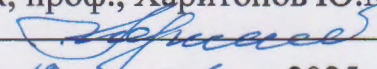


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова**  
**Машинобудівний навчально-науковий інститут**

Навчально-науковий центр морської інфраструктури

«Допущений до захисту»  
Керівник ННЦМІ  
д-р техн. наук, проф., Харитонов Ю.М.

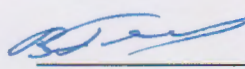
  
« 15 » 06 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»**

на тему: КОМПОНОВКА МОДЕРНІЗОВАНОГО ЗЕРНОВОГО ТЕРМІНАЛУ  
МОРСЬКОГО ПОРТУ

Виконав: студент 4641 групи  
 Стасюк М.О.

Керівник роботи:  
асистент

 Голеншин В.В.

Миколаїв – 2025 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова**  
**Машинобудівний навчально-науковий інститут**

Навчально-науковий центр морської інфраструктури

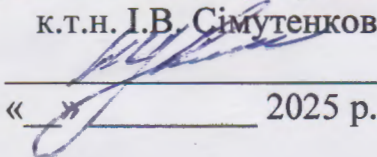
Спеціальність: 135 «Суднобудування»

Освітня програма: «Системотехніка об'єктів морської інфраструктури»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

к.т.н. І.В. Сімутенков

«» 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
**на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»**

Студента Стасюка Максима Олександровича

1. Тема роботи: Компоновка модернізованого зернового терміналу морського порту.

Керівник роботи: асистент ННЦМІ Голеншин В.В.

Затверджено наказом ректора №299уч від 31.03.25 р.

2. Термін подання роботи: 15 червня 2025 р.

3. Вихідні дані по роботі: нормативні документи щодо проектування та експлуатації морських портів.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

1. Основні сучасні тенденції щодо розвитку інфраструктури для перевезення зернових вантажів водним транспортом.

2. Сучасні технології переробки зернових вантажів у портах та вимоги до проектування перевантажувальних комплексів.

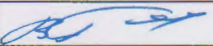
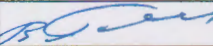
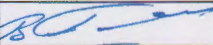
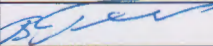
3. Просторове планування вантажного району порту для переробки зернових вантажів.

4. Техніка безпеки при переробці зернових вантажів у портах.

5. Перелік презентаційних матеріалів: презентаційний матеріал складається зі слайдів, які містять титульний слайд, об'єкт, завдання роботи, тенденції щодо розвитку інфраструктури для перевезення зернових вантажів, сучасні технології перевантаження зернових вантажів, загальні вимоги до проектування зернових терміналів, характеристика земельної ділянки для розташування терміналу, результати планування варіантів зернового терміналу, порівняння варіантів та вибір найбільш раціонального.



## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                       |                                                                                     |
|--------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                           | Завдання видав                                                                     | Завдання прийняв                                                                    |
| 1.     | асистент кафедри Голеншин В.В.            |  |  |
| 2.     | асистент кафедри Голеншин В.В.            |  |  |
| 3.     | асистент кафедри Голеншин В.В.            |  |  |
| 4.     | асистент кафедри Голеншин В.В.            |  |  |

7. Дата видачі завдання «07» квітня 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Номер | Назва етапів роботи                                              | Терміни виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1     | Вибір теми                                                       | 02.04.2025                      |          |
| 2     | Визначення мети, завдань, об'єкта та предмета дослідження        | 14.04.2025                      |          |
| 3     | Складання плану, підбір і опрацювання списку використаних джерел | 04.05.2025                      |          |
| 4     | Виконання кваліфікаційної роботи                                 | 15.06.2025                      |          |
| 5     | Підготовка до захисту                                            | 18.06.2025                      |          |
| 6     | Захист кваліфікаційної роботи                                    | 20.06.2025                      |          |

Студент  Стасюк М. О.

Керівник роботи  Голеншин В.В.

## Анотація

У даній роботі розглянуто сучасні тенденції розвитку інфраструктури для перевезення та переробки зернових вантажів водним транспортом, зокрема через морські порти та внутрішні водні шляхи. У першому розділі проаналізовано загальний стан ринку перевезень зернових вантажів, тенденції модернізації портів, відновлення судноплавства на внутрішніх водних шляхах, а також екологічні, енергетичні та геополітичні аспекти, що впливають на логістику.

Другий розділ присвячений технологічним процесам переробки зерна в портах: представлено основні типи перевантажувальних комплексів, сучасні технології очищення, зберігання та навантаження зернових, технічні вимоги до проєктування, а також новітні тренди у сфері цифровізації, екологічної модернізації та євроінтеграції інфраструктури.

У третьому розділі розглядаються підходи до просторового планування вантажних районів портів для ефективної переробки зернових вантажів з урахуванням технічних, логістичних та екологічних чинників.

Четвертий розділ повністю присвячено питанням техніки безпеки та охорони праці при роботі з зерновими вантажами у портах. Особливу увагу приділено аналізу потенційних небезпек, вимогам до засобів індивідуального та колективного захисту, системам вентиляції та пилопригнічення, пожежній та вибухопожежній безпеці, а також організації санітарно-гігієнічних умов праці. Визначено основні заходи щодо запобігання професійним захворюванням і нещасним випадкам, а також вимоги до електробезпеки та дій у разі надзвичайних ситуацій.

Робота спирається на сучасні українські та міжнародні джерела і має на меті запропонувати практичні рекомендації для удосконалення портової інфраструктури в контексті підвищення ефективності та безпеки переробки зернових вантажів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** морська інфраструктура, зерновий термінал, просторове планування, технологія перевантаження зерна

### **Annotation**

This paper examines current trends in the development of infrastructure for the transportation and handling of grain cargo by water transport, particularly through seaports and inland waterways. The first section analyzes the general state of the grain transportation market, port modernization trends, the restoration of inland water navigation, as well as the environmental, energy, and geopolitical factors affecting logistics.

The second section focuses on technological processes related to grain handling in ports: it presents the main types of transshipment complexes, modern technologies for cleaning, storing, and loading grain, technical requirements for design, and the latest trends in digitization, ecological modernization, and European integration of infrastructure.

The third section explores approaches to spatial planning of cargo areas in ports for the efficient processing of grain cargo, taking into account technical, logistical, and environmental factors.

The fourth section is entirely devoted to occupational safety and health issues in grain cargo handling at ports. Special attention is paid to the analysis of potential hazards, requirements for personal and collective protective equipment, ventilation and dust suppression systems, fire and explosion safety, as well as the organization of sanitary and hygienic working conditions. Key measures to prevent occupational diseases and accidents are identified, along with requirements for electrical safety and emergency response protocols.

The work is based on modern Ukrainian and international sources and aims to provide practical recommendations for improving port infrastructure in the context of increasing the efficiency and safety of grain cargo handling.

**KEYWORDS:** maritime infrastructure, grain terminal, spatial planning, grain transshipment technology

## ЗМІСТ

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ                                                                                         | 2  |
| Аннотація                                                                                                                 | 4  |
| Annotation                                                                                                                | 5  |
| ВСТУП                                                                                                                     | 8  |
| РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЩОДО РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ ВОДНИМ ТРАНСПОРТОМ     | 10 |
| 1.1. Загальна характеристика ринку перевезень зернових вантажів                                                           | 10 |
| 1.2. Тенденції модернізації та розвитку портової інфраструктури                                                           | 10 |
| 1.3. Відновлення та розвиток внутрішніх водних шляхів                                                                     | 11 |
| 1.4. Екологічні та енергетичні тренди                                                                                     | 12 |
| 1.5. Геополітичні виклики та адаптація логістики                                                                          | 13 |
| РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ У ПОРТАХ ТА ВИМОГИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ | 15 |
| 2.1. Загальні відомості про ринок зернових вантажів в Україні та його роль у світовій економіці                           | 15 |
| 2.2. Основні типи перевантажувальних комплексів для зернових вантажів                                                     | 19 |
| 2.3. Сучасні технології перевалки, очищення, зберігання та навантаження зерна                                             | 22 |
| 2.4. Проєктування зернових перевантажувальних комплексів: технічні вимоги, нормативи, приклади                            | 28 |
| 2.5. Тенденції розвитку перевантажувальних комплексів: цифровізація, екологічні рішення, євроінтеграція                   | 32 |
| РОЗДІЛ 3. ПРОСТОРОВЕ ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖНОГО РАЙОНУ ПОРТУ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ                                   | 35 |
| 3.1 Особливості земельної ділянки для створення вантажного району з перевалки зернових вантажів                           | 35 |
| 3.2. Просторове планування варіантів вантажного району порту для переробки зернових вантажів                              | 40 |
| 3.3 Вибір найраціональнішого рішення на основі порівняння варіантів планування                                            | 51 |
| РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ У ПОРТАХ                                                        | 54 |
| 4.1. Значення охорони праці під час переробки зернових вантажів у портах                                                  | 54 |
| 4.2. Основні джерела небезпеки при роботі з зерновими вантажами                                                           | 58 |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3. Вимоги до засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) для працівників<br>перевантажувальних комплексів              | 60 |
| 4.4. Системи вентиляції, аспірації та пилопригнічення в перевантажувальних<br>комплексах                           | 63 |
| 4.5. Протипожежна безпека на зернових перевантажувальних комплексах                                                | 66 |
| 4.6. Дії у разі надзвичайних ситуацій: алгоритми, навчання персоналу та<br>взаємодія з рятувальними службами       | 70 |
| 4.7. Охорона праці: організація безпечного середовища, відповідальність<br>роботодавця та права працівників        | 73 |
| 4.8. Вплив технологічного процесу на здоров'я працівників: шкідливі фактори,<br>профілактика, адаптація середовища | 78 |
| 4.9. Основні джерела екологічної небезпеки при перевалці зерна                                                     | 81 |
| 4.10. Вимоги до електробезпеки в зернових портах                                                                   | 83 |
| 4.11. Засоби колективного захисту персоналу в перевантажувальних<br>комплексах зерна                               | 87 |
| Висновок                                                                                                           | 92 |
| Список використаної літератури                                                                                     | 93 |

## ВСТУП

Актуальною проблемою розвитку транспортної інфраструктури України є модернізація морських і річкових портів з урахуванням зростаючих обсягів аграрного експорту, зокрема зернових вантажів. Це питання знаходить своє відображення у стратегічних документах національного та регіонального рівнів, що передбачають підвищення ефективності логістичних ланцюгів, розвиток внутрішніх водних шляхів, інтеграцію до європейського транспортного простору та впровадження сучасних екологічно безпечних технологій.

Просторове планування вантажного району порту для перевалки зернових вантажів – це процес раціональної організації території з метою оптимального розміщення об'єктів інфраструктури, технологічного обладнання, шляхів руху та зон зберігання. При цьому враховуються такі ключові фактори, як доступність водного, залізничного й автомобільного транспорту, ефективність перевалки, екологічна безпека, санітарно-гігієнічні умови, можливості подальшого розширення потужностей та економічна доцільність.

Головною вимогою до проєктування є дотримання принципу прямоточності технологічних потоків, скорочення шляхів переміщення вантажів, зменшення втрат зерна, а також забезпечення високої продуктивності перевантажувального обладнання. Одночасно має бути враховано техногенне навантаження на довкілля, фактори безпеки працівників і стандарти євроінтеграційного розвитку галузі.

У рамках цієї роботи проаналізовано сучасні тенденції розвитку інфраструктури для транспортування зернових вантажів водним шляхом, охарактеризовано технології перевалки та зберігання зерна у портах, сформульовано вимоги до проєктування перевантажувальних комплексів. Окрему увагу приділено питанню техніки безпеки при роботі з зерновими вантажами, з урахуванням ризиків вибухонебезпечності, запиленості та санітарних умов на підприємстві.



Метою роботи є обґрунтування раціонального просторового рішення для вантажного району порту з урахуванням конкретної земельної ділянки, на прикладі Бердянського морського торговельного порту.

Завданнями дослідження є аналіз існуючих підходів до просторового планування зернових терміналів портів, розробка трьох варіантів просторового розміщення інфраструктури такого терміналу, порівняльна оцінка цих варіантів та вибір найефективнішої конфігурації.

Об'єктом дослідження є процеси перевантаження зернових вантажів у спеціалізованих терміналах морських портів.

Предметом дослідження є просторове планування розміщення об'єктів та обладнання зернового терміналу морського порту.

Робота складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел та графічного матеріалу. Загальний обсяг роботи – 99 сторінок, основна частина викладена на 87 сторінках, містить 15 рисунків та 6 таблиці. У роботі використано 101 джерел українською мовою, серед яких інтернет-джерела, нормативні документи, профільна технічна література та наукові статті.

# **РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЩОДО РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ ВОДНИМ ТРАНСПОРТОМ**

## **1.1. Загальна характеристика ринку перевезень зернових вантажів**

Україна є одним з провідних експортерів зернових культур у світі. Щорічно через порти країни експортується десятки мільйонів тонн пшениці, кукурудзи, ячменю та інших сільськогосподарських культур. З огляду на географічне розташування та наявність розвиненої річкової та морської системи, значну частину експортних перевезень потенційно можна здійснювати водним транспортом.

Водночас ефективність перевезення зернових вантажів значною мірою залежить від розвиненості інфраструктури: портових терміналів, причалів, навантажувально-розвантажувального обладнання, річкового флоту, залізнично-водних вузлів тощо. Особливої актуальності ці питання набувають в умовах глобальних логістичних змін, викликаних війною, зростанням вартості логістики, блокуванням морських шляхів, зміною клімату тощо.

## **1.2. Тенденції модернізації та розвитку портової інфраструктури**

У XXI столітті спостерігається активна модернізація зернових терміналів річкових та морських портів. Зокрема, будуються нові термінали, обладнані сучасними перевантажувальними механізмами, автоматизованими системами зберігання та управління вантажопотоками. Порти Одеси, Чорноморська, Миколаєва та Ізмаїла активно розвивають потужності для прийому та експорту аграрної продукції.

Особлива увага приділяється розвитку залізничних підходів до портів, щоб забезпечити швидке підвезення вантажів, та збільшенню глибини акваторій, що дозволяє приймати судна великого тоннажу (Panamax, Post-Panamax). У ряді випадків застосовуються плавучі перевантажувальні

комплекси, які дозволяють здійснювати перевалку вантажів без заходу суден у порт.

Також відбувається цифровізація портової діяльності — впроваджуються системи електронного документообігу, GPS-контролю, інтелектуального управління логістикою, що підвищує ефективність обробки вантажів.

### 1.3. Відновлення та розвиток внутрішніх водних шляхів

Однією з ключових тенденцій останніх років є відновлення річкових перевезень, насамперед по Дніпру, Південному Бугу та Дунаю. Основні річкові порти України наведені на рисунку 1.1. В умовах зростання навантаження на автомобільний та залізничний транспорт, річкові шляхи стали вигідною альтернативою, особливо для перевезення масових вантажів, таких як зернові. Аналіз транспортування зернових вантажів в Україні наведено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.1 – Основні річкові порти України

## ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ ТА ОЛІЙНИХ

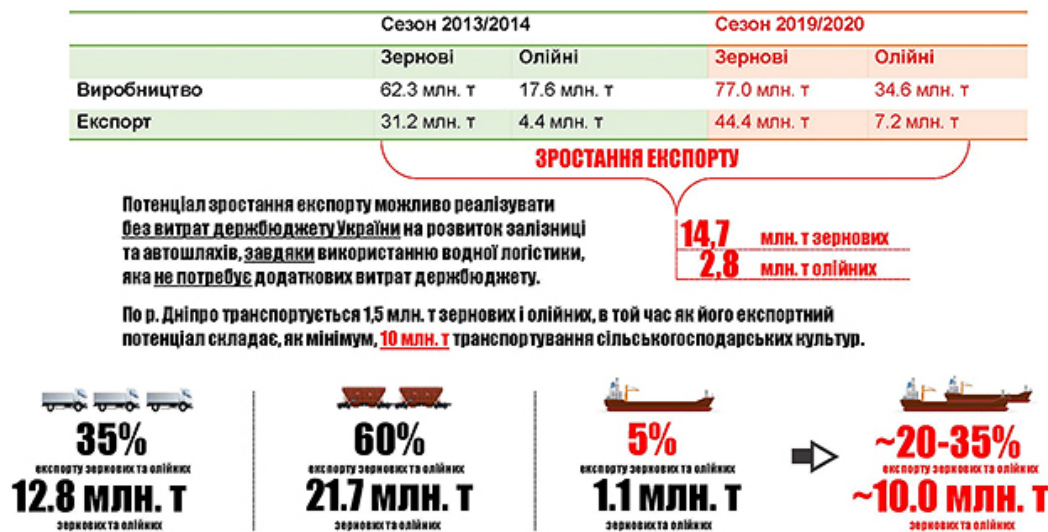


Рисунок 1.2 – Аналіз транспортування зернових вантажів в Україні

Прийняття Закону України «Про внутрішній водний транспорт» (2020 р.) створило законодавчу базу для поживавлення річкової логістики (див. рис. 1.3). Відзначається зростання кількості барж, модернізація шлюзів, реконструкція причалів на внутрішніх водних шляхах. Активно розвиваються термінали на Дунаї, зокрема в Ізмаїлі, Рені та Кілії, які набули стратегічного значення після обмеження доступу до Чорного моря.

### 1.4. Екологічні та енергетичні тренди

Сучасна портова інфраструктура також підлаштовується під екологічні вимоги: впроваджуються енергозберігаючі технології, електрифікація перевантажувальної техніки, системи збору пилу при перевалці зерна, очищення стічних вод. Частина підприємств впроваджує сертифікацію за міжнародними екологічними стандартами ISO.

Також підвищується інтерес до мультимодальних перевезень, коли зерно транспортується до портів комбінованим способом: залізницею, автомобілем і баржею. Це дозволяє оптимізувати логістику, зменшити вартість доставки та навантаження на інфраструктуру.



Рисунок 1.3 – Очікувані наслідки прийняття Закону України «Про внутрішній водний транспорт»

### 1.5. Геополітичні виклики та адаптація логістики

В умовах війни Україна була змушена переорієнтувати значну частину експорту з морських портів на річкові та сухопутні маршрути. Порти на Дунаї стали критично важливими експортними вузлами. Розширення їхньої інфраструктури, зокрема за рахунок міжнародних інвестицій і партнерств, стало пріоритетним завданням.

У межах «зернових ініціатив» та гуманітарних коридорів було розгорнуто альтернативні маршрути для експорту агропродукції, включаючи транзит через порти Румунії, Польщі, Болгарії. Це формує нову логістичну карту регіону, в якій Україна має адаптувати свою інфраструктуру до нових викликів.

### Висновки до розділу 1

Узагальнюючи проведений аналіз, можна зробити висновок, що розвиток інфраструктури для перевезення зернових вантажів водним транспортом в



Україні сьогодні характеризується прагненням до підвищення ефективності логістичних процесів, енергоощадності, екологічної безпеки та цифрової трансформації. Сучасні тенденції зосереджуються на комплексній модернізації портових потужностей, впровадженні автоматизованих систем управління логістикою, використанні високопродуктивного обладнання для перевалки, а також розширенні транспортно-елеваторної інфраструктури в припортових зонах. Зростаюча роль водного транспорту в експортній зерновій логістиці обумовлює потребу у створенні спеціалізованих зернових терміналів, розвитку мультимодальних маршрутів і підвищенні пропускної здатності річкових та морських портів.

Також важливою тенденцією є переорієнтація інфраструктурних рішень на забезпечення сталості та відповідності міжнародним екологічним стандартам, зокрема у контексті Європейського зеленого курсу. Серед перспективних напрямів – розвиток цифрових платформ для моніторингу перевезень, будівництво нових глибоководних причалів, модернізація флоту для перевезення зернових вантажів та стимулювання інвестицій у портову галузь шляхом публічно-приватного партнерства. Всі ці чинники свідчать про те, що інфраструктура для транспортування зерна водним шляхом стає не лише елементом аграрної логістики, а й важливим інструментом економічного зростання, інтеграції до європейських та світових ринків.

## РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ У ПОРТАХ ТА ВИМОГИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

### 2.1. Загальні відомості про ринок зернових вантажів в Україні та його роль у світовій економіці

#### 2.1.1. Україна як аграрна держава: місце на світовому ринку

Україна історично є потужною аграрною країною. Завдяки своїм природним ресурсам, чорноземам та сприятливому клімату вона має стабільні врожаї зернових культур. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, станом на 2023 рік загальний валовий збір зернових та зернобобових культур перевищив 58 млн тонн, незважаючи на складні воєнні умови [1].

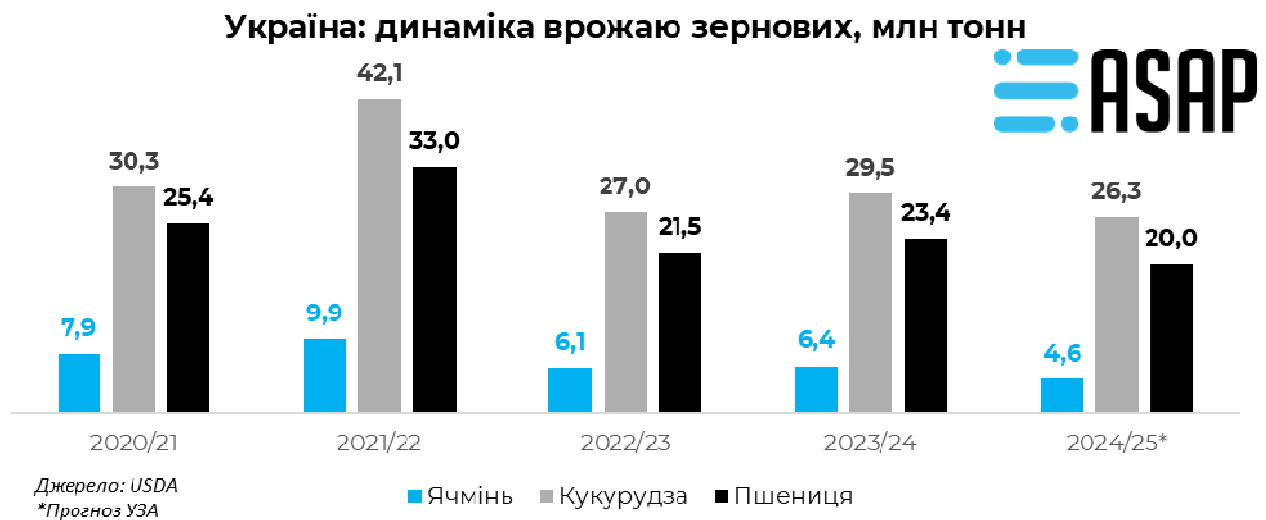


Рисунок 2.1 – Врожаї зернових в Україні

Особливо вагомим для світового ринку є експорт української кукурудзи, пшениці та ячменю. До війни, у 2021 році, Україна входила до трійки світових лідерів з експорту кукурудзи (понад 23 млн тонн) та до п'ятірки — з експорту пшениці (понад 20 млн тонн) [2]. Суттєва частка цього зерна експортується

через морські порти, що робить портову інфраструктуру критично важливою для агропромислового комплексу країни.

