частин:

- Базовий корпус – верхня частина рукаву на якій знаходиться фланець для

приєднання завантажувального самопливу, аспіраційний патрубок та система підймання/опускання рукаву з датчиками положення;

- Транспортний жолоб – каскад конусів по якому відбувається завантаження матеріалу;

- Герметизуюча гофра – гнучка гофра яка герметизує процес завантаження та утримує пил всередині рукаву;

- Нижня юбка – ущільнює точку контакту рукаву з насипним матеріалом, щоб уникнути витоку пилу. Також містить в собі датчик рівня матеріалу який подає сигнал на поступове підняття рукаву по мірі навантаження матеріалу.

Цей метод боротьби з пилом в процесі завантаження транспорту є сучасним та ефективним і приймається для подальших розрахунків.

Для подальших розрахунків розробляємо технологічну схему (рис.4.5) процесу завантаження зерна в відкритий транспорт з системою аспірації.

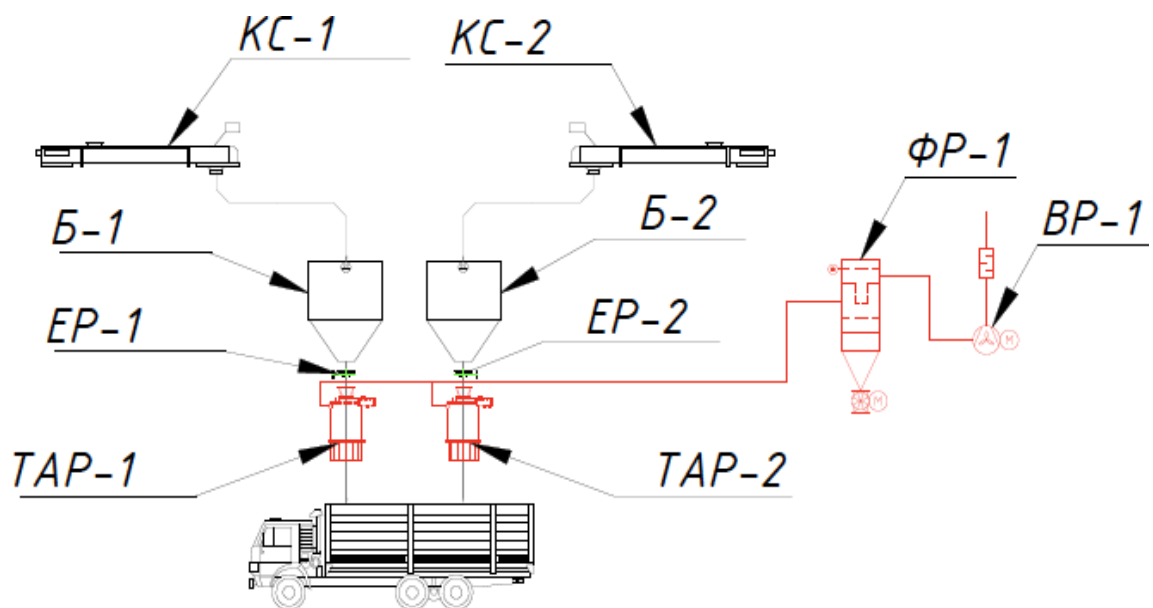


Рисунок 4.5. Технологічна схема завантаження кукурудзи з відкритий транспорт

Умовні позначення на рис.4.5:

- КС – конвейер скребковий;
- Б – бункер;
- ЕР – електрична рейкова засувка;

- ТАР – телескопічний аспіраційний рукав;
- ФР – фільтр рукавний;
- ВР – вентилятор радіальний

#### 4.2. Розрахунок системи аспірації

Вибір телескопічного аспіраційного рукава. Для визначення об'єму повітря необхідного для системи аспірації, в першу чергу робимо вибір моделі аспіраційного рукава, виходячи з властивостей зернового матеріалу кукурудзи.

Приймаємо наступні вихідні данні: об'ємна вага кукурудзи –  $\rho=0,6-0,8 \text{ т/м}^3$ ; продуктивність сепаратора –  $Q=200 \text{ т/год}$ .

Визначимо об'ємну продуктивність пристрою:

$$Q_{\text{ТАР}} = \frac{200 \text{ (т/год)}}{0,8 \text{ (т/м}^3)} = 250 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.1)$$

де:  $Q_{\text{ТАР}}$  – пропускна спроможність телескопічного аспіраційного рукава.

З модельного ряду телескопічних аспіраційних рукавів компанії CIMBRIA обираємо необхідну модель рукава – Moduflex N400FHYL/13.4

Проведемо визначення продуктивності системи аспірації.

