

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
Конструювання та дизайну

(назва факультету (ННІ))

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

«__» 2025р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри будівництва

(назва кафедри)

Ігор ЯКОВЕНКО

(підпис)

(ПІБ)

«__» _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Проектування ангара швидкого зведення для зберігання і
техобслуговування великогабаритної сільськогосподарської техніки в м.
Малин Житомирської області

Спеціальність «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма «Магістр»

Орієнтація освітньої програми Освітньо-

професійна

(освітньо-професійна, освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

Доцент кафедри будівництва,
доцент, к.т.н.

Євгеній БАКУЛІН

(підпис)

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

Доцент кафедри будівництва,
доцент, к.т.н.

Євгеній БАКУЛІН

(підпис)

Виконав

Андрій КОМАРОВ

(підпис)

(ПІБ здобувача)

КИЇВ— 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри будівництва
професор, д.т.н. Ігор ЯКОВЕНКО
(наук. ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
«__»__ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ**

Комаров АндрійОлександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма «Магістр»

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

(освітньо-професійна, освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи

Проектування ангара швидкого зведення для зберігання і

техобслуговування великогабаритної сільськогосподарської техніки в

м. Малин Житомирської області

Затверджена наказом від «16» січня 2024 р., №2267 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 21 листопада 2025 р.

(рікмісяцьчисло)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: Згідно Державних

будівельних норм та Державних стандартів технічних умов

Перелік питань, що підлягають дослідженню (пояснювальна записка):

1. Аналітичний огляд;
2. Архітектурні рішення;
3. Розрахунки будівельних конструкцій;
4. Проектування фундаментів;
5. Технологічна карта;
6. Організація будівництва;
7. Економіка будівництва (розрахунки кошторисів);
8. Охорона праці та техніка безпеки в будівництві;

9. Наукове дослідження;

10. Список використаних джерел та посилань.

Перелік графічного матеріалу (креслення формат А1):

1. Архітектурно-будівельні креслення;
2. Конструювання будівельних конструкцій;
3. Конструювання фундаментів;
4. Технологічна карта будівельного процесу;
5. Будівельний генеральний план;
6. Календарний план-графік виконання робіт;
7. Наукове дослідження.

Дата видачі завдання «20»січня 2024 р.

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

Доцент кафедри будівництва,
доцент, к.т.н.

_____ (підпис)

_____ Євгеній БАКУЛІН

Гарант освітньої програми

Доцент кафедри будівництва,
доцент, к.т.н.

_____ (підпис)

_____ Євгеній БАКУЛІН

До виконання прийняв

_____ Андрій КОМАРОВ

_____ (підпис)

(ПІБ здобувача)

КИЇВ- 2025

РЕФЕРАТ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Проектування ангара швидкого зведення для зберігання і техобслуговування великогабаритної сільськогосподарської техніки м. Малин Житомирської області.

Робота складається із 100 друкованих аркушів формату А4 та 12 листів креслень формату А1.

Проведено аналітичний огляд: застосування ангарів різного функціонального призначення; видів та типів; конструктивних схем. Визначені основні критерії та аспекти проектування ангарів швидкого зведення.

В архітектурно-будівельній частині розроблено об'ємно-планувальне рішення ангарного корпусу відповідно до природно-кліматичних умов будівництва для збереження та технічного обслуговування великогабаритної сільськогосподарської техніки.

В розрахунково-конструктивній частині розраховано та спроектовано металеву колону каркасу та металеву ферму покриття ангара.

Відповідно до проведених розрахунків спроектовано монолітні фундаменти під сталеві колони каркасу ангара.

Технологією та організацією будівництва ангара передбачено технологічну карту на монтаж металевої великопрогонної ферми покриття. Розроблено будівельний генеральний план, визначена чисельності персоналу будівництва, необхідна кількість та номенклатура тимчасових будівель і споруд.

Проведено розрахунок потреб будівництва складськими площами та енергоресурсами. Розроблено календарний план-графік виконання робіт.

Викладені основні положення з охорони праці по забезпеченню пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт.

В економічному розділі розглянуто питання оцінки будівництва об'єкта по техніко-економічним характеристикам, розроблено приклади складання кошторисів.

В науковому розділі проведено аналіз напружено-деформованого стану підлоги ангара від дії значних навантажень великогабаритної техніки. По результатам проведеного дослідження підготовлені відповідні висновки.

З М І С Т

ВСТУП	5
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	7
1.1. Застосування ангарів	7
1.2. Типи ангарів	8
1.3. Проблеми проектування ангарів	11
1.4. Основні критерії та аспекти в проектуванні ангарів	13
2. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	15
2.1. Вихідні умови проектування ангару	15
2.2. Основні конструктивні характеристики ангару	17
2.3. Об'ємно-планувальне рішення ангарного корпусу	18
2.4. Основні конструктивні елементи ангару	19
2.5. Конструктивна схема ангару	20
2.6. Інженерне устаткування	21
2.7. Інженерний захист та підготовка території до будівництва	22
3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	23
3.1. Розрахунок металевої колони каркаса КМ-1	23
3.1.1. Вихідні умови	23
3.1.2. Підбор перетину колони	24
3.1.3. Конструкція сполучних планок колони	26
3.1.4. Розрахунок оголовка колони	27
3.1.5. Розрахунок бази колони	29
3.1.6. Визначення товщини опорної плити	30
3.1.7. Визначення висоти траверси	31
3.1.8. Визначення діаметра анкерних болтів	32
3.2. Розрахунок металевої ферми покриття ФГ-1	32
3.2.1. Вихідні умови	32
3.2.2. Підбор перетинів	34
3.2.3. Розраховуємо перетин нижнього поясу	36
4. ЧАСТИНА ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ	43
4.1. Розрахунок фундаменту для металевої колони каркаса КМ-1	43
4.2. Розрахункові характеристики матеріалів	43
4.3. Конструкція фундаменту	44
4.4. Армування фундаменту	46
5. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА	48
5.1. Загальні положення	48
5.1.2. Область застосування технологічної карти	49
5.1.3. Технологія влаштування ферм	50
5.2. Підготовчий період будівництва	51
5.2.1. Розробка будівельного генерального плану	52

5.2.2. Визначення чисельності персоналу будівництва та потреби тимчасових будівель і споруд	53
5.2.3. Визначення тимчасових будівель, споруд та їх складу	53
5.2.4. Розрахунок потреб в складських площах	54
5.2.5. Розрахунки потреб будівництва в забезпеченні енергоресурсом	54
5.2.6. Розробка календарного план-графіку виконання робіт	56
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	57
6.1. Загальні положення	57
6.2. Утримання територій будівництва, будівель і приміщень	58
6.3. Заходи пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт	59
6.4. Заходи пожежної безпеки при зберіганні і роботі з клеями, мастиками, бітумом, полімерними й іншими горючими речовинами і матеріалами	59
6.5. Заходи пожежної безпеки при проведенні зварювальних і інших вогневих робіт	61
6.6. Заходи пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації установок опалення і сушіння приміщень	62
6.7. Водопостачання, засоби пожежогасіння і зв'язку	64
7. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА	66
7.1. Оцінка будівництва об'єкта по техніко-економічним характеристикам	66
8. НАУКОВА ЧАСТИНА	70
8.1. Стан питання та постановка задачі дослідження	70
8.2. Основні положення нормативного розрахунку твердих покриттів	72
8.3. Основи розрахунку плит, що лежать на пружній основі	75
8.4. Розрахунок одношарового бетонного покриття	80
8.5. Розрахунок твердих покриттів методом скінченних елементів	82
8.6. Вихідні дані для рішення задачі	85
8.7. Результати розрахунків	85
Висновки	87
9. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89
10. ДОДАТКИ:	94
-Кошториси	94
-Креслення	12 аркушів

ВСТУП

Сучасна архітектура промислових будівель характеризується використанням новітніх технологій, інноваційних матеріалів та функціонального планування. Такі об'єкти повинні мати сучасний дизайн та високу енергоефективність.

На даний час впромисловому будівництві використовуються естетично привабливі матеріали, які мають високу міцність і довговічність. Наприклад, скляні та металеві конструкції, бетонні елементи та композиційні матеріали можуть бути використані для створення сучасних промислових будівель.

Функціональність промислової будівлі є одним із головних аспектів сучасної архітектури промислових будівель. Вони проектуються з урахуванням потреб та вимог тих функцій, які забезпечують оптимальне використання простору та ефективну організацію технологічних процесів. В проектуванні промислових будівель необхідно передбачити належні системи безпеки, освітлення, вентиляції та інші специфічні інженерні системи та комунікації. Таким чином, сучасна архітектура промислових будівель підкреслює сталий розвиток економіки країни.

Застосування енергоефективних систем опалення та кондиціонування повітря, використання відновлюваних джерел енергії та екологічно чистих матеріалів завдяки зниженню використання будівництва на навколишнє середовище.

Усі ці аспекти спільно формують сучасну архітектуру промислових будівель, що відображає естетичну привабливість та функціональність.

Архітектура ангару для зберігання та техобслуговування сільськогосподарської техніки включає розробку оптимального планування та конструкцію споруди, що забезпечить потреби агропромислового комплексу. Основні фактори, які слід передбачити при проектуванні ангару, включають об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, розміри, форму та матеріали будівлі.

Габаритні розміри ангару повинні бути достатніми для забезпечення зручного обслуговування техніки та проведення технічного обслуговування. В

залежності від інших видів техніки, які необхідно зберегти, можуть бути використані різні варіанти розмірів ангару. Форма ангару також може бути різною - від прямокутної до купольної, в залежності від вимог до функціональності та естетичних вподобань.

При виборі матеріалів для будівельного ангару слід дотримуватися вимог до міцності, довговічності та енергоефективності будівель. Металеві конструкції зі сталі мають високу міцність і довговічність. Можливе застосування бетонних конструкцій або інші матеріали, залежно від функціональних вимог та призначення конструктивних елементів.

У процесі проектування ангару функціональні вимоги стають одним з головних чинників організації об'ємно-просторової структури об'єкта. Для забезпечення комфортних умов праці необхідно передбачати системи освітлення, вентиляції, кондиціонування та опалення. Також слід враховувати потреби в просторі для зберігання запасних частин та інструментів, організацію робочих зон для технічного обслуговування.

Усі ці фактори мають бути враховані при проектуванні ангару для зберігання та техобслуговування сільськогосподарської техніки, щоб забезпечити ефективну та зручну роботу у агропромисловому комплексі.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Застосування ангарів

В Україні ангари мають велике значення і різноманітні ролі в багатьох сферах. Ось деякі аспекти важливості будівництва ангарів в Україні.

Промисловий сектор - Ангари є необхідними для промислових підприємств, складів та логістичних центрів. Вони забезпечують простір для зберігання сировини, обладнання, готової продукції та інших матеріалів. Будівництво ангарів у промисловому секторі це буде значне підвищення ефективності виробничих процесів та оптимізація логістики виробництва.

Авіаційна галузь – використовують ангари в авіаційній галузі для зберігання та обслуговування повітряних суден, включаючи літаки та гелікоптери. Ангари забезпечують безпеку та захист літаків від погодних умов та інших небезпек.

Сільське господарство - Ангари використовують у сільському господарстві для зберігання сільськогосподарської техніки, врожаю та іншої сільськогосподарської продукції. Ці споруди забезпечують зберігання продукції від погодних умов та як логістичні центри, організовують ефективну роботу агропромислових підприємств.

Спортивні об'єкти - Ангари призначені для створення спортивних комплексів, включаючи спортивні зали, тренувальні майданчики та інші спортивні споруди. Вони надають простір для проведення змагань та тренувань у комфортних умовах.

Військовий сектор - Ангари займають важливу роль у військовій галузі для зберігання та обслуговування військової техніки, літаків, вертольотів та іншого військової техніки. Вони використовуються для забезпечення захисту та конфіденційності військових активів.

В цілому, будівництво ангарів в Україні має велике значення в багатьох сферах, народного господарства включаючи промисловість, авіацію, сільське господарство, спорт та військовий сектори. Вони забезпечують необхідний

простір для зберігання, обслуговування та захисту різного обладнання та матеріальних цінностей.

1.2. Типи ангарів

Залежно від обсягу зберігання на зведення безкаркасного ангара потрібно один-два тижні, а для каркасного з урахуванням часу на виготовлення власне каркасу й панелей покриття – до одного місяця. До того ж, якщо для виготовлення безкаркасного ангара має значення запрошувати спеціалізовану компанію, то для формування стрічкового полотна та для його вальцювання потрібна лише відповідна техніка. Приклад конструктивного рішення ангара (рис. 1.1).

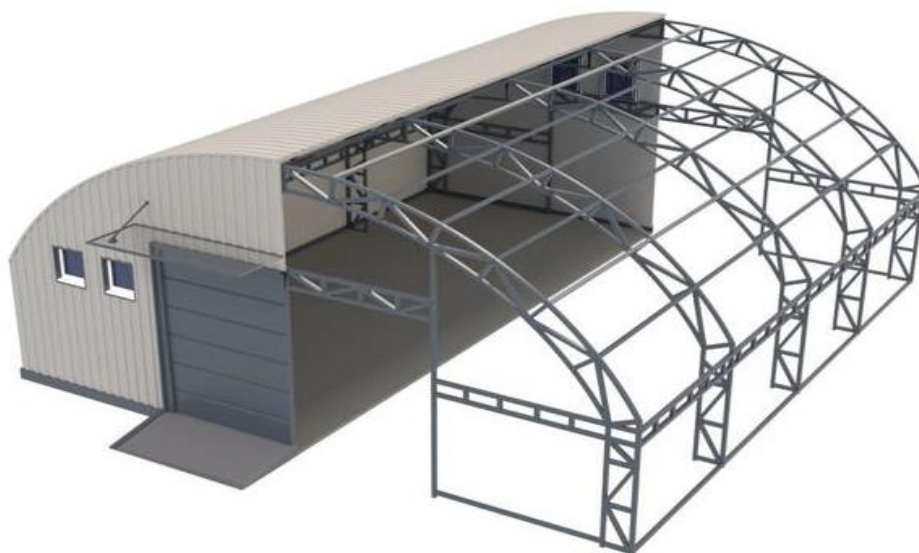


Рис. 1.1. Приклад звичайного металевого ангара «Ангар для зберігання зерна»

Ангари із прямими стінами дозволяють максимально використовувати площу поверхні підлоги.

Ангари із прямими стінами дають можливість вільно вибрати висоту ангара при будівництві. Особливість конструкції дозволяє використовувати всю корисну висоту для зберігання продукції. При пошкодженні обшивки з легкістю можна зробити її заміну. Можливий ремонт та заміна покрівлі та стін. Ангар може бути утеплений будь-яким видом утеплювача. Конструктивні схеми каркасних ангарів (рис. 1.2).

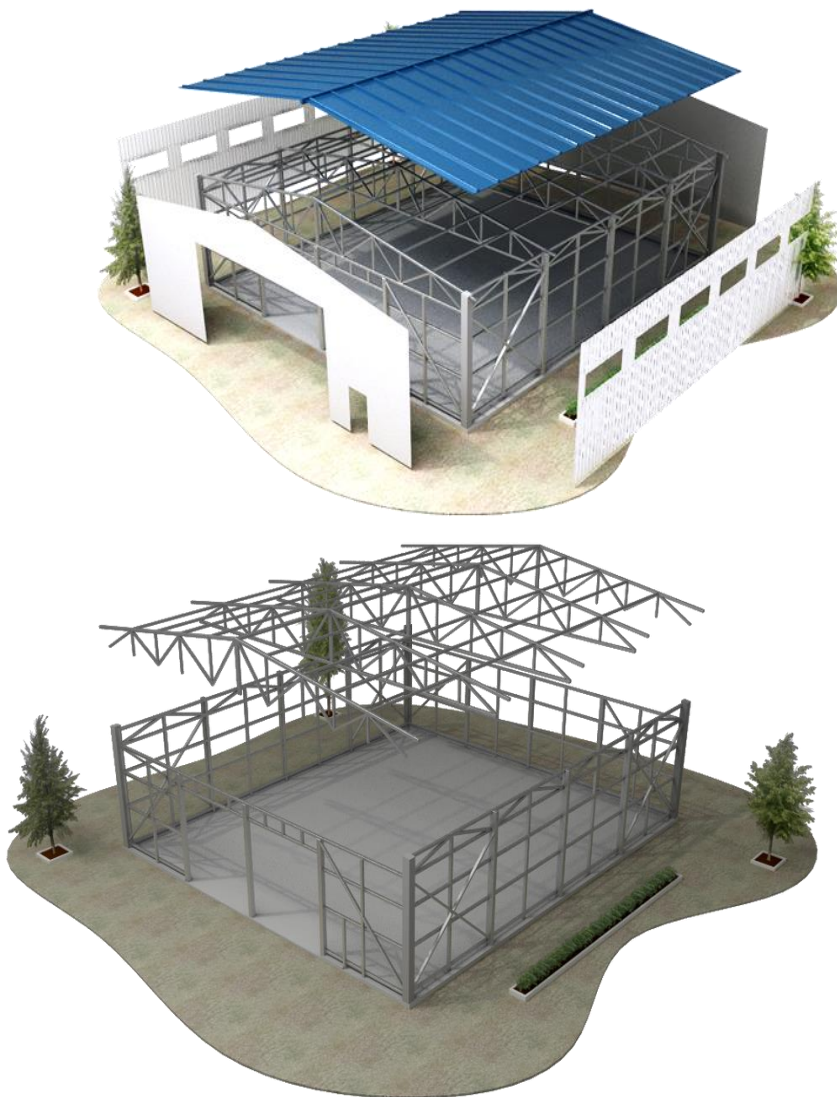


Рис. 1.2. Каркасні схеми прямокутного ангару

Конструктивні типи ангарів можуть варіюватися залежно від їх призначення та вимог. Найбільш використовувані конструктивні типи ангарів.

Складські ангари. Цей тип ангарів призначений для зберігання товарів і матеріалів. Вони завжди мають велику площу та високу дахову конструкцію, щоб забезпечити достатній простір для зберігання.

Виробничі ангари. Такі ангари виготовлені для виробництва товарів або проведення робіт. Вони можуть мати спеціальні системи вентиляції, освітлення та інші технічні розрахунки для задоволення виробничих потреб. Схеми ангарів наведено рис. 1.3.

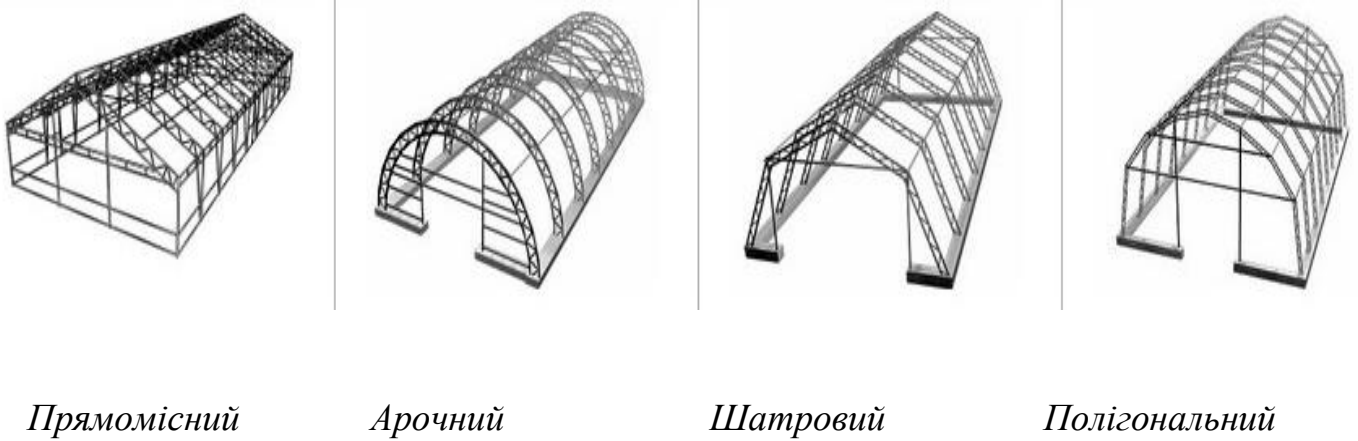


Рис. 1.3. Конструктивні схеми ангарів

Авіаційні ангари. Такі будови призначені для зберігання та обслуговування літаків або гелікоптерів. Вони мають велику висоту та простір, а також спеціальне обладнання для обслуговування.

Спортивні ангари. Ці ангари призначені для спортивних потреб: проведення змагань, тренувань, зберігання обладнання та інвентаря.

Логістичні ангари Ці ангари призначені для логістичних задач, таких як вантажні перевезення, ремонт та обслуговування транспортних засобів. Вони розроблені для забезпечення легкого доступу, маневрування та зберігання великих об'єктів.

Це декілька прикладів конструктивних типів ангарів, існує багато інших варіацій, що можуть відрізнятися за розмірами, формою, матеріалами та функціональними потребами.

Сучасний досвід проектування ангарів включає в себе використання нових технологій та інноваційних підходів. Далі наведено кілька ключових аспектів, які варто врахувати при проектуванні сучасних ангарів.

Функціональність. Ангари повинні бути спроектовані з урахуванням потреб і вимог конкретного використання. Вони можуть відрізнятися різними функціями, від зберігання та обслуговування обладнання до виробничих процесів. Важливо забезпечити оптимальне розміщення простору, логістику та зручний доступ до обладнання.

Матеріали та конструкції. Використовуючи сучасні матеріали та

конструкції дозволяє створити міцні, ефективні та довговічні ангари. Легкі металеві конструкції, бетонні панелі, композитні матеріали та скляні елементи можуть бути використані для створення сучасних архітектурних рішень.

Енергоефективність. Забезпечення енергоефективності є невід'ємним елементом сучасного проектування ангарів. Використання ізоляційних матеріалів, систем опалення та кондиціонування повітря, енергоефективного освітлення та використання відновлюваних джерел енергії може допомогти зменшити споживання енергії та витрати на утримання.

Безпека та охорона праці. Проектування ангарів повинно відповідати нормам безпеки та охорони праці. Має включати в себе правильне розміщення протипожежних систем, систем вентиляції та безпеки, а також дотримання безпечних робочих умов для персоналу.

Естетика та дизайн. Одним із важливих аспектів сучасного проектування ангарів є їх зовнішній вигляд та видима привабливість. Сучасні ангари можуть мати сучасний дизайн, використовуючи актуальні форми та матеріали, що надають їм естетичний вигляд.

Враховуючи ці елементи, сучасне проектування ангарів може створити функціональні, енергоефективні та естетично привабливі споруди, які задовольняють потреби сучасного промислового сектора.

1.3. Проблеми проектування ангарів

Проектування ангарів може зіткнутися з деякими проблемами, які потребують уваги та вирішення. Деякі з найбільш розширених проблем, які можуть виникнути під час проектування ангарів, включають:

1. Вимоги до простору та функціональності. По-перше, проектування ангару повинно врахувати потреби та вимоги щодо простору та функціональності. Це може включати необхідну площу для зберігання або виробництва, висоту стелі, доступ до пристроїв та обладнання, організацію робочих зон та інші фактори. Недооцінка або неправильне врахування цих вимог може призвести до неефективного використання простору та обмеження у функціональності.

