НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ПОГОДЖЕНО	ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Декан факультету	Завідувач кафедри будівництва
Конструювання та дизайну	
(назва факультету (ННІ))	
_____ Іван РОГОВСЬКИЙ_____	_____ Ігор ЯКОВЕНКО_____
(підпис) (ПІБ)	(підпис) (ПІБ)
«___»_____2026р.	«___»_____2026р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Проєктування виробничої будівлі обробки насіння у м. Кам'янець-Подільський.

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код і назва)

Гарант освітньої програми

д. т. н., професор _____ Микола МАР'ЄНКОВ

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

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор _____ Микола МАР'ЄНКОВ

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

Виконав _____ Ілля ГОЛОВКО

(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ – 2026

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри будівництва,

__Професор, д.т.н._____ _____ Ігор ЯКОВЕНКО
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“___” _____2026р.

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

__Головка Іллі Юрійовича__
(прізвище, ім’я, по батькові)
Спеціальність_____192 «Будівництво та цивільна інженерія»_____
(код і назва)
Тема магістерської кваліфікаційної роботи**: Проєктування виробничої будівлі обробки насіння у м. Кам’янець-Подільський**
затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» 12 2024 р. № 2267 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру ____05 2026_____
(рік, місяць, число)
Вихідні дані до магістерської роботи: інженерно-геологічні умови майданчика будівництва, ескіз архітектурно-конструктивної частини проєкту, технічні умови_____Запроєктувати стіни з сендвіч-панелей, фундамент стаканного типу. Запроєктувати ферму для двосхилого дах._____
Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, дев’яти аркушів формату А1.

Дата видачі завдання «____»_____20___ р.

Керівник магістерська кваліфікаційної роботи
_д.т.н., професор_____ _____ __Микола МАР’ЄНКОВ
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ ___Ілля ГОЛОВКО
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Сучасні промислові будівлі агропромислового комплексу, що спеціалізуються на кондиціонуванні, сушінні, очищенні та обробці насіння, характеризуються значною концентрацією віброактивного технологічного обладнання. Це обладнання, включаючи хаскери, вібросепаратори, пневмосепаратори, сортувальні машини, зерноочисні агрегати, транспортери, норії, сушильні установки, аспіраційні системи, вентилятори високого тиску та компресорне обладнання, функціонує у безперервному або циклічному режимі. Робота цих механізмів супроводжується виникненням динамічних навантажень різної інтенсивності та частоти, що створюють гармонійні, періодичні, імпульсні та випадкові коливання.

- Мета наукового дослідження: дослідження рівня вібрації в будівлі комплексу для обробки насіння сільськогосподарських культур, розташованого у м. Кам’янець-Подільський Хмельницької області, а також визначення впливу працюючого технологічного обладнання на міцність та стійкість конструкцій будівлі, і оцінки відповідності виявлених рівнів вібрації встановленим нормам безпеки, надійності та придатності для експлуатації промислових споруд.

- Об’єкт дослідження: будівля комплексу для обробки насіння сільськогосподарських культур, як частина агропромислового комплексу.

- Предмет дослідження: вібраційні процеси, що виникають у будівлі, динамічний вплив технологічного обладнання на будівельні елементи та методи оцінки стану конструкцій під впливом вібраційних навантажень.

- Методи дослідження: аналіз наукової, технічної та нормативної документації, вимірювання параметрів вібрації за допомогою спеціального обладнання, технічне обстеження будівельних конструкцій, порівняльний аналіз отриманих даних, математична обробка результатів вимірювань та оцінка динамічних навантажень.

Поставлені задачі досліджень:

- Проаналізувати сучасні дослідження щодо впливу вібрації від технологічного обладнання на промислові будівлі в агропромисловому комплексі;

- Обстежити будівлю комплексу для обробки насіння та виявити її ключові конструктивні особливості;

- Визначити основні джерела вібрації, що виникають під час виробничого процесу;

- Провести вимірювання параметрів вібрації будівельних елементів;

- Проаналізувати отримані дані вимірювань та оцінити ступінь впливу вібрації на несучі конструкції;

- Перевірити, чи відповідають фактичні показники вібрації чинним нормативним вимогам;

- Виявити можливі причини підвищеної вібрації та її вплив на загальний стан будівлі;

- Розробити рекомендації для зменшення вібраційного впливу та підвищення надійності експлуатації будівлі.

Особистий внесок здобувача. Проаналізовано науково-технічну літературу та нормативну базу щодо впливу вібрацій на будівельні конструкції промислових споруд. Виконано технічне обстеження будівлі комплексу кондиціювання насіння сільськогосподарських культур у м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області. Проведено інструментальні дослідження параметрів вібрацій та аналіз отриманих результатів. Визначено основні джерела динамічних навантажень і розроблено рекомендації щодо зниження вібраційного впливу на конструкції будівлі.

Висновки.

У результаті виконаних досліджень проведено комплексну оцінку вібраційного стану будівлі комплексу кондиціювання насіння сільськогосподарських культур вул. Індустріальна, 4 у м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області. У ході експериментальних досліджень встановлено, що основними джерелами динамічних впливів є хаскери

технологічної лінії кондиціювання насіння. Максимальні горизонтальні віброприскорення не перевищували 0,12 м/с². Встановлено, що переважаюча частота вимушених коливань перекриття становить 9.5 Гц. Частоти власних коливань конструкцій перекриття були зареєстровані у діапазоні 14-16 Гц, що свідчить про достатню жорсткість конструктивної системи. Результати віброметричних досліджень показали, що динамічні впливи від роботи технологічного обладнання мають локальний характер та найбільше проявляються у плитах перекриття в межах осей 2-4/А-Г. Також встановлено, що рівні вібрації у приміщеннях постійного перебування персоналу не перевищують допустимих санітарних норм для категорії 3а.Отримані результати свідчать про достатню точність і достовірність побудованої розрахункової моделі та можливість її використання для прогнозування роботи конструкцій при модернізації виробництва.

За результатами модального аналізу встановлено, що при збільшенні кількості обладнання спостерігається зниження власних частот конструкцій перекриття. Збільшення кількості хаскерів призводить до: підвищення маси системи; зростання інерційних навантажень; збільшення амплітуд коливань; зменшення динамічної жорсткості перекриття.

Перевірні розрахунки несучих конструкцій показали, що при роботі 8-ми хаскерів: несуча здатність колон забезпечується; міцність балок є достатньою; розрахункове армування плити перекриття не перевищує проектного; небезпечних зон руйнування конструкцій не виявлено. Отримані значення не перевищують проектних параметрів армування, що свідчить про забезпечення необхідної несучої здатності конструкцій. Таким чином, експлуатація будівлі при встановленні другої технологічної лінії є можливою за умови дотримання вимог щодо віброізоляції обладнання.

Результати досліджень показали, що без застосування ефективної віброізоляції можливе: підвищення динамічних навантажень; накопичення втомних пошкоджень; збільшення деформацій конструкцій; передача вібрацій на фундаменти та ґрунтову основу. Для забезпечення необхідного рівня

віброзахисту рекомендовано використовувати віброізолюючі опори. Застосування таких систем дозволяє значно знизити рівень динамічного впливу на конструкції та забезпечити нормативні умови експлуатації будівлі.

У зв’язку з збільшенням динамічних навантажень після встановлення другої лінії виробництва рекомендовано виконувати постійний контроль технічного стану конструкцій. Основними заходами моніторингу повинні бути: контрольні вимірювання віброприскорень; спостереження за деформаціями перекриттів; геодезичний контроль осідань фундаментів; періодичне обстеження вузлів кріплення обладнання; контроль стану віброізолюючих елементів. Перший цикл геодезичних спостережень рекомендується виконати до початку експлуатації другої черги виробництва, а другий — через один місяць після запуску обладнання. Подальшу періодичність спостережень слід визначати за результатами отриманих вимірювань.

ЗМІСТ

1. ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ 10
2. ВСТУП 11
3. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА 13
3.1 Район будівництва 13
3.2 Загальна характеристика будівлі 15
3.3 Об'ємно-планувальне та конструктивне рішення 17
3.4 Архітектурно-планувальні рішення 24
4. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА 29
4.1 Визначення навантажень 29
4.2 Розрахунок залізобетонної колони 31
4.3 Проєктування фундаменту під колону 32
4.4 Розрахунок монолітного перекриття 34
4.4.1 Розрахунок плити перекриття 35
4.4.2 Розрахунок ребра 41
4.4.3 Розрахунок міцності за нормальним перерізом 44
4.4.4 Розрахунок міцності по похилому перерізу 48
5. ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ВЛАШТУВАННЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ СЕНДВІЧ ПАНЕЛЕЙ 52
5.1 Загальні положення 52
5.2 Організація і технологія виконання робіт 55
5.3 Вибір будівельного крана 58
5.4 Вимоги до якості робіт 60
5.5 Матеріально-технічні ресурси 62
6. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА 65
6.1 Земляні роботи 65
6.2 Обґрунтування вибору монтажного крана 66
6.3 Технологія виконання будівельно-монтажних робіт 67
6.4 Календарний графік будівництва 69

6.5 Визначення потреби в тимчасових будівлях і спорудах 73
6.6 Будівельний генеральний план об’єкта 74
6.7 Забезпечення будівництва водою, електроенергією та тимчасовими мережами 76
6.8 Охорона праці при виконанні будівельних робіт 77
7. КОШТОРИСНА ЧАСТИНА 79
7.1 Загальні положення та вихідні дані 79
7.2 Кошторисний розрахунок витрат на проєкт 79
7.3 Кошторисні розрахунки та зведений підсумок 82
8. НАУКОВА ЧАСТИНА «ДИНАМІЧНІ ОБСТЕЖЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОСТУ ОЧИСТКИ ТА СОРТУВАННЯ» 88
8.1 Підстава, мета та завдання обстеження 88
8.2 Характеристика об’єкта обстеження 90
8.3 Інженерно-геологічні та сейсмічні умови 92
8.4 Технологічний процес і джерела динамічного впливу 93
8.5 Методика і апаратура вібродинамічного обстеження 95
8.6 Схеми розміщення датчиків і порядок виконання вимірювань 96
8.7 Результати вібродинамічних досліджень і розрахункової перевірки .. 97
8.7.1 Розрахункова модель і перевірка роботи двох ліній обладнання 99
8.8 Висновки та рекомендації 100
9. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 102

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Рис. – рисунок;

Н – ньютон;

кН – кілоньютон;

кПа – кілопаскаль;

МПа – мегапаскаль;

м – метр;

мм – міліметр;

$м^2$ – квадратний метр;

$м^3$ – кубічний метр;

кг – кілограм;

т – тонна;

°С – градус Цельсія;

% – відсоток;

ДБН – державні будівельні норми України;

ДСТУ – державний стандарт України;

СС2 – клас наслідків, середні наслідки;

СП – сендвіч-панель;

К – колона;

ОК – віконний блок;

Д – дверний блок;

В – ворота;

N – поздовжня сила;

М – згинальний момент;

Q – поперечна сила;

$м/с^2$ – метр за секунду в квадраті, одиниця прискорення;

ЛІРА-САПР – програмний комплекс для розрахунку будівельних конструкцій.

ВСТУП

Під час навчання в Національному університеті біоресурсів і природокористування України відповідно до навчального плану та освітньої програми я відвідував лекційні заняття, виконував практичні, лабораторні, курсові та розрахунково-графічні роботи. Це дало змогу засвоїти значний обсяг теоретичного матеріалу та набути практичних навичок, необхідних для майбутньої професійної діяльності у сфері будівництва.

У процесі навчання особлива увага приділялася вивченню дисциплін, пов’язаних з архітектурним проєктуванням, будівельними конструкціями, основами розрахунку будівель і споруд, організацією будівельного виробництва, інженерним обладнанням будівель та використанням сучасних програмних комплексів для проєктування. Виконання курсових проєктів і практичних завдань дозволило поглибити знання, отримані під час лекцій, та застосувати їх у розробленні реальних проєктних рішень.

Дипломний проєкт на тему **«Проєктування виробничої будівлі обробки насіння у м. Кам’янець-Подільський»** є підсумком мого навчання в університеті та відображає набуті теоретичні знання і практичні вміння. У роботі розглядаються питання проєктування виробничої будівлі, призначеної для забезпечення технологічного процесу обробки насіння, з урахуванням функціональних, конструктивних, архітектурно-планувальних та інженерних вимог.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в тому, що підприємства з обробки насіння мають важливе значення для аграрного сектору України. Якісна підготовка насіннєвого матеріалу впливає на врожайність сільськогосподарських культур, ефективність виробництва та розвиток агропромислового комплексу. Тому проєктування сучасних виробничих будівель такого призначення потребує раціональних планувальних рішень, надійних конструктивних схем, дотримання вимог безпеки, енергоефективності та зручності експлуатації.

Об’єкт дослідження - виробнича будівля обробки насіння у м. Кам’янець-Подільський.

Предмет дослідження - архітектурно-будівельні, конструктивні та організаційно-технологічні рішення при проєктуванні виробничої будівлі обробки насіння.

Мета дипломного проєкту - на основі здобутих під час навчання знань і практичних навичок розробити проєкт виробничої будівлі обробки насіння у м. Кам’янець-Подільський із застосуванням раціональних архітектурно-планувальних, конструктивних та інженерних рішень.

Під час виконання дипломного проєкту були використані знання, отримані при вивченні фахових дисциплін, а також навички виконання розрахунків, аналізу будівельних конструкцій і розроблення проєктної документації. Прийняті рішення спрямовані на забезпечення надійності, функціональності, безпечної експлуатації та відповідності будівлі її виробничому призначенню.

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Район будівництва

Будівельний майданчик для проєктування виробничої будівлі обробки насіння розташований у місті Кам’янець-Подільський Хмельницької області, за адресою: вул. Індустріальна, 4. Територія будівництва розміщена в межах міста та є придатною для розташування виробничої будівлі, оскільки передбачає можливість організації під’їзних шляхів, зон завантаження і розвантаження, складування сировини та готової продукції, а також підключення до необхідних інженерних мереж.

Клімат району будівництва – помірно континентальний. Для нього характерні чітко виражені пори року, помірно холодна зима, тепле літо, сезонні коливання температури повітря та наявність снігового покриву в зимовий період. Такі природно-кліматичні умови необхідно враховувати під час вибору об’ємно-планувальних рішень, конструктивної схеми будівлі, матеріалів зовнішніх огороджувальних конструкцій, покрівлі, теплоізоляції, а також при проєктуванні систем опалення, вентиляції та водовідведення [6].

Розрахункові зимові температури зовнішнього повітря для району будівництва становлять: найхолодніший день –26 °С, найхолодніші п’ять днів – 25 °С. Розрахункові літні температури зовнішнього повітря становлять: найтепліший день +27 °С, найтепліші п’ять днів +22 °С. Зазначені температурні показники враховуються при теплотехнічному розрахунку огороджувальних конструкцій, виборі товщини теплоізоляційного шару, а також при проєктуванні систем опалення та вентиляції виробничої будівлі.

Для будівлі обробки насіння підтримання необхідного мікроклімату має важливе значення, оскільки умови температури та вологості впливають як на комфорт працівників, так і на зберігання та технологічну обробку насіннєвого матеріалу.

За нормативним значенням вага снігового навантаження на 1 м² горизонтальної проєкції покриття становить 1,27 кПа. Це значення враховується під час розрахунку несучих елементів покрівлі виробничої будівлі, зокрема прогонів, балок, ферм або інших елементів покриття. Оскільки виробнича будівля має значну площу покрівлі, правильне врахування снігового навантаження є важливою умовою забезпечення надійності та безпечної експлуатації споруди [7; 43].

Характеристика вітру для району будівництва враховується відповідно до чинних будівельних норм. Дія вітру впливає на зовнішні стінові огороджувальні конструкції, покрівлю, вузли кріплення панелей та просторову жорсткість будівлі. Особливо важливим це є для виробничих будівель, які мають значні площі фасадів і покриття. При проєктуванні необхідно враховувати нормативний вітровий тиск, висоту будівлі, форму покрівлі, розташування об'єкта на території забудови та переважаючі напрямки вітру.

Таблиця 3.1 Характеристика вітру в липні

Повторюваність напрямку вітру,% середня швидкість вітру,м/с								Повторюваність штилю,%
Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
15,7 / 4,3	8,0 / 3,2	7,8 / 3,1	8,1 / 3,7	8,1 / 4,1	6,3 / 3,8	18,6 / 4,4	27,4 / 4,6	17,3

Таблиця 3.2 Характеристика вітру в січні

Повторюваність напрямку вітру,% середня швидкість вітру,м/с								Повторюваність штилю,%
Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
7,2 / 4,6	4,6 / 3,6	6,3 / 3,6	15,3 / 4,5	18,6 / 4,8	10,1 / 4,3	21,2 / 5,7	16,7 / 5,5	10,6

Гідрогеологічні умови:

Гідрогеологічні умови ділянки будівництва враховуються при виборі фундаментів, виконанні земляних робіт, плануванні території та організації відведення поверхневих вод. Перед початком будівельних робіт передбачається зняття рослинного шару ґрунту товщиною 0,35 м.

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту для району будівництва становить 0,86 м. Це значення враховується при проєктуванні фундаментів, підземних інженерних мереж, вимощення та інших елементів, які контактують із ґрунтовою основою. Урахування глибини промерзання необхідне для забезпечення стійкості конструкцій і запобігання можливим деформаціям від дії морозного здимання ґрунту [13; 47].

Річна кількість атмосферних опадів для району м. Кам'янець-Подільський становить 655 мм. З огляду на це на території об'єкта необхідно передбачити організоване відведення дощових і талих вод з покрівлі, проїздів, майданчиків та пішохідних доріжок. Відведення поверхневих вод виконується у систему дощової каналізації, що дозволяє запобігти перезволоженню ґрунтової основи, руйнуванню дорожнього покриття та накопиченню води біля фундаментів будівлі [21; 22].

3.2 Загальна характеристика будівлі

Проєктована будівля є одноповерховою виробничою будівлею, призначеною для забезпечення технологічного процесу обробки насіння. Будівля розташована у м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області, за адресою: вул. Індустріальна, 4. Основне призначення будівлі полягає у розміщенні технологічного обладнання, організації виробничих зон, забезпеченні переміщення сировини, готової продукції та безпечної роботи обслуговуючого персоналу.

Клас будівлі прийнято II. Ступінь довговічності будівлі — II, що відповідає орієнтовному терміну експлуатації 50–100 років. Ступінь вогнестійкості будівлі

прийнято II. Такі характеристики відповідають виробничому призначенню об’єкта та враховуються при виборі несучих і огороджувальних конструкцій, матеріалів, протипожежних рішень та інженерного забезпечення. Будівля має прямокутну форму в плані з основними розмірами 25,2 × 24,0 м. Таке планувальне рішення є доцільним для виробничого об’єкта, оскільки забезпечує зручне розміщення обладнання, раціональну організацію технологічного процесу та ефективне використання внутрішнього простору. Висота будівлі прийнята з урахуванням необхідності розміщення технологічного обладнання, покрівельних конструкцій та інженерних комунікацій [9; 10].

Внутрішній простір будівлі передбачає розміщення виробничих і технічних зон, необхідних для виконання процесів обробки насіннєвого матеріалу. Планувальне рішення забезпечує можливість зручного доступу до обладнання, його технічного обслуговування, переміщення матеріалів і безпечного пересування персоналу. Будівля запроєктована як виробничий об’єкт каркасного типу, що дозволяє створити відкритий простір без зайвого поділу внутрішніми несучими стінами.

На генеральному плані передбачено розміщення комплексу будівель і споруд, які забезпечують роботу підприємства з обробки насіння. До складу об’єкта входять контрольно-пропускний пункт, пост зважування, ваги та сортування, склад листостеблової маси, сушильна камера, пост обмолочування, склад насіння первинної очистки, пост калібрування, склад хімікатів та гербіцидів, склад очищеного насіння, лабораторія, адміністративна будівля зі столовою та гардеробними, газорозподільчий пункт, трансформаторна підстанція, очисні споруди дощових стоків, очисні споруди господарсько-побутової каналізації, резервуар протипожежного запасу води та насосна станція пожежогасіння. Такий склад споруд забезпечує послідовне виконання основних технологічних операцій: приймання, очищення, сушіння, калібрування, зберігання та контроль якості насіння [23; 37].

3.3 Об’ємно-планувальне та конструктивне рішення

Проєктована виробнича будівля обробки насіння у м. Кам’янець-Подільський передбачена як одноповерхова споруда виробничого призначення з підвищеною висотою внутрішнього простору. Таке рішення прийняте з урахуванням необхідності розміщення технологічного обладнання, забезпечення зручного обслуговування виробничих процесів, прокладання інженерних комунікацій та організації безпечного руху персоналу в межах будівлі.

Будівля має прямокутну форму в плані з основними розмірами 25,2 × 24,0 м. Сітка осей прийнята з кроком 6,3 м, що є доцільним для виробничих будівель каркасного типу. Така схема дозволяє створити відкритий внутрішній простір без зайвого поділу несучими стінами та забезпечує можливість раціонального розміщення обладнання, проходів і зон технічного обслуговування. Конструктивна схема будівлі прийнята каркасною. Основними несучими та огороджувальними елементами будівлі є: фундаменти стаканного типу, залізобетонні колони, цокольні залізобетонні панелі, зовнішні стіни із сендвіч-панелей, металеві конструкції покриття, покрівельні прогони, покрівельні сендвіч-панелі, промислова підлога по ґрунту, металопластикові вікна, сталеві двері, промислові секційні ворота та система зовнішнього водовідведення.

Фундаменти.

У проєкті передбачено застосування фундаментів стаканного типу. Такий тип фундаментів є раціональним для будівель із каркасною несучою системою, оскільки забезпечує надійне встановлення залізобетонних колон і передачу навантажень від надземної частини будівлі на ґрунтову основу. Конструктивно фундамент стаканного типу являє собою залізобетонний елемент із заглибленням, у яке встановлюється нижня частина колони. Після встановлення колона фіксується у стакані з подальшим замонолічуванням. Глибина закладання фундаментів приймається з урахуванням інженерно-

геологічних умов ділянки, нормативної глибини сезонного промерзання ґрунту для району будівництва, навантажень від будівлі та характеристик ґрунтової основи. Таке рішення дозволяє забезпечити стійкість будівлі, рівномірну передачу навантажень на основу та зменшити ризик виникнення деформацій у процесі експлуатації [13; 47].