Виходячи з рекомендацій VS-50-31 та рекомендацій виробника аспіраційного рукаву визначаємо кількість повітря необхідну для ефективного видалення пилу з аспіраційного рукава:

$$Q_1 = V_1 \times \left( \left( \frac{\pi \times d_1^2}{4} \right) - \left( \frac{\pi \times d_2^2}{4} \right) \right) \times 3600, \quad (4.2)$$

де:  $V_1$  – рекомендована швидкість потоку повітря всередині аспіраційного рукава;  $d_1$  – діаметр герметизуючої гофри;  $d_2$  – діаметр транспортного жолобу.

$$Q_1 = 1,1(\text{м/с}) \times \left( \left( \frac{3,14 \times 0,6^2}{4} \right) - \left( \frac{3,14 \times 0,3^2}{4} \right) \right) \times 3600 = 839 \text{ м}^3/\text{год}$$

Так як згідно технологічній схемі (рис. 4.5) для системи завантаження зерна встановлено 2 аспіраційні рукави, визначаємо загальну продуктивність системи аспірації:

$$Q = 839 + 839 = 1678 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.4)$$

Визначення діаметрів повітропроводів. Виходячи з технологічної схеми (рис.4.6), визначим діаметри повітропроводів на річних участках системи.

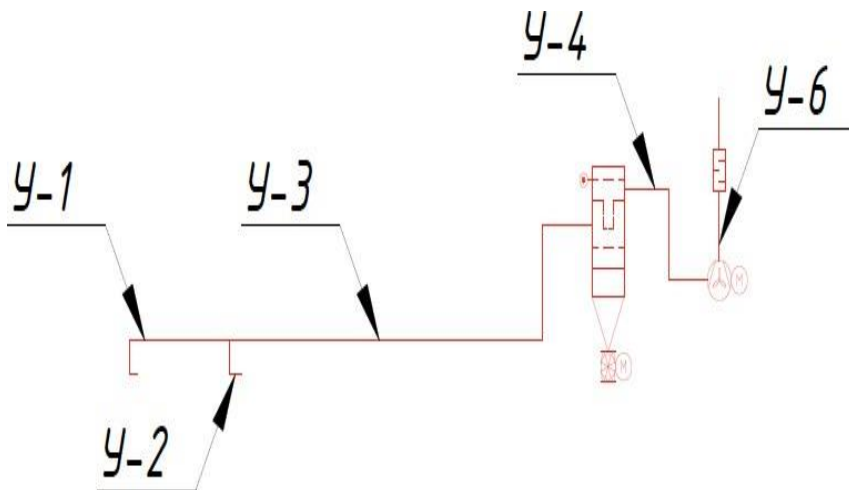


Рисунок 4.6. Ділянки повітропроводів системи аспірації

Виходячи з рекомендації АСГІН приймаємо швидкість потоку повітря для транспортування пилу в повітропроводі  $V=18$  м/с.

$$D_{y1} = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times V \times 3600}} = \sqrt{\frac{839 \times 4}{3.14 \times 18 \times 3600}} = ,0125 \text{ м} = 125 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний каталожний діаметр повітропроводу  $D_{y1}=125$  мм.

Також маємо:  $D_{y1} = D_{y2} = 125$  мм.

Таблиця 4.1. Параметри системи аспірації

№	Обладнання	Об'ємна витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	Діаметр, мм	Довжина секції, м	Швидкість руху повітря в	Втрати тиску при терті, Па	Сумарний коефіцієнт	Додаткові місцеві опори, Па	Втрати через місцеві опори, Па	Загальні втрати тиску в повітропроводі, Па
У1	Рукав N400FHYL/13	850	125	7,00	19,25	291	4,80	250	199	740
У2	Рукав розпилювальний N400FHYL/13	850	125	2,00	19,25	83	4,80		199	282
У3	У1+У2	1700	175	10,00	19,64	284	4,80		136	420
ФР-1	Фільтр	1700			0	0	0	1500	0	1500
У4	Після фільтра	1700	175		19,64	0	4,80		136	136
ВР-1	Ентузіаст	1700			0	0	0		0	0
У6	Після віяла	1700	175		19,64	0	1,20		34	34
Загалом:		1700								2830

$$D_{y3} = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times V \times 3600}} = \sqrt{\frac{1678 \times 4}{3,14 \times 18 \times 3600}} = 0,175 \text{ м} = 175 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний каталожний діаметр повітропроводу  $D_{y3}=175$  мм:

$$D_{y3} = D_{y4} = D_{y6} = 175 \text{ мм.}$$

Проведемо розрахунок втрат тиску в системі аспірації.

Отже в результаті розрахунків, ми отримали всі параметри необхідні для вибору аспіраційного обладнання:

$Q=1700 \text{ м}^3/\text{год}$  – загальна продуктивність системи аспірації;  $P=2830 \text{ Па}$  – втрати тиску в системі.