Через це визначення оптимального розміру та форми ангару може бути складним завданням. Все залежить від потреб користувача, доступного простору та функціональних вимог. Важливо забезпечити достатню площу для потреб зберігання або виробництва, а також врахувати можливості розширення в майбутньому.

2. Стійкість та безпека. Ще одна важлива проблема - це забезпечення стійкості та безпеки ангару. Врахування факторів, таких як вітрове навантаження, сейсмічні ризики та інші екстремальні умови, може бути складною задачею. Недостатня стійкість може призвести до пошкодження або руйнування ангару, а недостатні заходи безпеки можуть створити ризик для робітників та майна.

Ангари повинні бути стійкими та безпечними для використання. Це означає врахування факторів, таких як міцність конструкції, стійкість до погодних умов, сейсмічних ризиків та вогнестійкість. Наявність відповідних систем безпеки, таких як системи протипожежного захисту та евакуації, також є великою складовою.

3. Енергоефективність та освітлення. Врахування енергоефективності є ще однією проблемою, з якою стикаються при проектуванні ангарів. Забезпечення відповідної ізоляції, ефективного опалення, освітлення та вентиляції може бути використано для зниження енергетичних витрат та підвищення екологічної ефективності. Ефективна вентиляція та кондиціонування повітря в ангарі допомагають забезпечити комфортні умови для роботи та забезпечити захист від конденсації та інших проблем, пов'язаних з вологою. Важливо врахувати вимоги щодо системи повітря, вентиляції та кондиціонування, а також енергоефективність цих систем.

Правильне освітлення ангару є великим аспектом проектування. Визначення потреб в освітленні, вибір відповідних світлових джерел і розташування світильників відіграють велику роль, щоб забезпечити належну якість освітлення та безпеку робочого простору.

4. Вартість. Бюджет будівництва ангару може бути ще однією проблемою для проектування. Врахування бюджетних обмежень та знаходження оптимальних рішень з точки зору вартості може бути складною задачею.

5. Забезпечення довговічності. Проектування ангару також повинно призвести до довговічності та майбутніх потреб. Використання високоякісних матеріалів та конструкцій, а також здатність пристосовуватись до змінних потреб та технологічних розвитків можуть покращити довговічність ангару.

6. Доступність та безпека. Ангар повинен бути доступним для працівників та машин, які визначають рух в ангарі. Це означає наявність відповідних входів, дверей, коридорів та зони маневрування. Забезпечення безпеки включає встановлення попереджувальних знаків, бар'єрів та інших заходів для запобігання нещасним випадкам.

1.4. Основні критерії та аспекти в проектуванні ангарів

Проектування ангарів є важливою складовою будівельної галузі, особливо в сучасному світі, де потреба у великих просторах для зберігання та виробництва стає все більш актуальною. Новітні тенденції в проектуванні ангарів забезпечують ефективність, безпеку та функціональність цих споруд.

Сейсмічність будівельного майданчику визначається згідно вимог ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво в сейсмічних районах України», згідно спискам населених пунктів України. Сейсмічність окремих майданчиків під забудову висотних будівель може становити 5 - 6 балів за шкалою MSK – 64 і на це необхідно звертати особливу увагу при проектуванні.

Слід також відмітити, ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» та ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій що поширюються на проектування і будівництво будівель без чого буде неможлива здача в експлуатацію.

Розрахунки ангарів необхідно виконувати обов'язково за спектральним методом, так за прямим динамічним методом з використанням інструментальних записів прискорень ґрунту або рекомендованого набору синтезованих акселерограм. Обов'язково врахувати снігове, сейсмічне та навантаження власної ваги конструкції.

Окрім того, при проектуванні необхідно враховувати вертикальну та крутильну складову навантажень у відповідності з вимогами.

Сучасні ангари можуть бути оснащені найкращими технологічними рішеннями для забезпечення ефективності та комфорту. Це може включати автоматизовані системи керування, системи вентиляції та кондиціонування повітря, а також системи безпеки та моніторингу.

У сучасному проектуванні ангарів приділяється увага не лише функціональності, але й зовнішньому вигляду. Архітектурні рішення можуть включати сучасні елементи дизайну, які надають естетичної привабливості споруді.

Враховуючи всі ці елементи, сучасні ангари стають все більш ефективними, безпечними та функціональними. Вони застосовуються в різних галузях, таких як авіація, логістика, виробництво, сільське господарство та інші, і допомагають забезпечити наявність простору для виконання різних завдань.

2.АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Вихідні умови проектування ангару

Проектуємий ангар для зберігання та техобслуговування сільськогосподарської техніки проектується в м. Малин Житомирської області.

Проект розроблено відповідно до природно-кліматичних умов будівельного майданчика. Природно-кліматичні умови ділянки забудови згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010: абсолютний мінімум температури становить $-29,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; абсолютна максимальна температура становить $+35,00\text{ }^{\circ}\text{C}$; розрахункова температура найбільш холодної п'ятиденки $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (забезпеченість 0,92), зона вологості нормальна; переважний напрямок вітру (рис. 2.1, табл. 2.1).

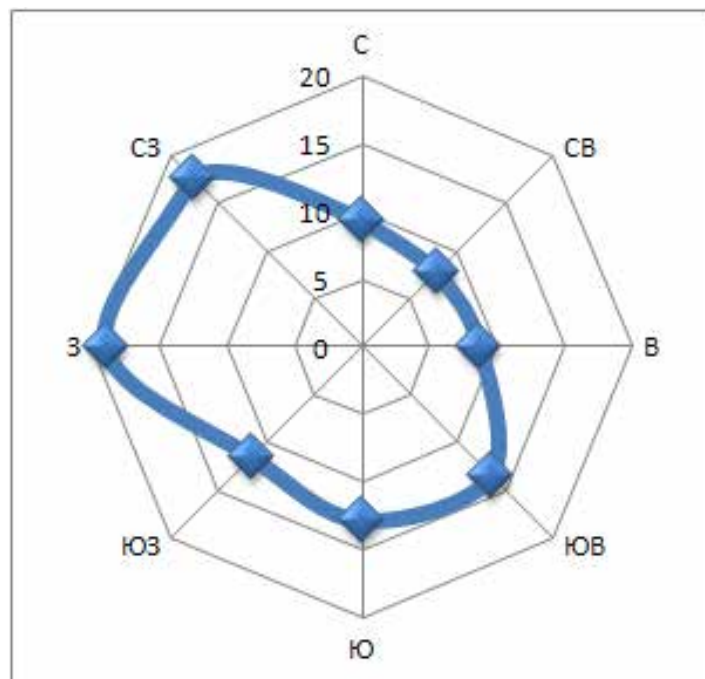


Рис. 2.1. Троянда вітрів за рік, % м. Житомир

Таблиця 2.1

Напрямок Вітру	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	ПД-З	З	Пн-З
Повторюваність	15.3%	10.4%	7.9%	10.7%	11.7%	10.9%	18.5%	14.6%

Переважаючий напрямок вітру – західний та північно-західний; середньорічна кількість атмосферних опадів становить 598 мм; середня швидкість вітру 4,1м/сек; середня тривалість безморозного періоду 150 – 170

діб.

Навантаження на перекриття будівлі прийняті згідно ДБН В.1.2-2:2006, табл. 6.2.

Прийняті постійні навантаження (характеристичні) по ДБН В.1.2-2:2006: район по швидкісному напору вітру – II відповідно вітрове навантаження $\approx 450\text{Па}$ (рис. 2.2).

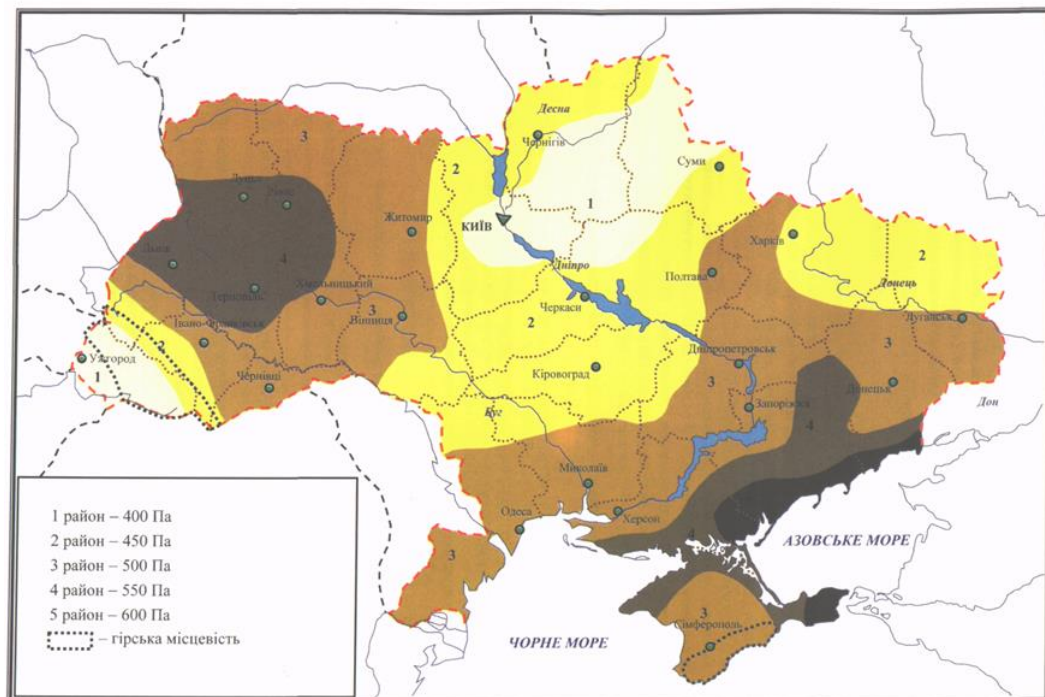


Рис. 2.2. Районування території України по характеристичним зонам навантажень

Район по вазі снігового покрову – V відповідно снігове навантаження становить $\approx 1600\text{Па}$; навантаження від конструкції підлоги – 1100Па (рис. 2.3).

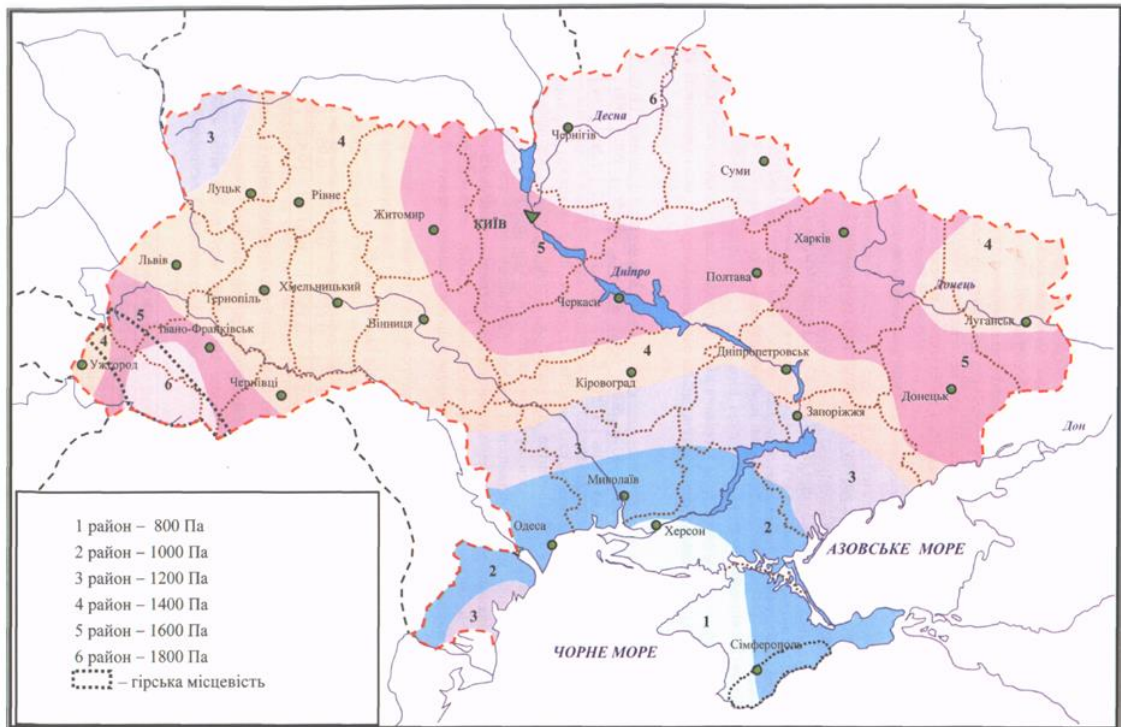


Рис. 2.3. Районування території України по ваги снігового покриву

Умови надійності ДСТУ 4163:2020: клас відповідальності об'єкта по призначенню – I; клас наслідків – СС-2 (ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди).

Визначення класу наслідків (відповідальності), клас відповідальності конструкцій – А. Коефіцієнт надійності (відповідальності) – 1,10.

Термін експлуатації будівлі – 100 років (ДБН В.1.2-14:2009, таб. 2).

Будівля відноситься до другого ступеня вогнестійкості, першого класу капітальності, основні будівельні матеріали та конструкції класу «НГ».

Планувальні відмітки проекрованої будівлі визначені з урахуванням рельєфу місцевості і в ув'язці з топо-геологічними відмітками та існуючими інженерними мережами та комунікаціями.

2.2. Основні конструктивні характеристики ангару

Ангарний корпус складається з ангара без виробничої прибудови. Ангар являє собою закрите приміщення для техніки, у яке вона завозиться для проведення періодичного технічного обслуговування чи поточного ремонту.

Технічне обслуговування сільгосп-техніки в ангарах ведуть з підлогових пересувних чи переносних сход і площадок.

Уздовж однієї зі сторін ангара, присутні протилежні ворота, і використовуються для обслуговування швидкого заїзду техніки. Таке розташування підвісних площадок не обмежує рух наявних в ангарі підвісних кранів.

Необхідні габаритні розміри ангара в плані знаходять як суму відстаней, займаних технікою, боковими платформами і проїзди. Для тупикової однорядної схеми ці розміри будуть:

$$L1 = l + A + B + b1 + b2 ,$$

$$L2 = b1 + b2 + 4b3;$$

де $L1$ - необхідна глибина ангара;

$L2$ - необхідна ширина ангара;

l - довжина техніки;

b –ширина техніки;

A, Y - ширина проїздів;

$b1, b2, b3$ - ширина бічних докових платформ.

Зазвичай в ангарі можуть проходити технічне обслуговування кілька типів техніки. При цьому габаритні розміри ангара визначають із припущення, що в ангарі знаходиться техніка з найбільшими габаритними розмірами, тобто розрахунковий тип для даного ангара.

Основними елементами ангара є фундаменти, каркас, стіни, підлога і покриття.

За умовами технології ангари повинні мати підвісне кранове устаткування.

Одна з відмінних рис ангарів полягає в тому, що практично одна стіна являє собою суцільний ворітний проріз. Наявність ворітних прорізів ускладнює конструкцію велико пролітних несучих конструкцій покрить ангарів, тому що, по-перше, крім навантажень від власної ваги і снігу, технологічних і температурних зусиль, ці конструкції повинні сприймати ще і вітрове навантаження по схемах для будинків, постійно відкритих з одного боку, а, по-друге, покриття в площині ворітного прорізу, тобто на ділянках значної довжини, на яких відсутні проміжні опори, повинні мати високу твердість, щоб не відбулося заклинювання чи випадання ангарних воріт унаслідок

значних експлуатаційних деформацій покриттів. Підвищена твердість покриттів ангарів викликана й умовами устаткування ангарів підвісними кранами.

2.3. Об'ємно-планувальне рішення ангарного корпусу

Територія, яка відводиться, під будівництво ангарного корпусу прилягає до вже існуючої забудови.

Проект ангара передбачає дворядну систему розміщення сільгосп-техніки і тупикову схему заїзду в ангар через ворота, розташовані в кожному торці будинку. Ангарний корпус має розміри в крайніх осях 180 x 84 м, що відповідає обраним типам техніки з урахуванням їх розмірів і вимог до технічного обслуговування.

Адміністративно-побутові прибудови відсутні.

Технологічна схема будинку припускає можливість одночасного обслуговування машин сільгосптехніки.

Крім виконання робіт з технічного обслуговування (основному призначенню будівлі) проектом передбачається можливість використання внутрішнього простору ангара, як вантажного комплексу, що обслуговує вантажні машини по перспективній технологічній схемі «двері-в-двері». При використанні даної схеми передбачається, що комерційний вантаж доставляється в упакованому («генеральному») виді до транспорту, розміщеного усередині ангара, і з іншого боку - розвантажується в такому ж виді з машини, що доставляє вантажі, минаючи стандартні операції по перевантаженню, комплектуванню і тимчасовому збереженню усередині вантажного терміналу.

Така можливість вантажних перевезень має ще більш очевидні переваги при проведенні операцій з конфіденційним вантажем.

Для проведення вантажно-розвантажувальних робіт усередині секції ангара на плані поверху передбачена додаткова площа, що може разом з тим розглядатися, в майбутньому як зарезервована площа для перспективного збільшення виробничих потужностей (обслуговування техніки військового призначення у військовий час).

2.4. Основні конструктивні елементи ангару

Несучими елементами проектованого ангарного корпусу є плоскі металеві ферми довжиною 180 м, установлювані з кроком 36 м на несущі ґратчасті колони каркаса, розташовані з кроком 36 м по стінах ангара.

Фундаменти – залізобетонні монолітні дрібного закладення.

Конструкції ангара, що обгороджують, передбачаються з високоефективних тепло- звукоізолюючих підвісних стінових панелей типу «сендвіч» різних типорозмірів, товщиною 250 мм.

Покрівля будинку – з м'яких рулонних матеріалів, покладених на несущі конструкції покриття.

Покриття підлоги ангара передбачається з полімерцементобетону, покладеного поверх армобетонного шару покриття по штучній основі з піщано-гравійної суміші.

Армобетонний шар покриття виконаний з бетону С35/40, армованого сіткою зі стрижнів діаметром 12 мм, з додатковою сіткою по краях плит.

2.5. Конструктивна схема ангару

Будинок ангара являє собою одноповерховий будинок з висотою поверху 25 м. Несущі конструкції, що утворюють каркас будинку – металеві, утворюючі поперечну несущу схему будинку.

Головною особливістю проектованого об'єкта є використання великопрольотних несучих конструкцій покриття – металевих ферм ФГ-1, висотою 10 м і довжиною – 180 м, виконаних зі зварених металевих аркушів, що утворюють двотавровий перетин у верхньому і нижньому поясах, а також в елементах ґрат. Для зменшення будівельного обсягу будинку ферми винесені вище конструкції покрівлі, у такий спосіб несучі елементи покрівлі – прикріплюються до нижнього пояса ферм.

Разом з металевими колонами каркаса Км-1, на які спираються ферми ФГ-1 будівельні конструкції утворюють несущий кістяк будинку, що забезпечує просторову стійкість будинку.

Для організації покриття будинку використовується комбінована система

плоских і просторових несучих елементів. Плоскі металеві ферми покриття типу ФС висотою 3 м і довжиною 12 – 36 м запроектовані по периметрі покриття будинку таким чином, щоб організувати замкнутий контур покриття, що приєднується з однієї сторони до несущого фермам покриття ФГ-1, а з іншої сторони до металевих колон каркаса Км-2, розташованим по периметрі будинку. У свою чергу, до елементів твердого контуру покриття, утвореного системою плоских ферм ФС-1, приєднуються просторові трикутні блоки покриття ФП-1, довжиною 12-36 м і розташовані з кроком 6 м у напрямку, перпендикулярному фермам ФГ-1. Саме по просторових блоках укладається рулонне покриття.

Для монтажу сталевих панелей ангара, що обгороджують, передбачається використання фахверкових металевих колон каркаса Км-4, розташованих по периметрі будинку з кроком 6 м.

2.6. Інженерне устаткування

Опалення і вентиляція.

В ангарному корпусі передбачене повітряне опалення. Установки складаються з відцентрових вентиляторів Ц4-70 і «Юриферов типу КФ». Установки встановлені на стовпах в ангарі на висоті 4 м над підлогою. Вентиляція ангара виробляється тими ж установками. Температура робочої зони передбачена 18 градусів.

Водопровід і каналізація.

Водопровід приєднаний до існуючих мереж. Каналізація зведена в технічну ємність, щоб запобігти влучення мастил і інших забруднень у каналізацію. Тільки після ємності йде приєднання до мережі ангара. Це обумовлено тим, що якщо ангар не має свою очисну станцію і каналізаційну мережу приєднану до міської каналізації, те небажане влучення неочищених стічних вод у каналізацію без попереднього очищення у відстійних ємкостях.

Каналізаційні розводи і водопровід запроектовані в підпільних каналах. Канали мають такий розмір, щоб інженерні мережі, розташовані в них могли обслуговуватися без розкриття каналу.

Електромережі.

У проєкті передбачений розвід електромереж з напругою 220 і 380В. Приєднання передбачене до електромережі аеропорту.

Повітряна завіса у воротах ангара.

Для збереження теплого повітря в приміщенні ангара передбачається пристрій повітряної завіси періодичної дії з подачею теплого повітря знизу і зверху. Для цього проєктуються установки В-1, що складаються з відцентрових вентиляторів і калориферів. Установки В-1 розташовуються в підвальному каналі, а нагорі прикріплюються в конструкціях покриття.

Обробка будинку.

Зовнішня обробка будинку припускає періодичне фарбування металевих поверхонь полотнин воріт і віконних рам масляними складами, стійкими до впливу вологи й атмосфери.

Внутрішня обробка будинку має можливість фарбування металевих елементів конструктивного і технологічного призначення масляними складами.

2.7. Інженерний захист та підготовка території до будівництва

Якщо ми маємо справу з ділянкою, розташованою на околиці населеного пункту, за його межами або зовсім на значному віддаленні від цивілізації, необхідно до початку будівельних робіт продумати доставку будматеріалів, техніки та іншого на територію вашої ділянки. Вантажний транспорт повинен без перешкод добиратися з певного пункту (складу, будівельного магазину тощо) до потенційного місця проведення будівельних робіт.

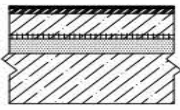
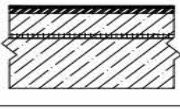
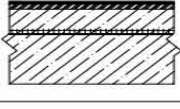
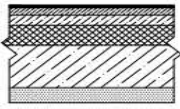
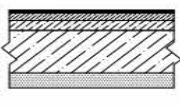

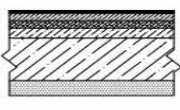
У цьому випадку необхідно передбачити:

- очищення шляху по ділянці від небажаної рослинності;
- максимальне вирівнювання дороги, для того щоб транспорт напевно проїхав там, де потрібно;
- зміцнення насипом дороги (щебенем або рециклом), для того щоб забезпечити доступність пересування вантажного авто навіть у дощову погоду;
- облаштування дренажних систем у місцях можливого скупчення води.

