

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»
ЦЕРКВА у с. БІЛИЧІ КОВЕЛЬСЬКОГО РАЙОНУ**

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи БЦІм-21

ПЕТРУК Юрій Миколайович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

РОТКО Світлана Володимирівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«12» 12 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

КИСЛЮК Дмитро Ярославович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія»

Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Промислове та цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

_____ ПЕТРУКУ Юрію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Церква у с. Біличі Ковельського району

Керівник роботи Світлана РОТКО, к.т.н., доцент,

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

затвердені наказом закладу вищої освіти від " 05 " лютого 2025 року №68/01-02
та змінами до цього наказу №439/01-02 від 23 жовтня 2025 року.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 01 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи район будівництва, ситуаційна схема ділянки, інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, схеми планів, фасадів та розрізів будівлі

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

об'ємно-планувальне рішення; архітектурно-конструктивне рішення; інженерне обладнання (принципове вирішення водопостачання і водовідведення, теплогазопостачання); будівельна фізика (теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни, покриття або розрахунок освітлення);

техніко-економічні показники проєкту. Обґрунтування вибору конструкцій. Проєктування таких несучих конструкцій будівлі: монолітних колон і балок.

Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів; складання календарного плану або сіткового графіка будівництва; проєктування бюджету об'єкта, розробка технологічної карти на кладку стін з газоблоків.

Складання локального кошторису на загальнобудівельні роботи. Заходи з охорони праці.

Наукова частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): архітектурно-будівельна частина виконується на стадії робочого проєкту, включає: плани, фасади, розрізи, схеми елементів покриття, перекриття, покрівлі та фундаментів будівлі.

Розрахунково-конструктивна частина виконується на стадії робочого проєкту, викреслюють основні несучі конструкції запроєктованої будівлі, розраховані у розділі 2.

Розділ "Технологія та організація будівництва" виконується на стадії робочого проєкту, включає проєкт виконання робіт, будівельний генеральний план, календарний або сітковий графік зведення об'єкту, технологічна карта.

Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина	САМЧУК В.П., к.т.н., доцент	05.02.2025	14.10.2025
2. Розрахунково-конструктивна частина	РОТКО С.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	25.10.2025
3. Технологія та організація будівництва	ЧАПЮК О.С., к.т.н., доцент	05.02.2025	25.10.2025
4. Економічна частина	РОТКО С.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	29.11.2025
5. Охорона праці	РОТКО С.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	29.11.2025
6. Наукова частина	РОТКО С.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	29.11.2025

7. Дата видачі завдання " 05 " лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір вихідних даних за темою роботи. Виконання архітектурно-будівельної частини	14.10.2025	
2	Виконання розрахунково-конструктивного розділу. Виконання розділу з технології та організації будівництва	25.10.2025	
3	Складання кошторису. Розробка розділу з охорони праці. Виконання наукової частини	29.11.2025	
4	Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	04.12.2025	
5	Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію	12.12.2025	
6	Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	12.12.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи	18.12.2025, 20.12.2025	

Здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Юрій ПЕТРУК

(ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Світлана РОТКО

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

ПЕТРУК Ю.М. Назва теми: «Церква у с. Біличі Ковельського району». Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Будівництво та цивільна інженерія», спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота складається із шести розділів, літератури, додатків.

В архітектурно-будівельній частині розроблено об'ємно-просторове та архітектурно-конструктивне рішення споруди. У графічній частині представлено плани поверхів, розрізи, фасади, вузли, деталі.

У розрахунково-конструктивній частині виконано проектування споруди у програмі КОМПОНОВКА ПК МОНОМАХ, розрахунок і конструювання колон, балок. Графічна частина представлена трьома аркушами.

У розділі «Технологія та організація будівництва» підраховано об'єми робіт, підібрано монтажний кран, розроблено ТК на влаштування кладки стін і перегородок із газоблоків, складено календарний графік будівництва, запроєктовано будгенплан. Графічна частина представлена трьома аркушами.

В економічній частині проекту складено локальний кошторис на загально-будівельні роботи зі зведення будівлі.

У розділі «Охорона праці» наведено вимоги до безпечного виконання монтажних робіт на висоті, при влаштуванні куполів.

У науковій частині досліджено конструктивні рішення для купольних систем у сакральній архітектурі.

Ключові слова: сакральні споруди, купольні системи, оболонки, мембранні зусилля, теорія Тимошенка, Войновського-Крігера.

ABSTRACT

PETRUK Y.M. Title of the topic: "Church in the village of Bilychi, Kovel district." Manuscript.

Qualification work of the master of the OP "Construction and civil engineering," specialty 192 Construction and civil engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

Qualification work consists of six sections, literature, appendices.

In the architectural and construction part, a volumetric and architectural and structural solution of the structure was developed. The graphic part presents floor plans, sections, facades, nodes, and details.

In the calculation and structural part, the design of the structure was performed in the KOMPONOVKA PC MONOMAKH program, including the calculation and design of columns and beams. The graphic part is presented in three sheets.

In the section "Technology and organization of construction" the volumes of work were calculated, an assembly crane was selected, a technical specification for the installation of walls and partitions from gas blocks was developed, a construction schedule was drawn up, and a budget plan was designed. The graphic part is presented in three sheets.

In the economic part of the project, a local estimate was drawn up for general construction work on the construction of the building.

In the section "Occupational safety" the requirements for the safe performance of installation work at height when installing domes, are given.

In the scientific part, constructive solutions for dome systems in sacral architecture were investigated.

Keywords: sacral structures, dome systems, shells, membrane forces, Tymoshenko, Voynovsky-Krieger theory.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Архітектурно-будівельна частина	8
1.1. Об'ємно-планувальні рішення.....	8
1.2. Конструктивні рішення.....	9
1.3. Інженерне обладнання.....	13
1.4. Будівельна фізика.....	14
1.5. Техніко-економічні показники	16
2. Розрахунково-конструктивна частина.....	17
2.1. Обґрунтування вибору конструкцій	17
2.2. Проектування церкви із використанням програми КОМПОНОВКА.....	18
2.3. Розрахунок і конструювання монолітних колон каркасу.....	26
2.3. Розрахунок і конструювання балки Б-1.....	42
3. Технологія та організація будівництва.....	46
3.1. Обсяги робіт. Зведена відомість	46
3.2. Методи та способи виконання основних робіт.....	48
3.3. Підбір монтажного крану.....	48
3.5. ТК на кладку стін з газоблоків.....	49
3.6. Календарний план.....	49
3.7. Будгенплан.....	49
4. Економіка будівництва.....	52
5. Охорона праці	52
6. Наукова частина.....	53
Конструктивні рішення для купольних систем у сакральній архітектурі.....	53
Висновки.....	67
Література	69

Вступ

У даній випускній роботі розроблено проєкт церкви у с. Біличі, згідно з завданням і чинними нормативами [1,2].

Будівництво церкви запроєктовано у кліматичному районі I [3, рис. 1]).

За [4, табл. 1] клас наслідків визначено як СС 2.

Експлуатація будівлі передбачена на термін 100 років [4, табл. 2]).

Ступінь вогнестійкості будівлі – IIIа за [5, дод. Д].

Сніговий район – 4 (значення ваги снігового покриву – 1200 Па), вітровий район – 3 (значення вітрового тиску – 460 Па) за [6].

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту складає 0,9 м.

Ділянка під будівництво церкви Святого Василя Великого розташована на розі вулиць Ковельської і Підрічної у с. Біличі. Основний вхід і підїзд до храму запроєктовано з боку вул. Ковельської. Проєктом передбачено благоустрій прилеглої території, у т.ч. мощення тротуарів і доріжок бетонною плиткою, а також дві автопарковки, по вул.Ковельській, та Підрічній з посиленням мощенням з асфальтобетону.

Територія, що прилягає до ділянки з півночі та заходу, забудована існуючою малоповерховою (один-чотири поверхи) житловою забудовою; з півдня – сільськогосподарськими землями.

Відведення зливових вод від проєктованої будівлі передбачене по рельєфу на понижені місця незамощеної території, де вона буде фільтруватися в ґрунт.

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра інструменти штучного інтелекту не використовувались для редагування та форматування тексту чи генерації контенту. Для опрацювання літератури – використовувались як допоміжний засіб для пошуку інформаційних та літературних джерел, а саме: книг, статей, тез та інших наукових публікацій; нормативних та інших документів (Законів України, ДБН, ДСТУ тощо).

Усі твердження, висновки та результати дослідження належать автору та ґрунтуються на власному аналізі, а отримані результати від генеративного ШІ були перевірені на достовірність та відповідність академічній доброчесності.

Розділ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНЕ РІШЕННЯ

1.1. Об'ємно-планувальні рішення

Проектом передбачено будівництво православного храму Київського патріархату – церкву Святого Василя Великого у с. Біличі Ковельського району Волинської області.

Об'ємно-планувальна структура православного храму Київського патріархату передбачає наявність таких обов'язкових структур і елементів, які забезпечують необхідну трьохчасність храму: східна алтарна частина, неф (центральна частина) та західна прибудова (притвор або нардекс). Ці основні частини храму розташовані по осі схід-захід.

Алтарна частина храму має напрямок на точку сходу сонця в день Святого Василя Великого (1 січня кожного року) та забезпечує розташування власне алтаря, престолу, жертовника та інших богослужбових приналежностей. В правому, південному напівкрузжі алтарного простору розташовується дияконник (ризниця), в лівому північному напівкрузжі – пономарка. В східній стороні алтарної частини є можливість розташувати три зімкнуті напівкруглі ніші — апсиди (більша — посередині та дві менші — по боках). Алтарна частина відокремлюється від загального огляду іконостасом. Крім царських врат, згідно з вимогами православного богослужіння, в іконостасі необхідно передбачити ще двоє дверей — північні та південні. Наявний перед іконостасом простір забезпечує влаштування одно- або декількаступінчастої солеї, амвону та аналою для проведення богослужіння та літургійного дійства. Розташування кліросів для півчих в лівій і правій частини солеї, які повинні обов'язково відгороджуватися решіткою від основного простору церкви, тобто від прихожан-богомольців, реалізована об'ємно-планувальна структура не передбачає.

Нефова частина храму складається з центрального та двох бічних нефів (зал), що забезпечують прохід до алтарної частини храму.

«Середня частина храму символізує Корабель порятунку, Ноїв Ковчег, тверду землю, місце де розміщуються віряни та проводять літургійні дійства» [25].

Західна прибудова (притвор) слугує центральним входом до храму. Переднє приміщення нардек слугує тамбуром у зимовий період. Хори для літургійного дійства розташовуватимуться на другому ярусі притвору навпроти іконостасу згідно з канонічними вимогами.

1.2. Конструктивні рішення

Фундаменти будівлі запроектовані стрічковими, збірними залізобетонними з бетону кл. С12\15. Відмітка закладання -2.500 (див. рис. 1.1). По верху фундаментів передбачене влаштування з/б монолітного поясу (відм. низу -0,450) – див. рис. 1.2.