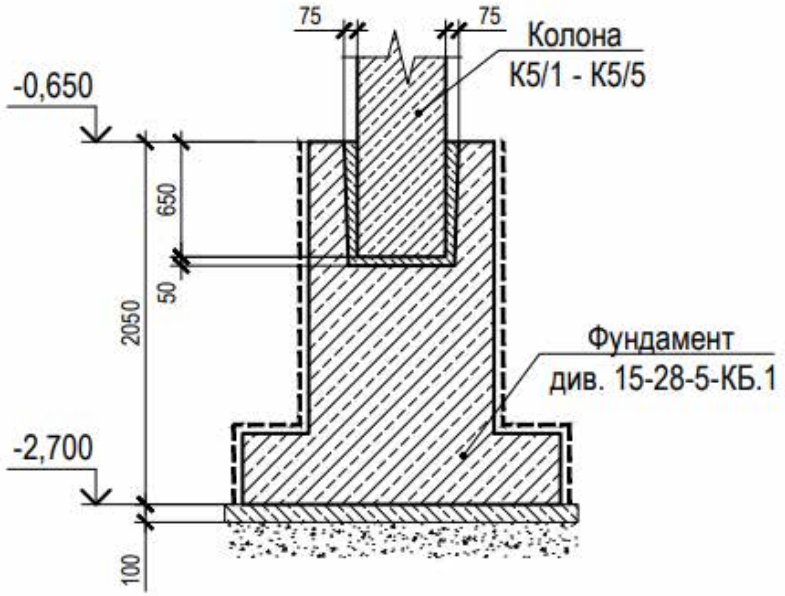

Рис. 3.1 Монолітний залізобетонний фундамент стаканого типу

Колони.

Колони є основними вертикальними несучими елементами каркаса будівлі. Вони сприймають навантаження від покриття, покрівельних прогонів, огороджувальних конструкцій, інженерних систем і технологічного обладнання та передають їх на фундаменти стаканого типу. Крім цього, колони беруть участь у забезпеченні просторової жорсткості та стійкості будівлі.
У проєкті передбачено залізобетонні колони таких марок:

– К-5/1 — переріз 500 × 500 мм, висота 10250 мм;

– К-5/2 — переріз 500 × 500 мм, висота 9200 мм;

– К-5/5 — переріз 400 × 400 мм, висота 3000 мм;

– К-5/6 — переріз 400 × 400 мм, висота 3100 мм.

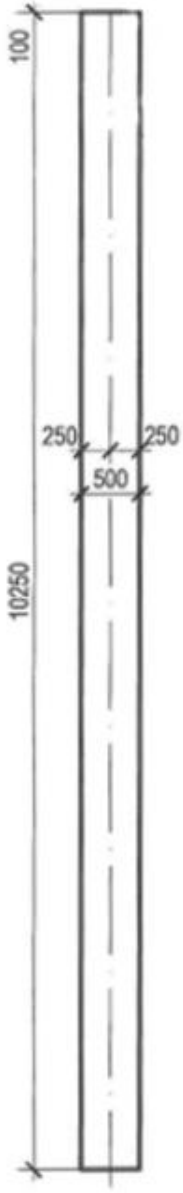

Рис. 3.2 Колона К-5/1

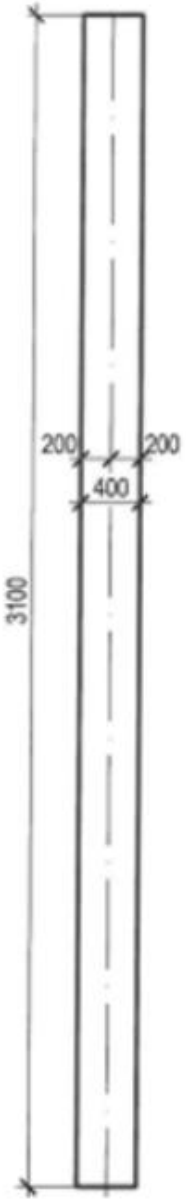

Рис. 3.3 Колона К-5/6

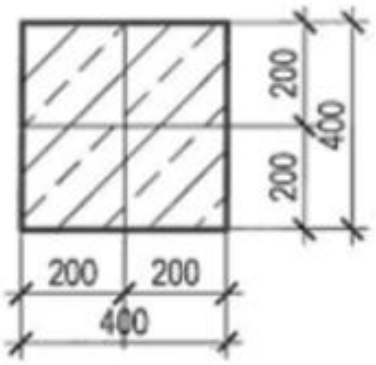

Рис. 3.4 Розріз колони К-5/6

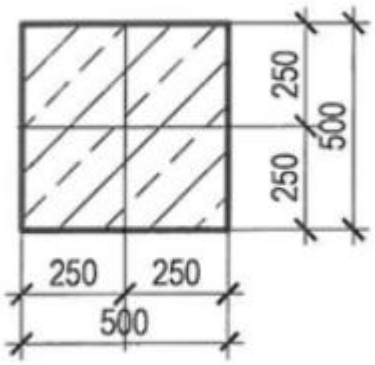

Рис. 3.5 Розріз колони К-5/1

Стіни.

Зовнішні стіни будівлі виконуються зі стінових сендвіч-панелей, які кріпляться до залізобетонного каркаса. Застосування таких панелей є доцільним для виробничої будівлі, оскільки вони забезпечують тепловий захист, герметичність, швидкий монтаж, невелику власну масу та сучасний зовнішній вигляд. Сендвіч-панелі також зменшують навантаження на несучий каркас і сприяють підвищенню енергоефективності будівлі [17].

Стінова сендвіч-панель складається з внутрішнього облицювального шару, теплоізоляційного шару та зовнішнього облицювального шару. Внутрішній і зовнішній шари виконуються з профільованого сталевого листа з оцинкованим і полімерним покриттям. Теплоізоляційний шар передбачено з мінераловатного утеплювача на основі базальтової вати товщиною 100 мм і щільністю 100 кг/м³. У місцях примикання сендвіч-панелей до колон, цоколя, віконних і дверних прорізів передбачаються фасонні елементи, ущільнювальні стрічки, герметики та заповнення стиків базальтовою ватою. Такі рішення забезпечують герметичність стиків, зменшення тепловтрат, захист від зволоження та довговічність огороджувальних конструкцій. У кресленнях вузлів показано застосування стінових сендвіч-панелей, базальтової вати, герметиків, ПСУЛ-стрічок, фасонних елементів і кріпильних деталей.

Цоколь.

У нижній частині будівлі передбачено цокольні залізобетонні панелі. Вони захищають нижню частину стін від механічних пошкоджень, зволоження та забруднення. До цокольної частини примикають стінові сендвіч-панелі, а у вузлах примикання передбачено герметизацію, ущільнювальні стрічки та фасонні елементи.

Біля будівлі передбачається залізобетонне вимощення з ухилом від стін. Його призначенням є відведення поверхневих вод від цоколя та фундаментів, а також захист ґрунтової основи від надмірного зволоження.

Покриття та дах.

Покриття будівлі виконується по металевих несучих конструкціях. Основними елементами покриття є сталеві ферми, покрівельні прогони та покрівельні сендвіч-панелі. Проліт покриття становить 24 м. Ферми сприймають навантаження від власної ваги покрівлі, снігового навантаження, вітрового впливу та передають їх на залізобетонні колони.

Дах будівлі прийнятий двосхилим. Покрівельне покриття виконується із сендвіч-панелей товщиною 120 мм. Такі панелі забезпечують теплоізоляцію, захист внутрішнього простору від атмосферних опадів, достатню жорсткість покриття та швидкий монтаж. У стиках і примиканнях покрівлі застосовуються ущільнювальні стрічки, поліуретановий герметик, фасонні елементи та заповнення базальтовою ватою.

Покрівля виконується з ухилом, достатнім для організованого відведення дощових і талих вод. Водовідведення з покрівлі передбачено через систему зовнішнього водостоку, до складу якої входять водоприймальні жолоби та водостічні труби. Для безпечної експлуатації в зимовий період передбачено систему снігозатримання.

Підлога.

У виробничій будівлі передбачено промислову підлогу по ґрунту у вигляді шліфованої монолітної залізобетонної плити зі зміцненим верхнім шаром. Такий тип підлоги є доцільним для виробничих приміщень, оскільки має високу міцність, зносостійкість, довговічність і зручність у догляді. Зміцнений верхній шар, або топінг, підвищує стійкість поверхні до стирання, механічних впливів і навантажень від обладнання [14; 16].

Конструкція підлоги включає монолітну залізобетонну плиту, гідроізоляційний шар із поліетиленової плівки товщиною 0,2 мм, щебенево-піщану підготовку та ущільнений ґрунт основи. Така багатошарова конструкція забезпечує рівномірну передачу навантажень на основу, захист плити від капілярної вологи та надійну роботу підлоги під час експлуатації виробничої будівлі.

Металеві сходи.

Оскільки будівля є одноповерховою, основні внутрішні сходові клітки не передбачаються. Водночас у складі будівлі можуть передбачатися технічні металеві сходи для доступу до окремих рівнів, інженерного обладнання, покрівлі або зон обслуговування.

Металеві сходи виконуються у вигляді відкритої маршової конструкції зі сталевих елементів. Сходинки можуть виготовлятися з рифленого або ґратчастого металу, що зменшує ризик ковзання. Для безпечного пересування персоналу передбачаються поручні та огородження. Металеві елементи сходів повинні мати антикорозійний захист.

Вікна.

У проєкті передбачено встановлення металопластикових вікон білого кольору з однокамерним склопакетом. Вікна забезпечують природне освітлення приміщень, візуальний зв’язок із зовнішнім середовищем і частково впливають на теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій.

За специфікацією передбачено такі типи вікон:

– ОК-501 — металопластикове вікно з відкриванням стулок, розмір 5000 × 1500 мм;

– ОК-502 — металопластикове глухе вікно, розмір 5000 × 1500 мм;

– ОК-503 — металопластикове глухе вікно, розмір 1400 × 1800 мм.

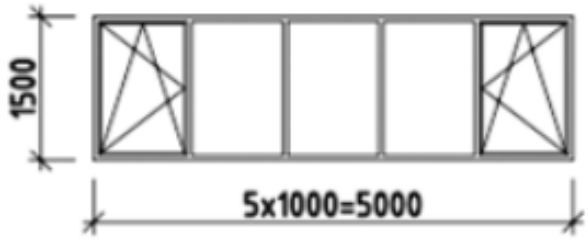

Рис. 3.6 Вікно з відкриванням стулок ОК-501

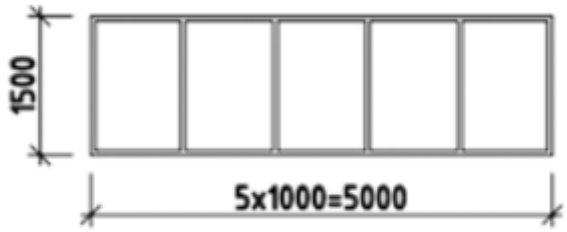

Рис. 3.7 Вікно глухе ОК-502

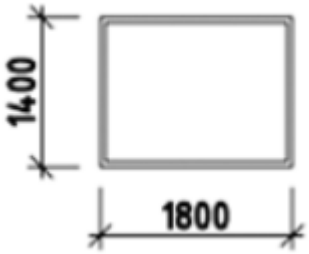

Рис. 3.8 Вікно ОК-503

Двері.

У будівлі передбачено зовнішні та внутрішні сталеві двері. Зовнішні двері прийняті утепленими, частина дверей виконується із заскленням безпечним склом. Двері мають порошкове покриття білого кольору. За специфікацією передбачено двері марок Д-501, Д-502, Д-503, Д-504, Д-505 та Д-506. Основні розміри дверних прорізів становлять 1000 × 2100 мм та 900 × 2100 мм залежно від марки та місця встановлення.

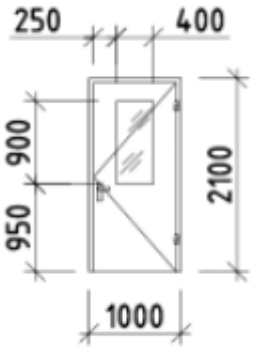

Рис. 2.7 Двері Д-501

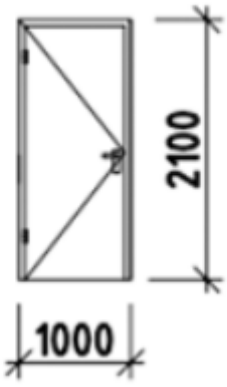

Рис. 2.8 Двері Д-506

Ворота.

Для виробничої будівлі передбачено промислові секційні ворота марки В-501. Вони призначені для подачі матеріалів, переміщення продукції, доступу обладнання та обслуговування технологічного процесу. Розмір прорізу воріт становить 4000 × 4000 мм. За специфікацією прийняті секційні ворота з ручним механічним відкриванням типу Hoermann SPU F42, білого кольору.

Водовідведення.

Відведення води з покрівлі передбачено організованим способом через систему зовнішнього водостоку. У складі системи передбачені водоприймальні жолоби та водостічні труби. Поверхневі води з території відводяться по ухилах проїздів і майданчиків у систему дощової каналізації. Прийняте рішення дозволяє запобігти накопиченню води біля будівлі, зволоженню ґрунтової основи та пошкодженню вимощення. Організоване водовідведення також покращує умови експлуатації території та підвищує довговічність конструкцій.

Прийняті об’ємно-планувальні та конструктивні рішення відповідають функціональному призначенню виробничої будівлі обробки насіння. Каркасна конструктивна схема, фундаменти стаканного типу, залізобетонні колони, сендвіч-панелі стін і покрівлі, промислова підлога та система організованого водовідведення забезпечують надійність, довговічність, енергоефективність і зручність експлуатації будівлі.

3.4 Архітектурно-планувальні рішення

Архітектурно-планувальні рішення виробничої будівлі обробки насіння прийняті з урахуванням її призначення, технологічного процесу та зручності експлуатації. Будівля запроєктована одноповерховою, прямокутної форми в плані. Таке рішення є зручним для виробничого об’єкта, оскільки обладнання, проходи для персоналу та зони переміщення матеріалів можна розмістити на одному рівні без складних внутрішніх зв’язків.

Будівля входить до складу агропромислового комплексу, де передбачені виробничі, складські, адміністративні та технічні об’єкти. На території розміщуються споруди для приймання, зважування, очищення, сушіння, обмолочування, калібрування, зберігання і контролю якості насіння. Таке планування дає змогу організувати послідовний технологічний процес і забезпечити нормальну роботу підприємства.

Територія комплексу поділяється на функціональні зони. Виробничі та складські об’єкти розміщуються з урахуванням руху сировини і готової продукції. Адміністративні та побутові приміщення доцільно розташовувати ближче до основного входу або в’їзду. Технічні споруди, зокрема трансформаторна підстанція, газорозподільчий пункт, очисні споруди та насосна станція пожежогасіння, розміщуються з урахуванням вимог безпеки й обслуговування.

Під’їзні шляхи, майданчики для маневрування транспорту, зони завантаження і розвантаження передбачаються так, щоб не заважати руху працівників. Це зменшує перетин транспортних і пішохідних потоків та підвищує безпеку на території підприємства.

Конструктивна схема будівлі прийнята каркасною. Основними несучими елементами є залізобетонні колони, які встановлюються у фундаменти стаканного типу. Каркасна схема дозволяє отримати відкритий внутрішній простір, що важливо для розміщення технологічного обладнання та його подальшого обслуговування.

Фундаменти. Під несучі колони передбачені залізобетонні фундаменти стаканного типу. Колона встановлюється у стакан фундаменту, після чого виконується її закріплення та замонолічування. Таке рішення забезпечує надійну передачу навантажень від каркаса будівлі на ґрунтову основу. Глибина закладання фундаментів приймається з урахуванням властивостей ґрунтів, навантажень від будівлі та нормативної глибини промерзання. Для захисту підземних конструкцій від вологи передбачається гідроізоляція. По

периметру будівлі влаштовується вимощення з ухилом від стін для відведення поверхневих вод.

Колони.

Залізобетонні колони сприймають навантаження від покриття, покрівельних прогонів, стінових панелей, інженерних систем і технологічного обладнання. Через колони ці навантаження передаються на фундаменти. У проєкті застосовуються колони К-5/1, К-5/2, К-5/5 та К-5/6. Вони мають різні розміри й висоту, що пов’язано з конструктивною схемою будівлі та її висотними відмітками.

Стіни.

Зовнішні стіни виконуються зі стінових сендвіч-панелей, які кріпляться до залізобетонного каркаса. Такі панелі захищають приміщення від атмосферних впливів, забезпечують теплоізоляцію та мають невелику власну масу. Це зручно для виробничої будівлі, оскільки монтаж виконується швидко, а фасади мають охайний вигляд.

Сендвіч-панель складається з двох металевих облицювальних шарів і утеплювача між ними. Як теплоізоляційний матеріал використовується базальтова вата товщиною 100 мм і щільністю 100 кг/м³. У місцях стиків і примикань передбачаються ущільнювальні стрічки, герметики, фасонні елементи та заповнення базальтовою ватою.

Покриття та дах.

Покриття будівлі виконується по металевих несучих конструкціях. Основними елементами є сталеві ферми, покрівельні прогони та покрівельні сендвіч-панелі. Ферми сприймають навантаження від покрівлі, снігу та вітру і передають їх на залізобетонні колони.

Дах прийнятий двосхилим.

Покрівельне покриття виконується із сендвіч-панелей товщиною 120 мм. Таке рішення забезпечує тепловий захист, швидкий монтаж і захист приміщень від атмосферних опадів. Відведення дощових і талих вод здійснюється через зовнішню систему водостоку.

Підлога.

У виробничій частині передбачена промислова підлога по ґрунту. Вона виконується у вигляді шліфованої монолітної залізобетонної плити зі зміцненим верхнім шаром. Така підлога підходить для приміщень, де встановлюється обладнання і можливе переміщення матеріалів.

Конструкція підлоги включає монолітну залізобетонну плиту, поліетиленову плівку товщиною 0,2 мм, щебенево-піщану підготовку та ущільнений ґрунт основи. Верхній зміцнений шар підвищує зносостійкість підлоги та полегшує її прибирання.

Вікна, двері та ворота. Для природного освітлення передбачені металопластикові вікна білого кольору з однокамерним склопакетом. У проєкті застосовуються вікна ОК-501 розміром 5000 × 1500 мм, ОК-502 розміром 5000 × 1500 мм та ОК-503 розміром 1400 × 1800 мм.

Двері прийняті сталевими, зовнішні та внутрішні. Частина зовнішніх дверей виконується утепленою і заскленою безпечним склом. Для евакуаційних виходів передбачено відкривання зсередини без ключа. Основні розміри дверних прорізів становлять 1000 × 2100 мм та 900 × 2100 мм.

Для подачі матеріалів і обслуговування виробничого процесу передбачені промислові секційні ворота В-501 розміром 4000 × 4000 мм. Ворота мають ручне механічне відкривання і використовуються для зручного доступу до виробничої зони.

Освітлення, вентиляція та інженерне обладнання. Освітлення будівлі передбачається природне та штучне. Природне освітлення забезпечується через вікна, а штучне — електричними світильниками. Вентиляція приймається з урахуванням виробничого процесу, можливого виділення пилу, вологи та тепла. Для виробничих зон доцільним є застосування механічної вентиляції. Інженерне забезпечення будівлі включає водопостачання, каналізацію, електропостачання, вентиляцію та організоване водовідведення. На території комплексу також передбачені трансформаторна підстанція, газорозподільчий

пункт, очисні споруди, резервуар протипожежного запасу води та насосна станція пожежогасіння.

Прийняті рішення забезпечують зручну експлуатацію виробничої будівлі, надійну роботу конструкцій і можливість нормального функціонування технологічного обладнання. Каркасна схема, сендвіч-панелі, промислова підлога та організоване водовідведення відповідають призначенню будівлі обробки насіння.

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення навантажень

Для подальшого розрахунку несучих елементів виконано визначення навантажень від покриття, перекриття, снігу, корисного навантаження та власної маси конструкцій.

Потрібно запроектувати колону на всю довжину будівлі, висота колони загальна $h = 10{,}25$м; Сітка колон 6,0 х6,3 м.

Район будівництва м. Хмельницька область ($s_g = 1{,}4$ кН/м^2)

Перетин колони попередньо приймаємо квадратним 50х50см.

Матеріал:

- Бетон важкий класу С20/25, $R_b = 14{,}5$ МПа, $\gamma_{b2} = 0{,}9$, $R_b\gamma_{b2} = 14{,}5 \cdot 0{,}9 = 13{,}1$МПа, $\mathrm{E}_b = 30000$МПа

- арматура А500С, $R_s = 270$МПа, $E_s = 200000$МПа.

Вантажна площа 6,3 х 3 = 18,9 м^2

Від покриття.

Від маси панелей та покрівлі:

$$\left(g_{\text{пан}} + g_{\text{кров}}\right)\mathrm{A}_{\text{гр}}; \tag{4.1}$$

$$(3{,}3 + 6{,}5)18{,}9 = 185{,}2\text{кН};$$

$$g_{\text{риг}} = \gamma_{\text{бет}}\mathrm{A}_{\text{риг}}\gamma_{f;} \tag{4.2}$$

$g_{\text{риг}}25 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}6 \cdot 7{,}4 \cdot 1{,}1 = 24{,}4\text{кН/м}$ – вага ригеля;

Від снігу:

$$s = s_g\mu A_{\text{гр}}; \tag{4.3}$$

$$s = 1{,}4 \cdot 1 \cdot 18{,}9 = 26{,}7\text{кН}$$

У тому числі тривала частина снігового навантаження: $s_l = 0{,}7 \cdot 26{,}7 = 18{,}5$кН.

Повне навантаження від покриття:

$$\mathrm{N}_{\text{покр}} = 185{,}2 + 24{,}4 + 26{,}7 = 236{,}3 \text{ кН}.$$

Тривала частина навантаження від покриття:

$$\mathrm{N}_{\text{покр,l}} = 288{,}6 + 24{,}4 + 18{,}5 = 228{,}2\text{кН}.$$

Від перекриття.

Від маси панелей та підлог:

$$(g_{\text{пан}} + g_{\text{пол}})\mathrm{A}_{\text{гр}}; \tag{4.4}$$

$$16{,}6 \cdot 18{,}9 = 313{,}7\text{кН};$$

$g_{\text{риг}} = 24{,}7$кН/м – вага ферми.