#### 4.3. Вибір аспіраційного обладнання

З каталогу вентиляторів MZ Aspiratori [Серія СВ] обираємо вентилятор який задовольнить параметри нашої системи аспірації.

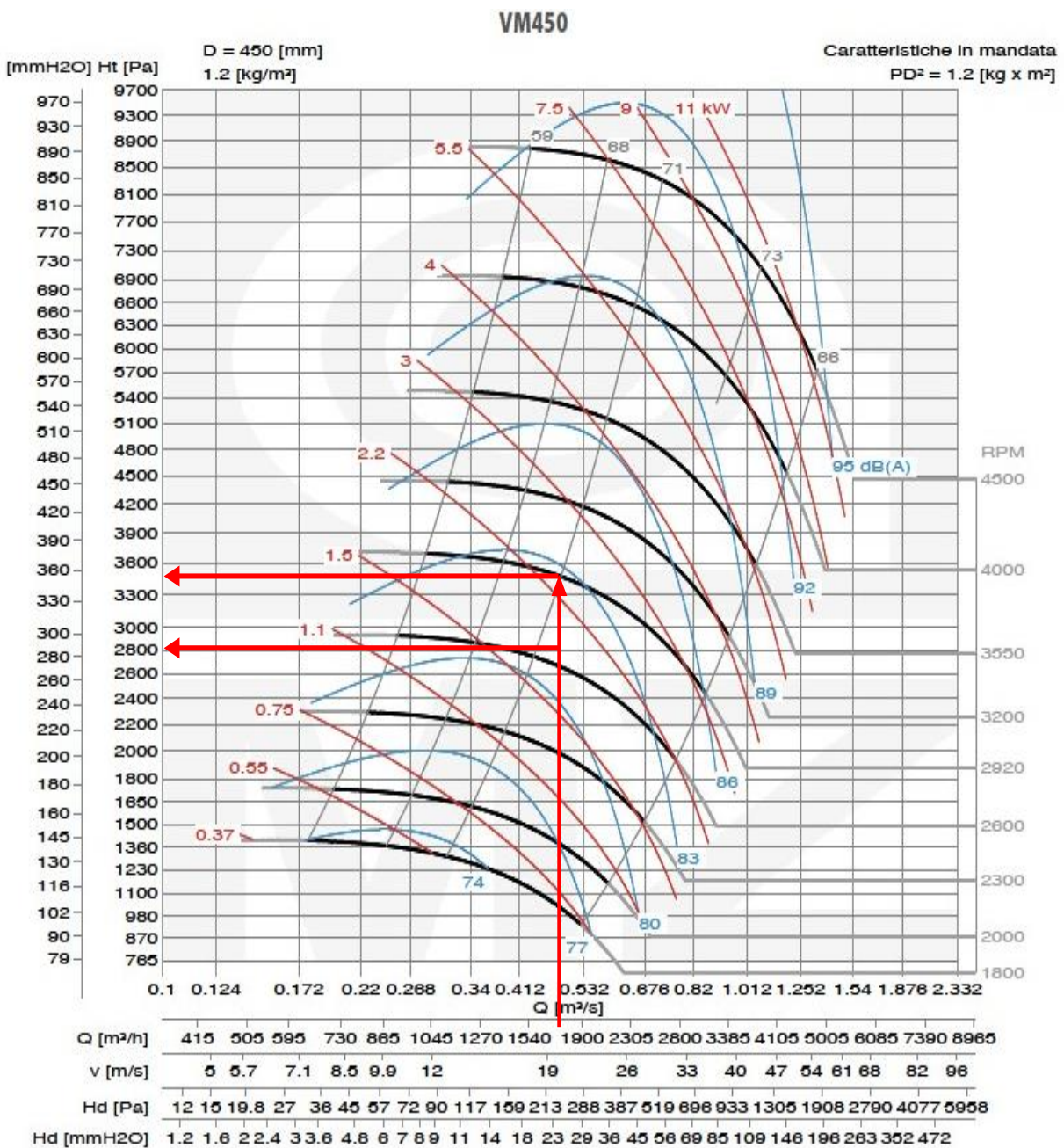


Рисунок 4.7. Діаграма для вибору вентиляторів

Найбільш влаштовуючий нас вентилятор VM450/N2R має наступні параметри:

- а) двигун  $N = 3$  кВт;
- б) частота обертів ротора – 2920 об/хв;
- в) витрата повітря (продуктивність)  $Q = 1700$  м<sup>3</sup>/год
- г) тиск  $P = 3500$  Па.