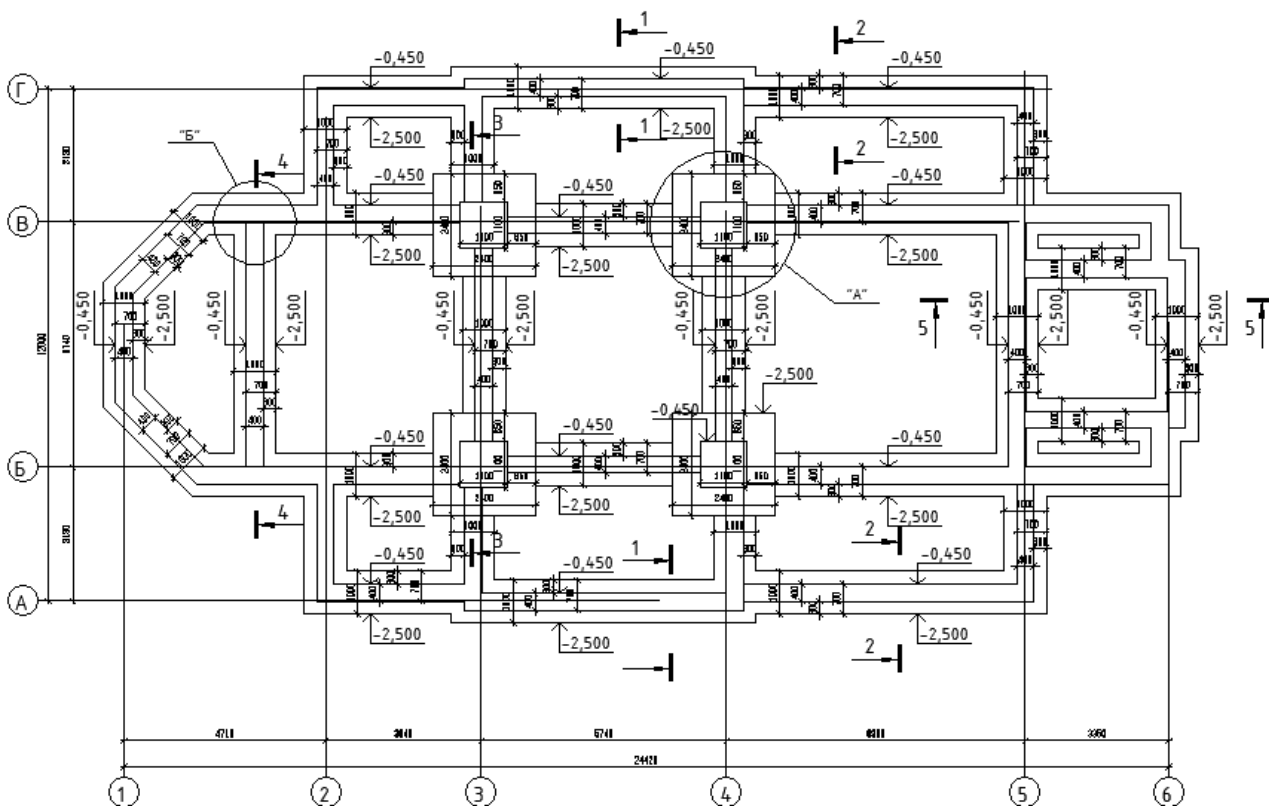


Рис. 1.1. План фундаментів церкви на відм. -2,500

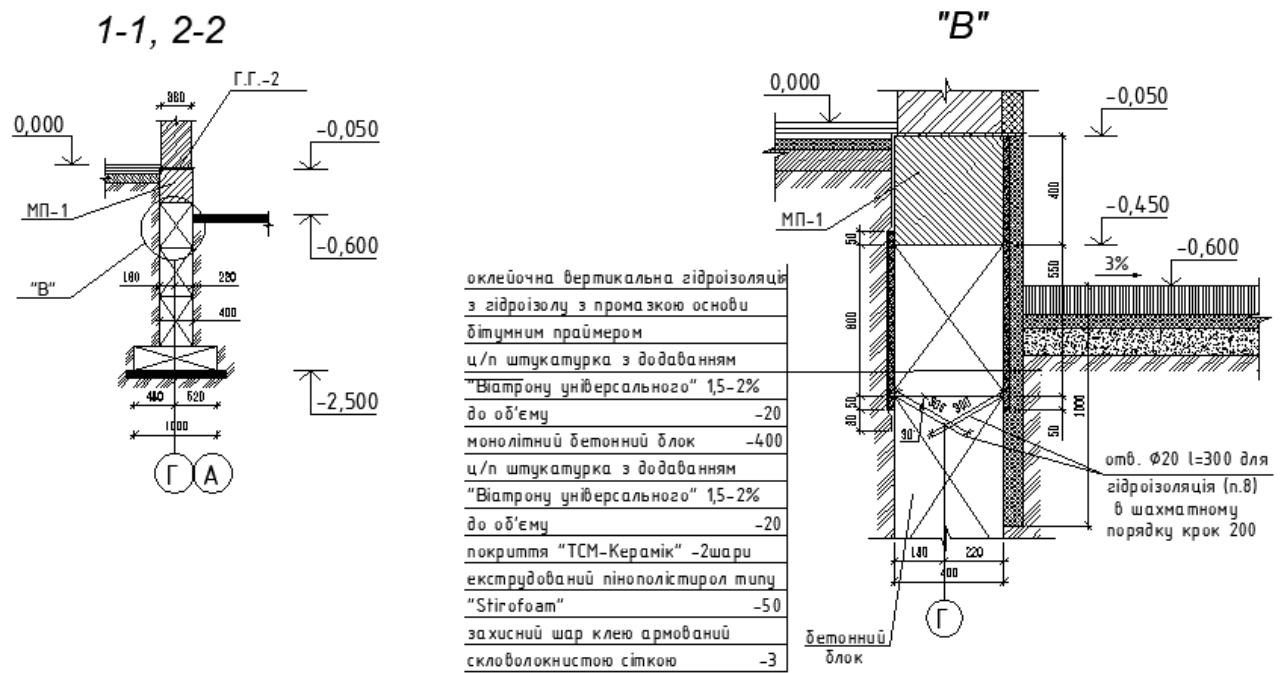


Рис. 1.2. Розрізи 1-1, 2-2, вузол В

Каркас будівлі запроєктовано монолітним у два яруси, з бетону класу С12\15, армований робочою арматурою кл. А400С.

Посередині храму в осях 3-4 і Б-В запроєктовано чотири потужні цегляні стовпи (колони), які підтримують найбільший із трьох куполів, діаметром 6,5 м. Ці стовпи символізують апостолів, єпископів, мучеників – всіх, хто проповідував слово Боже.

Стіни храму самонесучі – з газосилікатних блоків $\gamma=600$ кг/м³ на ц/п розчині М100.

Перекрыття – залізобетонне монолітне з бетону кл. С12\15, з робочою арматурою кл. А400С.

Покриття – по металевих фермах (кружалах) та по дерев'яних кроквах, покрівля – з металевого оцинкованого листа та металевого листа з декоративним покриттям.

Таблиця 1.1. Специфікація столярних виробів

Марка, поз.	Розміри прорізу, ВхН, мм	Позначення	Найменування	К-сть	Примітки
		Блоки дверні			
Д-1	1800x2700	Інд.замовлення	Двері зовнішні, засклені, двополі	3	
Д-2	910x2070	Інд.замовлення	Двері внутр., глухі, дерев'яні, ліві	2	
Д-3	910x2070	Інд.замовлення	Двері зовн., глухі, дерев'яні, праві	1	
Д-4	1800x2700	Інд.замовлення	Двері внутр., засклені, двополі	1	
Д-5	910x2070	Інд.замовлення	Двері внутр., глухі, дерев'яні, праві	2	
		Блоки віконні			
В-1	900x1350	Інд.замовлення	Вікно ПВХ 860x1300	11	аркове
В-2	900x1800	Інд.замовлення	Вікно ПВХ 860x1760	9	
В-3	900x1800	Інд.замовлення	Вікно ПВХ 860x1300	2	аркове
В-4	750x2700	Інд.замовлення	Вікно ПВХ 700x2660	2	
В-5	Ф 600	Інд.замовлення	Вікно ПВХ діам. 600	3	кругле
В-6	750x2700	Інд.замовлення	Вікно ПВХ 700x2060	8	аркове
В-7	900x2550	Інд.замовлення	Вікно ПВХ 860x2500	8	аркове
В-8	450x1500	Інд.замовлення	Вікно ПВХ 400x1450	6	аркове
В-9	750x1800	Інд.замовлення	Вікно ПВХ 700x1750	2	
		Ніші			
Н-1	900x2550	Інд.замовлення	Ніша стінова (на відм. +0,900)	4	аркова
Н-2	900x2550	Інд.замовлення	Ніша стінова (на відм. +3,750)	1	аркова

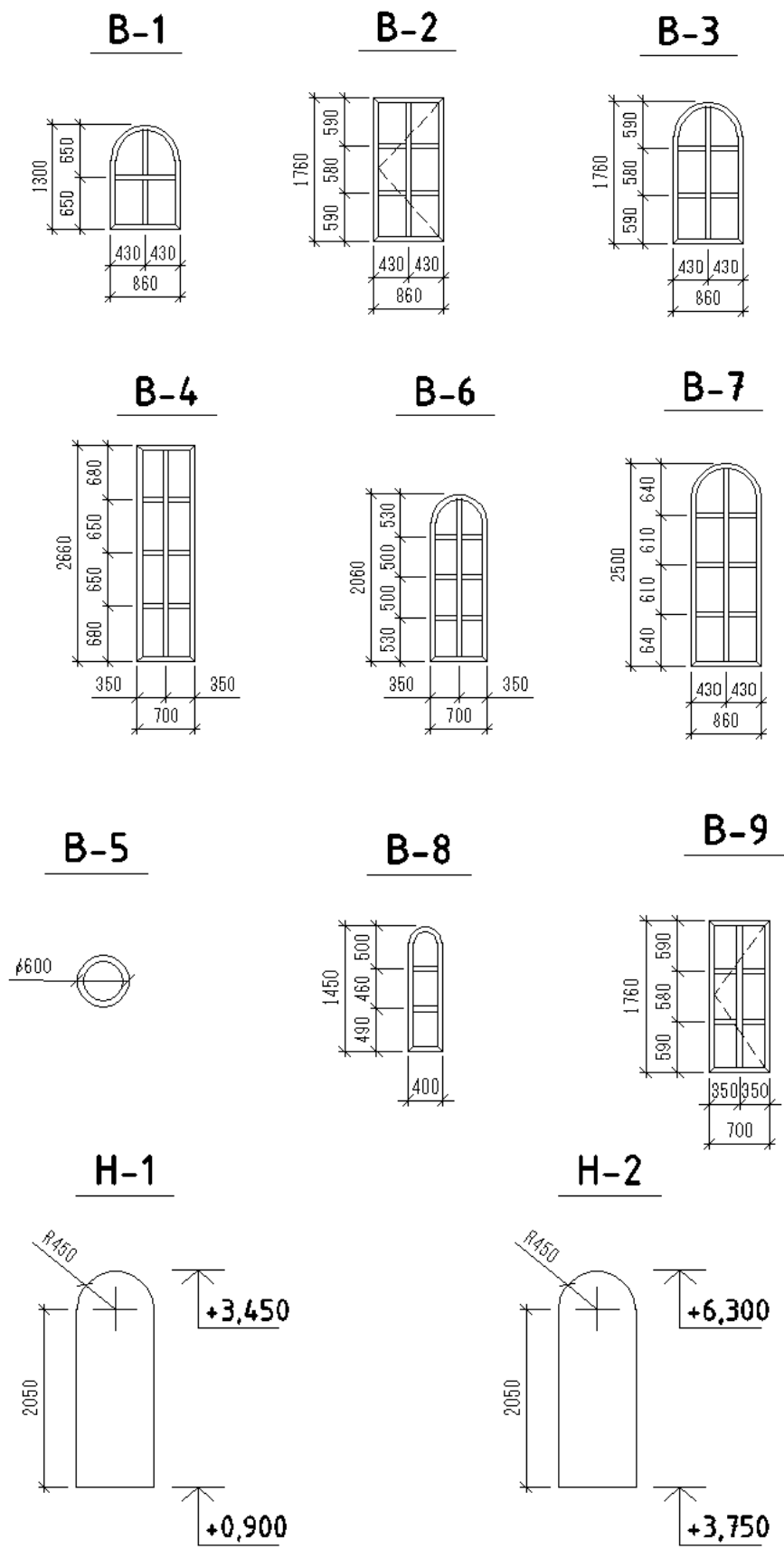


Рис. 1.3. Ескізи віконних блоків і ніш

1.3. Інженерне обладнання

Усі інженерні мережі запроєктовано з урахуванням нормативних вимог [7] і стандартів України, специфіки експлуатації культових споруд, з урахуванням енергозбереження та екологічних аспектів. Комплексний підхід до проєктування забезпечить належну функціональність, безпеку та комфорт для прихожан.

