

Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра "Будівельні, дорожні машини і будівництво"

Допустити до захисту

зав. кафедрою БДМБ

канд. техн. наук, професор

Настоящий В.А.

" ____ " _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**«Дослідження та впровадження вдосконаленої системи захисту
від небезпечних факторів в процесі
проекткування заводу хімічної галузі»**

ДСЗЗХ 2319202 А

Альбом документів

Керівник магістерської роботи

канд. техн. наук, доцент

Лізунков О.В.

" ____ " _____ 2023 р.

Виконала студентка гр. БІ-23Мз

спеціальності

192 Будівництво та цивільна інженерія

Василенко А.С.

" ____ " _____ 2023 р.

Кропивницький - 2024рік

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення ЦЗДО

Кафедра, циклова комісія будівельні, дорожні машини і будівництво

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БДМБ
к.т.н. проф. Настоящий В.А.

“ _____ ” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
на кваліфікаційну магістерську роботу

Василенко Анастасія Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження та впровадження вдосконаленої системи захисту від небезпечних факторів в процесі проектування заводу хімічної галузі

керівник проекту (роботи) канд. техн. наук, доцент Лізунков О.В. ,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ _____ ” _____ 2024 року
№ _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 20.12.202 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): план цеху хімічної галузі, інженерно-геологічні умови будівництва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Завдання. Анотація Зміст Вступ

1. Науково-дослідний розділ. Висновки 2. Охорона праці. Список літературних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Не менше 10 аркушів графічного матеріалу

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------------------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Науково-дослідний розділ</i> | <i>доцент Лізунков О.В.</i> | | |
| <i>Охорона праці</i> | <i>доцент Лізунков О.В.</i> | | |

7. Дата видачі завдання

09. 09. 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| /п | Назва етапів кваліфікаційної магістрської роботи | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|----|--|---|----------|
| | <i>Виконання науково-дослідного розділу</i> | <i>10. 09 – 10. 11.24</i> | |
| | <i>Розробка заходів з охорони праці</i> | <i>10. 11 – 25. 11.24</i> | |
| | <i>Оформлення альбому документів</i> | <i>25. 11 – 25. 12.24</i> | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студентка

(підпис)

Василенко А.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Лізунков О.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню питання вдосконалення захисту від впливу небезпечних факторів на етапі розробки проекту цеху хімічної промисловості.

На сучасному етапі, враховучи активне бомбардування агресором міст України актуальним є питання захисту технологічних ліній та ємностей хімічних речовин від проникнення в оточуюче середовище внаслідку пошкодження або руйнування огорожуючих конструкцій будівлі.

Одним з небезпечних чинників, які виникають внаслідок вибуху вибухових речовин бомб або снарядів, є потужна вибухова хвиля, яка створює великі повітряні навантаження на огорожуючі конструкції будівлі. У випадку, якщо ці конструкції витримують такі навантаження, ймовірність пошкодження технологічних ліній та ємностей, у яких зберігаються хімічні речовини значно зменшуються, що запобігає виникненню технологічних катастроф на прилежних територіях.

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження ймовірних величин атмосферних та аварійних навантажень на огорожуючі конструкції цеху та на перекриття будівлі.

На основі результатів досліджень, виконано розрахунки, що підтверджують стійкість будівлі у випадку дії небезпечних факторів та рекомендації, щодо врахування аналогічних впливів під час проектування будівель, що відносяться до такої категорії безпеки.

Розроблено методику розрахунку з врахуванням додаткового коефіцієнта запасу надійності.

Розроблено елементи проектування будівельних процесів та будівельного плану на етапі виконання робіт по зведенню огорожуючих конструкцій.

SUMMARY

The qualification work is devoted to the study of the issue of improving protection against the influence of dangerous factors at the stage of project development of the chemical industry workshop.

At the current stage, taking into account the active bombing of the cities of Ukraine by the aggressor, the issue of protection of technological lines and containers of chemical substances from penetration into the environment as a result of damage or destruction of the enclosing constructions of the building is urgent.

One of the dangerous factors that arise as a result of the explosion of explosives from bombs or shells is a powerful blast wave that destroys large air loads and the enclosing structures of the building. If these structures withstand such loads, the probability of damage to technological lines and containers in which chemical substances are stored is significantly reduced, which prevents the occurrence of technological disasters in the surrounding areas.

In the qualification work, a study of the probable values of atmospheric and emergency loads on the enclosing constructions of the shop and on the building ceiling was carried out.

Based on the results of the research, calculations were made that confirm the stability of the building in the event of the action of dangerous factors and recommendations to take into account similar influences during the design of buildings belonging to this category of danger.

A method of calculation has been developed, taking into account the additional coefficient of the reliability margin.

A method of calculation has been developed, taking into account the additional coefficient of the reliability margin.

The design elements of construction processes and the construction plan at the stage of construction of enclosing structures have been developed.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 1 |
| 1. ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ БУДІВЛІ..... | 2 |
| 1.1 Аналіз генерального плану об'єкта будівництва..... | 2 |
| 1.2 Аналіз конструктивних рішень будівлі..... | 6 |
| 1.3 Розрахунок будівельних конструкцій | 18 |
| 1.4 Дослідження інженерного-геологічних умов..... | 45 |
| 1.4.1 Технологічна карта експертного обстеження будівлі..... | 45 |
| 1.4.2 Аналіз інженерно-геологічних умов..... | 47 |
| 1.4.3 Дослідження руйнуючих факторів, що діють на будівлю..... | 49 |
| 1.4.4 Розробка технологічної карти обстеження будівлі..... | 51 |
| 1.5 Висновки та рекомендації..... | 54 |
| 2. ОХОРОНА ПРАЦІ | 55 |
| 2.1 Заходи зохорони праці на етапі розробки технологічних карт..... | 55 |
| 2.2 Заходи зохорони праці на етапі розробки календарного плану..... | 57 |
| 2.3 Питання охорони довкілля..... | 61 |
| ЛІТЕРАТУРА..... | 62 |
| ДОДАТКИ..... | 64 |

ВСТУП

Головною задачею забезпечення безпеки роботи підприємств, які відносять до категорії особливо небезпечних з точки зору впливу як на оточуюче середовище, так і на людину, є врахування на етапі проекту будівництва небезпечних факторів, що можуть виникати як під час технологічного циклу, так і під час техногенних, непередбачуваних ситуацій.

Вроховуючи військові дії. Що проходять на території України, і як наслідок дію вибухових хвиль, що мають руйнуючий характер, стійкість огорожуючих будівельних конструкцій до впливу руйнуючих навантажень, і за рахунок цього забезпечення герметичності емностей з хімічними речовинами, які знаходяться всередині будівель цехів, є актуальним завданням.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є аналіз навантажень на огорожуючі конструкції та перекриття будівлі цеху хімічного підприємства з метою розробки рекомендацій щодо розрахунків стійкості будівлі та проектування її несучих конструкцій.

Об'єктом дослідження є інженерно-геологічні умови будівництва та максимально можливі від дії вибухових хвиль на огорожуючі конструкції промислової будівлі.

З метою вирішення поставлених досліднику завдань та для досягнення поставленої мети було використано існуючі сучасні методики розрахунків будівельної механіки твердого деформованого тіла, методи статистичної обробки отриманої інформації.

Практична значущість проведених досліджень кваліфікаційній роботі полягає в тому, що отримані в результаті дослідження результати рекомендується для використання при проектуванні та зведенні об'єктів, що відносяться до категорії особливо небезпечних, з точки зору впливу на оточуюче середовище та людину.

Структура кваліфікаційної магістерської роботи включає в себе завдання, анотацію, вступ, розділи, загальні висновки та рекомендації, літературні джерела.

В магістерській кваліфікаційній роботі спроектовано будівлю, з розмірами в плані 30 x 48 метри в крайніх вісях. Цех розміщується в окремо розташованій будівлі в районі існуючого підприємства на місці градирні, що демонтується. Цех призначено для збирання суспензії двоокису титану. Передбачено установку 6 відстійників робочою ємністю 260 м³ кожний. Очищення розчину титаносульфату від шламу здійснюється способом відстоювання, що є найбільш розповсюдженим у світовій практиці і найбільш економічним, що скорочує витрати електроенергії і зменшує витрати на заміну дорогого фільтрованого устаткування.

Головною задачею забезпечення безпеки роботи підприємств, які відносять до категорії особливо небезпечних з точки зору впливу як на оточуюче середовище, так і на людину, є врахування на етапі проекту будівництва небезпечних факторів, що можуть виникати як під час технологічного циклу, так і під час техногенних, непередбачуваних ситуацій.

Вроховуючи військові дії. Що проходять на території України, і як наслідок дію вибухових хвиль, що мають руйнуючий характер, стійкість огорожуючих будівельних конструкцій до впливу руйнуючих навантажень, і за рахунок цього забезпечення герметичності ємностей з хімічними речовинами, які знаходяться всередині будівель цехів, є актуальним завданням.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є аналіз навантажень на огорожуючі конструкції та перекриття будівлі цеху

хімічного підприємства з метою розробки рекомендацій щодо розрахунків стійкості будівлі та проектування її несучих конструкцій.

Об'єктом дослідження є інженерно-геологічні умови будівництва та максимально можливі від дії вибухових хвиль на орогоджуючі конструкції промислової будівлі.

З метою вирішення поставлених досліднику завдань та для досягнення поставленої мети було використано існуючі сучасні методики розрахунків будівельної механіки твердого деформованого тіла, методи статистичної обробки отриманої інформації.

Практична значущість проведених досліджень кваліфікаційній роботі полягає в тому, що отримані в результаті дослідження результати рекомендується для використання при проектуванні та зведенні об'єктів, що відносяться до категорії особливо небезпечних, з точки зору впливу на оточуюче середовище та людину.

Структура кваліфікаційної магістерської роботи включає в себе завдання, анотацію, вступ, розділи, загальні висновки та рекомендації, літературні джерела.

В магістерській кваліфікаційній роботі спроектовано будівлю, з розмірами в плані 30 x 48 метри в крайніх вісях. Цех розміщується в окремо розташованій будівлі в районі існуючого підприємства на місці градирні, що демонтується. Цех призначено для збирання суспензії двоокису титану. Передбачено установку 6 відстійників робочою ємністю 260 м³ кожний. Очищення розчину титаносульфату від шламу здійснюється способом відстоювання, що є найбільш розповсюдженим у світовій практиці і найбільш економічним, що скорочує витрати електроенергії і зменшує витрати на заміну дорогого фільтрованого устаткування.

Проектуємий цех уявляє собою каркасну промислову будівлю.

Площадка будівництва знаходиться в Південному промвузлі м.Черкаси, Україна, у межах території діючого підприємства ВАТ «Черкасхімпром».

Площадка підприємства вилучена від селитебної території м. Черкаси на відстані 2,5 км. Доставка робітників передбачається міським пасажирським транспортом.

Відповідно до санітарної класифікації виробництв проєктоване цеху відноситься до 1 класу, розмір санітарно-захисної зони складає 1 км і не виходить за межі границі раніше встановленої санітарно- захисної зони підприємства.

В кваліфікаційній роботі спроектовано будівлю, з розмірами в плані 30 x 48 метри в крайніх вісях. Цех розміщується в окремо розташованій будівлі в районі існуючого підприємства на місці градирні, що демонтується. Цех призначено для збирання суспензії двоокису титану. Передбачено установку 6 відстійників робочою ємністю 260 м³ кожний. Очищення розчину титаносульфату від шламу здійснюється способом відстоювання, що є найбільш розповсюдженим у світовій практиці і найбільш економічним, що скорочує витрати електроенергії і зменшує витрати на заміну дорогого фільтрованого устаткування.

Проектуємий цех уявляє собою каркасну промислову будівлю.

Площадка будівництва знаходиться в Південному промвузлі м.Черкаси, Україна, у межах території діючого підприємства ВАТ «Черкасхімпром».

Площадка підприємства вилучена від селитебної території м. Черкаси на відстані 2,5 км. Доставка робітників передбачається міським пасажирським транспортом.

Відповідно до санітарної класифікації виробництв проєктоване цеху відноситься до 1 класу, розмір санітарно-захисної зони складає 1 км

і не виходить за межі границі раніше встановленої санітарно- захисної зони підприємства.

1. Дослідження впливу заводу хімічної галузі на оточуюче середовище

1.1 Дослідження технологічних процесів заводу хімічної галузі

Цех хімічного підприємства знаходиться в Південному промисловому вузлі м.Черкаси, України, у межах території діючого підприємства ВАТ «Черкаспром».

Площадка підприємства вилучена від селитебної території м. Черкаси на відстані 2,5 км. Доставка робітників передбачається міським пасажирським транспортом.

Площадка будівництва спланована, відмітки коливаються від 140,37м до 140,93м.

Глибина сезонного промерзання ґрунтів – 1,2м.

Особливих умов проектування (карстових явищ, пливунів, сейсмічності і т.д.) на площадці не відзначено.

Відповідно до санітарної класифікації виробництв проєктоване цеху відноситься до 1 класу, розмір санітарно-захисної зони складає 1 км і не виходить за межі границі раніше встановленої санітарно-захисної зони підприємства.

Проектоване відділення відстоювання розміщується в районі існуючого цеху Ті2 №2 між складом ільменіту і закритим складом сульфату заліза на території, частково зайнятою вентиляторною градирнею, інженерними мережами і ділянкою автодороги, демонтаж яких передбачається проектом підготовки території будівництва.