Важливо до початку будівництва, ще на етапі проєктування, продумати системи водопроводу, каналізації, електрики тощо. Це комунікації, необхідні не тільки для вашого подальшого використання, а й безпосередньо для здійснення

його будівництва. Також на даному етапі можна відмітити й одну з найпоширеніших проблем - відсутність заставних труб та інших комунікацій під доріжками, які надалі б забезпечували роботу системи поливу ділянки, освітлення доріжок тощо. Більше, передбачення комунікаційних витрат конкретно в цій точці відліку допоможе вам заощадити бюджет.

Важливий фактор - ділянки дренажної системи та зливової каналізації (ливнівки) для відведення води, що скупчилася на поверхні землі. Однак, якщо ви не передбачили цей момент відразу, то необхідно перед початком безпосередньо будівельних робіт розробити проект дренажної системи з урахуванням розміщення колодязів і трас.

Тип підлоги	Схема підлоги	Дані елементів підлоги
1		<ol style="list-style-type: none"> 1. Мембраноутворювач 2. Зміцнювач 3. Бетонна плита – 80–100 мм 4. Армування – 100х100х4 Вр-І 5. Підстиляючий піщаний шар – 50 мм 6. Залізобетонна монолітна плита
2		<ol style="list-style-type: none"> 1. Мембраноутворювач 2. Зміцнювач 3. Бетонна плита – 100 мм 4. Армування – 150х150х10 А400С 5. Залізобетонна монолітна плита
3		<ol style="list-style-type: none"> 1. Мембраноутворювач 2. Зміцнювач 3. Бетонна плита – 100 мм 4. Армування – 150х150х10 А400С 5. Залізобетонна монолітна плита
4		<ol style="list-style-type: none"> 1. Керамічна плитка підлоги 2. Прошарок та заповнення швів цементно-піщаний розчин М150 – 15 мм 3. Цементно-піщана стяжка М150 – 20 мм 4. Утеплювач – пінополістирол "Пеноплекс" – 50мм 5. Гідроізоляція – 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці 6. Бетонна основа – 100 мм 7. Ущільнена піщана основа – 50 мм
5		<ol style="list-style-type: none"> 1. Керамічна плитка на цементно-піщаному розчині – 20 мм 2. Стяжка з цементно-піщаного розчину М100, армованого сіткою 100х100х4 Вр-І – 50 мм 3. Гідроізоляція – 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці 6. Бетонна основа – 100 мм 7. Ущільнена піщана основа – 50 мм
6		<ol style="list-style-type: none"> 1. Монолітний бетон класу В25, армований сіткою Ф12, кроком 200х200. 2. Несучий настил із профільованого сталевого листа 3. Металеві несучі балки 4. Мінераловатні плити звукоізоляції 5. Профілі обрешітки підшивки 6. Підшивка двома шарами вологостійких панелей OSB – 25 мм
7		<ol style="list-style-type: none"> 1. Керамічна плитка на цементно-піщаному розчині – 20 мм 2. Стяжка з цементно-піщаного розчину М100, армованого сіткою 100х100х4 Вр-І – 50 мм 3. Плити деревоволокнисті, марки М-" та М-З – 24 мм 4. Стяжка з цементно-піщаного розчину М100 – 20 мм 5. Гідроізоляція – 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці 6. Бетонна основа – 100 мм 7. Ущільнена піщана основа – 50 мм

3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок металевої колони каркаса КМ-1

3.1.1. Вихідні умови

Розрахункова схема колони (рис. 3.1) являє собою центрально-стиснутий стержень наскрізного перетину, нижній кінець якого жорстко затиснений на рівні верхнього обріза фундаменту, а верхній кінець має шарнірне закріплення з

нижнім поясом підкрівляної ферми покриття.



Рис. 3.1. Розрахункова схема колони

Розбивочні осі колони каркаса і ферми покриття збігаються. Величина стискаючого навантаження розраховується від ваги покриття і снігового навантаження з вантажної площі, рівної кроку ферм покриття в подовжньому напрямку.

Таблиця 3.1

Збір навантажень від покриття

Найменування навантаження	Нормативне навантаження, $\frac{H}{m^2}$	Коеф. надійності по навантаженню, γ_f	Розрах. навантаження, $\frac{H}{m^2}$
<u>Постійне</u>			
- чотирьохшаровий килим на бітумній мастиці	160	1,3	208
- цементно-піщана стяжка, армована, тов. 25 мм	500	1,3	650
- плити мінераловатні 20мм, $\gamma = 200 \text{ кг/м}^3$	40	1,2	48
- один шар руберойду	40	1,3	52
- від оцинкованого профільованого настилу марки НС-44-1000-0,7	125	1,05	131
- від прогонів із прокатних швелерів	80	1,05	84
Разом:	945	-	1173
<u>Тимчасові:</u>			
- снігове навантаження (II-й район по снігов.навантажен.)	700	1,4	980
Разом:	700	-	980
Усього:	1645	-	2153

Зусилля, що виникають в опорних елементах колони визначаються з вантажної площі:

$$(36,0/2+36,0/2) \times (72,0/2+108,0/2) = 3240,0 \text{ м}^2 \text{ і складають:}$$

$$\text{- для постійного навантаження: } 3240,0 \times 1376 = 4458240 \text{ кН} = 4458,2 \text{ кН.}$$

- для тимчасового навантаження: $3240,0 \times 980 = 3175200 \text{ кН} = 3175,0 \text{ кН}$.

Вважаємо, що навантаження на опорні частини ферми розподіляється пропорційно, таким чином, на одну опорну частину ферми приходить:

$$N_{\text{оп}} = 4458,2 + 3175,2 + 0,5 \times 83430 = 39348,4 \text{ кН}.$$

Вітрове навантаження на конструкції ангара сприймаються фахверковими колонами каркаса КМ-2 і в розрахунку колони КМ-1 не враховується.

Розрахункові характеристики матеріалів.

Розрахункове навантаження на колону КМ-1 складають:

$N_{\text{оп}} = 39348,4 \text{ кН}$. Коефіцієнт $\gamma_c = 1,0$. Матеріал колони – сталь марки ВСт3кп2 за ДСТ 380-71. $R_y = 225 \text{ МПа}$. З'єднання елементів колони зварне, електроди Э42.

Розрахункова довжина колони: $l_{\text{ef}} = \mu \cdot l = 0,7 \cdot 29,4 = 20,58 \text{ м}$.

3.1.2. Підбор перетину колони

Об'єднуємо наскрізний перетин колони у виді двох двотаврів, з'єднаних листовими планками.

Задаємося гнучкістю колони $\lambda_x = 40$, по таблицях визначаємо $\varphi_x = 0,902$, тоді необхідна площа перетину складе:

$$A_d = \frac{N_{\text{оп}}}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{39348,4}{0,902 \cdot 22,5 \cdot 0,95} = 340,14 \text{ см}^2$$

Необхідний радіус інерції:

$$i_d = \frac{l_{\text{ef}}}{\lambda} = \frac{2058}{40} = 47,5 \text{ см}$$

Приймаємо перетин із двох двотаврів 60Ш1 з розрахунковими характеристиками перетину:

Загальна площа перетину:

$$A = 181,1 \cdot 2 = 362,2 \text{ см}^2$$

$$W_x = 2 \cdot 3701 = 7402 \text{ см}^4;$$

$$W_y = 2 \cdot 581 = 1162 \text{ см}^4;$$

Перевіряємо перетин колони в площині дії моменту (відносно Х-Х):

$$W_C = W_x = 7402 \text{ см}^4;$$

$$m_x = \frac{I_x \cdot A}{W_C} = \frac{44 \cdot 362,2}{7402} = 2,15$$

$$\lambda_1 = \frac{2058}{48,7} = 43$$

і по таблицях визначаємо $\varphi_x = 0,517$.

Перевіряємо загальну стійкість колони.

$$\sigma = \frac{N_{оп}}{\varphi A} = \frac{39348,4}{0,517 \cdot 362,2} = 200,13 \text{ МПа} < R_y \gamma_c = 225,0 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

Конструкція перетину колони:

Необхідна гнучкість перетину щодо вільної осі при гнучкості $\lambda_1 = 33$:

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_x^2 - \lambda_1^2} = \sqrt{48,7^2 - 43^2} = 23$$

Необхідний радіус інерції:

$$i_y = \frac{l_{ef}}{\lambda_{ef}} = \frac{2058}{23} = 49,5 \text{ см}$$

Необхідна висота перетину колони:

$$b = \frac{i_d}{0,43} = \frac{49,5}{0,52} = 55,9 \approx 68 \text{ див. приймаємо } b=70 \text{ см.}$$

тоді:

$$i_y = 0,52 \cdot 70 = 36,4 \text{ см.}$$

$$\lambda_y = \frac{2058}{36,4} = 57$$

і по таблицях визначаємо $\varphi = 0,484$.

Перевіряємо загальну стійкість колони.

$$\sigma = \frac{N_{оп}}{\varphi A} = \frac{39348,4}{0,484 \cdot 362,0} = 224,2 \text{ МПа} < R_y \gamma_c = 225,0 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

3.1.3. Конструкція сполучних планок колони

Обчислюємо умовну поперечну силу, що приходить на систему планок з однієї сторони колони:

$$Q_s = \frac{Q_{fic}}{2} ;$$

де: $Q_{fic} = 7,15 \cdot 10^{-6} \cdot A \cdot E \cdot \beta \cdot (2330 \cdot \frac{R_y}{E} - 1);$

$$\frac{R_y}{E} = \frac{225}{2,06 \cdot 100000} = 1,09 \cdot 10^{-3};$$

$$\beta = \frac{N}{A \cdot \varphi \cdot R_y} = \frac{39348,4 \cdot 1000}{362,2 \cdot 0,484 \cdot 225} = 0,99$$

$$Q_{fic} = 7,15 \cdot 10^{-6} \cdot 362,2 \cdot 2,06 \cdot 100000 \cdot 0,99 \cdot (2330 \cdot 1,09 \cdot 10^{-3} - 1) = 15640 \text{ Н.}$$

$$Q_s = \frac{15640}{2} = 7820 \text{ Н.}$$

Рахуємо зусилля, що перерізує, F і момент M_1 :

$$F = \frac{Q_s \cdot l}{c};$$

$$M_1 = \frac{Q_s \cdot l}{2};$$

де: $c = 2 \cdot \left(\frac{b}{2} - z\right) = 2 \cdot \left(\frac{100}{2} - 14,16\right) = 71,68 \text{ см.}$

$$l = l_1 + d_{pl} = 200 + 30 = 230 \text{ см.}$$

$$F = \frac{19,71 \cdot 230}{71,68} = 63,24 \text{ кН.}$$

$$M_1 = \frac{19,71 \cdot 230}{2} = 2266,7 \text{ кНсм.}$$

Задаючи товщиною планки 20 мм, обчислюємо момент опору поперечного переріза:

$$W_{pl} = \frac{t_{pl} \cdot d_{pl}^2}{6} = \frac{2 \cdot 30^2}{6} = 300 \text{ см}^3.$$

Перевіряємо напругу в планці від вигину.

$$\sigma = \frac{M_1}{W_{pl}} = \frac{2266,7}{300,0} = 75,5 \text{ МПа} < R_y \gamma_c = 215,0 \text{ МПа.}$$

Кріплення планки виконується на зварюванні електродами Э42, катет шва призначаємо $k_f = 8$ мм, довжину його $l_f = 300$ мм.

Обчислюємо момент опору і площа перетину шва (з урахуванням розрахункового перетину по металі шва):

$$W_f = \beta_f \cdot k_f \cdot \frac{d_{pl}^2}{6} = 0,7 \cdot 0,8 \cdot \frac{30^2}{6} = 84 \text{ см}^3.$$

$$A_f = \beta_f \cdot k_f \cdot d_{pl} = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 30 = 16,8 \text{ см}^2.$$

Напруга в звареному шві від спільної дії сили, що перерізує, і згинаючого

моменту:

$$\tau_{\omega} = \frac{F}{A_f} = \frac{63,24}{16,8} = 37,6 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{\omega} = \frac{M_1}{W_f} = \frac{2266,7}{84,0} = 26,9 \text{ МПа.}$$

$$\sigma = \sqrt{\tau_{\omega}^2 + \sigma_{\omega}^2} = \sqrt{37,6^2 + 26,9^2} = 46,2 \text{ МПа} < R_{\text{of}} \cdot \gamma_{\text{of}} \cdot \gamma_c = 180,0 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

3.1.4. Розрахунок оголовка колони

Опорна плита оголовка служить для передачі тиску ферми покриття на опорні ребра оголовка. Призначаємо товщину опорної плити оголовка з конструктивних розумінь 20 мм. Передбачається установка опорної плити на фрезерований торець перетину колони для забезпечення щільного прилегання плити до перетину колони і передача опорного тиску безпосереднім контактом поверхонь. У зв'язку з цим зварені шви, що прикріплюють плиту, приймаються конструктивно $k_f = 1,0$ см.

Площа опорних ребер оголовка визначаються з умови їхнього опору зминанню опорним тиском:

$$A_{\text{оп}} = \frac{N}{R_p}$$

де: N – розрахункове навантаження на колону;

R_p – розрахунковий опір зминанню торцевої поверхні, кН/див².

$$R_p = \frac{R_{yn}}{\gamma_m} = \frac{23,5}{1,05} = 22,4 \text{ кН/см}^2;$$

де: R_{yn} – розрахунковий опір для сталі марки ВСт3кп2 за ДСТ 380-71.

$\gamma_m = 1,05$ – коефіцієнт надійності по матеріалу.

$$A_{\text{оп}} = \frac{N}{R_p} = \frac{39348,4}{22,4} = 1756,6 \text{ см}^2$$

Довжина ребер складає $l_1 = 20$ см, тоді ширина ребер:

$$b_1 = \frac{A_{\text{оп}}}{2 \cdot l_1} = \frac{1756,6}{2 \cdot 20,0} = 4,3 \text{ см.}$$

З опорних ребер тиск на стінку колони передається через кутові шви.

Необхідна висота цих ребер:

$$\sum l_p \geq \frac{0,6 \cdot N}{R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c \cdot \beta_z \cdot k_z} ;$$

де: R_{wz} - розрахунковий опір шва по металу границі сплавки, кН/див².

Для напівавтоматичного зварювання дротом СВ-10ГА:

$$R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un} = 0,45 \cdot 47,0 = 21,15 \text{ кН/див}^2.$$

$$R_{wf} = 0,55 \cdot \frac{R_{un}}{\gamma_{wn}} = 0,55 \cdot \frac{47,0}{1,2} = 21,5 \text{ кН/див}^2.$$

Оскільки $R_{wz} < R_{wf}$, розрахунок виробляється по металу границі сплавки.

$$\gamma_{wz} = 1,0.$$

$$\gamma_c = 1,1.$$

$$\beta_z = 1,05.$$

$$k_f = 0,8.$$

$$\sum l_p \geq \frac{0,6 \cdot N}{R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c \cdot \beta_z \cdot k_z} = \frac{0,6 \cdot 39348,4}{21,15 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 0,8} = 96 \text{ см.}$$

Тоді висота одного шва (висота ребра):

$$l_p = \frac{\sum l_p}{4} + 1 = \frac{96}{4} + 1 = 25 \text{ см.}$$

Приймаємо висоту ребра 15 см.

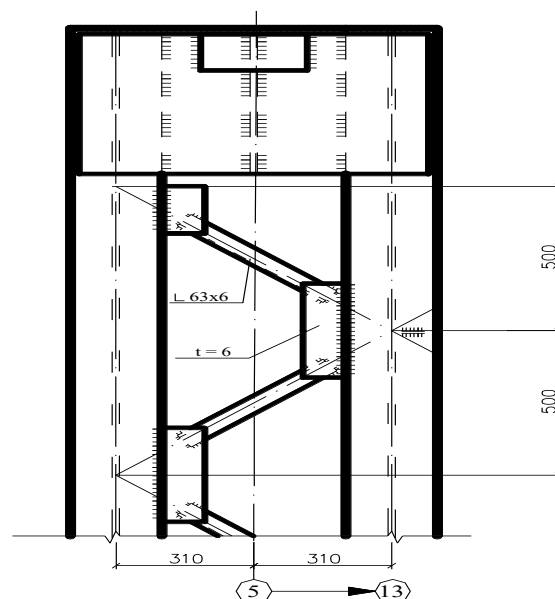


Рис. 3.2. Оголовок колони

3.1.5. Розрахунок бази колони

Визначення розмірів опорної плити.

По конструктивних розуміннях приймаємо ширину опорної плити:

$$B = b_f + 2 t_{cp} + 2 c.$$

де: b_f – ширина полиці колони, см;

t_{cp} – товщина траверси, см;

c – виліт консолі плити, см.

$$B = 56,0 + 2 \cdot 2,0 + 2 \cdot 10,0 = 80,0 \text{ см.}$$

Визначаємо довжину плити:

$$L = \frac{N \cdot 10}{2 \cdot B \cdot R_b} + \sqrt{\frac{100 \cdot N}{(2 \cdot B \cdot R_b)^2}}$$

де: R_b – розрахунковий опір бетону осьовому стиску, для бетону класу С12/15 приймаємо $R_b = 7,5$ МПа;

$$L = \frac{39348,4 \cdot 10}{2 \cdot 75 \cdot 7,5} + \sqrt{\frac{100 \cdot 39348,4}{(2 \cdot 75 \cdot 7,5)^2}} = 98,4 \text{ см,}$$

приймаємо конструктивно:

$$L = 100,0 \text{ см.}$$

чи:

$$L = 62,0 + 19,0 + 19,0 = 100,0 \text{ см.}$$

Визначаємо крайові напруги в бетоні:

$$\delta = \frac{N}{B \cdot L} = \frac{39348,4}{100 \cdot 80} = 2,29 \text{ кН/ см}^2.$$

Призначаючи розмір фундаменту в плані: 200x170 см, приймаємо бетон класу С12/15 з $R_b = 7,5$ МПа визначаємо розрахунковий опір бетону при місцевому стиску:

$$R_{b,loc} = \alpha \cdot R_b \sqrt[3]{\frac{A_f}{A_{pl}}} = 1 \cdot 7,5 \sqrt[3]{\frac{200 \cdot 170}{100 \cdot 80}} = 12,1 \text{ МПа.}$$

де: $\alpha = 1$ для бетонів класу менш У25;

A_f – площа фундаменту, на яку спирається плита;

A_{pl} – площа плити.

Необхідна площа опорної плити:

$$A_{pl} = \frac{N}{R_{b,loc}} = \frac{3934840}{1210} = 3251,9 \text{ см}^2, \text{ що менше прийнятої } 194 \times 75 = 14550 \text{ см}^2,$$

тобто умова виконується.

3.1.6. Визначення товщини опорної плити

Плита працює на вигин від рівномірно розподіленого навантаження (реактивного тиску фундаменту), рівної:

$$g = \frac{N}{A_{pl}} = \frac{3934840}{8000} = 491,8 \text{ Н/див}^2 = 4,92 \text{ МПа.}$$

У самій невідгідній умові вигину знаходяться консольні ділянки опорної плити. Виділяємо в консолі плити смугу шириною 1 см і визначаємо момент:

$$M = \frac{g}{A_{pl}} = \frac{491,8 \cdot 19^2}{2} = 88779,8 \text{ Н/см}$$

Тоді необхідний момент опору перетину плити складе:

$$W_d = \frac{M}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{88779,8}{20500 \cdot 1,0} = 2,33 \text{ см}^3;$$

де: $R_y = 205 \text{ МПа}$ для товщини аркушів більш 20 мм.

Товщина плити при ширині смуги 1 см:

$$t_{pl} = \sqrt{6 \cdot W_d} = \sqrt{6 \cdot 2,33} = 2,95 \text{ см, приймаємо конструктивно товщину } 3,5 \text{ см.}$$

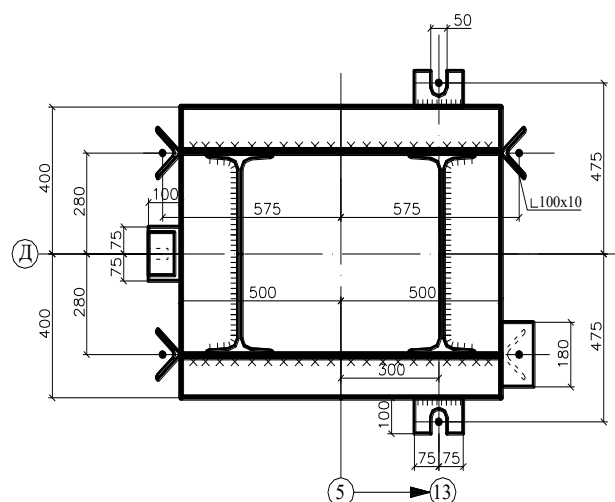


Рис. 3.3. Опорна плита

3.1.7. Визначення висоти траверси

Висоту аркушів траверси визначаємо з умови повної передачі зусилля від

перетину колони на опорну плиту через зварені шви (при розрахунку по металу шва):

$$h_d = \frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c \cdot n_\omega} = \frac{3934840}{0,7 \cdot 1,0 \cdot 18000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4} = 47,9 \text{ см.}$$

приймаємо висоту траверси 500 мм.

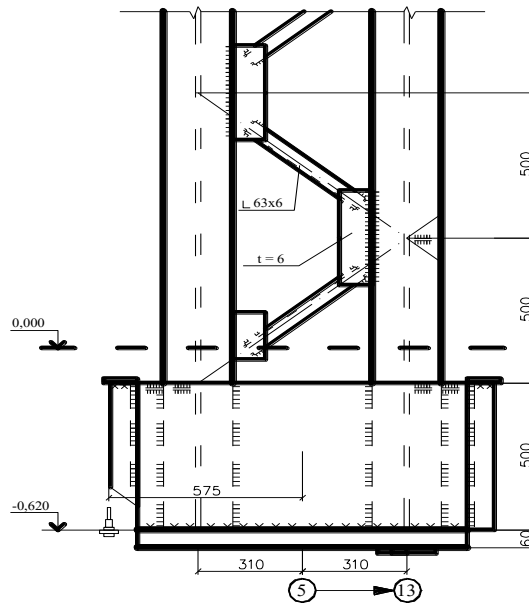


Рис. 3.4. Траверса колони

3.1.8. Визначення діаметра анкерних болтів

Анкерні болти призначаємо конструктивно внаслідок допущення про центральностиснутий характер навантаження колони. Приймаємо діаметр анкерних болтів 32 мм, а кількість анкерних болтів – 4.