Проєкт **системи зовнішнього та внутрішнього електропостачання** розроблено з урахуванням потреб освітлення, звукового обладнання, системи безпеки. Система освітлення має на меті підкреслити архітектурні елементи та створити відповідну атмосферу, включаючи основне, акцентне та аварійне освітлення. Необхідно встановити енергоефективне обладнання, автоматичні системи управління освітленням і захисту мережі.

Система **протипожежного захисту** включає інсталяцію пожежної сигналізації, системи оповіщення, первинних засобів пожежогасіння та організацію евакуаційних шляхів.

Встановлення **охоронної сигналізації** та камер відеоспостереження забезпечить безпеку храму.

Мережа **холодного водопостачання** передбачена для потреб церкви, зокрема, для прибирання території.

Запроєктовано систему **зливової каналізації** для відведення дощових вод з покрівлі та майданчиків навколо храму.

Для забезпечення комфортної температури для прихожан під час богослужінь розглядали декілька варіантів **опалення**. Тут важливо враховувати саму специфіку храму – значну висоту стель, широкі двері, високі вікна, наявність ікон і фресок, церковного начиння тощо. Варіант використання конвекторів не є актуальним через те, що все тепло буде підніматись вгору. Також є ймовірність пошкодження ікон і створення стороннього шуму через роботу обладнання. Теплу підлогу використовувати можна, проте вона обігріває лише невелику частину простору.

Оптимально для такої споруди використати **інфрачервоне опалення**. Інфрачервоні панелі нагрівають стіни, а вони можуть тривалий час віддавати тепло.

До переваг такого опалення можна віднести те, що при цьому немає руху повітря, можна зекономити електроенергію – через нагрівання лише необхідної зони, вони не пересушують повітря, працюють безшумно, а кількість тепла можна регулювати, підтримуючи комфортний режим [8].

Вентиляція в церкві організована природня і механічна – для забезпечення повітря належної якості, підтримання нормальної вологості та запобігання утворенню конденсату. Варто враховувати специфіку богослужб, де використовуються пахощі, що теж потребує відповідного повітрообміну.

1.4. Будівельна фізика

Розрахунок опору теплопередачі зовнішньої стіни будівлі

За [9] мінімально допустиме значення опору теплопередачі для зовнішньої стіни церкви становить $R_{q,min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, тому що с. Біличі Ковельського району відноситься до першої температурної зони України.

Стіни зовнішні прийняті з газоблоків $\gamma=600 \text{ кг/м}^3$ на цементно-піщаному розчині М100, утеплення мінватою $\gamma=50 \text{ кг/м}^3$ плюс зовнішнє оздоблення.

Таблиця 1.5. Теплотехнічні показники зовнішньої стіни

№ шару	Матеріал шару огорожувальної конструкції	Об'ємна маса $\gamma_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина шару, $\delta, \text{мм}$	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	Розрахунковий коефіцієнт теплозасвоєння $S, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
1	Внутрішнє тинькування	1800	20	0,93	10,12
2	Газоблок	600	400	0,12	3,12
3	Утеплювач – мінвата	50	х	0,043	0,55
4	Зовнішнє оздоблення	1800	20	0,87	9,7

Обчислюємо термічні опори для кожного шару:

$$R_1 = \frac{0,02}{0,93} = 0,022 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{K/Вт} - \text{внутрішнє тинькування};$$

$$R_2 = \frac{0,4}{0,12} = 3,33 \text{ }^\circ\text{K/Вт} - \text{газоблок};$$

$$R_3 = \frac{x}{0,043} - \text{утеплювач};$$

$$R_4 = \frac{0,02}{0,87} = 0,023 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{K/Вт} - \text{зовнішнє оздоблення}.$$

Загальний термічний опір зовнішньої стіни:

$$\begin{aligned} R_q &= 0,115 + 0,022 + 3,33 + \frac{x}{0,043} + 0,023 + 0,043 = \\ &= 3,533 + \frac{x}{0,043} (\text{м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}) \end{aligned}$$

Має виконуватись умова:

$$R_q \geq R_{q,min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$$

Мінімальну товщину утеплювача знаходимо із залежності:

$$3,33 + \frac{x}{0,043} \geq 4,0$$

Звідки $x = 0,02 \text{ м}$. Приймаємо товщину утеплювача 100 мм.

Загальний термічний опір стіни з утеплювачем:

$$R_q = 5,66 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт} > R_{q,min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт} - \text{умова виконується}.$$

1.5. Основні техніко-економічні показники

Найменування об'єкту, місце його розташування – Церква Святого Василя Великого по вул. Ковельській у с. Біличі

Площа ділянки	2684 м ²
Площа забудови	293,0 м ²
Поверховість	1 пов.
Вмістимість зали	180 чол.
Загальна площа	214 м ²
Корисна площа	210 м ²
Розрахункова площа	198 м ²
Будівельний об'єм	2026 м ³
Питома теплова потужність опалення	0,1 кДж/м ²
Питоме річне теплоспоживання	0,1 кДж/м ²
Річна потреба в паливі	3,0 т/рік
Річна потреба у воді	-
Річна потреба в електроенергії	28 Гкал/рік
Річна потреба в тепловій енергії	12400 кВт.год.

Розділ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування вибору конструкцій

Будівля церкви запроектована каркасною. Монолітний каркас – двоярусний. Для виконання каркасу використовують бетон класу С12\15 та робочу арматуру класу А400С.

Посередині храму в осях 3-4 і Б-В запроектовано чотири потужні цегляні стовпи перерізом 900х900 мм, на які буде обпиратись башта №1 (через монолітний пояс товщиною 300 мм, відм. низу +8,400) і купол №1 діаметром 6480 мм (через монолітний пояс товщиною 150 мм, відм. низу +12,830).

В осях 5-6, Б-В розташована башта №2, яка обпиратиметься на балку Б-1 на відм. низу +5,100, з куполом №2 (відм. низу +12,080) діаметром 3400 мм.

В осях 1-2, Б-В розташована башта №3, яка обпиратиметься на монолітний пояс (відм. низу +8,930, з куполом №3 (відм. низу +9,080) діаметром 2400 мм.

На відм. низу +3.000 в осях 4-6 розміщене монолітне перекриття товщиною 200 мм для хорів, яке обпиратиметься на чотири цегляні стовпи Г-подібного перерізу (в осях 5-6) і чотири монолітні колони.

На відм. +6.000 в осях 5-6 розміщене монолітне перекриття товщиною 150 мм.

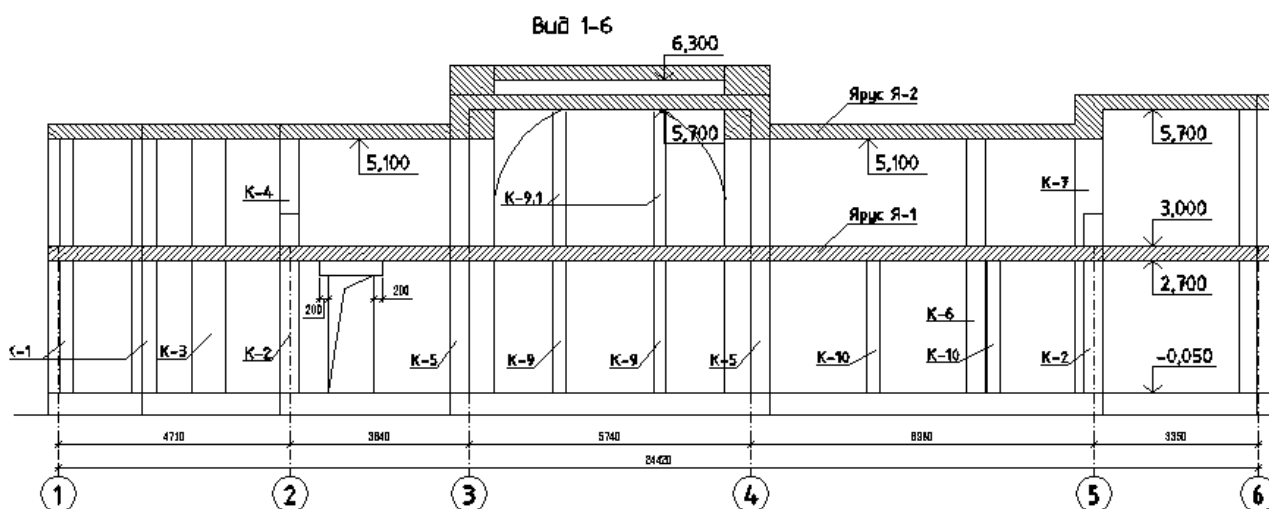


Рис. 2.1. Елементи двоярусного каркасу: головний вид

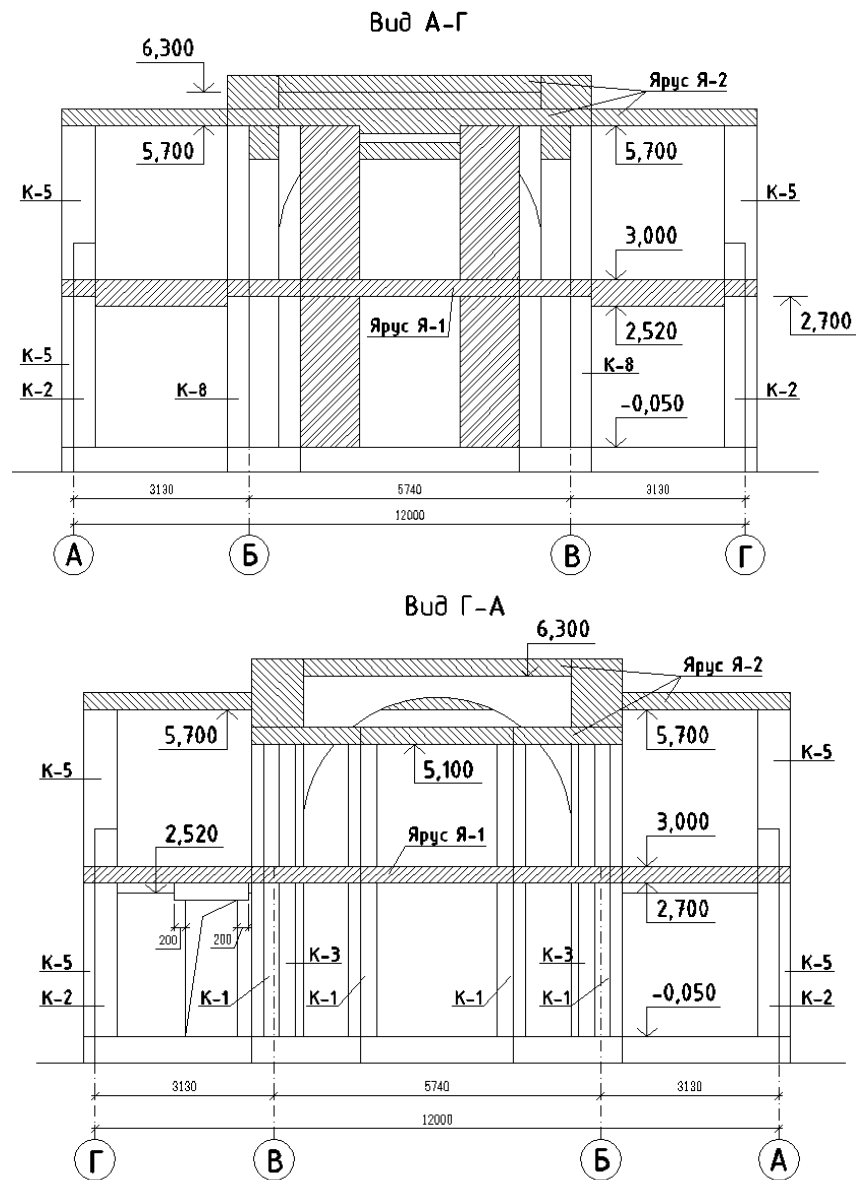


Рис. 2.2. Елементи двоярусного каркасу: бокові види

2.2. Проектування церкви із використанням програми КОМПОНОВКА

Для виконання статичного та конструктивного розрахунків елементів каркасу церкви використали ПК МОНОМАХ [10]. У програмі КОМПОНОВКА згенерували розрахункову модель за допомогою спеціального інструментарію.