Українське зерно відіграє стратегічну роль у забезпеченні продовольчої безпеки таких регіонів, як Північна Африка, Близький Схід, Азія. Наприклад, за даними ФАО (Продовольча і сільськогосподарська організація ООН), понад 40% пшениці, що імпортується Ліваном, Єгиптом і Лівією, надходила саме з України [3].

### **2.1.2. Структура експорту та ключові логістичні маршрути**

Основний обсяг зернових вантажів експортується морським транспортом через порти Великої Одеси (Одеський, Південний, Чорноморськ), Миколаєва, Ізмаїла, Рені та інших портів Дунаю. Згідно з даними Адміністрації морських портів України (АМПУ), у довоєнний період до 70% усього аграрного експорту здійснювалося через чорноморські порти [4]. Після початку повномасштабної війни у 2022 році, українська логістика зазнала серйозних трансформацій, включаючи переорієнтацію маршрутів на дунайські порти та залізничні вузли з подальшим транспортуванням до портів Румунії, Польщі, Німеччини.

Завдяки функціонуванню зернового коридору («Чорноморська зернова ініціатива» 2022–2023 рр.), вдалося частково стабілізувати експорт. Проте в довгостроковій перспективі гостро постає питання модернізації портової інфраструктури, створення мобільних перевантажувальних терміналів, впровадження сучасних екологічно безпечних технологій обробки зерна.

### **2.1.3. Географічні особливості та конкурентні переваги**

Україна має стратегічно вигідне географічне положення – на перехресті торговельних шляхів між Європою та Азією, що створює передумови для перетворення країни на потужний логістичний хаб. З точки зору експорту зернових, важливим є доступ до Чорного та Азовського морів, а також до річкових портів на Дунаї та Дніпрі. Така мережа портів дозволяє гнучко реагувати на зміни в логістиці, залежно від геополітичної ситуації.

Конкурентними перевагами українського зернового експорту є:

- велика кількість виробників (як дрібних фермерів, так і великих агрохолдингів);
- відносно низька собівартість продукції;
- високий потенціал внутрішньої переробки (елеватори, млини, комбикормові заводи);
- розвинена залізнична інфраструктура, яка дозволяє доставляти зерно на великі відстані з глибини до портів.

Однак розвиток цих переваг можливий лише за умови інвестування в портову інфраструктуру, її цифрову трансформацію та екологізацію.

#### **2.1.4. Роль зернових вантажів у формуванні ВВП та валютних надходжень**

Аграрний сектор забезпечує понад 40% валютних надходжень до державного бюджету України. Експорт зернових культур становить основу цього потоку. За даними Держстату, у 2023 році зернові культури склали понад 30% усіх товарів, що експортувалися за кордон [5].

У 2021 році надходження від експорту зернових становили приблизно 12 млрд доларів США. Зрозуміло, що через війну показники зменшилися, проте зерно залишається ключовим експортним товаром навіть в умовах кризи.

Успішний розвиток цього напрямку дозволяє не лише підтримувати макроекономічну стабільність, а й сприяти розвитку інфраструктури, створенню нових робочих місць, наповненню місцевих бюджетів, особливо в портових містах.

#### **2.1.5. Глобальні виклики та місце України в майбутньому зерновому балансі світу**

У контексті глобальних кліматичних змін, воєн та економічної нестабільності, Україна розглядається багатьма міжнародними партнерами як надійне джерело продовольства. Роль країни у забезпеченні продовольчої

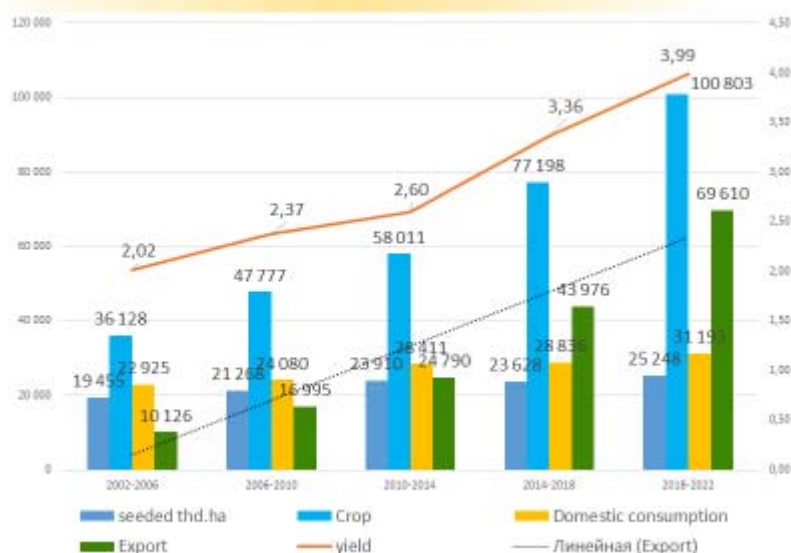
безпеки буде тільки зростати, особливо для країн, які не мають змоги самостійно виробляти достатню кількість зерна (див. рис. 2.2).

Проте для реалізації цього потенціалу потрібно:

- забезпечити стабільну роботу морських і річкових портів;
- інвестувати у модернізацію перевантажувальних комплексів;
- впроваджувати нові логістичні технології;
- гармонізувати українські стандарти якості та екології з європейськими.

Таким чином, розвиток інфраструктури перевантаження зерна є не лише внутрішньо економічним пріоритетом, а й інструментом глобального гуманітарного впливу.

### Еволюція виробництва та експорту зерна



| Marketing year       | Yield, t/h | Changers, in % |
|----------------------|------------|----------------|
| 2002-2006            | 2,02       |                |
| 2006-2010            | 2,37       | 18             |
| 2010-2014            | 2,60       | 10             |
| 2014-2018            | 3,36       | 30             |
| 2018-2022            | 3,99       | 19             |
| Sown area, M hec.    |            |                |
| 2002-2006            | 19,455     |                |
| 2006-2010            | 21,268     | 9              |
| 2010-2014            | 23,910     | 12             |
| 2014-2018            | 23,628     | -1             |
| 2018-2022            | 25,248     | 7              |
| Domestic consumption |            |                |
| 2002-2006            | 22,925     |                |
| 2006-2010            | 24,080     | 5              |
| 2010-2014            | 28,411     | 18             |
| 2014-2018            | 28,834     | 2              |
| 2018-2022            | 31,193     | 8              |



Рисунок 2.2 – Перспективи зернового ринку України до 2030 року



## **2.2. Основні типи перевантажувальних комплексів для зернових вантажів**

### **2.2.1. Визначення та роль перевантажувального комплексу в зерновій логістиці**

Перевантажувальні комплекси для зернових вантажів – це спеціалізовані об’єкти інфраструктури, призначені для приймання, зберігання, обробки та перевалки зернових культур з одного виду транспорту на інший. Їхнє функціонування є ключовою ланкою в логістичному ланцюгу «поле — склад — порт — корабель», особливо у випадку експорту великих партій зерна.

Ці комплекси не лише забезпечують оперативність і рентабельність логістики, але й зменшують втрати продукції, оптимізують використання транспортних засобів та підвищують якість зерна завдяки попередньому очищенню, сушінню й сортуванню. Саме в портах розміщуються найпотужніші зернові термінали України, що мають пропускну здатність від 500 тис. до понад 5 млн тонн на рік.

### **2.2.2. Класифікація перевантажувальних комплексів**

Сучасні перевантажувальні комплекси для зернових можна класифікувати за кількома критеріями:

1. За місцем розташування:

- портові комплекси (морські/річкові термінали);
- внутрішні залізничні термінали;
- автомобільно-залізничні логістичні вузли;
- мобільні перевантажувальні станції (тимчасові модулі).

2. За видом транспортної взаємодії:

- залізниця → порт (корабель);
- автотранспорт → залізниця;
- порт → каботажне судно або баржа;
- мультимодальні (всі типи транспорту).

3. За рівнем автоматизації:

- механізовані (переважно старі комплекси);

- автоматизовані (з використанням систем scada, erp, plc);
- цифровізовані (з елементами iot, ai, аналітики великих даних).

Приклад: зерновий термінал компанії Nibulon в Миколаєві — це один із найбільш автоматизованих портових перевантажувальних комплексів, здатний обробляти понад 5 млн тонн зерна щороку [1].

### **2.2.3. Структура та ключові елементи перевантажувального комплексу**

Перевантажувальний комплекс складається з низки взаємопов'язаних об'єктів та інженерних систем. Найпоширенішими є такі компоненти:

- приймальні платформи (авто/залізничні): для оперативного приймання вантажу;
- зважувальні станції: автомобільні або вагонні ваги з інтеграцією в облікові системи;
- очищувальні вузли: обладнання для сепарації зерна від домішок;
- сушильні установки: для зниження вологості до нормативного рівня;
- елеваторна частина: вертикальні або горизонтальні ємності для зберігання;
- транспортне обладнання: норії, конвеєри, стрічки, шнеки;
- навантажувальні системи: суднозавантажувачі, хопери, розвантажувачі;
- іт-інфраструктура: диспетчерські пункти, scada-системи, відеонагляд.

У сучасних комплексах важливу роль відіграють аспекти екологічного контролю (пилогазоочищення, шумозахист, утилізація відходів), що зумовлює використання сучасних фільтраційних систем і систем рекуперації тепла.

### **2.2.4. Приклади типових перевантажувальних комплексів в Україні**

#### **1. Термінал “Трансбалктермінал” (порт Чорноморськ)**

Один з найбільш потужних зернових терміналів у південному регіоні. Має річну пропускну здатність понад 3 млн тонн. Власна залізнична гілка,

автоматизоване приймання/зберігання/навантаження, сушарки потужністю 200 т/год.

## 2. Термінал “НІБУЛОН” (Миколаїв)

Має унікальну систему річкової логістики — баржі, флотилія та плавучі перевантажувачі. Створено для зменшення залежності від автотранспорту та розвантаження автомобільних доріг.

## 3. Дунайські порти (Ізмаїл, Рені, Кілія)

Після початку повномасштабної війни вони стали ключовими вузлами альтернативної логістики. Активно реконструюються, залучають інвестиції від міжнародних партнерів (ЄС, ЄБРР) [2].

### **2.2.5. Технологічні особливості сучасних перевантажувальних комплексів**

Сучасні перевантажувальні термінали впроваджують низку технологій для підвищення ефективності:

- системи автоматичного обліку ваги та якості зерна;
- розумні датчики іот для моніторингу температури, вологості, тиску в ємностях;
- системи прогнозування завантаження і черговості поставок;
- інтеграція з митною та податковою системою для онлайн-декларування;
- енергоефективне обладнання (сушарки з рекуперацією, двигуни з частотними перетворювачами);
- впровадження хмарних ерр та wms-систем для управління логістикою.

Одним із флагманів цифрової трансформації є термінал Grain Terminal Complex у Південному — в його системі використовуються технології цифрового тіню, аналітика великих даних, системи розпізнавання номерів для безконтактної логістики.

## 2.3. Сучасні технології перевалки, очищення, зберігання та навантаження зерна

### 2.3.1. Технологічна схема зернового терміналу

Технологічний процес перевалки зерна складається з послідовності операцій: приймання → очищення → сушіння (за потреби) → тимчасове зберігання → навантаження на транспортний засіб (залізничний вагон, судно тощо). Ці етапи інтегровані в автоматизовані системи управління, які дозволяють мінімізувати втрати, прискорити логістику та забезпечити якість зерна відповідно до вимог міжнародних стандартів. Принципова технологічна схема приймання зерна на зберігання та накопичення судової партії представлена на рисунку 2.3. Характеристики зернових вантажів які важливі при процесах зберігання та накопичення представлені у таблиці 2.1.

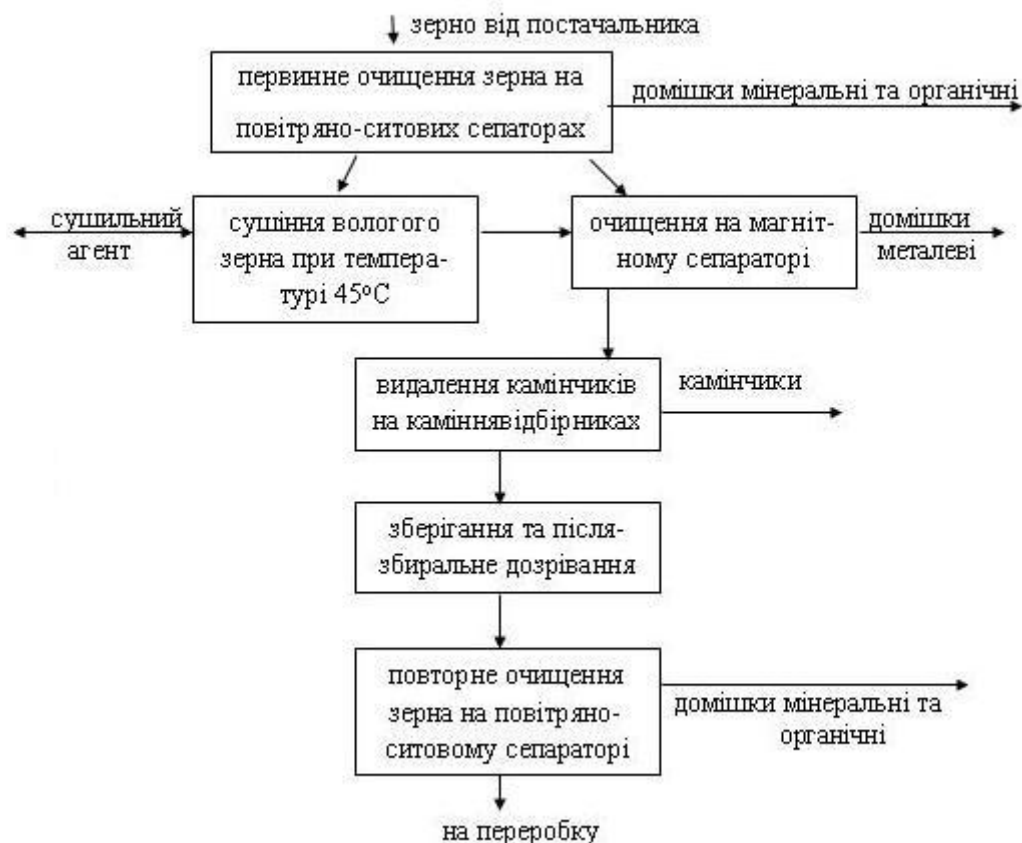


Рисунок 2.3 - Принципова технологічна схема приймання зерна на зберігання

Таблиця 2.1 – Характеристики зернових вантажів

| Найменування показника                                                         | Показники            |                  |                  |                  |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                                                                | пшениця              | соя              | кукурудза        | ячмінь           | жито             |
| Насипна щільність, т/м <sup>3</sup>                                            | Від 0,65 до 0,85     | Від 0,47 до 0,60 | Від 0,6 до 0,85  | Від 0,55 до 0,75 | Від 0,45 до 0,50 |
| Шпаруватість, %                                                                | Від 35 до 45         | Від 38 до 46     | Від 35 до 55     | Від 40 до 55     | Від 50 до 70     |
| Кут природного укусу, град                                                     | Від 23 до 38         | Від 25 до 32     | Від 30 до 43     | Від 28 до 45     | Від 35 до 40     |
| Коефіцієнт зовнішнього тертя по сталі                                          | 0,4                  | 0,43             | 0,43             | 0,4              | 0,4              |
| Граничні розміри, мм:                                                          |                      |                  |                  |                  |                  |
| Товщина                                                                        | Від 1,6 до 3,8       | Від 4,0 до 7,0   | Від 3,0 до 9,0   | Від 1,2 до 4,5   | Від 1,0 до 4,0   |
| Ширина                                                                         | Від 1,8 до 4,0       | Від 4,5 до 8,0   | Від 5,0 до 14,0  | Від 2,0 до 5,0   | Від 1,4 до 4,0   |
| Довжина                                                                        | Від 4,8 до 8,6       | Від 6,0 до 8,0   | Від 4,0 до 15,0  | Від 7,0 до 14,6  | Від 8,0 до 18,6  |
| Вологість зерна за категоріями, %:                                             |                      |                  |                  |                  |                  |
| Сухе                                                                           | До 14,0              | До 12,0          | До 14,0          | До 14,0          | До 14,0          |
| Середньої сухості                                                              | Від 14,1 до 15,5     | Від 12,0 до 14,0 | Від 14,1 до 15,5 | Від 14,1 до 15,5 | Від 14,0 до 16,0 |
| Вологе                                                                         | Від 15,6 до 17,0     | Від 14,0 до 16,0 | Від 15,6 до 17,0 | Від 15,6 до 17,0 | Від 15,5 до 17,0 |
| Сире                                                                           | Від 17,1             | Від 16,0         | Від 17,1         | Від 17,1         | Від 17,1         |
| Гігроскопічність                                                               | Сильно гігроскопічне |                  |                  |                  |                  |
| Самозаймання                                                                   | Самозаймається       |                  |                  |                  |                  |
| Температура самозаймання аеросуспензії пилу, °С                                | 875                  | 800              | 850              | 800              | 800              |
| Гранично допустима концентрація пилу в повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup> | 4                    | 4                | 4                | 4                | 4                |

Приклад блок-схеми приймання зернових вантажів на терміналі з автомобільного транспорту та відвантаження їх на судна представлена на рисунку 2.4, а блок-схема приймання зернових вантажів з залізничного транспорту та відвантаження їх на судна – на рисунку 2.5.

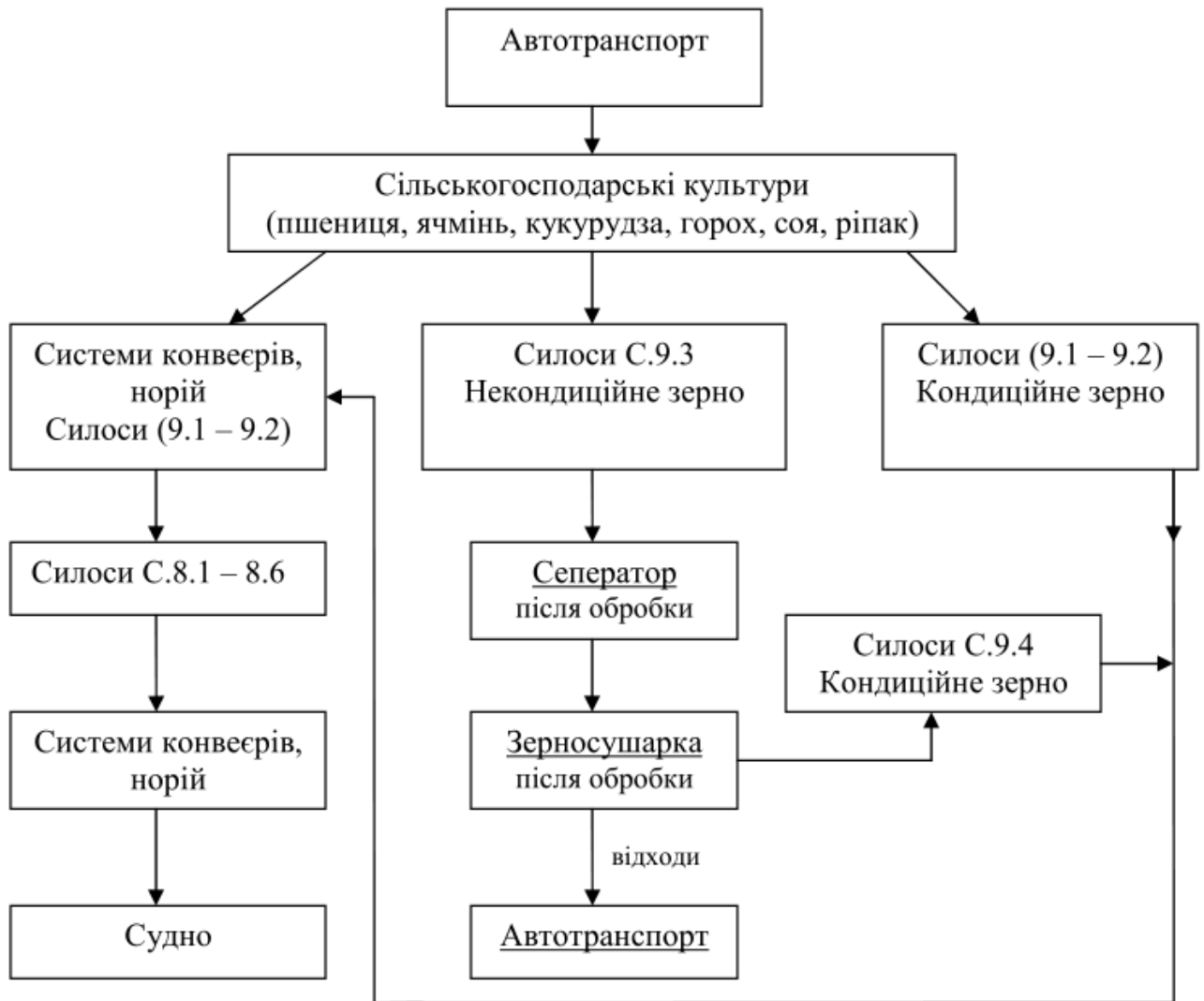


Рисунок 2.4 - Блок-схема приймання вантажів на терміналі з автомобільного транспорту та відвантаження їх на судна

Кожен сучасний зерновий термінал розробляється на базі модульного підходу, що дозволяє гнучко масштабувати потужності, залежно від сезонності, обсягів експорту та типів продукції.



