

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет Конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
конструювання машин і обладнання
_____ проф. В.С. Ловейкін
«____» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: МАШИНОБУДІВНІ РОБОТИЗОВАНІ РІШЕННЯ ДЛЯ
ПРОЄКТУВАННЯ БІОЕТАНОЛЬНИХ ЗАВОДІВ

Спеціальність 133-Галузеве машинобудування

Гарант освітньої програми

д.т.н., проф.

Булгаков В.М.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

PhD., асистент

Стехно О.В.

Виконав

Турмій Вадим Сергійович

Київ – 2026

Додаток Д
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання

д.т.н., проф. Ловейкін В.С.

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ ” 2026р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Турмій Вадим Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133- Галузеве машинобудування

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи _____

Машинобудівні роботизовані рішення для проєктування біостанольних заводів.

затверджена наказом ректора НУБіП України від “15” квітня 2026р. № 1044 “С”

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру 28.05.2026

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Перелік питань, які потрібно розробити:

Перелік графічних документів (за потреби)

Дата видачі завдання “17” квітня 2026р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Стехно О.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Турмій В.С.

Реферат

У дипломній роботі розглянуто впровадження технології інформаційного моделювання будівель (BIM) у процес проектування біоетанольного заводу на прикладі Ланівецького підприємства. Актуальність дослідження зумовлена потребою в підвищенні ефективності проєктних робіт, зниженні витрат та мінімізації помилок при створенні складних промислових об'єктів.

У першому розділі розкрито основи BIM: його переваги, рівні деталізації (LoD), інструменти для 3D-, 4D- та 5D-моделювання, а також інтеграцію з ERP-системами.

Другий розділ присвячено цифровій трансформації в машинобудівництві, ролі інновацій у зміні процесів проєктування та взаємодії учасників.

У третьому та четвертому розділах аналізується практичне впровадження BIM у промислове проєктування: від створення інформаційної моделі цехів ферментації та подрібнення до розробки креслень, трасування трубопроводів та координації технічного обладнання. Окремо розглянуто функціонал програмного забезпечення, зокрема Autodesk Revit, Navisworks, AutoCAD Plant 3D, Solibri.

П'ятий та шостий розділи містять аналіз ефективності BIM-менеджменту, проблеми впровадження в Україні та пропозиції щодо стандартизації.

Сьомий–десятий розділи присвячені практичному моделюванню процесів дистиляції, ферментації та створенню 3D-моделей основного обладнання з урахуванням P&ID-схем.

У завершальних розділах порівнюються традиційні та BIM-підходи, описується інтеграція BIM з іншими системами та приклади організації роботи в середовищі компанії ТОВ "Інтерпроект GmbH".

Окремо виділено розділ з охорони праці, де враховано нормативні вимоги безпеки під час будівництва та експлуатації промислових об'єктів.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ							
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Турмій В. С.			Реферат				Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевірів		Стехно О. В.									4	64
Н.Контрл		Ловейкін В.С										
					НУБіП України							

ЗМІСТ

Реферат	4
Вступ	6
1. Аналіз технологій BIM	7
1.1 Загальна інформація що таке (BIM)	7
1.2 Основні переваги BIM у проектуванні	8
1.3 Рівень деталізації LOD	9
2. Цифрові технології у машинобудівництві	11
3. Можливості BIM та розвиток впровадження	12
3.1 Загальні положення BIM проектування	12
3.2 Склад проекту	13
4. Сушіння сировини	14
4.1 Опис технологічного процесу	14
4.2 Автоматизація виробничих процесів	15
5. Розрахунок конструкції ковшового вертикального конвеєра	39
6. Охорона праці	48
7. Переваги bim у порівнянні з традиційними методами та його взаємодія з іншими системами	52
8. Економічне обґрунтування проекту машино-будівництва елеваторного комплексу	59
9. Висновки	61
10. Література	63
11. Додатки	64

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Турмій В. С.			ЗМІСТ	Літ.	Арк.
Перевірив		Стехно О. В.					Акрушів
							5
							64
Н.Контрл		Ловейкін В.С			НУБіП України		

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогоднішні вимоги до проектування промислових об'єктів значно зросли. Це особливо стосується складних споруд, як-от біостанольні заводи. Під час роботи над такими об'єктами часто виникають труднощі в комунікації між різними фахівцями - інженерами, архітекторами, монтажниками. Через це зростають ризики помилок, з'являються зайві витрати часу та матеріалів. Традиційні методи вже не дають змоги ефективно координувати всі процеси, тому виникає потреба в новому підході - зокрема, у впровадженні технологій BIM. Інформаційне моделювання будівель (BIM) дозволяє вирішити ці проблеми, забезпечуючи комплексний підхід до проектування, машинобудівництва та експлуатації об'єкта.

Впровадження BIM-технологій у проектування біостанольних заводів є особливо актуальним, оскільки такі об'єкти мають складну інженерну інфраструктуру, що включає технологічні трубопроводи, резервуари, енергетичні установки та системи автоматизації. Використання BIM дозволяє створювати детальні 3D-моделі, автоматизувати перевірку колізій, покращувати координацію між спеціалістами та забезпечувати ефективне управління життєвим циклом об'єкта.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ						
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Турмій В. С.			Вступ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевірів		Стехно О. В.								6	64
								НУБіП України			
Н.Контрл		Ловейкін В. С.									

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ BIM

1.1. Загальна інформація та що таке BIM

Сучасні стандарти у сфері проєктування промислових об'єктів стають все більш суворими, особливо коли йдеться про складні комплекси, як-от біоетанольні заводи. Робота над подібними проєктами часто супроводжується труднощами у координації між різними учасниками — інженерами, архітекторами, технологами, монтажниками. Це створює ризик помилок, зумовлює затримки в реалізації та неефективне використання ресурсів. Традиційні підходи до проєктування вже не задовольняють потреб у точній координації й управлінні такими проєктами. Тому виникає необхідність впровадження нових методів, зокрема застосування технологій інформаційного моделювання будівель (BIM). Цей підхід дозволяє налагодити продуктивну взаємодію між усіма учасниками, виявляти технічні невідповідності ще на стадії проєктування, а також забезпечувати чіткий контроль над будівництвом і подальшою експлуатацією об'єкта.

Використання BIM у проєктуванні біоетанольних заводів є надзвичайно важливим, адже такі об'єкти мають складну інженерну інфраструктуру: технологічні трубопроводи, резервуари, енергетичні системи, системи автоматики тощо. Рішення BIM дають змогу створювати точні тривимірні моделі, автоматично перевіряти виявлення колізій, покращувати координацію між фахівцями та ефективно управляти життєвим циклом промислового об'єкта.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 1				Літ.	Арк.	Акрушів	
Розробив	Турмій В. С.											
Перевірів	Стехно О. В.										7	64
Н.Контрл	Ловейкін В. С.								НУБіП України			

1.2 Основні переваги BIM у проєктуванні

З розвитком методів проєктування традиційні технології поступово поступаються місцем сучасним цифровим підходам. Хоч цифровізація в багатьох аспектах вже досягла значного прогресу, можливості BIM нерідко сприймаються як надто ідеалізовані. Скептичне ставлення до заявлених переваг пояснюється тим, що ці перспективи здаються надмірно амбітними або важко виконуваними в реальних умовах. Проте варто зазначити, що BIM наразі не лише інструмент, а потужний каталізатор змін у всій галузі проєктування. Цифрове проєктування, незважаючи на його потенціал, все ж залежить від висококваліфікованих фахівців. BIM не замінює роль професіоналів, але трансформує їхній підхід до роботи.

Багато рутинних операцій автоматизуються, дозволяючи спеціалістам спрямувати свої зусилля на більш стратегічні й критично важливі завдання. У зв'язку з цим виникають нові напрямки спеціалізації, зокрема:

- BIM-менеджер – відповідає за стратегічне впровадження та управління BIM-процесами в проєктах;
- BIM-координатор – виконує функції координації моделей і контролю дотримання стандартів;
- Інформаційний менеджер – забезпечує якісне та цілісне управління даними в рамках проєкту.

Основні переваги BIM у контексті проєктування включають:

- створення 3D-моделей, що дозволяють візуалізувати просторові взаємозв'язки між елементами об'єкта;
- автоматичне виявлення колізій між інженерними системами, що знижує ризики допущення помилок;
- ефективне управління життєвим циклом об'єкта – від стадії концепції до операційної діяльності; інтеграцію з ERP-системами для узгодження фінансових показників і планування ресурсів;
- моделювання динамічних процесів для оцінки ефективності технологічних рішень; контроль енергоефективності об'єкта й аналіз його екологічного впливу.

1.3 Рівні деталізації моделей (LoD)

У BIM представлені наступним чином (рис. 1.1): **LoD 100–200** – концептуальний рівень із базовими об’ємами, загальними формами та попередніми технічними характеристиками; **LoD 300** – деталізований рівень із точними розмірами, геометрією елементів і достатністю для створення робочих креслень; **LoD 400–500** – рівень готовності для виробництва, машино-будівництва та експлуатації з урахуванням фактичного монтажу, обслуговування й технічного супроводу.

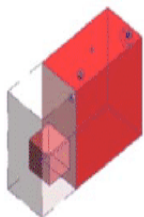
LOD 100 Conceptual	LOD 200 Approximate geometry	LOD 300 Precise geometry	LOD 400 Fabrication	LOD 500 As-built
				

Рисунок 1.1-Рівень деталізації

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						9
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Мета та завдання дослідження

Метою цієї дипломної роботи є дослідження можливостей і оцінка ефективності використання технологій інформаційного моделювання будівель (BIM) у процесі проєктування біоетанольного заводу, взявши за приклад Лановецький біоетанольний комплекс. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: вивчити основні принципи BIM та визначити його ключові переваги для проєктування промислових об'єктів; проаналізувати етапи впровадження BIM у проєктування біоетанольного заводу та визначити їх особливості; розглянути програмне забезпечення, яке застосовується для створення інформаційної моделі таких комплексів; дослідити результати використання BIM-технологій на прикладі Лановецького біоетанольного заводу. Об'єкт дослідження: процес проєктування біоетанольного заводу.

Предмет дослідження: застосування BIM-технологій для підвищення ефективності цього процесу. Наукова новизна полягає в детальному аналізі практичного впровадження BIM у сферу проєктування біоетанольних заводів, що на сьогодні залишається недостатньо дослідженим напрямком в Україні. Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для оптимізації процесів проєктування та будівництва подібних об'єктів, зниження фінансових витрат, поліпшення координації робіт та загального підвищення ефективності реалізації таких проєктів.

					01.09.KP.1044”C”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 2. ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНО-БУДІВНИЦТВІ

2.1. Машино-будівництво та цифрова трансформація

Цифрові технології значно змінюють сучасне суспільство та варіанти ведення бізнесу. Інтернет став невід'ємним елементом у багатьох професійних процесах. З розвитком смартфонів і мобільних додатків цифрова взаємодія проникла в усі сфери життя, включаючи освіту, банківські послуги, онлайн-покупки та комунікацію. Інновації, такі як Google і Wikipedia, докорінно змінили доступ до інформації, фактично замінивши традиційні енциклопедії. Інтернет-платформи на кшталт Amazon, eBay та Zalando перевели роздрібну торгівлю в цифрове середовище. Подібні процеси трансформації спостерігаються і в інших сферах: iTunes змінив музичну індустрію, а Booking.com і TripAdvisor вплинули на туристичний сектор. Ці приклади демонструють, що цифрові технології не лише спрощують доступ до продуктів і послуг, але й змінюють основи бізнесу. У сфері машино-будівництва ці зміни лише набирають обертів, а використання BIM-технологій стає одним із найперспективніших напрямків розвитку.

2.2. Роль споживача та зміни на ринку Одна з важливих особливостей цифрової трансформації — зростання впливу споживача. Тепер користувачі можуть впливати на роботу компаній через відгуки, рейтинги та публічну оцінку сервісів. Такий зворотний зв'язок стимулює покращення продуктів і послуг. Споживачі отримали інструменти, які дозволяють приймати обґрунтовані рішення та миттєво їх втілювати. Сьогодні можна придбати товар, обговорити умови співпраці чи забронювати послугу всього одним кліком. У таких умовах компанії, не готові до цифрової трансформації, втрачають конкурентоспроможність. У машино-будівництві це означає, що клієнти очікують швидких, прозорих і зручних рішень. Це формує попит на цифрові технології, серед яких BIM є найефективнішою системою для координації проектування, машино-будівництва та експлуатації об'єктів.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Турмій В. С.				РОЗДІЛ 2		Літ.	Арк.
Перевірив	Стехно О. В.							Акрушів
							11	64
Н.Контрл	Ловейкін В. С.						НУБіП України	

РОЗДІЛ 3. МОЖЛИВОСТІ BIM ТА РОЗВИТОК ЙОГО ВПРОВАДЖЕННЯ

3.1. Перехід до BIM

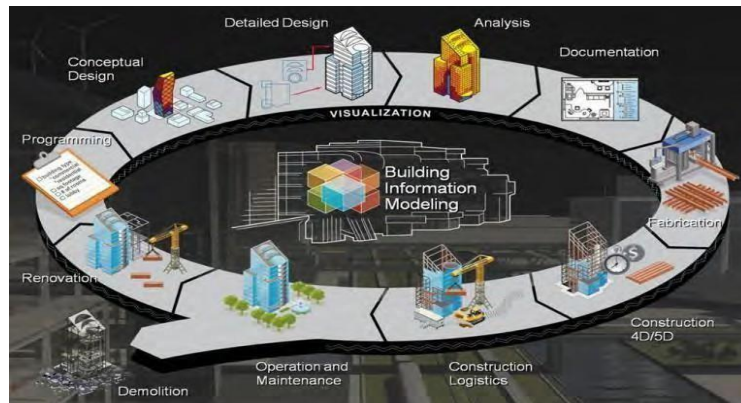


Рисунок 3.1-Життєвий цикл BIM моделі

Сьогодні більшість проєктних організацій поступово переходять від традиційного проєктування у 2D до сучасних робочих процесів, побудованих на основі BIM. Такий перехід відбувається етапами і вимагає як технологічної адаптації, так і змін у внутрішніх організаційних процесах.