Розміри фундаменту в плані призначаються, як 200x170см, тоді:

$$R_{b,loc} = \alpha \cdot R_b \sqrt[3]{\frac{A_f}{A_{pl}}} = 1 \cdot 7,5 \sqrt[3]{\frac{200 \cdot 170}{100 \cdot 80}} = 12,14 \text{ МПа} > g = \frac{N}{A_{pl}} = \frac{3934840}{8000} = 491,8 \text{ Н/см}^2 = 4,9 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

3.2. Розрахунок металеві ферми покриття ФГ-1

3.2.1. Вихідні умови

Розрахункова схема ферми представляє вільно обперту конструкцію, завантажену зосередженим навантаженням, прикладеної у вузли нижнього пояса ферми. Величина вузлового навантаження визначається з постійного

навантаження від власної ваги конструктивних шарів покриття і несучих елементів покриття, а також тимчасового (снігового) навантаження.

Таблиця 3.2.

Збір навантажень від покриття

Найменування навантаження	Нормативне навантаження, $\frac{H}{m^2}$	Коеф. надійності по навант. γ_f	Розрахун. Навантаження $\frac{H}{m^2}$
<u>Постійна:</u>			
- чотирьохшаровий килим з руберойду на бітумній мастиці	160	1,3	208
- цементно-піщана стяжка, армована, товщиною 25 мм	500	1,3	650
- плити мінераловатні, товщиною 20 мм і щільністю $\gamma = 200 \text{ кг/м}^3$	40	1,2	48
- один шар руберойду	40	1,3	52
- від оцинкованого профільованого настилу марки НС-44-1000-0,7	125	1,05	131
- від прогонів із прокатних швелерів	80	1,05	84
- від сталевих конструкцій ферм і в'язей (орієнтовно)	200	1,05	210
Разом:	1145	-	1383
<u>Тимчасова:</u>			
- снігове навантаження (II-й р-он по сніг. навантаженню)	700	1,4	980
Разом:	700	-	980
Усього:	1845	-	2363

Зусилля, що виникають в елементах ферми визначаються з вантажної площі:

$$12,0 \times 36,0 = 720,0 \text{ м}^2.$$

Величина вузлового навантаження в середніх вузлах ферми:

$$3240,0 \times 2363 = 113734 \text{ Н} = 113,7 \text{ кН}.$$

Величина вузлового навантаження в крайніх вузлах ферми:

$$0,5 \times 3240,0 \times 2363 = 56,85 \text{ кН}.$$

Розрахунок зусиль в елементах ферми робимо на ЕОМ на навантаження, прикладене у вузли ферми відповідно до розрахункової схеми (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Розрахунок зусиль в елементах ферми

Елемент Ферми	Позначення стрижня	Зусилля від вузлового навантаження			Розрахункове зусилля, кН
		ліворуч	праворуч	на всім прольоті	
Верхній пояс	4	0	0	0	-11506,82
	8	-8,414	-2,927	-11,341	-19408,34
	12	-16,098	-5,854	-21,952	-35418,28
	16	-23,049	-8,781	-31,83	-37116,75
	20	-29,268	-11,707	-40,975	-23281,17
	24	-34,756	-14,634	-49,39	-11288,56
	28	-39,512	-17,561	-57,073	-5634,3
	32	-43,537	-20,488	-64,025	-18225,63
	36	-46,829	-23,415	-70,244	-35644,36
	40	-49,39	-26,341	-75,731	-42688,34
	44	-51,22	-29,268	-80,488	-44266,77
	48	-52,317	-32,195	-84,512	-40515,42
	52	-52,683	-35,122	-87,805	-30718,4
	56	-52,317	-38,049	-90,366	-19634,25
60	-51,22	-40,976	-92,196	-8176,56	
Нижній пояс	2	8,415	2,927	11,342	9409,72
	6	16,098	5,854	21,952	18634,27
	10	23,049	8,781	31,830	32918,04
	14	29,268	11,707	40,975	34707,93
	18	34,756	14,634	49,39	25683,84
	22	39,512	17,561	57,073	10109,22
	26	43,537	20,488	64,025	6144,75
	30	46,829	23,415	70,244	16934,58
	34	49,39	26,341	75,731	25394,16
	38	51,22	29,268	80,488	40808,14
	42	52,317	32,195	84,512	43566,21
	46	52,683	35,122	87,805	38442,52
	50	52,317	38,049	90,366	23346,19
	54	51,22	40,976	92,196	15799,45
58	49,39	43,902	93,292	7145,82	
Стійки	1	-0,5	0	-0,5	1320,81
	5	10,5	4,0	14,5	3244,65
	9	9,5	4,0	13,5	6294,92
	13	8,5	4,0	12,5	8707,42
	17	7,5	4,0	11,5	5719,21
	21	6,5	4,0	10,5	3065,84
	25	5,5	4,0	9,5	1547,85
	29	4,5	4,0	8,5	2038,66
	33	3,5	4,0	7,5	5788,56
	37	2,5	4,0	6,5	7022,41
	41	1,5	4,0	5,5	8800,14
	45	0,5	4,0	4,5	9134,55
	49	-0,5	4,0	3,5	8896,13
	53	-1,5	4,0	2,5	5721,4
57	-2,5	4,0	1,5	2545,66	
61	-3,5	4,0	0,5	909,17	
Розкоси	3	-14,25	-4,956	-19,206	-21316,72

7	-13,011	-4,956	-17,967	19762,13
11	-11,772	-4,956	-16,728	16434,65
15	-10,532	-4,956	-15,488	-15702,81
19	-9,293	-4,956	-14,249	18244,55
23	-8,054	-4,956	-13,01	-20109,12
27	-6,815	-4,956	-11,771	14563,18
31	-5,576	-4,956	-10,532	-16851,18
35	-4,337	-4,956	-9,293	-18305,72
39	-3,098	-4,956	-8,054	16439,32
43	-1,859	-4,956	-6,815	14133,7
47	-0,62	-4,956	-5,576	-15302,92
51	0,62	-4,956	-4,336	17848,6
55	1,859	-4,956	-3,097	-19633,17
59	3,098	-4,956	-1,858	-28879,94

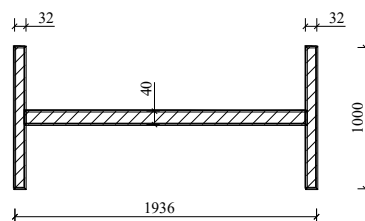
3.2.2. Підбір перетинів

Перетин підбираємо по формулах центрального стиску чи розтягання.

Для верхнього пояса в стрижні 66 $N_{\max} = -37116,3$ кН. Приймаємо зварний перетин з аркушів, що складають двотавровий перетин. Марка сталі – 09М2 по ТУ 14-1-1772-76 при $R_y = 355$ МПа, необхідна площа перетину при $\varphi = 0,8$ і $\gamma_c = 1,0$ складе:

$$A_d = \frac{N_{\max}}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{442666,77}{0,8 \cdot 355 \cdot 0,95} = 1380,6 \text{ см}^2$$

Призначаємо конструкцію зварного перетину, що складає з листа - 1872x40 (стінка перетину).



Площа поперечного переріза:

$$A = 1388,8 \text{ см}^2,$$

Моменти інерції по осях X і Y:

$$i_x = 172,45 \text{ см}; \quad i_y = 26,67 \text{ см},$$

гнучкість λ_x :

$$\lambda_x = \frac{L}{i_x} = \frac{1200}{172,45} = 6,95$$

гнучкість λ_y :

$$\lambda_y = \frac{L}{i_y} = \frac{1200}{26,67} = 45$$

Тут прийнято $L = 1200$ см, як для випадку, де відсутня приварка ребер залізобетонних панелей у місцях опор на верхньому поясі і гнучкість пояса залежить від схеми горизонтальних зв'язків.

По таблицях знаходимо: $\varphi_x = 0,987$, $\varphi_y = 0,811$, $\varphi_{\min} = 0,811$;

Перевіряємо стійкість.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\min} A} = \frac{44266,77}{0,811 \cdot 1388,8} = 30,95 \text{ кН/см}^2 < R_y \gamma_c = 35,5 \text{ кН/см}^2$$

Умова виконується.

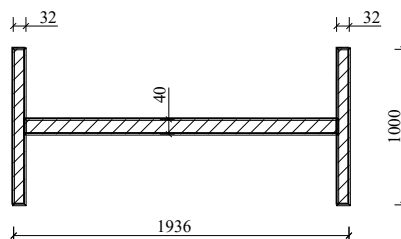
З метою уніфікації проектних перетинів, для всіх елементів верхнього пояса приймаємо аналогічний поперечний переріз.

3.2.3. Розраховуємо перетин нижнього поясу

Максимальне зусилля розтягання в стрижні 42 складає $N_{42} = 43566,21$ кН. Приймаємо зварений перетин з аркушів, що складають двотавровий перетин. Марка сталі – 09М2 по ТУ 14-1-1772-76 при $R_y = 355$ МПа, необхідна площа перетину при $\varphi = 0,8$ і $\gamma_c = 1,0$ складе:

$$A_d = \frac{N_{\max}}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{43566,21}{0,8 \cdot 355 \cdot 1,0} = 1374,9 \text{ см}^2$$

Призначаємо конструкцію звареного перетину, що складає з листа - 1872x40 (стінка перерізу φ).



Площа поперечного переріза:

$$A = 1388,8 \text{ см}^2,$$

Моменти інерції по осях X і Y:

$$i_x = 172,45 \text{ см}, \quad i_y = 26,67 \text{ см},$$

гнучкість λ_x :

$$\lambda_x = \frac{L}{i_x} = \frac{1200}{172,45} = 6,95$$

гнучкість λ_y :

$$\lambda_y = \frac{L}{i_y} = \frac{1200}{26,67} = 45$$

По таблицях знаходимо: $\varphi_x = 0,987$, $\varphi_y = 0,811$, $\varphi_{\min} = 0,811$;

Перевіряємо стійкість.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\min} A} = \frac{43566,21}{0,811 \cdot 1388,8} = 29,11 \text{ кН/див}^2 < R_y \gamma_c = 35,5 \text{ кН/див}^2$$

Умова виконується.

З метою уніфікації проектних перетинів, для всіх елементів нижнього пояса приймаємо аналогічний поперечний переріз.

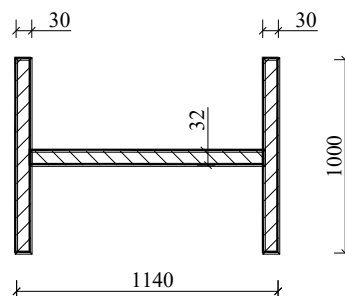
Аналогічно виконуємо розрахунок інших елементів ферми. При обчисленні фактичних напруг у перетинах елементів решітки розрахунковий опір сталі $R_y = 355$ МПа для сталі марки 09М2 по ТУ 14-1-1772-76 при $R_y = 355$ МПа прийнято з урахуванням коефіцієнта умов роботи $\gamma_c = 0,95$.

Розраховуємо перетин опорного розкосу 3.

Розрахункове зусилля в стрижні 3 складає $N_3 = -21316,72$ кН. Необхідна площа поверхні перетину складе при $\varphi = 0,75$ і $\gamma_c = 0,95$:

$$A_d = \frac{N_3}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{21316,72}{0,75 \cdot 355 \cdot 0,95} = 936,6 \text{ см}^2$$

Призначаємо конструкцію звареного перетину, що складається з листа - 1080x32 (стінка перетину), з листа -1000x30 (полки перетину).



Площа поперечного переріза:

$$A = 945,6 \text{ см}^2,$$

Моменти інерції по осях X і Y:

$$i_x = 125,12 \text{ см}; i_y = 19,88 \text{ см},$$

гнучкість λ_x :

$$\lambda_x = \frac{L}{i_x} = \frac{1200}{125,12} = 9,6$$

гнучкість λ_y :

$$\lambda_y = \frac{L}{i_y} = \frac{1200}{19,88} = 60,4$$

По таблицях знаходимо: $\varphi_x = 0,756$, $\varphi_y = 0,649$, $\varphi_{\min} = 0,649$;

Перевіряємо стійкість.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\min} A} = \frac{21316,72}{0,649 \cdot 945,6} = 34,75 \text{ кН/см}^2 < R_y \gamma_c = 35,5 \text{ кН/см}^2$$

Умова виконується.

Розраховуємо перетин стійки 45.

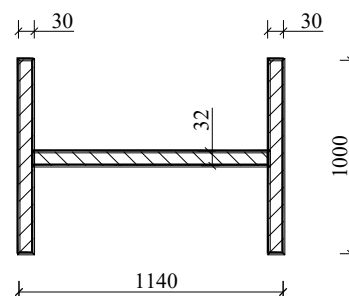
Розрахункове зусилля в стрижні 45 складає $N_{45} = 9134,55 \text{ кН}$.

Необхідна площа поверхні перетину складе:

при $\varphi = 0,75$ і $\gamma_c = 0,95$

$$A_d = \frac{N_5}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{9134,55}{0,75 \cdot 35,5 \cdot 0,95} = 361,13 \text{ см}^2$$

Призначаємо конструктивно зварений перетин, що складається з листа - 1080x32 (стінка перетину), з листа -1000x30 (полки перетину).



Площа поперечного переріза:

$$A = 945,6 \text{ см}^2,$$

Моменти інерції по осях X і Y:

$$i_x = 125,12 \text{ см}; i_y = 19,88 \text{ см},$$

гнучкість λ_x :

$$\lambda_x = \frac{L}{i_x} = \frac{1000}{125,12} = 8,0$$

гнучкість λ_y :

$$\lambda_y = \frac{L}{i_y} = \frac{1000}{19,88} = 50,3$$

По таблицях знаходимо: $\varphi_x = 0,784$, $\varphi_y = 0,709$, $\varphi_{\min} = 0,709$;

Перевіряємо стійкість.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\min} A} = \frac{9134,55}{0,709 \cdot 945,6} = 13,62 \text{ кН/см}^2 < R_y \gamma_c = 35,5 \text{ кН/см}^2$$

Умова виконується.

Розрахунок інших елементів ферми зводиться в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4

Розрахунок елементів ферми зі звареного перетину

Елементи ферми	№ стержня	Розрахунок ве зусилля кН	Форма і розміри перетину мм	Площа перетину см ²	Довжина, см L_x / L_y	Момент інерції, см i_x / i_y	Гнучкість λ_x / λ_y	φ_{\min}	γ_c	Напруження Мпа
Верхній пояс	4	-11506,82	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	20,01
	8	-19408,34	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	22,02
	12	-35418,28	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	26,06
	16	-37116,75	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	27,13
	20	-23281,17	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	29,11
	24	-11288,56	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	20,18
	28	-5634,3	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	29,11
	32	-18225,63	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	22,42
	36	-35644,36	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	26,44
	40	-42688,34	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	28,77
	44	-44266,77	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	29,11
	48	-40515,42	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	28,04

	52	-30718,4	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	25,22
	56	-19634,25	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	23,56
	60	-8176,56	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	19,54
Ниж- ній пояс	2	9409,72	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	19,89
	6	18634,27	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	23,11
	10	32918,04	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	25,74
	14	34707,93	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	26,14
	18	25683,84	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	24,78
	22	10109,22	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	21,12
	26	6144,75	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	17,84
	30	16934,58	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	22,05
	34	25394,16	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	25,74
	38	40808,14	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	28,16
	42	43566,21	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	29,11
	46	38442,52	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	27,47
	50	23346,19	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	25,16
	54	15799,45	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	21,69
58	7145,82	-1872x40 -1000x32 -1000x32	1388,8	1200/1200	172,45/26,67	6,95/45	0,811	1,0	18,19	
Стійк и	1	1320,81	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	12,85
	5	3244,65	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	9,22
	9	6294,92	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	10,77

	13	8707,42	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	11,85
	17	5719,21	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	10,03
	21	3065,84	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	9,13
	25	1547,85	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	13,62
	29	2038,66	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	7,37
	33	5788,56	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	10,25
	37	7022,41	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	11,04
	41	8800,14	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	12,47
	45	9134,55	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	13,62
	49	8896,13	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	12,55
	53	5721,4	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	10,12
	57	2545,66	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	8,17
	61	909,17	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1000/1000	125,12/19,88	8,0/50,3	0,709	0,75	4,39
Рас- коси	3	-21316,72	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	34,75
	7	19762,13	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	33,09
	11	16434,65	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	31,89
	15	-15702,81	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	31,72
	19	18244,55	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	32,66
	23	-20109,12	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	33,56
	27	14563,18	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	30,80
	31	-16851,18	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	32,15

35	-18305,72	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	32,77
39	16439,32	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	31,94
43	14133,7	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	30,22
47	-15302,92	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	30,71
51	17848,6	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	31,35
55	-19633,17	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	34,06
59	-28879,94	-1080x32 -1000x30 -1000x30	945,6	1200/1200	125,12/19,88	9,6/60,4	0,649	0,75	34,9

Умова міцності та стійкості виконується.

4. ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ

4.1. Розрахунок фундаменту для металевої колони каркаса КМ-1

Фундамент являє собою залізобетонний масив, що безпосередньо сприймає навантаження від металевої колони каркаса, що передається через опорну плиту бази колони, а залізобетонна паля розподіляє це навантаження всередину ґрунтової основи. Твердий характер закріплення колони на верхньому обрізі фундаменту забезпечують анкерні болти, що фіксують опорну плиту колони в проектному положенні.

Разбивочні осі колони фундаменту і каркасу збігаються, і фундамент можна вважати центрально-сжатим. Величина стискаючого навантаження визначається, як сума ваги покриття і снігового навантаження з вантажної площі, рівної кроку ферм покриття в повздовжньому напрямку і власній вазі металевої колони каркаса КМ-1.

Розрахункові навантаження на верхньому обрізі фундаменту.

Вважаємо, що навантаження на опорні частини ферми розподіляється пропорційно, таким чином, на одну опорну частину ферми приходиться:

$$N_{\text{оп}} = 4458,2 + 3175,2 + 0,5 \cdot 83430 = 39348,4 \text{ кН.}$$

Розрахункове навантаження на колону КМ-1 складають:

$N_{\text{оп}} = 39348,4 \text{ кН.}$ Коефіцієнт $\gamma_c = 1,0$. Матеріал колони – сталь марки ВСт3кп2 за ДСТ 380-71. $R_y = 225 \text{ МПа}$. З'єднання елементів колони зварені, електродами марки Э42.

Власна вага металевої колони каркаса КМ-1 складає $11728,6 \text{ кг} = 117286 \text{ Н} = 117,3 \text{ кН}$.

Таким чином, що стискає навантаження на верхньому обрізі фундаменту складає:

$$N_1 = 39348,4 + 117,3 = 39465,7 \text{ кН.}$$

4.2. Розрахункові характеристики матеріалів

Розрахункове навантаження на верхньому обрізі фундаменту складають:

$$N_1 = 39465,7 \text{ кН.}$$

Бетон класу C7,5 з $R_{bt} = 0,48$ МПа.

Арматурна сталь класу А-II з $R_s = 280$ МПа.

Геологічний розріз будівельного майданчика являє собою:

- рослинний шар ґрунту, потужністю 0,5 м;
- суглинок консистенції $I_L = 0,6$, потужністю 2,44 м;
- супесь консистенції $I_L = 0,3$, потужністю 3,0 м;

Вертикальне планування території відсутнє. На денній поверхні влаштовується корито для цементобетонного покриття підлоги, товщиною 50 см, тобто оцінка верхнього обріза ростверку монолітного фундаменту складає – 0,5м.

Потрібно запроектувати фундамент під металеву колону, що має опорну плиту з розмірами: 1000x800 мм. Навантаження прикладене в центрі поперечного переріза колони на верхньому обрізі фундаменту.

4.3. Конструкція фундаменту

Приймаємо монолітний залізобетонний ростверк, що складається з двох ступіней. Довжина верхньої ступіні повинна бути на 150-200 мм в обох напрямках більше довжини опорної плити бази колони, рівної 1000 мм. Ширина верхньої ступіні повинна бути на 150-200 мм в обох напрямках більше ширини опорної плити бази колони, рівної 800 мм. Таким чином, розміри верхньої ступіні фундаменту склали: 1400x1100 мм.

Розміри нижньої ступіні фундаменту приймаємо на 300 мм в обох напрямках більше довжини і ширини верхньої ступіні, тобто 2000x1700 мм.

Висота верхньої ступіні складає 400 мм, висота нижньої ступіні складає 600 мм. Припускаємо діаметри арматури 20 мм, тоді робочі висоти складають:

у площині моменту:

- для нижньої ступіні: $600 - 100 - 10 = 690$ мм;

- для верхньої ступіні: $1000 - 100 - 10 = 890$ мм;

у перпендикулярному напрямку:

- для нижньої ступіні: $600 - 100 - 20 - 10 = 670$ мм;

- для верхньої ступіні: $1000 - 100 - 20 - 10 = 870$ мм;

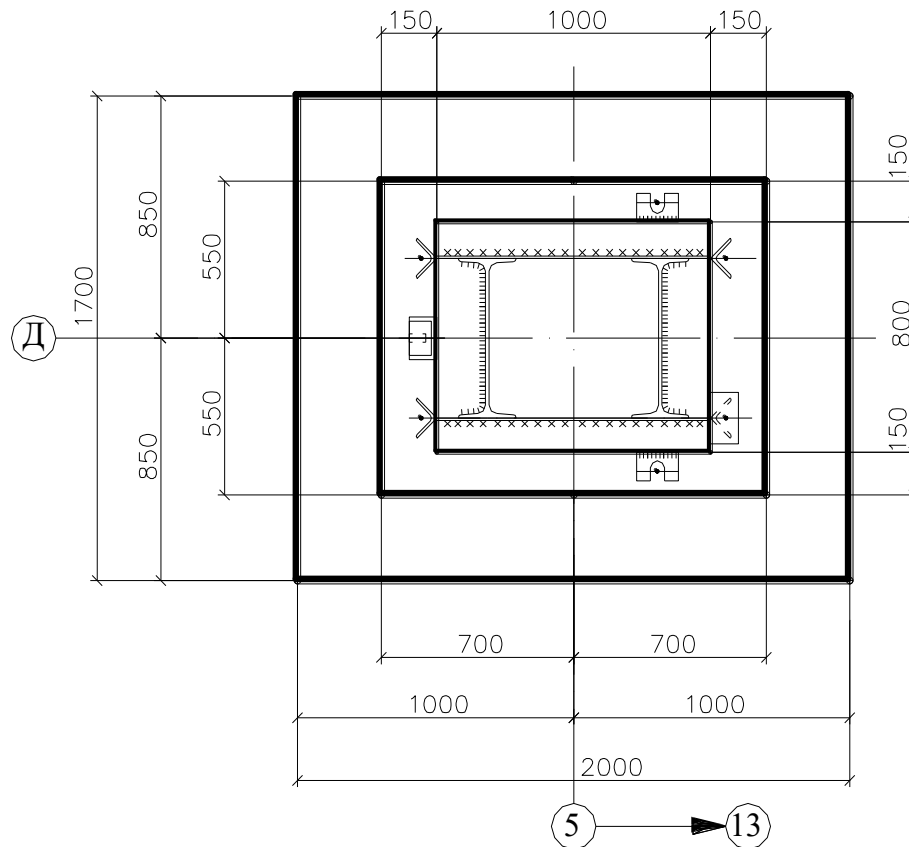


Рис. 4.1. Конструкція фундаменту Фм-1

Перевіряємо умову на продавлення фундаменту колоною:

$$\sum N_{pi} \leq 1,5 \cdot R_{bt} \cdot h_0 \cdot (\alpha_1(b_c + c_2) + \alpha_2 \cdot (l_c + c_1)) ;$$

де: b_c – ширина опорної плити;

l_c – довжина опорної плити;

c_i – горизонтальна проекція граней піраміди продавливання.

$$1,5 \cdot 480 \cdot 100 \cdot 0,89 \cdot (1,25(0,8 + 0,4) + 2,5 \cdot (1,0 + 0,4)) = 42040,7 \text{ кН.}$$

$39465,7 \text{ кН} < 42040,7 \text{ кН}$, - умова виконується і висота фундаменту достатня.