Результати статичного розрахунку

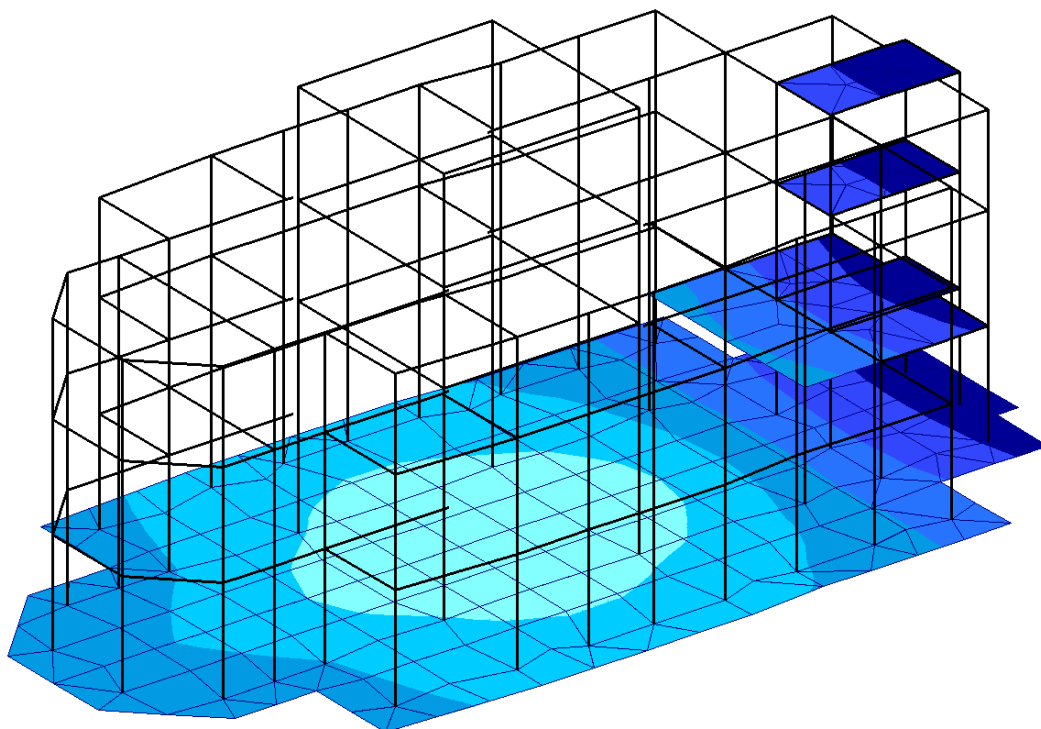


Рис. 2.6. Переміщення по Z

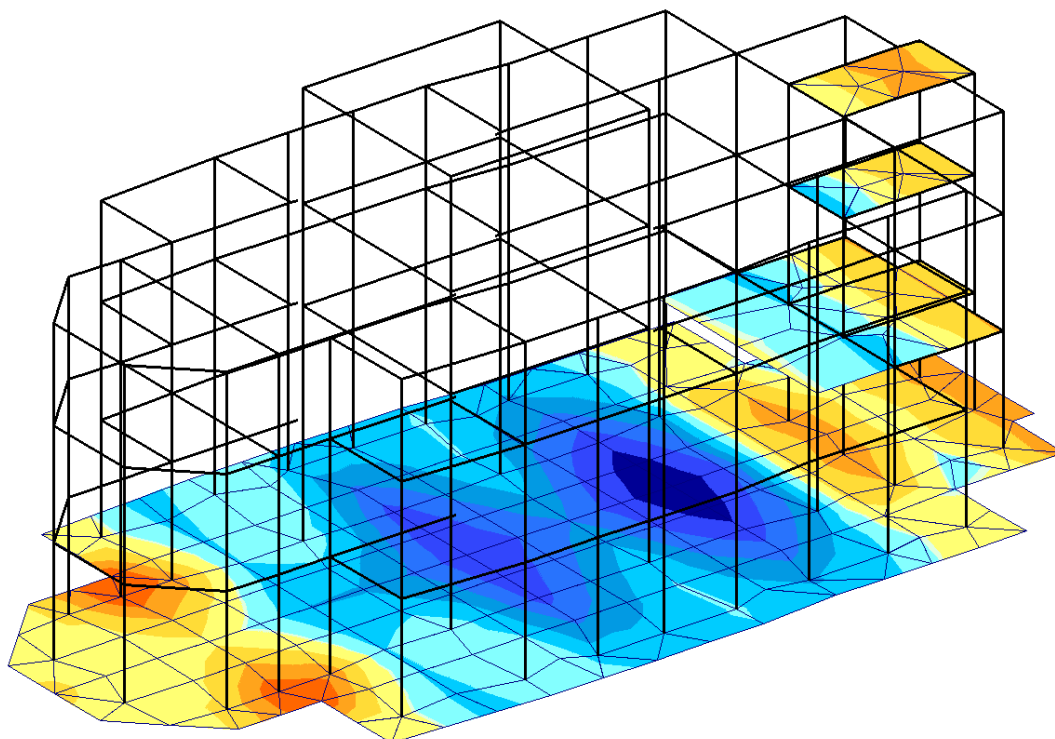


Рис. 2.7. Моменти M_x

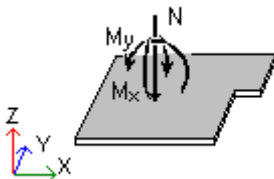
Матеріали

Назва	Тип	Модуль пружності, тс/м ²	Коеф. Пуассона	Об'ємна вага, т/м ³	Деталі
1. ФП	Залізобетон	2.1e+006	0.2	2.5	C15, A400C, A400C
2. Колони	Залізобетон	2.1e+006	0.2	2.5	C15, A400C, A240C
3. Цегляні стовпи	Кладка	352000	0.25	1.8	150, 100
4. ПП	Залізобетон	3e+006	0.2	2.5	C25, A400C, A400C

Сумарні вертикальні навантаження

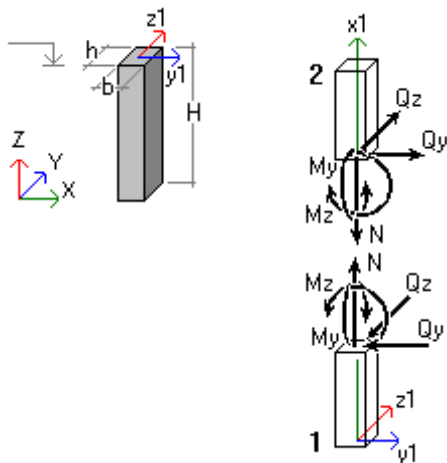
Постійне, тс	Довготривале, тс	Короткочасне, тс
Навантаження на відмітці низу стін і колон 1-го поверху		
569.425	5.157	10.315
Власна вага фундаментних плит і додаткові навантаження на них		
379.119	32.11	64.22

Фундаментні плити



N	Завантаження	Форма/комбінація	N(тс)	Mx(тс*м)	My(тс*м)	Px(тс)	Py(тс)
Поверх N1 Фундаментна плита N1 b=0.4м, S=314.9м ² , 1. ФП, C1Min=200тс/м ³ , C1Max=200тс/м ³ , C1Ave=200тс/м ³ , C2Min=1999.999тс/м ² , C2Max=1999.999тс/м ² , C2Ave=2000тс/м ²							
1_1	Постійне		948.544	-0.444	-453.366	0	-0
	Довготривале		37.268	-0	-48.492	0	0
	Короткочасне		74.535	-0	-96.984	0	0

Колони



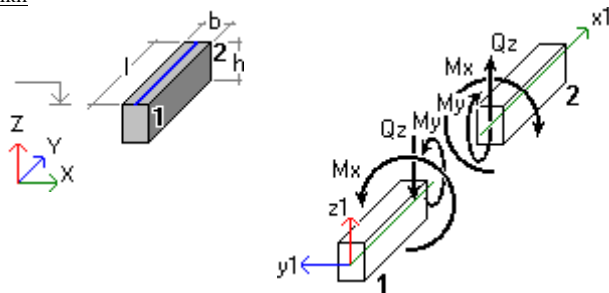
N	Завантаження	Форма/комбінація	a(м)	N(тс)	Qz(тс)	My(тс*м)	Qy(тс)	Mz(тс*м)
Поверх N1 Колона N1 Прямокутник b=0.9 h=0.9м, H=3.05м, 3. Цегляні стовпи								
1_1	Постійне		0	-22.352	-0.621	2.972	-0.455	-2.212
			3.05	-17.905	-0.621	1.079	-0.455	-0.825
	Довготривале		0	0.001	0.001	-0.003	-0.012	-0.051
			3.05	0.001	0.001	-0.001	-0.012	-0.015
	Короткочасне		0	0.002	0.001	-0.007	-0.023	-0.102
			3.05	0.002	0.001	-0.002	-0.023	-0.03
Поверх N1 Колона N2 Прямокутник b=0.9 h=0.9м, H=3.05м, 3. Цегляні стовпи								
1_2	Постійне		0	-22.353	-0.694	3.304	0.455	2.219

N	Завантаження	Форма/ комбінація	a(м)	N(тс)	Qz(тс)	My(тс*м)	Qy(тс)	Mz(тс*м)
			3.05	-17.906	-0.694	1.189	0.455	0.832
	Довготривале		0	-0.001	0.002	-0.008	0.012	0.056
			3.05	-0.001	0.002	-0.003	0.012	0.02
	Короткочасне		0	-0.002	0.003	-0.016	0.023	0.112
			3.05	-0.002	0.003	-0.005	0.023	0.04
Поверх N1 Колона N3 Прямокутник b=0.9 h=0.9м, H=3.05м, 3. Цегляні стовпи								
1_3	Постійне		0	-22.351	0.621	-2.974	-0.454	-2.212
			3.05	-17.904	0.621	-1.08	-0.454	-0.826
	Довготривале		0	0.001	-0.001	0.003	-0.012	-0.051
			3.05	0.001	-0.001	0.001	-0.012	-0.015
	Короткочасне		0	0.002	-0.001	0.007	-0.023	-0.102
			3.05	0.002	-0.001	0.002	-0.023	-0.03
Поверх N1 Колона N4 Прямокутник b=0.9 h=0.9м, H=3.05м, 3. Цегляні стовпи								
1_4	Постійне		0	-22.354	0.693	-3.303	0.454	2.216
			3.05	-17.907	0.693	-1.188	0.454	0.831
	Довготривале		0	-0.001	-0.002	0.008	0.012	0.056
			3.05	-0.001	-0.002	0.003	0.012	0.02
	Короткочасне		0	-0.002	-0.003	0.016	0.023	0.112
			3.05	-0.002	-0.003	0.005	0.023	0.04
Поверх N1 Колона N5 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_5	Постійне		0	-10.69	0.141	-0.065	-0.782	-1.851
			3.05	-9.589	0.141	0.365	-0.782	0.532
	Довготривале		0	0.037	0.003	-0.004	-0.021	-0.043
			3.05	0.037	0.003	0.004	-0.021	0.021
	Короткочасне		0	0.074	0.005	-0.009	-0.042	-0.086
			3.05	0.074	0.005	0.008	-0.042	0.042
Поверх N1 Колона N6 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_6	Постійне		0	-18.885	-0.427	0.878	-0.484	-1.292
			3.05	-17.784	-0.427	-0.424	-0.484	0.183
	Довготривале		0	-0.055	-0.001	0.002	-0.007	-0.014
			3.05	-0.055	-0.001	-0	-0.007	0.007
	Короткочасне		0	-0.111	-0.001	0.003	-0.014	-0.028
			3.05	-0.111	-0.001	-0.001	-0.014	0.013
Поверх N1 Колона N7 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_7	Постійне		0	-18.876	0.426	-0.877	-0.482	-1.289
			3.05	-17.775	0.426	0.423	-0.482	0.182
	Довготривале		0	-0.056	0.001	-0.002	-0.007	-0.014
			3.05	-0.056	0.001	0	-0.007	0.007
	Короткочасне		0	-0.111	0.001	-0.003	-0.014	-0.028
			3.05	-0.111	0.001	0.001	-0.014	0.013
Поверх N1 Колона N8 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_8	Постійне		0	-10.696	-0.141	0.065	-0.776	-1.841
			3.05	-9.595	-0.141	-0.364	-0.776	0.526
	Довготривале		0	0.037	-0.003	0.004	-0.021	-0.043
			3.05	0.037	-0.003	-0.004	-0.021	0.021
	Короткочасне		0	0.074	-0.005	0.009	-0.042	-0.086
			3.05	0.074	-0.005	-0.008	-0.042	0.042
Поверх N1 Колона N9 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_9	Постійне		0	-10.161	0.27	-0.401	0.548	1.09
			3.05	-9.06	0.27	0.424	0.548	-0.583
	Довготривале		0	-0.042	0.034	-0.069	0.02	0.037
			3.05	-0.042	0.034	0.036	0.02	-0.023
	Короткочасне		0	-0.084	0.069	-0.138	0.039	0.073
			3.05	-0.084	0.069	0.072	0.039	-0.047
Поверх N1 Колона N10 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_10	Постійне		0	-10.137	-0.271	0.401	0.552	1.097
			3.05	-9.036	-0.271	-0.426	0.552	-0.587
	Довготривале		0	-0.041	-0.034	0.069	0.02	0.037
			3.05	-0.041	-0.034	-0.036	0.02	-0.023
	Короткочасне		0	-0.082	-0.069	0.138	0.039	0.073