Проектоване відділення відстоювання призначене для очищення суспензії цеху Тi2 № 2 . Технологічний зв'язок – між ними здійснюється по існуючій і невеликій ділянці проекрованої естакади.

Після закінчення будівництва передбачається планування території і відвід поверхневих вод від будинку на дороги з твердим покриттям з подальшим випуском у мережу зливової каналізації. Вільні від забудови ділянки озеленюються посівом трав.

У проекті передбачені підземні інженерні мережі, необхідні для функціонування проектованого виробництва, електрокабель і кабель зв'язку прокладається по існуючих естакадах.

Для обслуговування проектованого виробництва передбачаються автопід'їзди наступної конструкції:

- 1) двошаровий асфальтобетон $h = 0.07$ м;
- 2) щебінь, оброблений бітумом $h = 0.08$ м;
- 3) щебінь $h = 0.15$ м;
- 4) піщаний підстилюючий прошарок $h = 0.20$ м.

Проектом передбачено:

- дослідження шкідливого впливу на оточуюче середовище хімічного підприємства;
- потокова система виробництва;
- максимально-раціональне блокування виробничих та підсобних приміщень;
- забезпечення під'їзду до всіх пунктів, вимагаючих виконання вантажно-розвантажувальних операцій на автотранспорті;

В основу рішення генерального плану прийнято дотримання вимог до проектування та експлуатації підприємств хімічної галузі, а також санітарних вимог та вимог протипожежної безпеки.

Аналіз генерального плану будівництва показав, що він включає всередині детальне зображення всіх об'єктів, що розташовані на території

будівництва, збереження всіх існуючих будівель, а також враховано всі технологічні дороги, пішохідні зони та благоустрій заводської території.

У відповідності з існуючим рельєфом та природними умовами виконано вериткальне планування території.

Задачою вертикального планування стало створення небезпечних зон та безпечного підїзду та підходу до будівлі цеху. Технологічні процеси в якому повязані з хімічним виробництвом - особливо небезпечним у звязку з впливом на оточуюче середовище та безпосередньо на працівників заводу.

Лослідження технологічних процесів заводу показало, що особливу увагу необхідно приділити відводу поверхневих вод, які у випадку надзвичайних ситуацій, таких як вилив хімічних речовин можуть стати засобом їх витікання на значні території.

Дослідження території показали, що рельєф ділянки пересічний і у даних умовах будіельного майданчика оптимальним методом відводу талих атмосферних опадів буде поверхневий відвод.

З метою зменшення об'ємів води, що відводиться, запропоновано та спроектовано поверхневу схему відводу з системою поздовжніх та поперечних ухилів території, що дозволяє розосередити потоки атмосферних опадів як у теплий, так і у холодний період року.

1.2 Аналіз об'ємно – планувальних рішень будівлі цеху

Аналіз об'ємно – планувальних рішень будівлі цеху показав, що об'єктом будівництва є одноповерхова будівля з розмірами в осях 30x48 та загальною висотою до низу конструкцій покриття, що сприймають навантаження 12 метрів. Покриття будівлі обладнано світло аераційним ліхтарем, який має ширину 6 метрів.

На випадок евакуації й обслуговування працюючих у будинку запроектовані капітальна сходові клітка і зовнішні відкриті металеві сходи, що також служить для виходу на дах.

1.3 Аналіз конструктивних рішень цеху

Аналіз конструктивних рішень показав, що основним фактором було врахування вимог комопування технологічного обладнання та техніко – економічна доцільність прийнятих в проекті конструкцій.

Несучі конструкції, огорожуючі конструкції та перекриття буділі були прийняті з можливістю максимального використання збірних залізобетонних конструкцій.

Корони цеху - збірні, залізобетонні, серії Кс – 01 – 49.

Ферми покриття – металеві, безшпренгльні ферми з поясами з сталі та металевою решіткою з прольотом 30 метрів.

Шаг ферм складає 6 метрів.

Прити – залізобетонні, збірні, серії 13 – 93.

Стінові панелі – залізобетонні, збірні, серії СТ – 02 – 31.

Ліхтарі - металеві, серії ПК – 01 – 93.

Двері – дерев'яні та металеві.

Покрівля - рулонна.

Перекриття запроектовано на відмітці + 7,200 з металу.

Відстійники - металеві.

Сходи, площадки м-м металеві.

Фундаменти, відстійники та технологічне обладнання - забивні палі.

Ростверки – з монолітного залізобетону.

Земляні роботи з засипання пазух котлованів та траншей виконують ґрунтом з будівельного майданчика.

1.4 Аналіз основних елементів цеху

Фундаменти.

Аналіз геологічних вишукувань району будівництва показав, що на даній території залягає непросадочна супісь.

Глибина залягання ґрунтових вод – 14 метрів. Хімічний склад ґрунтових вод показав їх хімічну нейтральність.

Фундаменти під колони – залізобетоні, окремо розташовані, стаканого типу. Під цегляну кладку стін а також внутрішні стіни запроектовано монолітні стрічкові фундаменти. Використовується бетон класу В20.

Стіни.

Запроектовано зовнішні стіни з 3 – х шарових стінових панелей з товщиною 300 мм. Кпіаплення панелей здійснюється за допомогою зварювання та прикріплення до колон закладних деталей.

Цегляні стіни – з цегли марки 75 муруються розчином марки 25 з товщиною шару 380 мм.

Для забезпечення енергоефективності стін, кладка запроектована колодязного типу, з наступним заповненням теплоізоляційним матеріалом.

Перегородки – цегла марки 75 на розчині марки 25.

Каркас

Проект передбачає як конструкція зв'язкового каркасу, що має сітку колон 6 x 30 м.

Стійкість та жорсткість каркасу в просторі забезпечується шляхо жорсткого закріплення колон у стакани фундаменту та монтажу додаткових металевих хрестових зв'язків.

Колони – залізобетоні з перерізом 300 x 300 мм серії 1.823.1.

Ферми покриття – металеві, довжиною 30 метрів, виготовляються під замовлення.

Покриття цеху – ребритсі плити 3 х 6 м.

Гідроізоляція фундаментів – горизонтальна, виконана по верхньому обрізу фундаментних балок на основі цеметно – піщаної суміші у пропорції 1:2.

Дах

Покрівля даху – рулонна покрівля з 3 – х шарів руберойду з використанням бітумного праймеру та бронюванням гравієм. Пароізоляція забезпечується за рахунок використання пароізоляційної плівки.

Підлога

Підлога бетонна з використанням технології вакуумування.

Вікна та двері, будівлі стрічкові по серії ПР-05-50/73. марки ДО-120 та ДО-180. Засклення подвійне, підвіска верхня та нижня. Відкривання вікон зовнішнє та внутрішнє. За допомогою дистанційного управління. Скло кріпиться до віконної рами за допомогою клямерів. Між клямерою та склом прокладається морозостійка гума. віконні панелі становляться одна на одну і кріпляться в 4 точках за допомогою гвинтів до закладних деталей колони та між собою.

Таблиця 1.1 - Експлікація підлог:

| №п/п | Конструкція підлоги | Конструкція шару | Площа |
|------|---------------------|---------------------|-------|
| 1 | | 1- Стяжка - | 1410 |
| | | цементно-піщаний | |
| | | розчин М 150 - 20 | |
| | | мм | |
| | 2- Підстелюючий | шар - бетон класу В | |
| | | 22,5 - 100 мм | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | 3- Щебенъ пролитий бітумом 4- Ущільнений ґрунт | |
|--|--|---|--|

Ворота металеві роздвижні без хвіртки по шифру 259-75 марки ВР 4,2х4,2.

Ворота однопольні. Полотно воріт кріпиться до направляючої за допомогою роликів. Полотно воріт має решітчатий каркас. Відкривання здійснюється за допомогою дистанційного керування.

Двері в побутові приміщення дерев'яні згідно ГОСТу 16.624-84 марки Д63.

Дверні коробки – металеві рами. Для кріплення рам при влаштуванні дверного отвору передбачається закладка в бокові відкоси отвору металевих анкерів.

Оздоблення

Поверхня стін – штукатурка з нанесенням вапняного білила. З фарбуванням деяких ділянок стін.

Санвузли оздоблюються керамічною плиткою.

1.5 Теплотехнічний розрахунок

Вихідними даними теплотехнічного розрахунку є:

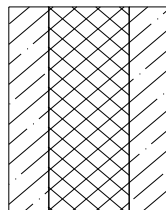
- район булівництва – 1 зона кліматичного районування, 2 зона вологості.

Нормативні опори теплопередачі:

- віконні заповнення $R_{0TP} = 0.5 \text{ м}^2\text{х}0\text{С}/\text{Вт}$,
- для панельних стін $R_{0TP}=2,1 \text{ м}^2\text{х}0\text{С}/\text{Вт}$,
- температура внутрішнього повітря $-+ 160\text{С}$;
- вологість внутрішнього повітря – 65%.
- режим вологості приміщень – вологий.
- умови експлуатації конструкцій – Б.

Панельні стіни:

1. Залізобетон $\delta_1=50\text{мм}$ $\gamma_1=2500\text{кг}/\text{м}^3$ $\lambda_1=2.04 \text{ Вт}/\text{м}\cdot^0\text{С}$
2. Утеплювач $\delta_2=200\text{мм}$ $\lambda_2=?$ $\gamma_2=?$
3. Залізобетон $\delta_3=50\text{мм}$ $\gamma_3=2500\text{кг}/\text{м}^3$ $\lambda_3=2.04 \text{ Вт}/\text{м}\cdot^0\text{С}$



1 2 3

Рисунок 1.1 – Розрахункова схема панельних стін

Для забезпечення теплозахисних якостей огорожуючих конструкцій повинна виконуватися умова:

$$R_0 \geq R_0^{TP}$$

Для тришарової стінової конструкції маємо:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H};$$

стінова огорожа: $\alpha_B = 8.7, \alpha_H = 23$ Вт/м²*°С.

Таким чином:

$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.05}{2.04} + \frac{0.2}{\lambda_2} + \frac{0.05}{2.04} + \frac{1}{23} \geq R_{0,TP}^0 = 2.2.$$

Звідки визначається λ_2 (коефіцієнт теплопровідності утеплювача стінової панелі).

$$\lambda_2 \leq 0.100 \text{ Вт/м*}^0\text{С.}$$

В якості утеплювача прийняті плити мінераловатні напівжорсткі

$$\gamma=300\text{кг/м}^3, \lambda=0.09 \text{ Вт/м*}^0\text{С}$$

Перевірка опору теплопередачі огорожі:


$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.05}{2.04} + \frac{0.21}{0.09} + \frac{0.05}{2.04} + \frac{1}{23} = 2.21$$


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема

Отже $R_0 = 2.21 > R_{0,TP}^0 = 2.2$. Теплозахисні якості стінової панелі забезпечені.

Віконне заповнення.

1,3,5.- віконне скло $\delta = 3 \text{ мм}$ $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ $\lambda = 0.76 \text{ Вт/м}^0\text{С}$

2,4. - прошарок повітря $R_B = 0.14 \text{ м}^2 \cdot 0\text{С/Вт}$

1 2 3 4 5

Забезпеченню теплоізоляційних умов конструкцій має виконуватися умова:

$$R_0 \geq R_0^{\text{TP}}$$

Для віконного заповнення розрахунок за формулою::

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + R_B + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + R_B + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_H}$$

Значення для віконного заповнення $\alpha_B = 8.7$, $\alpha_H = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot 0\text{С}$.

Таким чином:

$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.003}{0.76} + 0.17 + \frac{0.003}{0.76} + 0.17 + \frac{0.003}{0.76} + \frac{1}{23} = 0.51.$$

Отже $R_0 = 0.51 > R_0^{\text{TP}} = 0.5$. Тришарове оскління повністю забезпечує вимоги енергоефективності.

1.6 Інженерне та санітарно технічне забезпечення

1.6.1 Побутове та санітарне обслуговування працюючих

Здійснюється в існуючих побутових приміщеннях. У будинку передбачені санвузол і кімната персоналу.

Заходу для захисту персоналу від травматизму, по безпечній евакуації працюючих при можливих аваріях і пожежах.

Планувальне рішення будинку передбачають необхідна кількість виходів на випадок евакуації працюючих при аваріях і пожежах. У будинку запроектовані капітальна сходова клітка і зовнішня відкрита сталева сходова клітка і зовнішні відкриті сталеві сходи, що також служить виходом на дах.

На відм. 0,000 і 7,200 передбачені по три аварійних душа і по три раковини самопомоги на випадок улучення на шкіру працюючих агресивних рідин. Стіни сходиноквої клітки оздоблюються з обох сторін. Металеві конструкції фарбуються вогнестійкими масляними фарбами.

1.6.2. Опалення та вентиляція

Вихідні дані:

Параметри розрахунку зовнішнього повітря:

| | |
|--|------|
| - температура для опалення, $^{\circ}\text{C}$ | -24 |
| - температура для вентиляції: | |
| У холодний період, $^{\circ}\text{C}$ | -24 |
| У теплий період, $^{\circ}\text{C}$ | 23,6 |

Швидкість вітру:

| | |
|------------------------|-----|
| У холодний період, м/с | 5,9 |
| У теплий період, м/с | 1 |

| | |
|--|-----|
| Середня температура найбільше холодної доби, $^{\circ}\text{C}$ | -28 |
|--|-----|

барометричний тиск,

| | |
|-----------------|-----------|
| Па / мм рт.ст./ | 990 /745/ |
|-----------------|-----------|

Зона вологості нормальна.