Перший етап впровадження BIM зазвичай включає створення базової тривимірної (3D) моделі, яка стає візуальним і концептуальним відображенням проєкту. Ця модель допомагає глибше аналізувати просторові рішення, виявляти потенційні проблеми на ранніх етапах роботи та переконливо представляти ідеї перед замовником.

Однак справжня перевага використання BIM полягає не лише у створенні візуальних матеріалів, а у побудові інформаційної моделі, що об'єднує графічні та текстові дані. Така модель охоплює всі фази життєвого циклу машинобудівельного об'єкта: від початкових етапів проєктування до будівництва і подальшої експлуатації (рис. 2.1). Рисунок 2.1 — Життєвий цикл об'єктної BIM-моделі У процесі розвитку інформаційна модель об'єкта поступово доповнюється новими даними: конструктивними характеристиками, описом матеріалів, календарними планами виконання робіт, інформацією для експлуатації тощо.

Це дозволяє забезпечити високу точність, оптимізувати витрати й зменшити ризики на всіх етапах реалізації проєкту.

3.2. Практика застосування BIM в архітектурі.

Архітектурні студії зазвичай починають впровадження BIM із розробки навчальних чи концептуальних моделей, спрямованих на внутрішнє використання. Такі моделі застосовуються для аналізу форми, оцінки інсоляції чи створення презентаційних матеріалів. На початковому етапі такі моделі зазвичай не містять великої кількості інформаційних даних.

Архітектурні елементи здебільшого представлені лише у вигляді спрощених об'єктів, які виконують виключно функцію геометричного зображення будівлі або її частин. У багатьох випадках тривимірне моделювання спершу доповнює традиційні методи 2D-проектування. Проте зі зростанням досвіду співробітників та інтеграцією нових стандартів організації поступово переходять до повноцінного використання об'єктно-орієнтованого підходу. Це дозволяє автоматизувати створення креслень, виявляти колізії та ефективно управляти інформацією про об'єкт проектування.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Турмій В. С.				РОЗДІЛ 3		Літ.	Арк.
Перевірів	Стехно О. В.							Акрушів
							13	64
Н.Контрл	Ловейкін В. С.						НУБіП України	

РОЗДІЛ 4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ВІМ ПРОЕКТУВАННЯ

4.1 Загальні положення ВІМ проектування

Проект «Нове будівництво елеваторного комплексу продуктивністю 90 тисяч м³ одночасного зберігання із допоміжними складами та станції переливу олії за адресою: вул. Вишнівецька 35, м. Ланівці, Тернопільська область» виконаний ТОВ «Інтерпроект GmbH» на підставі завдання на проектування, виданого замовником; технічних умов на інженерне забезпечення, виданих відповідними службами; технологічних паспортів на обладнання від заводів-виробників.

Проект розроблений відповідно до вимог діючих нормативних документів:

- ДБН В.2.6-221:2021 «Конструкції силосів з гофрованою стінкою для зерна. Основні положення»;

- НПАОП 15.0-1.01-17 «Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна»;

- ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішні установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», затверджені наказом МНС України №833 від 03.12.2007 р. та іншої чинної документації.

Зерносховище призначено для приймання зернових з автомобільного та залізничного транспорту, очищення, сушіння, накопичення і зберігання сировини з подальшим відвантаженням на автомобільний та залізничний транспорт для потреби сільгосп підприємств.

						01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ		
Зм.	Кіл.	Арк.	№док	Підпис	Дата			
						РОЗДІЛ 4	Стадія	Аркуш
Розробив		Турмій В. С.						Аркушів
Перевірів		Стехно О. В.					14	64
Н.Контрл		Ловейкін В.					НУБіП України	

Запроектовано дві лінії приймання та очищення зерна потужністю 200т/год кожна.

В проекті передбачено:

- транспортне обладнання – «MONSUN» (Данія);
- зерносушарка – «MONSUN» (Данія);
- силосне обладнання – «КМЗ» (Україна);
- зерноочисне обладнання – «Оліс» (Україна) та «Buhler» (Швейцарія).

Для зважування прийнятого та відпущеного зерна передбачено встановлення двох автомобільних ваг ВТАСМ-55Б1-20 вантажопідйомністю 80т.

Для зважування прийнятого та відпущеного зерна, DDGS на залізничні вагони передбачено встановлення двох залізничних ваг на тензодатчиках вантажопідйомністю 150т з бетонними платформами.

Для накопичення і зберігання зернових проектом передбачено зерносховище з 6-ти силосів Ø27,5м з плоским днищем загальною місткістю $6 \times 14955 = 89730 \text{ м}^3$.

Контроль якості сировини, що надходить і відпускається, здійснюється лабораторією.

4.2 В складі проекту будівництва передбачено:

- Силоса зберігання зерна ємністю 14955 м^3 - поз. 1.1-1.6 по ГП;
- Силоса зберігання вологого зерна ємністю 1948 м^3 - поз. 2.1-2.8 по ГП;
- Норійна вежа - поз. 3 по ГП;
- Робоча вежа з бункерами відходів - поз. 4 по ГП;
- Приймально-відпускний пристрій зерна з автотранспорту на 2 проїзди - поз.6 по ГП;
- Приймально-відпускний пристрій зерна з залізничних вагонів - поз.7 по ГП;
- Бункер відпуску зерна на автотранспорт - поз.8 по ГП;

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- Зерносушарка - поз.9 по ГП;
- Трансформаторна підстанція №1. Електрощитова - поз.10 по ГП;
- Склад DDGS - поз.12 по ГП;
- Приймальний пристрій з автотранспорту. Електрощитова - поз.12.1 по ГП;
- Відпускний пристрій на залізничні вагони - поз.12.2 по ГП;
- Лабораторія-візирувальна з автомобільними вагами - поз.13 по ГП;
- Залізничні ваги - поз.14,15 по ГП;
- Контрольно-пропускний пункт - поз.16 по ГП;
- Підземна галерея - поз.17.1, 17.2 по ГП;
- Транспортна галерея - поз.18.1-18.8 по ГП;
- Трансформаторна підстанція №2 - поз.19 по ГП;
- Ставок випаровувач - поз.20 по ГП;
- Стоянка для легкового транспорту - поз.21 по ГП;
- Стоянка для вантажного транспорту - поз.22.1, 22.2 по ГП;
- Насосна станція протипожежного водопостачання - поз.23 по ГП;
- Пожежні резервуари - поз.24 по ГП;
- Резервуар зберігання олії ємністю 2000 м³ - поз.25.1, 25.2 по ГП;
- Резервуар зберігання олії ємністю 1000 м³ - поз.25.3 по ГП;
- Обвалування резервуарного парку - поз.25.4 по ГП;
- Насосна станція з операторською та електрощитовою - поз.26 по ГП;
- Станція зливу з авто - поз.27 по ГП;
- Сепаратор нафтопродуктів - поз.28 по ГП;
- Ставок випаровувач - поз.29 по ГП;
- Транспортна галерея - поз.30.1 по ГП.
- Насосна станція протипожежного водопостачання - поз.31 по ГП.
- Пожежні резервуари - поз.32.1, 32.3 по ГП.
- Дизель-генераторна установка - поз.33 по ГП.
- Укриття – поз.34 по ГП.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- Адміністративна будівля - поз.35 по ГП.
- Склад допоміжних матеріалів - поз.36 по ГП.
- Тепловозне депо - поз.37 по ГП.
- Трансформаторна підстанція 35/10кВ - поз.38 по ГП.
- Естакада інженерних мереж - поз.39.1-39.3 по ГП.
- Майданчик для контейнерів зі сміттям - поз.40 по ГП.
- Щит з пожежінвентарем. Ящик для піску - поз.41 по ГП.

Режим роботи зерносховища – 345 днів на рік при двозмінній роботі.

Тривалість зміни 12 годин.

4.3. Характеристика основної сировини

Елеватор призначений для приймання, очистки, сушки і зберігання кукурудзи.

Вимоги до кукурудза згідно ДСТУ 4525:2006:

- | | |
|---|-------------------|
| - Натура | - 700...820г/л |
| - Вологість | - не більше 15%; |
| - Масова частка білка, в перерахунку на суху речовину | – не менше 10,0%; |
| - Зернова домішки | - не більше 2,0%; |
| - Смітна домішка | - не більше 2,0%; |
| - Зараженість шкідниками хлібних запасів | – не допускається |
| - кут насипного ухилу | - 19...21°; |

4.4. Основні розрахункові дані

Насипна маса зернової сировини (кукурудза) – 750кг/м³. Надходження зернової сировини передбачається автотранспортом.

Всі розрахунки виконано згідно ВНТП-05-88 «Норми технологічного проектування хлібоприймальних підприємств і елеваторів».

Кількість сировини, що приймається на зберігання у силоси складає $89730 \times 0.75 = 67298$ тонн в період приймання 45 діб за рік, в 2-3 зміни, що

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

4.5 Приймальний пристрій зерна з автотранспорту

Розвантажувальний пристрій технологічної лінії приймання зернової сировини з автотранспорту, в даному випадку – дві завальні ями з приймальними бункерами, повинен забезпечити вивантаження з великовантажних автомобілів.

Необхідна продуктивність і кількість обладнання для лінії прийому з автотранспорту визначається з урахуванням коефіцієнта добової нерівномірності K_C і годинної нерівномірності надходження сировини $K_{\text{ч}}$. Коефіцієнти приймаються залежно від об'єму заготовок і тривалості розрахункового періоду заготовок. Тривалість розрахункового періоду заготовок P_p (період найбільш інтенсивного надходження зерна автотранспортом) визначається термінами уборки зернової сировини.

В нашому випадку розрахунковий період заготовок (п.2.3 ВНТП) складає $P_p = 45$ діб/рік.

Кількість зерна, що поступає від хлібоздатчиків в фізичній масі визначається за формулою (п.2.1 ВНТП):

$$A(t) = 67298 \cdot 1,07 = 72009(t); \quad (4.1)$$

де: 1,07 - коефіцієнт, який переводить зараховану масу сировини в фізичну;

3.1.3 Максимальне добове надходження зерна визначається за формулою (згідно п.2.8 ВНТП):

$$a_c = \frac{0,8 \cdot A \cdot K_C}{P_p} \text{ (т/доб.)}, \quad (4.2)$$

де: $A(t)$ – кількість зерна, що поступає за весь період заготовок;

K_C – коефіцієнт добової нерівномірності (по табл. Т-2.1 ВНТП) $K_C = 1,6$

0,8 – коефіцієнт, який враховує зміни потужності обладнання в залежності від стану зернової сировини (п.2.4 ВНТП).

$$a_c = \frac{0,8 \cdot 72009 \cdot 1,6}{45} = 2048 \text{ т/доб.} \quad (4.3)$$

Максимальне годинне надходження:

$$a_{\text{ч}} = \frac{a_c \cdot K_{\text{ч}}}{T}, \quad (4.4)$$

де: a_c – максимальне добове надходження зерна, $a_c = 2048$ т/доб.

$K_{\text{ч}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності (по табл. Т-2.2 ВНТП) $K_{\text{ч}} = 1,9$

T – розрахунковий час підвезення сировини протягом доби, $T = 24$ год.

(див. п.1.12 табл. Т-1.1 ВНТП).

$$a_{\text{ч}} = \frac{2048 \cdot 1,9}{24} = 162,2 \text{ т/год.} \quad (4.5)$$

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$a_{\text{ч}} = \frac{a_c \cdot K_{\text{ч}}}{T}, \quad (4.6)$$

де: a_c – максимальне добове надходження зерна, $a_c=2048$ т/доб.

$K_{\text{ч}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності (по табл. Т-2.2 ВНТП) $K_{\text{ч}}=1,9$

T – розрахунковий час підвезення сировини протягом доби, $T=24$ год.