Тиск 3500 Па для нашої системи занадто великий, тому передбачаємо встановлення перетворювача частоти марки 132F0024 VLT Mikro drive FS51 та знижуємо оберти вентилятору до 2650 об/хв, щоб отримати необхідний нам тиск 2830 Па.

Для визначення ефективної площі фільтрації розраховуємо AMR. Для пилу кукурудзи з табличних значень (Air Pollution Control Engineering) обираємо ефективний  $AMR_e = 1,7$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>/хв.

Визначаємо на поправочні коефіцієнти згідно нашого випадку:

х 1,0 – розмір часток пилу (від 10 до 10 мікрон);

х 0,95 – пилове навантаження (20 грам/м<sup>3</sup>);

х 1,0 – для температури навколишнього середовища (0-50С) х 1,0 – для технологічного процесу (завантаження).

Множимо ефективній  $AMR_e$  на поправочні коефіцієнти та отримаємо рекомендоване значення AMR:

$$AMR = 1,7 \times 1 \times 0,95 \times 1 \times 1 = 1,615 \text{ м}^3/\text{м}^2/\text{хв}.$$

Виходячи з отриманого значення обираємо ефективну площу фільтрації рукавного фільтру:

$$S = Q/60/1,615 = 1700 /60/1,615 = 17,54 \text{ м}^2.$$

З каталогу фільтрів ТАМА AERNOVA [посилання] обираємо фільтр з необхідною площею фільтрації CSV04x0515.

#### 4.4. Зведені параметри пристрою

В результаті розрахунків отримані наступні параметри.

Робоча зона аспіраатора: виходячи з прийнятого технічного рішення використання телескопічного аспіраційного рукава, робоча зона видалення пилу це весь внутрішній герметизований простір рукава.

Параметри вентилятора:

- Модель – VM450/N2R;
- Виробник – MZ Aspiratori;
- Тип – радіальний вентилятор;
- Потужність – 3 кВт;
- Витрата повітря – 1700 м<sup>3</sup>/год;
- Тиск – 2830 Па;
- Частота обертання ротору – 2650 об/хв.

Параметри фільтру:

- Модель – CSV04x0525;
- Виробник – TAMA AERNOVA;
- Тип – рукавний фільтр з регенерацією стисненим повітрям;
- Втрати тиску в фільтрі – 1500 Па;
- Кількість фільтруючих елементів – 20 шт.;
- Площа фільтрації – 18 м<sup>2</sup>( з урахуванням встановлених двох фільтрів по 9 м<sup>2</sup>).

## 5. БЕЗПЕКА ПРАЦІ

### 5.1. Загальні положення

До вантажно-розвантажувальних робіт допускаються працівники які мають не менше 18 років, які мають пройдену медичну комісію, навчені та пройшли інструктаж для робіт з навантаження та розвантаження вантажів.

Відповідальність за вантажно-розвантажувальні роботи на керівника підрозділу або одного з його заступників.

Персонал, що залучається до вантажно-розвантажувальних робіт, повинен бути забезпечений наступним спецодягом:

- костюм бавовняний;
- черевики шкіряні з металевими вставками, що захищають;
- рукавиці комбіновані;
- взимку додатково куртка та штани на утеплювальній прокладці.

Завантажувальний рукав використовують для безпечного та безпилowego завантаження сипучого матеріалу зі стаціонарної установки (наприклад, елеватора) у транспортний блок (наприклад, вантажівка, залізничний вагон тощо). Заборонено використовувати рукав як підйомний пристрій для людей чи обладнання. Не слід кріпити випускний пристрій рукава до приймального контейнера занадто жорстко. Якщо приймальний контейнер не встановлений вертикально під рукавом, не слід відхиляти випускний пристрій у бік більше ніж на 50 мм в межах одного вузла. Це призведе до зношення та неконтрольовану подачу матеріалу в рукаві. Якщо рукав не відповідає вимогам директиви АТЕХ, не слід використовувати його в зонах, що підпадають під дію директиви АТЕХ. Загалом рукав можна використовувати лише для цілей, зазначених в інструкції для експлуатації даного механізму. Якщо завантажувальний рукав MODUFLEX не використовується, його слід підняти у найвище положення. Для завантаження його слід опустити вертикально вниз. Запірний конус (якщо встановлено), що спирається на впускний пристрій автотранспорту або знаходиться на відповідній відстані від будь-якого іншого транспортного засобу, повинен бути повністю відкритий. Якщо MODUFLEX

обладнаний кінцевими обмежувачами, необхідно активувати функцію послаблення троса. Це необхідно для попередження занадто раннього відкриття рухомого затвора елеватора або аналогічного пристрою. Для запобігання утворенню пилу завантажувальний рукав MODUFLEX слід під'єднати до відповідної витяжної системи (наприклад, вбудованої в модуль фільтра). Необхідно мати наявності точну інформацію щодо відповідного продукту (продуктів). Пил, що всмоктується, може повертатися в елеватор або аналогічне місце завантаження. Особливо у випадку завантажувальних рукавів із запірним конусом, може знадобитися клапан регулювання тиску, щоб запобігти занадто високому зворотньому тиску. Якщо зворотній тиск піднімає завантажувальний рукав, могли виникнути проблеми з датчиком послаблення троса.