Розрахункова температура повітря в зоні виробничих приміщень прийнята в границях припустимих норм для робіт середньої категорії ваги.

Розрахункова температура повітря і кратності повітрообміну в побутових приміщеннях прийнята згідно діючих нормативів.

Джерело теплопостачання – теплові мережі підприємства з теплоносієм – вода 150-170 С.

Параметри теплоносіїв у проєктованих системах опалення і теплопостачання – 150-170°С.

Технологічний процес відділення відстоювання в цеху двоокису титана №2 характеризується наступними даними:

Категорія приміщення по вибуховопожежній небезпеці Д;

Виробничі шкідливості:

Тепло- і вологовиділення від устаткування;

Наявність постійних робочих місць;

Режим роботи 3 зміни.

1.6.3 Прийняті проєктні рішення

Опалення водне проєктується в приміщенні СТОСІВ, у кімнаті персоналу, у санвузлі і сходовій клітці. Система опалення двухтрубна, опалювальні прилади радіатори МС140-98 і конвектори «Акорд».

У відділенні відстоювання в робочий час опалення за рахунок теплопостачань від устаткування. Чергове опалення проєктується повітряне, основними приточним установками, за рахунок повної рециркуляції повітря.

Вентиляція проектується приточно-витяжна загальнообмінна з механічним (у холодний період) і природним спонуканням (у теплий період року).

Механічна витяжна вентиляція передбачається у відділенні відстоювання на відм. 7,200 за допомогою дахових вентиляторів.

Приток зовнішнього повітря здійснюється вентсистемами в робочу зону через повітророзподільники НРВ.

У теплий період року передбачається природна приточно-витяжна вентиляція для асиміляції теплоизалишків. Приток – через фрамуги вікон, що відкриваються, на відм. 0,000 і 7,200, витяжка – через аераційний ліхтар.

Вентиляція побутових і адміністративних приміщень проектується відповідно до вимог діючих норм.

У приміщенні СТОСІВ передбачається підпір повітря. У приміщенні електропункта природна витяжка дефлектором.

Приточні вентиляційні установки прийняті з уніфікованих конструкцій по серії 5.903-7 з очищенням повітря від пилу в осередкових фільтрах і нагріванням у калориферах.

Повітряводи систем приточної вентиляції виконуються з листової оцинкованої сталі, з уніфікованих деталей без захисного покриття.

Рішення по зменшенню шуму і вібрації:
розміщення вентустановок в ізольованому приміщенні (венткамера) і зовні будинки, гнучкі вставки у вентиляторів.

Забір повітря приточної вентиляції виробляється на висоті на менш 2м від рівня землі.

Контроль і автоматизація систем ОВ:

1. місцевий контроль параметрів теплоносія (тиск, температура) у вузлі керування й у приточних венткамерах.

2. автоматичний захист калориферів від заморожування.

Улаштування повітряно-теплових завіс не потрібно.

Заходи щодо вибухо- та пожежобезпеки:

У виробничих приміщеннях відділення відстоювання в залежності від технологічних процесів визначені категорії по вибуховопожеженої і пожежної небезпеки «Д». У зв'язку з цим ніякі спеціальні заходи в проекті не передбачалися.

1.6.4 Водопостачання та каналізація

Перелік запроектованих систем ВК, розрахункові витрати води і стоків приведені в таблиці основних показників.

Таблиця 1.2 – Розрахунок водопостачання та каналізації

| Найменування систем | Потрібний напір, м | Розрахункові розходи | | | Примітка |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|-------|----------|
| | | М ³ /сутки | М ³ /година | Л/з | |
| Водопровід госп. | 15 | 0,15 | 0,05 | 0,2 | |
| Каналізація побутова | | 0,15 | 0,05 | 1,9 | |
| Водопровід оборотної води, що падає | 20 | 152,8 | 56,2 | 15,56 | |
| Водопровід оборотний води, зворотний | | 100,8 | 4,2 | 1,16 | |
| Каналізація дощова | | | | 12,96 | |

Система питного водопроводу і побутова каналізація запроектовані для забезпечення функціонування шести аварійних душів з раковинами самопомоги і санвузла на один унітаз з умивальником.

Оборотна вода з водопроводу, що подає, використовується на технологічні промивання безповоротно в обсязі 52,0 м³/сут і для створення водяного кільця вакуум-насосів в обсязі 100,8 м³/сут з поверненням у зворотну мережу водооберту.

Усю розводящу мережу системи, що подає, водообрта усередині будинку виконано в технологічній частині за винятком введення і водомірних вузлів на введенні, запроектованих у частині ВК. Самопливна мережа оборотної води з випуском від вакуум-насосів також ввійшла в розділ ВК.

Дощова каналізація призначена для відводу атмосферних опадів з покрівлі будинку через 4 лійки зі стоянками і випусками в зовнішню мережу.

Матеріал внутрішніх систем ВК:

Водопровід господарської та питної води (У1) – труби водогазопровідні оцинковані &15-22 мм за ДСТ 3262-75;

Водопровід оборотної води, що подає (ділянки відводу до водомірних кутів) – труби сталеві & 114x4 за ДСТ 10704-91 і & 32 за ДСТ 3262-75;

Системи побутової каналізації, дощової каналізації і самопливна мережа оборотної води – труби ЧК 50; ЧК 100 за ДСТ 10704-91 і &32 за ДСТ 3262-75.

Сталеві труби покриваються фарбою БТ177 у два шари по ґрунтовці з лаку БТ577.

У комплекті робочих креслень зовнішніх мереж виконане підключення водопроводу і каналізації заводу і винос існуючих мереж, що потрапили в зону будівництва відділення відстоювання.

Матеріали труб напірних мереж – ЧНР65-150 за ДСТ9583-75.

Каналізація і самопливна мережа водообороту запроектована з труб керамічних &150, &200 за ДСТ 286-82 і ЧНР900 за ДСТ 9385-75.

Колодязі прийняті:

- на напірних мережах & 1500мм по ТП901-09-11.84;
- на самопливних мережах &1000, 1500, 2000мм по ТП902-09-22.84.

1.7 Рішення по освітленості робочих місць

Освітленість робочих місць у виробничих приміщень запроектована з урахуванням характеристики зорової роботи у відповідності з вимогами , а також у залежності від кліматичного району.

Освітлення прийняте комбіноване - природне та штучне .

З огляду на характеристики зорової роботи основних виробничих приміщень, природне освітлення запроектоване бічне і верхнє через ліхтар.

Сонцезахист в проектованому об'єкті не потрібно.

1.8 Дослідження небезпечних факторів, що виникають під час роботи хімічного цеху

Повітряне середовище майданчика проектованого виробництва хімічного цеху відповідно до технологічного завдання / газу групи В є середньо-агресивним стосовно сталевих і слабоагресивної стосовно залізобетонних конструкцій.

Ступінь агресивного впливу ґрунтів і ґрунтових вод на залізобетонні конструкції за даними інженерно-геологічних вишукувань – слабоагресивна.

Захист будівельних конструкцій від корозії вирішений відповідно до діючих вимог захисту конструкцій від впливу агресивних речовин.

Для захисту металевих конструкцій від дії загазованого середовища застосовані лакофарбові матеріали III групи.

Для підземних залізобетонних конструкцій прийнятий клас бетону по водонепроникності W6, для надземних – W4.

Сталеві заставні і сполучні вироби захищаються лакофарбовим покриттям III групи по алюмінієвому металозахистному підшарі.

Палі виконуються з бетону марки по водонепроникності W8 на сульфатостійкому цементі і заповнювачах з вивержених порід.

На відмітці 0,000 у місцях протоки агресивних рідин улаштовується піддон з кислотостійким покриттям.

1.8.1 Компонування поперечної рами

Визначення навантажень на раму.

Постійні навантаження зведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Навантаження від ваги покриття

| Елементи покриття | Нормати вне наванта ження, Па | К-т надійнос ті по наванта ження | Розрахунк ове навантаже ння, Па |
|-------------------|---|--|--|
| Рулонний килим | 100 | 1,3 | 130 |

| | | | |
|---|------|-----|------|
| Цементно-піщана стяжка ($\gamma_f = 18 \text{ кН/м}^3$, $\delta = 35 \text{ мм}$) | 630 | 1,3 | 819 |
| Плитний утеплювач ($\gamma_f = 3 \text{ кН/м}^3$, $\delta = 120 \text{ мм}$) | 360 | 1,2 | 432 |
| Пароізоляція | 50 | 1,3 | 65 |
| Ж/б ребристі плити покриття розміром 3×12 м | 2050 | 1,1 | 2235 |
| РАЗОМ (g): | 3190 | | 3700 |

Розрахунковий опорний тиск ферми:

– від покриття:

$$G_n = g \cdot B \cdot \frac{L}{2} = 3,7 \cdot 12 \cdot \frac{24}{2} = 532,8 \text{ кН};$$

– від ферми:

$$G_\phi = \left(\frac{149}{2} \right) \cdot 1,1 = 82,0 \text{ кН}.$$

де 1,1 – коефіцієнт надійності по навантаженню;

149 – вага ферми в кН.

Розрахункове навантаження на крайню колону від ваги покриття з урахуванням коефіцієнта надійності по призначенню будинку $\gamma_n = 0,95$:

$$G_1 = (532,8 + 82,0) \cdot 0,95 = 584,1 \text{ кН},$$

на середню:

$$G_2 = 2 \cdot G_1 = 1168,2 \text{ кН}.$$

Навантаження від ваги стінових панелів і остеклення на ділянці між відмітками 4,2 і 11,8 м:

$$G_{\omega 1} = (g_1 \cdot h_{\omega 1} + g_2 \cdot h_{\omega 2}) \cdot B \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n,$$

де g_1 і g_2 – питомі ваги панелей і остеклення;

$h_{\omega 1}$ і $h_{\omega 2}$ – висота панелей і остеклення.

$$G_{\omega 1} = (2,5 \cdot 2,4 + 0,4 \cdot 4,6) \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 98,3 \text{ кН}.$$

Аналогічно знаходимо навантаження від ваги стенових панелей на ділянці між оцінками 11,8 і 14,2 м:

$$G_{\omega 2} = 2,5 \cdot 2,4 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 75,2 \text{ кН}.$$

Навантаження від ваги колон:

– надкранова частина:

$$G_{c,t} = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 5,55 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 43,5 \text{ кН};$$

– підкранова частина:

$$G_{c,b} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 6,6 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 82,8 \text{ кН}.$$

Тимчасові навантаження

Снігове навантаження

Район будівництва – відноситься до II району по вазі снігового покриву, для якого нормативне значення ваги снігового шару на 1 м^2 горизонтальній поверхні землі $s_0 = 1,0 \text{ кН/м}^2$.

Розрахункове снігове навантаження:

– на крайні колони:

$$P_{sn,1} = s_0 \cdot \mu \cdot B \cdot \frac{L}{2} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n,$$

де μ – коефіцієнт снігового навантаження на покриття,

приймаємо $\mu = 1$;

L – проліт рами.

$$P_{sn,1} = 1,0 \cdot 1 \cdot 12 \cdot \frac{24}{2} \cdot 1,4 \cdot 0,95 = 191,5 \text{ кН.}$$

– на середні колони:

$$P_{sn,2} = 2 \cdot P_{sn,1} = 2 \cdot 191,5 = 383,0 \text{ кН.}$$

Вітрове навантаження

Район будівництва розташований у II районі вітрового тиску

Для цього району нормативне значення вітрового тиску $w_0 = 0,3$ кН/м².

Для місцевості типу В коефіцієнт k , який враховує зміну вітрового тиску в залежності від висоти будинку z , буде таким, як у табл. 1.4.

Таблиця 2.2. - Значення коефіцієнта k

| Висота z , м | k | w_m , Н/м ² |
|----------------|------|--------------------------|
| 5 | 0,5 | 150 |
| 10 | 0,65 | 195 |
| 20 | 0,85 | 255 |

Змінний по висоті вітровий тиск замінюємо рівномірно розподіленим тиском, що еквівалентний у закладенні консольній стійки довжиною 12,35 м:

$$w_e = 2 \frac{M_{act}}{H^2} = 2 \cdot \left[150 \cdot 5 \cdot \frac{5}{2} + 150 \cdot 5 \cdot \left(5 + \frac{5}{2} \right) + \frac{1}{2} \cdot (195 - 150) \cdot 5 \cdot \left(5 + 5 \cdot \frac{2}{3} \right) + 195 \cdot 2,0 \cdot \left(10 + \frac{2,0}{2} \right) + \frac{1}{2} \cdot (209,1 - 195) \cdot 2,0 \cdot \left(10 + 2,0 \cdot \frac{2}{3} \right) \right] / 12,15^2 = 123,8 \text{ Н / м}^2$$

За умови

$$\frac{H_L}{2L} = \frac{16,21}{2 \cdot 24} = 0,34 < 0,5 \text{ и } \frac{L_b}{2L} = \frac{156}{2 \cdot 24} = 3,25 > 2$$

Для зовнішніх стін значення аеродинамічного коефіцієнта прийнято з навітряної сторони $c_e = 0,8$, з подвітряної $c_{e3} = -0,5$.