(див. п. 1.12 табл. Т-1.1 ВНТП).

$$a_{\text{ч}} = \frac{2048 \cdot 1,9}{24} = 162,2 \text{ т/год.} \quad (4.7)$$

3.1.5 Необхідна кількість транспортних ліній $N_{\text{Л}}$ визначається з максимального годинного надходження зерна $a_{\text{ч}}$ і продуктивності транспортної лінії.

$$N_{\text{Л}} = \frac{a_{\text{ч}} \cdot 1,2}{Q_{\text{Л}} \cdot K_{\text{к}} \cdot K_{\text{в.з.}}}, \quad (4.8)$$

де: $a_{\text{ч}}$ – максимальне годинне надходження зерна, $a_{\text{ч}}=162,2$ т/год.;

$Q_{\text{Л}}$ (т/год.) – продуктивність лінії (по таблиці Т-5.1 ВНТП) при продуктивності транспортного обладнання і вантажопідйомності машини більше 20 т; $Q_{\text{Л}} = 200$ т/год.;

$K_{\text{к}}$ – коефіцієнт, що враховує зниження продуктивності транспортного обладнання при переміщенні культур з натурою, відмінною від пшениці (по таблиці Т-2.3 ВНТП) для зернової сировини $K_{\text{к}} = 1,0$;

$K_{\text{в.з.}}$ – коефіцієнт, що враховує зниження продуктивності обладнання при переміщенні зерна різного по вологості і засміченості (по таблиці Т-2.4 ВНТП) $K_{\text{в.з.}} = 0,8$;

$$N_{\text{Л}} = \frac{162,2 \cdot 1,2}{200 \cdot 1,0 \cdot 0,8} = 1,22 \approx 2 \text{ лінії} \quad (4.9)$$

Для приймання зерна із зерновозів влаштовується два приймальних бункера габаритами: 15х5,3; висотою 3м. Загальний об'єм – 96м³. По завантаженню зерна це становитиме:

- для кукурудзи – $96 \times 0,75 \times 0,85 = 61,2$ т;

,

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

4.6 Сушіння зернової сировини

Зернова сировина, яка поступає з автотранспорту в період заготівлі підлягає сушінню. Розрахункова кількість зернової сировини, що можуть просушити сушарки за добу визначається за формулою п.7.8 ВНТП:

$$Q_3 = Q_{3.с.п.} \cdot K_{пер} \cdot 20,5 \cdot K_d \text{ (пл.т.)}, \quad (4.10)$$

де: $Q_{3.с.п.}$ (пл.т/год.) – продуктивність сушарок згідно паспорту – 93 пл.т/год.;

$K_{пер}$ – коефіцієнт, що враховує зниження продуктивності сушарки залежно від числа партій зерна (згідно п.7.8 ВНТП), $K_{пер} = 1,0$;

K_d – коефіцієнт, що враховує зниження продуктивності при роботі із зерноскладами для елеваторів, $K_d = 1$;

20,5 – число годин роботи сушарки протягом доби.

За добу сушарка зможе просушити :

$$Q_3 = 93 \cdot 1,0 \cdot 20,5 \cdot 1,0 = 1907 \text{ т/добу}; \quad (4.11)$$

Необхідна потужність зерносушарки елеватора повинна відповідати:

$$\frac{0,75 \cdot 72009 \cdot 0,5}{45 \cdot 20,5} = 29,3 \text{ пл.т/год.} \quad (4.12)$$

де: 0,75 – відсоток надходження зерна в розрахунковий період;

0,5 – коефіцієнт переводу в умовні (планові) тони;

20,5 – число годин роботи сушарки протягом доби;

45 – розрахунковий період заготовок зерна.

Для сушіння зерна, що надходить на підприємство проектом передбачається встановлення зерносушарки «MONSUN model Dryer KT3 16-006/10» загальною продуктивністю 93 пл.т/год.

Визначаємо період сушіння зернової сировини сушаркою:

$$P_c = \frac{A}{Q_3} \text{ (діб)}; \quad (4.13)$$

де: A (т) – кількість зернової сировини, що поступає за весь період заготівлі;

Q_3 (т) – розрахункова кількість зернової сировини, що можуть просушити сушарки за добу;

$$P_c = \frac{72009}{1907} = 38 \text{ (діб)}; \quad (4.14)$$

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Приймаємо коефіцієнт добової нерівномірності зернової сировини, що поступає на сушіння (по таблиці Т-2.1 ВНТП) $K_C = 1,6$

З урахуванням коефіцієнта добової нерівномірності зернової сировини, що поступає на сушіння, період сушіння складає:

$$P_c = 38 \cdot 1,6 = 61 \text{ (доба);} \quad (4.15)$$

В період зберігання можлива досушка зерна, тоді повний період сушіння приймаємо 65 діб. В проекті встановлено сушарку MONSUN model Dryer KT3 16-006/10, яка задовольняє потребу елеватора в сушінні зернової сировини за весь період заготівлі. Згідно п.7.10 ВНТП сушарка запроектована в комплексі з накопичувальними ємкостями для вологої зернової сировини. Сушарка обслуговується силосними ємностями $\varnothing 11,0\text{м}$, об'ємом зберігання 1930м^3 (кожний).

4.7 Очистка зернової сировини

Попереднє очищення зерна від грубих і легких домішок слід передбачати для всього зерна, що надходить на підприємство.

Необхідна кількість машин і їх продуктивність для попереднього очищення зерна повинні відповідати продуктивності приймальних ліній і забезпечувати очищення зерна в потоці приймання.

Проектом передбачено для попередньої очистки на кожній з 2-х паралельних ліній приймання встановити по одному сепаратору барабанного типу ЛУЧ ЗСО-200А продуктивністю 150т/год (при первинній очистці).

Розрахунково – експлуатаційна продуктивність сепаратора тонкого очищення:

$$Q_P = Q_{\Pi} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (4.17)$$

де : Q_{Π} (т/год) – паспортна продуктивність сепаратора;

K_1 – коефіцієнт, який враховує вологість і початковий вміст сміттєвої домішки;

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

K_2 – коефіцієнт, який враховує очищення зерна других культур.

$$Q_p = 150 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 72 \text{ т/год} \quad (4.18)$$

Кількість зерна, яке підлягає очищенню після сушіння дорівнює кількості просушеного зерна = 1907 т/добу.

Кількість сепараторів для тонкого очищення просушеного зерна складає:

$$\frac{1907}{72 \cdot 20,5} = 1,3 = 2 \text{ шт.} \quad (4.19)$$

де: 1907 – кількість зерна, яке підлягає очищенню після сушіння;

72 – розрахунково – експлуатаційна продуктивність сепаратора, т/год;

20,5 – число годин роботи сепаратора, за добу.

Для здійснення кінцевої очистки проектом передбачено встановити два повітряно-ситових сепаратори TAS-206/A6.

4.8 Транспортне обладнання

Проектом передбачено встановлення двох технологічних ліній продуктивністю 200т/год., постачальником транспортного та сушильного обладнання є фірма «MONSUN».

Для технологічного переміщення зерна відповідно до технологічної схеми прийнято норії та ланцюгові транспортери продуктивністю 200т/год.

При розрахунку потужності обладнання приймаємо корисний коефіцієнт в залежності від культури: для зернових - 0.9, відповідно до «Норм технологічного проектування хлібоприймальних підприємств та елеваторів»- ВНТП-05-88.

4.9 Відходи виробництва

Відходи, що утворюються при попередньому очищенні зернової сировини, а також при сушінні транспортуються в бункера відходів. З бункерів відходи вивантажуються на автотранспорт і відправляються на реалізацію за укладеними договорами (кат. I, II) або на утилізацію (кат. III).

Згідно ВНТП-05-88 «Норми технологічного проектування хлібоприймальних підприємств і елеваторів» п.13.5 – кількість виділених

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						22

відходів від ваги обробленого зерна складає – 1,5 %.

Кількість відходів (G_1), що виділяється за добу при попередньому очищенні зерна:

$$4.20 \ G_1 = 0,008 \frac{C_1 \cdot A_n \cdot K_c}{P_p} \quad (\text{т/доб.}),$$

де: A_n (т) – кількість зерна, яке підлягає попередньому очищенню;

P_p (доб.) – розрахунковий період заготовок;

K_c – коефіцієнт добової нерівномірності;

C_1 (%) – кількість виділених відходів, приймати 1,5 % від ваги обробленого зерна.

$$4.21 \ G_1 = 0,008 \cdot \frac{1,5 \cdot 72009 \cdot 1,6}{45} = 31 \text{ т/доб.},$$

Кількість відходів (G_2), виділених за добу на зерносушарках:

$$4.22 \ G_2 = 0,00008 \frac{A \cdot p \cdot C_2}{P_p} \text{ т/доб.}$$

де: p – кількість сирого і вологого зерна від об'єму надходження за період заготовок визначається технологічними дослідженнями;

C_2 – кількість виділених відходів від ваги обробленого зерна.

$$4.23 \ G_2 = 0,00008 \cdot \frac{72009 \cdot 60 \cdot 1,0}{45} = 7,7 \text{ т/доб.}$$

Кількість відходів (G_3), виділених при очищенні зерна на повітряно – ситових сепараторах:

$$4.24 \ G_3 = 0,5 \left[\frac{A \cdot C}{100} - G_1 - G_2 \right] \text{ т/доб.},$$

де: A (т) – розрахунковий добовий об'єм очищення зерна.

$$4.25 \ G_3 = 0,5 \cdot \left[\frac{\left(\frac{72009 \cdot 0,8}{45} \right) \cdot 5}{100} - 31 - 7,7 \right] = 25,3 \text{ т/доб.}$$

4.10.Силос для зберігання зерна

Проектом передбачено встановити 6 силосів СВП.27,5.20 місткістю по 11216 тонн кожний ємкістю 14955м³. Кожен силос обладнаний системою

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

вентиляції, термометрії, вентиляторами, зачисним шнеком для вивантаження зернової сировини.

4.11 Опис технологічного процесу

Передбачено надходження зернової сировини на завод автомобільним та залізничним транспортом.

Сировина, що надходить автотранспортом, після зважування на автомобільних вагах розвантажується у приймальному пристрої на 2 проїзда. Сировина що надходить залізничним транспортом, після зважування на платформних вагонних вагах, розвантажується в завальну яму що розташована на залізничній колії.

Автомашини з зерною сировиною розвантажуються в завальні ями, обладнані приймальними бункерами поз.Б1, Б2 об'ємом $V=96\text{м}^3$. Зернова сировина що надходить залізницею розвантажується в завальну яму, обладнану приймальним бункером поз. 10.6. Далі сировина системою ланцюгових конвеєрів та норій поступає на дві лінії очищення. Для очищення від металевих домішок передбачено магнітні сепаратори у башмаку норії на кожній з 2-х приймальних ліній.

З бункерів завальних ям за допомогою ланцюгових конвеєрів продуктивністю 200т/год поз.2.1, 2.2 зернова сировина подається на конвеєри поз.2.3, 2.4, які передають її паралельними потоками на приймальні норії продуктивністю 200т/год поз.1.1, 1.2. З залізниці зернова сировина за допомогою ланцюгових конвеєрів поз.2.5, 2.6 подається на одну з приймальних ліній. З норій поз. 1.1, 1.2 сировина подається на розподільвачі потоків поз. 12.1, 12.2, а далі може направлятися на: сепаратори первинного очищення; силоса вологого зерна (чиста сировина); завантаження силосів основного зберігання зерна (чиста та суха сировина); відвантаження на автомобільний та залізничний транспорт; ланцюгові транспортери перспективної лінії поз.2.50,

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Для очищення сировини від смітних домішок передбачено на кожній лінії встановити сепаратори первинного очищення зерна барабанного типу ЛУЧ ЗСО-200А (поз.4.1, 4.2) продуктивністю до 200т/год. В барабанних сепараторах відбувається відділення крупних, дрібних і легких домішок. Зернові домішки самопливом потрапляють в бункери відходів І і ІІ категорії поз.11.2, а смітні домішки - в бункери відходів ІІІ категорії поз.11.3 з яких передбачений відпуск на автотранспорт. Для кінцевої очистки передбачено два повітряно-ситових сепаратора ТАС 206-А6 (поз. 5.1, 5.2). Зернові домішки ланцюговими транспортерами поз. 3.1, 3.2 потрапляють в бункери відходів І і ІІ категорії поз.11.3, а смітні домішки самопливами та транспортером поз.3.3 в бункери відходів ІІІ категорії поз.11.1, 11.4 з яких також передбачений відпуск на автотранспорт. Проектом передбачено обвідні лінії руху зерна (оминаючи сепаратор).

Попередньо очищене зерно направляють або на доочистку в сепаратори кінцевої очистки поз.5.1, 5.2 або за допомогою норій поз.1.3, 1.4 через розподільувач потоків поз. 12.3, 12.4 на силоси оперативного зберігання зерна поз.7.1-7.8 з подальшою передачею на сушарку. Очищена сировина, яка не потребує сушіння, направляється в силоси основного зберігання зерна, або на відвантаження, також передбачено маршрут на перспективну лінію розвитку.

Оперативні силоси для вологого зерна поз. 7.1-7.8 місткістю 1930м³ обладнані системою активного вентилявання і термометрією. З силосів вологе зерно конвеєрами поз.2.12-2.14, 2.20-2.23 подається на завантажувальну норію зерносушарки поз. 1.5. Для сушіння в проекті передбачено зерносушарку MONSUN model Dryer KT3 16-006/10 продуктивністю 93 пл.т/год. (при сушці кукурудзи від 28 до 14%) поз. 6.1. Передбачена можливість повернення сировини на досушування. Вивантаження сушарки здійснюється конвеєром поз.2.26 через ваги поз.17.1. Сухе зерно подається на норії поз.1.3, 1.6 та за допомогою ланцюгових конвеєрів поз.2.28-2.31, 2.36-2.39 подається в силоса основного зберігання сухого зерна, або транспортерами поз. 2.43-2.46 на відвантаження на авто та з/д транспорт, також з норії поз.1.3 передбачено

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк. 25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

маршрут на перспективну лінію розвитку.

Завантаження силосних ємкостей поз.9.1-9.6 (8шт.) місткістю 14955м³ здійснюється за допомогою ланцюгових конвеєрів поз.2.28-2.31, 2.36-2.39. Вивантаження силосних ємкостей відбувається за допомогою ланцюгових конвеєрів поз.2.32-2.34, 2.40-2.42 та норій поз.1.8, 1.9. З норій поз.1.8, 1.9 зерно направляють на повторне завантаження у силоси зберігання (пересипка), або за допомогою ланцюгового конвеєра поз.2.35 перенаправляють у робочу вежу на доочистку або відвантаження на авто та з/д транспорт. На доочистці встановлено сепаратори TAS 206-A6 (поз. 5.1, 5.2). В сепараторах відділяється легка домішка і дроблене зерно, які утворилися при сушінні та транспортуванні. Відходи і дроблене зерно накопичуються у відповідних бункерах, з яких передбачений відпуск на автотransпорт. Після доочистки зерно подається на ланцюгові конвеєри поз.2.43-2.46 або повертається на зберігання у силоси.