Тимчасова (корисна) $V = v\mathrm{A}_{\text{гр}} = 10 \cdot 18{,}9 = 189$кН , у тому числі тривала частина тимчасового навантаження:

$$V_l = v\mathrm{A}_{\text{гр}}; \tag{4.5}$$

$$V_l = 4{,}9 \cdot 18{,}9 = 92{,}6\text{кН}.$$

Повне навантаження від перекриття:

$$\mathrm{N}_{\text{перек}} = 313{,}7 + 24{,}7 + 189 = 527{,}4 \text{ кН}.$$

Навантаження від мас колони:

$$G_{\text{пов}} = \gamma_{\text{бет}} bhh_{\text{пов}}\gamma_f; \tag{4.6}$$

$$G_{\text{пов}} = 25 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 10{,}25 \cdot 1{,}1 = 70{,}5 \text{ кН}$$

Зусилля в колоні (у рівні обрізу фундаменту)

Від повного розрахункового навантаження:

$$\mathrm{N} = \left(\mathrm{N}_{\text{пок}} + \mathrm{N}_{\text{перек}}\mathrm{n}_{\text{пов}} + \mathrm{G}_{\text{пов}}\mathrm{n}_{\text{пов}} + \mathrm{G}_{\text{подв}}\right)\gamma_{\text{т}}; \tag{4.7}$$

$$\mathrm{N} = (236{,}3 + 527{,}4 + \ 70{,}5)1 = 834{,}2\text{кН}.$$

Від тривалого розрахункового навантаження:

$$N_l = (228{,}2 + 527{,}4 + 70{,}5)1 = 826{,}1\text{кН}.$$

4.2 Розрахунок залізобетонної колони

Розрахунок міцності перерізу колони виконуємо за формулами на дію поздовжньої сили з випадковим ексцентриситетом, оскільки класу важкого бетону нижче С20/25, а l_0=10250 мм>20*h=20*500=10000мм.

Приймаючи коефіцієнт φ=0,8, обчислимо необхідну площу перерізу поздовжньої арматури:

$$A_{s,tot} = \frac{N}{\phi x R_{sc}} - A\frac{R_b}{R_{sc}}; \tag{4.8}$$

$$A_{s,tot} = \frac{834{,}2x10^3}{0.8x270} - 500x500\frac{14{,}5}{270} = 3734\text{мм}^2.$$

Призначаємо арматуру 8∅25 А500, A_s = 3927 мм^2.

Визначаємо значення:

$$\phi_{\text{факт}} = \phi_b + 2\cdot(\phi_{sb} - \phi_b)\cdot\frac{R_{sc}\cdot A_{stot}}{R_b\cdot b_{col}\cdot h_{col}}; \tag{4.9}$$

$$\phi_{\text{факт}} = 0{,}9026 + 2\cdot(0{,}9102 - 0{,}9026)\cdot\frac{280\cdot3927\cdot10^{-6}}{14{,}5\cdot0{,}4\cdot0{,}4} = 0{,}91.$$

Визначаємо зусилля, яке може бути сприйняте перетином:

$$N_u = \phi\cdot\left(R_b\cdot b\cdot h + A_{s,tot}\cdot R_{sc}\right); \tag{4.10}$$

$$N_u = 0{,}91\cdot(14{,}5\cdot500\cdot500 + 280\cdot3927) = 4299\text{кН};$$

Порівнюємо: $N_u = 3149\text{кН} \geq N = 834{,}2\text{кН}$;

Умова виконується, отже, міцність колони забезпечена

Підбір поперечної арматури:

Приймаємо арматуру класу А240С діаметром 8мм. Крок стрижнів $S \leq 20 \cdot d = 20 \cdot 16 = 320\text{мм} \leq 500\text{мм}$. Приймаємо $S = 300\text{мм}$.

4.3 Проєктування фундаменту під колону

Фундамент розраховуємо під розраховану вище колону перетином 500х500мм з розрахунковим зусиллям у закладенні N=834,2 кН.

Для визначення розмірів підошви фундаменту обчислимо нормативне зусилля від колони, приймаючи середнє значення коефіцієнта надійності навантаження $\gamma_{fm} = 1{,}15$.

$$N_n = \frac{N_{max}}{\gamma_f \frac{3130}{1{,}15}}. \tag{4.11}$$

Ґрунт основи допускає умовний розрахунковий тиск $R_0 = 0{,}4\text{МПа}$, а глибина закладення фундаменту $H_\text{ф} = 2{,}05$ м.

Фундамент проектуємо з важкого бетону класу С20/25 та робочої арматури класу А500С. $R_{bt} = 0{,}945\text{МПа}; R_s = 280\text{МПа}$.

Приймаючи середню вагу одиниці об'єму бетону фундаменту та ґрунту на обрізах $\gamma_{mt} = 20\text{кН/м}^3$, обчислимо необхідну площу підошви фундаменту:

$$A_{f,tot} = \frac{N^n_{max}}{R_0 - \rho_m \cdot H}; \tag{4.12}$$

$$A_{f,tot} = \frac{834{,}2 \cdot 10^3}{0{,}4 - 20 \cdot 2{,}05 \cdot 10^{-6}}^2.$$

Розмір сторони квадратної підошви фундаменту має бути не меншим: $a_\text{ф} = \sqrt{A_{f,tot}} = 1{,}9$ м.

Приймаємо прямокутний фундамент $a = 2{,}1$ м $a = 1{,}8$ м При цьому тиск під підошвою фундаменту від розрахункового навантаження буде рівним.

$$p_s = \frac{N}{A_{s,tot}}; \quad (4.13)$$

$$p_s = \frac{834{,}2 \cdot 10^3}{37800^2} = 0{,}35\text{МПа}.$$

Робочу висоту фундаменту визначаємо з умови закладення колони в фундаменті:

$$H = 1{,}5 \cdot h_{col} + 250 = 1{,}5 \cdot 400 + 250 = 850\text{мм}.$$

Робочу висоту фундаменту визначаємо з умови продавлювання:

$$h_0 = -\frac{h_c - b_c}{4} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{R_{bt} + p_s^{`}}} h_0; \quad (4.14)$$

$$h_0 = -\frac{500+500}{4} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{834{,}2 \cdot 10^3}{0{,}945+0{,}35}} = 525\text{мм};$$

$$H_{ф2} = h_0 + 50; \quad (4.15)$$

$$H_{ф2} = 525 + 50 = 575\text{мм}.$$

Приймаємо фундамент заввишки $H_ф = 850$мм, двоступінчастий, з висотою нижнього ступеня $h_1 = 450$мм.

З урахуванням бетонної підготовки під підошвою фундаменту матимемо розрахункову висоту: $h_0 = H - a = 850 - 50 = 800$мм.

Виконаємо перевірку умови міцності нижнього ступеня фундаменту за поперечною силою без поперечного армування у похилому перерізі. Для одиниці довжини цього перерізу:

$$Q = 0{,}5 \cdot (a - h_c - 2 \cdot h_0) \cdot b \cdot p_s^{`}; \quad (4.16)$$

$$Q = 0{,}5 \cdot (2100 - 400 - 2 \cdot 800) \cdot 1 \cdot 0{,}236 = 165{,}2\text{кН}.$$

Оскільки $Qbt_{01_{b,min}}$, то міцність нижнього ступеня похилого перерізу забезпечена.

Площу перерізу арматури підошви квадратного фундаменту визначимо з умови розрахунку фундаменту на вигин у перерізах 1-1, 2-2. Згинальні моменти визначимо за формулами:

$$M_1 = 0{,}125 \cdot p_S^{`} \cdot \left(a_ф - h_{col}\right); \quad (4.17)$$

$$M_1 = 0{,}125 \cdot 0{,}236 \cdot (2100 - 400)^2 \cdot 2100 = 398{,}6 \cdot 10^6 \text{Н} \cdot \text{мм}.$$

$$M_2 = 0{,}125 \cdot p_S^{`} \cdot \left(a_ф - a_1\right); \quad (4.18)$$

$$M_2 = 0{,}125 \cdot 0{,}236 \cdot (2100 - 1200)^2 \cdot 2100 = 205{,}5 \cdot 10^6 \text{Н} \cdot \text{мм}.$$

Перетин арматури одного та іншого напряму на всю ширину фундаменту визначимо з умов:

$$A_{s1} = \frac{M_1}{0{,}9 \cdot h_0 \cdot R_S}; \quad (4.19)$$

$$A_{s1} = \frac{398{,}6 \cdot 10^6}{0{,}9 \cdot 800 \cdot 280} = 2040 \text{ мм}^2;$$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{0{,}9 \cdot h_0 \cdot R_S}; \quad (4.20)$$

$$A_{s2} = \frac{205{,}5 \cdot 10^6}{0{,}9 \cdot 280 \cdot 400} = 2038 \text{ мм}^2.$$

Нестандартну зварювальну сітку конструюємо з однаковою в обох напрямках робочою арматурою ∅25 А500С (A_s = 2011 мм^2).

4.4 Розрахунок монолітного перекриття

При компонуванні конструктивної схеми перекриття ребра жорсткості перекриття обов'язково розташовуються поперечному напрямку будівлі, тобто за найбільшим кроком колон.

Відстань між другорядними ребрами призначаються з урахуванням проектування плити балкового типу. Допускається прийняти розмір крайнього прольоту плити менше середнього лише на 20 %. Розміри поперечних перерізів балок мають відповідати уніфікованим.

Монолітне перекриття слід проектувати із важкого бетону заданого класу. Плита повинна армуватися рулонними зварними сітками з поздовжньою робочою арматурою, що укладаються за напрямком головних балок. Армування другорядних балок проектується як зварних каркасів з поздовжньої робочої арматурою заданого класу. Поперечна робоча арматура при діаметрі стрижнів до 6 мм приймається класу А500С, а при великих діаметрах класу А240С.

При визначенні навантаження від маси статі коефіцієнт надійності по навантаженню повинен прийматися рівним 1,2, а решта коефіцієнтів надійності за навантаженням та призначенням будівлі беруться відповідно. Щільність залізобетону для визначення навантажень від власної ваги конструкцій повинна прийматися відповідно до вимог.

Призначаємо попередньо такі значення геометричних розмірів елементів перекриття:

Висота та ширина поперечного перерізу другорядних ребр:

$$h = (\frac{1}{12}\ldots\frac{1}{20})xl = \frac{1}{15}x6000 = 400\text{мм};$$

$$b = (0{,}3\ldots0{,}5)xh = 150\text{мм}.$$

Висота та ширина поперечного перерізу головних ребр: $h = (\frac{1}{8}\ldots\frac{1}{15})xl = 700\text{мм}, b = 300\text{мм};$

товщину плити приймемо 150мм на відстані між осями другорядних ребр 1850мм.

4.4.1 Розрахунок плити перекриття

Обчислимо розрахункові прольоти та навантаження на плиту.

У короткому напрямку:

$$l_{01} = l - \frac{b}{2} - c + \frac{a}{2}; \quad (4.21)$$

$$l_{01} = 1850 - \frac{150}{2} - 250 + \frac{120}{2} = 1585\text{мм};$$

$$l_{02} = l - b; \quad (4.22)$$

$$l_{02} = 1850 - 150 = 1700\text{мм};$$

в довгому напрямку :

$$l_0 = l - b; \quad (4.23)$$

$$l_0 = 6000 - 300 = 5700\text{мм}.$$

Оскільки ставлення прольотів $\frac{5700}{1700} \cong 3{,}35 > 2$, то плита балкового типу.

Для розрахунку плити в плані перекриття умовно виділяємо смугу шириною 1 м. Плита буде працювати як нерозрізна балка, опорами якої є другорядні ребра і зовнішні цегляні стіни. При цьому навантаження на 1м плити дорівнюватиме навантаженню на 1м^2 перекриття.

Підрахунок навантажень на плиту дано у таблиці 2.

Таблиця 4.1 Збір навантаження

Вид навантаження	Нормативна навантаження кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження кН/м^2
Постійна від маси плити (h = 0,15м$\rho = 25$кН/м3) від маси полу	0,15 х25 = 3,75 1,1	1,1 1,2	4,12 1,32
Разом: Тимчасова	2,6 10	 1,2	g=5,44 v = 12
Усього	12,6		17,4

З урахуванням коефіцієнта надійності за призначенням будівлі розрахункове навантаження на 1 м плити:

$$q = (g + v)x\gamma_n; \quad (4.24)$$

$$q = 17{,}4 \text{ x}1 \ = \ 17{,}4 \text{ кН/м}.$$

Визначимо згинальний момент з урахуванням перерозподілу зусиль у середніх прольотах та на середніх опорах:

$$M = \frac{qxl_{02}^2}{16}; \quad (4.25)$$

$$M = \frac{17{,}4\text{x}1,7^2}{16} = 3{,}1\text{кН} \cdot \text{м};$$

у першому прольоті та на першій проміжній опорі:

$$M = \frac{qxl_{01}^2}{11}; \quad (4.26)$$

$$M = \frac{17{,}4\text{x}1{,}585^2}{11} = 2{,}6\text{кН} \cdot \text{м}.$$

Тому що для плити відношення $\frac{h}{l_{02}} = \frac{150}{1850} = \frac{1}{12} > \frac{1}{30}$, то середніх прольотах, облямованих з усього контуру ребрами, згинальний момент зменшуємо на 20%, тобто. вони дорівнюватимуть 0,8х2,6=2,1кНм.

Визначимо міцність та деформативні характеристики бетону заданого класу з урахуванням вологості навколишнього середовища.

Бетон важкий природного твердіння, класу С20/25, при вологості $65\% \div \gamma_{b2} = 0{,}9$; Rb = 0,9 x14, 5 = 13,05 МПа; Rbt = 0,9 x1, 05 = 0,945 МПа; Eb = 30000 МПа.

Виконаємо підбір перерізів поздовжньої арматури сіток.

У середніх прольотах, облямованих по контуру балками, та на проміжних опорах:

$$h_0 = ha; \quad (4.27)$$

$$h_0 = 150 - 12{,}5 = 137{,}5 \text{ мм};$$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b x b x h_0^2}; \quad (4.28)$$

$$\alpha_m = \frac{2{,}1\text{x}10^6}{13{,}05\text{x}1000\text{x}137{,}5^2} = 0{,}071;$$

$$\xi = 0{,}0425 \leq \xi_R = 0{,}632, \zeta = 0{,}964.$$

тоді:

$$R_s A_s = \frac{M}{\zeta x h_0}; \tag{4.29}$$

$$R_s A_s = \frac{M}{\zeta x h_0} = \frac{2{,}1\text{x}10^6}{0{,}964\text{x}137{,}5} = 45861\text{Н};$$

приймаємо сітку С1$\frac{6\text{Вр}I-100}{6\text{Вр}I-(x250)+100}$ з фактичною несучою здатністю поздовжньої арматури R_sA_s=36560Н>45861Н.

Попередньо призначаються висота та ширина перерізу другорядної ребра з умов:

$$h_{вр} = (1/18. . . 1/16) \cdot L_1 = (1/18. . . 1/16) \cdot 5{,}4 = 0{,}37. . . 0{,}41;$$

приймаємо $h_{вр}$ = 0,4 м.

Ширина другорядного ребра

$$b_{вр} = (0{,}35. . . 0{,}45) \cdot h_{вр} = 0{,}14. . . 0{,}18 \text{ м; приймаємо } b_{вр} = 0{,}15 \text{ м.}$$

Розрахунковий проліт плити дорівнює:

$$L_{03} = L_3 - b_{вр}; \tag{4.30}$$

$$L_{03} = L_3 - b_{вр} = 1{,}3 - 0{,}15 = 1{,}15 \text{ м.}$$

Вирівняні згинальні моменти:

У середніх прольотах та над середніми опорами:

$$M_2 = \frac{q \cdot L_{03}^2}{16} = \frac{12{,}4127 \cdot 1{,}15^2}{16} = 1{,}03 \frac{кН \cdot м}{м}; \tag{4.29}$$

у першому прольоті та на першій проміжній опорі відповідно:

$$M_1 = \frac{q \cdot L_{03}^2}{11} = \frac{12{,}4127 \cdot 1{,}15^2}{11} = 1{,}49 \frac{кН \cdot м}{м}. \tag{4.32}$$

Монолітні плити армуються сітками. Відстань від центру ваги арматури сіток до найближчої грані перерізу приймаємо a_s = 1,5 см. Тоді робоча висота перерізу:

$$h_0 = h_{пл} - a_s = 15 - 1,5 = 13,5 \text{ см}.$$

Спочатку розрахунок міцності за нормальним перерізом ведеться по моменту M_2 в наступній послідовності:

$$A_0 = \frac{M_2}{\gamma_{b2} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2}; \quad (4.33)$$

$$A_0 = \frac{1,03 \cdot 10^5}{0,9 \cdot 850 \cdot 100 \cdot 13,5^2} = 0,066;$$

$$\eta^* = 0,965; \xi = 0,07;$$

$$A_s = \frac{M_2}{R_s \cdot h_0 \cdot \eta^*}; \quad (4.34)$$

$$A_s = \frac{1,03 \cdot 10^5}{415 \cdot 100 \cdot 13,5 \cdot 0,965} = 0,572 \text{см}_2.$$

Приймаємо кількість сіток в одному етапі колон n = 3.

Довжину нахльостав приймаємо заздалегідь a_0 = 0,1м.

Приймаємо довжину випуску поперечних стрижнів а = 0,05м.

Ширина сітки між крайніми поздовжніми стрижнями:

$$B_0 = \frac{L_1}{n} + 2 \cdot a_0; \quad (4.35)$$

$$B_0 = \frac{L_1}{n} + 2 \cdot a_0 = \frac{5,4}{3} + 2 \cdot 0,1 = 2,0\text{м};$$

Приймаємо B_0 = 2,0 м.

Приймаємо захисний прошарок бетону a_3 = 0,05 м;

Ширина будівлі, що складається з 3 прольотів, дорівнює:

$$B_{зд} = 3 \cdot L_2; \quad (4.36)$$

$$В_{зд} = 3 \cdot 5200 = 15600мм.$$

Довжина сітки дорівнює:

$$L = B_{буд} - 2 \cdot a_з; \quad (4.37)$$
$$L = 25200 - 2 \cdot 50 = 25100мм.$$

Спосіб армування залежить від діаметра робочої поздовжньої арматури.

Приймаємо крок поздовжніх стрижнів рівний 100мм. Тоді кількість стрижнів в 1м ширини сітки дорівнює 10. Необхідна площа перерізу 1 стрижня дорівнює:

$$A_{s1} = \frac{0,572}{10} = 0,05см^2.$$

За сортаментом арматури приймаємо ∅8 А500; A_s = 0,05 см^2.

Армування проводиться рулонними сітками з поздовжнім розташуванням робочої арматури. Підбираємо марку сітки:

$$С1\,\frac{3А500-100}{3А500-200}\,2550 \times 25200\,\frac{50}{50}.$$

Згинальний момент визначення марки сітки С2 (в запас міцності) складе:

$$M_{С2} = M_1 - M_2; \quad (4.38)$$
$$M_{С2} = 1,49 - 1,03 = 0,46кН·м;$$

тоді:

$$A_0 = \frac{M_{С2}}{\gamma_{b2} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2}; \quad (4.39)$$
$$A_0 = \frac{0,46 \cdot 10^5}{0,9 \cdot 850 \cdot 100 \cdot 13,5^2} = 0,03;$$
$$\eta^* = 0,985; \quad \xi = 0,03;$$
$$A_s = \frac{M_{С2}}{R_s \cdot h_0 \cdot \eta^*}; \quad (4.40)$$

$$A_{s2} = \frac{0{,}46 \cdot 10^5}{415 \cdot 100 \cdot 13{,}5 \cdot 0{,}985} = 0{,}25\text{см}^2.$$

Приймаємо крок поздовжніх стрижнів рівним 100 мм. Тоді кількість стрижнів в 1 м ширини сітки дорівнює 10. Необхідна площа перерізу 1 стрижня дорівнює:

$$A_{s1} = \frac{0{,}25}{10} = 0{,}025\text{см}^2.$$

За сортаментом арматури приймаємо дріт ∅8 А500С; A_s = 0,025 см^2.

Параметри сітки: B_0 = 2500 мм, а = 0025 м.

Довжина сітки:

$$L = b_{вб} - a_3 + L_{03} + b_{вб} + \frac{1}{4} \cdot L_{03}; \quad (4.41)$$

$$L = 150 - 25 + 1150 + 150 + \frac{1150}{4} = 1712{,}5\text{мм}.$$

Приймаємо L=1850 мм.

Підбираємо марку сітки:

$$C2\,\frac{3A500 - 100}{3A500 - 200}\,2050 \times 1850\,\frac{25}{25}$$

4.4.2 Розрахунок ребра

Призначення розмірів другорядного ребра та статичний розрахунок.

Висота головного ребра дорівнює:

$$h_{гб} = \left(\frac{1}{7} \ldots \frac{1}{10}\right) \cdot L_2; \quad (4.42)$$

$$h_{гб} = \left(\frac{1}{7} \ldots \frac{1}{10}\right) \cdot 6{,}1 = 0{,}74 \ldots 0{,}52\text{м};$$

Приймаємо $h_{гр}$ = 650 мм;

Ширина головного ребра дорівнює:

$$b_{гб} = (0{,}35\ldots0{,}4)h_{гб}; \quad (4.43)$$

$$b_{гб} = (0{,}35\ldots0{,}4)h_{гб} = (0{,}3\ldots0{,}4) \cdot 650 = 195\ldots260мм;$$

Приймаємо $b_{гр}$ = 200 мм.

Розрахунковий проліт другорядного ребра складає:

$$L_{01} = a - b_{гб}; \quad (4.44)$$

$$L_{01} = 6100 - 200 = 5900мм.$$

Попередні розміри другорядного ребра:

$$h_{dб} = \left(\frac{1}{12}\ldots\frac{1}{15}\right) \cdot L_1; \quad (4.45)$$

$$h_{dб} = \left(\frac{1}{12}\ldots\frac{1}{15}\right) \cdot 6{,}3 = 0{,}55\ldots0{,}40м;$$

$$b_{гб} = (0{,}35\ldots0{,}4)h_{dб}; \quad (4.46)$$

$$b_{гб} = (0{,}3\ldots0{,}4) \cdot 400 = 120\ldots160мм;$$

$h_{вб}$ = 400 мм; $b_{вб}$ = 150 мм.

Розрахункове навантаження на 1 п.м. ребра складає:

$$q_p = 12{,}4127 \cdot 1{,}3 + 0{,}15 \cdot (0{,}4 - 0{,}06) \cdot 2500 \cdot 9{,}81 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}1 = 17{,}45кН/м.$$

Згинальні моменти рівні.