Рівномірно розподілене вітрове навантаження на колони до відмітки 12,00 м, за умови значення коефіцієнта надійності по навантаженню $\gamma_f = 1,4$:

– з навітряної сторони

$$q_1 = w_e \cdot B \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot c_e = 180,3 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 0,95 \cdot 0,8 = 2302,1 \text{ Н/м};$$

– з подвітряної сторони

$$q_2 = w_e \cdot B \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot c_{e3} = 180,3 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 0,95 \cdot 0,5 = 1435,8 \text{ Н/м}.$$

Розрахункове зосереджене вітрове навантаження вище відмітки 12,00 м:

$$W = S \cdot B \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot (c_e + c_{e3}) = \frac{232,3 + 209,1}{2} \cdot (15,86 - 12,00) \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 0,95 \cdot (0,8 + 0,5) = 17675,3 \text{ Н},$$

де S – площа трапеції, позначеної на мал. 6 хрестом.

Статичний розрахунок поперечної рами

Геометричні характеристики колон

Розміри перетинів суцільних колон прямокутного перетину приведені на рис. 1.3.

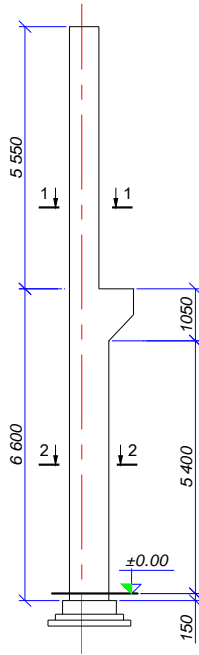


Рисунок 1.3 - Розміри колон

Розрахункова висота колони $H = 12,15$ м, у т.ч. висота підкранової частини $H_1 = 6,6$ м, надкранової частини $H_2 = 5,55$ м.

Момент інерції підкранової частини:

$$I_1 = \frac{0,5 \cdot 0,8^3}{12} = 2,13 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4;$$

надкранової частини

$$I_2 = \frac{0,5 \cdot 0,6^3}{12} = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Відношення висоти надкранової частини до повної висоти колон

$$\nu = \frac{5,55}{12,15} = 0,444.$$

Відношення моментів інерції підкранової і надкранової частин колон:

$$k = \frac{I_1}{I_2} = \frac{2,13 \cdot 10^{-2}}{9,0 \cdot 10^{-3}} = 2,370.$$

Обчислили допоміжні коефіцієнти:

$$k_3 = 0; k_2 = \nu^3 \cdot (k - 1) = 0,444^3 \cdot (2,37 - 1) = 0,120; k_1 = \frac{1}{1 + k_2 + k_3} = \frac{1}{1 + 0 + 0,12} = 0,893.$$

Реакція верхньої опори від дії одиничного зсуву:

$$R_{\Delta 1} = \frac{3k_1 \cdot E_b \cdot I_1}{H_c^3} = \frac{3 \cdot 0,893 \cdot 2,13 \cdot 10^{-2}}{12,5^3} \cdot E_b = 2,922 \cdot 10^{-5} \cdot E_b.$$

Сумарна реакція:

$$r_{11} = \sum R_{\Delta i} = 3 \cdot 2,922 \cdot 10^{-5} \cdot E_b = 8,765 \cdot 10^{-5} \cdot E_b.$$

Зусилля в колонах від постійного навантаження

На симетричну поперечну раму діє симетричне постійне навантаження, тому верхні кінці колон не зміщуються. Кожну колону розраховуємо на дію постійного навантаження без обліку зсуву верху. Подовжня сила $G_1 = 584,1 \text{ кН}$ на крайній колоні діє з ексцентриситетом

$$e_1 = 0,20 + a_{np} - 0,5 \cdot h_2 = 0,20 + 0,25 - 0,5 \cdot 0,6 = 0,15 \text{ м.}$$

Момент

$$M_1^{(1)} = G_1 \cdot e_1 = 584,1 \cdot 0,15 = 87,6 \text{ кНм.}$$

У надкрановій частині колони діє також розрахункове навантаження від стенових панелей товщиною 30 см $G_{w2} = 75,2$ кН з ексцентриситетом

$$e_2 = -\frac{1}{2}(\delta_w + h_2) = -\frac{1}{2}(0,3 + 0,6) = -0,45 \text{ м.}$$

Момент:

$$M_1^{(2)} = G_{w2} \cdot e_2 = 75,2 \cdot (-0,45) = -33,8 \text{ кНм.}$$

Сумарне значення моменту, прикладеного на рівні верху крайньої колони:

$$M_1 = M_1^{(1)} + M_1^{(2)} = 87,6 - 33,8 = 53,8 \text{ кНм.}$$

У підкрановій частині колони крім сил G_1 і G_{w2} діють:

– розрахункове навантаження від стенових панелей $G_{w1} = 98,3$ кН з ексцентриситетом

$$e_4 = \frac{1}{2}(\delta_w + h_1) = \frac{1}{2}(0,3 + 0,6) = 0,45 \text{ м.}$$

– розрахункове навантаження від підкранових балок і кранового шляху $G_{c.e.} = 139,0$ кН з ексцентриситетом

$$e_5 = \lambda + a_{np} - 0,5 \cdot h_1 = 0,75 + 0,25 - 0,5 \cdot 0,6 = 0,7 \text{ м.}$$

– розрахункове навантаження від надкранової частини колони

$$G_{c,t} = 43,5 \text{ кН з } e_3 = 0,10 \text{ м.}$$

Сумарне значення моменту, прикладеного в рівні верха підкранової консолі:

$$M_2 = -(584,1 + 75,2) \cdot 0,45 - 98,3 \cdot 0,45 + 139 \cdot 0,7 - 43,5 \cdot 0,10 = -250,1 \text{ кНм.}$$

Обчислюємо реакцію верхнього кінця колони:

$$R_1 = - \frac{3 \cdot M_2 \cdot (1 - \nu^2) \cdot k_1 + 3 \cdot M_1 \cdot \left(1 + \frac{k_2}{\nu}\right) \cdot k_1}{2H_c} =$$

$$= - \frac{-3 \cdot 250,1 \cdot (1 - 0,444^2) \cdot 0,893 + 3 \cdot 53,8 \cdot \left(1 + \frac{0,120}{0,444}\right) \cdot 0,893}{2 \cdot 12,5} = 14,2 \text{ кН.}$$

Згинальні моменти в перетинах колони (нумерація показана на мал. 9) рівні:

$$M_I = M_1 = 53,8 \text{ кНм;}$$

$$M_{II} = M_1 + R_1 \cdot H_2 = 53,8 + 14,2 \cdot 5,55 = 132,6 \text{ кНм;}$$

$$M_{III} = M_{II} + M_2 = 132,6 - 250,1 = -117,5 \text{ кНм;}$$

$$M_{IV} = M_1 + M_2 + R_1 \cdot H_c = 53,8 - 250,1 + 14,2 \cdot 12,5 = -18,8 \text{ кНм.}$$

Подовжні сили в крайній колоні:

$$N_{II} = G_1 + G_{w2} + G_{c,t} = 584,1 + 75,2 + 43,5 = 702,8 \text{ кН;}$$

$$N_{III} = N_{II} + G_{w1} + G_{c,e} = 702,8 + 98,3 + 139,0 = 940,1 \text{ кН;}$$

$$N_{IV} = N_{III} + G_{c,e} = 940,1 + 82,8 = 1022,9 \text{ кН.}$$

Поперечна сила $Q_{IV} = R_1 = 14,2 \text{ кН.}$

Подовжні сили в середній колоні:

$$N_{II} = G_2 + G_{c,t} = 1168,2 + 43,5 = 1211,7 \text{ кН;}$$

$$N_{III} = N_{II} + 2G_{c,e} = 1211,7 + 2 \cdot 139,0 = 1489,7 \text{ кН;}$$

$$N_{IV} = N_{III} + G_{c,e} = 1489,7 + 82,8 = 1572,5 \text{ кН.}$$

Зусилля в колонах від снігового навантаження

Подовжня сила $P_{sn,1} = 191,5 \text{ кН}$ на крайній колоні діє з ексцентриситетом $e_1 = 0,15 \text{ м}$. Тоді момент дорівнює:

$$M_1 = P_{sn,1} \cdot e_1 = 191,5 \cdot 0,15 = 28,7 \text{ кНм}.$$

У підкрановій частині колони ця ж сила прикладена з ексцентриситетом $e_3 = 0,10$, тобто:

$$M_2 = -P_{sn,1} \cdot e_3 = -191,5 \cdot 0,10 = -19,2 \text{ кНм}.$$

Реакція верхнього кінця крайньої колони від дії моментів M_1 та M_2 дорівнює:

$$R_1 = \frac{-3 \cdot 19,2 \cdot (1 - 0,444^2) + 3 \cdot 28,71 \cdot \left(1 + \frac{0,120}{0,444}\right)}{2 \cdot 12,5} \cdot 0,893 = 2,3 \text{ кН}.$$

Згинальні моменти в перетинах крайніх колон:

$$M_I = M_1 = 28,7 \text{ кНм};$$

$$M_{II} = M_1 + R_1 \cdot H_2 = 28,7 + 2,3 \cdot 5,55 = 41,5 \text{ кНм};$$

$$M_{III} = M_{II} + M_2 = 41,5 - 19,2 = 22,3 \text{ кНм};$$

$$M_{IV} = M_1 + M_2 + R_1 \cdot H_c = 28,7 - 19,2 + 2,3 \cdot 12,5 = 38,3 \text{ кНм}.$$

Подовжні сили в крайній колоні:

$$N_{II} = N_{III} = N_{IV} = P_{sn,1} = 191,5 \text{ кН}.$$

Подовжні сили в середній колоні:

$$N_{II} = N_{III} = N_{IV} = P_{sn,2} = 383,0 \text{ кН}.$$

Зусилля в колонах від вітрового навантаження

Реакція верхнього кінця лівої колони від навантаження $q_1 = 2,30$
кН/м:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{1}{8} k_1 \cdot q_1 \cdot H_c \cdot 3[(1 + \nu \cdot k_2) + 4k_3(1 + \nu)] = \\ &= -\frac{1}{8} \cdot 0,893 \cdot 2,3 \cdot 12,5 \cdot [3 \cdot (1 + 0,444 \cdot 0,120) + 4 \cdot 0] = -10,14 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Реакція верхнього кінця правої колони від навантаження $q_2 = 1,436$
кН/м:

$$R_3 = -\frac{1}{8} \cdot 0,893 \cdot 1,436 \cdot 12,5 \cdot [3 \cdot (1 + 0,444 \cdot 0,120) + 4 \cdot 0] = -6,33 \text{ кН}.$$

Реакція введеного від зосередженої сили $R = -W = -17,68$ кН.

Сумарна реакція зв'язку:

$$R_{1p} = R_1 + R_3 + R = -10,14 - 6,33 - 17,68 = -34,15 \text{ кН}.$$

Горизонтальні переміщення верха колон при $c_{sp} = 1$:

$$\Delta_1 = -\frac{R_{1p}}{r_{11}} = -\frac{-34,15}{8,765 \cdot 10^{-5} \cdot E_b} = 389618 / E_b.$$

Обчислюємо пружні реакції верха колон:

– лівої:

$$R_{1e} = R_1 + \Delta_1 R_{\Delta 1} = -10,14 + \frac{389618}{E_b} \cdot 2,922 \cdot 10^{-5} \cdot E_b = 1,24 \text{ кН};$$

– середньої:

$$R_{2e} = \Delta_1 R_{\Delta 2} = \frac{389618}{E_b} \cdot 2,922 \cdot 10^{-5} \cdot E_b = 11,38 \text{ кН};$$

– правої:

$$R_{3e} = R_3 + \Delta_1 R_{\Delta 3} = -6,33 + \frac{389618}{E_b} \cdot 2,922 \cdot 10^{-5} \cdot E_b = 5,05 \text{ кН}.$$

Згинальні моменти в перетинах колон:

– лівої:

$$M_{II} = M_{III} = \frac{q_1 H_2^2}{2} + R_{1e} H_2 = \frac{2,3 \cdot 5,55^2}{2} + 1,24 \cdot 5,55 = 42,3 \text{ кНм};$$

$$M_{IV} = \frac{q_1 H_c^2}{2} + R_{1e} H_c = \frac{2,3 \cdot 12,5^2}{2} + 1,24 \cdot 12,5 = 195,2 \text{ кНм};$$

– середньої:

$$M_{II} = M_{III} = R_{2e} H_2 = 11,38 \cdot 5,55 = 63,2 \text{ кНм};$$

$$M_{IV} = R_{2e} H_c = 11,38 \cdot 12,5 = 142,3 \text{ кНм};$$

– правої:

$$M_{II} = M_{III} = \frac{q_2 H_2^2}{2} + R_{3e} H_2 = \frac{1,436 \cdot 5,55^2}{2} + 5,05 \cdot 5,55 = 50,1 \text{ кНм};$$

$$M_{IV} = \frac{q_2 H_c^2}{2} + R_{3e} H_c = \frac{1,436 \cdot 12,5^2}{2} + 5,05 \cdot 12,5 = 175,3 \text{ кНм}.$$

Поперечні сили в защемленнях колон:

– лівої: $Q_{IV} = q_1 H_c + R_{1e} = 2,3 \cdot 12,5 + 1,24 = 30,0 \text{ кН};$

– середньої: $Q_{IV} = R_{2e} = 11,4 \text{ кН};$

– правої: $Q_{IV} = q_2 H_c + R_{3e} = 1,436 \cdot 12,5 + 5,05 = 23,0 \text{ кН}.$

Розрахунок міцності суцільної колони крайнього ряду

Прийнято збірну залізобетонну колону. Бетон – важкий класу В15, що пройшов термічну обробку.