З ланцюгових конвеєрів поз.2.43-2.46 зерно направляється на:

- на завантаження бункеру місткістю 180м³ для відвантаження на залізничний транспорт поз 10.5 (перспектива);
- бункери відпуску зерна на автотransпорт поз.10.3, 10.4.

Кожна силосна ємність поз.7.1-7.8 (місткістю 1930м³), поз.9.1-9.6 (місткістю 14955м³) обладнана датчиками верхнього і нижнього рівня, системою автоматичного вимірювання і контролю температури для реєстрації підвищення температури продукту, стаціонарними вентиляторами для аерації. Вентилятори використовуються окремо для кожної силосної ємності. Аераційна система може бути автоматично приведена в дію у разі підвищення температури зерна в силосній ємності.

Фундамент і цокольна частини силосної ємності поз.9.1-9.6 виконана з вбудованими в нього вентиляційними каналами і тунелем для установки і обслуговування нижнього конвеєра. Вивантаження сировини відбувається через вивантажувальні отвори з дистанційно-керованими засувками. Вивантаження залишкового осипу сировини відбувається зачисними гвинтовими конвеєрами, що входять в комплект силосів.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						26

4.12 Автоматизація виробничих процесів

Зерносховище обладнано повнокомплектною комплексною системою комп'ютерного контролю і управління всіма операціями з одного комп'ютера, розташованого в операторській. Система контролю і експлуатації відображатиметься на моніторі у вигляді декількох зображень, так, щоб сховище було краще розташовано на екрані.

4.13 Аспірація обладнання

Відділення пилу відбуватиметься за допомогою аспіраційного обладнання.

В робочій вежі елеватора встановлено сепаратори у комплекті з аспіраційним обладнанням (циклони з шлюзовими затворами, вентилятори) див. табл.1.

Ефективність машин, для очищення пилу, складає 98-99%. Відокремлений пил відводиться в бункер відходів. Вихлопні труби аспіраційних мереж виведені на 2м вище покрівлі.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) пилу рослинного та тваринного походження у повітрі робочої зони виробничих та складських приміщень слід приймати за таблицею наказу № 1596 від 14.07.2020 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони».

ГДК пилу в повітрі робочої зони - 4мг/м³

Вміст домішок двоокису кремнію (SiO₂):

Таблиця 2

SiO ₂	%	ГДК, мг/м ³
У куряві	Більше 10	2
	2...10	4
	Менше 2	6

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Аспіраційні мережі

№ аспір. мережі	Обладнання	Витрати повітря	Аспіраційне обладнання
1	Сепаратор ЛУЧ ЗСО-200А поз.4.1 (1шт.)	6000 м ³ /год	Циклон УЦО-900 (1шт.) з шл.затвором; вентилятор пиловий N=4кВт
2	Сепаратор ЛУЧ ЗСО-200А поз.4.2 (1шт.)	6000 м ³ /год	Циклон УЦО-900 (1шт.) з шл.затвором; вентилятор пиловий N=4кВт
3	Сепаратор TAS-206-A6 поз. 5.1 (1шт.)	26000 м ³ /год	Циклон LCGA (в компл. з шл. затвором (1компл.); вентилятор (N=30кВт)
4	Сепаратор TAS-206-A6 поз. 5.2 (1шт.)	26000 м ³ /год	Циклон LCGA(в компл. з шл. затвором (1компл.); вентилятор (N=30кВт)

4.14 Чисельність персоналу

Режим роботи підприємства 345 днів за рік

Кількість змін на добу 2 зміни

Кількість годин у зміну 12 годин

Кількість бригад 4шт.

Максимальна тривалість робочого часу - 40 годин на тиждень, згідно

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

ст.50 КЗПП України.

Чисельність основного персоналу відображена в таблиці 4.

Таблиця 4

Чисельність основного персоналу

Найменування робіт та професій	Чисельність персоналу								Група ви- робнич х професій
	І зміна		ІІ зміна		за добу		облікова		
	жін .	чол. .	жін .	чол .	жін .	чол .	жін .	чол .	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Працівник складу (існуюча споруда складу)	-	1	-	-	-	1	-	2	2Г
Працівник складу (існуюча споруда складу)	-	1	-	-	-	1	-	2	2Г
Лабораторія приймальна на в'їзді (поз.13 по ГП)									
Зав. лабораторії	1	-	-	-	1	-	1	-	1а
Лаборант- пробовідбірник	2	-	2	-	4	-	8	-	16
Оператор автоваг (вагар)	2	-	2	-	4	-	8	-	2Г
Диспетчер	1	-	1	-	2	-	4	-	16
Всього персонал лабораторії	6	-	5	-	11	-	21	-	
Персонал основного виробництва Елеватора (поз.4 по ГП)									
Майстер зміни	-	1	-	1	-	2	-	4	1а
Оператор пульта керування	-	1	-	1	-	2	-	4	1а

Оператор завантажувально/ розвантажувальни х робіт	-	1	-	1	-	2	-	4	2г
Оператор сушарки	-	1	-	1	-	2	-	4	2г
Оператор технологічного обладнання (механік)	-	1	-	1	-	2	-	4	2г
Працівник складу DDJS	-	1	-	1	-	2	-	4	2г
Оператор фасування силобегів	-	сезо н	-	-	-	-	-	-	2г
Всього персонал елеватора	-	6	-	6	-	12	-	24	
Всього (новостворені місця)	6	6	5	6	11	12	21	24	
	12		11		22		45		

Чисельність робітників залежить від планованого та/або прогнозованого вантажообігу та передбачає збільшення або зменшення працівників під час сезонних піків, міжсезонних регламентних робіт, ремонтно-відновлювальних або підготовчих робіт.

Для побутових потреб персоналу використовується будівля (поз.13 по ГП), в якій передбачено всі необхідні приміщення.

4.15 Силоса для зберігання зерна (поз. 1.6.-1.8.)

Силоса для зберігання зерна – це збірні металеві ємності, які оснащені обладнанням для вентиляції та пошарового контролю температури продукту.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ				Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Широко застосовуються для зберігання, приймання та відвантаження насіння зернових культур, які встановлюються на залізобетонних плитах і з'єднані з робочою вежею на верхньому рівні, металевими конвеєрними галереями на яких встановлено ланцюгові конвеєри.

Кожен силос обладнаний датчиками рівня, засувками, зачисним шнеком, галереєю конвеєра, майданчиками з огороженнями, драбинами, системою аерації та системою контролю температури.

Розмір одного силоса для зберігання зерна: Ø 27,5м, висота 30,94м. Об'єм 14955 м³.

Фундамент силосу містить підземну галерею, в якій розташований транспортер для вивантаження зерна з силосів для зберігання зерна. Для спуска на нижню відмітку підземної галереї передбачені металеві сходи, розташовані в норійній вежі та сходи, що розташовані по краях підземної галереї. Постійні робочі місця відсутні.

Розміри підземної галереї в плані складають 188,26 м по довжині і 3,2 м по ширині. Низ підземної галереї знаходиться на відмітці -2.900.

4.16 Силоса для вологого зерна (поз. 2.1-2.8)

Кожен силос для вологого зерна оснащений системою активного вентилування і термометрією, датчиками рівня, клапанами, галереєю для розміщення конвеєра, майданчиками з огороженнями, сходами.

Розмір силоса вологого зерна: Ø 11м, висота 29,29м. Об'єм 1930 м³.

4.17 Норійна вежі (поз.3 на ГП)

Це металева споруда, передбачена для спирання конвеєрних галерей та для установки норій. Для обслуговування обладнання передбачено улаштування талі вантажопідйомністю 2т на відмітці +45.865. Щоб дощова вода не потрапляла в підземну частину, передбачено зашивку стін профнастилом до відмітки +3.800 та кришу з рифленки.

Норійна вежа обладнана сходами для обслуговуючого персоналу.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Постійних робочих місць немає.

Розмір норійної вежі в плані по осям складає 5.5 х 5м, висота 46,1м.

Для монтажу обладнання в підземній галереї та в норійній вежі на відмітці -2.900, 0.000 передбачено монтажний отвір.

4.18 Робоча вежа з бункерами відходів (поз.4 по ГП)

Робоча вежа елеватора - це металева конструкція, яка слугує головною зв'язувальною ланкою всього технологічного процесу елеваторного комплексу. Робоча вежа в плані має прямокутний вигляд, в осях вона становить 23м х 12м.

На поверхах робочої вежі розміщено транспортне обладнання (норії та транспортери), зерноочисні машини (сепаратори), аспіраційне обладнання, а також бункери для зернових відходів. Передбачено автоматичне управління технологією роботи елеватора. Управління здійснюється з операторської на першому поверсі робочої вежі на відмітці +0.000. Це приміщення обладнане шафами управління, комп'ютерами та моніторами для роботи операторів. Дане приміщення обладнане зоною обігріву для робочого персоналу в осінньо-зимовий період. Є електронагрівач, чайник, кулер з водою та аптечка. Операторська має стіни з сендвіч панелі 100мм.

Для зручності обслуговування сепараторів передбачено стіни з профнастилу для захисту від вітру та дощу та кришу з рифленки.

4.19 Приймально-відпускний пристрій зерна з автотранспорту на 2 проїзди (поз.6 по ГП)

Приймальний пристрій з автотранспорту передбачено у вигляді двох завальних ям для приймання і накопичення зерна.

Завальна яма являє собою конструкцію, яка складається з:

- решітки для проїзду транспорту;
- бункеру для приймання зерна з воронками під кутом 45°;
- приймального ланцюгового транспортера.

Розмір приймального пристрою в плані по осях складає 30х12м. Висота

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14.5м.

Решітки для проїзду встановлені на поперечних балках, що кріпляться до бетонних конструкцій і розраховані на навантаження транспортного засобу, наповненого зерном. Таким чином забезпечується проїзд вантажних автомобілів безпосередньо по бункеру без необхідності розвантажувати зерно вручну. Вивантаження з самоскида може здійснюватися через задню і бічні стінки, а конструкція ями мінімізує висипання зернової продукції за її межі.

Приймання зерна виконане по довгій стороні кузова. Глибина бункера становить 3 метра. Розмір приймальної решітки в плані складає 15х5,3м. Об'єм бункера складає 96м³. Для відпуску зерна на автотранспорт передбачено бункер об'ємом 52м³.

4.20 Приймально-відпускний пристрій з залізниці (поз.7 по ГП)

Зерно доставляється на підприємство залізничним транспортом у вагонах-хоперах. З вагонів зерно надходить в приймальний пристрій і потім за допомогою ланцюгових транспортерів транспортується в силос для зберігання. Даний проект передбачає приймальний пристрій від залізничного транспорту у вигляді окремої конструкції, розташованої на деякій відстані від робочої башти елеватора. Відмінною особливістю даного типу приймального пристрою є наступне: невелика глибина і необхідність одночасного вивантаження вагона з роботою приймального конвеєра за рахунок невеликої місткості бункера (9 м³). Розмір приймальної решітки в плані становить - 7х1м. Розмір приймального пристрою в плані – 13,5х5,2м. Для відпуску зерна передбачено бункер на перспективу об'ємом 180 м³.

4.21 Зерносушарка (поз. 9 на ГП)

Це обладнання для сушіння насіння зернових, олійних, бобових та інших сільськогосподарських культур. Зерносушарка це пристрій для видалення зайвої вологи з зерна. Зниження вологості до певних значень для кожної культури важливо для закладки врожаю на тривале зберігання. У вологому зерні

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

можуть виникати вогнища самозігрівання. При правильно підібраному режимі сушіння відбувається фізіологічне дозрівання зерна і поліпшення його якості.

Даний проект передбачає установку шахтної зерносушарки - найбільш поширеного типу сушарок на елеваторах. Вони мають високу продуктивність і підходять для сушіння великих обсягів зерна, мають утеплену шахту, системи пиловидалення і вивантажують зерно з однорідною кінцевою вологістю.

Розмір в плані складає 14м x 11,5м. Висота 20м.

4.22 Трансформаторна підстанція №1. Електрощитова (поз. 10 по ГП)

Для приймання та розподілу електроенергії на території елеваторного комплексу будується будівля трансформаторної підстанції та електрощитовою.

На підстанції встановлено сухі розподільчі трансформатори.

4.23 Склад DDGS. Приймальний пристрій з автотранспорту.

Відпускний пристрій на залізничні вагони (поз.12, 12.1, 12.2 по ГП)

DDGS - суха освітлена кукурудзяна барда, високоцінний білковий і вітаміновмісний корм або добавка в корм для птиці, сільськогосподарських тварин. Для закритого та тривалого зберігання DDGS передбачено механізований склад, який обладнаний ланцюговими транспортерами. DDGS на підприємство надходить автомобілями та розвантажується в автоприймальному пристрої, за допомогою норій та транспортерів подається на завантаження складу. Відвантаження передбачено на залізничний та автомобільний транспорт. Склад оснащений системою аспірації.

Аспірація складу зберігання DDGS – це система видалення пилу та дрібних частинок, які утворюються під час зберігання, переміщення та відвантаження висушених зернових залишків. Для збору та видалення дрібних частинок DDGS на автоприймальному пристрої передбачається встановлення аспіраційних шаф. В місцях пересипання сировини на транспортерах і норіях встановлюються локальні точкові фільтри. Біля точок навантаження/вивантаження DDGS у складі передбачені локальні витяжки. Все

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

аспіраційне обладнання об'єднане в централізовану систему, що оснащена фільтром грубого та тонкого очищення та витяжним вентилятором.