Прогонові моменти в середніх прольотах, опорні моменти в проміжних опорах у межі головного ребра:

$$M_1 = \frac{q_p L_{01}^2}{16}; \quad (4.47)$$

$$M_1 = \frac{q_p L_{01}^2}{16} = \frac{17{,}45 \cdot 6{,}1^2}{16} = 29{,}49кН \cdot м;$$

прогоновий момент у першому прольоті; опорний момент на першій проміжній опорі у межі головного ребра:

$$M_2 = \frac{q_p L_{01}^2}{11}; \quad (4.48)$$

$$M_2 = \frac{17,45 \cdot 6,1^2}{11} = 42,9\text{кН·м};$$

негативний момент у другому прольоті з відривом 0,25·L01 від опори:

$$M_3 = -\alpha \cdot q_p L_{01}^2; \quad (4.48)$$

$$M_3 = -0,0454 \cdot 17,45 \cdot 6,1^2 = -21,42\text{кН} \cdot \text{м};$$

де α=0,0454, тому що p/g=9/2,7627 = 3,25.

Поперечні сили визначаються за формулами:

сила, що перерізує, у першої опори:

$$Q_1 = 0,4 q_p L_{01}; \quad (4.49)$$

$$Q_1 = 0,4 \cdot 17,45 \cdot 5,2 = 36,30\text{кН};$$

сила, що перерізує, у другої опори зліва:

$$Q_2 = -0,6 q_p L_{01}; \quad (4.50)$$

$$Q_2 = -0,6 \cdot 17,45 \cdot 5,2 = -54,44\text{кН};$$

сила, що перерізує, у всіх інших опор:

$$Q_3 = \pm 0,5 q_p L_{01}; \quad (4.51)$$

$$Q_3 = \pm 0,5 \cdot 17,45 \cdot 5,2 = \pm 45,37\text{кН}.$$

Далі уточнюються розміри перерізу другорядного ребра:

$$h_{\text{овб}} = 1{,}8\sqrt{\frac{\text{M}_2}{R_b \cdot b_{\text{вб}}}}; \quad (4.52)$$

$$h_{\text{овб}} = 1{,}8\sqrt{\frac{42{,}9 \cdot 10^3}{8{,}5 \cdot 10^6 \cdot 0{,}15}} = 0{,}35\text{м};$$

$$h_{\text{вб}} = h_{\text{овб}} + \text{a}_3; \quad (4.53)$$

$$h_{\text{вб}} = 0{,}35 + 0{,}05 = 0{,}40\text{м};$$

Остаточно приймаємо: $h_{вр}$ =0,5м; $b_{вр}$ =*0.2* м.

4.4.3 Розрахунок міцності за нормальним перерізом

Розрахунок міцності другорядного ребра проводиться у чотирьох перерізах, а також у п'ятому перерізі (перша проміжна опора середньої другорядного ребра) у точці дії моменту M_1.

Ребро у випадку розглядається як елемент таврового перерізу з розрахунковим армуванням розтягнутої зони ($\xi \le \xi_R$).

Уточнюємо розміри таврового перерізу.

Оскільки $h_{пл}/h_{вр} = 60/500 = 0{,}12 \ge 0{,}1$, величина звису полиці тавра визначається за умов:

$$b_{\text{св}} \le \frac{1}{6} \cdot L_1; \quad (4.54)$$

$$b_{св} = \frac{1}{6} \cdot 6{,}3 = 1{,}1\text{м};$$

$$b_{\text{св}} \le \frac{L_3 - b_{\text{вр}}}{2}; \quad (4.55)$$

$$b_{св} = \frac{1{,}3 - 0{,}2}{2} = 0{,}55\text{м}.$$

З отриманих значень вибирається найменше, кратне 25 мм.

Остаточно приймається у подальших розрахунках $b_{св} = 550$мм.

Отже, наведена ширина полиці дорівнює:

$$b_f' = 2b_{\text{св}} + b_{\text{вб}}; \tag{4.56}$$

$$b_f^{'} = 2 \cdot 550 + 200 = 1300\text{мм}.$$

Знаючи клас бетону та розміри розрахованого таврового перетину, приступають до армування другорядної балки зварними каркасами.

Поздовжні стрижні (1 та 2) плоских каркасів КР1 та КР4 приймають з розрахунку другорядної балки на дію моментів М1 та М2.

Розглядаємо як тавровий перетин (з огляду на знак діючого у перерізі моменту). Визначаємо положення нейтральної осі, виходячи з максимального моменту на епюрі. Перевіряється умова:

$$M_2 < R_b \cdot b_f \cdot h_f \cdot (h_0 - \cdot\, 0{,}5h_f); \tag{4.57}$$

$$42{,}9 \text{ кН·м} < 0{,}9 \cdot 8500 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}06 \cdot (0{,}45\text{-}0{,}5 \cdot 0{,}06) \text{ кН·м};$$

$$42{,}9 \text{ кН·м} < 250{,}614 \text{ кН·м}.$$

Умова виконується, отже, нейтральна вісь знаходиться у полиці.

Далі ведемо розрахунок перерізу елемента прямокутного профілю:

$$\alpha_{\text{м}} = \frac{\text{M}_2}{R_b \cdot b_f' \cdot h_0^2}; \tag{4.58}$$

$$\alpha_м = \frac{42{,}9 \cdot 10^5}{0{,}9 \cdot 8{,}5 \cdot 100 \cdot 130 \cdot 45^2} = 0{,}02;$$

$$\eta = 0{,}985; \xi = 0{,}02.$$

Гранична висота стиснутої зони визначається за такою формулою:

$$\xi_R = \frac{0{,}8}{1 + \frac{R_S}{700}}; \tag{4.59}$$

$$\xi_R = \frac{0{,}8}{1 + \frac{355}{700}} = 0{,}531.$$

Перевіряємо умову:

$$\xi \leq \xi_R; \tag{4.60}$$

$$0{,}02 < 0{,}531$$

Умова виконується, отже, стисла арматура $A_s^{'}$ в даному перерізі встановлюється за конструктивними вимогами, приймаємо 2∅12 А500С.

Необхідна площа розтягнутої робочої арматури знаходиться за такою формулою:

$$\mathrm{A}_S^{\mathrm{TP}} = \frac{M_2}{\eta \cdot R \cdot_S h_0}; \tag{4.61}$$

$$A_S^{TP} = \frac{42{,}9 \cdot 100}{0{,}985 \cdot 35{,}5 \cdot 45} = 2{,}73\text{см}^2.$$

За сортаментом арматури приймаємо: 2∅14 А400С; $\mathrm{A_S} = 3{,}08\text{см}^2$.

Перетин 1-1

Розглядаємо як тавровий перетин. Визначаємо положення нейтральної осі, виходячи з максимального моменту на епюрі. Перевіряємо умову:

$$M_2 < R_b \cdot b_f \cdot h_f \cdot (h_0 - \cdot\, 0{,}5 h_f); \tag{4.62}$$

$$29{,}49 \text{ кН·м} < 250{,}614 \text{ кН·м}.$$

Умова виконується, отже, нейтральна вісь знаходиться у полиці.

Далі ведемо розрахунок перерізу елемента прямокутного профілю:

$$\alpha_м = \frac{M_1}{R_b \cdot b_f^{'} \cdot h_0^2}; \tag{4.63}$$

$$\alpha_м = \frac{29{,}49 \cdot 10^5}{0{,}9 \cdot 8{,}5 \cdot 100 \cdot 130 \cdot 45^2} = 0{,}015;$$

$$\eta = 0{,}990; \xi = 0{,}015;$$

Гранична висота стиснутої зони визначається за такою формулою:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+\frac{R_S}{700}}; \quad (4.64)$$

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+\frac{355}{700}} = 0,531$$

Перевіряємо умову:

$$\xi \leq \xi_R;$$

$$0,015 < 0,531$$

Умова виконується, отже, стисла арматура A_S у цьому перерізі встановлюється за конструктивними вимогами.

Приймаємо 2∅12 А400С. A_S=2,26 см^2;

Необхідна площа розтягнутої робочої арматури знаходиться за такою формулою:

$$A_S^{TP} = \frac{M_1}{\eta \cdot R \cdot_S h_0}; \quad (4.65)$$

$$A_S^{TP} = \frac{29,49 \cdot 100}{0,990 \cdot 35,5 \cdot 45} = 1,87 \text{см}^2.$$

За сортаментом арматури приймаємо: 2∅12 А400С; A_S = 2,26 см^2.

Перетин 2-2

Перетин за межею головного ребра, розглядається як прямокутне. Враховується знак чинного у перерізі моменту:

$$\alpha_м = \frac{M_2}{R_b \cdot b_f^{/} \cdot h_0^2}; \quad (4.66)$$

$$\alpha_м = \frac{42,9}{0,9 \cdot 8500 \cdot 0,2 \cdot 0,45^2} = 0,14;$$

$$\eta = 0,88; \xi = 0,14;$$

Гранична висота стиснутої зони визначається за такою формулою:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+\frac{R_S}{700}}; \quad (4.67)$$

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+\frac{355}{700}} = 0,531$$

Перевіряємо умову:

$$\xi \le \xi_R;$$

$$0,14 < 0,531$$

Умова виконується, отже стисла арматура в опорному перерізі не потрібна.

Визначається необхідна площа розтягнутої робочої арматури:

$$A_S^{TP} = \frac{M_2}{\eta \cdot R \cdot_S h_0}; \quad (4.68)$$

$$A_S^{TP} = \frac{42,9 \cdot 100}{0,88 \cdot 35,5 \cdot 45} = 3,05\text{см}^2.$$

За сортаментом арматури приймаємо: 2∅14 А400С; A_S = 3,08 см^2.

4.4.4 Розрахунок міцності по похилому перерізу

Розрахунок у 1-му прольоті, у перерізі 2 – 2 на перерізну силу.

Q = 54,44 кН.

Перевіряємо розміри поперечного перерізу з умови міцності по бетонній смузі між тріщинами:

$$Q = 0,3R_b \cdot b \cdot h_0 \cdot \gamma_{b2}; \quad (4.69)$$

$$Q = 0,3 \cdot 8,5 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,2 \cdot 0,45 = 206,55\text{кН};$$

$$54,44 < 206,55;$$

умова виконується.

Обчислюємо згинальний момент, що сприймається ригелем над похилою тріщиною:

$$M_b = 1{,}5R_{bt} \cdot b \cdot {h_0}^2 \cdot \gamma_{b2}; \quad (4.70)$$

$$M_b = 1{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 1000 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}45 = 91{,}125\text{кН} \cdot \text{м}.$$

Обчислюємо мінімальну поперечну силу, що сприймається бетоном

$$Q_{bl} = 2\sqrt{M_b \cdot q_l}; \quad (4.71)$$

$$Q_{bl} = 2\sqrt{91{,}125 \cdot 11{,}21} = 63{,}92\text{кН},$$

де

$$q_l = q_p - q_{кр}; \quad (4.72)$$

$$q_l = 17{,}45 - 4{,}8 \cdot 1{,}3 = 11{,}21\text{кН/м}$$

Порівнюємо Q < Q_{bl}

54,44 < 63,92; умова виконується.

Приймаємо S_1 = 300 мм.

Крок поперечних стрижнів S_2 у середній частині прольоту приймаємо з наступних умов:

$S_2 \leq ¾ \cdot h = ¾ \cdot 500 = 375$ мм.

$S_2 \leq 500$мм.

Приймаємо S_2 = 500 мм.

Кількість стрижнів у одному перерізі приймається n = 2.

Необхідна площа одного стрижня:

$$A_{sw} = \frac{q_{sw} \cdot S_1}{R_{sw} \cdot n}; \quad (4.73)$$

$$A_{sw} = \frac{405 \cdot 30}{285 \cdot 2(100)} = 0{,}21\text{см}^2;$$

R_{sw} = 285 МПа = 28,5 кН/см^2 для А400С.

За сортаментом підбирається 2∅4 А500С з фактичною A_s = 0,25 см^2.

Перевіряємо умову зварюваності:

$d_{sw} > 1/4 \cdot 18 = 4,5$ мм. (перетин 1-1).

Остаточно приймаємо 2∅5 Вр500 з фактичною $A_s = 0,39$ см^2.

Розрахунок у середньому прольоті на перерізну силу в перерізі 3-3

$Q_3 = 45,37$ кН.

Перевіряємо розміри поперечного перерізу з умови міцності по бетонній смузі між тріщинами:

$$Q = 0,3R_b \cdot b \cdot h_0 \cdot \gamma_{b2}; \quad (4.74)$$

$$Q = 0,3 \cdot 8,5 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0.2 \cdot 0,45 = 206,55\text{кН};$$

45,37 < 206,55; умова виконується.

Обчислюємо згинальний момент, що сприймається ригелем над похилою тріщиною:

$$M_b = 1,5R_{bt} \cdot b \cdot {h_0}^2 \cdot \gamma_{b2}; \quad (4.75)$$

$$M_b = 1,5 \cdot 0,75 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 0,2 \cdot 0,45 = 91,125\text{кН/м}.$$

Обчислюємо мінімальну поперечну силу, що сприймається бетоном

$$Q_{bl} = 2\sqrt{M_b \cdot q_l}; \quad (4.76)$$

$$Q_{bl} = 2\sqrt{91,125 \cdot 11,21} = 63,92\text{кН},$$

де

$$q_l = q_p - q_{кр}; \quad (4.77)$$

$$q_l = 17,45 - 4,8 \cdot 1,3 = 11,21\text{кН/м}$$

Порівнюємо $Q < Q_{bl}$

45,37<63,92; умова виконується, призначаємо крок поперечної арматури за конструктивними вимогами.

Призначаємо крок поперечної арматури за конструктивними вимогами

$S<0,75h_0=0,75 \cdot 450=337$ мм, призначаємо 300 мм

$S_1 \leq 500$ мм, призначаємо $S_1 = 500$ мм.

Призначаємо діаметр поперечної арматури з умови зварюваності

$d_{sw} > 1/4\ d$

$d_{sw} = 5$ мм $\geq 1/4 \cdot 13 = 3{,}0$ мм, приймаємо остаточно $d_{sw} = 3$ мм А500С.

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ВЛАШТУВАННЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ

5.1 Загальні положення

Робочі процеси з підйомом і монтажем стінових та покрівельних сендвіч-панелей до проєктного положення необхідно здійснювати на спеціально підготовлених стендах, що розташовуються в зоні дії основного вантажопідйомного обладнання, такого як кран. Для стропування зазначених панелей у процесі їх підйому та переміщення потрібно застосовувати виключно гнучкі тканинні фали. Додатково дозволяється використовувати спеціальні захвати, траверси, вакуумні присоски або інші пристрої, що забезпечують безпечне транспортування та захищають металеві краї панелей і лакофарбове покриття від пошкоджень і деформацій [4; 30].

Перед початком робіт із монтажу стінових і покрівельних сендвіч-панелей необхідно повністю зняти захисну плівку з їх зовнішніх і внутрішніх обкладок. У разі потреби нанесення герметиків на замкові стики обкладок (згідно з вимогами робочої документації) цей етап слід виконати до підняття й встановлення панелей у заплановане положення. Процес монтажу має здійснюватися за умови, що температура навколишнього середовища в зоні робіт не опускатиметься нижче +5°С. Усі конструктивні елементи, що необхідні для облаштування огороджувальних конструкцій стін і покриттів (у тому числі планки, кріпильні елементи, герметики та ущільнювачі), повинні бути встановлені у відповідності до проєктної документації, яка визначає їх кількість, характеристики та порядок монтажу.

Забороняється заміна комплектуючих елементів на інші, що не передбачені проєктною документацією, а також використання конструкцій чи матеріалів без попереднього узгодження з постачальником. Ширина майданчика для спирання панелей на середніх та крайніх опорах має відповідати мінімальним параметрам,

зазначеним у рекомендаціях до монтажу стінових або покрівельних панелей. Підрізання стінових та покрівельних СП або вирізування фрагмента в панелях можна проводити:

− повністю по одній з поздовжніх сторін (по довжині панелі);

− повністю по одній з торцевих або бічних сторін (по ширині панелі);

− частково по обидва поздовжні (по довжині панелі) та/або по обидва торцеві або бічні сторони (по ширині панелі).

Застосовувати панелі з підрізаними сторонами (або вирізаними фрагментами) допускається:

− при обов'язковому додатковому кріпленні обрізаних сторін (фрагментів) панелі до несучих конструкцій, якщо значення сумарної площі підрізаної частини4 підрізання) панелі;

− без обов'язкового додаткового кріплення обрізаних сторін (фрагментів) панелі до конструкцій, що несуть, якщо значення сумарної площі підрізаної частини (або вирізаних фрагментів) становить не більше 10 % від початкової площі (до підрізання) панелі. Застосовувати панелі з підрізаними сторонами (або вирізаними фрагментами) не допускається: якщо значення сумарної площі підрізаної частини (або вирізаних фрагментів) становить більше 40 % від початкової площі (до підрізання) панелі;

− якщо підрізання сторін (або вирізування фрагментів) панелі проводилося з СП, номінальні розміри якої менші за мінімальні номінальні значення (довжини та ширини), - незалежно від значення сумарної площі підрізаної частини;

− якщо підрізування сторін (або вирізування фрагментів) панелі вироблялося з СП, яка раніше піддавалася підрізанню та була встановлена у проектне положення - незалежно від значення сумарної площі підрізаної частини (або вирізаних фрагментів).

Підрізання або вирізання фрагментів панелей здійснюється на рівній, твердій та чистій поверхні зі штучним покриттям, яке захищене від атмосферних опадів. Роботи мають проводитися в робочій зоні, у межах доступності підйомних механізмів, таких як кран. Для цих операцій використовують справне

сертифіковане обладнання та інструменти, що виключають значне нагрівання металевих облицювань сендвіч-панелей, наприклад електричні або механічні ножиці, лобзик чи пилку. Після завершення робіт необхідно ретельно видалити утворену стружку з поверхонь панелей за допомогою м'якої щітки.

Не допускається застосовувати для підрізання панелей або вирізування фрагментів сендвіч-панелей газополум'яних різаків (пальників), абразивних кіл (пила – «болгарка») тощо. інструментів та пристроїв, які викликають значне нагрівання металевих обкладок сендвіч-панелей. Не допускається застосовувати панелі (з підрізанням або без підрізування частин СП), які не відповідають гранично допустимим значенням:

- відхилень геометричних параметрів панелей; зовнішньому вигляду та стану конструктивних елементів СП;

− міцності панелей при оцінці зчеплення утеплювача з обкладинками СП; міцності панелей при рівномірному відриві та зсуві;

− при оцінці стиків панелей по поздовжнім (бічнім) сторонам (кромкам) панелей;

− при оцінці фізико-механічних характеристик утеплювача та клею, які були застосовані для виготовлення СП.

Для очищення поверхні (зовнішньої та внутрішньої обкладок), замків панелей від пилу, бруду та сміття застосовуються: стиснене повітря, м'які щітки та/або, при необхідності, миючі засоби, що виключають пошкодження полімерного покриття обкладок, замків, а також матеріалу утеплювача.

Не допускається застосовувати для очищення поверхні (зовнішньої та внутрішньої обкладок), замків панелей від пилу, бруду та сміття: пісок, розчини та речовини, які можуть призвести до пошкодження полімерного покриття обкладок, замків. Підйом та переміщення панелей та комплектуючих елементів до місця встановлення у проектне положення необхідно здійснювати за допомогою справного сертифікованого підйомного обладнання та такелажного обладнання.

5.2 Організація і технологія виконання робіт

Монтаж покрівельного покриття із сендвіч-панелей здійснюється у відповідності до детально розробленого плану, який враховує об'ємно-просторові та архітектурні особливості конкретного об'єкта, а також послідовність виконання монтажних робіт. Процес передбачає два основні етапи: підготовчий, що включає, зокрема, встановлення баштового крана, та основний, під час якого безпосередньо монтуються сендвіч-панелі [2; 4].

Монтаж проводиться в температурному діапазоні від -15°С до +30°С із залученням декількох кранів. Роботи можуть виконуватися як в одну зміну, так і в дві, залежно від масштабів реалізації проєкту. У процесі можуть брати участь декілька монтажних бригад по 3-4 особи в кожній, які працюють паралельно з використанням окремих вертикальних кранів.

Процедура встановлення огороджувальних конструкцій покриттів із сендвіч-панелей передбачає три основні етапи:

– підготовчий етап;

– основний етап;

– заключний етап.

Технологія монтажу огороджувальних конструкцій стін і покриттів орієнтована на використання в каркасних будівлях і спорудах, несучі конструкції яких виготовлені з металу, залізобетону (монолітного чи збірного) або деревини.

Монтаж сендвіч-панелей може проводитися одним із трьох методів:

1. «Монтаж з коліс» – без організації тимчасового зберігання панелей на приоб'єктних складах.

2. Тимчасове зберігання до трьох місяців за умов створення відкритих приоб'єктних складів.

3. Тривале зберігання (від трьох до шести місяців) із забезпеченням закритих, добре провітрюваних і опалювальних складів.

Підготовчі роботи.

Перед початком монтажу необхідно підготувати майданчик. Це включає облаштування під'їзних шляхів для забезпечення доступу панелевозів та створення місць для їх стоянки під час розвантаження. У зоні розвантаження біля фасаду будівлі формують розширений під'їзд шириною 9 метрів та довжиною 20-30 метрів із твердим покриттям, наприклад, зібраним із залізобетонних плит. Якщо відсутнє належне покриття, додатково створюють майданчик для розвороту і паркування транспорту.

Тимчасове зберігання тришарових сендвіч-панелей здійснюється в оригінальній герметичній упаковці у закритих складах, які захищають матеріали від атмосферних опадів, пилу та прямих сонячних променів. Склад має бути сухим, із твердої основою. Якщо зберігання панелей проводиться на відкритому просторі, необхідно дотримуватися наступних вимог:

– Майданчик повинен мати ухил для стоку води чи талого снігу.

– Панелі слід складувати на дерев'яних підкладках товщиною не менше 10 см із проміжками між ними від 1 до 1,5 м. Максимальна висота штабеля 2,4 м.

– Панелі накривають водонепроникним матеріалом (наприклад, брезентом), залишаючи для циркуляції повітря відкритий низ.

Піднімання та фіксація сендвіч-панелей.

У процесі підйому сендвіч-панелей застосовують спеціальні вантажопідйомні пристрої, що запобігають пошкодженню матеріалів. Серед таких пристроїв — текстильні ремені, присоски, системи з поперечними балками та механічні затискачі.

Перед початком монтажних робіт на місці повинні бути присутніми організовані робочі місця монтажників, на місці монтажне обладнання, встановлені контейнери для збірних деталей, герметиків та ізоляції, стандартних будівельних матеріалів, кріплень та інструментів. Небезпечна зона повинна бути тимчасово огороджена огорожею та встановлена захисна техніка. Робочі зони повинні бути освітлені прожекторами, встановленими на стовпах освітлення.

Монтажні роботи.