N	Завантаження	Форма/ комбінація	a(м)	N(тс)	Qz(тс)	My(тс*м)	Qy(тс)	Mz(тс*м)
			3.05	-0.082	-0.069	-0.072	0.039	-0.047
Поверх N1 Колона N11 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_11	Постійне		0	-15.338	-0.646	0.955	0.225	0.543
			3.05	-14.237	-0.646	-1.016	0.225	-0.144
	Довготривале		0	-0.316	-0.042	0.064	-0.004	0.002
			3.05	-0.316	-0.042	-0.064	-0.004	0.014
	Короткочасне		0	-0.633	-0.084	0.129	-0.007	0.004
			3.05	-0.633	-0.084	-0.128	-0.007	0.027
Поверх N1 Колона N12 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_12	Постійне		0	-15.339	0.611	-0.897	0.197	0.497
			3.05	-14.238	0.611	0.967	0.197	-0.104
	Довготривале		0	-0.317	0.042	-0.065	-0.005	0
			3.05	-0.317	0.042	0.064	-0.005	0.015
	Короткочасне		0	-0.633	0.084	-0.129	-0.01	0
			3.05	-0.633	0.084	0.128	-0.01	0.03
Поверх N1 Колона N13 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_13	Постійне		0	-12.49	0.306	-0.02	0.683	1.125
			3.05	-11.388	0.306	0.913	0.683	-0.959
	Довготривале		0	-0.376	0.06	-0.078	0.037	0.059
			3.05	-0.376	0.06	0.105	0.037	-0.053
	Короткочасне		0	-0.752	0.12	-0.157	0.074	0.118
			3.05	-0.752	0.12	0.211	0.074	-0.107
Поверх N1 Колона N14 Прямокутник b=0.38 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_14	Постійне		0	-12.472	-0.282	-0.019	0.709	1.167
			3.05	-11.371	-0.282	-0.879	0.709	-0.995
	Довготривале		0	-0.375	-0.06	0.078	0.037	0.059
			3.05	-0.375	-0.06	-0.105	0.037	-0.054
	Короткочасне		0	-0.75	-0.12	0.156	0.074	0.119
			3.05	-0.75	-0.12	-0.21	0.074	-0.108
Поверх N1 Колона N15 Прямокутник b=0.25 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_15	Постійне		0	-9.612	-0.14	0.767	-0.355	-0.567
			3.05	-8.888	-0.14	0.34	-0.355	0.515
	Довготривале		0	-0.023	-0.003	0.013	-0.009	-0.014
			3.05	-0.023	-0.003	0.003	-0.009	0.013
	Короткочасне		0	-0.047	-0.007	0.026	-0.018	-0.028
			3.05	-0.047	-0.007	0.006	-0.018	0.026
Поверх N1 Колона N16 Прямокутник b=0.25 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_16	Постійне		0	-9.16	-0.127	0.774	-0.182	-0.29
			3.05	-8.435	-0.127	0.388	-0.182	0.264
	Довготривале		0	-0.013	-0.003	0.014	-0.006	-0.009
			3.05	-0.013	-0.003	0.003	-0.006	0.008
	Короткочасне		0	-0.026	-0.007	0.027	-0.011	-0.018
			3.05	-0.026	-0.007	0.006	-0.011	0.016
Поверх N1 Колона N17 Прямокутник b=0.25 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_17	Постійне		0	-9.609	0.139	-0.765	-0.352	-0.562
			3.05	-8.885	0.139	-0.34	-0.352	0.511
	Довготривале		0	-0.024	0.003	-0.013	-0.009	-0.014
			3.05	-0.024	0.003	-0.003	-0.009	0.013
	Короткочасне		0	-0.047	0.007	-0.027	-0.018	-0.028
			3.05	-0.047	0.007	-0.006	-0.018	0.026
Поверх N1 Колона N18 Прямокутник b=0.25 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_18	Постійне		0	-9.16	0.126	-0.773	-0.179	-0.286
			3.05	-8.436	0.126	-0.387	-0.179	0.26
	Довготривале		0	-0.013	0.003	-0.014	-0.006	-0.009
			3.05	-0.013	0.003	-0.003	-0.006	0.008
	Короткочасне		0	-0.026	0.007	-0.027	-0.011	-0.018
			3.05	-0.026	0.007	-0.007	-0.011	0.016
Поверх N1 Колона N19 Прямокутник b=0.25 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_19	Постійне		0	-10.871	-0.082	0.506	0.072	0.119
			3.05	-10.147	-0.082	0.256	0.072	-0.101

N	Завантаження	Форма/ комбінація	a(м)	N(тс)	Qz(тс)	My(тс*м)	Qy(тс)	Mz(тс*м)
	Довготривале		0	-0.026	0	0.001	0.007	0.011
			3.05	-0.026	0	0.001	0.007	-0.01
	Короткочасне		0	-0.052	0	0.001	0.014	0.023
			3.05	-0.052	0	0.002	0.014	-0.02
Поверх N1 Колона N20 Прямокутник b=0.25 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_20	Постійне		0	-10.44	-0.108	0.381	0.287	0.464
			3.05	-9.715	-0.108	0.051	0.287	-0.412
	Довготривале		0	-0.02	0.005	-0.013	0.011	0.018
			3.05	-0.02	0.005	0.002	0.011	-0.016
	Короткочасне		0	-0.04	0.01	-0.027	0.022	0.036
			3.05	-0.04	0.01	0.003	0.022	-0.032
Поверх N1 Колона N21 Прямокутник b=0.25 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_21	Постійне		0	-10.868	0.081	-0.505	0.074	0.122
			3.05	-10.144	0.081	-0.257	0.074	-0.105
	Довготривале		0	-0.026	-0	-0.001	0.007	0.011
			3.05	-0.026	-0	-0.001	0.007	-0.01
	Короткочасне		0	-0.052	-0	-0.002	0.014	0.022
			3.05	-0.052	-0	-0.002	0.014	-0.019
Поверх N1 Колона N22 Прямокутник b=0.25 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_22	Постійне		0	-10.439	0.105	-0.377	0.289	0.467
			3.05	-9.715	0.105	-0.055	0.289	-0.414
	Довготривале		0	-0.02	-0.005	0.013	0.011	0.018
			3.05	-0.02	-0.005	-0.002	0.011	-0.016
	Короткочасне		0	-0.04	-0.01	0.026	0.022	0.036
			3.05	-0.04	-0.01	-0.003	0.022	-0.032
Поверх N1 Колона N23 Прямокутник b=0.58 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_23	Постійне		0	-20.098	0.76	-1.088	1.187	1.957
			3.05	-18.418	0.76	1.229	1.187	-1.662
	Довготривале		0	-0.469	0.096	-0.142	0.046	0.075
			3.05	-0.469	0.096	0.15	0.046	-0.065
	Короткочасне		0	-0.939	0.191	-0.284	0.092	0.149
			3.05	-0.939	0.191	0.299	0.092	-0.13
Поверх N1 Колона N24 Прямокутник b=0.58 h=0.38м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_24	Постійне		0	-20.21	-0.766	1.093	1.281	2.105
			3.05	-18.529	-0.766	-1.244	1.281	-1.802
	Довготривале		0	-0.474	-0.095	0.141	0.048	0.078
			3.05	-0.474	-0.095	-0.15	0.048	-0.068
	Короткочасне		0	-0.949	-0.191	0.283	0.096	0.155
			3.05	-0.949	-0.191	-0.299	0.096	-0.137
Поверх N1 Колона N25 Прямокутник b=0.38 h=0.58м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_25	Постійне		0	-15.596	-0.348	2.557	-1.27	-2.339
			3.05	-13.916	-0.348	1.497	-1.27	1.536
	Довготривале		0	0.015	-0.009	0.042	-0.03	-0.06
			3.05	0.015	-0.009	0.015	-0.03	0.033
	Короткочасне		0	0.029	-0.018	0.084	-0.061	-0.119
			3.05	0.029	-0.018	0.031	-0.061	0.066
Поверх N1 Колона N26 Прямокутник b=0.38 h=0.58м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_26	Постійне		0	-14.035	-0.256	2.891	-0.165	-0.355
			3.05	-12.354	-0.256	2.111	-0.165	0.147
	Довготривале		0	-0.024	-0.009	0.043	-0	-0.001
			3.05	-0.024	-0.009	0.017	-0	-0.001
	Короткочасне		0	-0.048	-0.018	0.087	-0	-0.002
			3.05	-0.048	-0.018	0.033	-0	-0.002
Поверх N1 Колона N27 Прямокутник b=0.38 h=0.58м, H=3.05м, 2. Колони, $\mu=0.50\%$								
1_27	Постійне		0	-15.599	0.345	-2.548	-1.261	-2.322
			3.05	-13.919	0.345	-1.495	-1.261	1.525
	Довготривале		0	0.015	0.009	-0.042	-0.03	-0.06
			3.05	0.015	0.009	-0.015	-0.03	0.033
	Короткочасне		0	0.03	0.018	-0.085	-0.061	-0.12
			3.05	0.03	0.018	-0.031	-0.061	0.066