Бетон класу В15:

- розрахунковий опір осьовому стиску $R_b = 8,5 \text{ МПа}$;
- розрахунковий опір осьовому розтягання $R_{bt} = 0,75 \text{ Мпа}$;
- початковий модуль пружності $E_b = 20,5 \cdot 10^3 \text{ МПа}$;

Арматура класу А-III:

- розрахунковий опір розтягання/стиску I м.п.с. $R_s = R_{sc} = 365 \text{ МПа}$;
- початковий модуль пружності $E_s = 2 \cdot 10^3 \text{ Мпа}$.

Надкранова суцільна частина колони

Розрахунок виконано для перетину II-II.

Статичний розрахунок поперечної рами дає наступні сполучення зусиль:

Таблиця 1.4 – Сполучення зусиль

| | | |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1) $M_1 = 225,3 \text{ кНм}$ | $N_1 = 875,2 \text{ кН}$ | $\gamma_{b2} = 1,1$ |
| 2) $M_2 = - 152,9 \text{ кНм}$ | $N_2 = 702,8 \text{ кН}$ | $\gamma_{b2} = 1,1$ |
| 3) $M_3 = 174,1 \text{ кНм}$ | $N_3 = 894,3 \text{ кН}$ | $\gamma_{b2} = 0,9$ |

Для 1-го і 2-го сполучень $\gamma_{b2} = 1,1$, тому що в них входять зусилля від короткочасних навантажень нетривалої дії (кранові, вітрові). Для 3-го сполучення $\gamma_{b2} = 0,9$, тому що в нього входять тільки зусилля від постійного й снігового навантажень. Приблизно, найбільш несприятливе з погляду несучої здатності колони сполучення є перше.

Робоча висота перетину:

$$h_{20} = h_2 - a = 60 - 4 = 56 \text{ см.}$$

Ексцентриситет подовжньої сили:

$$e_0 = \frac{M_1}{N_1} = \frac{225,3}{875,2} = 0,257 \text{ м} = 25,7 \text{ см.}$$

Вільна довжина надкранової частини при відсутності кранового навантаження в першому сполученні:

$$l_0 = 2,0H_2 = 2,5 \cdot 5,55 = 11,1 \text{ см.}$$

Радіус інерції перетину:

$$i = \sqrt{\frac{h_2^2}{12}} = \sqrt{\frac{60^2}{12}} = 17,32 \text{ см.}$$

Гнучкість верхньої частини колони:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{11,1 \cdot 10^2}{17,32} = 64,09 > 14,$$

Отже, у розрахунку міцності перетину необхідно врахувати збільшення ексцентриситету подовжньої сили за рахунок поздовжнього вигину. Для цього обчислюємо:

$$\ddot{I}_2 = \frac{b_2 h_2^3}{12} = \frac{0,5 \cdot 0,6^3}{12} = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Момент від постійної і довгостроково діючої частини тимчасового навантаження:

$$M_l = M_{\text{пост}} + k \cdot M_{\text{сн}} = 132,6 + 0,5 \cdot 37,4 = 151,3 \text{ кНм},$$

де k – коефіцієнт, що враховує довгостроково діючу частину снігового

навантаження.

Подовжня сила:

$$N_l = N_{\text{пост}} + k \cdot N_{\text{сн}} = 702,8 + 0,5 \cdot 172,4 = 789,0 \text{ кН},$$

тоді

$$M_{1l} = M_l \pm N_l (h_{20} - a') = 151,3 + 789 \cdot (0,56 - 0,04) = 561,6 \text{ кНм};$$

$$M_{11} = M_1 \pm N_1 (h_{20} - a') = 225,3 + 875,2 \cdot (0,56 - 0,04) = 680,4 \text{ кНм}.$$

Умовна критична сила:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_0^2} \left[\frac{I}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta} + 0,1 \right) + \alpha I_s \right],$$

де $\beta = 1$ для важкого бетону;

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M_{1l}}{M_{11}} = 1 + 1 \cdot \frac{561,6}{680,4} = 1,825;$$

$$\delta = \frac{e_0}{h_2} = \frac{0,257}{0,6} = 0,428;$$

$$\delta_{\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h_2} - 0,01 \cdot \gamma_{b2} \cdot R_b = 0,5 - 0,01 \frac{11,1}{0,6} - 0,01 \cdot 1,1 \cdot 8,5 = 0,222;$$

так як $\delta > \delta_{\min}$, приймаємо $\delta = 0,428$;

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2 \cdot 10^5}{2,05 \cdot 10^4} = 9,756.$$

Тому що площа арматури надкранової частини колони не відома, задамося кількістю арматури, виходячи з мінімального армування. При $35 < \lambda = 64,09 < 83$

$$\mu_{\min} = 0,002, \Rightarrow (A_s = A'_s)_{\min} = \mu_{\min} b_2 h_{20} = 0,002 \cdot 50 \cdot 56 = 5,6 \text{ см}^2.$$

Тоді:

$$I_s = 2A_{s,\min} (0,5h_2 - a)^2 = 2 \cdot 5,6 \cdot 10^{-4} \cdot (0,5 \cdot 0,6 - 0,04)^2 = 7,57 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4.$$

Критична сила:

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot 20,5 \cdot 10^6}{11,1^2} \cdot \left[\frac{9,0 \cdot 10^{-3}}{1,825} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,428} + 0,1 \right) + 9,756 \cdot 7,57 \cdot 10^{-5} \right] = 2405,6 \text{ кН}$$

H,

$N_1 = 875,2 \text{ кН} < N_{cr} = 2405,6 \text{ кН}$ – стійкість надкранової частини колони забезпечена.

Коефіцієнт подовжнього вигину:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_1}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{875,2}{2405,6}} = 1,572.$$

Ексцентриситет подовжньої сили щодо осі, яка проходить через центр ваги розтягнутої арматури з урахуванням впливу подовжнього вигину:

$$e = e_0 \cdot \eta + 0,5 \cdot h_2 - a = 25,7 \cdot 1,572 + 0,5 \cdot 60 - 4 = 66,4 \text{ см}.$$

У випадку симетричного армування перетину висота стиснутої зони:

$$x = \frac{N_1}{\gamma_{b2} R_b b_2} = \frac{875,2}{1,1 \cdot 8,5 \cdot 10^3 \cdot 0,5} = 0,187 \text{ м.}$$

Відносна висота стиснутої зони:

$$\xi = \frac{x}{h_{20}} = \frac{0,187}{0,56} = 0,33.$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 R_b \gamma_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 8,5 \cdot 1,1 = 0,775.$$

Гранична відносна висота стиснутої зони:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{SC,U}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,775}{1 + \frac{365}{400} \cdot \left(1 - \frac{0,775}{1,1}\right)} = 0,61 > \xi = 0,33,$$

отже, маємо перший випадок внецентренного стиску (випадок великих ексцентриситетів).

Для симетричного армування знаходимо:

$$A_s = A'_s = \frac{N_1 \left(e - h_{20} + \frac{N_1}{2 R_b b_2 \gamma_{b2}} \right)}{R_{sc} (h_{20} - a')} =$$

$$= \frac{875,2 \cdot 10^3 \cdot \left(66,4 - 56 + \frac{875,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 8,5 \cdot 10^2 \cdot 50 \cdot 1,1} \right)}{365 \cdot 10^2 \cdot (56 - 4)} = 9,11 \text{ см}^2 > A_{s,\min} = A'_{s,\min} = 5,6 \text{ см}^2,$$

отже, тому що перевищення отриманого коефіцієнта армування над заданим спочатку невелике, то приймаємо 3Ø20 А-III з $A_s = 9,42 \text{ см}^2$

Кількість стрижнів обрана в такий спосіб вибирається з тим розрахунком, щоб найбільша відстань між ними не перевищувала 400 мм.

Поперечна арматура прийнята $\varnothing 6$ А-III із кроком 350 мм, що менше $20d = 20 \cdot 20 = 400$ мм і не більш 500 мм.

Перевіримо необхідність розрахунку надкранової частини колони в площині, перпендикулярної до площини поперечної рами:

$$i' = \sqrt{\frac{b_2^2}{12}} = \sqrt{\frac{50^2}{12}} = 14,43 \text{ см};$$

$$l'_0 = 1,5H_2 = 1,5 \cdot 5,55 = 8,325 \text{ м} = 832,5 \text{ см};$$

$$\lambda' = \frac{l'_0}{i'} = \frac{832,5}{14,43} = 57,7.$$

так як $\lambda' = 57,7 < \lambda = 64,09$, розрахунок із площини рами не обов'язковий.

Підкранова суцільна частина колони

Розрахунок виробляється для перетинів III-III і IV-IV, тобто на 8 сполучень зусиль.

Таблиця 1.5 – Сполучення зусиль

| | | | |
|-----------------------|-------------------|---------------------|---------|
| 1) $M_1 = 254,8$ кНм | $N_1 = 1855,3$ кН | $\gamma_{b2} = 1,1$ | |
| 2) $M_2 = -179,9$ кНм | $N_2 = 940,1$ кН | $\gamma_{b2} = 1,1$ | III-III |
| 3) $M_3 = -95,2$ кНм | $N_3 = 1131,6$ кН | $\gamma_{b2} = 0,9$ | |
| 4) $M_4 = 300,8$ кНм | $N_4 = 1938,1$ кН | $\gamma_{b2} = 1,1$ | |
| 5) $M_5 = -345,0$ кНм | $N_5 = 1246,9$ кН | $\gamma_{b2} = 1,1$ | IV-IV |
| 6) $M_6 = 19,5$ кНм | $N_6 = 1214,4$ кН | $\gamma_{b2} = 0,9$ | |

З приведених 8 сполучень найбільш не вигідними є №4 і №5, що відносяться до перетину IV, обраному в місці закладення колони у фундамент. Таким чином, все армування підкранової частини колони визначається розрахунком міцності перетину IV-IV.

Далі за аналогією з розрахунком надкранової частини колони обчислюємо:

а) для сполучення зусилля №4

Робоча висота перетину:

$$h_{10} = h_1 - a = 80 - 4 = 76 \text{ см.}$$

Ексцентриситет подовжньої сили:

$$e_0 = \frac{M_4}{N_4} = \frac{300,8}{1938,1} = 0,155 \text{ м} = 15,5 \text{ см.}$$

Вільна довжина надкранової частини при відсутності кранового навантаження в першому сполученні:

$$l_0 = 2,0H_1 = 2,0 \cdot 6,6 = 13,2 \text{ см.}$$

Радіус інерції перетину:

$$i = \sqrt{\frac{h_1^2}{12}} = \sqrt{\frac{80^2}{12}} = 23,09 \text{ см.}$$

Гнучкість верхньої частини колони:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{13,2 \cdot 10^2}{23,09} = 57,17 > 14,$$

отже, у розрахунку міцності перетину необхідно врахувати збільшення ексцентриситету подовжньої сили за рахунок подовжнього вигину. Для цього обчислюємо:

$$I_1 = \frac{b_1 h_1^3}{12} = \frac{0,5 \cdot 0,8^3}{12} = 2,13 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4.$$

Момент від постійної і довгостроково діючої частини тимчасового навантаження:

$$M_l = M_{\text{пост}} + k \cdot M_{\text{сн}} = -18,8 + 0,5 \cdot 34,5 = -15,5 \text{ кНм},$$

де k – коефіцієнт, що враховує довгостроково діючу частину снігового навантаження.

Подовжня сила:

$$N_l = N_{\text{пост}} + k \cdot N_{\text{сн}} = 1022,9 + 0,5 \cdot 172,4 = 1109,1 \text{ кН},$$

тоді

$$M_{4l} = M_l \pm N_l (h_{10} - a') = -15,5 + 1109,1 \cdot (0,76 - 0,04) = 783,1 \text{ кНм};$$

$$M_{41} = M_4 \pm N_4 (h_{10} - a') = 300,8 + 1938,1 \cdot (0,76 - 0,04) = 1696,2 \text{ кНм}.$$

Умовна критична сила:

$$N_{cr} = \frac{6,4 E_b}{l_0^2} \left[\frac{I_1}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta} + 0,1 \right) + \alpha I_s \right],$$

де $\beta = 1$ для важкого бетону;

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M_{4l}}{M_{41}} = 1 + 1 \cdot \frac{783,1}{1696,2} = 1,462;$$

$$\delta = \frac{e_0}{h_1} = \frac{0,155}{0,8} = 0,194;$$

$$\delta_{\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h_1} - 0,01 \cdot \gamma_{b2} \cdot R_b = 0,5 - 0,01 \frac{13,2}{0,8} - 0,01 \cdot 1,1 \cdot 8,5 = 0,242;$$

т.к. $\delta < \delta_{\min}$, приймаємо $\delta = 0,242$;

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2 \cdot 10^5}{2,05 \cdot 10^4} = 9,756.$$

Залізобетонні колони одноповерхового виробничого будинку виготовляються в горизонтальній опалубці. У процесі вивільнення з опалубки і транспортуванню колона працює елемент, що як згинається, у розтягнутій зоні якого можуть утворюватися тріщини. Щоб гарантувати їхню відсутність, подовжна арматура повинна мати діаметр не менш 16 мм. Виходячи з цього, задамося попереднім коефіцієнтом армуванням:

$$\mu = \frac{2A_s}{b_1 h_{10}} = \frac{2 \cdot 6,03}{50 \cdot 76} = 0,00317$$

Тоді:

$$I_s = 2\mu b_1 h_{10} (0,5h_2 - a)^2 = 2 \cdot 0,00317 \cdot 0,5 \cdot 0,76 \cdot (0,5 \cdot 0,8 - 0,04)^2 = 3,12 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4.$$

Критична сила:

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot 20,5 \cdot 10^6}{13,2^2} \cdot \left[\frac{2,13 \cdot 10^{-2}}{1,462} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,242} + 0,1 \right) + 9,756 \cdot 3,12 \cdot 10^{-4} \right] = 6917,5 \text{ кН},$$

$N_4 = 1938,1 \text{ кН} < N_{cr} = 6917,5 \text{ кН}$ – стійкість підкранової частини колони забезпечена.