Монтаж виконується за послідовним та паралельним технологічним процесом. У разі дощу панелі необхідно захистити, щоб запобігти намокання відкритих ділянок ізоляції. Враховуючи властивості герметизуючих матеріалів (пластичність, еластичність, адгезія), оптимальний температурний діапазон для робіт становить від 0 до +30 °С.

Монтаж виконується в такому порядку: підготовка місць кріплення тришарових сендвіч-панелей, розміщення тришарових сендвіч-панелей у призначеному місці, кріплення тришарових сендвіч-панелей та встановлення елементів опалубки для тришарових сендвіч-панелей. Технологія монтажу покрівлі представлена нижче з прикладами основних компонентів та вузлів. Монтаж інших компонентів та вузлів виконується аналогічним чином.

Підготовка місць кріплення тришарових сендвіч-панелей починається із завершення монтажу несучої конструкції будівлі. Перед початком робіт необхідно перевірити точність горизонтальності, вертикальності, паралельності та площинності місць кріплення відповідно до проектних вимог. Перед встановленням панелей на сталеві колони, балки чи поперечини, треба нанести антикорозійне покриття на зони контакту. Стосовно залізобетонних колон, місця кріплення необхідно оглянути: видалити залишки бетону й розчину, ретельно очистити поверхню від забруднень. Завершальне вирівнювання проводиться шляхом нанесення розмітки опорних точок на колонах [4; 38].

Панелі фіксуються на спеціальній платформі, розташованій біля зони монтажу. Для підвішування використовуються подвійні стропи та присоски. Тканинний страхувальний ремінь фіксує систему присосок, а захисна плівка з панелей знімається та очищається від пилу чи бруду, а в зимовий період – від льоду та снігу. Панель також тимчасово утримується за допомогою затискачів, які закріплюються на відстані 1/4–1/5 її довжини від країв. Центр затискної пластини має бути не менше ніж за 150 мм від краю панелі.

Для забезпечення стабільності панелей під час транспортування до місця установки використовуються нейлонові відтяжки довжиною 6 метрів, які фіксуються до країв панелі. У процесі підйому і транспортування панелі

переміщуються обережно, без різких рухів, розгойдувань або обертання. Підйом виконується у два етапи: спочатку піднімається на висоту 20–30 см, а після перевірки стійкості підвіски – продовжується до потрібного рівня. Панель повинна бути захищена від ударів об інші конструкції чи деталі під час монтажу.

Заключний період.

Встановлена панель звільняється від тимчасових кріплень лише після остаточного кріплення, відповідно до проекту. Під час маніпуляцій з панелями необхідно уникати будь-яких значних деформацій, особливо блокувальних механізмів. Панель переміщується з мінімальною швидкістю гака, не порушуючи рухів крана, плавно та без ривків, щоб запобігти вм'ятинам та іншим деформаціям поверхні облицювання. Сендвіч-панелі встановлюються шарами, знизу вгору. Між рівнями передбачається компенсаційний шов 20 мм.

5.3 Вибір будівельного крану

Монтаж плит покриття:

1) $Q_{тр}$ = 0,54 т.

$H_{тр}$ = (7,3 - 1,35) + 0,5 + 3,3 + 4,6 = 14,35 м.

H_0 = hколон - 1,35 = 10,8-1,35 = 9,45 м

2) $l_{гкр}$:

$l_{гкр} = l_{min} + l_г = 6 + 10 = 16$ м.

Приймаємо: $l_г$ =10 м, т.к. крок колон =6 м.

3) $l_{кр}$:

d = ½ ширина прольоту – ½ ширина плити покриття = 12 – 0,75 =11,25 м.

$$l^{г}{}_{кр}{}^{крПП} = \sqrt{l^{г}{}_{кр}{}^{2} + d^2}; \quad (5.1)$$

$$l^{г}{}_{кр}{}^{крПП} = \sqrt{16^2 + 11{,}25^2} = 19{,}56\text{м}.$$

4) $$L_{стр} = \sqrt{\text{АМ}^2 + [l^{г}{}_{кр}{}^{крПП} - (\text{а} + l_г)]^2}; \quad (5.2)$$

$$L_{стр} = \sqrt{19{,}1^2 + [19{,}56 - (2 + 10)]^2} = 25{,}05\text{м}.$$

$$A_M = H_{кр} + h_{поліспасту} - h_{шарніру}; \quad (5.3)$$

$$A_M = 18{,}2 + 2{,}1 - 1{,}2 = 19{,}1 \text{ м}.$$

Приймаємо кран Komatsu LW100-1E.

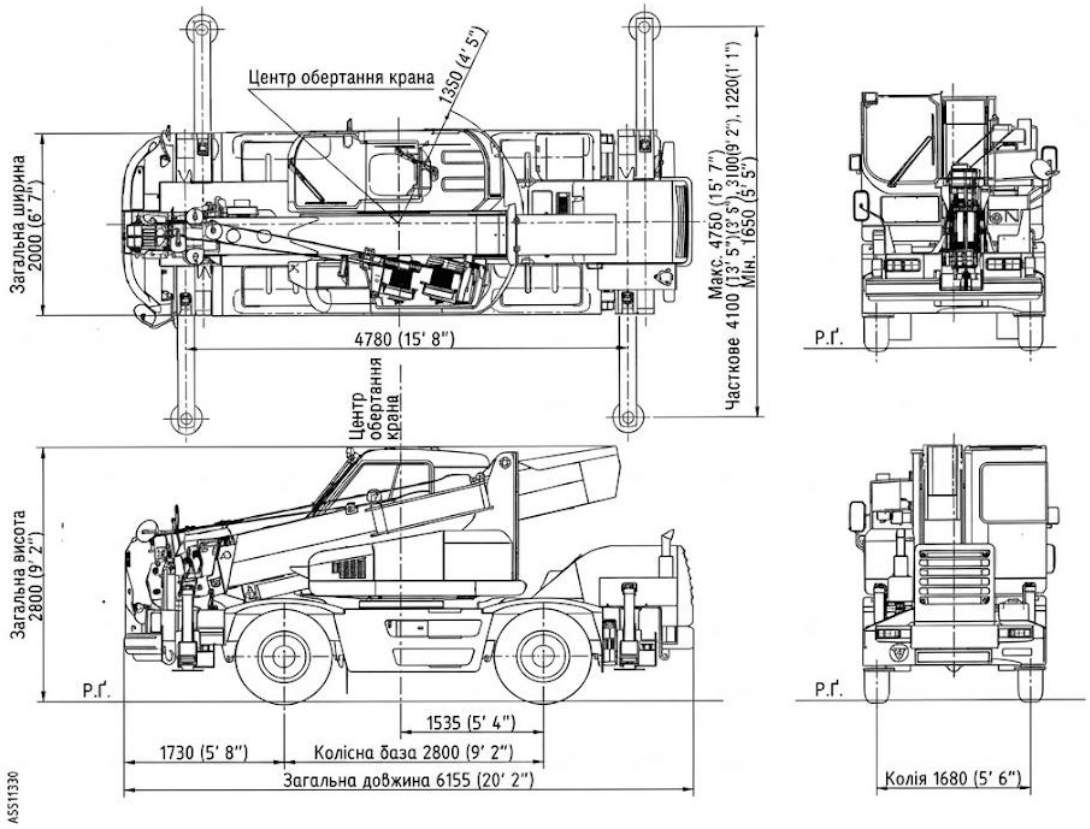

Рис. 5.1 кран «Komatsu LW100-1E»

Таблиця 5.1 Характеристики крана.

Назва будівельних конструкцій	Параметри, що вимагаються			Технічна характеристика крану		
	Qк, т	Hс, м	Lс. м	Qк, т	Hс, м	Lс. м
Сендвіч панель	10	45,6	50,4	25	46	55

5.4. Вимоги до якості робіт

Якість монтажу сендвіч-панелей забезпечується шляхом постійного контролю технологічних процесів підготовчих та основних робіт, а також під час приймання робіт. За результатами цього постійного контролю складаються акти перевірки прихованих робіт (монтаж несучих конструкцій).

Під час підготовки монтажних робіт перевіряються такі пункти:

– підготовка елементів та точок кріплення сендвіч-панелей, механізаційне обладнання та інструменти, необхідні для монтажу;

– якість сендвіч-панелей (розміри, відсутність подряпин, вм'ятин, деформацій, розломів та інших дефектів).

Під час монтажу перевіряються такі пункти для гарантії їх відповідності проекту:

– точність розмітки;

– правильність монтажу, точність та міцність кріплення сендвіч-панелей;

– правильність розташування елементів опалубки;

– вирівнювання та обрамлення кутів та отворів покрівлі;

– відповідність кута ухилу водовідведення підвалу куту, зазначеному в проекті.

Після приймання робіт покрівля оглядається повністю, звертаючи особливу увагу на прилеглі ділянки, кутові та віконні рами, а також підвал будівлі. Будь-які дефекти, виявлені під час огляду, усуваються перед введенням монтажу в експлуатацію.

Прийняття зібраного покриття фіксується в акті приймання робіт. Його якість оцінюється на основі ступеня відповідності фактичних параметрів та характеристик зібраної покрівлі проектним параметрам, зазначеним у файлі виконання проекту. До акту додаються звіти про перевірку прихованих робіт.

Контрольовані параметри та елементи, а також методи вимірювання та оцінки зазначені в Таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 Схема контролю якості монтажних робіт

№п/п	Технологічні процеси та операції	Контрольований параметр, елемент	Допустиме значення, вимоги	Спосіб контролю та інструмент
1. Розмітка покрівлі				
1.1	Розмітка крайніх точок горизонтальної лінії	Точність розмітки	±2,0 мм	Нівелір
1.2	Розмітка крайніх точок вертикальної лінії	Точність розмітки	±2,0 мм	Теодоліт
		Чистота отвору	Відсутність пилу	Візуально
2. Монтаж сендвіч-панелей				
2.1	Вхідний контроль сендвіч-панелей	Відхилення лінійних розмірів від проектних	По товщині: ± 2,0 мм для панелей товщиною від 50 до 120 мм, ± 3,0 мм для панелей товщиною 150-250 мм. По ширині ± 1,5 мм.	Штангенциркуль, лінійка
		Відхилення від прямолінійності	Не більше 0,5 мм на 1 м довжини, але не більше ніж 5 мм на всю довжину	Рівень, рулетка
		Хвилястість або вм'ятини на плоских ділянках панелі	Не більше 2 мм на довжині 1 м	Рулетка, шаблон
		Зовнішній вигляд	Відсутність механічних пошкоджень видових поверхонь	Візуально
2.2	Кріплення панелей	Зазор між панелями по утеплювачу	Не більше 1 мм	Щуп
		Відхилення від номінальної величини зазору	Не більше: - для внутрішніх облицювань - 3 мм, - для зовнішнього - 3 мм	
		Відхилення площини від вертикалі	1/500 висоти покрівлі, але не більше 10 мм	Рівень, рулетка, виска
3. Монтаж фасонних елементів				
3.1	Точність монтажу	Відхилення від проектних розмірів	±1,0 мм	Рівень, рулетка
		Кут цокольного водовідливу	Не менше 100 (або≥1:5)	Рівень шаблону

Прийняття покрівлі з сендвіч-панелей здійснюється приймальною комісією, що складається з представників замовника та підрядника.

5.5 Матеріально-технічні ресурси

Механізація будівельних та спеціальних робіт має здійснюватися на комплексній основі, включаючи використання комплектів будівельних машин, обладнання, засобів малої механізації, необхідного монтажного оснащення, інвентаря та пристроїв. Комплексність забезпечує ефективність та синергію між різними елементами механізації, що сприяє оптимізації будівельних процесів.

Засоби малої механізації, обладнання, інструменти та технологічне оснащення, які необхідні для проведення монтажних робіт, повинні формуватися у вигляді нормокомплектів відповідно до організаційно-технологічних вимог виконання робіт. Це дозволяє стандартизувати підхід до оснащення робочих місць і забезпечити безперебійність робочого процесу.

У таблиці 5.3 представлено базові засоби механізації, інструментарій, інвентар та пристрої, рекомендовані для застосування. За необхідності дозволяється заміна зазначених засобів на інші, якщо їх технічні характеристики відповідають аналогічним параметрам, передбаченим технологічними нормативами.

Таблиця 5.3 Засоби механізації, інструменти, інвентар та пристрої

Nп/п	Найменування	Тип, марка, ДЕРЖСТАНДАРТ, завод-виробник	Технічна характеристика	Призначення
1.	Ліси будівельні	Приставні стійкові	Висота та довжина лісів - за паспортом. Нормативне навантаження - 200 кгс/м2	Засіб підмащування для монтажних робіт

2.	Автокран	Типу МКА-25	Висота гака - 20 м, виліт - 16 м, вантажопідйомність - 2 тс	Вантажно-розвантажувальні та монтажні роботи
	Знімні вантажозахоплювальні пристрої	Вакуумне захоплення. Механічний захоплення (струбцина)	Вантажопідйомність - 2 тс	
3.	Виска, шнур	ВІД 400-1, ГОСТ 7948-80. Шнур капроновий	Маса схилу не більше 0,4 кг, довжина 98 м. Довжина шнура - 5 м, діаметр 3 мм	Розмежування захваток, перевірка вертикальності
4.	Ватерпас	Тип 70-1500 "STABILA"	Довжина 1500 мм. Точність виміру 0,5 мм/м	Перевірка горизонтальних площин
5.	Лазерний рівень	BL 20 СКБ "Будприлад"	Точність виміру 0,1 мм/м	Перевірка горизонтальних площин
6.	Дриль	Інтерскол ДУ 1000-ЕР	Максимальний діаметр свердла (пробійника) 20 мм	Свердління отворів у колонах
7.	Рулетка сталева	Р20УЗК	Довжина 20 м. Маса 0,35 кг	Вимірювання лінійних розмірів
8.	Викрутка з важільним наконечником	Викрутка Профі ТОВ "ІНФОТЕКС"	Реверсивна важільна	Закручування/відгвинчування гвинтів, болтів
9.	Гайковерт ручний	Типу ІЕ-311	Момент затяжки 12,5 кгс · м	Закручування/відгвинчування гайок, болтів
10.	Електродриль із насадками для загвинчування	Інтерскол ДУ-800-ЕР	Потужність 800 Вт, максимальний діаметр свердління 20 мм	Свердління отворів та загвинчування гвинтів

11.	Клепальні кліщі	Типу "ЕНКОР"	Діаметр заклепок до 6 мм	Встановлення заклепок
12.	Клепальний пістолет акумуляторний	Типу ERT 130 "RIVETEC"	Сила заклепки 85 кгс, робочий хід 20 мм. Вага з акумулятором 2,2 кг	Встановлення витяжних заклепок
13.	Огородження інвентарних ділянок монтажних робіт		Висота не менше 1,6 м	Безпека робіт
14.	Сітка захисна на ліси	Фірми Апекс, Верт чи інших фірм	З полімерних волокон	Захист від падіння предметів із висоти лісів

ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

6.1 Земляні роботи

Для визначення обсягів земляних робіт необхідно врахувати розміри будівельного майданчика, рельєф території, глибину розроблення ґрунту, товщину рослинного шару та розташування інженерних комунікацій. Дані про рельєф і планувальні відмітки використовуються для підрахунку обсягів планування території, зрізання рослинного шару, розроблення ґрунту та підготовки основи під фундаменти [4; 30].

Відомість підрахунку обсягів земляних робіт наведена у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Відомість підрахунку обсягів земляних робіт

Найменування робіт	Формули підрахунку	Одиниці виміру	Кількість	Примітки
Попереднє планування поверхні грунту	A*B=27.500*26.500	м2	729	
Зрізання рослиного шару	Vзрізки=729*0,15	м3	109	
Грунтова розробка	S1=729*h	м3	1968	
Підготовка під фундамент	729*0,1	м3	72,9	

Для зведення виробничої будівлі обробки насіння необхідно визначити обсяги основних будівельно-монтажних робіт, підібрати комплект машин і механізмів, а також передбачити послідовність виконання земляних, монтажних, бетонних, покрівельних та оздоблювальних робіт.

6.2 Обґрунтування вибору монтажного крана

Вибір монтажного крана виконується з урахуванням маси найважчого елемента, висоти його встановлення, необхідного вильоту гака та умов роботи на будівельному майданчику. Кран повинен забезпечувати монтаж колон, ферм, покрівельних і стінових сендвіч-панелей без перевищення допустимих технічних параметрів.

Основними параметрами для вибору крана є: вантажопідйомність, висота підйому гака, виліт гака та довжина стріли. Вантажопідйомність визначається з урахуванням маси конструкції та маси вантажозахоплювального пристрою:

$Q_{тр} = Q_{max.констр.} + Q_{стр}$,

де $Q_{max.констр.}$ – маса конструкції, що монтується; $Q_{стр}$ – маса стропів або іншого вантажозахоплювального пристрою.

Необхідна висота підйому гака визначається за формулою:

$H_{тр} = H0 + hз + hк + hстр$,

де H0 – висота монтажного горизонту; hз – монтажний зазор, який приймається 0,5 м; hк – висота конструкції у положенні підйому; hстр – висота стропування.

Монтаж колон.

Для найбільшої залізобетонної колони К-5/1 перерізом 500 × 500 мм та висотою 10,25 м орієнтовна маса становить:

$Q_к = 0,5 \times 0,5 \times 10,25 \times 2,5 = 6,41$ т.

З урахуванням маси вантажозахоплювального пристрою 0,52 т необхідна вантажопідйомність становить:

$Q_{тр} = 6,41 + 0,52 = 6,93$ т.

Необхідна висота підйому для монтажу колони приймається:

$H_{тр} = 0 + 0,5 + 10,25 + 1,5 = 12,25$ м.

Монтаж ферм.

Для монтажу металевих ферм і балок враховується маса елемента, висота встановлення та робочий виліт крана. Орієнтовна необхідна вантажопідйомність приймається з урахуванням маси ферми та такелажного оснащення:

Qтр = 1,407 + 0,52 = 1,93 т.

Необхідна висота підйому гака для монтажу елементів покриття становить:

Нтр = 10,8 + 0,5 + 1,8 + 3,5 = 16,6 м.

За розрахунковими параметрами для виконання монтажних робіт приймається кран Komatsu LW100-1E, який забезпечує необхідну вантажопідйомність, висоту підйому та виліт стріли для монтажу основних конструкцій будівлі.

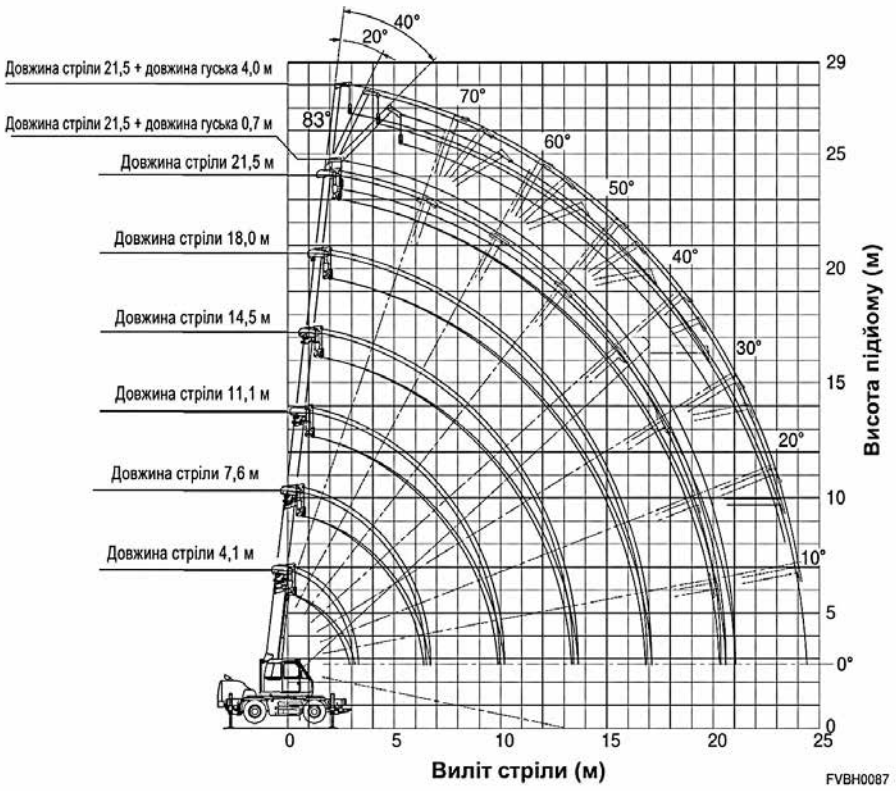

Рис. 5.2 Кран «Komatsu LW100-1E» виліт стріли

6.3 Технологія виконання будівельно-монтажних робіт

Перед початком основного етапу будівельних робіт на майданчику здійснюються підготовчі заходи, які забезпечують створення умов для їх

безпечного та ефективного виконання. До таких заходів належать: очищення території від рослинності та сміття, виконання геодезичної розбивки осей будівлі, облаштування тимчасової дорожньої мережі, створення системи водовідведення, організація тимчасового електро- та водопостачання, а також встановлення побутових приміщень для робітників.

Земляні роботи реалізуються із застосуванням комплексу механізмів, зокрема екскаватора, бульдозера та автомобілів-самоскидів. Зняття рослинного покриву та попереднє вирівнювання ділянки виконується за допомогою бульдозера, тоді як розробка ґрунту для фундаментних котлованів провадиться екскаватором із дальшим завантаженням ґрунту в самоскиди або його переміщенням у відвал. На ділянках, які вимагають високого рівня точності, обробка дна котлованів і траншей здійснюється вручну.

Під час виконання земляних робіт суворо дотримуються правил техніки безпеки. Спуск у котловани та траншеї можливий виключно за допомогою стаціонарних або приставних сходів. Роботи в зонах розташування підземних комунікацій дозволяються виключно після отримання офіційного дозволу від відповідної експлуатаційної організації. Виконання земляних робіт поблизу електричних кабелів, газопроводів та інших інженерних мереж здійснюється вручну.

Монтажні роботи виконуються відповідно до проектних креслень, технологічних карт і плану організації будівництва. Попередньо перед монтажем конструкції перевіряються на відповідність маркуванню та очищуються від забруднень, таких як бруд, лід чи іржа. Установлення колон передбачає їх монтування у спеціально підготовлені стакани фундаментів із подальшою перевіркою просторового положення (по вертикалі та в плані) і замонолічуванням з’єднань.

Подальші операції включають монтаж цокольних залізобетонних панелей, металевих ферм, покрівельних прогонів, а також стінових і покрівельних сендвіч-панелей. Засипання пазух котлованів виконується після завершення робіт із фундаментами та ретельної перевірки якості їх гідроізоляції.