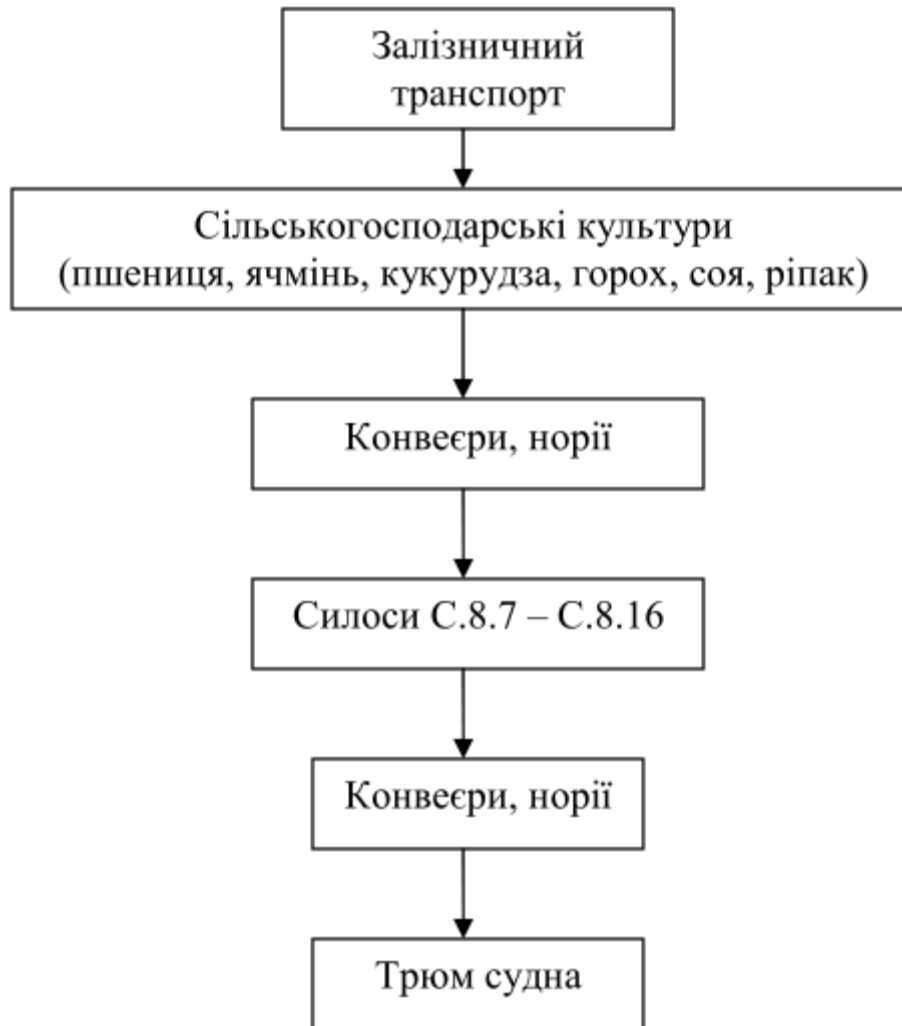


Рисунок 2.5 - Блок-схема приймання вантажів з залізничного транспорту та відвантаження їх на судна

### 2.3.2. Очищення зерна: сучасні технології та обладнання

Першим і обов'язковим етапом обробки зерна є очищення. Воно потрібне для видалення домішок (соломи, пилу, насіння бур'янів, каміння), які впливають на якість зерна, пошкоджують механізми і знижують ефективність зберігання.

Основні типи обладнання для очищення:

- аспіраційні системи: для видалення пилу та легких домішок;
- плоскі та барабанні сепаратори: поділяють зерно за розмірами частинок;
- трієри: для відокремлення довгих домішок (наприклад, насіння вівсюга);

- магнітні уловлювачі: видаляють металеві включення, що можуть пошкодити обладнання.

Приклад: компанія Cimbria (Данія) постачає в Україну сучасні сепаратори Delta Super Cleaner, які дозволяють очищувати до 200 тонн зерна на годину з високою точністю [1].

### **2.3.3. Сушіння зерна: енергоефективні рішення**

Висока вологість зерна — одна з головних причин псування продукції під час зберігання. Сушіння дозволяє довести зерно до стандартної вологості (12–14% для зберігання). Сучасні сушарки відрізняються високою енергоефективністю та автоматичним контролем температурного режиму.

Види зерносушарок:

- шахтні сушарки: для великих обсягів зерна;
- модульні сушарки: гнучкіші в розміщенні, можуть розгортатись на мобільних перевалках;
- теплові насоси та рекупераційні системи: зменшують споживання газу/дизелю.

Приклад: сушарки Fratelli Pedrotti (Італія) використовуються в українських терміналах завдяки своїй здатності працювати на альтернативному паливі й забезпечувати продуктивність до 150 т/год [2].

### **2.3.4. Системи зберігання зерна: вертикальні силоси та горизонтальні склади**

Тимчасове або середньострокове зберігання зерна в терміналах реалізується за допомогою:

1. Вертикальних силосів (металевих): найпоширеніша форма зберігання, що дозволяє економити площу. Обладнані системами аерації, датчиками температури/вологості, автоматизованим контролем рівня (див. рис. 2.6).
2. Горизонтальних складів (ангари): зручні для різних видів зерна та комбікормів, дешевші в будівництві, але вимагають більше площі.

3. Мобільні модульні ємності: тимчасове рішення для припортових терміналів, особливо в кризових умовах (наприклад, дунайські порти у 2022–2023 рр.).

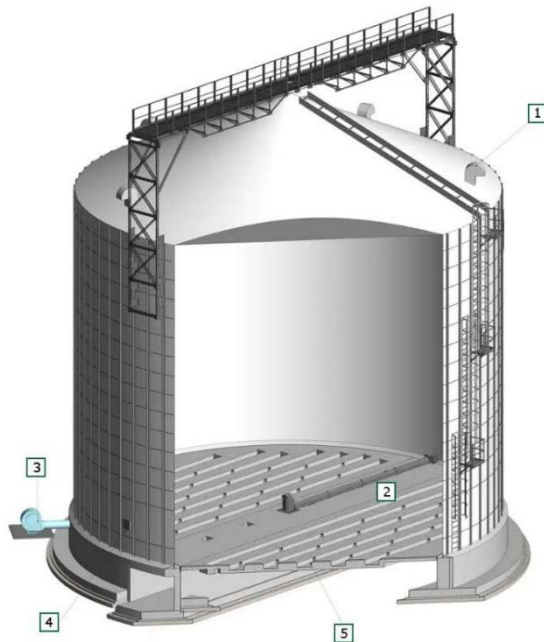


Рисунок 2.6 - Металевий силос з плоским днищем

### **2.3.5. Технології навантаження: швидкість, точність, безпека**

Навантаження зерна на транспорт — один із критичних етапів, де важлива як швидкість, так і контроль якості. В сучасних терміналах застосовують:

1. Суднозавантажувачі (Ship Loaders): телескопічні, з поворотною стрілою, пілозахистом.
2. Вагонозавантажувачі: інтегровані з ваговими платформами та системами відеонагляду.
3. Транспортні системи: стрічкові конвеєри, ковшові елеватори, пневмотранспортери.

Автоматизовані системи навантаження дозволяють:

- уникати перевантаження;
- проводити одночасне зважування;
- вести повний облік у системах ERP;

- зменшувати вплив людського чинника.

Приклад: термінал компанії Grain Alliance в Пирятині має автоматизовану навантажувальну лінію продуктивністю 400 т/год з онлайн-інтеграцією в облікову систему SAP [3].

### **2.3.6. Інтеграція цифрових технологій**

Цифрова трансформація є ключем до ефективної роботи сучасного зернового терміналу. Інтегровані системи управління включають:

1. SCADA-системи для моніторингу технологічного процесу в реальному часі.
2. Інтернет речей (IoT): дає змогу виявляти відхилення температури, вологості, запобігати псуванню.
3. ERP-системи (SAP, Oracle, Microsoft Dynamics): для обліку партій, логістики, контрактів.
4. AI-аналітика: прогнозування навантаження, заторів, оптимізація графіків.

Цитата з аналітики ЄБРР (2023): “Зернові термінали в Україні, що впроваджують цифрові інструменти управління, демонструють на 17% вищу ефективність та на 12% менші втрати зерна під час зберігання” [4].

## **2.4. Проєктування зернових перевантажувальних комплексів: технічні вимоги, нормативи, приклади**

### **2.4.1. Основні принципи проєктування**

Проєктування зернових перевантажувальних комплексів у портах є складним завданням, яке потребує врахування багатьох факторів: логістики, пропускної здатності, безпеки, екології, енергоефективності та можливості розширення.

Ключові принципи:

1. Модульність: можливість масштабування комплексу (наприклад, додавання силосів, ліній приймання тощо).
2. Безперервність технологічного процесу: мінімізація простоїв і вузьких місць.
3. Інтеграція з іншими видами транспорту: залізницею, автомобільними шляхами, річковими/морськими портами.
4. Цифрова керованість: автоматизація процесів обліку, контролю, планування.
5. Екологічна відповідність: пилогазоочистка, енергоощадні технології.

Приклад: термінал G.R. Agro у Запоріжжі спроектований з нуля за модульною схемою, що дозволяє збільшити обсяги перевалки з 200 тис. до 1 млн тонн без зупинки поточної роботи [1].

#### **2.4.2. Нормативна база та стандарти**

У процесі проєктування обов'язковим є дотримання чинних українських і міжнародних нормативних актів.

Основні українські документи:

1. ДБН В.2.2-10:2018 «Будинки і споруди. Об'єкти агропромислового комплексу».
2. ДСТУ 3768:2019 — якість зерна. Загальні технічні умови.
3. ДБН Б.2.2-12:2019 — Планування і забудова територій.
4. Наказ Мінінфраструктури №413 від 2013 р. — Технічні вимоги до портових споруд.

Міжнародні стандарти:

1. ISO 22000:2018 — системи управління безпечністю харчових продуктів.
2. ISO 6322-1:1996 — зберігання зернових. Основні вимоги.
3. GAFTA & GMP+ — логістичні стандарти в експорті зерна.

### **2.4.3. Технічні вимоги до об'єктів перевантаження**

#### **1. Приймальні пункти:**

- пропускна здатність: від 150 до 600 т/год;
- зважування: 2–3 платформи з точністю до 0,5%;
- автоматичне пробовідбірне обладнання для оцінки якості зерна.

#### **2. Очищення та сушіння:**

- потужність: 200–500 т/год очищення;
- сушарки — з газовими або біопаливними горілками;
- контроль температури зерна на кожному етапі.

#### **3. Сховища (силоси):**

- об'єм силосів: від 1 000 до 10 000 м<sup>3</sup>;
- матеріали: гофрована оцинкована сталь, конусні або плоскі днища;
- система аерації, датчики рівня, вентиляція.

#### **4. Навантажувальні вузли:**

- суднозавантажувачі з пилозахистом;
- інтеграція з логістичними системами;
- вагові модулі.

#### **5. Енергетичне забезпечення:**

- власна трансформаторна підстанція;
- генераторні системи резервного живлення;
- системи рекуперації тепла з сушарок.

### **2.4.4. Архітектурно-планувальні рішення**

Проект має враховувати:

- зручний потік транспорту (авто, залізниця);
  - мінімізацію «перехресть» маршрутів для уникнення заторів;
  - розділення зон зберігання, адміністративної частини, навантаження;
  - резервні ємності та обхідні маршрути для аварійних ситуацій;
- блоки охорони, відеонагляд, контролю доступу.

Сучасна тенденція — віртуальне моделювання об'єктів (BIM) ще на етапі проєкту. Це дозволяє уникнути помилок, скоротити витрати та пришвидшити будівництво.

Цитата з публікації Українського інституту цифрового будівництва (2023):

“BIM-моделювання скоротило терміни проєктування зернового терміналу в Южному на 21%, а вартість будівельних робіт — на 12%” [3].

#### **2.4.5. Екологічні та безпекові вимоги**

Системи пилозаглушення: фільтри, аспіраційні установки, закриті конвеєри.

Контроль шуму: акустичні екрани, шумоізоляційні матеріали.

Пожежна безпека: автоматичне пожежогасіння, спринклери, гідранти.

Системи відеонагляду та контролю доступу.

Охорона довкілля: сепарація стічних вод, збирання відходів.

Проєкт повинен відповідати вимогам Державної екологічної інспекції, а також мати оцінку впливу на довкілля (ОВД) відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» (2017).

#### **2.4.6. Приклади реалізованих проєктів**

##### **1. Grain Terminal Complex (Южный, 2021)**

Потужність — 5 млн тонн/рік, автоматизація всіх етапів, BIM-проєктування, сушарки з рекуперацією. Партнер — Kernel.

##### **2. Дунайський кластер (2023)**

Реалізовано нові перевалочні вузли у Ізмаїлі, Кілії, Рені. Проєкти фінансуються Європейським банком реконструкції та розвитку, адаптовані до європейських логістичних стандартів.

##### **3. Зерновий хаб “Агроінвест” (Одещина)**

Сучасний комплекс на базі порту Чорноморськ, з фокусом на експорт до Туреччини, Північної Африки, Азії.

## **2.5. Тенденції розвитку перевантажувальних комплексів: цифровізація, екологічні рішення, євроінтеграція**

### **2.5.1. Цифровізація логістичних процесів**

Одним із головних трендів останнього десятиліття є повна цифрова трансформація логістичних операцій. Перевантажувальні комплекси активно впроваджують автоматизовані системи для моніторингу, контролю та планування.

Основні напрямки цифровізації:

1. SCADA-системи — моніторинг температури, вологості, рівня зерна в силосах у реальному часі.
2. ERP-системи — комплексний облік логістики, контрактів, транспорту.
3. IoT (Інтернет речей) — сенсори на обладнанні, що передають дані про стан механізмів, зерна, середовища.
4. GPS і RFID — відстеження партій зерна, транспорту, переміщень всередині комплексу.
5. Big Data та AI-аналітика — прогнозування пікових навантажень, планування маршрутів.

Приклад: Компанія Nibulon впровадила повну цифрову інтеграцію на річкових терміналах, що дозволяє зменшити витрати на логістику до 15% [1].

### **2.5.2. Екологічна модернізація та сталий розвиток**

У зв'язку з глобальними кліматичними змінами та вимогами ЄС щодо екологічності, українські зернові термінали орієнтуються на екологічну модернізацію.

Ключові еко-рішення:

1. Пилозахисні системи — закриті конвеєри, аспірація, фільтрація.
2. Енергозбереження — рекуператори, теплонасоси, LED-освітлення.
3. Використання біопалива — для сушарок (луска соняшника, пелети).



4. Збір і утилізація стічних вод — сепаратори, локальні очисні споруди.
5. Оцінка впливу на довкілля (ОВД) — обов'язкова для нових об'єктів.

Цитата з дослідження Green Ports Initiative (2023): "Термінали, які впроваджують технології фільтрації пилу, знижують викиди твердих часток до 80%" [2].

### **2.5.3. Вплив євроінтеграції та адаптація до стандартів ЄС**

У межах Угоди про асоціацію з ЄС, Україна зобов'язалася гармонізувати свою логістичну та інфраструктурну політику з європейськими нормами.

Основні вимоги ЄС:

1. Безпечність та простежуваність харчового ланцюга (НАССР, ISO 22000).
2. Інфраструктурна безпека (директиви EU Ports).
3. Використання енергоефективних рішень (Зелена угода — Green Deal).
4. Декарбонізація транспорту — перехід на водний і залізничний транспорт.
5. Циркулярна економіка — мінімізація відходів.

Звіт Європейської комісії (2023): "Українські термінали повинні забезпечити повну інтеграцію в Транс'європейську транспортну мережу (TEN-T) до 2030 року" [3].

### **2.5.4. Розвиток річкової та мультимодальної логістики**

Військові загрози в акваторії Чорного моря з 2022 року актуалізували розвиток річкової логістики (Дунай, Дніпро) та мультимодальних маршрутів (залізниця + річка + море).

Переваги річкового транспорту:

- менша вартість перевезення;
- менше викидів CO<sub>2</sub>;
- зменшення навантаження на автомобільні та залізничні шляхи;

- висока безпека.

Приклад: Створення дунайського кластеру (Ізмаїл, Рені, Кілія) дало змогу експортувати понад 3 млн тонн зерна у 2023 році, попри блокування морських портів [4]

#### **2.5.5. Автоматизація та роботизація**

Зменшення людського фактору — ще один напрямок модернізації терміналів. Все більше функцій передаються автоматизованим комплексам:

- автоматизоване зважування;
- безлюдне навантаження;
- системи відеоаналітики та розпізнавання номерів;
- автоматичні пробовідбірники з онлайн-лабораторіями;
- дрони для моніторингу стану споруд та зерносклади.

Цитата з Ukrainian Infrastructure Review (2024): "Автоматизовані комплекси скорочують витрати на персонал на 18–25%, одночасно підвищуючи швидкість обробки до 30%" [5].

#### **2.5.6. Перспективи на 2030 рік**

На основі поточних тенденцій та стратегії уряду України у сфері логістики, до 2030 року очікується:

- цифровізація 100% портових зернових терміналів;
- досягнення викидів CO<sub>2</sub> < 40% від рівня 2020 року;
- інтеграція до системи TEN-T та спрощення прикордонної логістики;
- збільшення обсягів експорту через річкові порти до 30% загального зернового експорту;
- інтеграція до систем якості та безпеки харчової продукції ЄС (ISO, HACCP, GMP+).

## **Висновок до розділу 2**

Сучасні технології переробки зернових вантажів у портах базуються на принципах високої автоматизації, енергоефективності, екологічної безпеки та гнучкої логістики. Технічний прогрес у сфері перевантаження зерна дозволяє значно скоротити час обробки вантажів, зменшити втрати сировини, покращити санітарно-гігієнічні умови зберігання та транспортування, а також підвищити конкурентоспроможність українських портів на міжнародному рівні.

Проектування сучасних перевантажувальних комплексів вимагає врахування широкого спектра факторів: від типу та обсягу вантажу до географічного розташування, гідротехнічних умов, екологічних норм та перспектив розвитку інфраструктури. До обов'язкових елементів комплексу належать автоматизовані системи подачі й вивантаження, високопродуктивні норійні та конвеєрні системи, сучасні сушильні установки, надсилові та підземні транспортні галереї, а також інтелектуальні системи управління об'єктами (SCADA, ERP, логістичні модулі тощо).

Особливу увагу приділяється проектуванню з урахуванням міжнародних стандартів безпеки праці, охорони навколишнього середовища та нормативів європейської інтеграції. Важливим є дотримання вимог національних нормативних документів, зокрема ДБН В.2.2-42:2018, а також галузевих регламентів та технічних умов.

З огляду на сучасні виклики глобального ринку та потреби аграрного сектору, розвиток інфраструктури портів для зернових вантажів має стратегічне значення. Тому запровадження новітніх технологій та ретельне проектування перевантажувальних комплексів є запорукою стабільності логістичних процесів, продовольчої безпеки та економічного зростання України в цілому.

### **РОЗДІЛ 3. ПРОСТОРОВЕ ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖНОГО РАЙОНУ ПОРТУ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ**

#### **3.1 Особливості земельної ділянки для створення вантажного району з перевалки зернових вантажів**

Розташування вантажного району порту, спеціалізованого на переробці та перевалці зернових вантажів, потребує ретельної оцінки географічних, інженерних, екологічних і правових характеристик обраної земельної ділянки. Зокрема, надзвичайно важливою умовою є забезпечення прямого доступу до морського узбережжя, транспортної інфраструктури, наявності інженерних мереж і відповідності землекористування до норм чинного законодавства. Як приклад доцільного вибору земельної ділянки для створення зернового термінала можна розглянути територію, прилеглу до Бердянського морського торговельного порту, який розташований у місті Бердянськ Запорізької області. Цей порт має стратегічне значення для південно-східного регіону України, особливо в умовах воєнного стану, оскільки забезпечує вихід на Азовське море та може слугувати додатковим логістичним вузлом для експорту сільськогосподарської продукції.

Бердянський морський порт історично орієнтований на перевалку аграрної продукції, зокрема зерна. Його інфраструктура вже частково адаптована під ці цілі, а прилеглі території мають потенціал для розвитку нового вантажного району (див. рис. 3.1). В межах припортової зони наявні земельні ділянки, що відносяться до категорії земель промисловості та транспорту. Відповідно до відкритих даних Публічної кадастрової карти України, такі ділянки можуть використовуватись для будівництва логістичних об'єктів, елеваторних комплексів, складів та допоміжних споруд [1].