Коефіцієнт поздовжнього вигину:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_4}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1938,1}{6917,5}} = 1,389.$$

Ексцентриситет подовжньої сили відносно осі, що проходить через центр ваги розтягнутої арматури з урахуванням впливу позовжнього вигину:

$$e = e_0 \cdot \eta + 0,5 \cdot h_1 - a = 15,5 \cdot 1,389 + 0,5 \cdot 80 - 4 = 57,5 \text{ см.}$$

У випадку симетричного армування перетину висота стиснутої зони:

$$x = \frac{N_4}{\gamma_{b2} R_b b_1} = \frac{1938,1}{1,1 \cdot 8,5 \cdot 10^3 \cdot 0,5} = 0,415 \text{ м.}$$

Відносна висота стиснутої зони:

$$\xi = \frac{x}{h_{10}} = \frac{0,415}{0,76} = 0,55 .$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 R_b \gamma_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 8,5 \cdot 1,1 = 0,775 .$$

Гранична відносна висота стиснутої зони:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{SC,U}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,775}{1 + \frac{365}{400} \cdot \left(1 - \frac{0,775}{1,1}\right)} = 0,61 > \xi = 0,55 ,$$

отже, маємо перший випадок внецентренного стиску (випадок великих ексцентриситетів).

Для симетричного армування знаходимо:

$$A_s = A'_s = \frac{N_4 \left(e - h_{10} + \frac{N_4}{2R_b b_1 \gamma_{b2}} \right)}{R_{sc} (h_{10} - a')} = \frac{1938,1 \cdot 10^3 \cdot \left(57,5 - 76 + \frac{1938,1 \cdot 10^3}{2 \cdot 8,5 \cdot 10^2 \cdot 50 \cdot 1,1} \right)}{365 \cdot 10^2 \cdot (76 - 4)} = 1,64 \text{ см}^2 .$$

б) для сполучення зусилля №5

Робоча висота перетину:

$$h_{10} = h_1 - a = 80 - 4 = 76 \text{ см.}$$

Ексцентриситет подовжньої сили:

$$e_0 = \frac{M_5}{N_5} = \frac{345,0}{1246,9} = 0,277 \text{ м} = 27,7 \text{ см.}$$

Вільна довжина надкранової частини при відсутності кранового навантаження в першому сполученні:

$$l_0 = 2,0H_1 = 2,0 \cdot 6,6 = 13,2 \text{ см.}$$

Радіус інерції перетину:

$$i = \sqrt{\frac{h_1^2}{12}} = \sqrt{\frac{80^2}{12}} = 23,09 \text{ см.}$$

Гнучкість верхньої частини колони:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{13,2 \cdot 10^2}{23,09} = 57,17 > 14,$$

отже, у розрахунку міцності перетину необхідно врахувати збільшення ексцентриситету подовжньої сили за рахунок поздовжнього вигину. Для цього обчислюємо:

$$I_1 = \frac{b_1 h_1^3}{12} = \frac{0,5 \cdot 0,8^3}{12} = 2,13 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4.$$

Момент від постійної і довгостроково діючої частини тимчасового навантаження:

$$M_l = -18,8 \text{ кНм},$$

Подовжня сила:

$$N_l = 1022,9 \text{ кН},$$

тоді

$$M_{s1} = M_l \pm N_l(h_{10} - a') = -18,8 + 1022,9 \cdot (0,76 - 0,04) = 717,7 \text{ кНм};$$

$$M_{s1} = M_s \pm N_s(h_{10} - a') = 345,0 + 1246,9 \cdot (0,76 - 0,04) = 1242,8 \text{ кНм}.$$

Умовна критична сила:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_0^2} \left[\frac{I_1}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta} + 0,1 \right) + \alpha I_s \right],$$

де $\beta = 1$ для важкого бетону;

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M_{s1}}{M_{s1}} = 1 + 1 \cdot \frac{717,7}{1242,8} = 1,577;$$

$$\delta = \frac{e_0}{h_1} = \frac{0,277}{0,8} = 0,346;$$

$$\delta_{\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h_1} - 0,01 \cdot \gamma_{b2} \cdot R_b = 0,5 - 0,01 \frac{13,2}{0,8} - 0,01 \cdot 1,1 \cdot 8,5 = 0,242;$$

т.к. $\delta > \delta_{\min}$, приймаємо $\delta = 0,346$;

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2 \cdot 10^5}{2,05 \cdot 10^4} = 9,756.$$

$$\mu = \frac{2A_s}{b_1 h_{10}} = \frac{2 \cdot 6,03}{50 \cdot 76} = 0,00317$$

Тоді:

$$I_s = 2\mu b_1 h_{10} (0,5h_2 - a)^2 = 2 \cdot 0,00317 \cdot 0,5 \cdot 0,76 \cdot (0,5 \cdot 0,8 - 0,04)^2 = 3,12 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4.$$

Критична сила:

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot 20,5 \cdot 10^6}{13,2^2} \cdot \left[\frac{2,13 \cdot 10^{-2}}{1,577} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,346} + 0,1 \right) + 9,756 \cdot 3,12 \cdot 10^{-4} \right] = 5817,4 \text{ кН},$$

$N_4 = 1246,9 \text{ кН} < N_{cr} = 6917,5 \text{ кН}$ – стійкість підкранової частини колони забезпечена.

Коефіцієнт поздовжнього вигину:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_5}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1246,9}{5817,4}} = 1,273.$$

Ексцентриситет подовжньої сили відносно осі, що проходить через центр ваги розтягнутої арматури з урахуванням впливу поздовжнього вигину:

$$e = e_0 \cdot \eta + 0,5 \cdot h_1 - a = 27,7 \cdot 1,273 + 0,5 \cdot 80 - 4 = 71,26 \text{ см}.$$

У випадку симетричного армування перетину висота стиснутої зони:

$$x = \frac{N_5}{\gamma_{b2} R_b b_1} = \frac{1246,9}{1,1 \cdot 8,5 \cdot 10^3 \cdot 0,5} = 0,267 \text{ м}.$$

Відносна висота стиснутої зони:

$$\xi = \frac{x}{h_{10}} = \frac{0,267}{0,76} = 0,35.$$

$$\omega = 0,85 - 0,008R_b\gamma_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 8,5 \cdot 1,1 = 0,775.$$

Гранична відносна висота стиснутої зони:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{SC,U}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,775}{1 + \frac{365}{400} \cdot \left(1 - \frac{0,775}{1,1}\right)} = 0,61 > \xi = 0,35,$$

отже, маємо перший випадок позацентрового стиску (випадок великих ексцентриситетів).

Для симетричного армування знаходимо:

$$A_s = A'_s = \frac{N_5 \left(e - h_{10} + \frac{N_5}{2R_b b_1 \gamma_{b2}} \right)}{R_{sc} (h_{10} - a')} = \frac{1246,9 \cdot 10^3 \cdot \left(71,26 - 76 + \frac{1246,9 \cdot 10^3}{2 \cdot 8,5 \cdot 10^2 \cdot 50 \cdot 1,1} \right)}{365 \cdot 10^2 \cdot (76 - 4)} = 4,08 \text{ см}^2.$$

Тому що, знайдене значення $A_s = 4,08 \text{ см}^2$ менше заданої, як мінімальне $A_s = 6,03 \text{ см}^2$, прийmemo 3Ø16 А-III з $A_s = 6,03 \text{ см}^2$.

Перевіримо необхідність розрахунку надкранової частини колони в площині, перпендикулярної до площини поперечної рами:

$$i' = \sqrt{\frac{b_1^2}{12}} = \sqrt{\frac{50^2}{12}} = 14,43 \text{ см};$$

$$l'_0 = 1,5H_1 = 1,5 \cdot 6,6 = 9,9 \text{ м} = 990 \text{ см};$$

$$\lambda' = \frac{l'_0}{i'} = \frac{990}{14,43} = 68,61.$$

Так як $\lambda' = 68,61 > \lambda = 57,17$, розрахунок із площини рами обов'язковий.

Розрахунок виробляється на сполучення зусиль №5, але $M'_5 = 0$.
 Випадковий ексцентриситет

$$e_a = \frac{H_1}{600} = \frac{660}{600} = 1,1 \text{ см} > 1 \text{ см.}$$

Робоча висота перетину:

$$h_{0b} = b_1 - a = 0,5 - 0,04 = 0,46 \text{ м.}$$

Умовна критична сила:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_0^2} \left[\frac{I}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta} + 0,1 \right) + \alpha I_s \right],$$

де $\beta = 1$ для важкого бетону;

$$I'_1 = \frac{0,8 \cdot 0,5^3}{12} = 0,0083 \text{ м}^4;$$

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M'_{5l}}{M'_{51}} = 1 + 1 \cdot \frac{226,1}{275,6} = 1,820;$$

де

$$M'_{5l} = 0 + N_l \left(e_a + \frac{h_{0b} - a'}{2} \right) = 0 + 1022,9 \left(0,011 + \frac{0,46 - 0,04}{2} \right) = 226,1 \text{ кНм};$$

$$M'_{51} = 0 + N_5 \left(e_a + \frac{h_{0b} - a'}{2} \right) = 0 + 1246,9 \left(0,011 + \frac{0,46 - 0,04}{2} \right) = 275,6 \text{ кНм};$$

$$\delta = \frac{e_a}{b_1} = \frac{0,011}{0,5} = 0,022;$$

$$\delta_{\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l'_0}{b_1} - 0,01 \cdot \gamma_{b2} \cdot R_b = 0,5 - 0,01 \frac{9,9}{0,5} - 0,01 \cdot 1,1 \cdot 8,5 = 0,209;$$

Так як $\delta < \delta_{\min}$, приймаємо $\delta = 0,209$;

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2 \cdot 10^5}{3,25 \cdot 10^4} = 6,154;$$

$$I'_s = 2A_s(0,5b_1 - a')^2 = 2 \cdot 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot (0,5 \cdot 0,5 - 0,04)^2 = 5,32 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4.$$

Одержимо:

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot 20,5 \cdot 10^6}{9,9^2} \left[\frac{0,0083}{1,820} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,209} + 0,1 \right) + 6,154 \cdot 5,32 \cdot 10^{-5} \right] = 3222 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт обліку впливу прогину на значення ексцентриситету:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_5}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1246,9}{3222}} = 1,631,$$

тоді відстань $e = e_a \eta + 0,5b_1 - a = 0,011 \cdot 1,631 + 0,5 \cdot 0,5 - 0,04 = 0,22$

м.

Далі обчислимо коефіцієнти

$$\alpha_n = \frac{N_5}{\gamma_{b2} R_b h_2 h_{0b}} = \frac{1246,9}{1,1 \cdot 8,5 \cdot 1000 \cdot 0,8 \cdot 0,46} = 0,362;$$

$$\alpha_s = \frac{\alpha_n \left(\frac{e}{h_{0b}} - 1 + \frac{\alpha_n}{2} \right)}{1 - \frac{a'}{h_{0b}}} = \frac{0,362 \cdot \left(\frac{0,22}{0,46} - 1 + \frac{0,362}{2} \right)}{1 - \frac{0,04}{0,46}} = -0,135 < 0,$$

отже арматури з розрахунку не потрібно

Остаточно приймаємо $3\varnothing 20$ А-III з $A_s = 9,42 \text{ см}^2$. Кількість стрижнів обрана в такий спосіб вибирається з тим розрахунком, щоб найбільша відстань між ними не перевищувала 400 мм. Поперечна арматура прийнята $\varnothing 6$ А-III із кроком 350 мм, що менше $20d = 20 \cdot 20 = 400 \text{ мм}$ і не більш 500 м

Розрахунок кроквяної ферми

Матеріал стрижнів ферм – сталь 3245 , $R=240 \text{ МПа.}=24 \text{ кН/см}^2$ ($t=2-20\text{мм}$).

Збір навантажень на ферму.

Пояса з таврів з рівнобіжними гранями полиць.

Постійне навантаження.

Навантаження від покриття (за винятком ваги ліхтаря) :

Вага ліхтаря , на відміну від розрахунку рами, враховується в місцях фактичного опирания на ферму.

Вага каркаса ліхтаря на одиницю площі горизонтальної проекції ліхтаря $g'_{\text{фон}}=0.1 \text{ кН/м}^2$.