4. 23 Лабораторія-візирувальна з автомобільними вагами.

Пробовідбірник (поз.13 по ГП)

Для контролю за якістю зерна, що приймається, зберігається і відвантажується, в проекті передбачено приймальну (візирувальну) лабораторію (поз.13 по ГП).

В будівлі запроектовані службові (кімнати вагарів та диспетчера, кабінет завідувача лабораторії), лабораторні (лабораторія відбору і аналізу проб зерна, комора зразків), санітарно-побутові (санітарні вузли, гардеробні лабораторії та чоловіча для елеватору, душові), підсобні (кімната приймання їжі, тепlopункт, електрощитова) і допоміжні (прибирального інвентарю) приміщення.

Споруда зблокована з напіввідкритими навісами з покрівлею із прозорого полікарбонату над зонами зважування зерновозів та іншого автотранспорту на автомобільних вагах. Для максимального природного освітлення зон зважування передбачено, в якості віконного осклення, поздовжні смуги-вставки з прозорих матеріалів в бічних стінових конструкціях з металевих профільованих листів.

Для зважування транспортних засобів із зерновою сировиною та без неї передбачені автомобільні ваги ВТАСМ-55Б1-20 вантажопідйомністю 80 т. Дані про операції зважування надходять у кімнату вагарів, оснащену ваговими процесорами, зблокованими з комп'ютерно-інформаційною технікою, відеонаглядом.

Лабораторія контролю вхідної сировини призначена для керування роботою автоматичних пробовідбірників зерна, проведення експрес-контролю та інших аналізів для визначення стану і показників якості зерна кукурудзи, яке надходить на зберігання в силоси елеваторного комплексу.

Робота лабораторії починається з відбору проб зернової сировини кожної партії (з кожного транспортного засобу). Для прискорення, оптимізації та

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ліквідації ручних операцій по відбору зерна передбачається встановлення ззовні споруди 2-х автоматичних пробовідбірників DV Stork rail. В комплект пробовідбірного пристрою входить: пробовідбірник, приймальний бункер з вентилятором, автоматичний дільник проби та пульт керування. Робота пробовідбірного пристрою здійснюється за допомогою монорейок. Вони забезпечують високу швидкість відбору проб сировини, усереднену (репрезентативну) схему відбору зерна в кузовах, причіпах, можливість дистанційної роботи операторів. Тестуючи і аналізуючи відібрані проби, лаборанти визначають стан зерна, типовий склад, колір, запах, вологість, зернову та смітні (мінеральна, шкідлива) домішки. Ці показники характеризують якість зерна кукурудзи, яка надходить для зберігання, відповідно до вимог та класифікації ДСТУ4525:2006 "Кукурудза. Технічні умови", і прийняття рішень про технологічні регламенти та режими подальшої обробки. Під час зберігання в зерновій сировині необхідно систематично контролювати температуру і вологість.

Лабораторію передбачено оснастити необхідними обладнанням, приладами, меблями, посудом, інвентарем для визначення показників стану зерна кукурудзи (див. ТХ.С). Для оцінки якості сировини необхідно використовувати зручне надійне обладнання з незначними похибками, яке максимально прискорює і мінімізує витрати на проведення аналізів. Можлива заміна запроєктованого обладнання на аналогічне інших виробників відповідного функціонального призначення, якості та технічних характеристик.

Працівники забезпечуються спецодягом, спецвзуттям, засобами індивідуального захисту.

Споруда повинна бути оснащена переносними вогнегасниками типу ВВ-9 (водяні) та ВВП-9 (водопінні) відповідно до Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників (зовні приміщень без постійного перебування персоналу та всередині приміщень при постійному перебуванні в них людей в зручних місцях, запобігаючи створенню перешкод під час їх евакуації).

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-56-2014 службові та лабораторні

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщення будівлі (поз.13) повинні бути оснащені СПС (системами пожежної сигналізації та передавання тривожних сповіщень).

4.25 Залізничні ваги (поз. 14, 15 по ГП)

Облік сировини, що надходить і відвантажується на залізничні вагони здійснюється на двох залізничних вагах ГЕРМЕС ВТВ-150 на тензодатчиках вантажопідйомністю 150т з бетонними платформами.

4.26 Підземна галерея (поз. 17.1, 17.2 по ГП)

Бетонна підземна споруда необхідна для встановлення транспортерів, що передають зернову сировину від приймальних пристроїв (поз.6, 7) в робочу вежу елеватора (поз.4).

Галерея складається з двох частин: перша частина від робочої вежі до приймального пристрою з автотранспорту, друга – від приймального пристрою з автотранспорту до приймального пристрою з залізничної дороги.

Довжина першої частини галереї складає 17,1м, ширина 3,6м, внутрішня висота 4м. Відмітка низу галереї складає -6.200. Довжина другої частини галереї складає 10,0м, ширина 1,8м, внутрішня висота 2,7м .

4.27 Транспортерні галереї (поз.18.1-18.8 по ГП)

Транспортерні галереї призначені для переміщення сипучих матеріалів за допомогою транспортерів і для прокладання інженерних комунікацій. Прольоти, що представляють собою несучу конструкцію, використовуються одночасно і для зведення огорожувальних конструкцій. Для обслуговування і проходу персоналу передбачено зони проходу, зашиті решітковим настилом. Довжина транспортерної галереї поз. 18.1 складає 24,2м, ширина 3,0м. Довжина транспортерної галереї поз. 18.2, 18.3 складає 23,0м, ширина 2,0м. Довжина транспортерної галереї поз. 18.6 складає 29,2м, ширина 2,0м. Довжина транспортерної галереї поз. 18.7, 18.8 складає 9,9м, ширина 2,0м і 1,0м відповідно.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

4.28 Охорона навколишнього середовища

Відповідно з «Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів» підприємствам зернопереробної галузі, до яких відноситься елеватор, встановлена санітарно-захисна зона, що дорівнює 100 метрів.

Повітряний басейн в районі заводу забруднюється зерновим пилом. Технологічний процес розроблено з мінімально можливими викидами пилу в повітря.

Транспортування сировини та готової продукції здійснюється в обладнанні закритого типу. Джерела викидів пилу в повітря організовані у вигляді вихлопних труб аспіраційних мереж і виведені на 2м вище покрівлі будівлі. На ділянках вихлопу прийняті діаметри, що забезпечують відповідну швидкість вихлопу для досягнення концентрації шкідливих речовин в приземному шарі на межі санітарно-захисної зони, яка не перевищує гранично допустимої.

4.29 Заходи по боротьбі з шумом та вібрацією

Проектом передбачаються заходи по захисту від шуму та вібрації, які виникають при роботі обладнання, зокрема:

- монтаж вентиляторів на віброосновах та віброізоляторах;
- приєднання трубопроводів та повітропроводів до обладнання через гнучкі вставки;
- швидкість руху повітря у повітропроводах приймається, виходячи з умов створення допустимого рівня звукового тиску;
- застосування низькошвидкісних вентиляторів;
- звукоізоляція повітропроводів;
- на перетині трубопроводів будівельних конструкцій закладаються паранітові прокладки.

Величина розрахункового тиску не перевищує 80 дБА. Дія шуму та вібрації від роботи обладнання негативного впливу на населення не справляє.

5. РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ КОВШОВОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО КОНВЕЄРА.

Вихідні дані

Для розрахунку прийнята стрічкова центробіжна норія Brock BE361120-100.

Модель використана як серійний приклад зернової норії; усі паспортні розміри, що були задані в неметричній системі, нижче подані тільки після перерахунку до метричних одиниць. Розрахунковий матеріал - кукурудза очищена, суха, сипка.

Висота підйому в завданні не задана, тому прийнято $H = 30,0$ м. Позначення величин у формулах подані латинськими літерами.

У розрахунку не виконується конструювання нової норії з нуля. Приймається готова модель, а далі перевіряються її продуктивність для кукурудзи, кінематика головного барабана, потрібна потужність, передаточні числа приводу, момент на головному валу і вибір електродвигуна. Порядок розрахунку відповідає інженерному підбору: спочатку береться паспортна машина, після чого перевіряється її робота для заданого матеріалу і прийнятої висоти підйому.

Позначення	Прийняте значення
Модель	
Матеріал	кукурудза очищена, суха, сипка
Висота підйому H	м
Об'ємна продуктивність Q_v	$\text{м}^3/\text{г}$
Насипна густина ρ	$\text{кг}/\text{м}^3$
Головний барабан D	мм
Частота головного барабана n_2	мін^{-1}
Швидкість стрічки v	м/с
Розмір ковша	мм
Крок ковшів s	мм

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Турмій В. С.			РОЗДІЛ 5				Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О. В.									39	64
Реценз.									НУБіП України			
Н. Контр.		Ловейкін В.С.										
Затверд.												

Схема приймається з верхнім приводом, нижнім башмаком і двома гілками стрічки. Одна гілка підіймає заповнені ковші, друга повертає порожні. Для попереднього розрахунку маса стрічки і ковшів у двох гілках вважається взаємно врівноваженою, а втрати від тертя, копання, підшипників, ковзання та приводу враховуються коефіцієнтами.

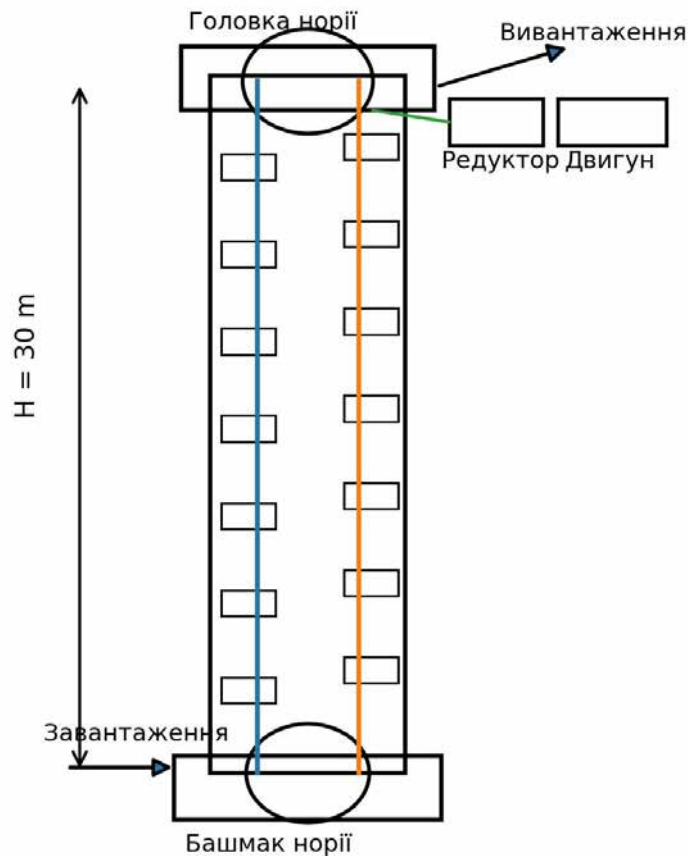


Рисунок 5.1- Кінематична схема норії

Паспортна база прийнятої моделі

Паспортні характеристики прийнятої моделі після перерахунку до метричної системи наведені в таблиці. Основним параметром для норії є об'ємна продуктивність, тому що вона задається геометрією ковшів, кроком ковшів і швидкістю стрічки. Масова продуктивність залежить від насипної густини конкретного зерна, тому для кукурудзи вона визначається окремим розрахунком.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показник	Метричне значення для розрахунку
Об'ємна продуктивність	м³/г
Орієнтовна паспортна масова продуктивність базового зерна	т/г
Розмір ковша	мм
Крок ковшів	мм
Головний барабан	мм
Частота барабана	мін ⁻¹
Швидкість стрічки	м/с

Відмінність між паспортною масовою продуктивністю базового зерна і розрахунком для кукурудзи пояснюється різною насипною густиною. Об'ємний потік лишається сталим, а масовий потік змінюється пропорційно густині матеріалу.

$$Q_{m,base} = 272,16 \text{ т/г}$$

$$Q_m = 353,96 \cdot 720,83/1000 = 255,15 \text{ т/г} \quad (5.1)$$

Отже, для подальшого підбору приводу використовується масова продуктивність 255,15 т/г. Це значення не суперечить прийнятій моделі, бо машина зберігає той самий об'ємний потік, а зміна маси виникає тільки через іншу насипну густину кукурудзи.

Перерахунок продуктивності

Спочатку фіксується об'ємна продуктивність у метричному вигляді, після чого вона множиться на прийнятну насипну густину. Множник 1000 у знаменнику переводить кг/г у т/г.

$$Q_v = 353,96 \text{ м}^3/\text{г}$$

$$\rho = 720,83 \text{ кг/м}^3$$

$$Q_m = \frac{Q_v \cdot \rho}{1000} = \frac{353,96 \cdot 720,83}{1000} = 255,15 \text{ т/г} \quad (5.2)$$

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримана масова продуктивність 255,15 т/г є основним значенням для розрахунку потужності. Для технічного підбору її слід приймати як номінальну за умови рівномірної подачі кукурудзи, справного башмака норії та стабільної швидкості стрічки.