Потрібно пам'ятати та знати, що розміри витяжної труби мають відповідати визначеній кількості повітря та типу пилу. У зв'язку з цим важливо пам'ятати, що кількість повітря може значно відрізнятись при повністю відкритому і частково закритому випускному пристрої, через завантажений матеріал, коли вантажівка майже повністю заповнена. При циркуляції недостатньої кількості повітря неможливо досягти потрібної швидкості повітря в робочій трубі. Це призведе до осідання матеріалу на поверхні робочої труби та, відповідно, збільшенню опору. Важливо вирішити цю проблему за допомогою, до прикладу, автоматичного регулятора подачі повітря. Після заповнення транспортного засобу, датчик рівня покаже, що випускний пристрій потрібно підняти (звичайна вантажівка) або зупинити потік матеріалу. Запірний конус (якщо встановлено) повинен бути закритий або перед підйомом випускного пристрою MODUFLEX, або під час підйому. До моменту, коли випускний пристрій MODUFLEX досягне верхнього положення, система аспірації повинна працювати. Якщо завантажувальне обладнання підключено до постійно діючої витяжної системи (тобто незалежно від циклів завантаження), його необхідно оснастити, в якості додаткового обладнання, автоматичним затвором витяжки. Такий пристрій потрібно включити до переліку специфікацій на початку цього документа. У центральній частині завантажувального обладнання є пристрій впуску з направляючими конусами, призначеними для перекриття.

Під час використання завантажувального рукава для безпечного та безпилowego завантаження сипучого матеріалу зі стаціонарної установки (наприклад, елеватора) у транспортний блок (наприклад, вантажівка, залізничний вагон тощо). Заборонено використовувати рукав як підйомний пристрій для людей чи обладнання.

сипучого матеріалу, і випускний пристрій, що відповідає транспортному засобу який завантажується. Щоб якомога менше пилу потрапляло назовні, вся конструкція, що складається з модульних елементів, змонтована усередині гнучкого вузла. Підйом і опускання здійснюється за допомогою сталевого троса. У випадку необхідності завантаження за допомогою MODUFLEX сипучого матеріалу, відмінного від раніше запланованого, для того, щоб не виникли проблеми в роботі або з точки зору безпеки, важливо зважати на наступне:

- корозія може скоротити термін служби направляючих конусів, і, особливо, троса (безпека);

- абразивні матеріали скорочують термін служби направляючих конусів, які повинні бути замінені своєчасно, не допускаючи пошкодження зовнішніх;

- частин завантажувального обладнання, тросів тощо;

- клейкі матеріали можуть створювати труднощі, якщо вони накопичуються на направляючих конусах, випускному пристрої, дротах тощо;

- якщо раніше обраний фільтрувальний матеріал не підходить для нового матеріалу (матеріалів). фільтрувальні мішки слід замінити з метою отримання кращого результату (лише для завантажувального рукава з вбудованим фільтром).

Особливо небажаним є скупчення матеріалу на дротах, що може призвести до потрапляння матеріалу у станину двигуна, оскільки при цьому виникає ризик пошкодження підшипників та/або системи датчиків. Особливо від цього страждають функції контролю натягу і послаблення троса (функції безпеки), тобто для уникнення цього потрібне регулярне очищення відкладання матеріалу всередині направляючих конусів може бути причиною помилок при визначенні ваги (буде помилково активовано натяг троса). Окрім цього, відкладення матеріалу може пошкодити випускний пристрій під час його складання при підйомі. Однак найчастіша причина поломки завантажувального рукава — це удари. Вони можуть виникати коли

оператор забув підняти випускний пристрій на достатню висоту, або коли наступна вантажівка виявилася вищою за попередню, а пристрій розташований занадто низько.