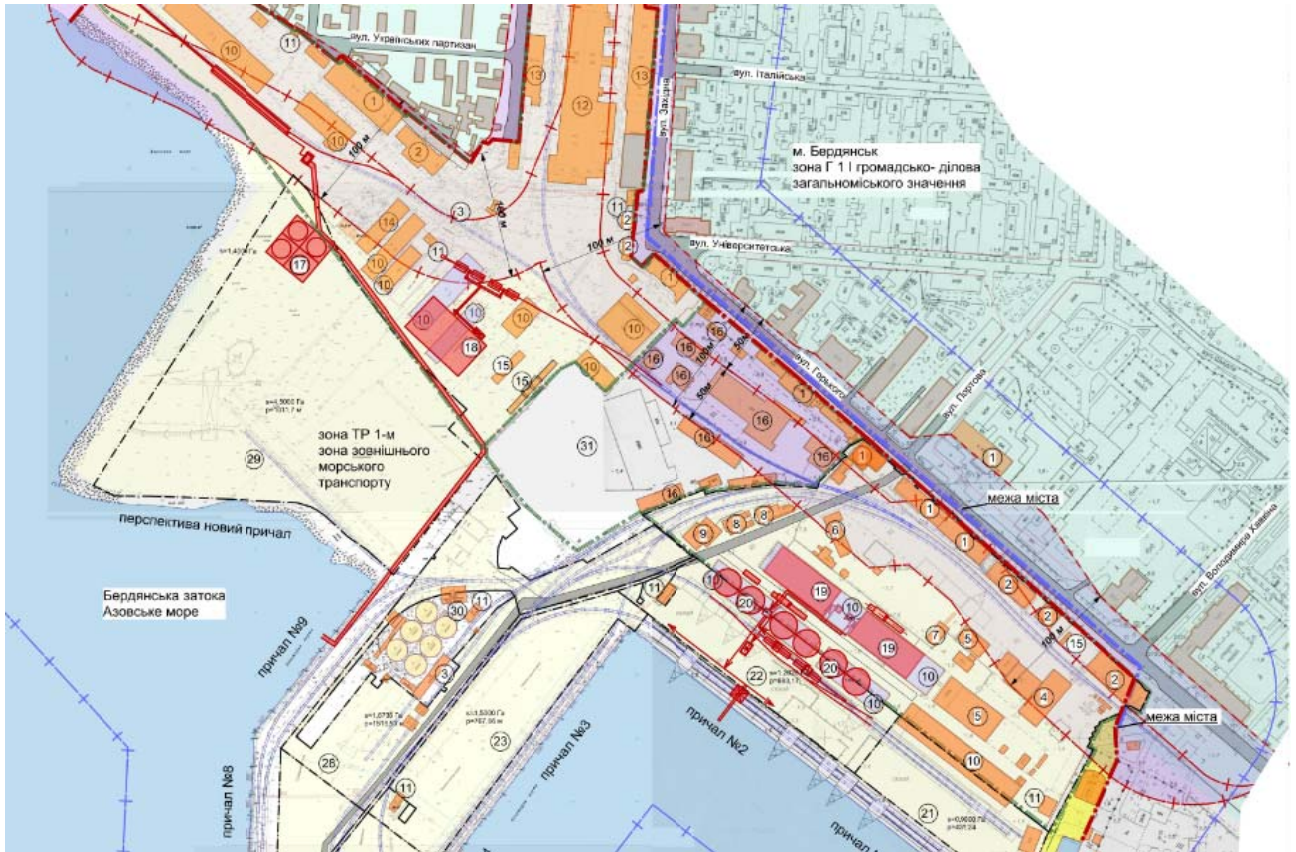


Рисунок 3.1 - Детальний план земельної ділянки, розташованої за межами населеного пункту м. Бердянськ Запорізької області для розміщення та експлуатації будівель та споруд морського транспорту

1 - адміністративно-офісна будівля; 2 - службово-побутова будівля; 3 - вагова залізнична; 4 - механічна майстерня; 5 - ділянка механізації; 6 - вузол зв'язку; 7 - котельня; 8 - енергоцех, гаражі; 9 - диспетчерська; 10 - складська будівля; 11 - трансформаторна підстанція; 12 - нежитлова будівля ( не експлуатується); 13 - нежитлова будівля ( не експлуатується); 14 - складська будівля; 15 - автоваги; 16 - будівля заводу підйомно-транспортного обладнання (демонтаж у перспективі); 17 - склад резервуар олії (перспектива), будівництво комплексу для перевантаження експортних продовольчих вантажів (олії) наливом в тилівій зоні ДП "Бердянський морський торговельний порт"; 18 - склад зернових (перспектива), будівництво комплексу для прийому та накопичення експортних зернових та продовольчих вантажів насипом в тилівій зоні ДП "Бердянський морський торговельний порт"; 19 - склад зернових (перспектива), реконструкція існуючого критого бетонного складу для прийому та накопичення експортних зернових та продовольчих вантажів насипом в тилу причалу № 2; 20 - комплекс перегрузки зернових (перспектива), реконструкція існуючих потужностей з перевантаження зернових та продовольчих вантажів насипом на причалі № 2 ДП "Бердянський морський торговельний порт"; 21 - майданчик складування причалу №1 (погрузка зернових, продвантажів); 22 - майданчик складування причалу №2 (погрузка зернових, продвантажів); 23 - майданчик складування причалу №3 (погрузка глини); 24 - майданчик складування причалів №4 та №5 (погрузка металобрухту); 25 - майданчик

складування причалу №6 (наливні грузи); 26 - майданчик складування причалу №6 та №7 (наливні грузи); 27 - майданчик складування причалів №8 (погрузка металобрухту); 28 - майданчик складування причалу №9 (погрузка зернових, продвантажів); 29 - перспективний майданчик складування зернових та продвантажів в районі перспективного нового причалу; 30 - територія комплексу для прийому експортних зернових та продовольчих вантажів; 31 - територія існуючого заводу підйомно-транспортного обладнання (перспектива демонтажу виробничих потужностей та зміна функції - на прийом та накопичення експортних зернових та продовольчих вантажів)

Просторові характеристики ділянки дозволяють організувати ефективну логістику. Порт розташований на східному узбережжі Бердянської коси, має зручний підхід з боку автомобільних магістралей обласного значення та наявність під'їзної залізничної гілки. Це дає можливість формувати повний транспортний ланцюг: автомобіль — порт — судно. Для зернового вантажопотоку така інфраструктурна перевага має суттєве значення, оскільки дозволяє забезпечити безперебійне постачання продукції від сільськогосподарських виробників до термінала та подальше її завантаження на судна.

Геологічні та ґрунтові умови території Бердянська також сприяють розміщенню промислових об'єктів. За даними геолого-інженерного зонування, територія міста характеризується переважанням піщано-глинистих ґрунтів середньої щільності, які мають задовільну несучу здатність і відносно низький рівень ґрунтових вод. Це дозволяє без додаткових складних інженерних рішень зводити споруди силосного та складського типу, транспортні галереї та інше технологічне обладнання. Окрім цього, відсутність великої кількості забудови або карстових утворень мінімізує витрати на підготовку основи та інженерну підготовку території. За матеріалами Запорізької обласної державної адміністрації, геоморфологія узбережжя Азовського моря на території Бердянська є стабільною для довгострокового промислового користування, а ризик підтоплення або зсувів в межах портової території оцінюється як низький (ЗОДА, 2021).

Інженерне забезпечення території є ще одним важливим фактором, який обґрунтовує доцільність розміщення вантажного району саме в межах Бердянського порту. Наявні підключення до електромереж середньої напруги, локальні джерела технічної води, каналізація, а також цифрова інфраструктура (інтернет, системи диспетчеризації) забезпечують умови для створення автоматизованого комплексу з високим ступенем енергетичної ефективності. Зокрема, в межах програми «Розвиток інфраструктури морських портів України на період до 2038 року», Бердянськ розглядається як перспективний майданчик для будівництва елеваторних потужностей нового покоління з використанням технологій енергозбереження, зокрема рекуперації тепла при сушінні зерна та застосування фотогальванічних елементів для живлення допоміжного обладнання [2].

Таким чином, з позиції розвитку аграрної логістики територія поблизу Бердянського морського порту має всі підстави вважатися стратегічно придатною для створення нового вантажного району з перевантаження та переробки зернових вантажів. Проте крім технічних, просторових та економічних факторів, при виборі ділянки потрібно також враховувати екологічні та правові аспекти. Перевантаження зерна, особливо в умовах відкритого або частково відкритого зберігання, є джерелом утворення пилу, викидів органічного походження, підвищеного шумового навантаження. Саме тому, відповідно до вимог ДСП 173-96, встановлюється мінімальна санітарно-захисна зона від елеваторних потужностей — 300 м, від причальних споруд — до 100 м, а для зерносушильних комплексів — до 500 м, залежно від типу палива. У випадку з Бердянськом, портова зона розташована на значній відстані від житлової забудови, що дозволяє впроваджувати об'єкти аграрної інфраструктури без порушення санітарних нормативів.

Підприємство, що виступатиме замовником або інвестором будівництва, зобов'язане пройти процедуру оцінки впливу на довкілля (ОВД), відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» №2059-VIII. Це передбачає не лише підготовку звіту, але й проведення громадських слухань, публікацію

екологічної інформації та отримання позитивного висновку уповноваженого органу. Згідно з базою Е-ОВД [3], протягом останніх років на території Бердянська вже розглядалися кілька екологічних проєктів, пов'язаних із модернізацією портової інфраструктури, що свідчить про наявність досвіду та процедурної бази для реалізації подібних ініціатив.

Юридичний статус земельної ділянки також є критично важливим фактором. Для будівництва вантажного району потрібно, щоб земля перебувала або у державній, або в комунальній власності з можливістю її передачі в оренду або концесію на тривалий термін. Відповідно до Земельного кодексу України (стаття 19), для таких цілей земля має належати до категорії «землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення». У випадку з портом Бердянськ переважна частина припортових територій вже віднесена до цієї категорії, що значно спрощує процедуру оформлення документації та проєктування об'єкта.

З огляду на всі згадані фактори — вигідне розташування поблизу моря, наявність транспортної інфраструктури, придатні геологічні умови, технічна доступність інженерних мереж, дотримання екологічних та санітарних нормативів, а також відповідний юридичний статус — можна зробити висновок, що земельна ділянка поблизу Бердянського морського порту є раціональним вибором для будівництва зернового термінала. Її використання дозволить розширити логістичні можливості регіону, створити нові робочі місця, підвищити експортний потенціал аграрного сектору та реалізувати сучасний інфраструктурний проєкт у відповідності до державної стратегії розвитку портів України до 2038 року [4]

### **3.2. Просторове планування варіантів вантажного району порту для переробки зернових вантажів**

Раціональне просторове планування території вантажного району порту відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності перевантажувальних



процесів, мінімізації логістичних втрат, безпеки персоналу та стабільності екологічного середовища. З огляду на потреби зростаючого експорту українських зернових культур, необхідність проєктування або модернізації існуючих портових терміналів стає особливо актуальною. Порти, що спеціалізуються на зерновій логістиці, повинні мати не лише технологічно вдосконалене обладнання, а й чітко продуману просторову структуру, в межах якої кожен елемент взаємодіє з іншими за принципом наскрізного технологічного потоку.

Вибір продуктивності перевантажувального обладнання по усьому перевантажувальному ланцюгу ґрунтується, у тому числі, на основі можливостей причального фронту приймати судна відповідного дедвейту. Оскільки порт з'єднаний з морем підхідним каналом довжиною 20 км і прохідною осадкою 7,9 м, дедвейт суден, що будуть завантажуватися біля причалів не перевищує 16000 т.

Світовий медіанний показник перебування у порту суден різного типу, представлено на рисунку 3.2, його використовуємо для визначення часу проведення вантажних операцій з урахуванням допоміжних виробничих операцій.

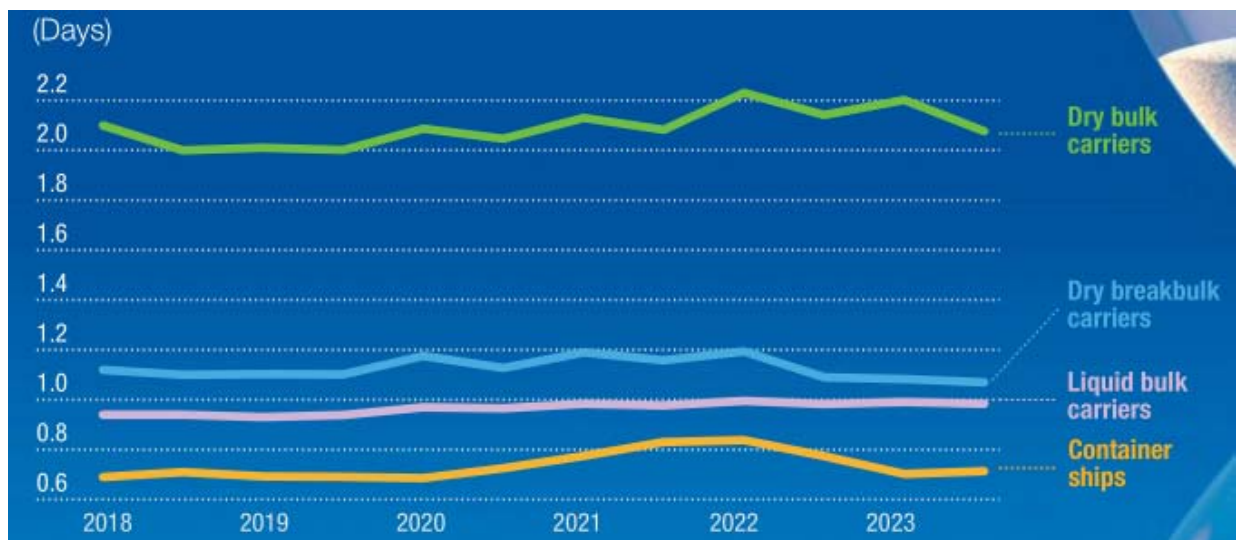


Рисунок 3.2 – Світовий медіанний показник перебування у порту суден різного типу

Середній час зайнятості вантажного причалу допоміжними виробничими операціями, які не поєднуються з вантажними роботами, для розрахункового суховантажного судна приймаються згідно таблиці 3.1. Тривалість очікування початку вантажних робіт для суховантажних суден, що працюють не за розкладом, приймається в межах до 4 годин на судно-захід і додається до часу, визначеного в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Час допоміжних виробничих операцій для суден, що виконують рейси за кордоном і великому каботажі, годину.

| Типи суден                                   | Дедвейт судна, т | Весняно-літній період |              | Осінньо-зимовий період |              |
|----------------------------------------------|------------------|-----------------------|--------------|------------------------|--------------|
|                                              |                  | завантаження          | вивантаження | завантаження           | вивантаження |
| Судна, що перевозять зернові вантажі насипом | До 1500          | 7,0                   | 6,0          | 8,0                    | 8,0          |
|                                              | 1501—3000        | 7,5                   | 6,5          | 9,0                    | 9,0          |
|                                              | 3001—5000        | 9,0                   | 7,5          | 10,0                   | 9,5          |
|                                              | 5001—8000        | 10,5                  | 8,5          | 11,5                   | 10,5         |
|                                              | 8001—12000       | 11,5                  | 9,0          | 12,0                   | 11,0         |
|                                              | 12001—16000      | 12,5                  | 10,0         | 13,0                   | 12,0         |
|                                              | 16001—30000      | 13,0                  | 10,5         | 14,0                   | 13,0         |
|                                              | 30001—50000      | 14,0                  | 11,0         | 14,5                   | 13,5         |
|                                              | Більше 50000     | 14,5                  | 11,5         | 15,0                   | 14,0         |

Розрахункове завантаження судна залежить від типу судна, характеристик вантажу (див. таблицю 2.1) та схеми завантаження. Воно розраховується за формулою:

$$D_j = D_{ч_j} \times K_{вик},$$

де  $D_{ч_j}$  – чиста вантажопідйомність судна, т;

$K_{вик}$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності, який розраховується виходячи із співвідношення питомої місткості вантажних приміщень судна та насипної щільності вантажу.

Продуктивність одиниці перевантажувального обладнання на причалі для завантаження судна  $M_{зав}$  розраховують виходячи з розрахункового завантаження судна, заданої тривалості вантажних робіт та кількості окремих ліній для завантаження, т/год:

$$M_{\text{зав}} = \frac{D_j}{m \cdot t_{\text{вн.}}}$$

де  $m$  – кількість технологічних ліній однакової продуктивності для завантаження на причалі, од.;

$t_{\text{вн.}}$  – час зайнятості причалу виконанням вантажних робіт при обробці розрахункового судна, год;

$D_j$  – розрахункове завантаження судна, т.

Особливістю розробки планувального рішення для зернового вантажного району є потреба в обліку низки параметрів: потужності перевалки, кількості причалів, типу та місткості силосного зберігання, конфігурації транспортних систем (елеваторів, транспортерів, норій, транспортних галерей), розміщення допоміжних будівель, а також необхідних санітарно-захисних зон. Принциповим при цьому є дотримання нормативів ширини проїздів, радіусів розвороту великогабаритної техніки, доступності до вузлів обслуговування та аварійного виїзду. Відповідно до норм проектування, для перевантаження зернових вантажів у портах слід закладати не менше двох технологічних напрямків перевалки — наприклад, з автотранспорту до складу та з залізничних вагонів безпосередньо на судно або навпаки.

Продуктивність перевантаження зернових вантажів на залізничному вантажному фронті, тис. т/добу, визначається за формулою:

$$M_{\text{зал}} = \frac{24 \cdot A_3 \cdot D_3}{t_{\text{вн.з}} + t_{\text{ман.з}} + t_{\text{доп.з}}} \cdot 0,001$$

де  $t_{\text{ман.з}}$  – час на маневрові роботи при подаванні вагонів, год;

$t_{\text{доп.з}}$  – додатковий час очікування подавання вагонів, год;

$A_3$  – кількість вагонів, що подаються на розвантаження, од.;

$D_3$  – корисна вантажопідйомність вагонів, т.

Час обробки залізничної подачі визначається за такою формулою:

$$t_{\text{вн.з}} = \frac{A_3 \cdot D_3}{P_{\text{лт}}^{\Gamma} \cdot n_{\text{лт}}} \cdot \left(1 + \frac{t_0}{t_{\text{тз}}}\right)$$

де  $P_{\text{лт}}^{\Gamma}$  – експлуатаційна продуктивність однієї технологічної лінії, т/год;

$t_{\text{тз}}$  – тривалість зміни, год;

$t_o$  – тривалість обідньої перерви, год;

$n_{\text{лт}}$  – кількість технологічних ліній, од.

Потрібна довжина залізничного вантажного фронту  $\Sigma L_z$  залежить від корисної довжини шляху для розміщення вагонів однієї подачі, числа залізничних вантажних оперативних майданчиків та ширини проїздів, що перетинають ці шляхи. Вона розраховується за формулами:

$$\Sigma L_z = L_z \cdot N_z + 2b_{np}$$

$$L_z = \frac{A_z \cdot l_{\text{ваг}}}{0,95}$$

де  $A_z$  – кількість вагонів у подачі, од.;

$b_{np}$  – ширина проїзду, м;

$l_{\text{ваг}}$  – довжина вагона, м;

0,95 – коефіцієнт використання корисної довжини вантажних шляхів.

Технічні характеристики вагонів-хоперів для перевезення зерна представлені у таблицях 3.2 та 3.3, а технологічні норми на виконання вивантаження зерна, що перевозиться насипом, із вагонів бункерного типу – у таблицях 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики вагонів-хоперів для перевезення зерна моделей 19-7016 та 19-7016-01

| Модель                                                                | 19-7016 та 19-7016-01 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Вантажопідйомність, не більше, т                                      | 70,2                  |
| Об'єм кузова, м <sup>3</sup>                                          | 108                   |
| Маса тари, не більше, т                                               | 23,8                  |
| Розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки, кН(тс) | 230,5 (23,5)          |
| База вагона, мм                                                       | 10 500                |
| Довжина вагона по осям автозчеплень, мм                               | 14 720                |
| Габарит по ДОТУ Б.В.2.3.-29                                           | 1-Т                   |
| Кількість люків:                                                      | 4(5)                  |
| - завантажувальних                                                    |                       |
| - розвантажувальних                                                   | 3                     |

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики вагонів-хоперів для перевезення зерна моделей 19-7053, 19-7053-01, 19-7053-02, 19-7053-03 та 19-7053-04

| Модель                                  | 19-7053 | 19-7053-01 | 19-7053-02 | 19-7053-03 | 19-7053-04 |
|-----------------------------------------|---------|------------|------------|------------|------------|
| Вантажопідйомність, не більше, т        | 76,0    | 70,5       | 70,5       | 71         | 76,5       |
| Об'єм кузова, м <sup>3</sup>            | 116     | 116        | 116        | 124        | 124        |
| Маса тари, не більше, т                 | 24,0    | 23,5       | 23,5       | 23,0       | 23,5       |
| Розрахункове статичне навантаження      | 245,2   | 230,5      | 230,5      | 230,5      | 245,25     |
| від колісної пари на рейки, кН(тс)      | (25,0)  | (23,5)     | (23,5)     | (23,5)     | (25)       |
| База вагона, мм                         | 10 500  | 10 500     | 10 500     | 10 500     | 10 500     |
| Довжина вагона по осям автозчеплень, мм | 14 720  | 14 720     | 14 720     | 14 720     | 14 720     |
| Габарит по ДСТУ Б.В.2.3.-29             | 1-Т     | 1-Т        | 1-Т        | 1-Т        | 1-Т        |
| Кількість люків:                        |         |            |            |            |            |
| - завантажувальних                      | 5       | 5          | 5          | 5          | 5          |
| - розвантажувальних                     | 3       | 3          | 3          | 3          | 3          |

Таблиця 3.4 – Технологічні норми на виконання вивантаження зерна, що перевозиться насипом, із вагонів бункерного типу (у хвилини на один вагон)

| № | Найменування вантажу                                                                    | У приймальні бункери |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | Зернові з вагонів-зерновозів при місткості приймального бункера менше 20 м <sup>3</sup> | 12                   |
| 2 | Те саме при місткості приймального бункера більше 20 м <sup>3</sup>                     | 9                    |

Таблиця 3.5 – Технологічні норми виконання вивантаження зерна з вагонів-зерновозів на норію продуктивністю від 50 до 100 т/год (годин на один вагон)

| Найменування вантажу | Продуктивність норії, т/год |       |        |
|----------------------|-----------------------------|-------|--------|
|                      | 50–60                       | 61–80 | 81–100 |
| Зерно                | 1,45                        | 1,20  | 0,95   |

Продуктивність перевантаження зернових вантажів на одному майданчику автомобільного вантажного фронту визначається за формулою, т/доба:

$$M_{oa} = \frac{n_{зм.а} \cdot D_a \cdot t_{зм.а}}{t_{вн.а} + t_{ман.а}} \cdot 0,001$$

де  $n_{зм.а}$  – кількість змін роботи автомобільного фронту на добу;

$t_{ман.а}$  – час на маневрування автомобіля при встановленні автомобіля під навантаження (розвантаження), год;

$t_{зм.а}$  – тривалість зміни, год.

Час обробки автомобіля визначається за формулою:

$$t_{вн.а} = \frac{D_a}{P_{ла}} \left( 1 + \frac{t_o}{t_{мз}} \right)$$

де  $D_a$  – завантаження автомобіля, т;

$P_{ла}$  – експлуатаційна продуктивність однієї технологічної лінії (т/год);

$t_{мз}$  – тривалість зміни, год;

$t_o$  – тривалість обідньої перерви, год.