Кінематична перевірка стрічки і барабана

Швидкість стрічки має впливати з діаметра головного барабана і його частоти обертання. Перевірка виконується через довжину кола барабана. У формулі константа π записана латиницею.

$$D = 914,4 \text{ мм} = 0,9144 \text{ м}$$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_2}{60} = \frac{3,1416 \cdot 0,9144 \cdot 67}{60} = 3,21 \text{ м/с} \quad (5.3)$$

Розрахована швидкість 3,21 м/с узгоджується з прийнятою для моделі швидкістю стрічки. Отже, діаметр барабана, частота обертання і лінійна швидкість стрічки між собою узгоджені. Такий режим відповідає центробіжному розвантаженню зернової норії.

Кількість ковшів, які проходять через головний барабан за секунду, визначається діленням швидкості стрічки на крок ковшів. Після цього робочий об'єм матеріалу на один ківш визначається з рівняння потоку.

$$N_b = \frac{v}{s} = \frac{3,21}{0,2032} = 15,79 \text{ с}^{-1}$$

$$V_b = \frac{Q_v / 3600}{N_b} = \frac{353,96 / 3600}{15,79} = 0,00623 \text{ м}^3 = 6,23 \text{ л} \quad (5.4)$$

Розрахунковий корисний об'єм одного ковша для забезпечення 353,96 м³/г дорівнює 6,23 л. Це не обов'язково повний геометричний об'єм ковша, а робочий об'єм потоку з урахуванням швидкості, кроку і фактичного заповнення.

Орієнтовна кількість ковшів на стрічці

Для оцінки завантаження стрічки визначається приблизна кількість ковшів. Довжина замкненого контуру складається з двох вертикальних ділянок та огинання головного і нижнього барабанів. У спрощеному вигляді сума огинань прийнята як одне повне коло за діаметром барабана.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = 2H + \pi \cdot D = 2 \cdot 30 + 3,1416 \cdot 0,9144 = 62,87 \text{ м}$$

$$z = \frac{L}{s} = \frac{62,87}{0,2032} = 309 \quad (5.5)$$

Отримано приблизно 309 ковшів на замкненій стрічці. Це число потрібне не для прямого розрахунку продуктивності, а для уявлення про завантаженість стрічки та вимоги до її натягу. У точному проекті кількість ковшів уточнюється за фактичною будівельною висотою, положенням барабанів, типом натяжного пристрою і запасом стрічки на з'єднання.

Розрахунок потужності на піднімання матеріалу

Теоретична потужність на підйом визначається через масову витрату, прискорення вільного падіння і висоту підйому. Для цього масова продуктивність переводиться з т/г у кг/с.

$$q_m = \frac{Q_m \cdot 1000}{3600} = \frac{255,15 \cdot 1000}{3600} = 70,88 \text{ кг/с}$$

$$P_0 = \frac{q_m \cdot g \cdot H}{1000} = \frac{70,88 \cdot 9,81 \cdot 30}{1000} = 20,86 \text{ кВт} \quad (5.6)$$

20,86 кВт - це тільки корисна потужність на вертикальне піднімання зерна. Вона не враховує копання ковшів у башмаку, тертя підшипників, опір стрічки, втрати в пасах, редукторі, муфтах і нерівномірність подачі. Тому для практичного підбору двигуна це значення множиться на коефіцієнт системних втрат.

Для сухої очищеної кукурудзи приймається коефіцієнт $F = 1,15$. Він враховує помірні втрати у справній стрічковій норії з нормальним завантаженням. Якщо продукт вологий, є значне копання, погане центрування стрічки або забруднення башмака, коефіцієнт слід збільшувати.

$$P_1 = P_0 \cdot F = 20,86 \cdot 1,15 = 23,99 \text{ кВт}$$

$$e = 0,94 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 0,893$$

$$P_m = \frac{P_1}{e} = \frac{23,99}{0,893} = 26,85 \text{ кВт} \quad (5.7)$$

Після урахування ККД редуктора, пасової передачі і муфт потрібна потужність на валу двигуна становить 26,85 кВт. Далі додається експлуатаційний запас для пуску, сезонних перевантажень і зміни вологості зерна.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{sel} = P_m \cdot K_s = 26,85 \cdot 1,15 = 30,88 \text{ кВт}$$

$$P_{std} = 37 \quad (5.8)$$

Найближче більше стандартне значення - електродвигун 37 кВт. Двигун 30 кВт не приймається, тому що після множення на запас 1,15 розрахункова потреба вже перевищує 30 кВт.

Розрахунок передаточних чисел

Приймається 4-полюсний асинхронний двигун 50 Гц із робочою частотою обертання 1470 мін^{-1} . Потрібна частота головного барабана дорівнює 67 мін^{-1} .

Загальне передаточне число визначається відношенням швидкості двигуна до швидкості головного барабана.

$$i_s = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1470}{67} = 21,94 \text{ кВт}$$

$$i_b = \frac{i_s}{i_{red}} = \frac{21,94}{20} = 1,097 \quad (5.9)$$

Приймається двоступенева схема: V-пасова передача і редуктор. Для редуктора береться $i_{red} = 20$. Тоді пасова передача повинна дати додаткову редукцію приблизно 1,10. Практично це можна виконати шківом 160 мм на двигуні і 175 мм на вхідному валу редуктора.

$$i_{bf} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{175}{160} = 1,09375$$

$$i_{sf} = 20 \cdot 1,09375 = 21,875$$

$$n_{2f} = \frac{1470}{21,875} = 67,2 \text{ мін}^{-1} \quad (5.10)$$

Фактична частота головного барабана становить 67,2 мін^{-1} . Це майже збігається з потрібними 67 мін^{-1} . Далі перевіряється фактична лінійна швидкість стрічки.

$$v_f = \frac{\pi \cdot 0,9144 \cdot 67,2}{60} = 3,22 \text{ м/с}$$

$$d_v = \frac{v_f - v}{v} \cdot 100 = \frac{3,22 - 3,21}{3,21} \cdot 100 = 0,30\% \quad (5.11)$$

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Відхилення 0,30 % є малим. Воно не змінює класу продуктивності та не потребує зміни ковшів або барабана. Прийнятий кінематичний ланцюг має вигляд: двигун 37 кВт, $n = 1470 \text{ мін}^{-1}$; шків 160 мм; шків 175 мм; пасова передача $i = 1,09375$; редуктор $i = 20$; вихідна частота $67,2 \text{ мін}^{-1}$.

Перевірка моменту на головному валу

Крутний момент визначається за потужністю на головному валу і частотою його обертання. Для потрібного моменту береться потужність 23,99 кВт. Для доступного моменту береться двигун 37 кВт і загальний ККД приводу 0,893.

$$M_{req} = \frac{9550 \cdot P_1}{n_2} = \frac{9550 \cdot 23,99}{67} = 3419 \text{ Н} \cdot \text{м} = 3,42 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{av} = \frac{9550 \cdot 37 \cdot 0,893}{67,2} = 4698 \text{ Н} \cdot \text{м} = 4,70 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$K_M = \frac{M_{av}}{M_{req}} = \frac{4,70}{3,42} = 1,37 \quad (5.12)$$

Запас за моментом становить приблизно 1,37. Для попереднього вибору це достатньо за умови, що норія запускається без завалу, завантаження регулюється, стрічка не пробуксовує, а редуктор підібраний за сервіс-фактором не нижче вимог режиму роботи. Якщо передбачається важкий пуск під навантаженням, потрібний додатковий аналіз пускового моменту, захисту від зворотного ходу і режиму розгону.

Вибір приводу і експлуатаційні умови

За результатами розрахунку приймається електродвигун 37 кВт, 50 Гц, 4полюсний з номінальною швидкістю близько 1470 мін^{-1} . Передача від двигуна до редуктора виконується V-пасами зі шківками 160/175 мм. Основне зниження обертів виконує редуктор $i = 20$. Така схема дозволяє отримати $67,2 \text{ мін}^{-1}$ на головному валу і зберегти розрахункову швидкість стрічки.

Редуктор необхідно вибирати за вихідним моментом не менше $4,70 \text{ кН} \cdot \text{м}$ з урахуванням сервіс-фактора виробника. На практиці також перевіряються допустиме радіальне навантаження від пасової передачі, діаметр вала головного барабана, спосіб фіксації редуктора, реактивна штанга і наявність стопора зворотного ходу.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Для безпечної роботи потрібні огороження пасової передачі, контроль сходження стрічки, датчик швидкості або нульового ходу, датчики температури підшипників, ревізійні люки і підключення до аспірації. Кукурудза утворює пил, тому електрообладнання, кабельні вводи і датчики мають відповідати умовам пилового середовища.

Елемент	Прийняте рішення
Електродвигун	кВ, 50 Гц, 4-полюсний, $n \approx 1470$ мін ⁻¹
Пасова передача	мм, $D_2 = 175$ мм, $i = 1,09375$
Редуктор	$i = 20$, вихідний момент не менше
Загальне передаточне число	
Фактична частота барабана	мін ⁻¹
Фактична швидкість стрічки	м/с

ісумок розрахунку

Прийнята норія Brock BE361120-100 після перерахунку до метричної системи забезпечує об'ємну продуктивність 353,96 м³/г. Для кукурудзи з насипною густиною 720,83 кг/м³ це відповідає масовій продуктивності 255,15 т/г. Швидкість стрічки перевірена через барабан 914,4 мм і частоту 67 мін⁻¹; розрахунок дає 3,21 м/с.

За прийнятої висоти підйому 30 м теоретична потужність на піднімання матеріалу становить 20,86 кВт. Після множення на коефіцієнт системних втрат 1,15 отримано 23,99 кВт на головному валу. З урахуванням ККД приводу 0,893 потужність на двигуні дорівнює 26,85 кВт. Після експлуатаційного запасу 1,15 потрібно 30,88 кВт, тому приймається стандартний двигун 37 кВт.

Передаточне число від двигуна 1470 мін⁻¹ до головного барабана 67 мін⁻¹ має бути 21,94. Прийнята схема з редуктором $i = 20$ і пасовою передачею

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

160/175 мм дає $i = 21,875$, фактичну частоту $67,2 \text{ мін}^{-1}$ і швидкість стрічки $3,22 \text{ м/с}$. Доступний момент на головному валу становить близько $4,70 \text{ кН}\cdot\text{м}$, а потрібний момент - $3,42 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Запас за моментом дорівнює $1,37$.

Параметр	Результат
Обрана модель	
Матеріал	кукурудза очищена, суха, сипка
Розрахункова висота підйому	м
Об'ємна продуктивність	$\text{м}^3/\text{г}$
Масова продуктивність для кукурудзи	т/г
Швидкість стрічки	м/с
Потрібна потужність на головному валу	кВ
Розрахункова потужність із запасом	кВ
Прийнятий електродвигун	кВ
Загальне передаточне число	
Момент на головному валу доступний	$\text{кН}\cdot\text{м}$
Запас за моментом	

Розрахункові паспортні дані моделі, густина кукурудзи і методика врахування системного тертя прийняті за відкритими довідковими та виробничими матеріалами. У тексті залишені метричні одиниці з латинськими позначеннями, без неметричних одиниць і без зовнішніх посилань.



Рисунок 5.2- Електродвигун АІР71А6

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Забезпечення безпеки трудових процесів під час будівництва та експлуатації запроектованих об'єктів проводиться шляхом прийняття проектних рішень, які строго відповідають вимогам ПУЕ та враховують умови охорони праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж і вибухів. Щоб забезпечити безпеку й належні санітарні умови для персоналу, проектом передбачається: - використання сучасного і технічно досконалого обладнання; - встановлення захисного заземлення і заземлюючих проводів відповідно до вимог ПУЕ-2017. Опір розтікання заземлюючого пристрою повинен становити не більше 4 Ом незалежно від пори року. Перевірка якості заземлення відбувається перед початком експлуатації об'єкта через вимірювання опору розтікання із складанням відповідного протоколу; - надійне заземлення металевих корпусів електро- та технологічного обладнання. Для монтажу металоконструкцій, безпечного обслуговування й експлуатації обладнання передбачено: - заземлення металевих неструмопровідних частин обладнання відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 та технічної документації на конкретний тип обладнання; - розташування обладнання відповідно до вказівок виробника, з урахуванням максимальної зручності для обслуговування (легкий доступ для профілактики, заміни блоків чи ремонтних робіт).

Під час виконання електромонтажних, будівельних чи експлуатаційних робіт необхідно дотримуватися таких документів:

- ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці та промислова безпека в будівництві»;
- «Правила улаштування електроустановок» (ПУЕ);
- «Правила технічної експлуатації магістральних і внутрішньозонових мереж ЄАСЗ», частина 4;
- «Правила техніки безпеки при електромонтажних і налагоджувальних роботах».

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
					РОЗДІЛ 6			Літ.	Арк.	Акрушів		
Розробив		Турмій В. С.								48	64	
Перевірів		Стехно О. В.						НУБіП України				
Н.Контрл		Ловейкін В. С.										

Освітлення робочих місць для встановлення комірок 35 кВ, КРПЗ-35 кВ, а також прокладання кабелів даного рівня напруги не передбачене цим проектом.