Умови використання завантажувального рукава:

- Завантажувальний рукав Moduflex можна використовувати лише для завантаження матеріалу з мінімальною енергією займання вище 3 мДж.
- Завантажувальний рукав Moduflex можна використовувати лише для матеріалів з «мінімальною температурою самозаймання хмари пилу» не нижче та з «мінімальною температурою самозаймання шару пилу товщиною 5 мм» не нижче 200 °С.
- Трубу завантажувального рукава Moduflex можна розміщувати лише на ділянках, передбачених категоріями, які зазначені в декларації відповідності. Див. початок цього документу.
- Якщо труба завантажувального рукава Moduflex використовується з іншими механізмами, її потрібно змонтувати таким чином, щоб постачання матеріалу було герметичним, приймач матеріалу відповідав випускному отвору на трубі завантажувального рукава Moduflex, а також, щоб там був достатній вихід. Це головні умови для технічного використання труби завантажувального рукава Moduflex відповідно до директиви щодо вибухонебезпечного середовища (ATEX).
  - Температура навколишнього середовища: -20 - + 40 °С.
  - У матеріалі не повинні міститися предмети, що можуть створювати іскри при падінні через направляючі конуси в трубі завантажувального рукава Moduflex.

## 5.2 Очищення обладнання

1) Головною умовою зниження ризику вибуху пилу є чистота в місцях опрацювання горючого пилу. Для цього необхідно регулярно та ефективного проводити очищення скрізь, де присутній пил.

- 2) Для полегшення контролю слід вести журнал прибирання.
- 3) З метою зменшення викидів пилу в навколишнє середовище слід підтримувати трубу завантажувального рукава і фільтр Moduflex в належному стані.
- 4) Мембрани труби слід щотижня перевіряти на герметичність, отвори та щілини.
- 5) Фільтрувальні пакети та картриджі слід перевіряти на наявність отворів щотижня та стежити за їхнім станом
- 6) Необхідно стежити, щоб у двигунах та передачах не було відкладень пилу. Максимально допустимий шар пилу становить 5 мм. Раз на тиждень слід перевіряти показники виділення тепла.
- 7) Для очищення пластикових деталей використовуйте вологу тканину.

### 5.3 Статична електрика

Щоб уникнути утворення іскор та статичної електрики, необхідно вирівняти потенціали між трубами завантажувального рукава та рештою системи. Це найлегше зробити, видаливши залишки фарби на вхідному фланці. Крім того, для вирівнювання потенціалів на трубах завантажувального рукава, на кронштейні двигуна або на впускному пристрої передбачений з'єднувальний болт.

Загалом цей болт є вихідною точкою дроту заземлення, який безперервно проходить уздовж труб завантажувального рукава і з'єднує окремі деталі. Дріт виводиться на випускний пристрій Т-подібної форми за допомогою пари щипців, які будуть використовуватися для з'єднання труб завантажувального рукава з резервуаром для матеріалу.

На приклад, ремінь приводу розсіювача має бути антистатичним, **ОБОВ'ЯЗКОВО** використовуйте оригінальні запасні частини для заміни, щоб обладнання відповідало вимогам щодо зони ATEX, в якій воно розміщене.

Порядок з'єднань при завантаженні автотранспорту: спочатку виконують заземлення автомобіля, потім проводиться кабельне з'єднання між трубами завантажувального рукава та авто і в кінці, опускають випускний пристрій труб завантажувального рукава, щоб розпочати завантаження, як зазначено на (рис. 5.1)

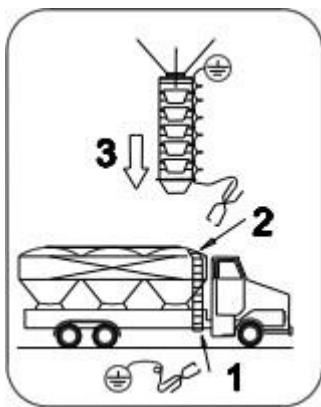


Рисунок 5.1. Заземлення автотранспорту при завантаженні

Кріплення дроту для заземлення вздовж сторони труби завантажувального рукава здійснюється за допомогою зварювальної гайки M5 на з'єднувальному кільці, завдяки якій утворюється з'єднання центрального гвинта з внутрішньою частиною (впуск, направляючий конус, випуск). Гайки та дріт заземлення закріплюються на центральному гвинті таким чином, щоб забезпечити електричне з'єднання (рис.5.2.):

1. Вузли мають бути щільно з'єднані.
2. Центральний гвинт затягується на 1 оборот гайковим ключем, щоб закріпити з'єднання із конусом.
3. Для фіксації центрального гвинта передбачена гайка.

4 Після цього монтується шайба + дрiт заземлення + пружинна шайба + гайка.