Вага бортової стінки й оскління на одиницю довжини стінки $g_{\text{б.ст}}=2 \text{ кН/м}$.

Вузлові сили :

$$F_1=F_2=F_8=F_9= g'_{\text{кр}} \cdot B \cdot d=0.667 \cdot 12 \cdot 3=24 \text{ кН.}$$

$$F_3=F_7 =g'_{\text{кр}} \cdot B \cdot d+(g'_{\text{фон}} \cdot B \cdot 0.5 \cdot d+ g_{\text{б.ст}} \cdot B) \cdot \gamma_{\text{н}}= \\ =0.667 \cdot 12 \cdot 3+(0.1 \cdot 12 \cdot 0.5 \cdot 3+2 \cdot 12) \cdot 0.95=48.5 \text{ кН.}$$

$$F_4=F_6= g'_{\text{кр}} \cdot B \cdot (d+d/2)+(g'_{\text{фон}} \cdot B \cdot (d+d/2)) \cdot \gamma_{\text{н}}=0.667 \cdot 12 \cdot 4.5+(0.1 \cdot 12 \cdot 4.5) \cdot 0.95= 41 \text{ кН.}$$

Сили F_0 і F_{10} прикладені до колон і в розрахунку ферми не враховуються.

$$\text{Опорні реакції } F_{\text{AG}}=F_1 \cdot 2+F_3+F_4=2 \cdot 24+48.5+41=137.5 \text{ кН.}$$

Снігове навантаження.

Розрахункове навантаження :

$$p = p_0 \cdot \gamma_n \cdot n \cdot c = 1 \cdot 0.95 \cdot 1.45 \cdot c = 1.38 \cdot c$$

Вузлові сили :

1-й варіант снігового навантаження

$$F_{1p} = F_{2p} = F_{8p} = F_{9p} = p \cdot c_2 \cdot B \cdot d = 1.38 \cdot 1.13 \cdot 12 \cdot 3 = 56 \text{ кН.}$$

$$F_{3p} = F_{7p} = p \cdot B \cdot d \cdot (c_1 + c_2) / 2 = 1.38 \cdot 12 \cdot 3 \cdot (0.8 + 1.13) / 2 = 48 \text{ кН.}$$

$$F_{4p} = F_{6p} = p \cdot B \cdot (d + d/2) \cdot c_1 = 1.38 \cdot 12 \cdot 4.5 \cdot 0.8 = 60 \text{ кН.}$$

$$F_{Ap} = F_{1p} \cdot 2 + F_{3p} + F_{4p} = 2 \cdot 56 + 48 + 60 = 220 \text{ кН.}$$

2-й варіант снігового навантаження

$$F'_{1p} = F'_{9p} = p \cdot B \cdot d = 1.38 \cdot 12 \cdot 3 = 50 \text{ кН.}$$

$$F'_{2p} = p \cdot c_3 \cdot B \cdot d = 1.38 \cdot 2.6 \cdot 12 \cdot 3 = 129 \text{ кН.}$$

$$F'_{3p} = p \cdot B \cdot d / 2 \cdot c_3 = 1.38 \cdot 12 \cdot 3 / 2 \cdot 2.6 = 65 \text{ кН.} \quad F'_{4p} = F'_{5p} = F'_{6p} = 0 \text{ кН.}$$

$$F'_{7p} = p \cdot c_4 \cdot B \cdot d / 2 = 1.38 \cdot 2.07 \cdot 12 \cdot 3 / 2 = 51 \text{ кН.}$$

$$F'_{8p} = p \cdot B \cdot d \cdot c_4 = 1.38 \cdot 12 \cdot 3 \cdot 2.07 = 103 \text{ кН.}$$

$$F'_{Ap} = (50 \cdot 26.5 + 129 \cdot 23.5 + 65 \cdot 20.5 + 51 \cdot 8.5 + 103 \cdot 5.5 + 50 \cdot 2.5) / 29 = 235 \text{ кН.}$$

$$F'_{Bp} = 50 + 129 + 65 + 51 + 103 + 50 - 235 = 213 \text{ кН.}$$

Навантаження від рамних моментів.

1-я комбінація :

$$M_{1\max} = -681 \text{ кН}\cdot\text{м} ; M_{2\text{соот}} = -285.1 \text{ кН}\cdot\text{м} \text{ (сполучення 1,2,3*,4*,5*)}.$$

2-я комбінація :

$$M_1 = -681 - (-199) = -482 \text{ кН}\cdot\text{м} ; M_{2\text{соот}} = -285.1 - (-199) = -86.1 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Навантаження від розпору.

1-я комбінація :

$$N_1 = -12.3 + (-21 - 94 - 31 + 29) \cdot 0.9 = -117.6 \text{ кН/м.}$$

$$H_2 = -12.3 + (-21 + 43 - 5.6 + 22) \cdot 0.9 = 22.3 \text{ кН/м.}$$

2-я комбінація :

$$H_1 = -117.6 + 0.9 \cdot 21 = -98.7 \text{ кН/м.}$$

$$H_2 = 28.6 + 0.9 \cdot 21 = 41.2 \text{ кН/м.}$$

3) Визначення зусиль у стержнях ферми.

При кресленні схеми ферми за розрахункову висоту приймається відстань між осями поясів. Ухилом ферми $i=0.015$ зневажаю.

Результати розрахунку зведені в таблицю.

4) Розрахунок зварювальних швів прикріплення розкосів і стійок до фасонкам і поясів ферми.

Для зварювання вузлів ферми застосовуємо напівавтоматичне зварювання дротом Св-08М2С $d=1,4 \dots 2$ мм ; $R_{yш}^{cb} \cdot \beta = 21,5 \cdot 0,9 = 19,3$ кН/см²; $R_{yc}^{cb} = 0,45 \cdot 370 \cdot 1,05 = 17.5$ кН/см²; $l_{ш} = N/2 \cdot k_{ш} \cdot (\gamma_y^{cb} \cdot R_{yc}^{cb} \cdot \beta)_{\min} + 1$.
Розрахунок швів приведений у табл. 1.7

Таблиця 1.7 - Розрахунок зварних швів

| № стержня | Перети н | [N] кН | Шов по обушку | | | Шов по перу | | |
|-----------|---------------|--------|---------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | | | $N_{об}$ | $k_{ш}$ | $l_{ш}$ | $N_{об}$ | $k_{ш}$ | $l_{ш}$ |
| 2-3 | 80x6 | 216 | 162 | 0,4 | 13 | 54 | 0,4 | 5 |
| 3-5,5-6 | 140x10 | 615 | 461 | 0,6 | 23 | 154 | 0,6 | 8 |
| 6-8,8-9 | 140x10 | 867 | 650 | 0,8 | 24 | 217 | 0,8 | 9 |
| 1-4 | 110x7 | 331 | 248 | 0,4 | 19 | 83 | 0,4 | 7 |
| 4-7 | 160x10 0x9 | 771 | 578 | 0,8 | 22 | 193 | 0,8 | 8 |
| 7-10 | 160x10 | 867 | 650 | 0,8 | 24 | 217 | 0,8 | 9 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|-----|-----|-----|----|-----|-----|---|
| | 0x9 | | | | | | | |
| 1-3 | 100x10 | 485 | 364 | 0,8 | 14 | 121 | 0,8 | 5 |
| 3-4 | 80x6 | 405 | 304 | 0,8 | 12 | 101 | 0,8 | 5 |
| 4-6 | 100x8 | 277 | 208 | 0,5 | 13 | 69 | 0,5 | 5 |
| 6-7 | 50x5 | 150 | 113 | 0,4 | 9 | 38 | 0,4 | 4 |
| 7-9 | 75x6 | 32 | 24 | 0,4 | 3 | 8 | 0,4 | 2 |
| 4-5 | 75x6 | 153 | 115 | 0,4 | 9 | 38 | 0,4 | 4 |
| 8-7 | 63x6 | 101 | 76 | 0,4 | 6 | 25 | 0,4 | 3 |

Розрахунок вузлів ферми.

Проміжний вузол ферми з парних куточків.

Куточки і фасонка виконані зі сталі 3245 кріплення роблять напіваавтоматичним зварюванням електродами Э42.

Перевірка міцності стику.

Стик пояса зміщений у панель з меншим зусиллям , при цьому величина зсуву така, що зусилля в розкосах не впливають на роботу стику.

Горизонтальні полки куточків пояса (Г - 110x7) перекриваються в стику двома накладками, вертикальні – фасонкой.

Розміри накладок зі сталі 3245 підбираємо з умови їхньої рівноміцності з горизонтальними полками ($A_H=11 \cdot 0,7=7,7 \text{ см}^2$); приймаємо $b=16+3-4=15\text{см}$, при $t=0,6\text{см}$ одержуємо $A_H^{\text{Факт}}=15 \cdot 0,6=9\text{см}^2$.

Перетин, що включається в розрахунок, условия визначаємо з умови його рівноміцності з вертикальними полками $A_{\phi} = 2(A_{\text{в.п.}}=2(11(0,7=15,4\text{см}^2$; відповідна висота перетину, що включається в розрахунок, фасонки

$$h_{\phi} = \frac{A_{\phi}}{t_{\phi}} = \frac{15.4}{1.4} = 11 \text{ см}$$

Міцність стику перевіряється в припущенні центрального його нагруження силою $1,2 \cdot N_1$ (коефіцієнт 1,2 враховує умовність розрахункової схеми стику):

$$\sigma = \frac{1,2 \cdot N}{2 \cdot A_H + A_{\phi}} = \frac{1,2 \cdot 331}{2 \cdot 9 + 15,4} = 11,89 \text{ кН/см}^2 < R = 24 \text{ кН/см}^2$$

Прикріплення пояса до накладок.

Шви «А» прикріплення горизонтальної полиці пояса до накладки розраховуємо по граничному зусиллю, сприйманому накладкою $[N_H] = A_H \cdot R = 7,7 \cdot 24 = 185 \text{ кН}$. Приймаємо $k_{ш} = 0,4 \text{ см}$; $\beta_{ш} = 0,9$ (см. вище), тоді

$$l_{ш}^{треб} = \frac{[N_{\phi}]}{2 \cdot \beta_{ш} \cdot k_{ш} \cdot R_{yш}^{св}} + 1 \text{ см} = \frac{185}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 18} + 1 = 16 \text{ см}$$

Прикріплення пояса до фасонке ліворуч від стику.

Шви «Б» прикріплення вертикальних полиць пояса до фасонке розраховуємо по граничному зусиллю, сприйманому розрахунковим перетином фасонки $[N_{\phi}] = A_{\phi} \cdot R = 15,4 \cdot 24 = 370 \text{ кН}$. Приймаємо $k_{ш} = 0,4 \text{ см}$; $\beta_{ш} = 0,9$; тоді

$$l_{ш}^{треб} = \frac{[N_{\phi}]}{4 \cdot \beta_{ш} \cdot k_{ш} \cdot R_{yш}^{св}} + 1 \text{ см} = \frac{370}{4 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 18} + 1 = 17 \text{ см}$$

Прикріплення пояса до фасонки праворуч від стику.

Зусилля, що зрушує, на 2 шви «У»:

$$N_{об} = (1 - \alpha) \cdot N_2 - 2 \cdot \frac{N_1 \cdot A_H}{2 \cdot A_H + A_\phi} = (1 - 0.3) \cdot 771 - 2 \cdot 331 \cdot \frac{7.7}{2 \cdot 7.7 + 15.4} = 374 \text{ кН}$$

Зусилля, що зрушує, на 2 шви «Г»:

$$N_n = \alpha \cdot N_2 = 0.3 \cdot 771 = 231 \text{ кН}$$

При $k_{ш}=0,6$ і $\beta_{ш}=0,9$ включаємо в розрахунок $l_{ш}=85 \cdot \beta_{ш} \cdot k_{ш}=46 \text{ см}$,

тоді для більш навантажених швів «У»: $\tau_{ш} = \frac{374}{2 \cdot 0.6 \cdot 0.9 \cdot 46} = 7.53 < R_{уш}^{св}$

Укрупнений зварний стик верхнього поясу ферми з парних куточків.

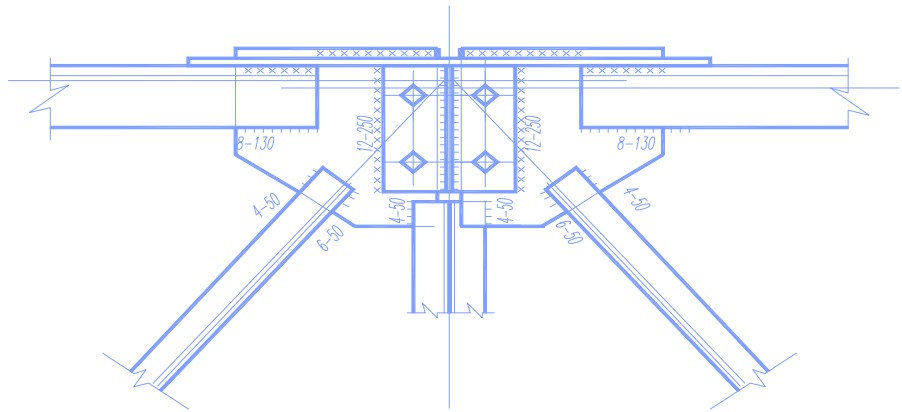


Рисунок 1.8 – Розрахункова схема

Укрупнений зварний стик нижнього поясу проектується аналогічно.