Рівні шуму і вібрації обладнання відповідають нормам, визначеним ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» і СанПіН 1304-75 «Санітарні норми допустимих вібрацій у житлових будинках». Напруженість електричного поля від обладнання не перевищує допустимих меж згідно з СанПіН 1757-77

«Санітарно-гігієнічні норми допустимої напруженості електричного поля». Заходи з охорони праці під час транспортування матеріалів і виконання вантажно-розвантажувальних робіт: Компоновка будівельної частини й розміщення електротехнічного обладнання відповідають «Правилам пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України» (НАПБ В.01.034-99/111). Монтаж електроустаткування здійснюється відповідно до ПУЕ і «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів». Всі види робіт (будівельні, монтажні та спеціальні) мають виконуватися згідно таких нормативних документів: - ДБН А.3.2-2-2009 «Техніка безпеки в будівництві»; - НАПБ А.01.001-2014

Перебуваючи на будівельному об'єкті, важливим є забезпечення заходів протипожежного захисту, які передбачають як належну профілактику, так і оперативні дії щодо гасіння пожежі та рятування людей у разі надзвичайної ситуації. Основна потреба у виконанні цих заходів може змінюватися з огляду на особливості об'єкта: його тип, функціональне призначення, розташування, просторове планування, а також рівень забезпеченості пожежно-рятувальним обладнанням. Щодо несучої здатності конструкцій будівель, їхня міцність і стійкість у разі виникнення пожежі є критично важливими. Вона необхідна для виконання ключових завдань, що включають: забезпечення безпеки людей на період їх перебування в межах об'єкта під час загоряння; створення умов для безпечної роботи пожежно-рятувальних підрозділів; запобігання руйнуванню будівлі, яке може спричинити травматизм або навіть загибель людей; гарантування надійності будівельних елементів, що мають відношення до пожежної безпеки, протягом визначеного періоду часу дії високих температур.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість, протягом якої будівельні конструкції зберігають свою міцність і стійкість у вогні, регулюється стандартними значеннями межі вогнестійкості. Ці параметри корегуються відповідно до цілей нормування, що спрямовані на оптимізацію пожежної безпеки. Визначені цілі нормування поділяють об'єкти на три основних категорії. Перш за все, це об'єкти з низьким питомим пожежним навантаженням або такі, де наслідки можливого руйнування є прийнятними.

Для таких об'єктів вимоги до вогнестійкості не висуваються. Друга категорія включає об'єкти, де встановлюються вимоги до вогнестійкості протягом заданого обмеженого проміжку часу, коли важливо забезпечити безпеку евакуації людей та ефективність втручання пожежно-рятувальних підрозділів. Третя категорія охоплює будівлі, основна конструкція яких повинна витримувати повне вигорання всіх займистих матеріалів у межах будівлі або її частини без необхідності залучення рятувальників. Для досягнення необхідного рівня міцності та стійкості споруд в умовах пожежі ключову роль відіграє відповідність показників вогнестійкості конструкцій основної частини будівлі стандартним вимогам.

Вогнестійкість основної конструкції вважається забезпеченою лише тоді, коли підтверджено, що вогнестійкі характеристики всіх окремих компонентів цієї конструкції не поступаються нормативним показникам основної структури. Водночас з'єднання елементів конструкції не повинні знижувати рівень загальної вогнестійкості будівлі. Таким чином, комплексне дотримання цих вимог гарантує надійність будівельного об'єкта навіть за надзвичайних умов.

На ділянках, де під'їзні шляхи перетинаються з канавами, траншеями або залізничними коліями, необхідно облаштувати надійні настили або мости для переїзду, які здатні витримувати передбачене навантаження. Ширина під'їзних шляхів має бути не менше 6,2 м при двосторонньому русі транспортних засобів, а для одностороннього руху — не менше 3,5 м, із відповідним розширенням доріг на поворотах. Для обмеження руху автотранспорту під час його подачі заднім ходом на вантажно-розвантажувальному майданчику повинні бути облаштовані тротуари або відбійні бар'єри.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

При розташуванні автомобіля поблизу будівлі для навантаження чи вивантаження слід забезпечити відстань не менше 0,8 м між кузовом транспортного засобу та стіною будівлі. Водночас проміжок між автомобілем і вантажним штабелем повинен становити не менше 1,0 м. На майданчику складування вантажів слід маркувати межі штабелів, проходи та проїзди між ними. Ширина проїздів повинна гарантувати безпечний рух транспортних засобів і підйомно-транспортних машин. Місця для навантаження та вивантаження тарних чи штучних вантажів, які зберігаються у складах або пакгаузах, мають бути обладнані платформами, естакадами чи рампами висотою, що відповідає висоті підлоги кузова транспортного засобу.

Уся будівельна техніка, обладнання та інструменти, що застосовуються під час будівництва, повинні відповідати вимогам ДБН В.2.8-3-95 щодо технічної експлуатації будівельної техніки, а також чинним технічним умовам. При транспортуванні будівельних матеріалів або будівельної техніки необхідно суворо дотримуватись Правил дорожнього руху, затверджених МВС України, та вимог НПАОП 0.00-1.62-12 щодо охорони праці на автомобільному транспорті.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7 ПЕРЕВАГИ ВІМ У ПОРІВНЯННІ З ТРАДИЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ ТА ЙОГО ВЗАЄМОДІЯ З ІНШИМИ СИСТЕМАМИ

3D-модель (Three-Dimensional Model) — це зображення, яке відображає форму, розміри та зовнішній вигляд об'єкта. Зазвичай вона використовується для візуалізації, дизайну, маркетингу та інших цілей. (Рис 9.1).

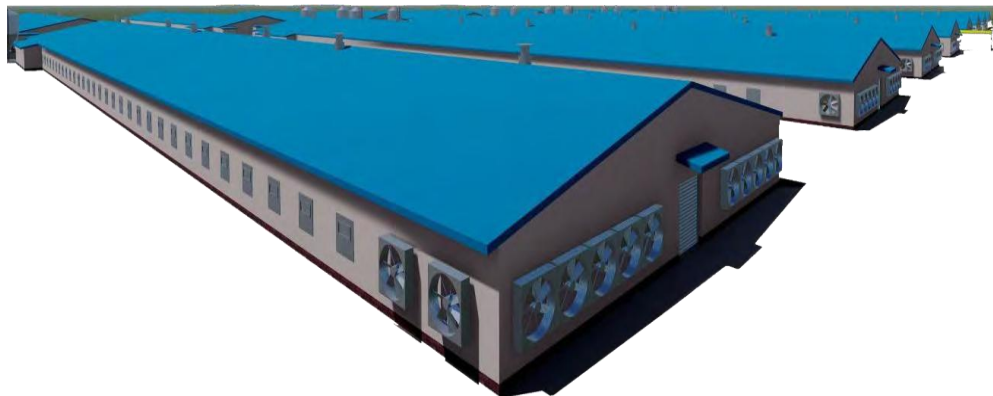


Рисунок 7.1-3Д модель

ВІМ-модель (Building Information Model) — це представлення будівельного об'єкта, яке включає не тільки тривимірну графіку, а й детальну інформацію про будівельні матеріали, конструкції, системи. Така модель містить характеристики об'єкта та дозволяє виконувати перевірку на колізії і взаємодії між елементами, що значно підвищує точність і якість проектування.



Рисунок 7.2 — Модель, яка містить інформацію, характеристики та перевірку на перетини

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 7			
Розробив	Турмій В. С.							
Перевірів	Стехно О. В.							
Н. Контрл	Ловейкін В. С.							
					Літ.		Арк.	Акрушів
							52	64
					НУБіП України			

7.1 Традиційний підхід

Проектування промислових об'єктів, таких як біоетанольні заводи, часто базується на використанні 2D-креслень. Хоча вони є невід'ємною частиною проектної документації і містять інформацію про окремі компоненти заводу, їх застосування має низку суттєвих обмежень, особливо в контексті складних промислових проектів. 2D-креслення не забезпечують цілісного сприйняття просторових характеристик об'єкта, а також взаємозв'язків між обладнанням, трубопроводами та іншими інженерними мережами. Це часто призводить до неточностей, виникнення колізій і проблем у процесі будівництва, що, своєю чергою, збільшує ризик переробок, затримок і додаткових витрат. Особливо помітні ці недоліки стають при розгляді планування обладнання на різних горизонтальних рівнях заводу. Наприклад, складно оцінити взаємне розташування елементів на альтернативних поверхах або перевірити відсутність перетинів трубопроводів. Крім того, важко зрозуміти, чи залишається достатньо простору для обслуговування обладнання. Такі проблеми вже відзначалися під час аналізу проекту Лановецького біоетанольного заводу, ускладнюючи процес проектування і збільшуючи ймовірність допущення помилок. Більше можливостей для вирішення подібних задач пропонують BIM-технології, які передбачають створення інтегрованої 3D-моделі, що акумулює всю необхідну інформацію про об'єкт. У такій моделі враховуються геометрія, матеріальні характеристики обладнання і трубопроводів, а також деталі інженерних мереж. Завдяки BIM-моделі забезпечується тривимірна візуалізація об'єкта, що полегшує його аналіз, виявлення потенційних колізій та оптимізацію проектних рішень.

Скажімо, під час проектування Лановецького біоетанольного заводу використання BIM-технологій дозволяє точно розробити схему розміщення обладнання та інженерної інфраструктури. Це значно зменшує ризик виникнення колізій і необхідності внесення змін на етапі будівництва, забезпечуючи більш ефективний і економічно вигідний процес реалізації проекту.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтеграція BIM із іншими системами, такими як автоматизовані системи проєктування (CAD) і програмне забезпечення для управління проєктами, є ключовим елементом у створенні єдиного і впорядкованого інформаційного середовища для всіх фахівців, залучених до будівельного процесу.

Завдяки цій інтеграції архітектори, інженери, проєктувальники, менеджери та підрядники можуть ефективно співпрацювати над спільним проєктом, використовуючи єдину базу даних та модель. Це суттєво підвищує ефективність роботи в команді, попереджує виникнення непорозумінь і помилок, а також зменшує дублювання інформації, що нерідко трапляється при розрізненій роботі в різних програмах. BIM-моделі можна інтегрувати з CAD-системами для автоматичного створення креслень, специфікацій і технічної документації на основі тривимірної моделі. Такий процес скорочує витрати часу, позбавляючи необхідності ручного малювання креслень, і знижує ризик помилок, пов'язаних із людським фактором. Паралельно інтеграція з інструментами управління проєктами дозволяє оптимізувати планування робіт, контролювати дотримання графіків, бюджету та розподіл ресурсів. Це забезпечує своєчасне оновлення інформації для всіх учасників та сприяє підвищенню прозорості процесів і більш ефективному управлінню будівництвом.

Фундаментальною особливістю BIM є можливість обміну даними. BIM-моделі можуть експортуватися у різні формати, такі як IFC, DWG, RVT чи COBie, що дозволяє передавати інформацію між різноманітними програмними платформами незалежно від їх виробників. Така відкритість гарантує цілісність даних і мінімізує ризики помилок, викликані несумісністю форматів або використанням застарілої інформації. Це також сприяє більш гнучкому та масштабованому підходу до реалізації складних проєктів із залученням різних підрядників та консультантів. Однією з найбільших переваг

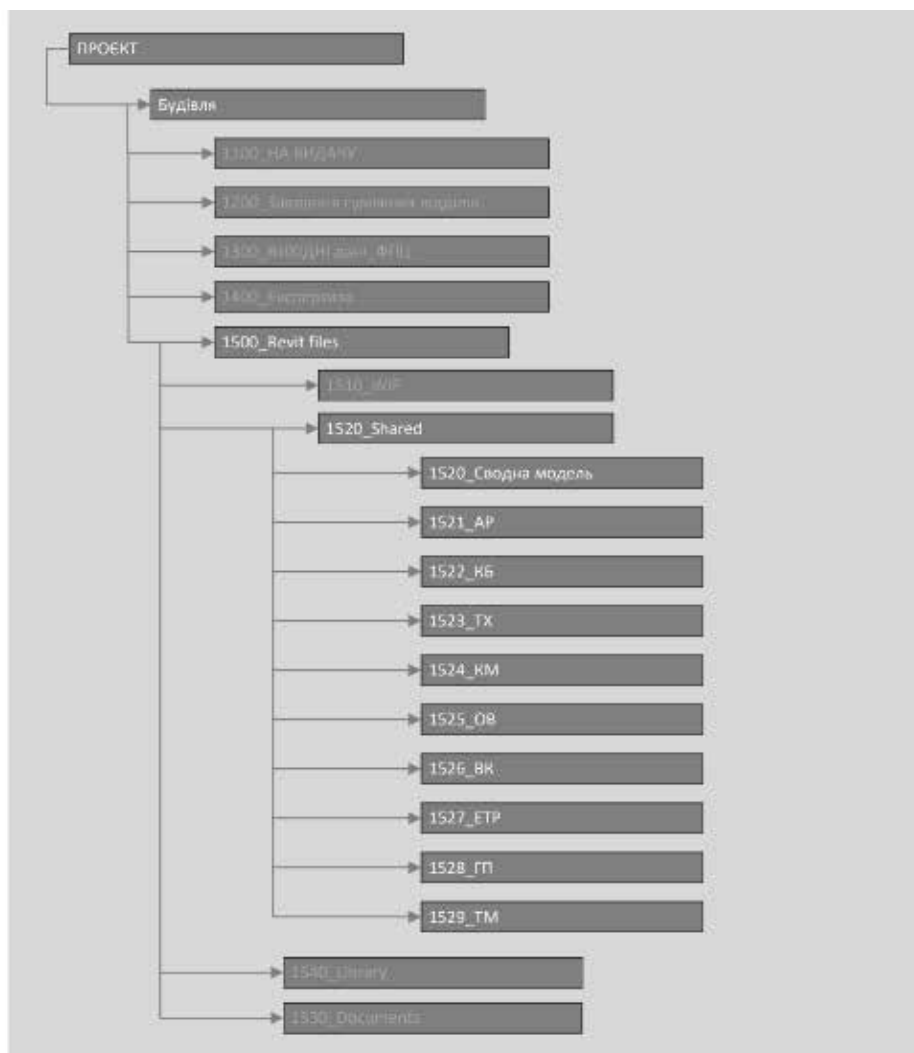
					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ВІМ є можливість організації роботи в спільному цифровому середовищі. Усі учасники проєкту отримують доступ до єдиної актуальної моделі, яка оновлюється в режимі реального часу. Це сприяє оперативному обміну інформацією, швидкому вирішенню конфліктів і погодженню рішень без потреби у численних зустрічах чи тривалому листуванні.