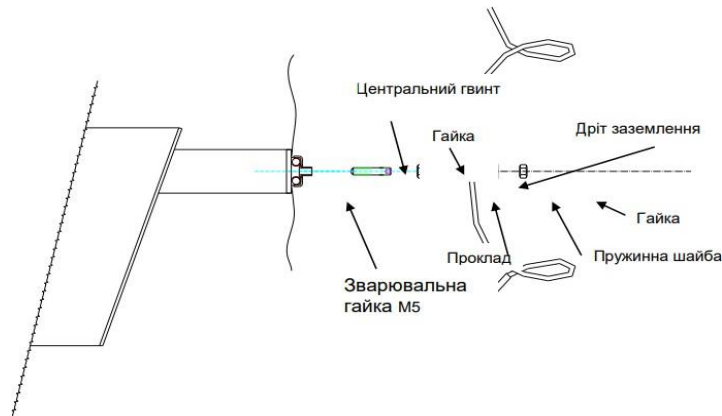


Рисунок 5.2. Схема заземлення

При виникненні на ділянці аварії або ситуацій, які можуть призвести до аварій або нещасних випадків, призупини роботи, вивести людей з небезпечної зони, відключити обладнання, що використовується в роботі, від електромережі.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Було проведено аналіз показників якості міжнародних та державних норм на зерно кукурудзи, основним властивостям: вологість, смітна домішка та їх різниця з національними показниками. Національні показники дещо відрізняються від міжнародних – вищими показниками.

2. В даному розділі було проведено ознайомлення з характеристиками та принципом роботи завантажувального рукава Moduflex та порівняння його з рукавами інших компаній.

3. Для удосконалення завантажувального рукава проведено аналіз конструкцій та дійшли висновку, що встановлення аспіраційної системи значно покращить продуктивність та роботу в цілому. Встановлення даного устаткування допоможе в сепаруванні легких компонентів при завантаженні автотранспорту.

4. В цьому розділі було проведено декілька експериментів – про впливання висоти падіння зерна на її подальші показники. Як показав експеримент, що чим нижча висота падіння тим менше % травмування зерна.

5. В даному розділі було проведено розрахунки аспіраційної системи для завантажувального рукава. Де було вираховано, що для потоку зерна продуктивністю 200 т/год потрібно вентилятор продуктивністю 1700 м<sup>3</sup>/ год, та площа шафи 9 м<sup>2</sup>.

6. Для забезпечення безпечних умов праці було наведено інструкції при виконанні робіт на даному устаткуванні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Гапонюк І.І. Функції харчування та технології довготривалого зберігання зернопродуктів. К.,2023.-445с.
2. Активне вентильовання та сушіння зерна О.І. Гапонюк, М.В. Остапчук, Г.М. Станкевич, І.І. Гапонюк. – Одеса, "ВМВ", 2014. – 326 с.
3. STORE.ACCURISTECH. Промислова вентиляція. Електронний ресурс. Режим доступу[[https://store accuristech.com/ashrae/standards/acgih-industrial-ventilation-a-manual-of-recommended-practice-for-design-30th-edition?product\\_id=2042252&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=Omni%20%20Google%20Ads%20%20ACC-E%20%20Top%20%20Top%20%20Non-Brand%20\(Various%20Standards\)%20%20global%20%20Dynamic&utm\\_content=Dynamic%20ASHRAE%20Products&utm\\_ad=725894111277&utm\\_term=&matchtype=&device=c&GeoLoc=21124&placement=&network=g&campaign\\_id=22035107454&adset\\_id=172916797592&ad\\_id=725894111277&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_content=search&utm\\_campaign=ecommerce-&utm\\_term=&gad\\_source=1&gad\\_campaignid=22035107454&gbraid=0AAAAAD\\_vs0B8XQlfkHmHOokBqL6GIqXLH&gclid=CjwKCAjwpMTCBhA-EiwA\\_-MsmSalFfzCGlxxq54QHrdL8E3-f1MQ9wGrMmTYHm3LHSEv6UhReZiBbhoCmj4QAvD\\_BwE](https://store accuristech.com/ashrae/standards/acgih-industrial-ventilation-a-manual-of-recommended-practice-for-design-30th-edition?product_id=2042252&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Omni%20%20Google%20Ads%20%20ACC-E%20%20Top%20%20Top%20%20Non-Brand%20(Various%20Standards)%20%20global%20%20Dynamic&utm_content=Dynamic%20ASHRAE%20Products&utm_ad=725894111277&utm_term=&matchtype=&device=c&GeoLoc=21124&placement=&network=g&campaign_id=22035107454&adset_id=172916797592&ad_id=725894111277&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=search&utm_campaign=ecommerce-&utm_term=&gad_source=1&gad_campaignid=22035107454&gbraid=0AAAAAD_vs0B8XQlfkHmHOokBqL6GIqXLH&gclid=CjwKCAjwpMTCBhA-EiwA_-MsmSalFfzCGlxxq54QHrdL8E3-f1MQ9wGrMmTYHm3LHSEv6UhReZiBbhoCmj4QAvD_BwE)]
4. ISO 712:2009. Зернові культури та продукти із них. Визначення вмісту вологи. Еталонний метод. ISO, 2009. – 10с.
5. ISO 6540:2010. Кукурудза. Визначення вмісту вологи (меленого зерна та цілого зерна). . ISO, 2010. – 14 с.
6. Розробити техніко-технологічні основи вдосконалення сепарації зерна і насіння за комплексом фізико-механічних властивостей. Звіт про НДР: У 2 т. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2008. – 156 с.
7. ДСТУ-4525:2006 Методи визначення загального і фракційного вмісту