Балки



N	Завантаження	Форма/ комбінація	a(м)	Qz(тс)	My(тс*м)	Mx(тс*м)	
Поверх N1 Балка N1 Проліт N1 Прямокутник b=0.38 h=0.3м, l=2.4м, 1. ФП, $\mu=0.50\%$							
1_1.1	Постійне		0	1.135	-0.246	-0.041	
			1.2		0.324		
			2.4	-1.511	-0.697	-0.041	
	Довготривале		0	0.009	-0.01	-0.001	
			2.4	0.009	0.011	-0.001	
	Короткочасне		0	0.018	-0.02	-0.001	
			2.4	0.018	0.022	-0.001	
Поверх N1 Балка N2 Проліт N1 Прямокутник b=0.38 h=0.3м, l=2.74м, 1. ФП, $\mu=0.50\%$							
1_2.1	Постійне		0	1.509	-0.644	0	
			1.37		0.391		
			2.74	-1.507	-0.641	0	
	Довготривале		0	-0	0.001	-0	
			2.74	-0	0.001	-0	
	Короткочасне		0	-0	0.001	-0	
			2.74	-0	0.001	-0	
Поверх N1 Балка N3 Проліт N1 Прямокутник b=0.38 h=0.3м, l=2.4м, 1. ФП, $\mu=0.50\%$							
1_3.1	Постійне		0	1.514	-0.7	0.041	
			1.2		0.324		
			2.4	-1.133	-0.243	0.041	
	Довготривале		0	-0.009	0.011	0.001	
			2.4	-0.009	-0.01	0.001	
	Короткочасне		0	-0.018	0.022	0.001	
			2.4	-0.018	-0.02	0.001	
Поверх N1 Балка N4 Проліт N1 Прямокутник b=0.38 h=0.3м, l=1.5м, 1. ФП, $\mu=0.50\%$							
1_4.1	Постійне		0	0.288	0.157	0.028	
			0.75		0.063		
			1.5	-1.363	-0.65	0.028	
	Довготривале		0	-0.02	0.013	0	
			1.5	-0.02	-0.016	0	
	Короткочасне		0	-0.04	0.027	0.001	
			1.5	-0.04	-0.033	0.001	
Поверх N1 Балка N4 Проліт N2 Прямокутник b=0.38 h=0.3м, l=1.5м, 1. ФП, $\mu=0.50\%$							
1_4.2	Постійне		0	-1.315	1.291	0.029	
			0.75		-0.005		
			1.5	-2.966	-1.92	0.029	
	Довготривале		0	-0.023	0.018	-0.002	
			1.5	-0.023	-0.016	-0.002	
	Короткочасне		0	-0.046	0.035	-0.003	
			1.5	-0.046	-0.033	-0.003	
Витрати матеріалів.Всього							
Матеріали	Фундаменти	Стіни	Колони	Балки	Плити	Перегородки	Всього
Бетон, м3	125.96	0.00	47.35	49.04	15.17	0.00	237.52
Арматура, кг	15115	0	2366	2438	618	0	20537
Опалубка, м2	346.20	0.00	437.50	405.58	50.58	0.00	1239.86
3. Цегляні стовпи, м3	0.00	0.00	56.66	0.00	0.00	0.00	56.66

2.3. Розрахунок і конструювання монолітних колон каркасу

Колони каркасу запроектовані з бетону класу С12\15 з армуванням поздовжньою робочою арматурою класу А400С і поперечними хомутами класу А240С з урахуванням вимог [12,13]. Схема розташування колон – на рис. 2.__. Розрахунок і конструювання вели у програмі КОЛОНА ПК МОНОМАХ, результати див. нижче.

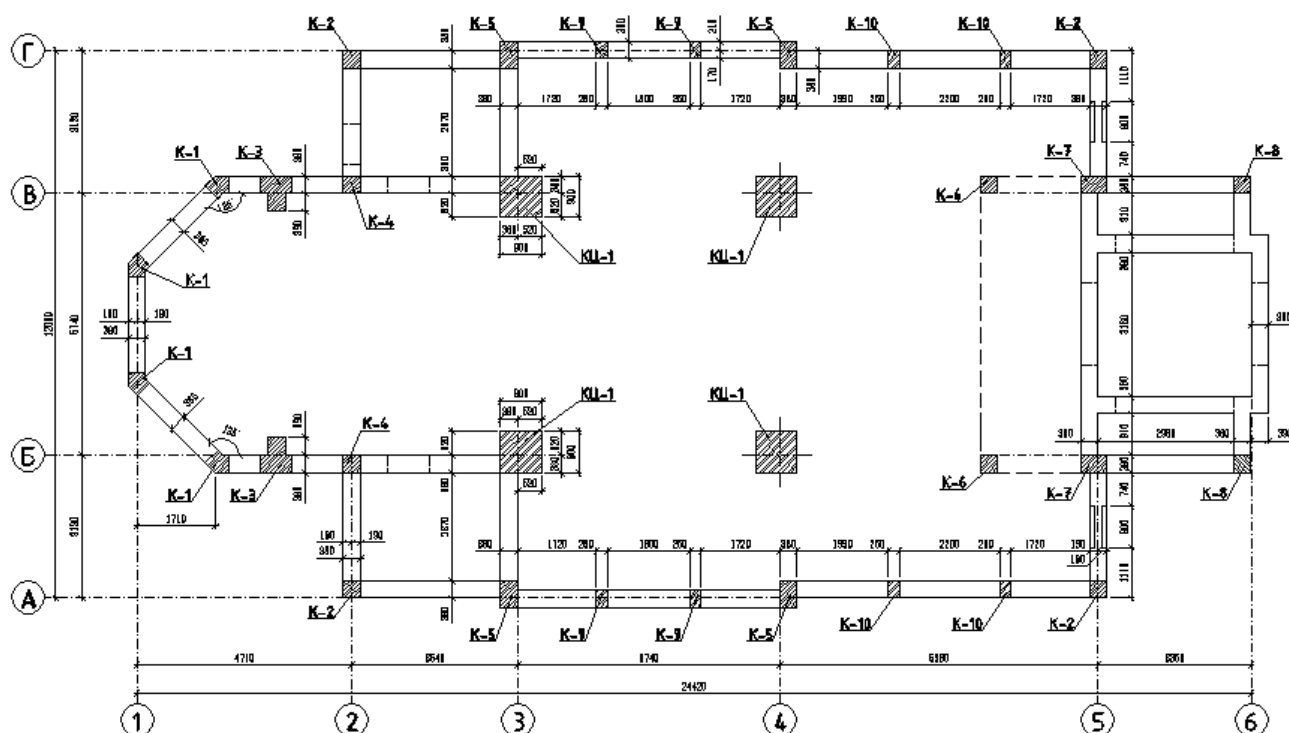


Рис. 2.8. Схема розташування і маркування колон

Результати розрахунку колон

Км-2

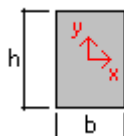
Бетон

Клас С12/15

Арматура

Клас поздовжньої А400С
Клас поперечної А240С

Переріз



Розміри, мм:

b 380

h	380
Площа, см ²	1444

Відмітки

	Км 1 8 (1 8)	Км 1 8 (2 8)
Висота поверху, мм	3050	3050
Висота перекриття, мм	300	300
Відмітки, м:		
низу колони	-0,050	+3,000
верху перекриття	+3,000	+6,050

Розрахункова довжина

Коефіцієнти розрахункової довжини:

m X	0.7	1
m Y	0.7	1
Розрахункова довжина, мм:		
Lo X	2135	3050
Lo Y	2135	3050
Гнучкість:		
Lo/h X	5.62	8.03
Lo/h Y	5.62	8.03

Навантаження

Результати МСЕ розрахунку

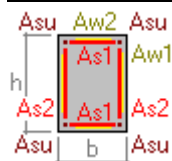
Км 1 8 (1 8)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Постійне	10.7	-0.065	-1.84	-0.776	-0.141	-0.188	1 8.1
	9.6	0.364	0.526	-0.776	-0.141	-0.188	1 8.2
Довготривале	-0.0371	-0.0044	-0.0431	-0.0211	-0.00269	-0.00569	1 8.1
	-0.0371	0.00379	0.0211	-0.0211	-0.00269	-0.00569	1 8.2
Короткочасне	-0.0742	-0.00881	-0.0862	-0.0421	-0.00538	-0.0114	1 8.1
	-0.0742	0.00759	0.0423	-0.0421	-0.00538	-0.0114	1 8.2
Км 1 8 (2 8)							
Постійне	7.14	-0.0442	0.153	-0.00022	-0.0626	-0.247	2 8.1
	6.04	0.147	0.154	-0.00022	-0.0626	-0.247	2 8.2
Довготривале	-0.0224	-0.00314	-0.011	-0.00825	-0.00229	-0.00661	2 8.1
	-0.0224	0.00383	0.0142	-0.00825	-0.00229	-0.00661	2 8.2
Короткочасне	-0.0448	-0.00628	-0.022	-0.0165	-0.00457	-0.0132	2 8.1
	-0.0448	0.00767	0.0284	-0.0165	-0.00457	-0.0132	2 8.2

Розрахункові сполучення навантажень. Скорочений список

Км 1 8 (1 8)	Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)						
Група 1	11.6	-0.086	-2.17	-0.923	-0.164	-0.226	1 8.1
	11.7	-0.0798	-2.11	-0.894	-0.16	-0.218	трив. частина
	10.4	0.413	0.649	-0.923	-0.164	-0.226	1 8.2
	10.5	0.408	0.619	-0.894	-0.16	-0.218	трив. частина
	11.8	-0.0715	-2.02	-0.854	-0.155	-0.207	1 8.1
	11.8	-0.0715	-2.02	-0.854	-0.155	-0.207	трив. частина
Км 1 8 (1 8)	Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)						
Група 2	11.6	-0.086	-2.17	-0.923	-0.164	-0.226	1 8.1
	11.7	-0.0798	-2.11	-0.894	-0.16	-0.218	трив. частина
	10.4	0.413	0.649	-0.923	-0.164	-0.226	1 8.2
	10.5	0.408	0.619	-0.894	-0.16	-0.218	трив. частина
	11.8	-0.0715	-2.02	-0.854	-0.155	-0.207	1 8.1
	11.8	-0.0715	-2.02	-0.854	-0.155	-0.207	трив. частина
Км 1 8 (2 8)	Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)						
Група 1	6.57	0.174	0.216	-0.0275	-0.0764	-0.293	2 8.2
	6.6	0.169	0.196	-0.0159	-0.0732	-0.284	трив. частина

Км 1_8 (2_8)							
	7.85	-0.0486	0.168	-0.000242	-0.0688	-0.271	2_8.1
	7.85	-0.0486	0.168	-0.000242	-0.0688	-0.271	трив. частина
	7.78	-0.059	0.132	-0.0275	-0.0764	-0.293	2_8.1
	7.81	-0.0546	0.148	-0.0159	-0.0732	-0.284	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	6.57	0.174	0.216	-0.0275	-0.0764	-0.293	2_8.2
	6.6	0.169	0.196	-0.0159	-0.0732	-0.284	трив. частина
	7.85	-0.0486	0.168	-0.000242	-0.0688	-0.271	2_8.1
	7.85	-0.0486	0.168	-0.000242	-0.0688	-0.271	трив. частина
	7.78	-0.059	0.132	-0.0275	-0.0764	-0.293	2_8.1
	7.81	-0.0546	0.148	-0.0159	-0.0732	-0.284	трив. частина

Розрахункове армування



	Км 1_8 (1_8)	Км 1_8 (2_8)
Asu	2.01	2.01
As1	0.07	0.09
As2	0.07	0.09
Поздовжня арматура, см2:		
повна	8.30711	8.38531
по міцності	8.30711	8.38531
% армування	0.58	0.58
Поперечна арматура, см2/м	5.23884	5.54726

Розстановка поздовжньої арматури

Армування симетричне. Випуски в верхню колону

кутові	4Ø16	4Ø16
вздовж грані	2Ø16	2Ø16
бокові	2Ø16	2Ø16
Всього	8Ø16	8Ø16
Площа арматури, см2	16.085	16.085
% армування	1.11	1.11

Анкеровка поздовжньої арматури

Діаметр стрижня, мм	Довжина анкеровки, мм	Довжина нахльосту, мм
16	0	0

Розстановка поперечної арматури

Зона анкеровки, мм:	3Ø10	3Ø10
крок	150	150
прив'язка 1-го	50	50
зона розкладки	300	300
прив'язка останнього	350	350
Основна зона, мм:	11Ø10	11Ø10
крок	200	200
прив'язка 1-го	550	550
зона розкладки	2000	2000
прив'язка останнього	2550	2550
Добірний, мм:	1Ø10	1Ø10
крок	150	150
прив'язка	2700	2700
відстань до верху	50	50
Площа арматури, см2/м	7.85398	7.85398
Режими установки шпильок:		
ні		