Визначаємо величину контактного тиску:

$$p = \frac{N_{оп}}{A} = \frac{39465,7}{2,0 \cdot 1,7} = 11607,5 \text{ кН}$$

Перевіряємо умову достатності висоти ростверку на поперечну силу в похилому перетині до грані верхньої ступіні:

$$\frac{h_{01}}{c} = \frac{69}{30} = 2,3 > 1,67,$$

тому $m = 2,5$.

$$Q' = m \cdot b_r \cdot R_{bt} \cdot h_{01} ;$$

$$Q' = 2,5 \cdot 1,7 \cdot 480 \cdot 100 \cdot 0,69 = 140700,6 \text{ кН} > 39465,7 \text{ кН. Умова виконується.}$$

Таким чином, всі умови витримані і фундамент запроектований правильно.

4.4. Армування фундаменту

Розраховуємо армування ростверку в поперечному напрямку по грані верхньої ступіні:

$$M_1 = \frac{\sum N_p \cdot l}{b_r} = \frac{39465,7 \cdot 0,67}{1,4 \cdot 100} = 291,23 \text{ кНм/м};$$

$$A_{s1} = \frac{M_1}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0'} = \frac{291,23 \cdot 1000}{0,9 \cdot 280 \cdot 69} = 12,98 \text{ см}^2/\text{м};$$

Розраховуємо армування ростверку в поперечному напрямку по грані колони:

$$M_2 = \frac{\sum N_p \cdot l}{b_r} = \frac{39465,7 \cdot 0,5}{1,4} = 836,3 \text{ кНм/м};$$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0'} = \frac{836,3 \cdot 1000}{0,9 \cdot 280 \cdot 119} = 21,22 \text{ см}^2/\text{м};$$

Паралельно довгій стороні підшви на кожен метр ширини ростверку приймаємо арматуру А400 с $A_s = 24,18 \text{ см}^2$, стрижні кроком $1000/9=160 \text{ мм}$.

Розраховуємо армування уздовж ростверку по грані верхньої ступіні:

$$M_3 = \frac{\sum N_p \cdot l}{b_r} = \frac{39465,7 \cdot 0,3}{1,7 \cdot 100} = 123,2 \text{ кНм/м};$$

$$A_{s3} = \frac{M_3}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0'} = \frac{123,3 \cdot 1000}{0,9 \cdot 280 \cdot 87} = 5,62 \text{ см}^2/\text{м};$$

Розраховуємо армування уздовж ростверку по грані колони:

$$M_4 = \frac{\sum N_p \cdot l}{b_r} = \frac{39465,7 \cdot 0,25}{2,0} = 364,2 \text{ кНм/м};$$

$$A_{s4} = \frac{M_4}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0'} = \frac{364,2 \cdot 1000}{0,9 \cdot 280 \cdot 87} = 15,74 \text{ см}^2/\text{м};$$

Паралельно короткій стороні підшви на кожен метр ширини ростверку приймаємо 5 Ø 12 А400 с $A_s = 16,08 \text{ см}^2$, стрижні кроком $1000/5=200 \text{ мм}$.

Армування фундаменту Рис. 4.2.

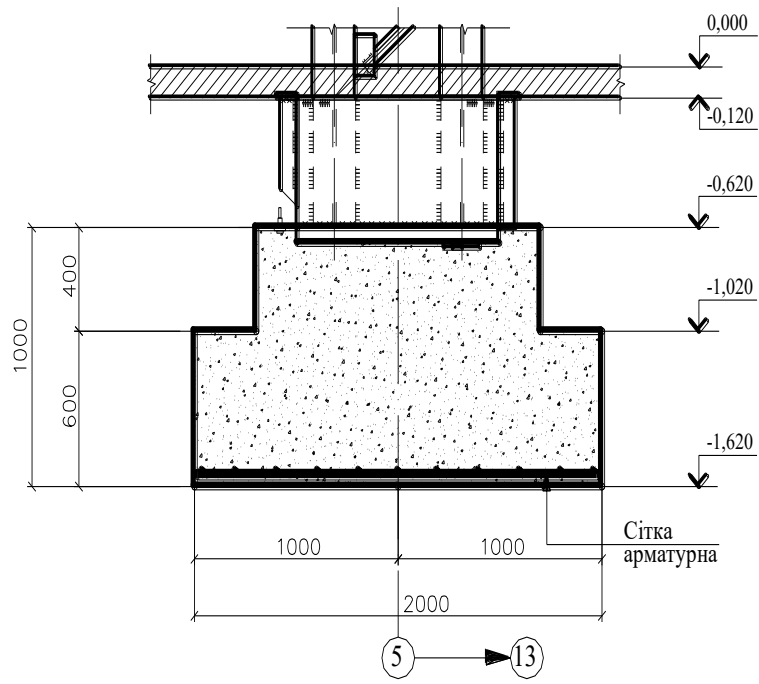


Рис. 4.2. Армуння фундаменту Фм-1

5. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

5.1. Загальні положення

Розділ «Технологія та організація будівництва» розроблений згідно вимог ДБН А. 3.1-5-96 на основі:

- Даних по інженерно-геологічні вишукування;
- Матеріалів робочого проекту;
- Встановлених нормативів для складення проектів організації будівництва (ПОБ);
- Даних про потужності генпідрядної організації.

Проектом виробництва робіт (ПВР) на даному об'єкті встановлений підготовчий та основний періоди будівництва.

У підготовчий період виконують роботи по освоєнню будівельного майданчика, пристрою під'їзних шляхів і доріг, устаткуванню будівельного майданчика і загально майданчикові разбивочні роботи. У перебігу основного періоду ведуться будівельно-монтажні роботи по даному об'єкту.

Територію будівельного майданчика напочатку очищають від дерев, чагарників. Дерева видаляють разом з корінням або спилуючи стовбури і згодом викорчовуючи пні. Щоб повалити дерева і корчувати пні використовують трактори, бульдозери, встановлені на тракторі лебідки для корчувань і екскаватори із спеціальним устаткуванням. Чагарники і дрібну рослини видаляють бульдозером або кущорізом.

Опори повітряних ліній зв'язку та електропередач, щоб вони не заважали роботам, переносять за межі будівельного майданчика.

Що стосується технології будівництва ангарів, то існують різні підходи і технології їх зведення. Ось кілька ключових моментів, які слід враховувати.

Ангари можуть бути побудовані з використанням різноманітних матеріалів, включаючи сталь, бетон, тканину або комбінацію всіх чи деяких матеріалів. Вибір матеріалу залежить від таких факторів, як розмір ангара, його призначення і бюджет.

Сталеві конструкції є найбільш популярним вибором для будівництва

ангарів завдяки своїй властивостям по міцності, довговічності та універсальності. Сталеві каркаси можуть бути виготовлені за межами об'єкта, а потім зібрані на місці, що робить процес будівництва більш технологічно-індустріальним та ефективним. Сталеві конструкції також забезпечують достатньо місця для великих отворів, таких як ангарні ворота.

Конструкції з тканин, також відомі як натяжні мембранні конструкції, є ще одним ефективним варіантом будівництва ангарів. У цих конструкціях використовується тканинна - мембрана, натягнута на раму для створення закритого простору. Такі конструкції легкі, економічні та швидко монтуються чи демонтуються.

Фундамент і підлога. Для ангарів потрібен міцний фундамент, щоб витримати вагу конструкції та будь-якого надважкого об'єкта, що зберігається всередині. Тип фундаменту залежить від таких факторів, як фізико-механічні властивості ґрунтів, району будівництва, функціонального призначення, місцевих будівельних умов та інше. Підлоги ангарів, як правило, виготовляють із бетону, щоб витримувати великі навантаження та забезпечувати гладку поверхню.

Ангарні двері. Ангарні двері є важливим компонентом конструкції всього ангару. Вони мають бути достатньо великими, щоб відповідати розміру великогабаритних об'єктів та забезпечувати легкий доступ. Двері ангара можуть бути розсувними, двостулковими або гідравлічними, в залежності від конкретних вимог до ангару та його функціонального призначення.

Інженерне забезпечення та освітлення. Ангари потребують належних систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, щоб підтримувати належний рівень температури та вологості. Правильне освітлення також має вирішальне значення для безпеки та видимості всередині ангару.

Важливо відзначити, що конкретні технології та методи, які використовуються для будівництва ангарів, можуть відрізнятися залежно від таких факторів, як розташування, призначення та розмір ангара.

5.1.2. Область застосування технологічної карти

Технологічна карта будівництва при розробці проекту ангарів.

Технологічна карта будівництва при розробці проекту ангарів включає різні етапи та процеси, які необхідно виконати в складі робочого проекту. Основні

етапи включають:

1. Планування та проектування: перший етап - це планування та проектування ангара. На цьому етапі передбачаються розміри, конструкція, матеріали, забезпечення дозволів та інші технічні аспекти будівництва.

2. Підготовчі роботи. Після завершення проектування відбуваються підготовчі роботи. Це може включати підготовку будівельного майданчика, видалення перешкод, підготовку фундаменту та інші попередні роботи.

3. Будівельні роботи. На цьому етапі передбачається виконання всього основного комплексу будівельно-монтажних робіт. За допомогою відповідних технологій та методів будується сам ангар - встановлюються конструкції, виконуються монтажні роботи, укладається покриття та інші будівельні процеси.

3. Внутрішнє обладнання. Після завершення будівельних робіт, виконується комплекс спеціальних робіт з влаштування системи освітлення, опалення, вентиляції, системи безпеки, розміщення внутрішнього обладнання та інших необхідних систем.

4. Завершальні роботи. Останній етап - це завершальні роботи. На цьому етапі виконуються остаточне виконання будівельних норм, перевірка якості робіт, облаштування майданчика та інші процеси для завершення робіт.

Важливо отримати результат, що конкретна технологічна карта будівництва ангара може варіюватись залежно від розміру, типу та специфікацій проекту.

5.1.3 Технологія влаштування ферм

Технологія будівельного процесу металевих ферм включає кілька етапів. Основні кроки можуть включати. Проектування: Перший етап - це розробка проекту металевих ферм. На цьому етапі визначаються габаритні розміри, конструкції, матеріали та інші технічні аспекти. Виготовлення компонентів. Після завершення проектування, виготовлюються компоненти металевих ферм. Це включає заготівлю, різання, згинання та з'єднання металевих конструктивних елементів.

Наступним етапом є монтаж металевих ферм. Компоненти з'єднуються за допомогою зварки, болтів або інших методів з'єднання. Важливо дотримуватися правильної стратегії та забезпечити правильне встановлення кожного елемента.

Контроль та перевірка. Після завершення монтажу оцінка перевірки ферми

на відповідність проекту та правильне функціонування. Якщо потрібно, проводять роботи з доведення ферм у відповідність до проектних рішень для забезпечення стабільності та надійності конструкції.

Завершальні роботи. Останній етап - це завершальні роботи. На цьому етапі виконуються остаточні дотримання будівельних норм, перевірка якості робіт та благоустрій майданчика.

Важливо отримати результат, що конкретна технологія будівельного процесу металевих ферм може варіюватись залежно від розміру, типу та специфікацій проекту.

5.2. Підготовчий період будівництва

До розгортання будівельно-монтажних робіт на будівельному майданчику необхідно провести певний комплекс підготовчих робіт. Тобто, це створення умов, які дозволяють виконувати будівельні роботи індустріальними методами з найменшими витратами коштів і в межах визначених термінів тривалості будівництва. Склад і обсяг робіт підготовчого періоду залежить від місцевих умов на будівельному майданчику, від наявності виробничої бази генпідрядника, характеру і обсягу будівництва. Підготовчий період в основному складається із поза майданчикових і внутрішньо майданчикових робіт.

Поза майданчикові підготовчі роботи включають будівництво:

- під'їзних шляхів;
- мереж електропередачі з трансформаторними підстанціями;
- мереж водопостачання з водозабірними спорудами;
- каналізаційних колекторів з очисними спорудами;
- побутових містечок для будівельників;
- необхідних споруд з розвитку промислової бази будівельної організації;
- споруд і засобів зв'язку.

Внутрішньо-майданчикові підготовчі роботи передбачають:

- здачу-приймання геодезичної розбивочної основи для будівництва і геодезичні розбивочні роботи для прокладання інженерних мереж;
- звільнення будівельного майданчика для виконання будівельно-монтажних робіт (розчищення території, знесення будівель тощо);

- планування території та підготовка території під будівництво;
- перекладання існуючих і прокладання нових інженерних мереж;
- влаштування постійних і тимчасових доріг;
- влаштування інвентарних тимчасових огорожень будівельного майданчика;
- розміщення мобільних (інвентарних) будівель і споруд промислового, складського, допоміжного;
- влаштування складських майданчиків і приміщень для матеріалів, конструкцій і обладнання;
- забезпечення будівельного майданчика протипожежним водопостачанням, інвентарем, освітленням і засобами сигналізації.

5.2.1. Розробка будівельного генерального плану

Будівельний генеральний план є частиною комплексної документації на будівництво та розробляється згідно до прийнятої технології виробництва робіт, термінів будівництва плану-графіка виконання робіт.

Будівельний генеральний план розроблений на весь період зведення ангару. Генплан передбачає організацію будівельного господарства на майданчику, що гарантує створення необхідних умов праці та відпочинку робочих, послідовну організацію механізації робіт, приймання, зберігання будівельних конструкцій, матеріалів та виробів. Крім того, генпланом передбачено забезпечення будівництва водними, енергетичними та іншими ресурсами.

Для зменшення проміжних розвантажень вантажів всі відкриті склади розміщуються в зоні доступу монтажного крана. Всі матеріали зберігаються на піддонах або контейнерах. Для зберігання, металевих елементів та конструкцій передбачені навіси складування.

Тимчасові будівлі та споруди по кількості та складу визначаються згідно чинних норм шляхом розрахунку необхідної площі.

Дороги на генплані запроектовані з умови забезпечення вільного проїзду автотранспорту: постійні дороги шириною 6,0м, тимчасові шириною 3,5м, радіусом повороту 12,0м для розвороту великогабаритного транспорту. Ухили доріг спроектовані відповідно до рельєфу місцевості.

Водопостачання та водовідведення, запроектовано з умов забезпечення виробничих господарчо-побутових та протипожежних потреб на весь період будівництва. Згідно нормативних вимог відстань між протипожежними гідрантами не перевищує 150 м, а розташування не далі 2,0 м від дороги.

Для забезпечення будівництва електроенергією від існуючої міської мережі передбачена установка тимчасової трансформаторної станції.

Вся територія будівельного майданчика захищена вертикальною огорожею із інвентарних щитів. У місцях в'їзду і виїзду передбачені ворота, по всьому периметру будмайданчика проходить освітлювальна мережа з прожекторами.

5.2.2. Визначення чисельності персоналу будівництва

Чисельність працівників визначається з максимальної кількості робочих основного виробництва, зайнятих в одну зміну. Вона визначається по графіку руху робочих. $N_{max.осн.} = 24$ чол.

Чисельність робочих неосновного виробництва приймається у розмірі 20% від $N_{max.осн.}$. Дані підсумовуються, а отриманий результат використовується в подальших розрахунках.

Кількість інженерно-технічних працівників на об'єкті приймається 10%, молодшого обслуговуючого персоналу – 3%, службовців – 5% від загальної чисельності робочих основного та не основного виробництва.

5.2.3. Визначення тимчасових будівель, споруд та їх складу

Склад та площі тимчасових будівель і споруд визначають на момент максимальної чисельності робітників, що одночасно перебувають на будівельному майданчику в одну зміну.

Тип тимчасової споруди приймається з урахуванням терміну його використання, як правило це уніфіковані або збірно-розбірні споруди.

Згідно чинних нормативів на будівельному об'єкті, як мінімум, мають бути наступні санітарно-побутові приміщення: вбиральні з умивальниками, душові, для сушки і знепилювання одягу, для обігріву, відпочинку і їжі, контора виконроба.

5.2.4. Розрахунок потреб в складських площах

Площі складів визначаються для матеріалів, що плануються зберігатись на будівельному майданчику, по номенклатурі, представлений в графіці надходження на об'єкт будівельних конструкцій, деталей, напівфабрикатів, матеріалів і устаткування.

Занесення матеріалів розраховується по формулі: $P = Q/t n k$

Q – кількість матеріалів, необхідного для здійснення будівництва.

T – розрахункова тривалість виконання робіт, в днях.

n – норма запасу матеріалів (при перевезенні автотранспортом)

k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність постачання до = 1,2

Необхідна площа складу: $S = p/r K n$, де

P – кількість матеріалів, що підлягають зберіганню.

r – норма зберігання матеріалу на 1 м² площі.

Майданчики складування будівельних конструкцій, матеріалів та виробів указані на генплані лист №9.

5.2.5. Розрахунки потреб будівництва в забезпечені енергоресурсом

Таблиця 5.1

Потреба води на господарські нужди

Найменування	Од. вим.	Кі-ть	Норма водовтрат. л/с	Коефіцієнт нерівномірності	Коеф.	Витрата води в зміну л/с
1	2	3	4	5	6	7
Витрата води на протипожежні потреби	га	0,5	10	—	—	10
Витрата води на умивання і їжу	чол.	58	10 / 15	1,2/1,3	—	$P'_o = \frac{58 \times 12 \times 1,25}{8 \times 3600} = 0,03$
Витрата води на душ	чол.	58	30 / 40	—	0,3/0,4	$P'_o = \frac{58 \times 35 \times 0,35}{0,75 \times 3600} = 0,24$
Разом:						10,3

Таблиця 5.2

Потреба води в одну зміну на виробничі нужди

Найменування робіт	Од.-вим.	Кількість		Норма витрати води на од.-вим.	Витрата води в зміну, л
		загальна	у зміну		
Виготовлення розчину	м ³	40	1	180/275	275
Виготовлення бетонної суміші	м ³	50	2	250/300	500
Бетонування	м ³	5100	12	300	3600
Укладання цегли	1000 шт.	110	3	220	660
Штукатурні роботи	м ²	7330	94	2/8	470
Малярні роботи	м ²	4992	120	1	120
Посадка дерев	шт.	100	10	150	1500
Заправка автомашин	маш. доб.	1	1	400/700	550
Разом:					7675

Приймаємо тимчасовий водогін:

$$\text{- діаметр } D = \sqrt{\frac{4 \times (10,27 + 0,5) \times 1000}{3,14 \times 2}} = 85 \text{ мм}$$

Таблиця 5.3

Потреба електроенергії в одну зміну на виробничі потреби

№ п. п	Найменування споживачів	Кількість	Нормативна	Сумарна	Коеф.	Приведена
		однотипних споживачів	потужність споживачів	потужності однотипних споживачів	одночасного використання	потужність споживачів
		шт	кВт	кВт	Кс	кВт
1	Зварювальні апарати	2	11,0	22,0	0,6	13,2
2	Вібратори для ущільнення бетонної суміші	3	1	3	1	3
3	Освітлення:					
	- зовнішнє	6	1	6	0,9	5,4
	- внутрішнє	12	0,04	0,48	0,9	0,17
4	Нагрівачі для прогріву побутових приміщень	5	1,5	6,75	0,9	6,1
5	Інші споживачі	2	2,5	5	1	5
	ВСЬОГО необхідна потужність кВ					32,87
	$P=1,1/0,75 \times (\sum P_{п})$ кВА					≈50,0

Приймаємо тимчасову трансформаторну підстанцію потужністю 50,0 кВА.

5.2.6. Розробка календарного план-графіку виконання робіт

Як організаційно-технологічна модель всього комплексу будівельно-

монтажних робіт розроблений календарний план-графік.

Проектування графіку здійснюється з виконанням основних вимог:

- дотримання нормативної тривалості будівництва об'єкту;
- дотримання умовам технології зведення об'єкта;
- організація виробничого потоку з максимально можливим поєднання

процесів в часі і просторі;

- дотримання вимог охорони праці та правил техніки безпеки;
- виконання підготовчих робіт;
- рівномірне завантаження робочих;
- максимальної механізації кожного технологічного процесу;
- поєднання ведення спеціалізованих робіт із загально-будівельними

роботами.

Техніко-економічні показники:

- Термін будівництва 10 календарних місяців;
- Мінімальна кількість робочих на початок будівництва - 2 чол;
- Максимальна кількість робочих - 20 чол;
- Змінність робіт протягом будівництва 1-2 зміни.

6.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Охорона праці з пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт

6.1. Загальні положення

Охорона праці з пожежної безпеки є аспектом при виконанні будівельно-монтажних робіт. Дотримання вимог пожежної безпеки допоможе запобігти пожежам та забезпечити безпеку працівників на будівельному майданчику. Деякі важливі аспекти охорони праці з пожежної безпеки включають:

Планування та організація: Перед початком будівельно-монтажних робіт необхідно спланувати заходи з пожежної безпеки. Це включає визначення евакуаційних шляхів, розміщення пожежних засобів, організацію пожежної охорони та навчання працівників правилам пожежної безпеки.

Використання вогнестійких матеріалів: При будівництві необхідно використовувати вогнестійкі матеріали, які зменшують ризик поширення вогнища. Це можуть бути спеціальні покриття, вогнезахисні плити або інші матеріали, які мають високу стійкість до вогню.

Установка пожежних систем: На будівельному майданчику необхідно встановити протипожежні системи, такі як пожежні тривоги, пожежні гідранти, вогнегасники та системи автоматичного пожежогасіння. Ці системи допомагають виявити та швидко загасити пожежу.

Навчання та свідомість працівників: Усі працівники, які працюють на будівельному майданчику, повинні бути навчені правилам пожежної безпеки. Це включає навчання щодо використання пожежних засобів, евакуаційних процедур та поведінки у разі виникнення пожежі.

Регулярна перевірка та обслуговування: Пожежні системи та обладнання повинні регулярно проходитися та обслуговуватися. Це включає перевірку пожежних тривог, перевірку роботи вогнегасників та системи автоматичного пожежогасіння, а також очищення вогнегасних гідрантів.

Важливо дотримуватися всіх вимог та рекомендацій щодо пожежної безпеки під час виконання будівельно-монтажних робіт. Це допоможе

забезпечити безпеку працівників та запобігти виникненню пожежі.