Бетонні роботи, необхідні для облаштування промислової підлоги, здійснюються із залученням технологій малої механізації. Основу підлоги формують за принципом багатошаровості: ущільнений ґрунт виступає базовим шаром, на який накладаються гідроізоляція, підготовчі шари і монолітна залізобетонна плита з укріпленим верхнім шаром. Під час бетонування слід забезпечити рівномірне ущільнення бетонної суміші та здійснити ретельний догляд за бетоном у процесі його тверднення.

Покрівельні роботи включають монтаж покрівельних сендвіч-панелей із застосуванням крана марки Komatsu LW100-1E. Панелі транспортуються на будмайданчик у заводській упаковці та розвантажуються за допомогою спеціалізованих вантажозахоплювальних пристроїв. Їхнє тимчасове зберігання організовується на попередньо підготовлених майданчиках. Під час монтажу панелі встановлюються у проєктне положення плавно, без ривків чи ударів, а після монтажу закріплюються відповідно до визначеного порядку у робочій документації.

Монтаж стінових і покрівельних сендвіч-панелей дозволяється виконувати лише за наявності монтажних схем, технологічних карт і справного підйомного обладнання. Усі вузли примикання, стики, фасонні елементи, герметики та кріплення встановлюються у послідовності, передбаченій проєктом.

6.4 Календарний графік будівництва

Календарний графік будівництва визначає послідовність і тривалість виконання основних будівельно-монтажних робіт. При його складанні враховуються обсяги робіт, трудомісткість процесів, наявність машин і механізмів, можливість суміщення окремих видів робіт у часі, а також вимоги охорони праці та безпеки виконання робіт.

Визначення обсягів будівельно-монтажних робіт зводиться до карти-визначника, наведеної у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 Карта-визначник обсягів будівельно-монтажних робіт

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт і витрат, одиниця виміру	Кіль-кість	Витрати труда робітників,люд.-год, маш-год	
				тих що обслуговують машини	
				на одиницю	всього
		Підземна частина земляні роботи			
1	1-30-1	Планування площ бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] за 1 прохід, 1000м2	0,729	—-— 0,6	0,5
2	1-24-2	Зрізання рослинного шару, 1000м3	0,109	—-— 19,55	—-— 2
3	1-12-15	Розроблення грунту у відвал екскаваторами з ковшом місткістю 0,5 [0,5-0,63] м3, група грунтів 3, 1000м3	1,968	24,82 53,89	6 2
4	1-18-6	Розроблення грунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на пневмоколісному ходу з ковшом місткістю 0,5 м3, група грунтів 3, 1000м3	0,45	63,92 36,72	25,76 16,52
5	1-163-9	Розробка грунту вручну в котлованах площею перерізу до 5 м2 з кріпленнями при глибині котлованів до 3 м, група грунтів 3, 100м3	1,02	170,7 -	174,11 -
6	6-1-1	Улаштування бетонної підготовки під фундамент, м3	9	40,53 3,66	365 32,9
7	4-1-34	Влаштування монолітних фундаментів, м3	67	49,5 3,8	3317 255

8	4-1-49	Влаштування монолітних колон, стін, м3	119	45,3 4,3	5390 512
9	4-1-49	Влаштування монолітного перекриття, м3	114	55,6 4,2	6338 479
10	13-55-1	Устрій гідроізоляції: горизонтальної, 100м2	1,232	110,54 35,35	136,19 43,55
11	13-55-2	Устрій гідроізоляції: вертикальної, 100м2	2,87	110,54 35,35	317,24 101,46
12	1-134-1	Зворотня засипка пазух котлована, 100м3	0,853	21,93 6,60	18,77 5,63
13	1-134-2	Ущільнення грунту в зворотній засипці, 100м3	0,853	20,4 6,32	47,74 14,79
		Надземний цикл			
14	4-1-49	Влаштування монолітних колон, стін, м3	18	45,3 4,3	815,4 77,4
15	9-33-1	Монтаж стальних ферм і балок, т	1,407	22,72 7,06	32 10
16	8-43-4	Монтаж сендвіч панелей, 100шт	2,6	315,28 55,92	820 161,05
17	10-28-2	Заповнення стрічкових віконних прорізів у стінах промислових будівель блоками віконними з одинарними і спареними рамами, висота прорізу 3,62м, 100м2	1,49	119,29 22,01	178 33
18	9-46-1	Монтаж каркасів воріт будівель, ангарів та ін. без механізмів відкривання, т	1,413	66,24 28,89	94 41
19	121-253	Ворота розпашні погрунтовані та пофарбовані, шт	2	62,48 24,35	124,96 48,7
20	6-1-1	Улаштування бетонної підготовки, 100м3	7,56	26,47 8,57	200,11 64,79
21	11-1-2	Ущільнення грунту щебенем, 100м2	1,51	42,75 0,94	64,55 1

22	6-1-3	Улаштування бетонної основи, 100м3	7,56	34,2 21,75	258,55 164,43
23	11-19-1	Улаштування бетонного литого покриття товщиною 25 мм, 100м2	6,0	48,11 1,06	289 6,4
24	11-8-1	Улаштування гідроізоляції піщаної, м3	9,072	34,67 0,98	314,53 8,9
25	13-24-1	Оздоблення поверхонь бетону, 100м2	0,68	3,06 0,08	2,08 -
26	12-20-2	Улаштування пароізоляції обклеювальної на кожний наступний шар, 100м2	0,68	15,9 0,47	10,81 0,32
27	11-8-1	Улаштування тепло- і звукоізоляції засипної, м3	9,72	1,64 0,47	14,76 4,57
28	15-207-1	Скління металевих рам промислових будівель, установлених в коробки, склом віконним товщиною 3 мм, 100м2	1,49	41,25 0,55	61 1
29	15-62-1	Просте штукатурення внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, 100м2	8,46	15,41 0,25	130,37 2,12
30	12-21-1	Грунтування основ, 100м2	8,46	14,23 0,08	120,38 1
31	15-151-1	Фарбування водними розчинами всередині приміщень, 100м2	21,89	9,40 0,07	205,77 1,53
32	15-155-1	Масляне фарбування металоконструкцій, 100м2	14,46	9,57 0,31	205,77 5
33	31-19-1	Улаштування щебеневого вимощення з обробленням верхнього шару бітумом товщиною 20 см, 100м2	3,56	38,01 2,66	135 9
34	31-18-1	Улаштування асфальтового вимощення на щебеневій основі товщиною 20 см, 100м2	3,56	49,33 2,66	176 9

6.5 Визначення потреби в тимчасових будівлях і спорудах

Площа тимчасових будівель і споруд визначається за максимальною чисельністю працівників на будівельному майданчику та нормативною площею на одну особу. Загальна кількість працюючих визначається з урахуванням робітників, інженерно-технічних працівників, молодшого обслуговуючого персоналу, службовців, а також коефіцієнта, що враховує наявність учнів і практикантів.

Загальна чисельність працюючих визначається за формулою:

$$N_{заг} = (N_{роб} + N_{ІТР} + N_{МОП} + N_{служ}) \cdot K,$$

де $N_{роб}$ – максимальна чисельність робітників у найбільш численну зміну; $N_{ІТР}$ – чисельність інженерно-технічних працівників; $N_{МОП}$ – чисельність молодшого обслуговуючого персоналу; $N_{служ}$ – чисельність службовців; K – коефіцієнт, що враховує учнів і практикантів.

Для даного об’єкта приймається:

$$N_{заг} = (16 + 16 \cdot 0{,}06 + 16 \cdot 0{,}06 + 16 \cdot 0{,}04) \cdot 1{,}05 = 19{,}49 \approx 20 \text{ осіб.}$$

Необхідна площа тимчасових будівель визначається за формулою:

$$A = N \cdot n,$$

де N – кількість працюючих, для яких розраховується приміщення; n – норма площі на одну особу, м².

Розрахунок потреби в тимчасових приміщеннях наведено у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 Площа тимчасових приміщень

Найменування тимчасової будівлі	Розрахункова кількість робітників	n, м2	A, м2	Прийнята тимчасова будівля	На який % розраховуєтьс я
Прохідна	-	9,6	-	1	Одна прохідна
Контора начальника	(16 · 0,06 +16 · 0,06) · 1,50 = 2	4	8	Пересувний фургон 5 2,9 А = 14,5 м2 1 шт.	100% ІТП, МОП, СЛ

Гардероб	29	0,4	11,6	Пересувний фургон 5 2,9 А = 14,5 м2 1 шт.	100% загального спискового складу робітників
Умивальні	$\frac{16}{35} = 0{,}46$	0,05	0,05		100% робітників у найбільш численній зміні
Приміщення для їди	16·0,5=8	1	8	Пересувний фургон 5 2,9 А = 14,5 м2 1 шт.	45% працюючих у найбільш численній зміні
Душева	$\frac{16 \cdot 0{,}9}{15} = 0{,}96$	3	3	Пересувний фургон 4 2,9 А = 11,2 м2 1 шт.	90% робітників у найбільш численній зміні
Туалет вигрібний	$\frac{20}{20} = 1$	2	2	Контейнер 1,5 1,65 А = 2,5 м2	100% працюючих у найбільш численній зміні

6.6 Будівельний генеральний план об’єкта

Будівельний генеральний план є ключовим документом, що розробляється для ефективної організації будівельного майданчика протягом усього періоду виконання будівельних робіт. У рамках цього плану визначаються місце розташування тимчасових доріг, складів, побутових приміщень, монтажних механізмів, зон підвищеної небезпеки, об’єктів складування матеріалів, а також

тимчасових комунікацій, включаючи системи водо- та електропостачання і освітлення.

Основою для розробки будівельного генерального плану є технічна документація, зокрема проєктна документація, проєкт організації будівництва, робочі креслення, умови забезпечення будматеріалами та конструкціями. До цих вихідних документів додаються також дані щодо будівельної техніки, транспортних засобів та кількісні потреби у працівниках ключових професій будівельної індустрії.

На будівельному генеральному плані відображають межі території майданчика, огорожу, місця розташування тимчасових і постійних доріг, позиції кранів та іншого обладнання разом із зонами його дії. Крім того, позначаються склади для матеріалів і конструкцій, тимчасові побутові споруди, джерела ресурсного забезпечення (електро- та водопостачання), зони підвищеної небезпеки, пішохідні проходи для працівників і під'їзди для автотранспорту та пожежної техніки.

Запропоновані в будгенплані рішення мають інтегруватися з обраною технологією виконання робіт, календарним графіком будівництва та стандартами охорони праці. Розташування тимчасових споруд і техніки має забезпечувати безпечне функціонування кранів, зручність під час складування матеріалів і елементів конструкцій, а також вільний рух транспортних засобів по території будівельного майданчика.

Важливу роль в організації підвозу матеріалів і конструкцій на майданчик виконує автомобільний транспорт. Для забезпечення логістики тимчасові дороги мають бути спроєктовані таким чином, щоб забезпечити доступ до ділянок розвантаження, складів, побутових приміщень, монтажного обладнання і пожежних проїздів. За наявності такої можливості потоки транспорту бажано організовувати за кільцевою схемою, уникаючи тупикових маршрутів.

Ширина головних тимчасових доріг повинна становити 6 метрів, що дозволяє здійснювати двосторонній рух транспортних засобів. Для другорядних доріг достатньою є ширина щонайменше 3,5 метри, передбачена для

одностороннього руху. У місцях розвороту транспортних засобів необхідно облаштовувати спеціальні площадки з радіусом маневрування, відповідним до габаритів найбільшої транспортної одиниці.

6.7 Забезпечення будівництва водою, електроенергією та тимчасовими мережами

Загальна потреба будівництва у воді визначається як сума витрат на виробничі, господарсько-побутові та протипожежні потреби. Вода на виробничі потреби використовується для догляду за бетоном, малярних робіт, приготування розчинів, очищення інструменту та інших технологічних процесів.

Загальна витрата води визначається за формулою:

$$Q_{тр} = Q_{вир} + Q_{госп} + Q_{пож},$$

де $Q_{вир}$ – витрата води на виробничі потреби; $Q_{госп}$ – витрата води на господарсько-побутові потреби; $Q_{пож}$ – витрата води на пожежогасіння.

Для будівництва даного об’єкта приймається:

$$Q_{тр} = 0,26 + 0,16 + 15 = 15,42 \text{ л/с}.$$

За отриманою витратою приймається тимчасовий водопровід із умовним проходом 65 мм та зовнішнім діаметром 75,5 мм.

Електропостачання будівельного майданчика передбачається для роботи будівельних машин, електроінструменту, освітлення робочих місць, побутових приміщень і тимчасових споруд. Загальна потреба в електроенергії визначається за сумарною потужністю електродвигунів, зварювальних трансформаторів, освітлювальних установок та інших споживачів з урахуванням коефіцієнтів попиту і втрат у мережі.

Для забезпечення будівельного майданчика електроенергією приймається трансформатор марки ТМ-100/10 максимальною потужністю 100 кВт.

Тимчасове теплопостачання передбачається для опалення побутових приміщень і забезпечення окремих технологічних процесів у зимовий період. Стиснене повітря та гази для будівельних робіт подаються від пересувних

інвентарних установок або доставляються на майданчик у балонах відповідно до вимог безпеки.

6.8 Охорона праці при виконанні будівельних робіт

Охорона праці на будівельному майданчику має забезпечувати безпечні умови для виконання земляних, бетонних, монтажних, покрівельних і оздоблювальних робіт. Перед початком робіт усі працівники проходять інструктажі з охорони праці, пожежної безпеки та правил роботи з обладнанням. Вони повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, такими як каски, спеціальний одяг, рукавиці, захисне взуття, а при роботах на висоті – страхувальними прив’язями [5; 26].

Будівельний майданчик має бути огородженим, обладнаним попереджувальними знаками, схемами руху транспорту і проходу людей, місцями для складування матеріалів та позначенням небезпечних зон. У нічний час необхідно забезпечити належне освітлення проходів, проїздів, зон виконання робіт і роботи кранів.

Під час земляних робіт слід звертати особливу увагу на стійкість укосів котлованів і траншей, безпечний спуск працівників та дотримання заходів безпеки в зоні підземних комунікацій. Робота екскаватора та завантаження ґрунту в транспортні засоби мають виконуватися таким чином, щоб у зоні дії ковша або між машинами не перебували люди.

У ході монтажних робіт перебування людей під вантажами, що переміщуються, суворо забороняється. Стропування елементів повинно виконуватися виключно справними й перевіреними пристроями: стропами, траверсами чи іншими елементами для підняття вантажів. Перед підійманням вантаж слід підняти на 20-30 см для перевірки надійності кріплення, після чого продовжити його переміщення до місця монтажу.

Роботи на висоті дозволяється проводити лише із застосуванням риштувань, помостів, драбин або інших дозволених і перевірених засобів

підмащування, які оснащені огородженнями. Якщо робочі місця розташовані на висоті понад 1,3 метра, їх необхідно обладнати захисними огородженнями або застосовувати страхувальні засоби.

Безпека при роботі з електрообладнанням забезпечується через належний технічний стан електромереж, використання заземлення, справність інструментів і заборону роботи з пошкодженими кабелями. Працівники повинні бути проінструктовані щодо правил електробезпеки та порядку надання першої допомоги у разі ураження струмом.

Пожежна безпека досягається шляхом облаштування місць первинними засобами пожежогасіння, утримання вільних проїздів для пожежної техніки, правильного зберігання горючих матеріалів та заборони використання відкритого вогню в небезпечних зонах. Перед проведенням зварювальних або інших вогневих робіт потрібно очистити територію від горючих матеріалів і забезпечити наявність вогнегасників.

Дотримання вимог охорони праці, належна організація робочих місць, своєчасна перевірка робочого обладнання, коректне складування матеріалів і контроль за виконанням технологічних процесів є невід'ємними умовами безпечного будівництва виробничої будівлі для обробки насіння.

КОШТОРИСНА ЧАСТИНА

7.1 Загальні положення та вихідні дані

Даний розділ дипломного проєкту присвячений визначенню вартості будівництва виробничої будівлі обробки насіння у м. Кам’янець-Подільський, вул. Індустріальна, 4. Вартість матеріалів та обладнання прийнята за ринковими показниками станом на 2024-2025 роки.

Конструктивні рішення проєкт передбачає зведення каркасної виробничої будівлі з огороджувальними конструкціями із тришарових сендвіч-панелей. Це дозволяє скоротити терміни монтажу та знизити загальні капіталовкладення.

Ключовим елементом кошторису є переробка насіння, яка включає 4 хаскери A&K HUSKER Series II. Оскільки об’єкт розташований у Хмельницькій області, у розрахунках враховано транспортні витрати на доставку великогабаритних конструкцій та імпортного обладнання.

7.2 Кошторисний розрахунок витрат на проєкт

Кошторисний розрахунок витрат на проєкт виконано з метою визначення орієнтовної вартості будівництва виробничої будівлі обробки насіння та оснащення її необхідними конструктивними елементами, технологічним обладнанням і допоміжними системами. У розрахунку враховано основні види будівельно-монтажних робіт, вартість огороджувальних конструкцій, промислових воріт, віконних блоків, елементів водовідведення, а також витрати на доставку, монтаж роботи.

Таблиця 7.1 Кошторисний розрахунок витрат на реалізацію проєкту

№ п/п	Стаття витрат	Од. вим.	Кількість	Ціна за од., грн	Загальна сума, грн
1	Загальнобудівельні роботи				
1.1	Влаштування залізобетонних фундаментів	м³	110	4 750	522 500
1.2	Металевий каркас приміщення (ввід водопроводу)	т	1,1	82 000	90 200
1.3	Монтаж стінових сендвіч-панелей (100 мм)	м²	450	1 450	652 500
1.4	Монтаж покрівельних сендвіч-панелей (120 мм)	м²	320	1 700	544 000
1.5	Ворота промислові Hoermann SPU F42	шт	1	98 000	98 000
1.6	Металопластикові вікна (згідно специфікації)	шт	11	9 500	104 500
2	Технологічне обладнання та системи				
2.1	Очищувач качанів A&K HUSKER Series II	шт	4	1 350 000	5 400 000
2.2	Система зовнішнього водостоку (жолоби/труби)	м.п.	89,6	650	58 240
2.3	Снігозатримувальні конструкції покрівлі	м.п.	51,8	480	24 864
3	Логістика та монтажний сервіс				
3.1	Транспортування обладнання та конструкцій	рейс	3	55 000	165 000
3.2	Оренда вантажопідйомної техніки (крани)	зміна	12	14 000	168 000
3.3	Пусконалагоджувальні роботи лінії	посл.	1	115 000	115 000
РАЗОМ					7 942 804
ПДВ (20%)					1 588 561
ВСЬОГО ДО ОПЛАТИ					9 531 365

Для забезпечення безперебійного виконання будівельних робіт і монтажу обладнання розроблено оптимальну логістичну схему постачання матеріалів та технічних засобів. Перевезення хаскерів серії A&K HUSKER Series II здійснюється морським транспортом у контейнерах до портового пункту, після чого передбачене перевантаження на автомобільні платформи для доставки до будівельного майданчика.

Поставку сендвіч-панелей і металоконструкцій заплановано з найближчих виробничих підприємств, використовуючи автомобільний транспорт. У розрахунковій документації враховані витрати на страхування дороговартісного обладнання під час транспортування та складські витрати, пов’язані з тимчасовим зберіганням елементів конструкцій безпосередньо на будівельному майданчику за адресою: м. Кам’янець-Подільський, вул. Індустріальна, 4.

Аналіз кошторисної вартості дозволив зробити висновок щодо раціональності обраних техніко-економічних рішень. Зокрема, основну частку витрат (близько 68%) становить технологічне обладнання, що пояснюється високим рівнем автоматизації виробничої лінії. Загальна тривалість реалізації інвестиційного етапу, включно з монтажними роботами на хаскери, оцінюється у 4-5 місяців.

Для забезпечення максимально об’єктивної оцінки інвестиційних витрат загальний обсяг робіт був розподілений на локалізовані кошторисні розрахунки, що дозволило деталізувати витрати за окремими групами. У тому числі були охоплені земляні роботи, специфічні витрати на імпортну логістику технологічного обладнання, а також інші супутні статті витрат. Особливу увагу було приділено специфікаціям оформлення віконних та дверних прорізів, врахуванню конструктивних елементів зовнішнього водостоку та системи снігозатримання, що є важливими факторами з огляду на кліматичні особливості Хмельницької області.

Основою розрахункової документації стали наступні вихідні дані:

Проєктна потужність: передбачає встановлення ключових одиниць виробничого оснащення – чотирьох хаскерів серії A&K HUSKER Series II, для

яких необхідне облаштування підсилених фундаментів та забезпечення спеціальних умов монтажу відповідно до проєктних позначок розташування обладнання.

Матеріальні ресурси: заплановано використання енергоефективних сендвіч-панелей із базальтовим утеплювачем та промислових воріт Hoermann, які відповідають сучасним європейським стандартам якості.

Логістичні витрати: у рамках проєкту передбачено транспортування високотехнологічного обладнання іноземного виробництва, що обумовлює включення витрат на транспортно-експедиційне обслуговування та митне оформлення у загальну кошторисну документацію.

7.3 Кошторисні розрахунки та зведений підсумок

Нижче наведено деталізовані кошториси за основними напрямками реалізації проєкту.

Таблиця 7.2 Кошторисний розрахунок на загальнобудівельні роботи

№ п/п	Найменування робіт та витрат	Од. вим.	Кількість	Ціна за од., грн	Сума, грн
1	Розробка ґрунту під фундаментні плити (механізована)	м³	145	180	26 100
2	Облаштування піщано-щебеневої підготовки	м³	35	850	29 750
3	Влаштування залізобетонних фундаментів під обладнання	м³	110	4 800	528 000
4	Монтаж анкерних пластин для кріплення дверних блоків	шт	60	450	27 000
5	Монтаж сталевих колон та балок (основний каркас)	т	12,5	72 000	900 000
6	Монтаж металевого каркаса приміщення вводу (1.1 т)	т	1,1	85 000	93 500

7	Зварювальні роботи та антикорозійний захист	компл.	1	45 000	45 000
РАЗОМ					1 649 350

Аналіз витрат за першим кошторисом показує, що основна частина фінансування спрямована на влаштування фундаментних плит. Це зумовлено значними статичними та динамічними навантаженнями. Використання анкерних кріплень та закладання металевих пластин вже на етапі бетонних робіт дозволяє в подальшому провести швидкий монтаж основних елементів каркаса та опорних стійок.