У рамках дослідження доцільним стало звернення до досвіду впровадження сучасних цифрових технологій у плануванні морської інфраструктури. Автоматизоване проєктування з використанням таких рішень, як AutoCAD, Autodesk Revit, Civil 3D, дозволяє не лише створити тривимірну візуалізацію розміщення елементів порту, а й моделювати логістику потоків, відстежувати навантаження на об'єкти, розраховувати інженерні комунікації. Проте на етапі попереднього генерального планування, коли важливо сформулювати кілька альтернатив для подальшого аналізу, найбільш доцільним і гнучким інструментом залишається саме AutoCAD, що і було використано при розробці схем планування вантажного району зернового терміналу в Бердянську.

Планувальне рішення, запропоноване для досліджуваного об'єкта, базується на передумові збільшення обсягів перевалки до рівня не менше 2 мільйонів тонн на рік. Враховуючи обмеженість простору припортової території, планування включає будівництво двох причалів №10 та №11 для обслуговування суден (причал №9 демонтується) і три варіанти розміщення шести вертикальних силосів, кожен з яких пов'язаний з транспортними та обслуговуючими елементами. Усі варіанти включають комплексну інфраструктуру, до якої входять вагові станції (з тензометричними вагами),

операторна з компресорною, сушарка, норійні башти, підземні транспортні галереї та надсилосні транспортні маршрути. Таке компонування дозволяє реалізувати наскрізний потік продукції без зворотних маршрутів і затримок. Продуктивність обладнання визначена згідно із запланованим збільшенням обсягів перевалки та можливостями морського вантажного фронту. Габарити обладнання визначалися за даними виробників.

Згідно плану земельної ділянки довжина причалу №10 становить 219 м, а довжина причалу №11 – 198 м.

У якості силосів для зберігання зернових вантажів було обрано силоси з пласким дном марки SBH 3208/14, які мають наступні характеристики (загальна конструкція силосу представлена на рисунку 2.6):

- діаметр 32 м;
- висота циліндричної частини 16,01 м;
- загальна висота 25,06 м;
- місткість  $17081 \text{ м}^3$  (наприклад, пшениці вміщується в даний об'єм приблизно 13,5 тис.тонн).

Проектуючи систему проїздів і проходів між технологічними об'єктами, було дотримано технологічних норм проектування згідно з чинною нормативною базою. Ширина основних магістралей становить не менше 6 метрів для одностороннього руху вантажних автомобілів і 8 метрів для двостороннього. Радіуси повороту враховано з урахуванням параметрів типових зерновозів та портових автопоїздів. Резервні зони відведено під перспективне розширення складів та резервних силосів, передбачено зони для охоронної інфраструктури, засобів пожежогасіння та контролю доступу.

У контексті практичної реалізації планувального рішення доцільним є наведення кількох альтернативних схем просторової організації вантажного району, які дозволяють врахувати різні обмеження реального проєктування.

Саме тому в наступному розділі представлено три варіанти розроблених рішень розміщення інфраструктури перевантаження зернових вантажів на території Бердянського порту, кожен з яких має свої особливості та переваги з

точки зору функціональності, економічності та можливості масштабування (див. рис. 3.3...3.5, умовні позначення на рис. 3.6).

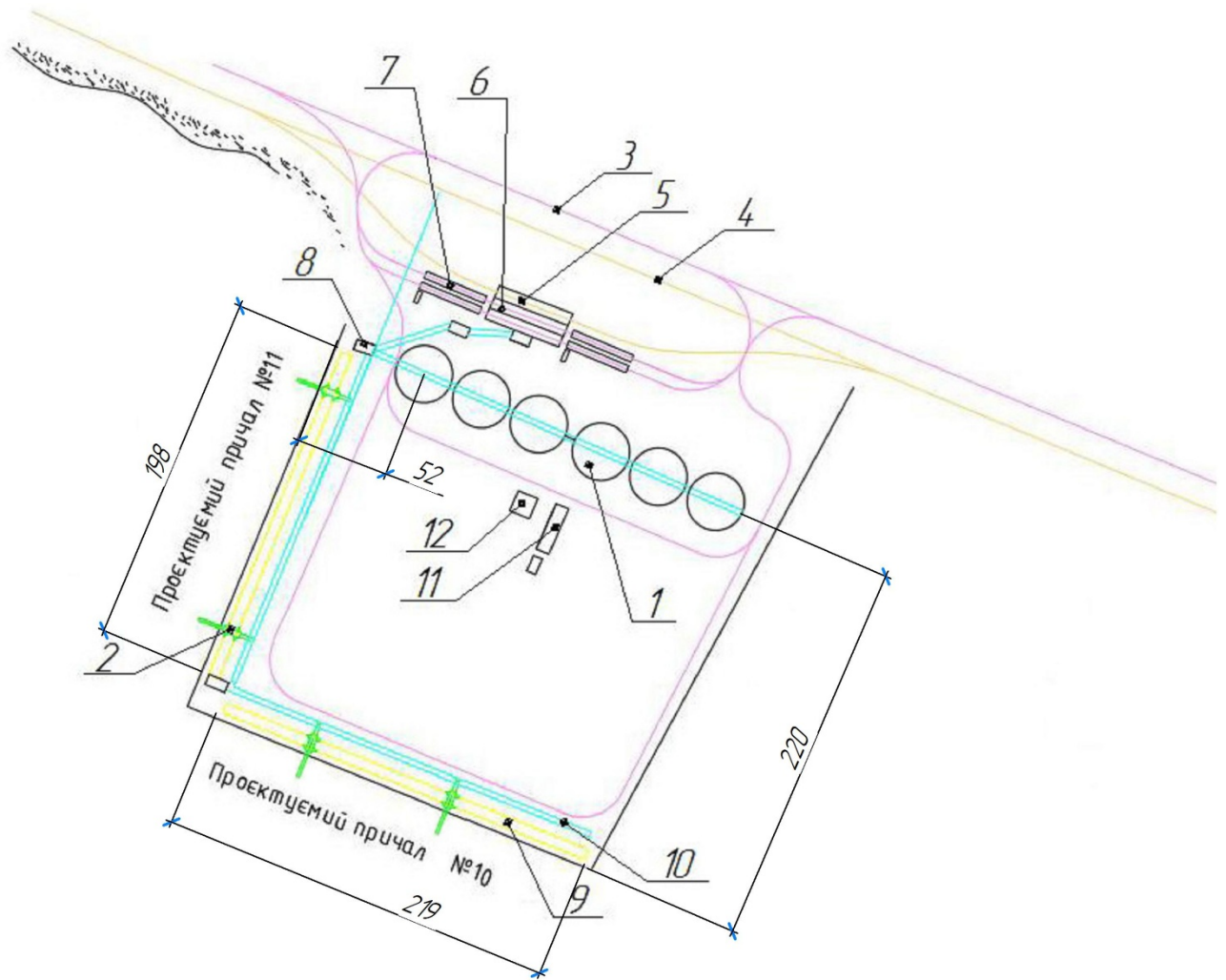


Рисунок 3.3 – Варіант 1 просторової організації вантажного району порту для обробки зернових вантажів

Експлікація будівель та споруд: 1 – Силос; 2 - СЗМ; 3 - Вісь дороги для автотранспорту; 4 - Вісь залізничної колії; 5 - Станція завантаження/розвантаження вагонів; 6 - Станція завантаження/розвантаження автомобілів; 7 - Ваги автомобільні; 8 - Норійна башта; 9 - Колія для пересування СЗМ; 10 - Транспортна галерея; 11 - Господарсько-побутова будівля з центральним пунктом управління, трансформаторною підстанцією та розподільчим пунктом; 12 - Сушарка газова.



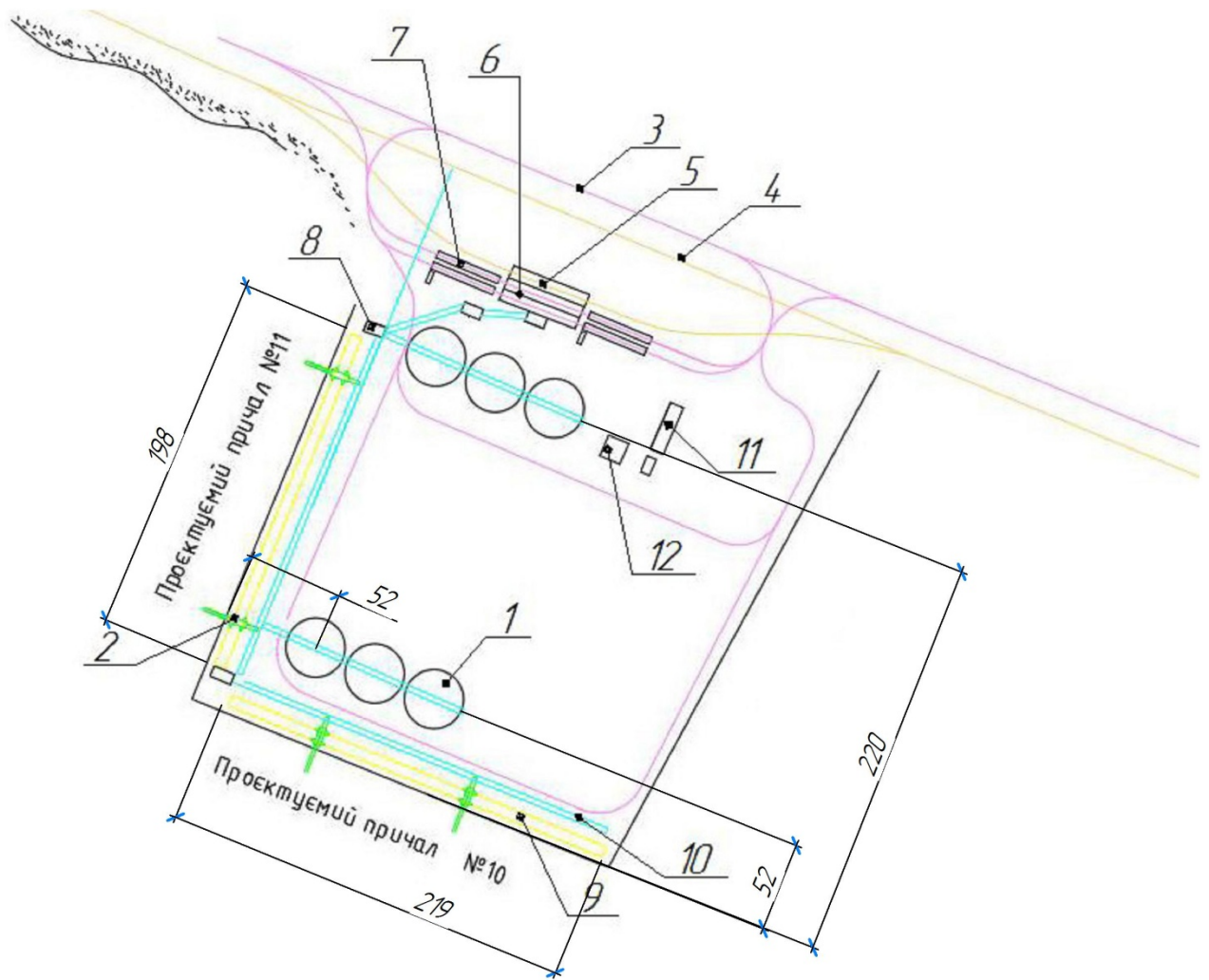


Рисунок 3.4 – Варіант 2 просторової організації вантажного району порту для обробки зернових вантажів

Експлікація будівель та споруд: 1 – Силос; 2 - СЗМ; 3 - Вісь дороги для автотранспорту; 4 - Вісь залізничної колії; 5 - Станція завантаження/розвантаження вагонів; 6 - Станція завантаження/розвантаження автомобілів; 7 - Ваги автомобільні; 8 - Норійна башта; 9 - Колія для пересування СЗМ; 10 - Транспортна галерея; 11 - Господарсько-побутова будівля з центральним пунктом управління, трансформаторною підстанцією та розподільчим пунктом; 12 - Сушарка газова.

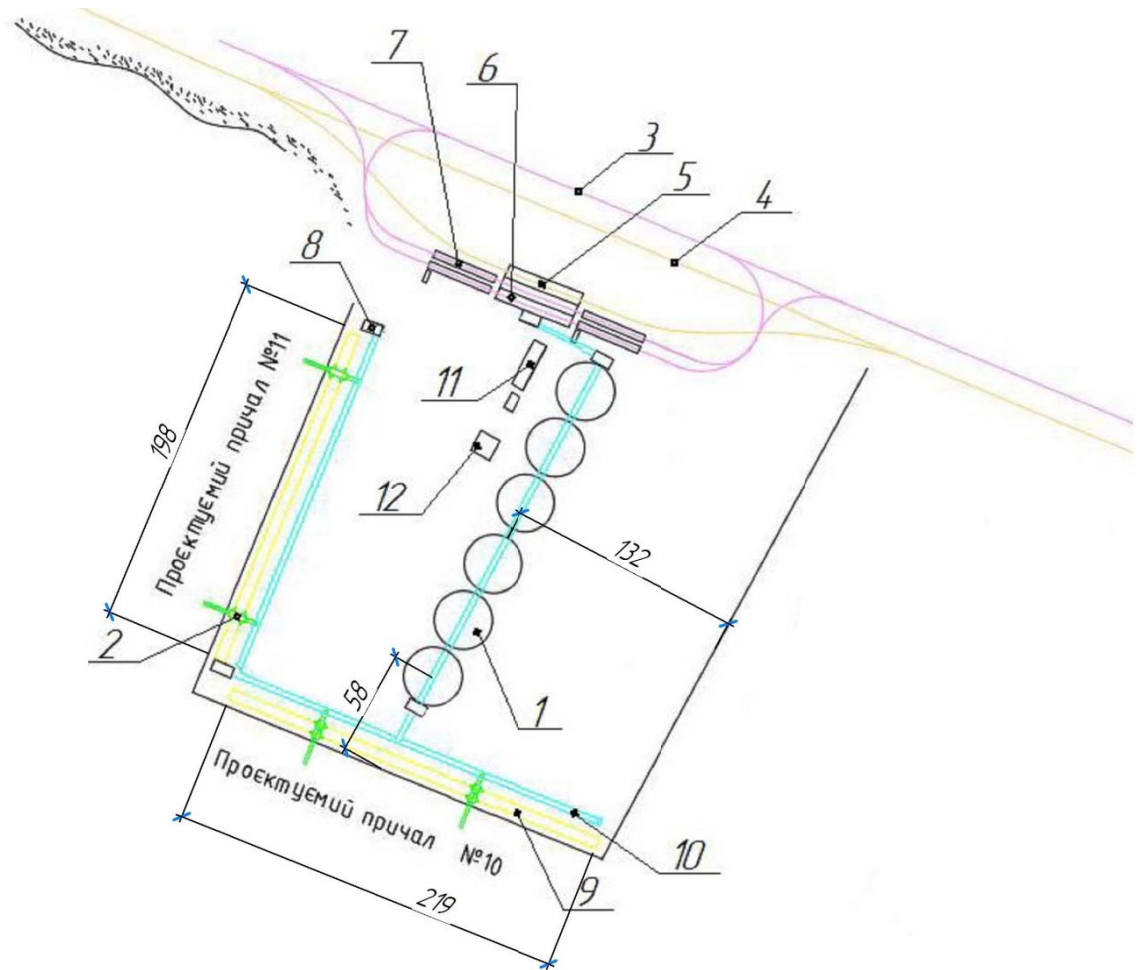


Рисунок 3.5 – Варіант 3 просторової організації вантажного району порту для обробки зернових вантажів

Експлікація будівель та споруд: 1 – Силос; 2 - СЗМ; 3 - Вісь дороги для автотранспорту; 4 - Вісь залізничної колії; 5 - Станція завантаження/розвантаження вагонів; 6 - Станція завантаження/розвантаження автомобілів; 7 - Ваги автомобільні; 8 - Норійна башта; 9 - Колія для пересування СЗМ; 10 - Транспортна галерея; 11 - Господарсько-побутова будівля з центральним пунктом управління, трансформаторною підстанцією та розподільчим пунктом; 12 - Сушарка газова.

Умовні позначення:

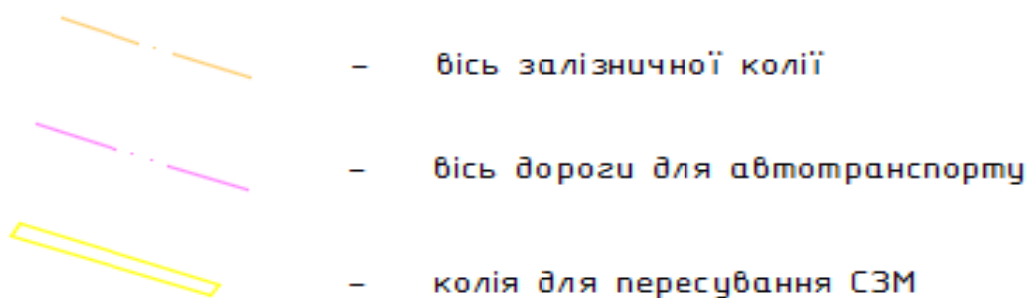


Рисунок 3.6 – Умовні позначення до рисунків 3.3...3.5

### **3.3 Вибір найраціональнішого рішення на основі порівняння варіантів планування.**

Порівняльний аналіз трьох варіантів планування вантажного району для перевалки зернових вантажів, наведених у кресленнях, дозволяє оцінити раціональність розміщення функціональних елементів — силосів, причалів, транспортних маршрутів і допоміжної інфраструктури — з точки зору технологічної ефективності, логістичної простоти та можливості масштабування в умовах обмеженої площі території порту.

1. Перший варіант розміщення передбачає компактне групування всіх шести силосів у центральній частині промислової ділянки, паралельно до основної осі причалу №10. Така конфігурація є технологічно сильною з точки зору зручного доступу до всіх точок завантаження та розвантаження залізничного та автомобільного фронтів, що сприяє зменшенню довжини транспортних галерей і прискорює загальний потік обробки зерна. Всі силоси розташовані в одну лінію, що оптимізує норійні й надсилосні маршрути, дозволяє легко об'єднати їх в єдиний логістичний ланцюг. Проте, недоліком цього варіанту є висока щільність забудови в одній зоні — це потенційно зменшує маневровість транспорту, особливо великовантажного, і може створювати локальні затори при інтенсивному трафіку.

2. Другий варіант планування характеризується рівномірним розподілом силосів у два кластерні ряди, частково зміщені відносно основної осі. Такий підхід дозволяє досягти кращого зонування території — окремі маршрути транспорту можна розвести для обслуговування різних груп силосів, що знижує ймовірність перетину потоків і конфліктів на проїздах. Водночас, поділ на два кластери потребує подвоєння певного технологічного обладнання — наприклад, окремих норій або конвеєрних ліній — що може збільшити вартість реалізації проєкту. Крім того, віддаленість деяких силосів від причалів та залізничного фронту може призвести до збільшення часу та витрат на перевалку.

3. Третій варіант вирізняється розташуванням усіх силосів у лінійному порядку вздовж осі, перпендикулярної до причалу №10. Це рішення забезпечує максимально просту логістику при напрямку потоку від внутрішнього складування до причального фронту — зерно, проходячи через вертикальну обробку, рухається чітко в одному напрямку. Такий формат дозволяє ефективно реалізувати автоматизовану систему перевалки з мінімальною кількістю розгалужень. Але недоліком тут є відносно велика площа, яку займає така лінійна конфігурація, що створює потенційні труднощі для подальшого розширення або встановлення додаткових об'єктів. Також, ізоляція частини інфраструктури по довгій осі ускладнює забезпечення рівномірного обслуговування всіх ділянок.

### **Висновок до розділу 3**

Узагальнюючи переваги та недоліки кожного з варіантів планування вантажного району, варіант 1 є найбільш оптимальним з огляду на раціональне розміщення елементів інфраструктури, мінімізацію перетинів транспортних потоків і ефективну логістику зернових вантажів:

- Силоси (1) розміщені в один ряд паралельно до проектного причалу №10. Це забезпечує компактність і простоту з'єднання з норійною баштою (8) та транспортною галереєю (10), що мінімізує довжину внутрішніх маршрутів подачі зерна.
- Суднозавантажувальні машини (2) мають власну колію для пересування (9) вздовж периметра перевантажувального району. Це дозволяє безперешкодно забезпечувати завантаження з причалів у зону зберігання та навпаки, не створюючи конфліктів з іншими потоками.
- Чітке розділення осей руху автотранспорту (3) та залізничної колії (4) унеможливорює перетин маршрутів. Це підвищує безпеку й ефективність одночасного завантаження/розвантаження зерна як на вагони, так і на вантажні автомобілі.

- Станції завантаження/розвантаження вагонів (5) та автомобілів (6) розташовані біля силосів, що дає можливість швидко передавати зерно без тривалого транспортування всередині комплексу.
- Автомобільні ваги (7) розташовані на вході до комплексу, що дозволяє одразу здійснювати контроль за обсягами вантажу до і після перевалки.
- Господарсько-побутовий блок (11) із пунктом управління та енергетичними вузлами знаходиться в центрі – це спрощує моніторинг та обслуговування всього об'єкта.
- Газова сушарка (12) розміщена неподалік від силосів, що дозволяє одразу здійснювати підсушування зерна перед зберіганням без зайвого транспортування.

Отже, усі ключові елементи працюють як єдиний узгоджений ланцюг, що скорочує час на обробку вантажу, мінімізує ризики перетину потоків і оптимізує витрати на обслуговування та енергетику.

## **РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ У ПОРТАХ**

### **4.1. Значення охорони праці під час переробки зернових вантажів у портах**

Переробка зернових вантажів у портах — це складний багаторівневий технологічний процес, який включає транспортування, перевалку, зберігання, навантаження та розвантаження зернових культур. Ці операції здійснюються із залученням значної кількості працівників, механізованих засобів, вантажопідйомного обладнання та автоматизованих систем, що створює підвищений рівень виробничих ризиків. У зв'язку з цим питання техніки безпеки є ключовими як у сфері виробництва, так і в контексті законодавчого регулювання охорони праці.

Зернові вантажі належать до сипучих вантажів, що мають специфічні властивості — зокрема, високу пиловатість, здатність до самозігрівання і, в окремих випадках, самозаймання. Крім того, при порушенні режимів зберігання або перевалки утворюються біологічні та хімічні шкідливі речовини (наприклад, мікотоксини або вільні аміни), які є токсичними для працівників [1].