6.2. Утримання територій будівництва, будівель і приміщень

Утримання території будівництва, будівель і приміщень є сектором забезпечення безпеки та ефективності будівельних проектів. Деякі ключові аспекти утримання включають:

Прибирання та санітарний стан: Регулярне прибирання та підтримання санітарного стану території будівництва, будівель і приміщень є завданням для забезпечення безпеки та комфорту працівників та відвідувачів. Сюди входить прибирання сміття, очищення прохідних шляхів, туалетів та інших загальних приміщень.

Система обслуговування: Регулярне обслуговування систем, таких як електрика, водопостачання, опалення та вентиляція, є завданням для забезпечення їх надійності та ефективності. Регулярна перевірка, технічне обслуговування та ремонт систем допомагають уникнути аварій та забезпечують комфортні умови праці та перебування.

Безпека та охорона: Забезпечення безпеки на територіях будівництва, будівель і приміщень включає установку та підтримку системи пожежної безпеки, контроль доступу, монтування відеоспостереження та інші заходи безпеки. Регулярні перевірки та навчання працівників щодо безпеки також є аспектами.

Ремонт та обслуговування будівельних конструкцій: Регулярний ремонт та обслуговування будівельних конструкцій допомагають зберегти їх надійність та довговічність. Це включає перевірку стану фасадів, покрівель, систем водовідведення та інших елементів будівель.

Зелені насадження та ландшафтний дизайн: Догляд за зеленими насадженнями та ландшафтним дизайном на території будівництва створить приємну та здорову робочу атмосферу. Це може включати поливання, обрізку рослин, погляд за газонами та інші садові роботи.

Важливо дотримуватися вимог та стандартів утримання території будівництва, будівель і приміщень для забезпечення безпеки, комфорту та ефективності.

6.3. Заходи пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт

Заходи пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт є домом для забезпечення безпеки працівників та запобігання пожежам на будівельних майданчиках. Деякі з них включають:

Планування та організація: Перед початком будівельно-монтажних робіт необхідно повністю спланувати заходи пожежної безпеки. Це включає визначення евакуаційних шляхів, розміщення пожежних засобів, організацію пожежної охорони та навчання працівників правилам пожежної безпеки.

Використання вогнестійких матеріалів: При будівництві необхідно використовувати вогнестійкі матеріали, які зменшують ризик поширення вогнища.

Установка пожежних систем: На будівельному майданчику необхідно встановити протипожежні системи, такі як пожежні тривоги, пожежні гідранти, вогнегасники та системи автоматичного пожежогасіння.

Навчання та свідомість працівників: Усі працівники, які працюють на будівельному майданчику, повинні знати правила пожежної безпеки.

Регулярна перевірка та обслуговування: Пожежні системи та обладнання повинні регулярно перевірятися та обслуговуватися.

Важливо дотримуватися всіх вимог та рекомендацій щодо пожежної безпеки під час виконання будівельно-монтажних робіт. Це допоможе забезпечити безпеку працівників та запобігти виникненню пожежі.

6.4. Заходи пожежної безпеки при зберіганні і роботі з клеями, мастиками, бітумом, полімерними й іншими горючими речовинами і матеріалами

1. Горючі рідини варто зберігати і наготовлювати в окремо збудованих будівлях з негорючих матеріалів, обладнаних вентиляцією, а також у спеціально призначених для цієї мети контейнерах. Не допускається зберігати горючі рідини разом з іншими речовинами і матеріалами, у підвальних приміщеннях, а також у відкритій тарі.

2. Забороняється застосовувати ЛЗР і ГР для знежирення (протирання) будівельних конструкцій, устаткування, чищення килимових покриттів підлог і т.д.

3. Приміщення і робочі зони, у яких працюють з горючими рідинами, що виділяють вибухонебезпечні пари повинні бути забезпечені примусовою, природною чи проточно-витяжною вентиляцією. У ці приміщення не повинні допускатися особи, що не беруть участь у безпосередньому виконанні робіт, а також не повинні виконуватися роботи і знаходитися люди в сусідніх приміщеннях.

4. При використанні горючих матеріалів кількість їх не повинна перевищувати змінної потреби. Ємкості з пальними речовинами повинні бути закритими і по закінченню робіт здаватися на склад. Забороняється зберігати тару з під зазначених матеріалів на будівельному об'єкті.

5. Наносити епоксидні смоли, клеї, мастики, у тому числі лакофарбові на основі синтетичних смол і наклеювати плиткові і рулонні полімерні матеріали необхідно після закінчення всіх будівельно-монтажних робіт перед остаточним фарбуванням приміщень.

6. Наносити горючі покриття на підлогу, як правило, потрібно при природному освітленні по захватках площею не більш 100 кв.м. під спостереженням особи, відповідальної за ці роботи.

7. До роботи з рулонними, плитковими матеріалами і нанесення епоксидних смол, мастик, допускаються особи, що пройшли навчання по програмі пожежно-технічного мінімуму і проінструктовані про заходи пожежної безпеки перед початком робіт.

8. Роботи з пожежонебезпечними речовинами і полімерними матеріалами допускається проводити тільки з письмового дозволу особи відповідальної за протипожежний стан будівництва і тільки після виконання всіх заходів, що забезпечують пожежну безпеку.

9. Котли для варіння і розігріву ізоляційних і бітумних мастик повинні бути у справному стані і мати кришки, що щільно закриваються. Заповнення котлів допускається не більше ніж на $\frac{3}{4}$ їхньої місткості. При установці бітумного котла на відкритому повітрі над ним обов'язково

влаштується негорючий навіс.

10. Біля варочного котла повинні бути комплект протипожежних засобів (вогнегасники, лопата, сухий пісок). Місце установки котла обноситься земляним валом висотою 0,3 м.

11. Установлювати бітумоварні котли ближче 20 м від будівель забороняється.

12. Забороняється користуватись відкритим вогнем у радіусі 50 м від місця змішування бітуму з розчинниками (бензином, скипидаром і т.д.). При змішуванні розігрітий бітум варто вливати в бензин (а не бензин у бітум), перемішуючи його тільки дерев'яними мішалками. Температура бітуму в момент приготування праймера не повинна перевищувати 700С. Не дозволяється виготовлювати праймер на етиловому бензині чи бензолі.

6.5. Заходи пожежної безпеки при проведенні зварювальних і інших вогневих робіт

1. Зварювальні й інші вогневі роботи, зв'язані з відкритим полум'ям, можна вести з письмового (додаток 3) дозволу особи, відповідальної за пожежну безпеку на даному будівництві, зазначених у п.п. 1.4, 1.5, 1.6 даної інструкції.

2. При проведенні вогневих робіт адміністрація будівництва повинна розробляти заходи щодо забезпечення пожежної безпеки.

3. До вогневих робіт допускаються особи, що пройшли протипожежний технімум і мають спеціальні кваліфікаційні посвідчення, на право допуску до вогневих робіт.

4. Місця вогневих робіт і встановлення зварювальних агрегатів і трансформаторів повинні бути очищені від горючих матеріалів у радіусі 5 м і забезпечені первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, ящик з піском, лопата і відро з водою). Встановлювати ацетиленові генератори в приміщеннях підвальних і цокольних поверхів не дозволяється.

5. При роботі на висоті знизу повинен знаходитися спостерігач за розлітанням зварювальних іскор.

6. Кріплення панелей з полімерними утеплювачами влаштування в них чи отворів чи установка закладних деталей із застосуванням інших вогневих робіт забороняється.

7. У найбільш пожежно і вибухонебезпечних місцях необхідно виставляти пожежні пости з обслуговуючого персоналу, добровільної пожежної дружини.

8. Перед початком електрогазозварювальних робіт необхідно перевірити справність зварювальних трансформаторів, ізоляції проводів, шлангів, генераторів, а також щільність контактних з'єднань.

9. Після закінчення зварювальних і інших робіт виконавець зобов'язаний ретельно перевірити робоче місце, а також нижні площадки і поверхи, суміжні приміщення, полити водою спалені конструкції, усунути порушення, що можуть привести до виникнення пожежі; а при необхідності виставити пости.

10. При газозварювальних роботах переносні ацетиленові генератори необхідно встановлювати на відкритих площадках. Допускається тимчасова їхня робота в добре провітрюваних приміщеннях. Забороняється розводити відкритий вогонь, курити і запалювати сірники в межах 10 м від кисневих і ацетиленових балонів, газогенераторів, та ілових ям.

11. Карбід кальцію варто зберігати в металевих закритих барабанах в окремо стоячих неопалюваних сухих будинках, що мають природну вентиляцію.

6.6. Заходи пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації установок опалення і сушіння приміщень

1. Для опалення мобільних (інвентарних) будинків повинні використовуватися парові і водяні калорифери, а також тені заводського виготовлення, незалежно від установленної потужності зі споживанням електроенергії в межах установлених лімітів. Підключення тенів необхідно робити за умови наявності проекту, виконаного спеціалізованою організацією, а інші види електронагрівачів потужністю до 10 квт дозволяється підключати тільки за згодою енергонагляду за умови виготовлення електричних нагрівачів заводами і підприємствами по технічних умовах. Монтаж і установка їх

повинна бути виконана у відповідності з діючою інструкцією. При порушенні викладених вимог і правил користування електричною і тепловою енергією електропостачання об'єкту підлягає відключенню.

2. Сушіння одягу і взуття повинно проводитися в спеціально пристосованих для цих цілей приміщеннях, з центральним водяним опаленням або з застосуванням водяних калориферів. У будинках з металевих конструкцій з полімерними утеплювачами на період проведення будівельних робіт допускається застосовувати тільки системи повітряного чи водяного опалення з розміщенням топків за межами будинків на відстані не менш 18 м чи за протипожежною стіною. Відстань від трубопроводів з теплоносієм до конструкцій, що обгороджують, повинне дотримуватися не менш 100 мм.

3. Відкритий вогонь, а також вогневих, електричних калориферів і газових пальників інфрачервоного випромінювання в тепляках забороняється.

4. До експлуатації допускаються теплові установки тільки заводського виготовлення зі справними і підключеними системами контролю, автоматизації і блокування, що відповідають вимогам дійсних правил і мають інструкцію про правила їхньої експлуатації. Застосування для сушіння й опалення саморобних нагрівальних приладів, жаровень, мангалів, електроприладів з електронагрівальними елементами (електроплитки, електровідбивачі і т.д.) не допускається.

5. Пересувні і стаціонарні установки з пальниками інфрачервоного випромінювання повинні бути обладнані автоблокуванням, що припиняє подачу газу при загасанні пальника.

6. Пересувні установки, установлені на підлогу, повинні мати стійку підставку. Балон з газом повинен знаходитися на відстані не менш 1,5 м від установки й інших опалювальних приладів, а від електролічильників, вимикачів і інших електроприладів не менш 1 м. Відстань від пальників до конструкцій з горючих матеріалів повинен бути не менш 1 м, важкозаймистих – 0,7 м, негорючих – 0,4 м.

7. У приміщеннях, де роблять сушіння, а також поблизу працюючої установки не допускається зберігати небезпечні балони зі зрідженим газом. Непрацюючі чи несправні балони варто зберігати поза споруджуваними

будинками у спеціальних складських приміщеннях на будівельних майданчиках.

8. У місцях, де працюють установки з газовими пальниками інфрачервоного випромінювання, забороняється зберігати горючі і важкозаймисті речовини і матеріали, а також проводити інші види робіт.

9. При експлуатації пальників інфрачервоного випромінювання забороняється:

- користуватися установкою в приміщеннях без природного провітрювання чи штучної вентиляції з відповідною кратністю повітрообміну, а також у підвальних і цокольних поверхах;

- використовувати пальник з ушкодженою керамікою, а також з видимими язиками полум'я;

- користуватися установкою, якщо в приміщенні з'явився запах газу;

- направляти теплові промені пальників безпосередньо у бік горючих матеріалів, балонів з газом, газопроводів, електропроводок і т.п.;

- користуватися газовими установками одночасно з установками на твердому паливі;

- користуватися відкритим вогнем поблизу балонів з газом.

При роботі на відкритих площадках (для обігріву робочих місць, для сушіння зволжених ділянок) варто застосовувати тільки вітростійкі пальники.

6.7. Водопостачання, засоби пожежогасіння і зв'язку

1. До початку основних робіт з будівництва на будівництві повинно бути забезпечене протипожежне водопостачання від пожежних гідрантів на водогінній мережі чи з резервуарів (водойм), а при їхній відсутності з тимчасових резервуарів.

2. Внутрішній протипожежний водопровід і автоматичні системи пожежогасіння необхідно монтувати і зводити в дію до початку опоряджувальних робіт, а автоматичні системи пожежогасіння і сигналізації до моменту пусконаладжувальних робіт.

3. Споруджувані будинку, тимчасові споруди, підсобні приміщення повинні бути забезпечені засобами пожежогасіння. Використовувати засоби

пожежогасіння не по призначенню забороняється.

4. При температурі повітря нижче +10С вогнегасники необхідно зберігати групами в найближчих утеплених приміщеннях. У місцях зберігання засобів пожежогасіння повинні бути установлені відповідні показчики.

5. Кожне будівництво повинне мати засоби зв'язку для виклику пожежних підрозділів. Біля кожного телефону необхідно вивісити табличку про порядок виклику пожежної охорони, пам'ятку про дії працюючих на випадок пожежі, список бойових розрахунків ДПД.

7.ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

7.1. Оцінка будівництва об'єкта по техніко-економічним характеристикам

Економіка будівництва включає в себе аналіз та управління фінансовими, матеріальними та людськими ресурсами, які використані в будівельних проектах. Основні аспекти економіки будівництва включають:

Бюджетування та фінансування: Планування та контроль витрат на будівництво, включаючи визначення бюджету проекту, оцінку вартості робіт, закупівлю матеріалів та обладнання, оплату праці та інші витрати. Фінансування будівельних проектів може здійснюватися за допомогою власних коштів, кредитів, інвестицій або публічного фінансування.

Управління ризиками: Врахування та управління ризиками, пов'язаними з будівельними проектами, такими як зміни вартості матеріалів, затримки в графіку, непередбачувані події та інші фактори, які можуть вплинути на успішне завершення проекту. Використання стратегій ризик-менеджменту зменшує вплив негативних факторів на економіку будівництва.

Оптимізація ресурсів: Ефективне використання матеріальних, фінансових та людських ресурсів для досягнення максимальної продуктивності та ефективності в будівельних проектах. Це включає планування робіт, раціональне використання матеріалів, оптимізацію робочих процесів та використання сучасних технологій.

Оцінка ефективності: Аналіз та оцінка ефективності будівельних проектів з урахуванням витрат, якості, термінів виконання та інших факторів. Це буде

загальноприйняте обґрунтоване рішення щодо продовження або зупинки проекту, а також вдосконалення підходів до майбутніх проектів.

Стратегії стимулювання ефективності: Використання стратегій та інструментів для стимулювання ефективності в будівельній галузі, таких як використання енергоефективних технологій, впровадження інноваційних рішень, застосування принципів сталого будівництва та інше.

Враховуючи вищезазначені аспекти, економіка будівництва спрямована на досягнення ефективності, контроль витрат та успішне виконання будівельних проектів.

Показники оцінки будівельного об'єкта приймається в залежності від цілей оцінки та якісної характеристики порівняння аналогічних об'єктів.

Вибір оптимальних варіантів проектних рішень є показники вартості. Крім того, до уваги приймаються натуральні показники: об'ємно-планувальні та архітектурно-конструктивні рішення; витрати матеріальних та трудових ресурсів, загально трудомісткість та інші. Ці показники служать додатковим засобом економічного аналізу оцінки об'єкта будівництва.

Основним показником оцінки є показник приведених витрат, що характеризує витрати на трьох рівнях:

Перший, на стадії капітальних вкладень в матеріально-технічну базу будівництва;

Другий, на стадії будівництва - кошторисна вартість об'єкта;

Третій, в сфері експлуатації як річні експлуатаційні витрати на об'єкт. Зазначені показники у формі приведених витрат визначаються за допомогою коефіцієнта економічної ефективності:

$$P = E_n K + C + M/E_n,$$

де P - приведені витрати;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності, рівний 0,08-0,12;

K - капітальні вкладення в розвиток виробничої бази будівництва;

C - кошторисна вартість будівництва;

M - показник річних експлуатаційних витрат.

При однакових якісних характеристиках об'єктів, що порівнюються,

найбільш ефективним варіантом буде вважатись той об'єкт, який має мінімальну величину приведених витрат.

Недоліком показника приведених витрат є те, що він не відображає вплив всіх конкретних факторів, які спрямовані на підвищення економічної ефективності. До уваги не враховується фактор скорочення тривалості будівництва та чисельності робітників, що безпосередньо відображається на собівартості будівництва. По за увагою залишається фактор типізації тобто скорочення кількості типорозмірів збірних елементів, що відповідно зменшує собівартості їх виготовлення. Відповідно сумарний економічний ефект повинний відображати і додатковий ефект від зниження собівартості будівництва та собівартості будівельних матеріалів.

Економічний ефект від скорочення термінів будівництва враховується по двох напрямках його реалізації.

Перший - загальний народногосподарський ефект:

$$\mathcal{E} = CE_n(T_1 - T_2),$$

де C - кошторисна вартість основних фондів, що вводяться в дію;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності;

T_1 і T_2 - тривалість будівництва по порівнюваних варіантах у роках.

Тут можуть бути також використанні відповідні показники нормативної тривалості будівництва і проектованої.

Другий - ефект від скорочення термінів будівництва. Ця економія вираховується на проектній стадії і розраховується по формулі:

$$\mathcal{E} = 0,6N(1 - T_2/T_1),$$

де N - величина накладних витрат у кошторисній вартості будівництва;

T_1 і T_2 - тривалість будівництва в роках по варіантах проектних рішень, що зіставляються, чи в порівнянні з нормативом.

Приклади розрахунків кошторисної вартості об'єкта будівництва приведені у додатку.

Календарний графік будівництва є інструментом для планування та контролю процесу будівництва. Він включає в себе послідовність робіт, їх тривалість та взаємозв'язки між ними. Календарний графік забезпечує

виконання робіт у встановлених термінах та критичних шляхах, які можуть бути включені в загальний проектний графік.

Стандартний, календарний графік будівництва складається з таких етапів:

Підготовчі роботи: Включає в себе планування, проектування, отримання необхідних дозволів та підготовку будівельного майданчика.

Фундамент: Встановлення фундаменту та інженерних комунікацій.

Каркас та конструкція: Встановлення основних будівельних конструкцій, таких як стіни, стелі, покриття та перекриття.

Внутрішні роботи: Включає в себе проведення електромонтажних робіт, сантехнічних робіт, встановлення систем опалення та кондиціонування повітря, обробку стін та підлоги, укладання покриття та інші внутрішні роботи.

Зовнішні роботи: Включає в себе озеленення території, облаштування доріжок та місць для паркування, фасадні роботи та інші роботи, пов'язані із зовнішнім оздобленням будівлі.

Важливо досягти того, що календарний графік будівництва може варіюватись залежно від розміру та складності проекту, погодних умов, наявності ресурсів та інших факторів. Тому при плануванні будівельних проектів користуйтеся консультаціями з професіоналами та використовуйте спеціалізовані програми для складання календарних графіків будівництва.

Приклади розрахунків кошторисів див. Додаток №1.

8. НАУКОВА ЧАСТИНА

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПІДЛОГИ АНГАРУ ВІД ДІЇ ЗНАЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ВЕЛИКОГАБАРИТНОЇ ТЕХНІКИ

8.1. Стан питання та постановка задачі дослідження

Покриття підлоги ангара – складна інженерна конструкція, що при значних розмірах (площі) будинку повинна забезпечувати розміщення інженерних мереж і устаткування, мати високі показники по зносостійкості, ударної міцності, стійкості стосовно хімічно агресивних рідин і газів.

Разом з тим, основне призначення конструкції підлоги ангара – забезпечувати сприйняття навантаження від великогабаритної техніки, що розміщується в ангарі для технічного обслуговування.

У визначеному відношенні конструкцію підлоги ангара можна розглядати, як елемент покриття зі специфічними умовами експлуатації, у ряді яких можна відзначити:

- відсутність атмосферного впливу у виді випадання опадів;
- збалансована амплітуда середньорічних температур;
- сприйняття та розподіл великих навантажень.

Для оцінки напружено-деформованого стану конструкції підлоги ангара використовується нормативна методика, адаптована до розрахунку і проектування твердих покриттів, склад конструктивних шарів, їхні фізико-механічні характеристики також застосовуються на підставі нормативних рекомендацій.

Для розрахунку і проектування твердих покриттів є кілька методик, в основу яких покладені різні гіпотези про роботу ґрунту під навантаженням. З числа використовуваних гіпотез найбільше використання одержали дві: гіпотези коефіцієнта постелі (Вінклера) і гіпотеза лінійно деформованого півпростору.

У першому випадку, за характеристику опору ґрунтів навантаженням приймають коефіцієнт постелі, у другому - модуль деформації ґрунту. Обидві гіпотези використовуються в даний час у практиці розрахунку твердих

покриттів.

Дані методики досить добре відображають роботу одношарових твердих покриттів. Однак, ряд допущень і положень нормативної методики за розрахунковою схемою покрить і обліку динамічного впливу навантаження недостатньо точно дозволяють оцінити роботу конструкцій.

З іншого боку, розрахунок і проектування покриттів – рішення многокритеріальної задачі, у якій зв'язок між окремими критеріями не завжди можна формалізувати, тобто знайти функціональну залежність.

Як висновок, найбільш ефективними є чисельні методи розрахунку, зокрема метод кінцевих елементів (МКЕ), за допомогою якого можна з більш високим ступенем точності оцінити напружено-деформований стан конструкцій покриття і основи.

Як математичну модель покриття підлоги ангара прийняті рівняння теорії пружності. Задача зважується чисельно методом кінцевих елементів (МКЕ). Такий підхід дозволяє оцінити напружено-деформований стан конструкції покриття і основи, у разі потреби, реалізувати однобічні зв'язки між шарами і нелінійні моделі поведження матеріалів.

Істотною особливістю розглянутої задачі є несприятливе (для чисельного рішення по МКЕ) співвідношення розмірів плит покриття і твердостей конструктивних матеріалів. Для рішення задачі розроблена спеціалізована методика.

В основу методики закладений принцип Сен-Венана, відповідно до якого область високих градієнтів напруг концентрується в околиці зони навантаження. Це дозволяє утримувати в розрахунковій схемі тільки якусь (у плані) частину аеродромного покриття й обмежений по товщині шар ґрунтової підстави. Другим основним положенням, використаним при розробці методики, є відома диференціальна залежність між деформаціями і переміщеннями. Функції переміщень можуть бути отримані інтегруванням деформацій. Оскільки операція інтегрування має сгладжувальний ефект, поля переміщень у чисельному аналізі менш чуттєві до огрубіння розрахункової схеми, чим поля деформацій і відповідні їм поля напруг. Тому вважається, що переміщення на достатнім видаленні від області високих градієнтів напруг

(зони додаткових навантаження), визначаються з задовільним ступенем точності по грубій розрахунковій схемі.