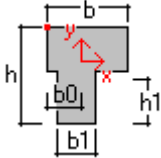
Зауваження

ні

Км-3

Бетон

Клас C12/15

АрматураКлас поздовжньої A400C
Клас поперечної A240C**Переріз**

Розміри, мм:

b	1020
h	760
b1	700
h1	380
b0	510
Площа, см2	6536

Відмітки

	Км 1 29 (1 29)	Км 1 29 (2 29)	Км 1 29 (3 29)
Висота поверху, мм	3050	3050	2650
Висота перекриття, мм	300	500	500
Відмітки, м:			
низу колони	-0,050	+3,000	+6,050
верху перекриття	+3,000	+6,050	+8,700

Розрахункова довжина

Коефіцієнти розрахункової довжини:

m X	0.7	1	1
m Y	0.7	1	1
Розрахункова довжина, мм:			
Lo X	2135	3050	2650
Lo Y	2135	3050	2650
Гнучкість:			
Lo/i X	9.86	14.09	12.24
Lo/i Y	8.19	11.69	10.16

Навантаження

Результати МСЕ розрахунку

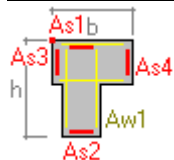
Км 1 29 (1 29)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Постійне	21.8	6.44	-3.97	-1.16	1.19	-0.0585	1 29.1
	16.8	2.79	-0.441	-1.16	1.19	-0.0585	1 29.2
Довготривале	-0.00685	-0.0251	-0.0779	-0.0249	-0.00728	-0.00557	1 29.1
	-0.00685	-0.00288	-0.00208	-0.0249	-0.00728	-0.00557	1 29.2
Короткочасне	-0.0137	-0.0502	-0.156	-0.0497	-0.0146	-0.0111	1 29.1
	-0.0137	-0.00577	-0.00417	-0.0497	-0.0146	-0.0111	1 29.2
Км 1 29 (2 29)							
Постійне	16.7	2.79	-2.38	-1.31	1.45	-0.213	2 29.1
	11.7	-1.62	1.6	-1.31	1.45	-0.213	2 29.2
Довготривале	-0.00388	-0.00488	-0.0362	-0.0243	-0.00384	-0.00414	2 29.1
	-0.00388	0.00685	0.038	-0.0243	-0.00384	-0.00414	2 29.2
Короткочасне	-0.00777	-0.00976	-0.0724	-0.0486	-0.00769	-0.00829	2 29.1
	-0.00777	0.0137	0.076	-0.0486	-0.00769	-0.00829	2 29.2
Км 1 29 (3 29)							
Постійне	7.99	-4.17	-0.0458	-0.506	-2.58	-0.316	3 29.1
	3.66	2.66	1.3	-0.506	-2.58	-0.316	3 29.2
Довготривале	-0.00232	0.0044	0.00632	-0.00585	0.00078	-0.00463	3 29.1
	-0.00232	0.00232	0.0218	-0.00585	0.00078	-0.00463	3 29.2
Короткочасне	-0.00465	0.00881	0.0126	-0.0117	0.00157	-0.00927	3 29.1
	-0.00465	0.00465	0.0437	-0.0117	0.00157	-0.00927	3 29.2

Розрахункові сполучення навантажень. Скорочений список

Км 1_29 (1_29)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	23.9	7.08	-4.37	-1.27	1.31	-0.0644	1_29.1
	23.9	7.08	-4.37	-1.27	1.31	-0.0644	трив. частина
	23.9	7	-4.62	-1.35	1.29	-0.0828	1_29.1
	23.9	7.03	-4.51	-1.32	1.3	-0.075	трив. частина
	18.4	3.07	-0.485	-1.27	1.31	-0.0644	1_29.2
	18.4	3.07	-0.485	-1.27	1.31	-0.0644	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	23.9	7.08	-4.37	-1.27	1.31	-0.0644	1_29.1
	23.9	7.08	-4.37	-1.27	1.31	-0.0644	трив. частина
	23.9	7	-4.62	-1.35	1.29	-0.0828	1_29.1
	23.9	7.03	-4.51	-1.32	1.3	-0.075	трив. частина
	18.4	3.07	-0.485	-1.27	1.31	-0.0644	1_29.2
	18.4	3.07	-0.485	-1.27	1.31	-0.0644	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	12.9	-1.78	1.76	-1.44	1.59	-0.235	2_29.2
	12.9	-1.78	1.76	-1.44	1.59	-0.235	трив. частина
	18.4	3.07	-2.62	-1.44	1.59	-0.235	2_29.1
	18.4	3.07	-2.62	-1.44	1.59	-0.235	трив. частина
	18.4	3.06	-2.74	-1.52	1.58	-0.248	2_29.1
	18.4	3.06	-2.69	-1.48	1.58	-0.243	трив. частина
	12.9	-1.75	1.89	-1.52	1.58	-0.248	2_29.2
	12.9	-1.76	1.84	-1.48	1.58	-0.243	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	12.9	-1.78	1.76	-1.44	1.59	-0.235	2_29.2
	12.9	-1.78	1.76	-1.44	1.59	-0.235	трив. частина
	18.4	3.07	-2.62	-1.44	1.59	-0.235	2_29.1
	18.4	3.07	-2.62	-1.44	1.59	-0.235	трив. частина
	18.4	3.06	-2.74	-1.52	1.58	-0.248	2_29.1
	18.4	3.06	-2.69	-1.48	1.58	-0.243	трив. частина
	12.9	-1.75	1.89	-1.52	1.58	-0.248	2_29.2
	12.9	-1.76	1.84	-1.48	1.58	-0.243	трив. частина
Км 1_29 (3_29)							
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	8.78	-4.58	-0.0504	-0.557	-2.83	-0.348	3_29.1
	8.78	-4.58	-0.0504	-0.557	-2.83	-0.348	трив. частина
	4.01	2.93	1.5	-0.576	-2.83	-0.363	3_29.2
	4.02	2.93	1.47	-0.568	-2.83	-0.356	трив. частина
	8.78	-4.57	-0.0296	-0.576	-2.83	-0.363	3_29.1
	8.78	-4.57	-0.0384	-0.568	-2.83	-0.356	трив. частина

Км 1_29 (3_29)							
	4.02	2.92	1.43	-0.557	-2.83	-0.348	3_29.2
	4.02	2.92	1.43	-0.557	-2.83	-0.348	трив. частина
Перша група гран. станив. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	8.78	-4.58	-0.0504	-0.557	-2.83	-0.348	3_29.1
	8.78	-4.58	-0.0504	-0.557	-2.83	-0.348	трив. частина
	4.01	2.93	1.5	-0.576	-2.83	-0.363	3_29.2
	4.02	2.93	1.47	-0.568	-2.83	-0.356	трив. частина
	8.78	-4.57	-0.0296	-0.576	-2.83	-0.363	3_29.1
	8.78	-4.57	-0.0384	-0.568	-2.83	-0.356	трив. частина
	4.02	2.92	1.43	-0.557	-2.83	-0.348	3_29.2
	4.02	2.92	1.43	-0.557	-2.83	-0.348	трив. частина

Розрахункове армування



	Км 1_29 (1_29)	Км 1_29 (2_29)	Км 1_29 (3_29)
As1	5.15	5.15	5.15
As2	5.15	5.15	5.15
As3	5.15	5.15	5.15
As4	5.15	5.15	5.15
Поздовжня арматура, см ² :			
повна	20.612	20.612	20.612
по міцності	20.612	20.612	20.612
% армування	0.32	0.32	0.32
Поперечна арматура, см ² /м	8.5082	8.72047	8.8672

Розстановка поздовжньої арматури

вздовж грані 1	3Ø20	3Ø20	3Ø20
вздовж грані 2	3Ø20	3Ø20	3Ø20
вздовж грані 3	2Ø20	2Ø20	2Ø20
вздовж грані 4	2Ø20	2Ø20	2Ø20
конструкт.	2Ø16	2Ø16	2Ø16
Всього	10Ø20 + 2Ø16	10Ø20 + 2Ø16	10Ø20 + 2Ø16
Площа арматури, см ²	35.4372	35.4372	35.4372
% армування	0.54	0.54	0.54

Анкеровка поздовжньої арматури

Діаметр стрижня, мм	Довжина анкеровки, мм	Довжина нахльосту, мм
20	0	0
16	0	0

Розстановка поперечної арматури

Зона анкеровки, мм:	3Ø14	3Ø14	3Ø14
крок	200	200	200
прив'язка 1-го	50	50	50
зона розкладки	400	400	400
прив'язка останнього	450	450	450
Основна зона, мм:	7Ø14	6Ø14	5Ø14
крок	300	300	300
прив'язка 1-го	750	750	300
зона розкладки	1800	1500	1200
прив'язка останнього	2550	2250	1950
Добірний, мм:	1Ø14	1Ø14	1Ø14
крок	150	250	150
прив'язка	2700	2500	2100
відстань до верху	50	50	50
Площа арматури, см ² /м	10.2625	10.2625	10.2625
Режими установки шпильок:			

Км-4

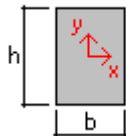
Бетон

Клас C12/15

Арматура

Клас поздовжньої A400C

Клас поперечної A240C

Переріз

Розміри, мм:

b 380

h 380

Площа, см² 1444**Відмітки**

	Км 1_7 (1_7)	Км 1_7 (2_7)	Км 1_7 (3_7)
Висота поверху, мм	3050	3050	2650
Висота перекриття, мм	300	300	300
Відмітки, м:			
низу колони	-0,050	+3,000	+6,050
верху перекриття	+3,000	+6,050	+8,700

Розрахункова довжина

Коефіцієнти розрахункової довжини:

m X 0.7 1 1

m Y 0.7 1 1

Розрахункова довжина, мм:

Lo X 2135 3050 2650

Lo Y 2135 3050 2650

Гнучкість:

Lo/h X 5.62 8.03 6.97

Lo/h Y 5.62 8.03 6.97

Навантаження

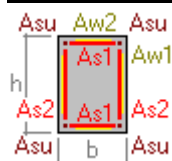
Результати МСЕ розрахунку

Км 1_7 (1_7)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Постійне	18.9	0.877	-1.29	-0.482	0.426	-0.141	1_7.1
	17.8	-0.423	0.182	-0.482	0.426	-0.141	1_7.2
Довготривале	0.0556	0.00166	-0.0141	-0.00682	0.00064	-0.00391	1_7.1
	0.0556	-0.00029	0.00671	-0.00682	0.00064	-0.00391	1_7.2
Короткочасне	0.111	0.00332	-0.0282	-0.0137	0.00128	-0.00783	1_7.1
	0.111	-0.00059	0.0134	-0.0137	0.00128	-0.00783	1_7.2
Км 1_7 (2_7)							
Постійне	12	0.514	0.288	0.135	0.279	-0.136	2_7.1
	10.9	-0.336	-0.124	0.135	0.279	-0.136	2_7.2
Довготривале	0.0345	-0.00118	-0.00591	-0.00382	-0.00103	-0.00436	2_7.1
	0.0345	0.00195	0.00576	-0.00382	-0.00103	-0.00436	2_7.2
Короткочасне	0.0689	-0.00237	-0.0118	-0.00765	-0.00206	-0.00873	2_7.1
	0.0689	0.00391	0.0115	-0.00765	-0.00206	-0.00873	2_7.2
Км 1_7 (3_7)							
Постійне	5.86	0.503	0.224	0.216	0.439	-0.214	3_7.1
	4.91	-0.66	-0.349	0.216	0.439	-0.214	3_7.2
Довготривале	0.0146	-0.00013	-0.00322	-0.00303	-0.00031	-0.00454	3_7.1
	0.0146	0.00068	0.0048	-0.00303	-0.00031	-0.00454	3_7.2
Короткочасне	0.0293	-0.00027	-0.00645	-0.00606	-0.00061	-0.00909	3_7.1
	0.0293	0.00136	0.00961	-0.00606	-0.00061	-0.00909	3_7.2