Зерновий пил, що утворюється під час перевалки, має високу вибухонебезпечність. У відповідності до класифікації вибухонебезпечних середовищ, пил від обробки зерна належить до категорії St1–St2, що передбачає високу енергію вибуху навіть при незначних концентраціях у повітрі (від 40 г/м<sup>3</sup>) [2].

Враховуючи це, техніка безпеки в умовах портового господарства повинна охоплювати всі етапи взаємодії персоналу із зерновими вантажами — від моменту прибуття продукції до її остаточного вивантаження або експорту.

Дотримання вимог охорони праці у портах забезпечує не лише фізичну безпеку працівників, а й зменшує кількість технологічних простоїв, запобігає пошкодженню обладнання та втраті вантажу.

Найчастішими випадками виробничого травматизму в портовій галузі є падіння з висоти, ураження електричним струмом, механічні травми від

вантажопідіймального обладнання, а також отруєння токсичними або біологічно активними речовинами. Досвід провідних країн світу свідчить, що впровадження системи управління охороною праці, дозволяє зменшити ці показники у кілька разів.

Крім того, техніка безпеки у процесі роботи з зерновими вантажами вимагає чіткого розподілу обов'язків між працівниками, що входять до складу технологічного ланцюга. Повинна існувати документація, яка фіксує відповідальних осіб, проходження ними інструктажів, результати медичних оглядів і наявність засобів індивідуального захисту. Також важливо забезпечити оперативний зв'язок між учасниками технологічного процесу, включаючи можливість аварійного сповіщення про небезпеку.

Ще одним аспектом значення охорони праці є формування у працівників правильної мотивації. Це можливо лише за умови комплексного підходу — поєднання адміністративного контролю, навчання, заохочення за дотримання вимог безпеки, а також невідворотності відповідальності за порушення норм. Тільки так можна досягти реального зниження виробничих ризиків і формування культури безпечної праці в умовах інтенсивної експлуатації портових потужностей.

#### **4.1.1. Типові професійні ризики**

##### **1. Механічні травми:**

- Падіння з висоти (при обслуговуванні елеваторів, кранів);
- Потрапляння в рухомі частини обладнання (транспортери, шнеки);
- Пошкодження під час навантаження/вивантаження.

##### **2. Вплив зернового пилу:**

- Викликає захворювання дихальних шляхів (алергії, бронхіти, пневмоконіози);
- Небезпека вибуху при високій концентрації у повітрі.

##### **3. Фізичні навантаження:**

- Робота в незручних позах, з важкими вантажами;

- Тривале стояння, монотонна діяльність.

#### 4. Шум і вібрація:

- Довготривале перебування біля транспортерів, моторів, вентиляторів може викликати зниження слуху, роздратування.

#### 5. Психоемоційні ризики:

- Робота в стресових умовах (перевантаження, відповідальність за безпеку, ризик вибухів, пожеж).

#### 6. Вплив хімічних речовин:

- При обробці зерна пестицидами, фумігантами — ризик отруєння (наприклад, фосфіном).

### **4.1.2. Нормативно-правове регулювання охорони праці**

Основними документами, які регламентують питання безпеки праці в Україні, є:

1. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII — встановлює загальні засади охорони праці на підприємствах усіх форм власності [3].
2. Кодекс законів про працю України, розділ X — містить норми щодо безпечних умов праці, обов'язків роботодавця та прав працівника [4].
3. НПАОП 77.0-1.01-12 — Правила безпеки у морських і річкових портах — спеціалізований галузевий норматив, що регулює безпечну експлуатацію вантажних механізмів, зон розвантаження, зернових ємностей та вентиляції [5].

ДСТУ ISO 45001:2019 — Системи управління охороною праці та безпекою здоров'я — міжнародний стандарт, що впроваджується на підприємствах з високим ризиком, зокрема портових [6].

Міжнародні стандарти:

- ILO Convention No. 155 (1981) — Безпека, здоров'я та виробниче середовище;
- ISO 45001:2018 — Система управління охороною праці;



- FAO Guide on Safe Grain Handling (2019) [7].

#### **4.1.3. Інструктажі з охорони праці**

Інструктажі обов'язкові для всіх працівників, які виконують роботи в зоні перевалки зерна. Розрізняють:

- Вступний інструктаж — при прийомі на роботу;
- Первинний інструктаж — безпосередньо на робочому місці;
- Повторний інструктаж — кожні 6 місяців;
- Позаплановий інструктаж — при зміні технології, аварії, перевірці;
- Цільовий інструктаж — при виконанні разових чи небезпечних робіт.

Кожен інструктаж реєструється у журналі та підписується працівником і відповідальною особою.

#### **4.1.4. Періодичні медичні огляди**

Медичні огляди передбачені для запобігання професійним захворюванням і допускають до роботи тільки здорових працівників.

- Попередній медогляд — до прийому на роботу;
- Періодичний огляд — раз на рік або частіше для осіб, які мають контакт із шкідливими речовинами або працюють у шкідливих умовах (пил, шум, хімікати);
- Позачерговий огляд — за направленням лікаря, роботодавця або Держпраці.

Працівники, які мають ознаки захворювань, зобов'язані тимчасово бути відстороненими від роботи до повного одужання.

#### **4.1.5. Економічні наслідки і мотивація роботодавця**

Порушення вимог безпеки на портових підприємствах часто призводить до зупинок роботи, травм, компенсацій, штрафів. За даними Міжнародної організації праці (МОП), економічні втрати від нещасних випадків у виробничому секторі становлять 4% ВВП країн [8]. Водночас впровадження

стандартів охорони праці дозволяє знизити виробничі втрати на 20–30%, за даними дослідження [9].

Тому багато українських перевалочних терміналів сьогодні впроваджують внутрішні політики «Нульової травматизації» (Zero Harm Policy), базуючись на принципах ISO 45001.

## **4.2. Основні джерела небезпеки при роботі з зерновими вантажами**

Під час переробки, транспортування й зберігання зернових вантажів у портах працівники стикаються з широким спектром небезпек. Ці небезпеки можна класифікувати за характером дії, джерелом походження, ступенем ризику та ймовірністю реалізації. Ретельне знання та ідентифікація цих чинників є основою для впровадження ефективних заходів техніки безпеки.

### **4.2.1. Фізичні небезпеки**

#### **1. Пил.**

Зерновий пил є одним із найнебезпечніших факторів, притаманних зерновим терміналам. Він утворюється при механічній обробці, завантаженні або вивантаженні зерна, особливо під час транспортування стрічковими конвеєрами, норіями, пневмотранспортом.

Загрози від пилу:

- Пиловий вибух: Згідно з дослідженнями [1], критична концентрація зернового пилу в повітрі становить близько 40–60 г/м<sup>3</sup>, за якої навіть невелика іскра може спричинити вибух. Приклади подібних інцидентів фіксувалися в Україні (Миколаїв, 2018 р.) та за кордоном (Польща, порт Гданськ, 2015 р.).
- Хронічні захворювання органів дихання: Постійне вдихання пилу викликає алергії, хронічний бронхіт, пневмокніоз [2].
- Порушення видимості на робочому місці, що підвищує ризик травматизму.

#### **2. Механічні пошкодження.**

Під час роботи з рухомими частинами обладнання (шнеки, ланцюгові транспортери, елеватори) існує високий ризик:

- травмування кінцівок;
- падіння з висоти (при обслуговуванні зерноскладищ);
- защемлення чи притискання підйомними механізмами.

### 3. Шум і вібрація.

Рівень шуму в районі силосних башт або норій може перевищувати 85 дБ, що є гранично допустимим значенням згідно з ДСН 3.3.6.037-99 [3]. Тривалий вплив сприяє втраті слуху та підвищенню стомлюваності працівника.

#### 4.2.2. Хімічні небезпеки.

- Мікотоксини — вторинні метаболіти грибів роду *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, що розвиваються в умовах підвищеної вологості зерна. Потрапляючи в організм через органи дихання або шкіру, вони викликають серйозні отруєння та мають канцерогенний ефект [4].
- Газові випари: При біологічному розкладанні зерна (особливо в силосах без вентиляції) можуть утворюватись аміак, вуглекислий газ, сірководень, які у великих концентраціях є токсичними або навіть летальними. Смертельні випадки при вході в закриті зернові ємності зафіксовані як в Україні, так і в США (згідно зі звітом OSHA, 2017) [5].

#### 4.2.3. Пожежо- та вибухонебезпека

Вибух зернового пилу є серйозною загрозою. При змішуванні повітря і пилу в певній концентрації виникає вибухонебезпечна атмосфера (ВНА), що класифікується згідно з ДСТУ EN 1127-1:2019 [6].

Фактори, що сприяють вибуху:

- іскри від зношеного обладнання;
- електростатичний розряд;
- відкритий вогонь;
- перегрів двигунів;

- порушення регламенту технічного обслуговування.

#### **4.2.4. Біологічні ризики**

- Збудники грибкових інфекцій (спори *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*);
- Патогенні бактерії, зокрема *Salmonella* (при порушенні умов гігієни);
- Шкідники зерна (жуки-довгоносики, кліщі), які при знищенні фумігантами виділяють токсичні речовини.
- Згідно з СанПіН 5179-90, біологічні агенти 3–4 групи патогенності мають бути враховані при організації безпечного середовища праці.

#### **4.2.5. Психофізіологічні навантаження**

- Монотонність праці;
- Робота в умовах підвищеної температури (силоси, елеватори);
- Нічні зміни, чергування;
- Сенсорне перевантаження від шуму, пилу, вібрацій.

Такі навантаження викликають підвищену тривожність, втомлюваність, агресивність і сприяють зниженню уваги, що може призвести до аварій.

### **4.3. Вимоги до засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) для працівників перевантажувальних комплексів**

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) — це невід’ємна складова системи охорони праці при роботі з зерновими вантажами в портах. Умови, в яких працюють портові робітники, вимагають комплексного підходу до вибору та застосування ЗІЗ, що мають захищати від впливу пилу, шуму, вібрацій, отруйних речовин, механічних травм та біологічних агентів.

#### **4.3.1. Загальні положення**

Відповідно до Закону України "Про охорону праці" (ст. 8), роботодавець зобов’язаний забезпечити працівників сертифікованими засобами

індивідуального захисту, які відповідають характеру виконуваних робіт, умовам праці та чинним технічним регламентам [1].

Також згідно з Наказом Міністерства соціальної політики України № 53 від 29.11.2018, затверджено Перелік ЗІЗ, обов'язкових для використання в окремих виробничих умовах. Для працівників портів, які працюють із зерновими вантажами, цей перелік має розширений характер.

#### **4.3.2. Види ЗІЗ, які використовуються в зерновій логістиці портів**

##### **1. Засоби захисту органів дихання:**

- Фільтруючі півмаски (респіратори) класу FFP2 або FFP3 — захист від органічного пилу, включаючи зерновий пил та мікотоксини.
- Протигази з комбінованими фільтрами (типу АВЕК-Р3) — у випадку контактів з газоподібними речовинами в силосах або при фумігації.

> Згідно з ДСТУ EN 149:2003, респіратори класу FFP3 затримують до 99% аерозольних часток і рекомендовані для роботи в умовах підвищеного пиловиділення [2].

##### **2. Засоби захисту органів слуху:**

- Протишумні навушники або вкладиші (беруші) — обов'язкові при роботі біля зерноочисного чи транспортного обладнання (шум більше 85 дБ).
- Використання регламентується ДСТУ EN 352-1:2017 [3].

##### **3. Засоби захисту очей і обличчя:**

- Захисні окуляри — проти пилу, дрібних частинок, біологічних агентів;
- Окуляри з герметизацією — для роботи в запилених приміщеннях (силоси, норійні башти).

##### **4. Засоби захисту рук**

- Рукавички з нейлону, нітриловим або поліуретановим покриттям — для роботи з зерновими матеріалами;
- Термостійкі або хімічно стійкі рукавички — для роботи з фумігантами або гарячим обладнанням.

##### **5. Засоби захисту тіла:**

- Спецодяг з антистатичними властивостями (особливо при роботі в зонах потенційної вибухонебезпеки);
- Одяг із пилозахисною вентиляцією — запобігає перегріву організму та зменшує пиловий контакт зі шкірою;
- Світловідбивальні елементи — для підвищення видимості працівника.

#### 6. Засоби захисту ніг:

- Захисне взуття класу S3 (EN ISO 20345:2011) — з металевим носком, антипроколювальною підошвою, антиковзким протектором;
- Водонепроникне взуття — для роботи в умовах вологи або на відкритому повітрі.

#### 7. Засоби захисту від падіння з висоти:

- Страхувальні пояси, мотузки, карабіни, каски — при обслуговуванні елеваторів, силосів, підйомників;
- Регламентується ДСТУ EN 363:2006, ДСТУ EN 361:2006.

### 4.3.3. Вимоги до ЗІЗ у вибухонебезпечних зонах

У зонах категорії 2 та 3 за класифікацією АТЕХ (пилонебезпечні) дозволяється використовувати антистатичний одяг, неіскристий інструмент, респіратори з антиелектростатичними властивостями.

ЗІЗ мають відповідати технічним регламентам щодо безпеки обладнання для використання у вибухонебезпечних середовищах — Технічний регламент №1055 від 28.12.2016 [4].

### 4.3.4. Вимоги до зберігання та обслуговування ЗІЗ

- ЗІЗ мають зберігатися в окремих, вентильованих приміщеннях;
- Проводиться щоденна перевірка стану (особливо масок, фільтрів, касок);
- Заміна фільтрів респіраторів проводиться згідно з регламентом виробника або після кожної зміни в умовах сильного запилення.

#### **4.3.5. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) у НС**

На кожному робочому місці повинні бути доступні:

- Респіратори (типу FFP2 або FFP3) — у разі витоку пилу чи хімічних речовин;
- Протипилові костюми — у зонах навантаження зерна;
- Захисні окуляри та шоломи — у разі загрози обвалу або удару;
- Вогнестійкі рукавички — під час контакту з гарячими поверхнями;
- Автономні маски або саморятівники — у разі задимлення чи нестачі кисню.

#### **4.4. Системи вентиляції, аспірації та пилопригнічення в перевантажувальних комплексах**

Ефективна система вентиляції та аспірації в перевантажувальних зернових комплексах — ключовий елемент забезпечення безпеки праці. Вона сприяє зменшенню запиленості, усуває шкідливі гази, знижує ризик вибуху, створює комфортні мікрокліматичні умови для персоналу. Розглянемо головні типи систем, вимоги до них, методи застосування та нормативне регулювання.

##### **4.4.1. Види вентиляції та їх особливості**

###### **1. Природна вентиляція.**

Це вентиляція, що виникає за рахунок різниці температур або тиску зовнішнього і внутрішнього повітря.

Переваги:

- Енергонезалежна;
- Дешева в реалізації;
- Підтримує постійний повітрообмін у відкритих складах.

Недоліки:

- Неефективна в замкнених приміщеннях;
- Неможливість контролю швидкості повітряного потоку;
- Залежність від погодних умов.

## 2. Примусова (механічна) вентиляція.

Використовує вентилятори для подачі або видалення повітря з приміщень.

Основні типи:

- Подача повітря (приточна);
- Видалення повітря (витяжна);
- Комбінована система.

> Згідно з [ДСН 3.3.6.042-99], у приміщеннях з підвищеною концентрацією пилу повітрообмін повинен становити не менше 4–6 крат/год, залежно від площі приміщення [1].

### 4.4.2. Системи аспірації

Аспірація — це локальне видалення пилу безпосередньо з місця його утворення (наприклад, у місцях пересипання зерна, на транспортерах, у розвантажувальних бункерах).

Основні компоненти аспіраційної системи:

- Повітропроводи;
- Пилоуловлювальні пристрої (циклонні, рукавні фільтри);
- Вентилятори високої потужності;
- Контрольні датчики (перепад тиску, засміченість фільтра).

Переваги застосування:

- Зниження загального фону пилу в повітрі;
- Локалізація пиловиділення;
- Зменшення навантаження на загальну вентиляцію;
- Протидія виникненню вибухонебезпечних концентрацій пилу.

Приклад: У зернових терміналах в портах Одеси та Чорноморська вже впроваджено автоматизовані аспіраційні системи з циклонно-рукавною фільтрацією повітря (дані компанії "Елеваторні системи", 2022) [2].



#### **4.4.3. Системи пилопригнічення**

Пилопригнічення — це система, що не видаляє пил, а зв'язує його в повітрі або на поверхнях за допомогою води, пари, хімічних реагентів або електростатичних заряджених полів.

Типи систем пилопригнічення:

1. Зрошення водою (розпилення через форсунки);
2. Туманоподібне зволоження;
3. Ін'єкція поверхнево-активних речовин (ПАР);
4. Електростатичне осадження.

> Вологість пилу понад 20% значно знижує його здатність до вибуху, що підтверджено експериментами Інституту безпеки праці Німеччини (IFA) [3].

#### **4.4.4. Вимоги до проектування систем**

При проектуванні систем вентиляції та аспірації необхідно враховувати:

- Потужність обладнання (подача повітря — не менше 3000 м<sup>3</sup>/год на один вузол перевантаження);
- Кількість пилоутворюючих точок;
- Вологість і температура повітря;
- Площа приміщення та кількість працівників;
- Сумарна концентрація пилу (не повинна перевищувати 4 мг/м<sup>3</sup> згідно з ГДК у виробничих умовах, ДСН 3.3.6.042-99).

#### **4.4.5. Приклади реалізації в портах України**

Порт Миколаїв: У 2020 році встановлено нову систему аспірації з сухими фільтрами німецької компанії Donaldson Torit, що дозволило знизити концентрацію пилу на 70%.

Порт Південний: Впровадження системи туманного зрошення зернорозвантажувального обладнання з автоматичним регулюванням вологості.

#### **4.5. Протипожежна безпека на зернових перевантажувальних комплексах**

Пожежна безпека — один із критично важливих аспектів при проектуванні, експлуатації та обслуговуванні перевантажувальних зернових комплексів у портах. Це зумовлено високою пожежо- та вибухонебезпекою зернового пилу, наявністю легкозаймистих матеріалів, електрообладнання, тертя в рухомих частинах механізмів тощо.

##### **4.5.1. Основні джерела пожежонебезпеки**

Згідно з результатами досліджень Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), найпоширенішими причинами виникнення пожеж на зерноперевантажувальних комплексах є [1]:

##### **1. Накопичення зернового пилу:**

- Пил має здатність до вибухопожежонебезпечності при концентрації 60–200 г/м<sup>3</sup>.
- Особливо небезпечні замкнені об'єми (бункери, силоси), де пил може створювати вибухонебезпечні хмари.

##### **2. Самозаймання зерна або органічних відходів:**

- При тривалому зберіганні без вентиляції.
- При вологості зерна понад 14% та температурі понад 30 °C розпочинається активне біологічне окислення, що виділяє тепло.

##### **3. Несправність або перенавантаження електрообладнання:**

- Іскріння, коротке замикання, нагрів проводів, використання несертифікованих електроінструментів.

##### **4. Паління, використання відкритого вогню:**

- Порушення правил безпеки персоналом, сторонні особи на території порту.

##### **5. Зовнішні фактори:**

- Блискавки (особливо небезпечні для металевих конструкцій силосів);
- Наявність ЛЗР (легкозаймистих рідин) поблизу.

##### **6. Відсутність ефективної вентиляції та пилопригнічення.**

> Зерновий пил у повітрі у концентрації 50 г/м<sup>3</sup> за наявності джерела займання може спричинити вибух з потужністю, еквівалентною 1 кг тротилу на 1 м<sup>3</sup> приміщення — дані Європейської федерації зерноперевантажувальних асоціацій (2020) [2].

#### **4.5.2. Категорії пожежонебезпеки приміщень та зон**

Згідно з ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека об'єктів", всі виробничі та складські приміщення зернових терміналів класифікуються:

- Клас А — приміщення з вибухонебезпечними середовищами (елеватори, силоси, розвантажувальні бункери);
- Клас Б — приміщення з легкозаймистими пиловими масами (очищення, сушки, аспірація);
- Клас В — допоміжні приміщення (електрощитові, технічні кімнати).

Також території портів розділяються на зони вибухонебезпечності (1 і 2 категорії) відповідно до ДСТУ EN 60079-10-2:2018.

#### **4.5.3. Класифікація вибухопожежних зон**

Згідно з ДСТУ EN 1127-1:2021 і ДСТУ 60025:2008 (аналог ІЕС 60079), територія перевантажувального комплексу поділяється на вибухонебезпечні зони:

- Зона 20: постійна наявність вибухонебезпечного середовища (внутрішність циклонів, фільтрів);
- Зона 21: часте утворення вибухонебезпечного пилу (елеватори, бункери, транспортери);
- Зона 22: ймовірність виникнення вибухового середовища є нечастою і короткочасною (навколо обладнання).

#### **4.5.4. Протипожежні заходи на перевантажувальних комплексах зерна**

##### **1. Конструктивні заходи**

- Створення протипожежних зон і бар'єрів;

- Вогнестійке облицювання стін, перекриттів;
- Установка блискавкозахисту на всіх високих спорудах (силоси, елеватори, крани);
- Протипожежні двері, вентиляція, герметичні люки.

## 2. Технічні заходи

- Системи виявлення диму і температури (датчики, тепловізори);
- Автоматичні установки пожежогасіння (спринклери, порошкові установки);
- Централізовані щити керування протипожежними системами;
- Установки для локального гасіння пилу (використовуються інертні гази).

## 3. Системи виявлення пожежі:

- Автоматичні системи виявлення диму та температури (ІП 212-141, ІП 101-03);
- Локальні системи виявлення пилових вибухів (з детекторами швидкого тискового імпульсу).

## 4. Первинні засоби пожежогасіння:

- Вогнегасники (вуглекислотні, порошкові) — не менш як один на кожні 20 м<sup>2</sup> площі;
- Пожежні щити з піском, лопатами, бочками води;
- Стаціонарні спринклерні установки у критичних приміщеннях;
- Гідранти з пожежними кранами — по периметру елеваторного блоку.

### **4.5.5. Організаційні заходи пожежної безпеки**

Інструктаж з пожежної безпеки — первинний, повторний, позаплановий та цільовий, згідно з наказом МВС № 1345 від 30.12.2014 р. [3];

Пожежні тренування — не рідше одного разу на рік;

Розробка та впровадження планів евакуації;

Призначення відповідального за пожежну безпеку об'єкта.