Таким чином, конструкція підлоги ангара – варіант твердого покриття, тому для оцінки виникаючих напружень і зусиль можна скористатися нормативною методикою розрахунку твердих покриттів.

Для верифікації отриманих результатів передбачається зробити математичне моделювання пружного простору, що включає шар штучного бетонного покриття, шар штучної підстави, шари суглинку і супесі, що складають ґрунтову підставу.

Математичні моделі розробляються на основі застосування двовимірної осесиметричної задачі і просторової тришарової моделі.

Постановка задачі дослідження:

1. Провести аналіз напружено-деформованого стану конструкції покриття підлоги ангара з урахуванням дії значних навантажень від великогабаритної техніки.

2. Проведення чисельних розрахунків для реалізації поставленої задачі.

Об'єкт дослідження – напружено-деформований стан покриття підлоги ангара.

Предмет досліджень – конструкція покриття підлоги ангара.

Методи досліджень – моделювання та чисельні дослідження напружено-деформованого стану.

Результати роботи – визначити оптимальнеконструктивне рішення покриття підлоги ангара з умов дії значних навантажень.

8.2. Основні положення нормативного розрахунку твердих покриттів

Для розрахунку твердих покриттів існують кілька методик, в основу яких покладені різні гіпотези про роботу ґрунту під навантаженням. З числа використаних гіпотез найбільше поширення одержали дві: гіпотеза коефіцієнта постелі (Вінклера) і гіпотеза лінійно деформованого напівпростору.

У першому випадку, за характеристику опору ґрунтів навантаженням приймають коефіцієнт постелі, в другому - модуль деформації ґрунту. Обидві

гіпотези використовуються в даний час у практиці розрахунку аеродромних покриттів. Дані методики досить добре відображають роботу одношарових твердих покриттів підлог. Тверді покриття розраховують по методу граничних станів, що дозволяє найбільш повно врахувати специфіку їхньої роботи під впливом навантажень від повітряних судів і природних факторів. Коли настає граничний стан конструкція не здатна пручатися зовнішнім впливам або одержує неприпустимі за умовами експлуатації ушкодження і деформації. З появою тріщин у бетонних і армобетонних покриттях несуча здатність їх практично зникає. Тому для таких покриттів стан, що відповідає появі тріщин у результаті впливу навантаження, є розрахунковим і характеризується як граничний стан по міцності.

Для обтиснутих перетинів попередньо напружених покриттів за розрахунковий приймається граничний стан по утворенню тріщин. Однак, враховуючи, що тріщини в таких покриттях не створюють практичної небезпеки для подальшої експлуатації, тому що при відсутності навантаження вони знаходяться в щільному закритому стані, а несуча здатність покриттів з появою тріщин далеко не вичерпується, гарантії проти їхньої появи при розрахунках приймаються меншими, ніж для бетонних і армобетонних покриттів.

У залізобетонних покриттях, армованих ненапруженою арматурою, у стадії експлуатації тріщини допускаються, але обмежується ширина їхнього розкриття. Розрахунковими граничними станами для таких покриттів є граничний стан по міцності, що настає, коли напруження в розтягнутій арматурі досягають її розрахункового опору, і граничний стан по розкриттю тріщин, що характеризується шириною 0,3 мм. Задача розрахунку покриття полягає в тому, щоб забезпечити гарантії проти досягнення в ньому в період експлуатації того чи іншого граничного стану. Разом з тим для одержання економічних рішень ці гарантії не повинні бути зайвими, тобто треба прагнути до того, щоб значення зусиль, що виникають у плит покриття, були близькі до гранично припустимих значень. Оскільки граничні стани твердих покриттів виникають під дією згинаючих зусиль, розрахунок ведеться на цей вид зусиль. З урахуванням цього основна умова розрахунку може бути записана

$$M_d \leq M_u ,$$

де M_u - розрахунковий момент у перетині плити при найбільш не вигідному розташуванні коліс; M_u - гранично припустимий для розглянутого перетину згинальний момент.

Зміст цієї формули полягає в тому, щоб максимально можливе (з урахуванням динаміки і перевантаження) зусилля в конструкції було б не більше її мінімальної несучої здатності (з урахуванням можливої зміни міцності матеріалу).

У зв'язку зі складною картиною роботи твердих покриттів під навантаженням від коліс великогабаритної техніки, а також особливостей ґрунту і бетону при розрахунках приймають наступні припущення:

1. Внутрішні зусилля (згинальні моменти) і деформації (прогини) плити покриття визначають за розрахунковою схемою плити на пружній основі при центральному (симетричному) розташуванні навантаження від коліс. Несиметричне розташування навантаження і вплив різних способів з'єднання плит між собою враховують шляхом уведення поправочних коефіцієнтів до величини згинальних моментів для центрального розташування навантаження.

2. Розрахунок ведуть на статичне навантаження від коліс великогабаритної техніки. Ударний характер і короткочасність їхнього впливу враховують для різних ділянок покриттів за допомогою відповідних динамічних коефіцієнтів, віднесених до величини статичного тиску коліс на стоянці.

Багаторазовість прикладення навантаження визначається з урахуванням нерівномірного накопичення залишкових осідань в основах покриттів.

3. З огляду на зміни опору ґрунтів навантаженням протягом року, розрахункові характеристики ґрунтової основи приймають стосовно до періоду найменшої міцності покриття (весняне відтавання). Відсутність лінійної залежності між навантаженням і деформацією ґрунтової основи враховують шляхом вибору розрахункової величини характеристики ґрунту коефіцієнта постелі при тому напруженому стані, що створюється при дії розрахункових навантажень на покриття даного типу. Тому розрахунки приходиться вести методом послідовного наближення, задаючись звичайно не тільки товщиною

покриття, але і відносною величиною стиску ґрунту.

4. Наростання міцності бетону в часі враховують при призначенні коефіцієнта умов роботи покриття у відповідності з термінами здачі покриття в експлуатацію й умовами твердіння бетону.

8.3. Основи розрахунку плит, що лежать на пружній основі

При розрахунках товщини твердих покриттів аеродромів виходять з рішень будівельної механіки для плит, що лежать на пружних основах. Визначення внутрішніх зусиль у плитах зводиться до того, що знаходять функцію епюр реактивної відсічі (реакції) основи від заданого навантаження. При цьому звичайно приймають, що осадка поверхні основи в точності збігається з прогинами плити під навантаженням. Для плит ця умова виражається загальним диференціальним рівнянням:

$$B \left(\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} \right) + c\omega = g(x,y) ,$$

де ω - прогин плити; x, y - координати серединної площини плити;

$B = \frac{E_B h^3}{12(1 - \mu^2)}$ - циліндрична твердість плити; E_B, μ - модуль пружності і коефіцієнт Пуассона матеріалу плити; c - коефіцієнт постелі ґрунту; h - товщина плити.

Плити твердих покриттів у розрахунковому відношенні можуть бути віднесені до однієї з наступних категорій: тверді - це плити відносно малих розмірів при досить великій товщині і порівняно податливій основі; гнучкі чи нескінченні - це плити порівняно великих розмірів у плані при відносно малій їхній товщині; маючі кінцеву твердість, - це плити, що займають проміжне місце між нескінченними і твердими плитами.

У переважній більшості випадків тверді аеродромні покриття складаються з плит нескінченної твердості, що пояснюється їх досить великими розмірами в плані, і тим, що завдяки наявності стикових з'єднань покриття в значній мірі працює як суцільна нерозрізна плита. Абсолютно тверді плити в практиці розрахунку покриттів аеродромів звичайно не зустрічаються.

З зазначеного випливає, що найбільше значення в проектуванні твердих

покрить мають методи розрахунку нескінченних плит. Кінцевою метою розрахунку твердих покрить є визначення потрібної товщини плит при заданому навантаженні. Розрахунковим навантаженням для плит твердих покрить аеродромів служить вертикальна складова тиску від коліс головних, найбільш навантажених опор шасі розрахункового повітряного судна (горизонтальними силами при розрахунку твердих покрить зневажають). Аналіз епюр внутрішніх зусиль і прогинів плит дає можливість установити наступні особливості їхньої роботи під навантаженням:

1. Плита під дією зовнішніх сил і реактивного тиску підстави виявляється в умовах просторового вигину. При цьому в кожній крапці плити в області впливу навантаження виникають сколюючі і нормальні напруження. Вирішальними є нормальні напруження, що визначаються величинами згинальних моментів.

2. У кожній крапці навантаженої плити відповідно кривизні пружної її поверхні можуть бути виділені згинальні моменти M_x і M_y , що діють у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

3. Під центром навантаженої площадки згинальні моменти M_x і M_y рівні і мають найбільшу величину. За межами навантаженої площадки моменти убувають.

4. Чим більше твердість плити, тим більш рівномірні епюри прогинів і реактивної відсічі основи.

5. Чим більше розмір плит кінцевої твердості при постійній товщині і твердості підстави, тим більше згинаючі моменти.

6. Згинальні моменти, реакції основи і прогини плити від спільної дії симетрично розташованої групи сил можуть бути обчислені виходячи з принципу незалежності дії сил шляхом підсумовування. При цьому епюри від одиничної зосередженої сили розглядаються як лінії впливу.

7. При розрахунках покрить згинальні моменти, що викликають розтягання нижньої поверхні плит, вважаються дотичними, а моменти, що викликають розтягання у верхній поверхні плит - від'ємними.

8. За розрахунковий момент із усіх можливих приймається один

найбільший момент, що виникає в плиті при самому не вигідному розташуванні навантаження. Найбільш не вигідним розташуванням навантаження є зазвичай край чи кут плити.

Таким чином, з аналізу роботи твердих покриттів видно, що головним у розрахунку є визначення згинальних моментів у різних крапках плити і визначення найбільшого моменту при самому не вигідному розташуванні навантаження. Звичайно за розрахунковий перетин приймається крапка в центральній частині плити на такій віддаленні від краю, щоб його вплив не враховувався. У наступному за допомогою перехідних коефіцієнтів здійснюється перехід від найбільшого моменту при центральному розташуванні навантаження до остаточного розрахункового моменту на краю чи куті плити. Завершальним етапом розрахунку є підбір або перевірка перетину у відношенні прийнятої товщини плит, потрібної кількості арматури, величини попереднього напруження.

Максимальний згинальний момент у розрахунковому перетині плити при її центральному завантаженні визначається як найбільша сума згинальних моментів, створюваних усіма колесами опори в двох взаємно перпендикулярних напрямках x і y :

$$\left. \begin{aligned} M_x^d &= M_1 + \sum_{i=2}^{i=N_k} M_x^i; \\ M_y^d &= M_1 + \sum_{i=2}^{i=N_k} M_y^i \end{aligned} \right\}$$

де M_1 - згинальний момент у розрахунковому перетині під центром відбитка сліду колеса, що знаходиться над цим перетином; M_x^i і M_y^i - згинальні моменти в розрахунковому перетині в напрямку x (y) від дії i -го колеса опори повітряного судна, розташованого за межами розрахункового перетину плити; N_k - кількість коліс на опорі повітряного судна.

У розрахунок приймається більше з значень M_x^d чи M_y^d .

Величини M_1 , M_x^i , M_y^i визначають у результаті рішення диференціального рівняння вигину плит, що лежать на пружній основі.

Згинальний момент від дії колеса, центр відбитка якого збігається з розрахунковим перетином:

$$M_1 = P f(\alpha) ;$$

$$P = \frac{P_0}{N_K} k_A n_p ,$$

де P - розрахункове навантаження на колесо; k і n_p - відповідно коефіцієнти динамічності і перевантаження; N_K - кількість коліс на одній головній опорі; k - навантаження на головну опору літака; $f(\alpha)$ - функція, значення якої приймають у залежності від приведенного радіуса навантаження $\alpha = R / l$; R - радіус кола рівновеликого площі відбитка колеса; l - пружна характеристика плити;

$$R = \sqrt{\frac{P}{nq}}$$

q - тиск у пневматичних шинах;

$$l = \sqrt[4]{\frac{B}{bc}} .$$

Розрахунковий коефіцієнт постелі ґрунтової основи, обумовлений за результатами польових іспитів ґрунтів чи по таблицях у порядку, викладеному вище; b - розрахункова ширина перетину; Y - твердість перетинів плит покриття.

Згинальний момент у розрахунковому перетині від дії колеса, розташованого за межами цього перетину, визначаються по формулі:

$$M_{x(y)}^i = \bar{M}_{x(y)}^i P ,$$

де $\bar{M}_{x(y)}^i$ - одиничний згинальний момент, обумовлений по таблицях у залежності від приведених відстаней від центра відбитка колеса до розрахункового перетину:

$$\xi = \frac{x}{l} ; \quad \eta = \frac{y}{l} .$$

При визначенні розрахункового згинаючого моменту виключаються ряди коліс, що дають у сумі негативне значення моменту в розрахунковому перетині.

Прогин покриття в крапці під центром відбитка шини колеса знаходиться по формулі:

$$\omega^n = \omega_1 + \sum_{i=2}^{i=N_K} \omega_i ,$$

де ω^n - прогин у крапці під центром відбитка шини колеса від

дії всіх коліс опори; ω_1 - прогин у крапці від дії колеса, центр відбитка якого збігається з розрахунковим перетином; ω_i - прогини в зазначеній крапка від дії інших коліс опори.

Прогин покриття від дії колеса, центр відбитка якого збігається з розрахунковим перетином, визначають по формулі:

$$\omega_1 = \frac{q}{c} g(\alpha) ,$$

де q і c - те ж, що й у формулах (2.6) і (2.7); $g(\alpha)$ - функція, обумовлена по таблицях у залежності від приведенного радіуса навантаження

$$\alpha = \frac{R}{l}$$

Прогин у розрахунковому перетині від дії колеса, розташованого за межами цього перетину

$$\omega_i = \frac{P}{4l^2c} f_0(\xi) ,$$

де P , l , c - функція, обумовлена по таблицях у залежності від приведеної відстані $\xi = \frac{r_i}{l}$

Враховуючи труднощі врахування дійсної піддатливості різного типу з'єднань плит, викликані наявністю зазору і люфтів, розрахункова величина моменту чи прогину для всіх типів з'єднань приймається однаковою. Для визначення розрахункових значень згинальних моментів у різних зонах плит використовують перехідний коефіцієнт p , що характеризує відношення максимального згинаючого моменту в різних крапках плити (край, кут і т.д.) до максимального згинального моменту при центральному розташуванні навантаження.

8.4. Розрахунок одношарового бетонного покриття

1. Для розрахункового типу автотехніки призначаємо значення навантаження $F_n = 621,0$ кН.

2. Визначаємо розрахункове навантаження F_d на колесо основної опори машини і радіус кола R_c , рівновеликого площі відбитка пневматика колеса на

покритті:

$$F_d = \frac{F_n}{N_k} \cdot K_d \cdot \gamma_f = \frac{621,0}{4} \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 194,0 \text{ кН}$$

$$R_e = \sqrt{\frac{F_d}{\pi \cdot p_a}} = \sqrt{\frac{194,7 \cdot 10^3}{3,1416 \cdot 1,12}} = 0,23 \text{ м.}$$

Передбачаємо використання для шару покриття бетону проектних класів з розрахунковими характеристиками $R_{btb} = 4,10$ МПа, $E_b = 35300$ МПа. Штучна підстава складається з піску товщиною 20 см.

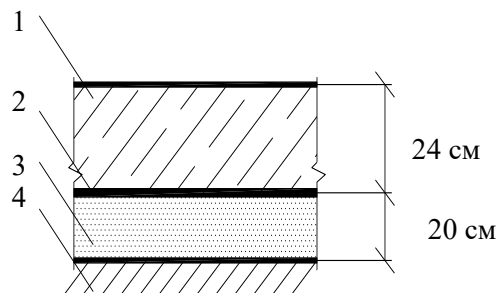


Рис. 8.1. Конструкція одношарового бетонного покриття: 1 - бетон шару проектних класів С40/45; 2 – розділовий прошарок; 3 – пісок великий; 4 - ґрунт природної основи. Розрахункова модель конструкції покриття – одношарове бетонне покриття.

Визначаємо глибину стисливої товщі ґрунтової основи $H_c = 6,0$ м. У межах цієї товщі ґрунтова основа складена із суглинку, для якої знаходимо розрахункове значення:

$$K_s = 100 \text{ МН/м}^3.$$

5. Визначаємо значення α і K_{se} :

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot (1,6 \cdot 3,2 - 0,20)^2}{0,20 \cdot (1,6 \cdot 3,2 - 0,5 \cdot 0,20)} = 12,05 ;$$

$$K_{se} = \frac{130 + 100 \cdot 12,05}{1 + 12,05} = 102,3 \text{ МН/м}^3.$$

6. Визначаємо значення твердості перетину шару:

$$B_{\text{sup}} = 0,085 \cdot E_b \cdot t^3 = 0,085 \cdot 3,53 \cdot 10^4 \cdot 0,24^3 = 8,17 \cdot 10^4 \text{ кН} \cdot \text{м}^2/\text{м},$$

7. Пружна характеристика плити:

$$\ell = \left(\frac{B}{K_{se}} \right)^{0,25} = \left(\frac{8,17 \cdot 1000000}{102,0 \cdot 1000000} \right)^{0,25} = 0,80 \text{ м};$$

З визначаємо значення, $f(\alpha)$, Y_i/l , X_i/l , m_{xi} , m_{yi} :

Колесо	R_c/l	$f(\alpha)$	Y_i/l	X_i/l	m_{xi}	m_{yi}
1	0,23	0,1944	0	0	-	-
2	-	-	0,93	0	0,0032	0,0596
3	-	-	0,93	1,23	0,0088	-0,0034
4	-	-	0	1,23	0,0194	-0,0121

Відповідно при визначенні $m_{c,\text{max}}$ не враховуються від'ємні значення m_{xi} і m_{yi} .

$$m_{xi} = (0,1944 + 0,0032 + 0,0088 + 0,0194) \cdot 163,7 = 35,47 \text{ кН} \cdot \text{м}/\text{м}$$

$$m_{yi} = (0,1944 + 0,0596) \cdot 163,7 = 39,90 \text{ кН} \cdot \text{м}/\text{м}$$

9. Приймаємо значення $m_{c,\text{max}} = m_{xi} = 39,90 \text{ кН} \cdot \text{м}/\text{м}$.

10. Визначаємо розрахунковий згинальний момент у шарі одношарового покриття, де передбачається пристрій у плитах стикових з'єднань чи крайового армування прийнявши $m_{c,\text{max}} = 39,90 \text{ кН} \cdot \text{м}/\text{м}$:

$$m_d = k \cdot k_n \cdot k_{x(y)} \cdot m_{c,\text{max}} = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 39,90 = 26,58 \text{ кН} \cdot \text{м}/\text{м};$$

де: $k_1 = 1,2$ - коефіцієнт, прийнятий у шарі одношарового покриття стикових з'єднань і крайового армування.

Визначимо значення граничного згинаючого моменту, знайшовши попереднє значення коефіцієнта k_u .

Для визначення значення k_u заповнимо таблицю:

№ п/п	Найменування величин	Тип великогабаритної техніки		
		1	2	3
1	Число додатків навантаження від опори Техніки за проектний термін служби покриття (20 років) U_1	$3,6 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^5$
2	Центральні моменти від навантажень, m_{cd} і m_{c1} , $\text{кН} \cdot \text{м}/\text{м}$	52,67	45,67	21,13
3	Відношення m_{cd} і m_{c1}	1	0,76	0,35

4	Еквівалентне число додатків навантаження від опори і-го техніки, приведеного від опори розрахункового літака U_{ei}	$3,6 \cdot 10^5$	-	-
5	Розрахункове число додатків навантаження U_d	$3,6 \cdot 10^5$		

Для знайденого значення $U_d = 3,6 \cdot 10^5$ значення $k_u = 1,16$.

Визначимо значення згинальних моментів m_u .

$$m_u = \gamma_c \cdot R_{btb} \cdot \frac{t^2}{6} \cdot k_u = 0,9 \cdot 4,10 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,24^2}{6} \cdot 1,16 = 20,51 \text{ кН}\cdot\text{м/м};$$

11. Перевіримо міцність шару покриття:

$$m_d = 26,58 \text{ кН}\cdot\text{м/м} < m_u = 20,51 \text{ кН}\cdot\text{м/м}$$

Отже, прийнята конструкція одношарового покриття не задовольняє умовам міцності.

8.5. Розрахунок твердих покриттів методом скінченних елементів

Як математичну модель для розрахунку ангарного покриття прийняті рівняння теорії пружності. Задача вирішується чисельно методом кінцевих елементів (МКЕ). Такий підхід дозволяє оцінити напружено-деформований стан конструкції покриття і основи і, у разі потреби, реалізувати однобічні зв'язки між шарами і нелінійні моделі поведінки матеріалів.

Істотною особливістю розглянутої задачі є несприятливе (для чисельного рішення по МКЕ) співвідношення розмірів плит покриття і твердістю конструктивних матеріалів. Для рішення задачі розроблена спеціалізована методика. В основу методики закладений принцип Сен-Венана, відповідно до якого область високих градієнтів напружень концентрується в околиці зони навантаження. Це дозволяє утримувати в розрахунковій схемі тільки якусь (у плані) частину аеродромного покриття й обмежений по товщині шар ґрунтової основи. Другим основним положенням, використаним при розробці методики, є відома диференціальна залежність між деформаціями і переміщеннями. Функції переміщень можуть бути отримані інтегруванням деформацій. Оскільки операція інтегрування має згладжувальний ефект, поля переміщень у чисельному аналізі менш чуттєві до огрубіння розрахункової схеми, чим поля деформацій і відповідні їм поля напруг. Тому вважається, що переміщення на достатнім видаленні від області високих градієнтів напруг (зони прикладення

навантаження), визначаються з задовільним ступенем точності по грубій розрахунковій схемі. На основі приведених основних положень будується методика послідовного уточнення розрахункової схеми. У першому наближенні розглядається область із границями, досить вилученими від зони додатка навантаження. Відстань до границі вибирається так, щоб граничні умови практично не впливали на напружений стан поблизу зони напруження. За результатами розрахунку будується нова границя області дослідження меншого об'єму. При цьому потрібно, щоб градієнти переміщень уздовж границі і відношення напруг по низу основи до допустимих для даного матеріалу, були досить малі. Далі розглядається виділена область зі згущеною розбивкою, по границі задаються отримані раніше переміщення. При цьому ідентичність розрахункових схем контролюється по напругах. Такий підхід дозволяє при обмежених ресурсах ЕОМ вірогідно визначити напруги в області їхніх високих градієнтів. Методика реалізації першого етапу використовує припущення про лінійність деформацій матеріалів основи і покриття. Крім того, вважається, що границя плити досить віддалена і спосіб закріплення не відбивається на картині ПДВ в околиці навантаження. Задача зважується в осесиметричній постановці при навантаженні, що приходить на одне колесо опори. Остаточні результати виходять суперпозицією чотирьох рішень, виконаної у відповідності зі схемою розташування коліс на опорі.