- смітної і зернової домішок; вмісту дрібних зерен і крупності; Дочірнє підприємство Державної акціонерної компанії «Хліб України» «Київський інститут хлібопродуктів»; Інститут зернового господарства УААН; Український інститут експертизи сортів рослин; Черкаська обласна державна хлібна інспекція. Г. Гуменюк, д-р с.-г. наук; В. Бурцев, канд. біол. наук; Є. Лебідь, д-р с.-г. наук; М. Кирпа, канд. с.-г. наук; О. Гончар, канд. с.-г. наук; А. Іваницька; З. Кубів
8. ДСТУ ISO 22000:2019 Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі (ISO 22000:2018, IDT) ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)
  9. ТОВ ГЕННЛІХ Україна входить до міжнародної групи HENNLICH GROUP, Роботизація та автоматизація виробництва. Електронний ресурс. Режим доступу. [<https://hennlichshop.com/ua/category/robotyzatsiya-ta-avtomatyzatsiya-vyrobnytstva>]
  10. Підприємство "Кімбрія" має представництво в Україні, яке називається "Представництво "Кімбрія Юнігрейн А/С"". Головний офіс "Cimbria A/S" знаходиться в Данії, у місті Тістед.
  11. TBS-INDUSTRY. Безпилоче завантаження. Системи аспірації. Вибухозахист. Електронний ресурс: Режим доступу: <https://tbs-industry.com/wp-content/uploads/Catalogue/TBS%20INDUSTRY%20%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%20UA.pdf?srsId=AfmBOoo4QZG-20GoQVSA0zelX1Z6XpwSQ7ko625tsEoF95QCnKELZXfU>
  12. АСГІН — це наукова організація, яка сприяє охороні праці та довкілля. Електронний ресурс: Режим доступу: [<https://www.acgih.org/about/>]
  13. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпеність. Загальні вимоги (ГОСТ 12.1.013-78, MOD); О. Бобунова; О. Бобунов; О. Вільсон;

- Г. Желудков (науковий керівник), наказ Мінрегіону України від 29.12.2011 р. № 405, чинний з 2012-12-01
14. Борщ Ю.П. Обґрунтування параметрів процесу і розробка пневмосепарувального каналу зернових сепараторів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 - Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва ; наук. кер. С. О. Харченко ; Харків, 2019. - 20 с.
15. Кирпа М. Я. Оптимізація процесів оброблення і зберігання насіння кукурудзи та методи поліпшення його якостей: дис. ... доктора с.-г. наук : 06.01.14. - Дніпропетровськ, 2007. - 410 с.
16. Технологія зберігання і переробки зерна : навч. посіб. /Л.М. Пузік, В.К. Пузік; Харк. нац. аграр. ун-т. – Х.: ХНАУ, 2013. – 312с.
17. Машини сільськогосподарського виробництва; Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. - 251 с.
18. ISO 7971-3:2019. Визначення насипної щільності, що називається масою на гектолітр. Частина 3: Рутинний метод. ISO, 2019. – 16 с.
19. Для визначення ефективної площі фільтрації розраховуємо AMR. Для пилу кукурудзи з табличних значень (Air Pollution Control Engineering) Електронний ресурс: Режим доступу: [<https://www.baolaner.com/bag-filter/>]
20. The Ukrainian FARMER. Левицький, Я. Навздогін зерновиробництву. Про сучасний стан елеваторної інфраструктури України, поточну динаміку її розвитку та найбільших гравців на ринку зберігання зерна Я. Левицький Режим доступу до Електронного каталогу Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки

НААН:[[http://base.dnsgb.com.ua/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe](http://base.dnsgb.com.ua/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe)]

21.МІЖРЕГІОНАЛЬНИЙ ЕТЦ; Правила та вимоги безпеки охорони праці на елеваторах Режим доступу до Електронного каталогу: [<https://metc-kiev.com/pro-nas/>]

## ДОДАТКИ

1. [https://www.researchgate.net/publication/321621624\\_Air\\_Pollution\\_Control\\_Engineering](https://www.researchgate.net/publication/321621624_Air_Pollution_Control_Engineering)
2. © 2017-2025 hennlich.ua
3. [https://tbs-industry.com/tbs/-about\\_1](https://tbs-industry.com/tbs/-about_1)
4. [customerservice@acgih.org](mailto:customerservice@acgih.org).
5. <https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page#linktodoc>