У разі виникнення пожежі або загоряння проводиться службове розслідування згідно з вимогами Наказу МВС № 924 від 05.12.2016 "Про

затвердження Порядку розслідування пожеж". Матеріали подаються до ДСНС та відповідних правоохоронних органів.

#### **4.5.6. Особливості дій у разі виникнення пожежі**

У випадку виявлення загоряння персонал зобов'язаний:

1. негайно повідомити чергового або керівника зміни;
2. Вивести людей з небезпечної зони згідно з планом евакуації;
3. Розпочати гасіння первинними засобами (якщо безпечно);
4. Відключити електроживлення в епіцентрі пожежі;
5. Зустріти представників ДСНС та доповісти ситуацію.

#### **4.5.7. Роль автоматизованих систем у попередженні пожеж**

На сучасних терміналах використовуються:

- Системи раннього виявлення температурних аномалій (тепловізійні датчики);
- Програмні модулі SCADA для управління вентиляцією й фільтрацією;
- Автоматичне відключення електропостачання в разі виявлення задимлення.

#### **4.5.8. Приклади інцидентів та уроки з практики**

Інцидент у порту Бейрут (2020) — вибух аміачної селітри показав важливість дотримання норм зберігання небезпечних вантажів.

Пожежа в зерновому терміналі в Одеській області (2021) — через займання зернового пилу, збитки склали понад 5 млн грн. Основна причина — відсутність пилозахисної системи.

#### **4.5.9. Законодавче регулювання пожежної безпеки**

В Україні діють такі ключові документи:

- Закон України «Про пожежну безпеку» № 3745-XII [1];
- Кодекс цивільного захисту України;

- Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2022);
- ДСТУ EN 13501-1:2019 — класифікація пожежної небезпеки матеріалів;
- ДСНС України (накази, листи роз'яснень, перевірки).

Міжнародні нормативи:

- NFPA 61: Standard for the Prevention of Fires and Dust Explosions in Agricultural and Food Processing Facilities [2];
- АТЕХ директиви ЄС (94/9/ЄС і 99/92/ЄС) — щодо обладнання у вибухонебезпечних середовищах.

#### **4.6. Дії у разі надзвичайних ситуацій: алгоритми, навчання персоналу та взаємодія з рятувальними службами**

Зерноперевантажувальні комплекси в портах — це складні інженерні системи, що функціонують у динамічному середовищі з підвищеним ризиком надзвичайних ситуацій (НС): вибухів, пожеж, обвалів конструкцій, витоків хімічних речовин, аварійних зупинок транспортерів тощо. Саме тому важливою частиною техніки безпеки є чітка підготовка персоналу до дій у разі НС, створення ефективних алгоритмів реагування та взаємодія з аварійними службами.

##### **4.6.1. Класифікація можливих надзвичайних ситуацій на зерноперевантажувальних комплексах**

Відповідно до класифікації ДСНС України [1], до потенційних НС на зерноперевантажувальних комплексах належать:

- Пожежі та вибухи — унаслідок запалювання пилу, короткого замикання, тертя;
- Техногенні аварії — зупинка транспортерів, падіння конструкцій, вихід з ладу елеваторів;
- Хімічні загрози — витік фумігантів (фосфін, магтоксин), пилових сумішей;

- Природні катаклізми — буревії, повені, зсуви, що можуть зруйнувати об'єкти інфраструктури;
- Аварії з персоналом — травмування, ураження струмом, ураження внаслідок вибуху чи обвалу.

#### **4.6.2. Алгоритми дій у разі надзвичайної ситуації**

Загальні етапи реагування:

1. Виявлення загрози — персонал повинен негайно повідомити про надзвичайну подію (використовуючи внутрішню радіозв'язкову систему або аварійний пульт).
2. Активізація аварійного протоколу — у приміщенні вмикається звукова та світлова сигналізація, персонал діє згідно з планом евакуації.
3. Локалізація загрози — у випадку пожежі — використання вогнегасників, при витокі фумігантів — ізоляція приміщення.
4. Евакуація працівників — організовано, за схемою, з урахуванням особливостей об'єкта.
5. Інформування аварійних служб — виклик підрозділів ДСНС, поліції, медиків.
6. Забезпечення безпечного периметру — перекриття доступу, охорона об'єкта до прибуття рятувальників.

Вибір конкретних дій залежить від типу загрози:

| <b>Тип загрози</b> | <b>Першочергові дії працівників</b>                        |
|--------------------|------------------------------------------------------------|
| Пожежа             | Використати вогнегасник, вимкнути живлення, евакуюватися   |
| Вибух              | Заховатися за захисними бар'єрами, вийти з епіцентру       |
| Витік фуміганту    | Одягти ЗІЗ, покинути зону отруєння, повідомити керівництво |
| Обвал конструкцій  | Надати допомогу постраждалим, дочекатися рятувальників     |

#### **4.6.3. Навчання та інструктаж персоналу**

Регулярна підготовка працівників є основою ефективного реагування на надзвичайні ситуації. Відповідно до Наказу МОН і МВС № 721/572 від 15.06.2020 [2]:

- Інструктажі обов'язкові: первинний, повторний, позаплановий, цільовий;
- Навчання евакуації та тренування дій при НС — проводяться щонайменше 1 раз на півроку;
- Симуляційні сценарії (пожежа, витік фуміганту, вибух) — з участю ДСНС та охорони об'єкта;
- Журнали проходження інструктажів — зберігаються у відділі охорони праці.

#### **4.6.4. Співпраця з аварійними та рятувальними службами.**

##### **Документація та звітність.**

Кожен портовий зерновий термінал повинен мати укладену угоду про взаємодію з:

- ДСНС України — обслуговування об'єкта, навчання персоналу, проведення перевірок;
- Швидкою допомогою — пряма лінія зв'язку у випадках травмування;
- Поліцією та Службою охорони праці — координація під час евакуації та післяаварійного розслідування;
- Санітарно-епідеміологічною службою — у разі хімічного забруднення або отруєння.

Також обов'язкове створення аварійно-рятувальної групи на підприємстві, до якої входять старші змін, електрики, медичний працівник та представник охорони.

Документація та звітність:

- Всі дії у разі НС повинні бути задокументовані:
- Акти про НС;
- Повідомлення в державні служби;



- Внутрішні розслідування (журнали, пояснення);
- Оновлення алгоритмів та інструкцій після кожного інциденту.

#### **4.7. Охорона праці: організація безпечного середовища, відповідальність роботодавця та права працівників**

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. В умовах функціонування зернових перевантажувальних комплексів, де переважають фактори підвищеної небезпеки, реалізація вимог охорони праці є ключовою передумовою стабільної, безаварійної роботи підприємства.

##### **4.7.1. Законодавча база з охорони праці в Україні**

Правові засади охорони праці в Україні визначаються такими основними документами:

- Закон України "Про охорону праці" № 2694-XII від 14.10.1992 р. [1];
- Кодекс законів про працю України (КЗпП) — розділ XI "Охорона праці";
- Закон України "Про колективні договори і угоди" № 3356-XII від 01.07.1993 р.;
- Галузеві нормативи з охорони праці для портової сфери (накази Мінінфраструктури, Мінагрополітики).

Ці нормативи визначають обов'язки роботодавця і права працівників щодо створення безпечних умов праці, забезпечення засобами захисту, навчання, медичного обслуговування тощо.

##### **4.7.2. Обов'язки роботодавця щодо охорони праці**

Згідно зі статтею 13 Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний:

1. Створити умови праці, що відповідають вимогам безпеки, гігієни, виробничої санітарії.
2. Забезпечити працівників засобами індивідуального та колективного захисту.
3. Організувати проведення інструктажів, навчання, перевірки знань з охорони праці.
4. Вчасно проводити медичні огляди персоналу.
5. Проводити розслідування нещасних випадків на виробництві та вести відповідний облік.
6. Фінансувати заходи з охорони праці не менш як 0,5% від фонду оплати праці.

На підприємствах, що займаються перевалкою зерна, також мають бути впроваджені стандарти ISO 45001:2018 (Система управління охороною праці та безпекою здоров'я на робочому місці).

#### **4.7.3. Права працівників у сфері охорони праці**

Працівники мають право на:

1. Безпечні та нешкідливі умови праці.
2. Безоплатне забезпечення ЗІЗ та спецодягом.
3. Навчання з охорони праці за рахунок роботодавця.
4. Відмову від виконання робіт, якщо виникає загроза життю чи здоров'ю.
5. Участь у перевірях стану охорони праці на підприємстві.
6. Відшкодування шкоди у разі нещасного випадку.

Ці права захищаються державними контролюючими органами, зокрема Державною службою України з питань праці (Держпраця).

#### **4.7.4. Організація безпечного середовища на зернових комплексах**

Безпечне середовище на виробництві досягається за допомогою таких системних заходів:

1. Інженерно-технічне забезпечення:
  - Захист механізмів (огородження, аварійні зупинки);
  - Протипилові системи (аспірація, фільтри);

- Освітлення, що відповідає санітарним нормам;
  - Безпечні траси пересування працівників.
2. Контроль шкідливих виробничих факторів:
- Моніторинг шуму, температури, пилу (згідно з ГДК);
  - Вимірювання рівня освітленості, мікроклімату;
  - Періодичні технічні перевірки обладнання.
3. Колективні та індивідуальні засоби захисту:
- Примусова вентиляція;
  - Захисні бар'єри на лініях транспортування зерна;
  - Каски, навушники, респіратори, комбінезони для персоналу.
4. Медико-профілактичні заходи:
- Попередні та періодичні медичні огляди;
  - Наявність медпункту або медичного працівника на зміні;
  - Страхування працівників на випадок травми або смерті.

#### **4.7.5. Температурні режими**

Працівники перевантажувальних комплексів можуть працювати в умовах надмірного теплового чи холодового навантаження.

Нормативи температури (ДСН 3.3.6.042-99):

- Оптимальна температура у виробничих приміщеннях — 18–22 °С;
- Допустима — від 10 до 28 °С;
- При роботі на відкритому повітрі у холодну пору — не нижче -10 °С (з дотриманням режиму відпочинку та обігріву).

Засоби забезпечення:

- Обладнання обігрівуючих пунктів;
- Надання утепленого спецодягу;
- Організація регламентованих перерв для обігріву чи охолодження.

#### **4.7.6. Освітлення робочих зон**

Освітлення відіграє суттєву роль у зниженні травматизму, покращенні точності операцій та зниженні втомлюваності персоналу.

Нормативи освітлення (ДБН В.2.5-28:2018):

- Робоча зона з низькою точністю робіт — не менше 100 лк;
- Зона навантаження зерна — від 150 до 200 лк;
- Точні маніпуляції (регулювання механізмів) — 300–500 лк.

Вимоги:

- Освітлення має бути рівномірним, без сліпучих ефектів;
- Перевага — світлодіодним джерелам з нейтральною температурою світла (4000–5000 К);
- Освітлювальні прилади повинні бути пилозахищеними (IP65 і вище).

#### **4.7.7. Шум і вібрація**

Шум — один із найрозповсюдженіших негативних чинників у зерновій логістиці. Джерела: транспортери, вентилятори, двигуни, завантажувачі.

Допустимі рівні шуму (ДСН 3.3.6.037-99)

- 80 дБА — максимально допустимий рівень у зоні постійного перебування;
- 65 дБА — допустимий рівень для 8-годинного робочого дня.

Наслідки перевищення:

- Зниження слуху
- Психоемоційне виснаження;
- Порушення сну, концентрації, зростання аварійності.

Засоби захисту:

- Протишумні навушники, вкладиші;
- Шумоізоляція машин і приміщень (екрани, віброопори).

Вібрація — в основному передається через платформу або механізми. Постійний вплив може призводити до професійних хвороб (вібраційна хвороба, порушення кровообігу).

Норми (ДСТУ EN ISO 5349-1:2017):

- Вібрація не повинна перевищувати  $2.5 \text{ м/с}^2$  для кисті руки;
- Загальне тіло — не більше  $0.5 \text{ м/с}^2$  при тривалому впливі.

#### **4.7.8. Засоби моніторингу та контроль санітарно-гігієнічних умов**

Контроль здійснюється спеціалізованими службами підприємства, а також державною санітарно-епідеміологічною службою.

Методи контролю:

- Пиломіри, газоаналізатори;
- Люксметри, шумоміри;
- Психрометри, термогігрометри;
- Акт огляду умов праці, протоколи замірів.

Санітарно-гігієнічні умови праці в перевантажувальних комплексах зерна — це критичний фактор, що впливає як на безпеку персоналу, так і на стабільність самого технологічного процесу. Забезпечення нормативних параметрів щодо пилу, температури, шуму, освітлення та вентиляції дозволяє мінімізувати ризики профзахворювань, підвищити продуктивність і відповідність підприємства вимогам міжнародних стандартів.

#### **4.7.9. Аудит та контроль за дотриманням охорони праці**

Контроль за дотриманням вимог охорони праці здійснюється:

- Службою охорони праці підприємства — щоденний контроль;
- Держпрацею — планові й позапланові перевірки (згідно з Постановою КМУ № 823 від 24.05.2017 р.) [2];
- Профспілковими органами — на підставі колективних угод.

Результати перевірок фіксуються в актах, за порушення накладаються штрафи, а в разі загибелі працівника — відкриваються кримінальні провадження (відповідно до статті 271 КК України).

#### **4.8. Вплив технологічного процесу на здоров'я працівників: шкідливі фактори, профілактика, адаптація середовища**

Зернові вантажі — це не лише стратегічний товар, а й джерело потенційної небезпеки для здоров'я працівників, що зайняті на їх перевантаженні, зберіганні чи переробці в портових умовах. Технологічний процес у цій галузі передбачає інтенсивне застосування механізованих засобів, великої кількості рухомих агрегатів, транспортних систем, а також постійний контакт з органічним пилом, підвищеним шумом, вібрацією тощо.

##### **4.8.1. Основні шкідливі та небезпечні фактори виробництва**

###### **1. Пил зерновий органічного походження**

Зерновий пил, особливо під час перевалки, створює серйозну загрозу як органам дихання, так і всій імунній системі. Відомо, що:

- Розмір частинок пилу може варіюватися від 5 до 50 мкм, з чого близько 40% — респірабельні частинки, які проникають глибоко в легені [1].
- Пил містить мікрочастинки плісняви, спори грибків (*Aspergillus*, *Penicillium*), які викликають алергії, астматичні напади, грибкові захворювання (наприклад, аспергільоз) [2].

###### **2. Біологічні фактори**

Крім грибків, у зерновій масі можуть бути:

- Шкідливі мікроорганізми (бактерії гниття, токсини);
- Комахи та їхні продукти життєдіяльності (особливо в старому зерні);
- Мікотоксини — отруйні речовини, які продукуються мікроскопічними грибами. Афлатоксини, охратоксини є канцерогенами [3].

###### **3. Фізичні фактори**

- Підвищений рівень шуму (вище 85 дБ на відстані 1 м від джерела) — сприяє зниженню слуху, підвищеній втомлюваності;
- Вібрації від робочих машин — особливо небезпечні при тривалому контакті (впливають на серцево-судинну систему та опорно-руховий апарат);

- Електромагнітне випромінювання від автоматизованих систем управління;
- Температурні коливання в міжсезоння (від +35°C влітку до -15°C взимку в умовах відкритого простору).

#### 4. Хімічні чинники

- Залишки пестицидів у зерні;
- Випари дизельного палива, мастил, фарб при ремонтах техніки;
- Метанові гази, що можуть утворюватися при зберіганні в силосах, небезпечні для дихання.

#### 4.8.2. Медичні наслідки впливу небезпечних факторів

| Фактор      | Наслідки для здоров'я                          |
|-------------|------------------------------------------------|
| Пил         | Хронічний бронхіт, астма, пневмоконіоз         |
| Шум         | Погіршення слуху, головний біль, дратівливість |
| Вібрації    | Вегето-судинна дистонія, остеохондроз          |
| Мікотоксини | Онкологічні хвороби, ураження печінки          |
| Хімікати    | Отруєння, дерматити, алергії                   |

#### 4.8.3. Профілактика та захист здоров'я

##### 1. Вентиляція та очищення повітря

- Установка високопродуктивних аспіраційних систем;
- Фільтраційні бар'єри на вентиляційних шахтах;
- Локальні витяжки на місцях найбільшого пиловиділення.

##### 2. Регулярна санітарна обробка

- Пиłosосна техніка з фільтрами класу HEPA;
- Миття поверхонь, де осідає пил;
- Видалення відходів переробки після кожної зміни.

##### 3. Індивідуальні засоби захисту

- Респіратори з картриджами для захисту від органічного пилу (тип FFP3);

- Протишумні навушники або беруші;
- Спецодяг з пилозахисними властивостями;
- Окуляри з бічним захистом.

#### 4. Медичне спостереження

- Щорічні огляди з фокусом на дихальну систему, слух, алергії;
- Вакцинація (зокрема проти грипу, якщо виявлена чутливість до пилу);
- Обов'язкові флюорографії.

#### 5. Ротація працівників та режим праці

- Обмеження часу перебування в зонах підвищеного ризику;
- Перерви кожні 2 години при роботі з пилоутворенням;
- Впровадження «чистих кімнат» для відпочинку.

#### **4.8.4. Адаптація середовища праці до фізіологічних потреб людини**

У сучасній концепції безпечного виробництва ключове місце займає ергономіка — наука про адаптацію умов праці до фізіології та психіки людини. Застосування ергономічних рішень дозволяє зменшити травматизм, втому, захворювання, зберегти продуктивність:

- Робочі місця проектуються з урахуванням анатомічних норм;
- Управління механізмами — без надмірного фізичного зусилля;
- Зони контролю — у межах візуальної доступності;
- Сидячі місця обладнуються ергономічними кріслами.

У портах, де здійснюється перевалка зернових вантажів, екологічна безпека стає однією з найважливіших складових стійкої діяльності. Забруднення повітря, ґрунтів і води, а також підвищене шумове та пилове навантаження можуть мати негативний вплив як на навколишнє природне середовище, так і на здоров'я мешканців прилеглих районів. У контексті міжнародної екологічної політики і сталого розвитку, порти зобов'язані впроваджувати ефективні заходи захисту навколишнього середовища.



## **4.9. Основні джерела екологічної небезпеки при перевалці зерна**

### **1. Пилоутворення**

- Основне джерело — процеси навантаження/розвантаження, переміщення зерна по транспортерах.
- Пил переноситься вітром, осідає на поверхнях, потрапляє у воду, повітря, на рослини.
- Часто має органічне походження, може містити мікотоксини, спори грибів, рештки пестицидів.

### **2. Шумове забруднення**

- Робота перевантажувального обладнання, кранів, конвеєрів, транспортних засобів;
- Перевищення допустимих рівнів (більше 70 дБ) порушує природний баланс тварин і негативно впливає на людей.

### **3. Викиди двигунів внутрішнього згоряння**

- Автотранспорт, тепловози, дизельні навантажувачі забруднюють повітря CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, дрібнодисперсними частинками.

### **4. Промивні води та скиди**

- При очищенні зернопроводів, підлог, машин накопичуються технічні рідини, хімічні домішки, залишки зерна;
- Скидання без очищення — загроза для водних екосистем (особливо у припортових затоках).

### **5. Тверді залишки і органічні відходи**

- Оболонки зерна, пил, зіпсоване зерно, сміття — можуть розкладатися, утворюючи метан, сприяючи залученню гризунів і комах.

#### **4.9.1. Законодавчі вимоги щодо екологічної безпеки**

В Україні діють такі основні нормативні документи:

- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-XII від 25.06.1991 р. [1];
- Закон України «Про екологічну експертизу» № 45/95-ВР;

- ДБН В.2.2-12:2019 «Промислові підприємства» — розділи щодо екології;
- Накази Міндовкілля про допустимі викиди у повітря, норми ГДК тощо.

Міжнародні стандарти:

- ISO 14001:2015 — Система екологічного менеджменту;
- MARPOL Annex V — Конвенція щодо запобігання забрудненню з суден.

Порти, що сертифіковані за цими стандартами, зобов'язані проводити регулярні моніторинги, облік викидів, впроваджувати програми зменшення екологічного сліду.

#### **4.9.2. Превентивні заходи з екологічної безпеки**

##### **1. Системи пилозаглушення і локалізації**

- Закриті галереї транспортерів;
- Вакуумні аспіратори, зрошувальні системи в місцях падіння зерна;
- Тканинні фільтри, циклонні відстійники;
- Створення «зеленої зони» — насадження дерев, газонів уздовж меж перевантажувального комплексу.

##### **2. Очистка та повторне використання промивних вод**

- Побудова локальних очисних споруд (ЛОС) із механічною та біологічною очисткою;
- Використання очищеної води для технічних потреб;
- Рециркуляційні системи подачі води.

##### **3. Сортування та переробка твердих відходів**

- Організація компостування органічних решток;
- Укладення угод із підприємствами вторинної переробки;
- Створення закритих контейнерних зон для збору сміття.

##### **4. Плавна логістика і модернізація техніки**

- Переходи на електротягу, гібридні локомотиви;
- Впровадження безконтактних систем навантаження;
- Оптимізація маршрутів транспорту для скорочення часу простою.

### **4.9.3. Моніторинг та аудит стану екології**

Для забезпечення контролю впливу підприємства на природу впроваджують:

- Станції моніторингу якості повітря — на в'їзді до комплексу, у зоні навантаження;
- Сенсорні датчики шуму, рівня пилу, газових забруднень;
- Щоквартальні екологічні аудити — внутрішні й зовнішні;
- Звіти про викиди до місцевих екоінспекцій.

Деякі порти також співпрацюють із громадськими організаціями в рамках відкритої екологічної політики, публікують дані в онлайн-форматі (Open Data).

### **4.9.4. Приклади практик екобезпеки в українських портах**

1. Порт "ТІС" (Південний): впроваджено замкнене водопостачання, інноваційні фільтри, ISO 14001 [2];
2. Миколаївський порт: облаштовано захисні насадження проти пилу, модернізовані крани з низьким рівнем шуму;
3. ДП "Чорноморський порт": власна лабораторія контролю викидів.

Пожежна безпека при перевалці зернових вантажів у портах — це одна з найважливіших складових загальної системи охорони праці та безпечного функціонування об'єктів. Зернові культури — це горючі речовини, що мають властивість до самозаймання при певних умовах, зокрема при підвищенні температури, терті, накопиченні пилу, вологості. Окрім цього, в умовах портових терміналів наявні джерела відкритого вогню, електрообладнання, механізми з високим коефіцієнтом тертя — все це підвищує ризик виникнення пожежі.