У розрахунковій схемі для визначення загального напружено-деформованого стану задаються дискретні (із заданого діапазону) значення товщин шарів посилення і модуля пружності основи. В уточненій розрахунковій схемі розміри області дослідження в плані зменшуються в 2 рази. Отримані по уточненій розрахунковій схемі результати використовуються як вихідні дані для суперпозиції рішень і формування остаточного результату.

Для розрахунку конструкцій покриттів підлог щонайкраще підходить метод кінцевих елементів (МКЕ), що одержав широке поширення в різних розробках програм для ЕОМ. Деякі з таких програм стандартизовані і використовуються в проектних і науково-дослідних організаціях у якості основних розрахункових засобів будівельних конструкцій.

Програма аналізу кінцевих елементів, здатна виконувати аналіз плоских

і просторових елементів конструкцій різного ступеня статичної невизначеності і сполучень навантажень. З цією метою розроблена і пропонується велика бібліотека кінцевих елементів (КЕ), що дозволяють вирішити конкретну задачу з максимальною ефективністю.

Модуль попередньої обробки може бути також використаний або в інтерактивному режимі, або в режимі пакетної обробки для розробки моделі КЕ, виконання операцій по перевірці даних і надає вихідні результати для виконання фази дійсного аналізу. Велика довідкова інформація з аспектів формалізації задачі вбудована на кожному рівні програми.

Програма має інтерфейс із програмою графічної обробки інформації AutoCAD, що може бути використана для виконання фази попередньої обробки вихідних даних до переходу до аналізу КЕ. Аналогічно, розрахункові результати роботи програми можуть бути трансформовані до формату, що може бути використаний при наступній обробці значень у програмному середовищі AutoCAD. Для оцінки моделі конструкції підлогового покриття й аналізу заключної обробки може бути використаний графічний модуль, що дозволяє одержати представлення кольорових графіків навантаження, контурних графіків температури, зображення деформованого стану й отриманих значень напруг.

8.6. Вихідні дані для рішення задачі

Побудова епюр згинальних моментів у верхньому і нижньому шарах твердого двошарового покриття підлоги при наступних вихідних даних:

1. Штучне покриття - бетон, $h=24$, $E=35300$ Мпа.
2. Штучне покриття з грубозернистого піску, $h=20$, $E=130$ Мпа.
3. Природна основа:
 - суглинок, $h=256$, $E=8,0$ Мпа;
 - супісь, $h=300$, $E=14,0$ Мпа.

Нормативне навантаження: $F_n = 621$ Кн,

Число колес: $N = 4$, тиск повітря в пневматиках: $p = 1,0$ Мпа.

Отримані епюри порівнюються з епюрами згинальних моментів у тих же розрахункових перетинах, побудованими за методикою розрахунку твердих покриттів.

8.7.Результати розрахунків

Для обробки отриманих вихідних даних, розрахункових операцій і видачі результатів роботи програмним комплексом автоматично створюється системна база даних, у якій у виді конкретної кількості файлів визначених форматів і розмірів. Розміри найбільш істотних файлів залежать прямо від складності розв'язуваної задачі, точності передбачуваного рішення, особливостей моделювання конструктивних шарів покриття. Для перегляду результатів розрахунку використовується графічний постпроцесор, що дозволяє одержати візуалізовані результати. Разом з тим, передбачений вихідний формат файлу з результатами розрахунків, у якому інформація представляється в табличній формі з представленням у виді цифр, згрупованих по характерних ознаках.

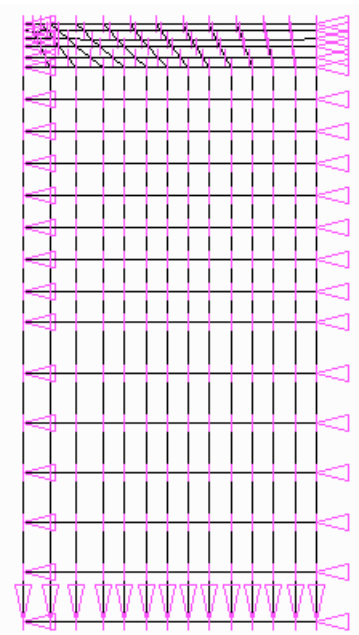


Рис. 8.2. Розрахункова модель

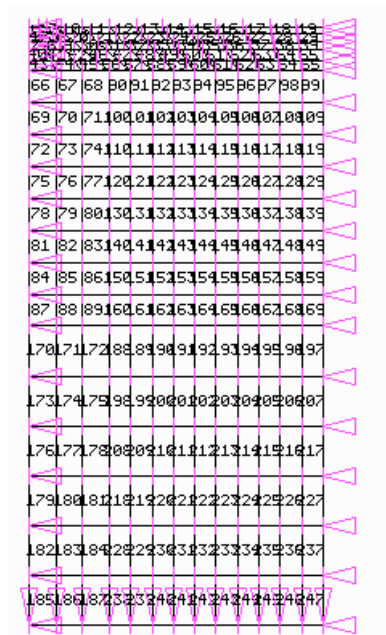


Рис. 8.3. Нумерація кінцевих елементів

1	2	3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
4	5	6	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
7	8	9	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
43	44	45	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
66	67	68	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
69	70	71	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
72	73	74	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
75	76	77	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
78	79	80	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139

1	2	3	4	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5	6	7	8	27	28	29	30	31	32	33	34	35
9	10	11	12	37	38	39	40	41	42	43	44	45
13	14	15	16	47	48	49	50	51	52	53	54	55
57	58	59	60	65	66	67	68	69	70	71	72	73
61	62	63	64	75	76	77	78	79	80	81	82	83
85	86	87	88	117	118	119	120	121	122	123	124	125
89	90	91	92	127	128	129	130	131	132	133	134	135
93	94	95	96	137	138	139	140	141	142	143	144	145
97	98	99	100	147	148	149	150	151	152	153	154	155

Рис. 8.4. Фрагмент нумерації KE

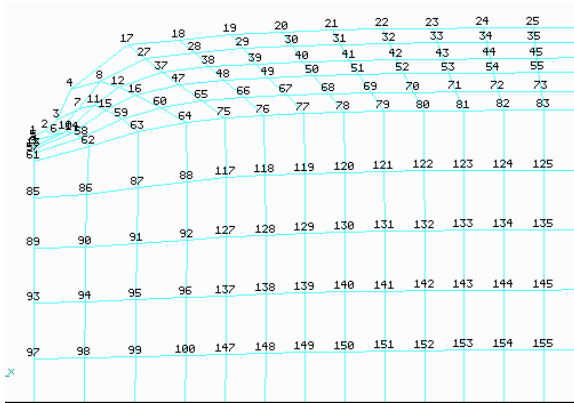


Рис. 8.5. Фрагмент нумерації вузлів KE

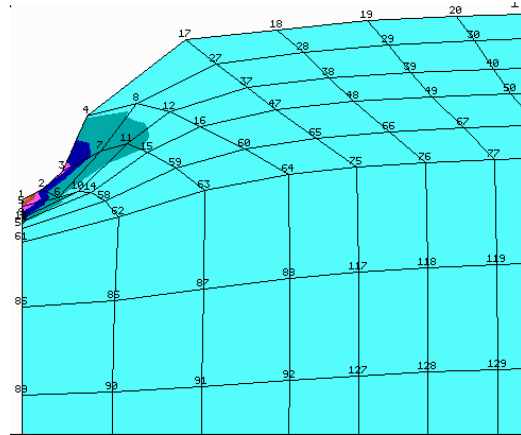


Рис. 8.6. Фрагмент деформованої схеми

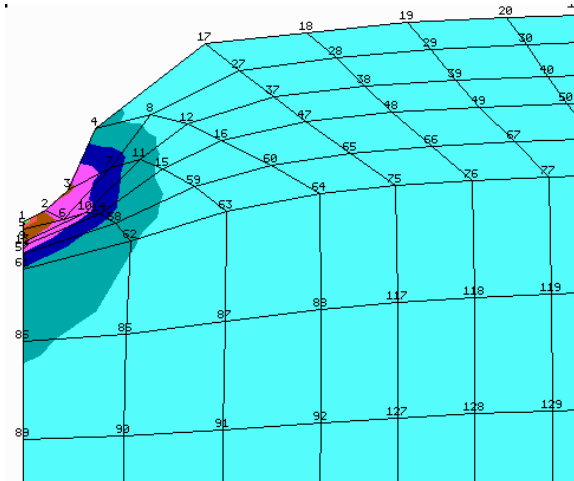


Рис. 8.7. Нормальні напруження по вісі X

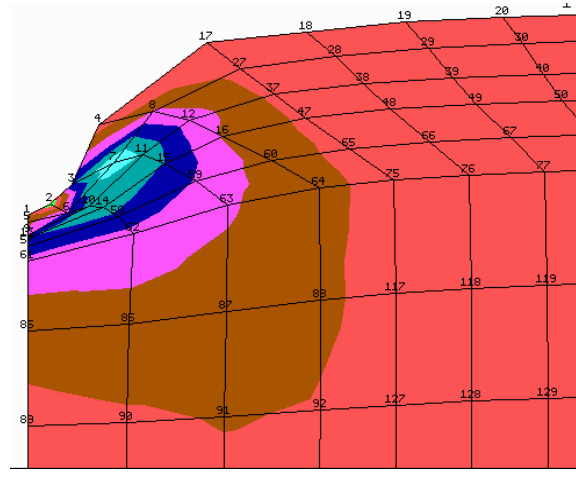


Рис. 8.8. Нормальні напруження по вісі Y

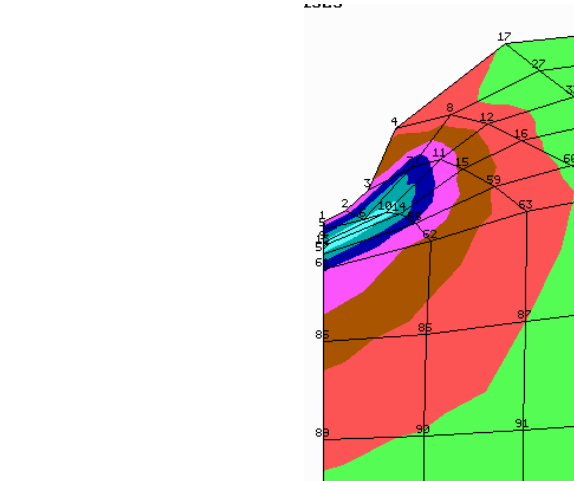


Рис.8.9. Дотичні напруження в площині X-Y

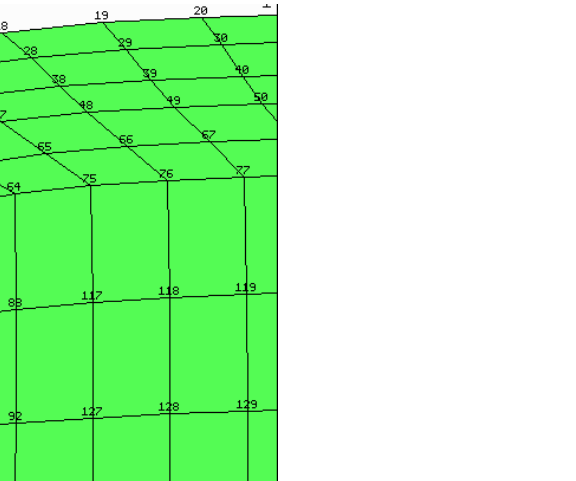
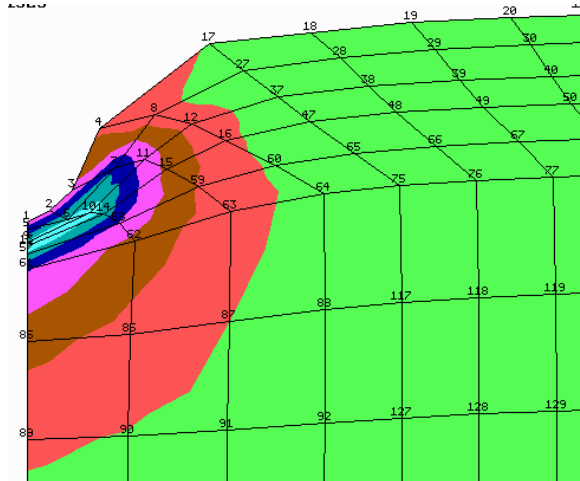


Рис.8.10. Напруження



ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПІДРАХУНКУ

Згинальні моменти	Розрахунки		%
	нормативний	чисельний	
$M_x, \text{кН}\cdot\text{м/м}$	21,58	19,11	11,45
$M_y, \text{кН}\cdot\text{м/м}$	20,72	18,58	10,33

Висновки:

Проведений аналіз результатів розрахунків конструкції підлоги ангару:

1. Принципово можливо реалізовувати можливість розрахунку конструкцій покриттів чисельними методами.

2. Математична модель конструкції бетонного покриття при розрахунку чисельними методами дозволяє досить точно описати багатошарову конструкцію для проведення аналізу.

3. Результати розрахунку конструкції одношарового бетонного покриття показали принципово однаковий характер роботи конструкції, що ще раз дозволяє укласти можливість використання чисельного моделювання.

Результати розрахунку конструкції одношарового бетонного покриття підлоги ангару по нормативних методиках, незважаючи на використання коефіцієнтів надійності, спотворюють кількісну картину розподілу напруг і переміщень, особливо в місцях додатка навантаження.

Отримані в результаті досліджень, результати оформлені у вигляді графічних залежностей, що представлені на листі графічного матеріалу.

9. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гетун Г.В. Основи проектування промислових будівель : Навчальний посібник для студентів будівельних та інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів. – К. : Конкор, 2003. – 210 с.
2. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну / [Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін.]. – К. : Толока, 2017. – 627 с.
3. Сучасні технології в будівництві: Підручник /О.І. Менеїлюк, В.С. Дорофеев, Л.Е. Лукашенко та інш. / За ред. О.І. Менеїлюка. – К.: Освіта України, 2010. – 550с.
4. Технологія будівельного виробництва. Підручник/ В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко, Г.М. Батура та ін.; За ред. В.К. Черненка, М.Г. Ярмоленка. – К.: Вища шк., 2002. – 430 с.
5. Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В., Білик С.І., Лавріненко Л.І., Белов І.Д., Володимирський В.О. Металеві конструкції: Загальний курс: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання 2-е, перероблене і доповнене / Під загальною редакцією О.О.Нілова та О.В.Шимановського. – К.: Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
6. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 72 с.
7. ДСТУ Б А.2.4-7:2009 «Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень». Київ: Мінрегіонбуд України, 2009 – С. 71.
8. ДСТУ Б. А. 2.4-6:2009. «Правила виконання робочої документації генеральних планів». Київ: Мінрегіонбуд України, 2009 – С. 33.
9. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014 р.
10. ДБН В.1.2.-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінбуд України, 2006 р.
11. ДБН В.1.2-14-2008. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ :–

К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів).

12. ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти будинків і споруд. Основні положення проектування». Київ: Мінрегіонбуд України, 2009 р.

13. ДБН В.1.2-9- 2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації: К. : Мінрегіонбуд України, 2008.

14. ДБН В.1.2-6-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість : – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України).

15. ДБН В.25-56:2014. Системи протипожежного захисту :– К. : Держбуд України, 2014. – 127 с. – (Державні будівельні норми України).

16. ДБН А.3.1-7-96.Управління, організація і технологія. Виробництво бетонних і залізобетонних виробів. Київ: країни, 1997

17. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Київ: ДЕРЖПОЖБЕЗПЕКИ МНС УКРАЇНИ, 2007 – С.25.

18. ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу : – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 220 с.

19. ДСТУ Б. 2.6-92:2009. Конструкції будівель та споруд. Конструкції сталеві. Номенклатура показників. : – К. : Мінрегіонбуд України, 2009.

20. ДСТУ Б.Д.1.1–1:2013. Правила визначення вартості будівництва : – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 88 с. – (Національний стандарт України).

21. ДБН А.3.1-5-96. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ-НОГО ВИРОБНИЦТВА. Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1996 – 66 С.

22. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ: Міністерство регіонального розвитку, житлово-комунального господарства України, 2017 – С.41.

23. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. К.: Мінбуд України. 2009. – 44 с.

24. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016 р.
25. ДСТУ Б.В.2.6–156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
26. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010р
27. Бакулін Є.А. Визначення параметрів напружено-деформованого стану споруди башти силосу та її конструктивних елементів за наслідками руйнування / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна // *Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention : collective monograph.* – Riga : Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2022. – Р. 1–43.
28. Бакулін Є.А. Результати аналізу причин руйнування сталевих ферм покриття конверторного цеху / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, Є.А. Дмитренко, В.М. Бакуліна // *Збірник тез доповідей 9-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (17–19 листопада, 2021 р., м. Харків).* – Харків, УкрДУЗТ, 2021. – С. 87–88.
29. Бакулін Є.А. Деформації як індикатори небезпек та ризику руйнування експлуатованих будівель /Є.А. Бакулін // *Будівництво України.* – 2013. – №5. – С. 2– 5.
30. Dmytrenko, Y., Usenko, M., Yakovenko, I. (2024). Collisions of Strength Determination Modeling for Eccentrically Compressed Reinforced Concrete Constructions with Small Eccentricities by Normal Sections in Lira-FEM Software. In: Blikharskyu, Z., Zhelykh, V. (eds) *Proceedings of EcoComfort 2024. EcoComfort 2024. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 604.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8_5 **Scopus**
31. Dmytrenko E.A., Yakovenko I.A., Fesenko O.A. (2021). Strength of excentrically tensioned reinforced concrete structures with small eccentricities by normal sections // *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences* (2021), 30 (3), 424–438. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2021.30.3.36> **Scopus**

32. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020) Classification methods of civil buildings reconstruction // Theoretical and scientific foundations of engineering : collective monograph / Apostolova R., Shembel E., Aurbach D., Markovsky B., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2020. 180 p., pp. 70–96. Available at : DOI : 10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II URL: <http://isg-konf.com>.

33. 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 (Scopus)

34. Dmytrenko Ye. A., Genzerskiy Yu. V., Yakovenko I.A., Bakulin Ye.A. (2023) Strength Calculation of Normal Cross-Sections of Reinforced Concrete Structures at Flat Bending by the Wood-Armer Method in SP "LIRA SAPR". In: Awrejcewicz J., Danishevskyy Vl., Markert B., Novomlynets O., Savytskyi M., Tereshchuk O., Unčik St. (eds) XIX International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture». AIP Conference Proceedings. 2678, 020006. – 2023. – Issue 1. – 9 p. <https://doi.org/10.1063/5.0118680> (Scopus)

35. Дмитренко Є. А. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів згинальних залізобетонних конструкцій за методом Вуда в ПК «ЛІРА САПР» / Є.А. Дмитренко, Ю.В. Гензерський, І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Український журнал будівництва та архітектури : науково-практичний журнал. – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2021. – № 5 (005). – С. 41–49. <http://uajcea.pgasa.dp.ua/issue/view/15004>

36. Бакулін Є.А. Чисельне моделювання посилення сталевого підземного циліндричного резервуару / Є.А. Бакулін, М.В. Усенко, В.М. Бакуліна // Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини. – 2024. – Вип. № 28. – С. 63–74. <https://doi.org/10.31650/2707-3068-2024-28-63-74>

37. Ключев В.В. Сучасні методи ідентифікації небезпек руйнування будівель, споруд та конструкцій у реальних умовах експлуатації / В.В. Ключев,

Є.А. Бакулін // Будівельні конструкції. Теорія і практика. – 2024. – № 15. – С. 86–96. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.15.2024.86-96>

38. Русецька М.В. Базальтовий утеплювач – природній «зелений матеріал» для сучасних конструкцій / М.В. Русецька, Є.А. Бакулін // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – 2024. – № 22. – С. 5–15. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-12\(22\)-01](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-12(22)-01)

39. Ключев В.В. Методи 3D-сканування із використанням безпілотних літальних апаратів для оцінки технічного стану будівель та споруд / В.В. Ключев, Є.А. Бакулін // Наука та будівництво. – 2024. – № 42(4). – С. 60–66. <https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2024-7>

40. Русецька М.В. Сендвіч-панелі з базальтовим, мінераловатним і пінополістирольним утеплювачем: порівняльний аналіз властивостей на основі експериментальних досліджень / М.В. Русецька, Є.А. Бакулін // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – 2025. – № 23. – С. 240–249. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-21](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-21)

41. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель : ДБН В.2.6–31:2021. – [Чинний від 2022-09-01]. – К. : Мінрегіон України, 2022. – 23 с.

42. Бакулін Є.А. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Проектування одноповерхової промислової каркасної будівлі із збірних залізобетонних елементів» з дисципліни «Архітектура будівель і споруд» для студентів за напрямом підготовки 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Розрахунок будівельних конструкцій на міцність, жорсткість та вогнестійкість» / Є.А. Бакулін, Н.О. Костира, В.М. Бакуліна. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2022. – 83 с.

43. Бакулін Є.А. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навчальний посібник / Є. А. Бакулін, В. М. Бакуліна, Н. О. Костира. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2024. – 264 с. <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201>

44. Bakulin Y.A. Engineering protection and prepatation of territories : study guide; under the editorship of cand tech. science Ye.A. Bakulin / Ye.A. Bakulin, I.A. Yakovenko, V.M. Bakulina. – Kyiv : NULES of Ukraine, 2022. – 205 p.

45. Бабич Є.М. Розрахунок і конструювання залізобетонних балок :

навчальний посібник / Є. М. Бабич, В. Є. Бабич. – 2-ге видання, перероблене і доповнене. – Рівне : НУВГП, 2017. – 191 с.

46. Баженов В.А. Варіаційні принципи будівельної механіки. Нариси з історії. / В.А. Баженов, А.В. Перельмутер, Ю.В. Ворона, В.В. Отрашевська. – К. : Каравела, 2018. – 924 с.

47. Баженов В. А. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології: підручник / В.А. Баженов, А.В. Перельмутер, О.В. Шишов. – К. : Каравела, 2009. – 696 с.

48. Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну. К.: Толока, 2017. 627 с.

49. Бамбура А.М. Проектування залізобетонних конструкцій : посібник / А.М. Бамбура, І.Р. Сазонова, О.В. Дорогова, О.В. Войцехівський; за ред. А.М. Бамбури. – К. : Майстер книг, 2018. – 240 с.

50. Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство: підручник / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський. – К. : Ліра-К, 2019. – 624 с.

51. Трач В.М. Опір матеріалів (спеціальний курс): теорія пружності та пластичності : навчальний посібник / В.М. Трач, А.В. Подворний. – К. : Каравела, 2018. – 434 с.

52. Парфентьева І.О. Основи та фундаменти : навчальний посібник для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / І.О. Парфентьева, О.В. Верешко, Д.А. Гусачук. – Луцьк : ЛНТУ, 2017. – 296с.

53. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції : будівлі, споруди та їх частини: підручник. – Полтава : ТОВ «АСМІ», 2017. – 284 с.