Таблиця 7.3 Кошторисний розрахунок на огороджувальні конструкції

№ п/п	Найменування робіт та витрат	Од. вим.	Кількість	Ціна за од., грн	Сума, грн
1	Стінові сендвіч-панелі (базальт 100 мм, RAL 9010)	м²	450	1 450	652 500
2	Покрівельні сендвіч-панелі (базальт 120 мм, RAL 1015)	м²	320	1 700	544 000
3	Монтаж фасонних елементів (кути, нащільники, відливи)	м.п.	124	280	34 720
4	Ворота Hoermann SPU F42 (4.0 x 4.0 м) з ручним приводом	шт	1	98 000	98 000
5	Двері металеві утеплені (згідно відомості прорізів)	шт	4	12 500	50 000
6	Вікна металопластикові однокамерні (білі)	шт	11	9 500	104 500
7	Ущільнення стиків піною та герметиком (згідно вузлів)	компл.	1	18 000	18 000
8	Монтаж системи зовнішнього водостоку (жолоби, труби)	м.п.	89,6	650	58 240
9	Встановлення системи снігозатримання	м.п.	51,8	480	24 864
РАЗОМ					1 584 824

Другий етап розрахунків охоплює формування теплового контуру будівлі. Вибір сендвіч-панелей товщиною 100 та 120 мм з базальтовим наповнювачем забезпечує необхідний рівень вогнестійкості та енергоефективності. Особливу увагу в даному розділі приділено системі зовнішнього водостоку (жолоби 150 мм) та снігозатриманню (51.8 м.п.). Це критично важливо для збереження цілісності покрівлі RAL 1015 та фасадів RAL 9010 в умовах експлуатації об'єкта в західному регіоні України. Включення до кошторису промислових воріт гарантує герметичність та зручність логістичних операцій всередині цеху.

Таблиця 7.4 Кошторисний розрахунок на технологічне обладнання

№ п/п	Найменування обладнання та робіт	Од. вим.	Кількість	Ціна за од., грн	Сума, грн
1	«A&K HUSKER Series II»	шт	4	1 350 000	5 400 000
2	Сортувальні столи та конвеєрні системи (Cimbria)	компл.	1	850 000	850 000
3	Монтажна площадка обслуговування (металева)	т	2,4	78 000	187 200
4	Електропідключення та автоматизація (система контролю)	компл.	1	210 000	210 000
5	Пусконалагоджувальні роботи лінії	посл.	1	115 000	115 000
6	Шеф-монтаж від представника заводу-виробника	люд/дн	10	4 500	45 000
РАЗОМ					6 807 200

Технологічне обладнання становить найбільшу питому вагу в загальній вартості проєкту. Чотири хаскери «A&K HUSKER Series II» є ключовими активами, що визначають продуктивність усього комплексу. Витрати на пусконалагоджувальні роботи та шефмонтаж включені до розрахунку для гарантування коректної інтеграції хаскерів у загальну автоматизовану систему

контролю лінії. Це дозволяє забезпечити заявлену якість обробки та кондиціювання насіння та мінімізувати відсоток пошкодження продукції під час очищення.

Таблиця 7.5 Кошторисний розрахунок на транспортні витрати

№ п/п	Стаття логістичних витрат	Од. вим.	Кількість	Ціна за од., грн	Сума, грн
1	Фрахт обладнання (міжнародне перевезення)	рейс	2	85 000	170 000
2	Доставка панелей та каркаса (в межах України)	рейс	4	18 000	72 000
3	Послуги митного оформлення та брокера	послуга	1	25 000	25 000
4	Робота автокрана (вантажопідйомність 25т)	зміна	12	14 000	168 000
5	Оренда складських площ під зберігання панелей	міс	1	15 000	15 000
РАЗОМ					450 000

Останній блок розрахунків фокусується на логістичному забезпеченні будівництва. Враховуючи специфіку обладнання, основні витрати пов’язані з міжнародним фрахтом та послугами митного оформлення. Використання 25-тонного автокрана протягом 12 змін розраховано виходячи з графіків монтажу великогабаритних сендвіч-панелей та встановлення хаскерів на проєктні відмітки. Оптимізація логістичних ланцюгів дозволяє уникнути простоїв та забезпечити своєчасне введення об’єкта в експлуатацію.

Підсумовуючи всі локальні витрати, ми отримуємо фінальну вартість реалізації проєкту, яка включає повний цикл робіт – від нульового циклу до здачі лінії в експлуатацію «під ключ».

Таблиця 7.6 Зведений кошторисний розрахунок вартості проєкту

№	Назва локального кошторису	Вартість, грн

1	Локальний кошторисний розрахунок №1 (Будівельні роботи)	1 649 350
2	Локальний кошторисний розрахунок №2 (Огороджувальні конструкції)	1 584 824
3	Локальний кошторисний розрахунок №3 (Обладнання)	6 807 200
4	Локальний кошторисний розрахунок №4 (Логістика)	450 000
УСЬОГО (без ПДВ)		10 491 374
ПДВ (20%)		2 098 275
ЗАГАЛЬНА КОШТОРИСНА ВАРТІСТЬ		12 589 649

Згідно з виконаними кошторисними розрахунками, загальна вартість реалізації проєкту, яка включає будівництво споруди та повне оснащення сучасної технологічної лінії, становить 12 589 649 гривень із врахуванням податку на додану вартість. Аналіз структури капітальних інвестицій демонструє вагому домінанту технологічного сегмента над будівельним: понад 60% бюджету спрямовано на придбання та встановлення обладнання лінії обробки насіння «A&K HUSKER Series II». Такий розподіл коштів є цілком обґрунтованим, враховуючи сучасні тенденції агропромислового сектору, де пріоритет надається високому рівню автоматизації та забезпеченню найвищої якості продукції. Водночас застосування швидкозведених конструкцій дало змогу суттєво скоротити витрати на загальнобудівельні роботи. Легкість сендвіч-панелей та каркасної схеми дозволила уникнути необхідності використання масивних і дорогих фундаментів, які зазвичай потрібні для капітальних будівель.

Обрання обладнання від компанії Cimbria та хаскерів останнього покоління виправдане з точки зору економічної доцільності через значне підвищення виходу кондиційного насіння. Завдяки делікатному очищенню, яке забезпечують ці машини, травмування зерна зводиться до мінімуму, що сприяє збільшенню ринкової вартості готової продукції на 10-15%. Крім того, висока енергоефективність двигунів і автоматизованих систем суттєво знижує щомісячні експлуатаційні витрати підприємства. Це створює умови для швидкої окупності інвестицій, адже лінія може функціонувати з максимальною продуктивністю за одночасного зменшення витрат ресурсів.

З огляду на поточну ринкову кон'юнктуру та підвищений попит на якісне насіння в Україні, прогнозований строк повернення вкладень становить близько 2,5-3 років. Для аграрного сектору це є дуже високим показником, оскільки зазвичай такі об'єкти окупаються орієнтовно за п'ять років. Суттєвим фактором успішності проєкту є вигідне географічне розташування в місті Кам’янець-Подільський, який є важливим логістичним центром. Це сприяє оптимізації транспортних витрат на доставку сировини та розповсюдження готової продукції, що додатково підсилює фінансову стійкість і привабливість проєкту для інвесторів.

Наявність сучасної лінії обробки та кондиціювання насіння створює стабільну основу для тривалої конкурентоспроможності підприємства як на внутрішньому, так і на зовнішніх ринках. Окрім цього, передбачено аналіз впливу роботи технологічного обладнання на конструктивні елементи будівлі, зокрема плиту перекриття та каркас. Також виконуватиметься оцінка можливостей безпечної експлуатації наявних матеріально-технічних засобів з урахуванням перспектив подальшого розвитку виробничих потужностей.

НАУКОВА ЧАСТИНА «ДИНАМІЧНІ ОБСТЕЖЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОСТУ ОЧИСТКИ ТА СОРТУВАННЯ»

8.1 Підстава, мета та завдання обстеження

У даному розділі здійснено аналіз проведення динамічних обстежень несучих конструкцій поста очистки та сортування комплексу кондиціювання насіння сільськогосподарських культур. Досліджуваний об'єкт є частиною виробничого комплексу, розташованого за адресою: м. Кам’янець-Подільський, вул. Індустріальна, 4. Основою для розробки цього розділу послужили матеріали науково-технічного звіту, в якому розглядалася поведінка конструктивних елементів будівлі в умовах експлуатації технологічного обладнання [8; 50].

Актуальність проведення обстеження зумовлена наявністю в будівлі вібраційно-активного технологічного обладнання, яке під час роботи спричиняє динамічне навантаження на несучі конструкції. Особливий акцент зроблено на плиті перекриття на рівні +2,000 м, оскільки саме на цьому рівні розташовано основне робоче обладнання лінії очищення.

Головною метою динамічних обстежень є визначення фактичних параметрів коливань конструкцій, оцінка впливу експлуатації технологічного обладнання на плиту перекриття та каркас будівлі, а також аналіз можливості безпечної експлуатації конструктивних елементів в умовах функціонування як існуючого обладнання, так і його потенційного розширення.

Для досягнення цієї мети заплановано виконання таких ключових завдань:

– аналіз конструктивної схеми будівлі та відповідної проєктної документації;

– ідентифікація джерел динамічного впливу, пов’язаних із функціонуванням технологічного обладнання;

– проведення вібродинамічних вимірювань на основних рівнях будівлі;

– визначення фактичних значень частот, амплітуд віброприскорень та особливостей коливань конструкцій;

– створення комп’ютерної моделі для оцінки роботи конструкцій у випадку збільшення кількості обладнання;

– формування висновків щодо рівня вібрації та рекомендацій для подальшої безпечної експлуатації будівлі.

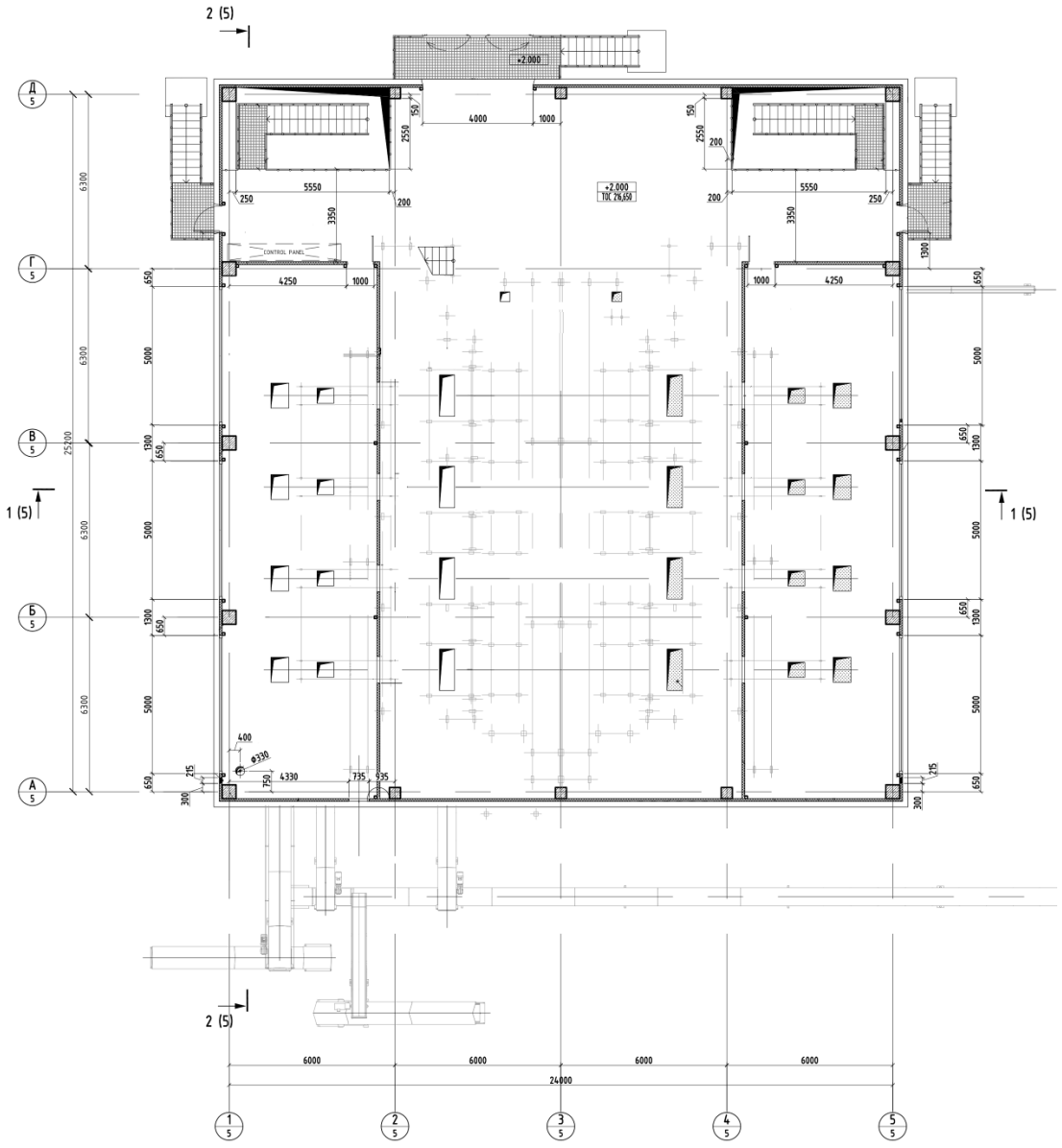

Рис. 8.1 План будівлі на позначці +2,000 м з розміщенням технологічного обладнання

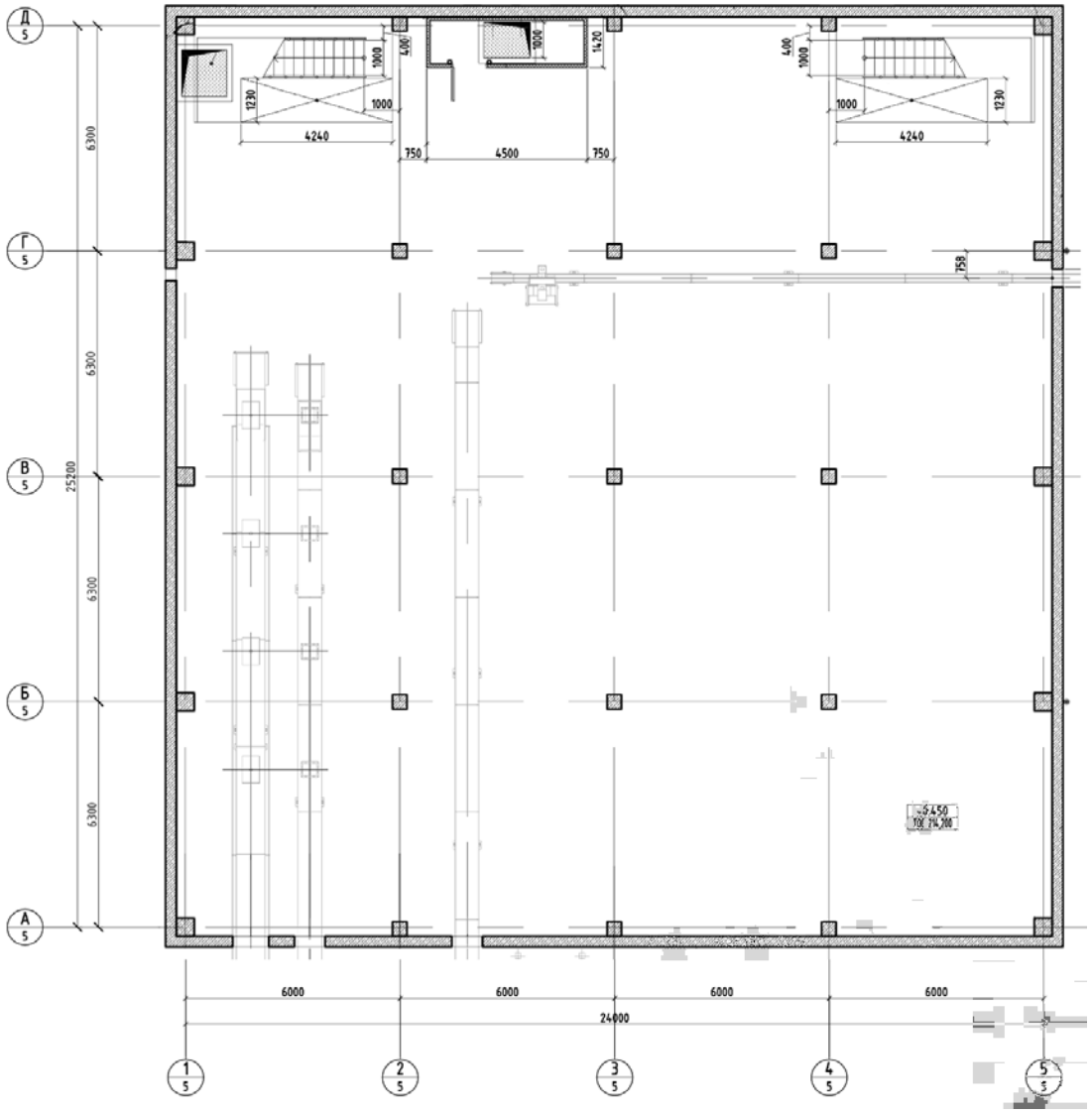

Рис. 8.2 План будівлі на позначці -0,450 м

8.2 Характеристика об’єкта обстеження

Пост очистки та сортування є виробничою будівлею, що входить до комплексу кондиціювання насіння сільськогосподарських культур. Функціональне призначення будівлі полягає у прийманні, очищенні кукурудзи від листостеблової маси, сортуванні продукції та передачі матеріалу на наступні етапи обробки. За планувальним рішенням будівля має прямокутну форму з розмірами 24,0 × 25,2 м в осях.

Будівля має два робочі рівні. Нижній рівень розташований на позначці -0,450 м, а основний технологічний рівень з обладнанням – на позначці +2,000 м. Загальна висота надземної частини будівлі до найвищої точки покрівлі становить близько 10,98 м. Таке висотне рішення прийняте з урахуванням розміщення обладнання, конвеєрів, металевих площадок обслуговування та покриття будівлі.

Конструктивна схема будівлі – каркасна. Несучими елементами є залізобетонні фундаменти, колони, монолітна плита перекриття, балки та металеві конструкції покриття. Основні колони по крайніх рядах мають переріз 500 × 500 мм, а колони, що сприймають навантаження від плити перекриття та фахверкові колони, мають переріз 400 × 400 мм. Горизонтальні зусилля сприймаються за рахунок роботи колон, защемлених у фундаменти.

На позначці +2,000 м влаштовано монолітну залізобетонну плиту перекриття товщиною 200 мм. У місцях опирання передбачені капітелі товщиною 150 мм з розмірами у плані 1500 × 1500 мм. У плиті наявні технологічні отвори для розміщення та проходження обладнання, що є важливим фактором при оцінці її динамічної роботи.

Покриття будівлі виконане по металевих кроквяних фермах прольотом 24,0 м, які встановлені по верху колон. До верхніх поясів ферм кріпляться прогони, по яких улаштовано покрівлю з тришарових сендвіч-панелей з базальтовим утеплювачем товщиною 120 мм. Зовнішні стінові огородження складаються із залізобетонних цокольних панелей і стінових сендвіч-панелей товщиною 100 мм.

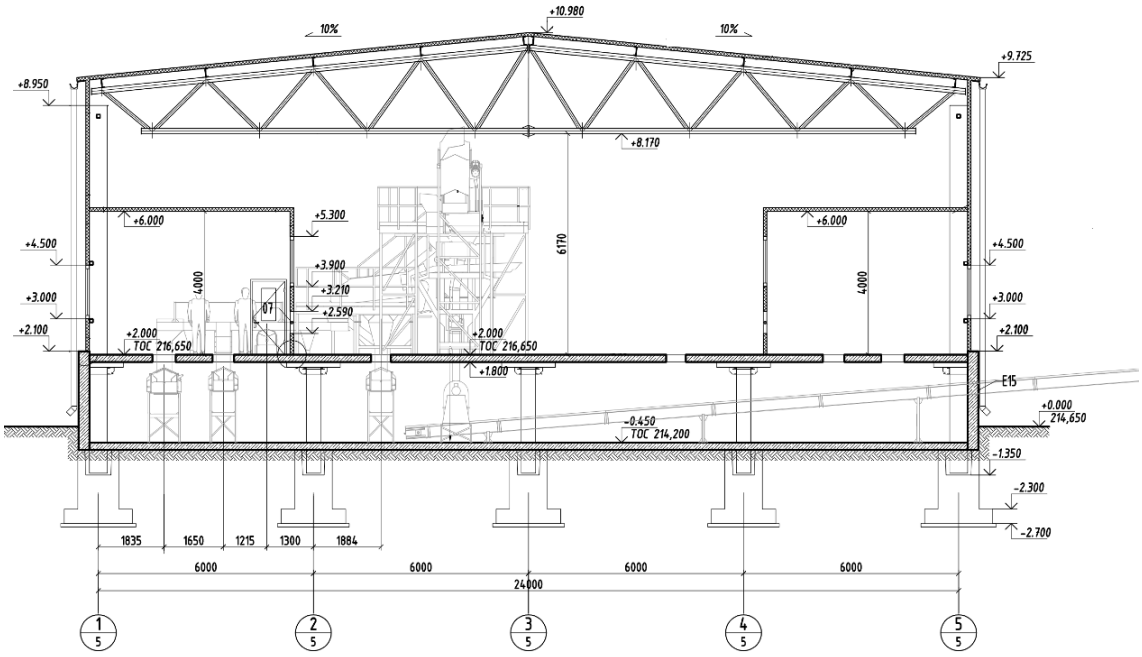

Рис. 8.3 Поперечний розріз будівлі з позначками основних рівнів

8.3 Інженерно-геологічні та сейсмічні умови

нженерно-геологічні умови майданчика враховуються під час оцінки роботи фундаментів і каркаса, оскільки динамічні навантаження від обладнання впливають не лише на перекриття, а й на інші несучі елементи будівлі. Майданчик розташований у зоні Подільської височини. Рельєф місцевості переважно спокійний, злегка хвилястий. Абсолютні позначки поверхні ґрунту на досліджуваній ділянці знаходяться приблизно в межах 214–215 м.

Інженерно-геологічні дослідження дозволили виділити нерівномірне складення ґрунтів на майданчику. У верхньому шарі залягає ґрунтово-рослинний покрив, під яким можуть бути насипні ґрунти, глини різної консистенції та вапняки з прошарками суглинку. Особливості такого геологічного профілю обов’язково враховуються під час проєктування і перевірки фундаментів, особливо в умовах експлуатації обладнання з вібраційними навантаженнями.