Особливо популярною платформою для спільної роботи є Autodesk Revit, яка пропонує широкий набір інструментів для командної взаємодії. Вона дозволяє кожному фахівцю працювати над окремими частинами моделі, синхронізуючи зміни із загальною версією. Зазвичай спільна робота в Revit організовується через центральний файл проєкту, розміщений на сервері або в хмарному сховищі. Кожен учасник завантажує локальну копію файлу, вносить зміни і синхронізує їх із центральною моделлю. Таким чином усі члени команди можуть мати доступ до актуальної інформації й одразу бачити внесені корективи. Це забезпечує точну координацію та запобігає конфліктам у випадках, коли кілька учасників змінюють одну й ту саму частину проєкту одночасно. Такий підхід добре працює для невеликих та середніх проєктів із легко контрольованою кількістю учасників. Для більших і складніших проєктів часто застосовуються додаткові платформи й інструменти для більш ефективного управління робочими процесами та масштабування співпраці. Завдяки подібним можливостям ВІМ не просто стає інноваційним технологічним рішенням у сфері

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Обмін даними Для забезпечення ефективного обміну BIM-моделлями між різними відділами компанії та учасниками проєкту використовується спільна папка під назвою «Shared». Ця папка виступає центральним сховищем для всіх актуальних версій моделей, призначених для подальшого використання. Перед публікацією моделі в цій папці вона повинна пройти перевірку на відповідність ключовим вимогам. Основними критеріями є правильний формат файлу — найчастіше це .rvt (Autodesk Revit) або відкритий формат .ifc (Industry Foundation Classes), що забезпечує сумісність з більшістю BIM-програм. Також у модель не повинні входити зайві елементи, такі як 2D-підложки, зовнішні зв'язані файли, тимчасові об'єкти чи непридатні геометричні деталі, які ускладнюють роботу. Це дозволяє досягти чіткості, високої якості і узгодженості обмінюваних даних.



7.2 Спільна робота

Для організації спільної роботи з BIM-моделями компанія застосовує технологію Revit Server, розроблену Autodesk. Цей серверний продукт забезпечує можливість розподілу моделі між декількома серверами, які можуть знаходитися в різних географічних точках. Такий підхід покращує продуктивність і стабільність роботи, сприяючи швидкій обробці великих обсягів даних і забезпечуючи доступ до моделі для колективів, що працюють у різних офісах чи містах. Кожен учасник команди використовує локальну версію файлу для внесення змін, які автоматично синхронізуються в реальному часі з центральною моделлю на сервері. Це гарантує доступ до актуальної інформації без затримок та конфліктів.

9.21 Хмарні технології

Компанія також активно інтегрує сучасні хмарні платформи, такі як Autodesk BIM 360 і Autodesk Construction Cloud. Ці інструменти оптимізовані для зберігання великих обсягів проектних даних, організації користувацького доступу, координації процесів і ефективної комунікації між учасниками проекту. Хмарні сервіси дозволяють працювати з BIM-моделями з будь-якої точки світу за наявності Інтернету, що є важливим для віддалених команд і мобільних працівників. Окрім того, ці платформи забезпечують інструменти для відстеження змін, перевірки якості, ведення журналів комунікацій і планування робіт, що суттєво підвищує продуктивність проектної діяльності.

Контроль якості є ключовим фактором успішної роботи з BIM-моделями. У компанії ця функція покладена на BIM-координатора, який стежить за дотриманням встановлених регламентів і стандартів під час створення та редагування моделей. Координатор перевіряє відповідність моделей вимогам, виявляє помилки чи несумісності та забезпечує правильну структуру даних. Якщо фіксуються порушення або недоліки, координатор негайно повідомляє виконавця чи керівника відповідного відділу з метою їх оперативного виправлення.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Такий підхід дозволяє підтримувати високий стандарт якості моделей і мінімізувати ризик помилок у подальших етапах проекту.

9.23 Ознайомлення з регламентом

Для забезпечення високої ефективності роботи та дотримання стандартів компанія приділяє значну увагу навчальному процесу. Керівники відділів відповідають за введення нових співробітників у курс справи щодо роботи з BIM-моделями. Це охоплює правила створення, редагування, збереження та передачі файлів. Завдяки впровадженню чіткої організаційної структури BIM-моделей і суворому дотриманню регламентів компанія ТОВ «Інтерпроект GmbH» знижує кількість технічних помилок, підвищує ефективність проектування та забезпечує успішну реалізацію навіть найскладніших проектів.

Приклад виконання розрахунків у BIM-проектуюванні

Проектування промислових об'єктів у BIM-середовищі виходить за рамки створення тривимірних моделей і включає виконання інженерних та технічних розрахунків, які впливають на функціональність, надійність і продуктивність систем. Наприклад, оцінювання параметрів елеватора для зберігання зернової сировини є важливим аспектом проекту. Такі розрахунки допомагають визначити оптимальні розміри та характеристики обладнання для забезпечення збереження якості продукції й безперебійного функціонування системи. Хоча ці розрахунки не входять до геометричної моделі, їх інтеграція в BIM середовище дозволяє приймати обґрунтовані інженерні рішення в рамках проекту.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

РОЗДІЛ 8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ МАШИНО-БУДІВНИЦТВА ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ

8.1 Загальна характеристика

Проєкт передбачає машино-будівництво елеваторного комплексу з ємністю для одночасного зберігання 90 тис. м³ зерна. Такий обсяг відповідає потребам середньої агропромислової компанії, забезпечуючи зберігання як власного, так і залученого зерна. Структура кошторису Вартість реалізації проєкту визначена згідно з діючими нормативами (ДСТУ, методики з оцінки вартості будівництва) за допомогою програмного комплексу АВК-5. Загальна вартість будівництва становить: - 1 049 382,46 тис. грн, зокрема: - Будівельні роботи -- 668 797,88 тис. грн (~63,7%) - Устаткування -- 97 340,04 тис. грн (~9,3%) - Інші витрати (технічний і авторський нагляд, ПДВ тощо) -- 283 244,55 тис. грн. Формування вартості будівельних робіт Основний перелік робіт включає: - Спорудження силосів (~49,5 млн грн) - Будівництво робочої вежі, підземних галерей та трансформаторної підстанції (~53,9 млн грн) - Приймальні та відпускні пункти для автотранспорту і залізниці (~13 - 14 млн грн кожен) - Вертикальне планування та благоустрій (~48 млн грн) - Зовнішні інженерні мережі, дороги, сепаратори, протипожежні системи

Розрахунок вартості базувався на ресурсних елементних нормах із урахуванням: - середньоринкових цін на будівельні матеріали; - витрат на транспортування; - середнього рівня зарплати; - стану цін на грудень 2024 року. (Див. рис. 11.1, 11.2) Устаткування Перелік основного устаткування включає: - Трансформаторна підстанція: 15–20 млн грн - Дизель-генератор: 2,75 млн грн - Резервуар для олії: до 5,9 млн грн - Система автоматизації і силового обладнання: до 20 млн грн - Сепаратори та каналізаційно-насосна станція (КНС): до 4,5 млн грн Вартість включає монтаж, транспортування і податок на додану вартість (ПДВ).

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 7			
Розробив	Т.Кунь	В. С.						
Перевірив	Ружик	З.В.						
Н.Контрл.	Банний	О.О.						
Н.Контрл.	Ловейкін	В. С.						
Розробив	Кунь	А.			НУБіП України			
Перевірив	Ружик	З.В.						
					Літ.	Арк.	Акрушів	
						59	64	

Інші витрати До інших витрат відносяться: - Тимчасові споруди: ~13,9 млн грн - Організація служби замовника (близько 1% від загальної суми) - Авторський нагляд: ~0,2 млн грн - Проектування: ~17,8 млн грн - Проведення експертизи: ~0,2 млн грн - ПДВ: ~174,9 млн грн (~16,7% від загальної суми) 11.6 Орієнтовні ціни обладнання Середня вартість основного обладнання становить: - Силос (15 тис. м³) -- 45–55 млн грн - Зерносушарка -- 1,6 - 2 млн грн - Норійна вежа -- 4,3 млн грн - Лабораторія разом із ваговою -- 9–10 млн грн - Трансформаторна підстанція – 15-20 млн грн Висновок до розділу Аналіз техніко-економічного обґрунтування підтверджує доцільність будівництва елеваторного комплексу.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ВИСНОВКИ

В процесі розробки дипломного проекту було проведено аналіз, обґрунтування та проектування будівництва елеваторного комплексу потужністю 90 тис. м³ із застосуванням технологій інформаційного моделювання будівель (BIM). Було здійснено техніко-економічне обґрунтування, складено кошторисну структуру, визначено оптимальні технічні рішення щодо об'ємно-планувальної організації, вибору обладнання, логістики, інженерних мереж та етапів будівництва. Інтеграція технологій BIM у проектуванні елеваторного комплексу дозволила забезпечити високу деталізацію, точність та узгодженість між всіма розділами проекту. Це особливо важливо в умовах стрімкого розвитку аграрної галузі, яка висуває все більш суворі вимоги до ефективності, швидкості спорудження та подальшої експлуатації об'єктів сільськогосподарської інфраструктури.

Актуальність застосування BIM-підходу обумовлена низкою ключових факторів:

1. Цифровізація будівельної галузі: Глобальний перехід до цифрового моделювання змінює традиційні підходи до підготовки, реалізації та управління проектами. В Україні впровадження BIM-технологій активно розвивається як на державному, так і на приватному рівнях, створюючи нові стандарти компетентності для сучасних інженерів і проектувальників.

2. Комплексність і прозорість: BIM об'єднує архітектурні, конструктивні та інженерні рішення в єдину модель, що значно зменшує ризики помилок, неузгодженостей та переробок під час будівельного процесу.

3. Оптимізація витрат: Технології BIM дозволяють моделювати витрати на всіх стадіях життєвого циклу об'єкта -- від початкового проектування до експлуатації. Це сприяє більш точному формуванню бюджету.

					01.09.КР.1044"С"2026.04.15.035.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Турмій В. С.			ВИСНОВКИ		Літ.	Арк.
Перевірів		Стехно О. В.						Акрушів
								61
								64
Н. Контрл.		Ловейкін В. С.			НУБіП України			

4. Підвищення швидкості проектування: Використання спеціалізованих програмних засобів, таких як Revit, Navisworks, Civil 3D та Fabrication MEP, суттєво прискорює процес створення креслень, специфікацій і схем, автоматично оновлюючи зміни по всьому проекту.

5. Моделювання віртуального будівництва: До початку реальних робіт можна протестувати проектні рішення, виявити можливі конфлікти, оцінити логістичні аспекти монтажу та сценарії експлуатації.

6. Супровід експлуатації: Інформаційна модель, створена у рамках BIM-підходу, підтримує не лише етап будівництва, але й подальшу експлуатацію — від техобслуговування до реконструкцій і модернізацій.

7. Проект будівництва елеваторного комплексу є раціональним з технічної, економічної та соціальної точок зору. Застосування BIM істотно покращило якість розроблених проектних рішень, забезпечило їх узгодженість і прозорість. Сучасний підхід до проектування підвищує конкурентоспроможність об'єкта, мінімізує ризики на всіх етапах реалізації та забезпечує ефективне управління протягом життєвого циклу елеваторного комплексу. Таким чином, використання BIM є не просто технологічною інновацією, а необхідною умовою сучасного будівництва, особливо в сегменті агропромислової інфраструктури. Інтеграція цього підходу гарантує нову якість підготовки проектів, їх реалізацію та подальшу експлуатацію об'єктів, що є критично важливим для модернізації національної економіки та інтеграції України з міжнародними стандартами.

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. BIM Handbook. Wiley. – Режим доступу: [BIM Handbook \(Wiley\)](#)
2. ISO 19650-1:2018. Information management using BIM. – Режим доступу: [ISO 19650-1](#)
3. ISO 19650-2:2018. Information management using BIM. – Режим доступу: [ISO Standards Catalog](#)
4. Autodesk Revit. Офіційна сторінка продукту. – Режим доступу: [Autodesk Revit](#)
5. Autodesk Revit Help. – Режим доступу: [Revit Help](#)
6. Autodesk Navisworks. – Режим доступу: [Autodesk Navisworks](#)
7. ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проєктної документації». – Режим доступу: [Мінрегіон України](#)
8. ДП «УкрНДНЦ». Національні стандарти України. – Режим доступу: [УкрНДНЦ](#)
9. Succar B. Building Information Modelling Framework. – Режим доступу: [ResearchGate Publication](#)
10. Volk R., Stengel J., Schultmann F. Building Information Modeling (BIM) for Existing Buildings. – Режим доступу: [ScienceDirect Article](#)
11. Azhar S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges. – Режим доступу: [ResearchGate Article](#)
12. Autodesk BIM Resources. – Режим доступу: [Autodesk BIM Resources](#)

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Турмій В. С.			ЛІТЕРАТУРА				Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О. В.									63	64
Реценз.									НУБіП України			
Н. Контр.		Ловейкін В.С.										
Затверд.												

ДОДАТКИ

					01.09.КР.1044”С”2026.04.15.035.ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Турмій В. С.			ДОДАТКИ				Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О. В.									64	64
Реценз.									НУБіП України			
Н. Контр.		Ловейкін В.С.										
Затверд.												