Перевірка міцності стику.

Розміри горизонтальних накладок і фасонки підбираємо з умови їхньої рівномірності з перекрива горизонтальними і вертикальними полками пояса (γ - 140x10):

Розміри накладок зі сталі 3245 ($A_H=14 \cdot 1,0=14 \text{ см}^2$); приймаємо $b=14+3=17 \text{ см}$, при $t=1,0 \text{ см}$ одержуємо $A_H^{\text{Факт}}=17 \cdot 1,0=17 \text{ см}^2$.

Перетин, що включається в розрахунок, фасонки $A_\phi = 28 \text{ см}^2$; відповідна висота перетину, що включається в розрахунок, фасонки

$$h_\phi = \frac{A_\phi}{t_\phi} = \frac{28}{1.4} = 20 \text{ см}$$

Міцність із площею перетину $(2 \cdot A_H + A_\phi)$ перевіряємо в припущенні центрального нагруження силою $N_{\text{ст}} = 1,2 \cdot (N + N_p \cdot \cos \alpha)$, але не менш $1,2 \cdot N$, якщо знаки зусиль різні: $N_{\text{ст}} = 1,2 \cdot (867 + 32 \cdot \cos 46^\circ) = 1067 \text{ кН}$.

$$\sigma = \frac{N}{2 \cdot A_H + A_\phi} = \frac{1067}{2 \cdot 17 + 28} = 17,2 \text{ кН/см}^2 < R = 24 \text{ кН/см}^2$$

Прикріплення пояса до накладок.

Шви «А» прикріплення горизонтальної полиці пояса до накладки розраховуємо по граничному зусиллю, сприйманому накладкою $[N_H] = A_H \cdot R = 17 \cdot 24 = 408 \text{ кН}$. Приймаємо $k_{\text{ш}} = 0,6 \text{ см}$; $\beta_{\text{ш}} = 0,9$; тоді

$$l_{\text{ш}}^{\text{треб}} = \frac{[N_\phi]}{\beta_{\text{ш}} \cdot k_{\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}}} + 2 \text{ см} = \frac{408}{0,9 \cdot 0,6 \cdot 18} + 2 = 44 \text{ см}$$

Приймаємо довжину швів: уздовж накладки – 30 см, по скосі накладки – 14 см.

Прикріплення пояса до фасонки ліворуч від стику.

Шви «Б» прикріплення вертикальних полиць пояса до фасонки розраховуємо по граничному зусиллю, сприйманому розрахунковим перетином фасонки $[N_\phi]=A_\phi \cdot R=28 \cdot 24=672 \text{кН}$. Приймаємо $k_{ш}=0,6 \text{см}$; $\beta_{ш}=0,9$; тоді

$$l_{ш}^{проб} = \frac{[N_\phi]}{4 \cdot \beta_{ш} \cdot k_{ш} \cdot R_{yш}^{сб}} + 1 \text{см} = \frac{672}{4 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 18} + 1 = 19 \text{см}$$

Стик фасонки

Висоту вертикальних накладок стику приймаємо $h_H = 29 \text{см} > h_\phi = 20 \text{см}$.

Площа перетину двох накладок повинна бути не менш A_ϕ , відкіля

$$t_n^{проб} = \frac{A_\phi}{2 \cdot h_n} = \frac{28}{2 \cdot 29} = 0,48 \text{см}, \text{ але не менш } t_\phi/2=0,7 \text{см}; \text{ приймаємо } t_n = 1,0 \text{см}$$

як і для горизонтальних накладок.

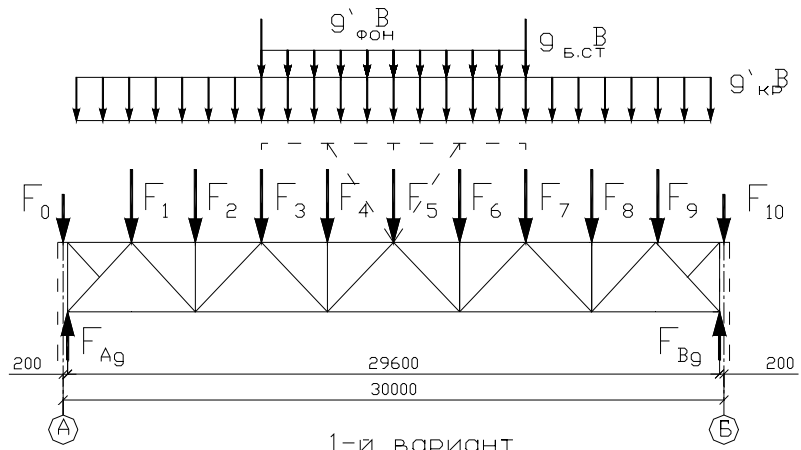
З умови міцності швів «Б» і фасонки (у розрахунку на 1 см довжини шва) $4 \cdot \beta_{ш} \cdot k_{ш} \cdot R_{yш}^{сб} = t_\phi \cdot 1 \cdot R$ визначаємо:

$$(\beta_{ш} \cdot k_{ш})^{проб} = \frac{t_\phi \cdot R}{2 \cdot R_{yш}^{сб}} = \frac{1,4 \cdot 24}{2 \cdot 18} = 0,93 \text{см}, \text{ що забезпечується при}$$

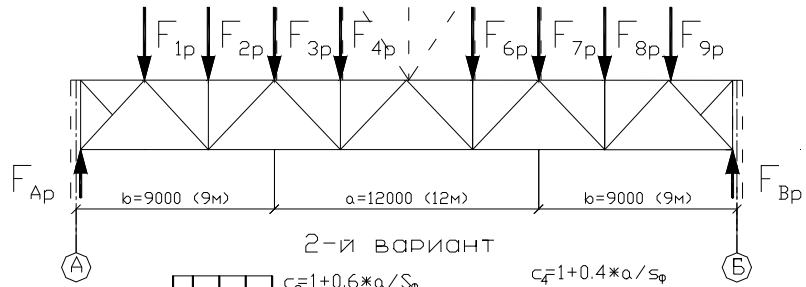
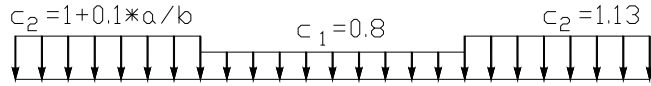
$k_{ш}=1,2 \text{см}$; $\beta_{ш}=0,8$. З обліком $k_{ш}=1,2 \text{см}$ остаточно приймаємо товщину всіх накладок у стику $t=1,2 \text{см}$.

Висновок: результати розрахунку дозволяють використовувати прийняті елементи конструкцій в запроектованій будівлі.

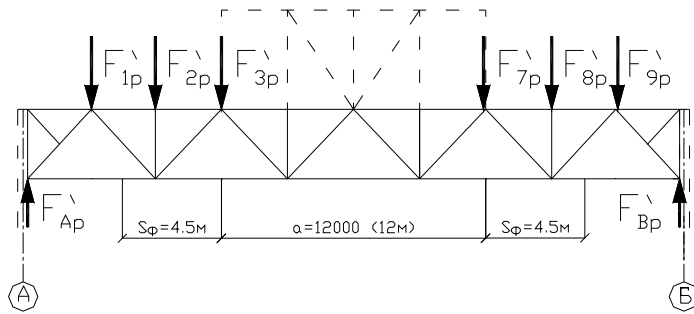
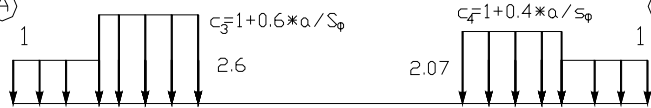
$$g_{кр} = (g_{кр} - n \cdot g_{фон}) \cdot \gamma_n = (0,86 - 1,05 \cdot 0,15) \cdot 0,95 = 0,667 \text{кН/м}^2.$$



1-й ВАРИАНТ



2-й ВАРИАНТ



Висновки

На основі результатів досліджень, виконано розрахунки, що підтверджують стійкість будівлі у випадку дії небезпечних факторів та рекомендації, щодо врахування аналогічних впливів під час проектування будівель, що відносяться до такої категорії небезпеки.

Розроблено методику розрахунку з врахуванням додаткового коефіцієнта запасу надійності.

Розроблено елементи проектування будівельних процесів та будівельного плану на етапі виконання робіт по зведенню огорожуючих конструкцій.

Список використаних джерел

1. ДБН 360-92. Містобудування. Панування і забудова міських і сільських поселень/ Держкомітет України.– К.: 1992.– 66 с.
2. ДБН Д 2.2-1-99. Збірник 1. Земляні роботи. Госкомітет будівництва, архітектури і житлової політики України/ Госстрой України.– Київ, 2000.
3. ДБН Д 2.2-7-99. Збірник 7. Бетонні та залізобетонні конструкції збірні. Госкомітет будівництва, архітектури і житлової політики України/ Госстрой України.– Київ, 2000.
4. ДБН Д 2.2-8-99. Збірник 8. Конструкції з цегли та блоків. Госкомітет будівництва, архітектури і житлової політики України/ Госстрой України.– Київ, 2000.
5. ДБН Д 2.2-10-99. Збірник 10. Дерев'яні конструкції. Госкомітет будівництва, архітектури і житлової політики України/ Госстрой України.– Київ, 2000.
6. ДБН Д 2.2-11-99. Збірник 11. Підлоги. Госкомітет будівництва, архітектури і житлової політики України/ Госстрой України.– Київ, 2000.
7. ДБН Д 2.2-12-99. Збірник 12. Покрівля. Госкомітет будівництва, архітектури і житлової політики України/ Госстрой України.– Київ, 2000.
8. ДБН Д 2.2-15-99. Збірник 15. Оздоблювальні роботи. Госкомітет будівництва, архітектури і житлової політики України/ Госстрой України.– Київ, 2000.

9. ДБН Д 2.2-17-99. Збірник 17. Водопровід і каналізація – внутрішнє обладнання. Госкомітет будівництва, архітектури і житлової політики України/ Госстрой України.– Київ, 2000.
10. ДСТУ Б А.2.4-6-95 (ГОСТ 21.508-93). Правила виконання робочої документації генеральних планів підприємств, споруд та житлових об'єктів/ Держкомітет України у справах містобудування і архітектури – Київ: 1996.– 42 с.
11. СНиП II-3-79**. Строительная теплотехника/ Госстрой СССР.– М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.– 32 с.
12. СНИП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия/ Госстрой СССР.– М.: Стройиздат, 1988.– 36 с.
13. СНИП III-4-80. Техника безопасности в строительстве/ Госстрой СССР.– М.: Стройиздат, 1981.– 255 с.
14. СНИП II-25-80. Деревянные конструкции/ Госстрой СССР.– М.: Стройиздат, 1982.– 66 с.
15. СНИП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.– М.: Стройиздат, 1983.
16. Містобудування. Довідник проектувальника/ за ред. Т.Ф.Панченко. Укрархбудінформ.– К.: 2001.– 192 с.
17. Справочник по инженерно-строительному черчению/ Рускевич Н.Л., Ткач М.Н., -2-е изд., перераб. и доп.– Киев: Будівельник, 1987.– 264 с.
18. Методические указания к практическим занятиям “Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций с применением программируемых микрокалькуляторов”/ Шеховцов П.Ф., Шуйван В.И, Антонов Ю.А.– Кривой Рог: КГРИ, 1987.– 20 с.
19. Методические указания по выполнению вертикальной планировки и привязки зданий и сооружений к местности/

- Шеховцов П.Ф., Антонов Ю.А.– Кривой Рог: КГРИ, 1982.– 20 с.
20. Инженерное благоустройство городских территорий/ Бакутис В.Э., Бутягин В.А., Лунц Л.Б.– М.: Стройиздат, 1971.– 224 с.
21. Курсовое проектирование по градостроительству./ Г.Ф.Богатский, А.И.Бондаренко, Т.Д.Дмитренко и др.– К.: Будівельник, 1968.– 284 с.
22. Методические указания к разработке архитектурно-строительной части дипломного проекта/ Зелинский А.С.– Кривой Рог: КГРИ, 1987.– 16 с.
23. Благовещенский Ф.А., Букина Е.Ф./ Архитектурные конструкции: Учебник для строительных техникумов по спец. “Архитектура”.– М.: Высш.шк., 1985.– 230 с., ил.
24. Расчёт и конструирование частей жилых и общественных зданий. Справочник проектировщика/ Вахненко П.Ф., Хилобок В.Г., Андрейкр Н.Т., Яровой М.Л.; Под ред. П.Ф.Вахненко.– К.: Будівельник, 1987.– 424 с.
25. Оценка технического состояния строительных конструкций реконструируемых зданий/ В.В.Савйовский, И.В.Черняковская.– Харьков: и.д. “Ватерпас”, 2002.
26. Строительные краны. Справочное пособие. Издание второе, переработанное и дополненное. Барг И.З. и др.– К.: Будівельник, 1974.– 336 с.
27. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: Навчальний посібник.– Київ: Основа, 2001.– 336 с.
28. Методические указания к написанию раздела “Охрана труда” в дипломном проекте. Составил Ф.С.Разкевич.

29. Экология для технических вузов. Серия “Учебники для технических вузов”. п/р В.И.Колесников. Ростов н/Д: Феникс, 2001.– 384 с.
30. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Економіка будівництва”. Склали А.Г.Темченко, С.В.Максимов.