Підземні води виявлені на глибинах близько 3,5–4,4 м. Водоносний горизонт є безнапірним, значною мірою живиться завдяки інфільтрації атмосферних опадів. У періоди активного танення снігу або значних дощів

можливе тимчасове утворення верховодки у шарах глинистих ґрунтів. Нормативна глибина промерзання ґрунтів у цьому районі становить 0,88 м.

Майданчик належить до території з розрахунковою сейсмічністю 6 балів згідно з сейсмічними характеристиками регіону, а його ґрунти класифіковані як друга категорія за сейсмічними властивостями. Хоча основним джерелом вібрацій на майданчику є технологічне обладнання, ці дані додатково характеризують умови роботи несучих конструкцій, що є важливим чинником для їх надійного функціонування [11; 47].

8.4 Технологічний процес і джерела динамічного впливу

У будівлі виконуються роботи з очищення кукурудзи від листостеблової маси, її сортування, а також передачі очищеної сировини для подальшої переробки. Несортована сировина подається конвеєрами до верхньої частини обладнання, де проходить обробку через хаскери. Після очищення матеріал розподіляється на фракції та за допомогою конвеєрної системи транспортується в суміжні виробничі зони.

Основне обладнання, яке забезпечує динамічний вплив, складається з лінії із чотирьох 12-полосних хаскерів моделі A&K HUSKER Series II, встановлених на рівні +2,000 м. Робота одного або кількох хаскерів супроводжується періодичними динамічними навантаженнями, що через опорні конструкції передаються на плиту перекриття. До того ж, на конструкції впливають двигуни стрічкових конвеєрів, компресор і додаткове допоміжне обладнання.

Вібродинамічні обстеження проводились для оцінки поточного стану конструкцій та збору фактичних характеристик. На рівні +2,000 м розташовані ключові машини, задіяні у процесах очищення та сортування. Це обладнання встановлено на спеціальних опорних рамах, через які навантаження передаються на плиту перекриття. Саме тому плита перекриття на цій позначці була обрана основним об’єктом для інструментальних замірів та подальших розрахункових аналізів. Проєкт модернізації передбачає можливість встановлення другої лінії

обладнання паралельно до наявної, що дозволить збільшити кількість хаскерів до восьми. Такий перерозподіл навантаження змінює динамічну схему роботи перекриття. Тому було розглянуто не лише поточний стан під час роботи чотирьох хаскерів, але й прогнозований сценарій функціонування обох ліній одночасно.

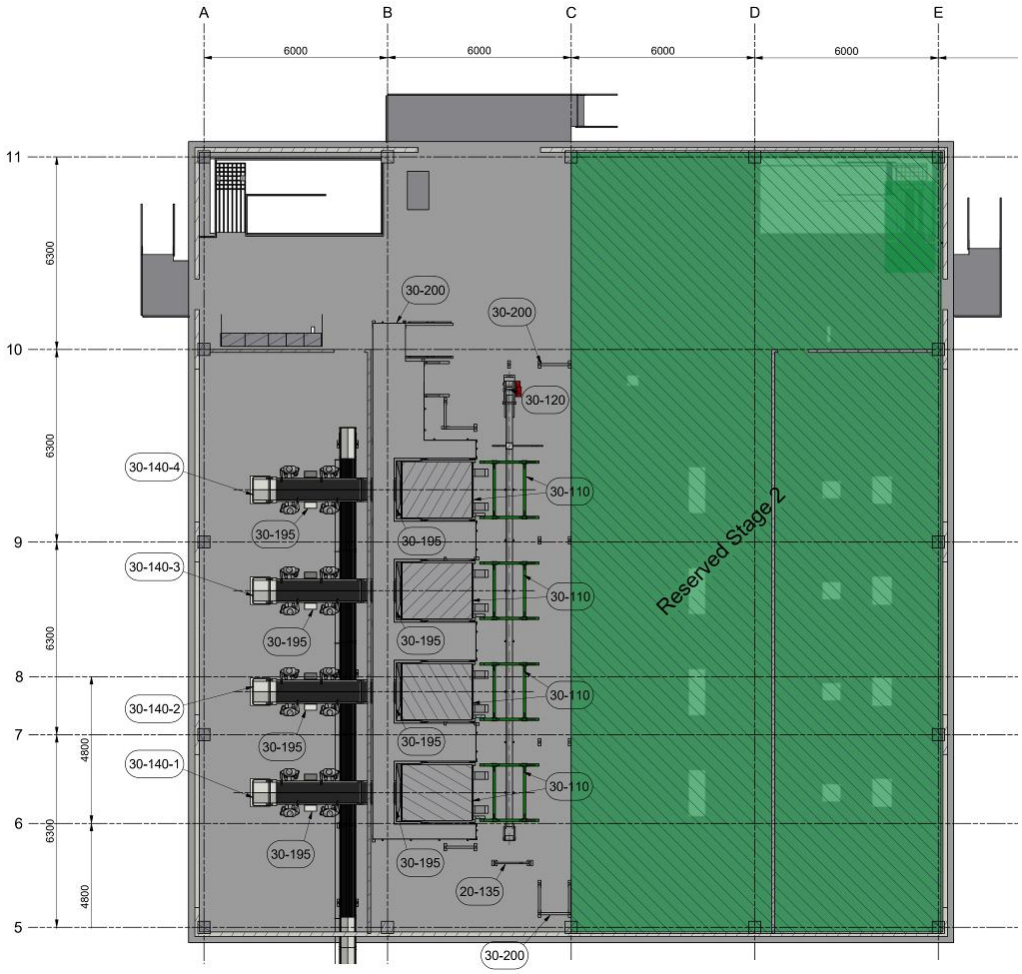

Рис. 8.4 Схема розміщення існуючої та перспективної лінії технологічного обладнання

У рамках обстеження враховувалися два основні види динамічних впливів: фонові та вимушені. До фонових впливів віднесено такі фактори, як вітрове навантаження, рух транспорту на території комплексу та інші незначні джерела коливань. Вимушені впливи включали напрацювання хаскерів, конвеєрів, компресорів та іншого обладнання, яке безпосередньо бере участь у виробничому циклі.

Найкритичнішим режимом роботи є одночасна експлуатація чотирьох хаскерів, оскільки в цьому випадку плита перекриття зазнає максимального зафіксованого динамічного навантаження від існуючої лінії. Окремо проведено оцінку перспективного сценарію роботи восьми хаскерів, який враховує ймовірну модернізацію виробництва та збільшення чисельності віброактивного обладнання.

8.5 Методика і апаратура вібродинамічного обстеження

Вібродинамічні дослідження проводилися для фіксації фактичних коливань конструкцій, основним вимірюваним параметром було віброприскорення. Дані записувалися у трьох напрямках: уздовж літерних і цифрових осей будівлі, а також у вертикальному напрямку. Такий підхід забезпечує можливість оцінити як горизонтальні, так і вертикальні складові коливань [27; 28].

Для збору даних використовувалася віброметрична апаратура, до складу якої увійшли однокомпонентні віброперетворювачі моделі 731A, модулі для вимірювання низькочастотної вібрації, ноутбук і програмне забезпечення, що забезпечувало запис та обробку отриманих сигналів. Робочий частотний діапазон коливався від 0,3 до 100 Гц, що дозволяє реєструвати переважні частоти коливань як конструкцій, так і технологічного обладнання.

Таблиця 8.1 Склад апаратури для вібродинамічних досліджень

Найменування обладнання	Кількість	Призначення
Віброперетворювач 731A з кабелем	4 шт.	Перетворення механічних коливань в електричний сигнал
Модуль вимірювання низькочастотної вібрації	4 шт.	Передача сигналу та реєстрація вимірювань

Ноутбук	1 шт.	Запис даних і первинна обробка результатів
Програмне забезпечення для обробки вібросигналів	1 комплект	Побудова часових графіків та амплітудних спектрів

Перед початком вимірювань апаратура готувалася до роботи, перевірялися кабелі, напрямки орієнтації датчиків, точки встановлення та можливість одночасної реєстрації сигналів у кількох характерних місцях. Такий порядок підготовки потрібний для того, щоб результати різних схем вимірювань можна було порівнювати між собою.

8.6 Схеми розміщення датчиків і порядок виконання вимірювань

Для оцінки роботи конструкцій було використано декілька схем розміщення вібродатчиків. Датчики встановлювалися на плиті перекриття, біля колон, на елементах каркаса та поблизу опор технологічного обладнання. Основна частина вимірювань виконувалася на позначці +2,000 м, оскільки саме там розміщені хаскери та інше обладнання, яке створює найбільший динамічний вплив.

Схеми вимірювань передбачали реєстрацію коливань у центрах комірок плити, у прогонах між колонами, над колонами, а також безпосередньо біля опор обладнання. Частина вимірювань виконувалася при фонових впливах, а частина - при різних робочих режимах обладнання. Це дозволило порівняти власну динамічну поведінку конструкцій з коливаннями, що виникають під час технологічного процесу.

Таблиця 8.2 Загальна характеристика схем розміщення датчиків

Схема	Призначення вимірювань
Схеми 1–5	Вимірювання коливань плити перекриття на позначці +2,000 м у різних комірках та над опорами
Схема 6	Одночасне вимірювання коливань опорних конструкцій хаскерів і плити перекриття
Схеми 7–10	Уточнення роботи плити перекриття в суміжних прогонах та на різних ділянках
Схеми 11–12	Вимірювання коливань колон на нижньому рівні
Схема 13	Вимірювання при різних комбінаціях роботи обладнання
Схема 14	Оцінка коливань каркаса будівлі на різних позначках
Схема 15	Оцінка коливань підлоги у приміщенні постійного перебування персоналу

Під час виконання вимірювань датчики орієнтувалися за трьома напрямками: X, Y та Z. Напрямок X відповідав вимірюванню вздовж однієї системи осей будівлі, напрямок Y — вздовж перпендикулярної системи осей, а напрямок Z — вертикальним коливанням. Вертикальна складова була особливо важливою, оскільки для плити перекриття під обладнанням саме вона може бути визначальною.

8.7 Результати вібродинамічних досліджень і розрахункової перевірки

Обробку зафіксованих вібраційних сигналів здійснили за допомогою спектрального аналізу. У результаті були отримані часові залежності віброприскорень та амплітудні спектри, що дало змогу ідентифікувати основні частоти вимушених коливань, рівні віброприскорень, а також частоти власних коливань конструкцій.

За даними вимірювань, максимальні значення віброприскорень плити перекриття на висоті +2,000 м у центрі комірки сягали 0,86 м/с² у вертикальному напрямку та 0,12 м/с² у горизонтальних напрямках. У прогонах між колонами вертикальні віброприскорення доходили до 0,63 м/с², а над колонами їхній рівень становив близько 0,16 м/с². Це свідчить, що найбільшу чутливість до динамічних впливів мають ділянки плити між опорами [27; 50].

Частоти вимушених коливань плити перекриття під час роботи обладнання виявилися у широкому діапазоні від 6,0 до 99,0 Гц. Водночас частота власних вертикальних коливань плити перекриття на позначці +2,000 м була зафіксована в межах 14–15 Гц. Значення логарифмічного декременту коливань становило приблизно 0,165–0,16, що відповідає затуханню близько 3 % від критичного рівня.

Таблиця 8.3 Основні результати віброметричних досліджень

Параметр	Зафіксоване значення
Максимальне вертикальне віброприскорення плити +2,000 м у центрі комірки	0,86 м/с²
Максимальне горизонтальне віброприскорення плити +2,000 м	0,12 м/с²
Вертикальне віброприскорення у прогонах між колонами	до 0,63 м/с²
Вертикальне віброприскорення над колонами	до 0,16 м/с²
Діапазон переважаючих частот вимушених коливань	6,0–99,0 Гц
Частота власних коливань плити +2,000 м	14–15 Гц
Логарифмічний декремент коливань	0,165–0,16

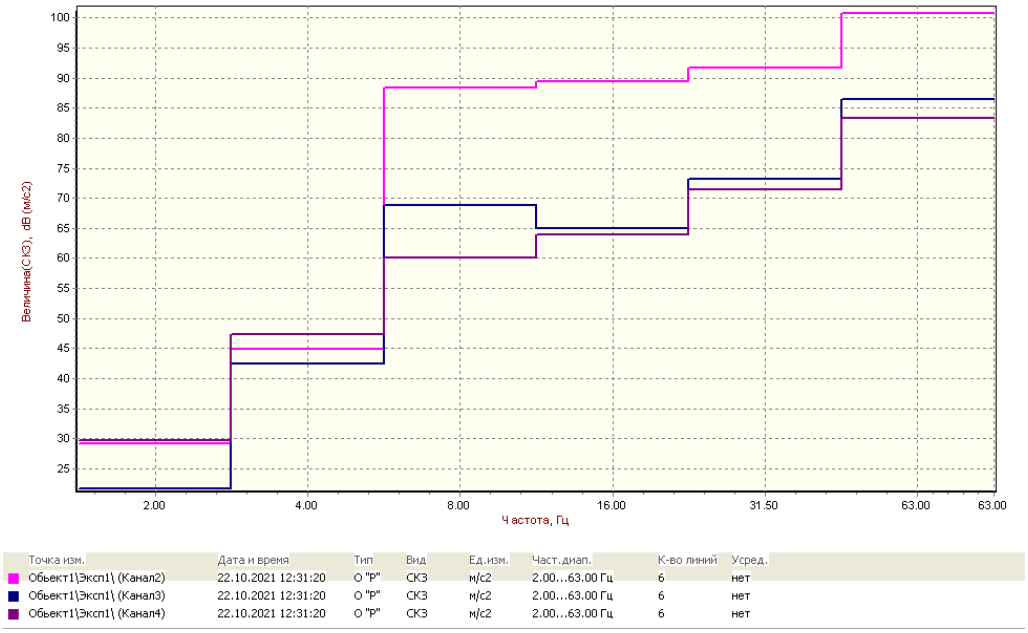

Рисунок 8.5 Приклад порівняння рівнів віброприскорень підлоги з допустимими значеннями

На нижньому рівні, позначка -0,450 м, рівні коливань були меншими. Максимальні зареєстровані віброприскорення становили близько 0,136 м/с² у вертикальному напрямку та 0,027 м/с² у горизонтальних напрямках. Це підтверджує, що основний динамічний вплив концентрується у зоні плити перекриття на позначці +2,000 м, де встановлене обладнання.

Одночасні вимірювання на опорах хаскерів і на плиті перекриття показали ефективність віброізолюючих пристроїв. У вертикальному напрямку вони знижують рівень віброприскорень приблизно у 1,6–2,0 раза, а у горизонтальних напрямках у 10-14 разів. Це свідчить про необхідність збереження та контролю справного стану віброізоляції під час експлуатації обладнання.

8.7.1 Розрахункова модель і перевірка роботи двох ліній обладнання

Для оцінки роботи конструкцій при можливому збільшенні кількості обладнання була розроблена комп’ютерна модель фрагмента будівлі. Модель включала несучі елементи на позначках -0,450 м та +2,000 м, а також обладнання,

розміщене на плиті перекриття. Колони та балки моделювалися стрижневими елементами, а плита перекриття і цокольні панелі — оболонковими елементами [32; 50].

У моделі розглядалися два варіанти: існуючий стан із роботою чотирьох хаскерів та перспективний стан із роботою восьми хаскерів після встановлення другої лінії обладнання. Порівняння результатів дозволило оцінити зміну рівнів динамічного впливу та перевірити, чи не виникають небезпечні режими роботи конструкцій.

Для варіанта роботи восьми хаскерів розрахункові частоти власних вертикальних коливань плити за першими характерними формами становили 7,75 Гц, 8,33 Гц, 9,12 Гц та 10,36 Гц. Динамічні навантаження на плиту перекриття при роботі восьми хаскерів збільшуються приблизно у 1,3–2,4 раза порівняно з режимом роботи чотирьох хаскерів. Це означає, що при модернізації виробництва необхідно враховувати підвищений динамічний вплив на плиту перекриття.

Розрахунок несучих конструкцій виконувався з урахуванням статичних вертикальних навантажень, горизонтальних вітрових навантажень і статичного еквівалента динамічних впливів від обладнання. Особливу увагу приділено плиті перекриття на позначці +2,000 м, балкам і колонам, які сприймають навантаження від обладнання та передають їх на фундаменти.

8.8 Висновки та рекомендації

За результатами динамічних обстежень несучих конструкцій посту очистки та сортування встановлено, що основним джерелом вібрацій є робота 12-полосних хаскерів A&K, розміщених на позначці +2,000 м. Найбільші рівні віброприскорень зафіксовані у плиті перекриття в центрах комірок між колонами. Над опорами та на нижньому рівні будівлі коливання мають менші значення.

Фактична частота власних коливань плити перекриття на позначці +2,000 м знаходиться в діапазоні 14–16 Гц. Переважаючі частоти вимушених коливань від обладнання охоплюють широкий діапазон, тому при встановленні додаткового обладнання потрібно перевіряти можливість наближення робочих частот до власних частот конструкцій.

Віброізолюючі пристрої під обладнанням мають суттєвий вплив на зменшення передачі коливань на плиту перекриття. Їхній стан необхідно періодично контролювати, оскільки пошкодження або неправильне встановлення віброізоляторів може призвести до підвищення рівнів вібрації конструкцій.

При подальшій експлуатації та модернізації будівлі рекомендується:

– зберігати роботу хаскерів тільки з передбаченими віброізолюючими пристроями;

– після встановлення другої лінії обладнання виконати контрольні вимірювання вібрацій плити перекриття;

– перевіряти стан кріплень обладнання, опорних рам, анкерів і стиків, які можуть впливати на передачу коливань;

– не допускати жорсткого з’єднання обладнання з конструкціями без передбаченої віброізоляції;

– у разі підвищення рівнів вібрації передбачити додаткові заходи зі зниження динамічного впливу або локального підсилення конструкцій;

– виконувати технічне обслуговування обладнання, оскільки дисбаланс робочих органів може збільшувати динамічне навантаження на плиту перекриття.

Таким чином, виконання динамічних обстежень дозволяє оцінити реальну роботу несучих конструкцій під час експлуатації технологічного обладнання. Отримані результати є основою для перевірки допустимих рівнів вібрації, прийняття рішень щодо модернізації виробництва та забезпечення безпечної роботи посту очистки та сортування комплексу кондиціювання насіння сільськогосподарських культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зінчук М. С., Чорнолоз В. С. Залізобетонне перекриття : методичні вказівки. Рівне : НУВГП, 2019. 41 с.
2. Технологія будівельного виробництва : підручник / В. К. Черненко та ін. ; за ред. В. К. Черненка. Київ : Вища школа, 2002.
3. Воцехівський О. В., Журавський О. Д., Байда Д. М. Розрахунок залізобетонних конструкцій з використанням спрощених діаграм деформування за ДСТУ Б В.2.6-156:2010 : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2017.
4. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016.
5. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012.
6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.
7. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проєктування. [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006.
8. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Науково-технічний супровід будівельних об’єктів. [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2007.
9. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018.
10. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2017.

11. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. [Чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014.
12. ДСТУ Б В.1.1-28:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів. Шкала сейсмічної інтенсивності. [Чинний від 2011-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.
13. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018.
14. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.
15. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проєктування. [Чинний від 2011-06-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.
16. ДСТУ Б В.2.6-154:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції. Монолітні залізобетонні конструкції будинків та споруд. Правила проєктування. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.
17. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2022.
18. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018.
19. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [Чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2015.
20. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проєктування. Частина ІІ. Будівництво. [Чинний від 2013-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.
21. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проєктування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.

22. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проєктування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.

23. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. [Чинний від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019.

24. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення. [Чинний від 2011-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.

25. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2007-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007.

26. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2000-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1999.

27. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008. ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги. [Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2008.

28. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Київ, 2000.

29. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проєктування. [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006.

30. Порядок виконання підготовчих та будівельних робіт : постанова Кабінету Міністрів України від 13.04.2011 № 466.

31. Порядок проведення огляду, випробування та експертного обстеження машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки : постанова Кабінету Міністрів України від 26.05.2004 № 687.

32. Програмний комплекс ЛІРА-САПР : керівництво користувача, навчальні приклади / за ред. А. С. Городецького. Електронне видання, 2017. 535 с.

33. Bakulin Ye.A. Calculation methods of retaining walls / Ye.A. Bakulin, V.M. Bakulina, N.O. Kostyra // Machinery & Energetics. – 2017. – Vol. 262. – P. 72–87.

34. Бакулін Є.А. Визначення вітрових навантажень висотних будівель вумовах щільної міської забудови / Є.А. Бакулін, В.М. Бакуліна, Н.О. Костира Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК – 2016. – Вип. 254. – С. 329–337.

35. ДСТУ 9243.4:2023. Система проєктної документації для будівництва. Основні вимоги до проєктної документації. [Чинний від 2024-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024.

36. ДСТУ Б А.2.4-7:2009. Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

37. ДСТУ Б А.2.4-6:2009. Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації генеральних планів. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

38. ДСТУ Б А.2.4-10:2009. Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

39. ДСТУ ISO 2394:2009. Загальні принципи надійності будівельних конструкцій. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009.

40. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проєктування. [Чинний від 2015-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014.

41. ДСТУ-Н Б EN 1990:2008. Єврокод. Основи проєктування конструкцій. [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.
42. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд. [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.
43. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-3. Загальні дії. Снігові навантаження. [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.
44. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-4. Загальні дії. Вітрові навантаження. [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.
45. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010. Єврокод 2. Проєктування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.
46. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010. Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.
47. ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010. Єврокод 7. Геотехнічне проєктування. Частина 1. Загальні правила. [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.
48. Настанова з визначення вартості будівництва : наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 01.11.2021 № 281. Київ : Мінрегіон України, 2021.
49. Trofymchuk O.M., Kaliukh, Iu.I., Berchun, Ya.O., Marienkov M.G., Khymenko B.O., Tytarenko V.A., Vapnichna V.V. (2025). Hybrid Numerical Method for the Evaluation of the Seismic Protection of Buildings Based on

Digital Twins. Journal of Mathematical Sciences (United States) https://doi.org/10.1007/s10958-025-07858-2

50. Marienkov, M., Yakovenko, I., Bakulin, Y., Babik, K. (2025). Influence of Vibrations Analysis of the Agricultural Seed Conditioning Industrial Building Complex. In: Zabulonov, Y., Peer, I., Zheleznyak, M. (eds) Liquid Radioactive Waste Treatment: Ukrainian Context. LWRT 2023. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 712. Springer, Cham., pp. 172–185. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95663-8_18

51. М.Г.Мар'єнков, І.Ю.Головко // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) (20–21 лютого 2025 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2025. – С. 497–500.