### **4.10. Вимоги до електробезпеки в зернових портах**

У зернових терміналах портів електрообладнання відіграє ключову роль — воно забезпечує роботу конвеєрів, елеваторів, аспіраційних систем, автоматичних засувов, вентиляції, освітлення тощо. Водночас електрична

енергія є одним з найбільш небезпечних виробничих чинників. Невідповідність електроустановок нормам електробезпеки або порушення правил експлуатації може призвести до ураження працівників електричним струмом, пожежі або вибуху.

#### **4.10.1. Основні небезпеки, пов'язані з електрикою**

Серед ключових електричних ризиків у перевантажувальних комплексах зерна виділяють:

- Ураження електричним струмом (пряме або непряме): дотик до струмопровідних частин, які стали небезпечними внаслідок пробою ізоляції;
- Електричне дугове замикання: викликає опіки, займання пилу та конструкцій;
- Статичний заряд: особливо небезпечний при транспортуванні зерна з високим пиловиділенням;
- Перегрів проводки: викликає пожежі;
- Відсутність захисного заземлення та диференційного захисту.

#### **4.10.2. Нормативна база електробезпеки**

Організація електробезпеки в портах регулюється як українськими, так і міжнародними нормативами:

- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), НПАОП 40.1-1.32-01;
- ДСТУ ІЕС 60364 (частини 4-41, 5-54, 7-704): влаштування електроустановок у промислових приміщеннях;
- Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII;
- ДСТУ EN 60079 (серія): електрообладнання у вибухонебезпечних середовищах;
- Міжнародний стандарт ISO 50001: енергетичний менеджмент підприємств.

Ці документи визначають не лише технічні вимоги до електрообладнання, але й правила його обслуговування, порядок проведення випробувань, навчання персоналу.

#### **4.10.3. Категорії електроустановок у портах**

У портах, де обробляються зернові вантажі, електроустановки за ступенем небезпеки поділяються на:

- Електроустановки звичайного виконання (для сухих, неагресивних середовищ);
- Вибухозахищені електроустановки (Ex) — у зонах з пиловибухонебезпечними середовищами;
- Системи із захистом IP65 і вище — для захисту від пилу та вологи;
- Резервні джерела живлення (ДБЖ, дизель-генератори) — забезпечують безперебійну роботу критичних систем.

#### **4.10.4. Технічні заходи з електробезпеки**

Для забезпечення безпечного використання електроенергії в перевантажувальних комплексах зерна обов'язково впроваджуються наступні технічні рішення:

- Системи заземлення та занулення всього обладнання;
- Використання УЗО (пристроїв захисного відключення);
- Автоматичний вимикач при перенавантаженні;
- Ізоляція кабелів з термостійких матеріалів;
- Розміщення кабельних трас у металевих коробах;
- Контроль стану ізоляції (мегомметри);
- Використання низьковольтного обладнання в місцях підвищеної небезпеки.

#### **4.10.5. Організаційні заходи**

- Періодичні заміри опору заземлення (не рідше 1 разу на рік);

- Регулярна перевірка наявності напруги на корпусах обладнання;
- Інструктажі з електробезпеки: первинний, повторний, позаплановий та цільовий
- Навчання електротехнічного персоналу з присвоєнням груп допуску (I–V);
- Підтримка журналів електровимірювань та технічного обслуговування.

#### **4.10.6. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)**

- Працівники, які обслуговують електроустановки, повинні бути забезпечені:
- Діелектричними рукавичками та калошами;
- Напівмасками з захистом від пилу та парів;
- Діелектричними килимками на робочих місцях;
- Засобами для блокування електроживлення («lockout/tagout»);
- Засобами пожежогасіння (вогнегасники СО<sub>2</sub>, порошкові).

#### **4.10.7. Випадки електротравм: причини та профілактика**

Статистика електротравм у зернових портах свідчить, що більшість нещасних випадків пов'язані з:

- Роботою без допуску або інструктажу;
- Порушенням правил відключення напруги;
- Несправністю заземлення;
- Використанням несправного або кустарного інструменту.

Основний засіб профілактики — жорстке дотримання регламентів і допусків до електрообладнання лише кваліфікованих осіб.

Забезпечення електробезпеки є невід'ємною частиною загальної системи охорони праці в зернових портах. Інженерні рішення, дотримання стандартів і постійне навчання персоналу зменшують ризики ураження струмом, пожежі або вибуху, особливо в середовищах з підвищеним вмістом пилу.

#### **4.11. Засоби колективного захисту персоналу в перевантажувальних комплексах зерна**

У портах, де здійснюється перевалка та переробка зернових вантажів, значна увага приділяється не лише індивідуальному захисту працівників, а й засобам колективного захисту (ЗКЗ). Це технічні та організаційні рішення, які спрямовані на одночасний захист кількох осіб або груп працівників від дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

##### **4.11.1. Поняття та класифікація засобів колективного захисту**

Засоби колективного захисту — це технічні рішення, встановлені у виробничому середовищі, які знижують або усувають небезпечні та шкідливі фактори. Основні типи ЗКЗ у зернових терміналах:

- Засоби обмеження доступу до небезпечних зон (огорожі, блокування, замки);
- Аспіраційні та вентиляційні системи;
- Системи автоматичного пожежогасіння;
- Пристрої шумозниження;
- Системи контролю доступу та сигналізації
- Технологічна автоматика з аварійним відключенням;
- Знаки безпеки та інформаційне маркування.

##### **4.11.2. Системи аспірації та вентиляції**

Найбільш розповсюдженими засобами колективного захисту є аспіраційні системи, які видаляють пил із повітря робочої зони. Пил зерна не лише шкідливий для органів дихання, але й є вибухонебезпечним, особливо при концентраціях 40–60 г/м<sup>3</sup>.

Системи аспірації включають:

- Мережу повітропроводів від джерел пиловиділення (транспортери, пересипки);
- Вентилятори та циклони;

- Фільтрувальні блоки (рукавні фільтри, касетні установки);
- Бункери для збору пилу.

Сучасні системи вентиляції також забезпечують припливно-витяжний обмін, підтримуючи допустимі рівні температури, вологості та вмісту газів (наприклад, CO<sub>2</sub>, аміак у складі пестицидів).

Норматив: ДСТУ EN 12779:2016 «Системи видалення пилу на об'єктах аграрного призначення».

#### **4.11.3. Протипожежні засоби та системи**

У зернових терміналах діють посилені вимоги до протипожежного захисту, зокрема в вибухонебезпечних зонах. Колективний захист забезпечується шляхом впровадження:

- Автоматичних систем виявлення диму, температури або іскор (іскросигналізатори);
- Систем пожежогасіння на базі піни, водяного туману, CO<sub>2</sub> або інертного газу;
- Протипожежних клапанів у вентиляційних каналах;
- Шлюзових тамбурів із системою надлишкового тиску;
- Зовнішніх пожежних гідрантів та резервуарів з водою.

Норматив: ДБН В.2.5-56:2014, ДСТУ EN 12845:2018 – «Стаціонарні установки автоматичного пожежогасіння. Спринклери».

#### **4.11.4. Огородження небезпечних зон та блокування**

На перевантажувальних комплексах зерна до небезпечних зон відносять:

- Конвеєрні стрічки та редуктори;
- Падаючі вантажі з елеваторів;
- Отвори у підлозі або люки.
- Колективний захист тут забезпечується:
- Сталевими або полімерними огорожами та перилами;
- Фіксаторами положення люків;



- Блокуванням пуску обладнання при відкритті захисних кришок (safety interlock);
- Сигнальними лампами та звуковими попередженнями.

> Норматив: ISO 14120:2015 – «Захисні огорожі для машин. Загальні вимоги щодо конструкції та застосування».

#### **4.11.5. Автоматичне аварійне вимкнення обладнання**

В рамках промислової безпеки на терміналах зерна впроваджуються:

- Кнопки екстреної зупинки на кожному обладнанні (E-STOP);
- Системи контролю обертів, тиску, температури з функцією відключення;
- Програмовані логічні контролери (PLC), які здійснюють постійний аналіз параметрів безпеки.

Всі аварійні системи повинні бути продубльовані та виведені на централізовані пульти диспетчеризації.

#### **4.11.6. Засоби зв'язку, попередження та евакуації**

У разі аварій, пожеж, вибухів або нещасних випадків колективний захист персоналу неможливий без:

- Гучномовного зв'язку та тривожного оповіщення;
- Евакуаційного освітлення та фотолюмінесцентних покажчиків;
- Схем евакуації з позначенням аварійних виходів;
- Тренувальних евакуацій та протипожежних навчань.

> Норматив: ДСТУ ISO 23601:2019 – «Схеми евакуації. Принципи створення».

#### **4.11.7. Візуальні та інформаційні засоби безпеки**

Знаки безпеки — найпростіший і водночас обов'язковий засіб колективного захисту:

- Попереджувальні знаки: про вибухонебезпеку, рух механізмів, високовольтне обладнання;
- Заборонні: заборона входу, паління, використання відкритого вогню;

- Приписуючі: носити ЗІЗ, використовувати захисні огорожі тощо.

> Норматив: ДСТУ ISO 7010:2020 — «Графічні символи. Кольори безпеки та знаки безпеки».

Засоби колективного захисту є основою сучасної системи безпеки на зернових перевантажувальних комплексах. На відміну від індивідуального захисту, ЗКЗ діють постійно, незалежно від дій працівника. Їх ефективність залежить від рівня технічного оснащення підприємства, системності впровадження та безперервного контролю працездатності.

Системи аспірації, вентиляції, пожежогасіння, блокування доступу та аварійного вимкнення обладнання — не лише технічна вимога, а й умова збереження життя та здоров'я працівників. Їх наявність, сертифікація та регулярне обслуговування мають бути пріоритетом керівництва порту.

#### **Висновок до розділу 4**

Розглянуті в розділі аспекти техніки безпеки при перевантаженні та зберіганні зернових вантажів у портах підкреслюють важливість системного підходу до організації безпечного виробничого процесу. Враховуючи специфіку сипучих вантажів, підвищену запиленість середовища, ризики самозаймання та вибухонебезпеки, а також інтенсивний рух транспорту і вантажної техніки, безпека працівників і технологічного обладнання має першочергове значення.

Особливу увагу слід приділяти комплексній протипожежній безпеці, запобіганню вибухів зернового пилу, контролю вентиляції та температурного режиму в зонах зберігання. Окрім того, надзвичайно важливо дотримуватися вимог з охорони праці, інструктажів, наявності засобів індивідуального захисту та ефективної сигналізації. Належна технічна експлуатація механізмів, своєчасна діагностика та профілактичне обслуговування обладнання є запорукою зниження виробничих травм і аварій.

Нормативна база України, зокрема Кодекс цивільного захисту, закони України «Про охорону праці», «Про пожежну безпеку», галузеві стандарти й державні будівельні норми, повинні стати невід’ємною частиною при розробці та реалізації заходів безпеки. Використання міжнародних стандартів, таких як ISO 45001, також сприяє підвищенню рівня управління ризиками на виробництві.

Таким чином, техніка безпеки — це не лише набір приписів, а ціла система організаційних, технічних та інженерних рішень, що дозволяють забезпечити стабільне функціонування перевантажувальних комплексів, збереження життя та здоров’я персоналу та попередження надзвичайних ситуацій у портах України.

## ВИСНОВОК

У ході виконання даної роботи було досліджено ключові аспекти розвитку інфраструктури для перевезення та переробки зернових вантажів водним транспортом. Встановлено, що в умовах зростаючих вимог до ефективності, екологічної безпеки та адаптивності логістичних систем, модернізація портів та внутрішніх водних шляхів є важливим напрямом для забезпечення стабільного аграрного експорту України.

Розвиток перевантажувальних комплексів повинен відбуватися з урахуванням сучасних технологій обробки зерна, впровадження автоматизованих систем управління, а також відповідності європейським стандартам якості, безпеки та охорони праці. Просторове планування портової інфраструктури відіграє ключову роль у забезпеченні безперебійної логістики, зниженні витрат та впливу на довкілля.

Особливу увагу необхідно приділяти питанням охорони праці, техніки безпеки, санітарно-гігієнічним умовам працівників, а також екологічним аспектам перевалки зерна. Ризики, пов'язані з пилом, вібрацією, шумом, вибухонебезпечністю та токсичністю, потребують системного підходу до захисту персоналу та технологічного обладнання.

Загалом, забезпечення надійної та ефективної інфраструктури для водного транспортування і перевалки зернових вантажів є одним із пріоритетів розвитку транспортної та аграрної галузей України. Такий розвиток має базуватись на інноваціях, міжнародному досвіді, дотриманні екологічних стандартів і високому рівні безпеки виробничих процесів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

### Список використаних джерел до розділу 1:

1. Закон України «Про внутрішній водний транспорт» № 1054-IX від 03.12.2020 р.
2. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України.  
Аналітичні матеріали щодо стану портової інфраструктури. – <https://mtu.gov.ua>
3. Портал аграрної логістики Latifundist.com – Аналітика по зерновій логістиці, 2023–2024 рр.
4. “Дунай як стратегічна альтернатива” – UMDI, 2023.
5. Черняк В.В. Розвиток транспортно-логістичної інфраструктури України в умовах інтеграції до ЄС. // Вісник НУ «Львівська політехніка», 2022.
6. UNCTAD. Review of Maritime Transport, 2023 –  
<https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023>
7. Агропорт Україна – статистика та тенденції аграрного експорту через водні шляхи. – <https://agroport.ua>
8. Стратегія розвитку внутрішнього водного транспорту України до 2031 року. – Мінінфраструктури, 2021.
9. Проєкти USAID з розвитку інфраструктури Дунаю – офіційний сайт  
<https://www.usaid.gov/ukraine>

### Список використаних джерел до розділу 2.1:

1. Міністерство аграрної політики та продовольства України:  
<https://minagro.gov.ua>
2. Український клуб аграрного бізнесу (УКАБ): <https://ucab.ua>
3. FAO. Ukraine: Agricultural Livelihoods and Food Security. 2023.  
<https://www.fao.org/ukraine>
4. Адміністрація морських портів України (АМПУ): <https://www.uspa.gov.ua>
5. Державна служба статистики України: <https://www.ukrstat.gov.ua>

### Список використаних джерел до розділу 2.2

1. Офіційний сайт компанії НІБУЛОН: <https://www.nibulon.com>

2. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України:

<https://mtu.gov.ua>

### **Список використаних джерел до розділу 2.3**

1. Український портал зернових технологій Latifundist.com регулярно публікує

2. Огляди інфраструктурних проектів терміналів: <https://latifundist.com>

### **Список використаних джерел до розділу 2.4**

1. Офіційний портал НДІ «Діпромiсто» — <https://dipromisto.gov.ua>

2. ISO: <https://www.iso.org>

3. Grain Terminal Project Digest (2024): <https://agronews.ua/articles/grain-terminals-ukraine/>

### **Список використаних джерел до розділу 2.5**

1. Nibulon Digital Grain Logistics Overview (2023) — <https://nibulon.com>

2. Green Ports Initiative Report (2023) — <https://greenports.eu>

3. European Commission — Ukraine Transport Integration Strategy (2023) — <https://transport.ec.europa.eu>

4. Latifundist.com: Дунайський кластер 2023 — <https://latifundist.com>

5. Ukrainian Infrastructure Review, №2 (2024) — <https://infra.ua/review2024>

### **Список використаних джерел до розділу 3.1**

1. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру, <https://map.land.gov.ua>

2. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, <https://www.minregion.gov.ua>

3. <https://eia.menr.gov.ua>

4. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, Стратегія розвитку морських портів України, 2022.

### **Список використаних джерел до розділу 3.2**

1. ДБН В.2.2-42:2018. Будинки і споруди. Морські та річкові порти. — Київ: Мінрегіон України.

2. Закон України «Про транспорт» №232/94-ВР від 10.11.1994.

3. Закон України «Про морські порти України» №4709-VI від 17.05.2012.

4. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. Стратегія розвитку морських портів України до 2038 року. — <https://www.mininfra.gov.ua>
5. Державна служба морського та річкового транспорту України. Аналітичні матеріали про портову інфраструктуру. — <https://marad.gov.ua>
6. Гончарук В.І. Проектування зернових терміналів: теорія і практика // Морський вісник. — 2021. — №3.

**Список використаних джерел до розділу 4.1:**

1. Білоусова С. Г. Безпечна експлуатація портових терміналів. — Одеса: ОНМУ, 2019. — 214 с.
2. Eckhoff, R. K. Dust Explosions in the Process Industries, 3rd Edition, Elsevier, 2003.
3. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
4. Кодекс законів про працю України. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>
5. НПАОП 77.0-1.01-12. Правила безпеки у морських і річкових портах. — М-во інфраструктури України, 2012.
6. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
7. FAO Guide: Safe handling of agricultural commodities — <https://www.fao.org>
8. International Labour Organization (ILO). Safety and health at the heart of the future of work. 2019.
9. European Agency for Safety and Health at Work. Benefits of OSH for small and medium-sized enterprises. 2021.
10. Закон України «Про охорону праці» — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
11. FAO Guide: Safe handling of agricultural commodities — <https://www.fao.org>
12. ISO 45001:2018 — Occupational Health and Safety Management

13. ILO Convention No. 155 —

[https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_IL O\\_CODE:C155](https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_IL O_CODE:C155)

**Список використаних джерел до розділу 4.2:**

1. Eckhoff R. K. Dust Explosions in the Process Industries, Elsevier, 2003.
2. Savickas, R. Chronic Dust Exposure and Lung Disease among Grain Workers. // Occupational Health Journal, 2021.
3. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми допустимих рівнів виробничого шуму.
4. Ткаченко І. І. Мікотоксикологічна небезпека зерна: профілактика й контроль. // Ветеринарна медицина, 2020.
5. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Confined Space Hazards in Grain Storage Bins. Report, 2017.
6. ДСТУ EN 1127-1:2019. Вибухонебезпечні атмосфери — Запобігання та захист від вибуху.

**Список використаних джерел до розділу 4.3:**

1. Закон України "Про охорону праці", <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
2. ДСТУ EN 149:2003. Засоби індивідуального захисту органів дихання — Фільтруючі напівмаски для захисту від частинок.
3. ДСТУ EN 352-1:2017. Засоби захисту слуху.
4. Технічний регламент щодо обладнання і захисних систем, призначених для використання в потенційно вибухонебезпечному середовищі:  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1055-2016-п>

**Список використаних джерел до розділу 4.4:**

1. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
2. "Елеваторні системи України" — Огляд сучасних аспіраційних рішень у портах. Журнал «Технології зерна», №4, 2022.



3. Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA). Dust Control in Grain Processing. 2019.
4. Вісник ДП "УкрНДІагропроект", 2021. Стаття: «Аналіз ефективності систем пилопригнічення на українських терміналах».

**Список використаних джерел до розділу 4.5:**

1. ДСНС України. Аналітична довідка про причини пожеж у зернових комплексах (2023), <https://dsns.gov.ua/>
2. European Federation of Grain Handling Safety. Safety Guidelines for Grain Dust (2020).
3. Наказ МВС України № 1345 від 30.12.2014 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0136-15>
4. Закон України «Про пожежну безпеку» № 3745-XII — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3745-12>
5. NFPA 61 (National Fire Protection Association) — <https://www.nfpa.org/>
6. НАПБ А.01.001-2022 — <https://dsns.gov.ua/normativni-dokumenti>
7. Директиви ЄС АТЕХ — <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0034>

**Список використаних джерел до розділу 4.6:**

1. ДСНС України. Методичні рекомендації з підготовки до дій у надзвичайних ситуаціях (2022), <https://dsns.gov.ua>
2. Наказ МОН і МВС України № 721/572 від 15.06.2020 «Про затвердження порядку організації навчання з питань охорони праці»;
3. Європейська асоціація з питань промислової безпеки: «Emergency Response for Grain Terminals», 2021.

**Список використаних джерел до розділу 4.7:**

1. Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII від 14.10.1992 р. — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
2. Постанова КМУ № 823 від 24.05.2017 р. «Про порядок здійснення державного нагляду у сфері охорони праці»

3. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use.
4. ДСН 3.3.6.042-99 — «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпеки факторів виробничого середовища»
5. ДБН В.2.5-28:2018 — «Природне і штучне освітлення»
6. ДСН 3.3.6.037-99 — «Санітарні норми допустимих рівнів шуму»
7. ISO 5349-1:2017 — «Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration»
8. FAO. "Occupational Health in Grain Handling Facilities" — [www.fao.org](http://www.fao.org)

**Список використаних джерел до розділу 4.8:**

1. Наказ МОЗ України № 246 від 21.05.2007 "Про затвердження Державних санітарних норм і правил охорони праці від пилу"
2. Khalid, M. (2019). Respiratory Health Hazards of Grain Dust. Journal of Environmental Health, 81(9), 18–24.
3. WHO. (2020). Mycotoxins Fact Sheet. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>

**Список використаних джерел до розділу 4.9:**

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-XII — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
2. Офіційний сайт ТІС — <https://tis.ua/ecology/>
3. ISO 14001:2015 — Environmental management systems — Requirements with guidance for use
4. MARPOL Annex V — Prevention of Pollution by Garbage from Ships

**Список використаних джерел до розділу 4.10:**

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), НПАОП 40.1-1.32-01
2. ДСТУ ІЕС 60364 – «Електроустановки низької напруги»
3. ДСТУ EN 60079 – «Електрообладнання для вибухонебезпечних середовищ»
4. ISO 50001 – «Енергетичний менеджмент»
5. Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII від 14.10.1992
6. Посібник FAO “Electrical Safety in Agricultural Grain Facilities” (2022)

**Список використаних джерел до розділу 4.11:**

1. ДСТУ EN 12779:2016 — «Аспіраційні системи в аграрному виробництві»
2. ДСТУ EN 12845:2018 — «Автоматичне пожежогасіння»
3. ISO 14120:2015 — «Захисні огорожі для машин»
4. ДСТУ ISO 23601:2019 — «Плани евакуації»
5. ДСТУ ISO 7010:2020 — «Графічні символи. Знаки безпеки»
6. Закон України «Про охорону праці», № 2694-ХІІ
7. FAO Safety Guidelines for Grain Handling Facilities, 2022