Розрахункові сполучення навантажень. Скорочений список

Км 1_7 (1_7)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	20.9	0.97	-1.46	-0.553	0.471	-0.168	1_7.1
	20.9	0.968	-1.44	-0.543	0.47	-0.162	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							

Км 1_7 (1_7)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Група 2	20.9	0.97	-1.46	-0.553	0.471	-0.168	1_7.1
	20.9	0.968	-1.44	-0.543	0.47	-0.162	трив. частина
<hr/>							
Км 1_7 (2_7)							
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	13.3	0.561	0.297	0.136	0.303	-0.164	2_7.1
	13.3	0.563	0.306	0.141	0.305	-0.158	трив. частина
	13.2	0.565	0.317	0.149	0.307	-0.15	2_7.1
	13.2	0.565	0.317	0.149	0.307	-0.15	трив. частина
<hr/>							
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	13.3	0.561	0.297	0.136	0.303	-0.164	2_7.1
	13.3	0.563	0.306	0.141	0.305	-0.158	трив. частина
	13.2	0.565	0.317	0.149	0.307	-0.15	2_7.1
	13.2	0.565	0.317	0.149	0.307	-0.15	трив. частина
<hr/>							
Км 1_7 (3_7)							
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	5.4	-0.726	-0.384	0.238	0.483	-0.236	3_7.2
	5.4	-0.726	-0.384	0.238	0.483	-0.236	трив. частина
	5.45	-0.724	-0.368	0.228	0.482	-0.251	3_7.2
	5.42	-0.725	-0.375	0.232	0.482	-0.244	трив. частина
	6.5	0.553	0.236	0.228	0.482	-0.251	3_7.1
	6.48	0.553	0.241	0.232	0.482	-0.244	трив. частина
	6.45	0.554	0.247	0.238	0.483	-0.236	3_7.1
	6.45	0.554	0.247	0.238	0.483	-0.236	трив. частина
<hr/>							
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	5.4	-0.726	-0.384	0.238	0.483	-0.236	3_7.2
	5.4	-0.726	-0.384	0.238	0.483	-0.236	трив. частина
	5.45	-0.724	-0.368	0.228	0.482	-0.251	3_7.2
	5.42	-0.725	-0.375	0.232	0.482	-0.244	трив. частина
	6.5	0.553	0.236	0.228	0.482	-0.251	3_7.1
	6.48	0.553	0.241	0.232	0.482	-0.244	трив. частина
	6.45	0.554	0.247	0.238	0.483	-0.236	3_7.1
	6.45	0.554	0.247	0.238	0.483	-0.236	трив. частина

Розрахункове армування

	Км 1_7 (1_7)	Км 1_7 (2_7)	Км 1_7 (3_7)
Asu	2.01	2.01	2.01
As1	0.05	0.05	0.07
As2	0.05	0.05	0.07
Поздовжня арматура, см2:			
повна	8.23957	8.23505	8.33615
по міцності	8.23957	8.23505	8.33615

% армування	0.57	0.57	0.58
Поперечна арматура, см ² /м	4.97246	4.95462	5.35339

Розстановка поздовжньої арматури

Армування симетричне

	Км 1_7 (1_7)	Км 1_7 (2_7)	Км 1_7 (3_7)
кутові	4Ø16	4Ø16	4Ø16
вздвж грані	2Ø16	2Ø16	2Ø16
бокові	2Ø16	2Ø16	2Ø16
Всього	8Ø16	8Ø16	8Ø16
Площа арматури, см ²	16.085	16.085	16.085
% армування	1.11	1.11	1.11

Анкеровка поздовжньої арматури

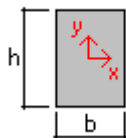
Діаметр стрижня, мм	Довжина анкеровки, мм	Довжина нахльосту, мм
16	0	0

Розстановка поперечної арматури

Зона анкеровки, мм:	3Ø8	3Ø8	3Ø10
крок	150	150	150
прив'язка 1-го	50	50	50
зона розкладки	300	300	300
прив'язка останнього	350	350	350
Основна зона, мм:	11Ø8	11Ø8	9Ø10
крок	200	200	200
прив'язка 1-го	550	550	200
зона розкладки	2000	2000	1600
прив'язка останнього	2550	2550	2150
Добірний, мм:	1Ø8	1Ø8	1Ø10
крок	150	150	150
прив'язка	2700	2700	2300
відстань до верху	50	50	50
Площа арматури, см ² /м	5.02655	5.02655	7.85398
Режими установки шпильок:			
ні			

Км-5**Бетон**

Клас С12/15

АрматураКлас поздовжньої А400С
Клас поперечної А240С**Переріз**

Розміри, мм:	
b	380
h	580
Площа, см ²	2204

Відмітки

	Км 1_27 (1_27)	Км 1_27 (2_27)	Км 1_27 (3_27)
Висота поверху, мм	3050	3050	2650
Висота перекриття, мм	300	300	300
Відмітки, м:			
низу колони	-0,050	+3,000	+6,050
верху перекриття	+3,000	+6,050	+8,700

Розрахункова довжина

Коефіцієнти розрахункової довжини:

m X	0.7	1	1
m Y	0.7	1	1
Розрахункова довжина, мм:			
Lo X	2135	3050	2650
Lo Y	2135	3050	2650
Гнучкість:			
Lo/h X	3.68	5.26	4.57

Lo/h Y

5.62

8.03

6.97

Навантаження

Результати МСЕ розрахунку

Км 1_27 (1_27)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Постійне	15.6	2.55	-2.32	-1.26	0.345	-0.142	1_27.1
	13.9	1.5	1.53	-1.26	0.345	-0.142	1_27.2
Довготривале	-0.0149	0.0423	-0.0599	-0.0304	0.00882	-0.00673	1_27.1
	-0.0149	0.0154	0.0329	-0.0304	0.00882	-0.00673	1_27.2
Короткочасне	-0.0297	0.0846	-0.12	-0.0608	0.0176	-0.0135	1_27.1
	-0.0297	0.0308	0.0657	-0.0608	0.0176	-0.0135	1_27.2
Км 1_27 (2_27)							
Постійне	10.9	1.37	-1.29	-0.842	0.0853	-0.558	2_27.1
	9.26	1.11	1.28	-0.842	0.0853	-0.558	2_27.2
Довготривале	-0.00925	0.0149	-0.0227	-0.0159	0.00588	-0.0133	2_27.1
	-0.00925	-0.003	0.0259	-0.0159	0.00588	-0.0133	2_27.2
Короткочасне	-0.0185	0.0299	-0.0454	-0.0318	0.0118	-0.0265	2_27.1
	-0.0185	-0.00601	0.0517	-0.0318	0.0118	-0.0265	2_27.2
Км 1_27 (3_27)							
Постійне	5.48	0.0661	-1.08	-1	-0.317	-0.467	3_27.1
	4.02	0.907	1.57	-1	-0.317	-0.467	3_27.2
Довготривале	-0.0028	0.00052	-0.0241	-0.0216	0.00184	-0.0102	3_27.1
	-0.0028	-0.00436	0.0331	-0.0216	0.00184	-0.0102	3_27.2
Короткочасне	-0.0056	0.00104	-0.0483	-0.0432	0.00369	-0.0205	3_27.1
	-0.0056	-0.00873	0.0663	-0.0432	0.00369	-0.0205	3_27.2

Розрахункові сполучення навантажень. Скорочений список

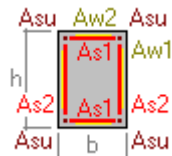
Км 1_27 (1_27)							
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	17.1	2.94	-2.75	-1.49	0.409	-0.178	1_27.1
	17.1	2.88	-2.67	-1.45	0.396	-0.169	трив. частина
	17.2	2.8	-2.55	-1.39	0.38	-0.156	1_27.1
	17.2	2.8	-2.55	-1.39	0.38	-0.156	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	17.1	2.94	-2.75	-1.49	0.409	-0.178	1_27.1
	17.1	2.88	-2.67	-1.45	0.396	-0.169	трив. частина
	17.2	2.8	-2.55	-1.39	0.38	-0.156	1_27.1
	17.2	2.8	-2.55	-1.39	0.38	-0.156	трив. частина
Км 1_27 (2_27)							
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	12	1.56	-1.49	-0.978	0.113	-0.658	2_27.1
	12	1.54	-1.46	-0.956	0.105	-0.639	трив. частина
	10.2	1.21	1.49	-0.978	0.113	-0.658	2_27.2
	10.2	1.22	1.45	-0.956	0.105	-0.639	трив. частина
	12	1.51	-1.42	-0.926	0.0938	-0.614	2_27.1
	12	1.51	-1.42	-0.926	0.0938	-0.614	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	12	1.56	-1.49	-0.978	0.113	-0.658	2_27.1
	12	1.54	-1.46	-0.956	0.105	-0.639	трив. частина
	10.2	1.21	1.49	-0.978	0.113	-0.658	2_27.2
	10.2	1.22	1.45	-0.956	0.105	-0.639	трив. частина
	12	1.51	-1.42	-0.926	0.0938	-0.614	2_27.1
	12	1.51	-1.42	-0.926	0.0938	-0.614	трив. частина

Км 1_27 (3_27)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	4.43	0.998	1.73	-1.1	-0.349	-0.514	3_27.2
	4.43	0.998	1.73	-1.1	-0.349	-0.514	трив. частина
	4.42	0.983	1.84	-1.17	-0.343	-0.548	3_27.2
	4.42	0.989	1.79	-1.14	-0.346	-0.533	трив. частина
	6.03	0.0727	-1.19	-1.1	-0.349	-0.514	3_27.1
	6.03	0.0727	-1.19	-1.1	-0.349	-0.514	трив. частина
	6.02	0.0744	-1.27	-1.17	-0.343	-0.548	3_27.1
	6.03	0.0737	-1.24	-1.14	-0.346	-0.533	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	4.43	0.998	1.73	-1.1	-0.349	-0.514	3_27.2
	4.43	0.998	1.73	-1.1	-0.349	-0.514	трив. частина
	4.42	0.983	1.84	-1.17	-0.343	-0.548	3_27.2
	4.42	0.989	1.79	-1.14	-0.346	-0.533	трив. частина
	6.03	0.0727	-1.19	-1.1	-0.349	-0.514	3_27.1
	6.03	0.0727	-1.19	-1.1	-0.349	-0.514	трив. частина
	6.02	0.0744	-1.27	-1.17	-0.343	-0.548	3_27.1
	6.03	0.0737	-1.24	-1.14	-0.346	-0.533	трив. частина

Номери колон, що визначили РСН:

1_27

Розрахункове армування



	Км 1_27 (1_27)	Км 1_27 (2_27)	Км 1_27 (3_27)
Asu	2.01	2.01	2.01
As1	0.04	0.15	0.12
As2	1.13	1.13	1.13
Поздовжня арматура, см2:			
повна	10.3851	10.5976	10.5489
по міцності	10.3851	10.5976	10.5489
% армування	0.47	0.48	0.48
Поперечна арматура, см2/м	7.03574	8.71254	8.32818

Розстановка поздовжньої арматури

Армування симетричне

кутові	4Ø16	4Ø16	4Ø16
вздвож грані	2Ø16	2Ø16	2Ø16
бокові	2Ø16	2Ø16	2Ø16
Всього	8Ø16	8Ø16	8Ø16
Площа арматури, см2	16.085	16.085	16.085
% армування	0.73	0.73	0.73

Анкеровка поздовжньої арматури

Діаметр стрижня, мм	Довжина анкеровки, мм	Довжина нахльосту, мм
16	0	0

Розстановка поперечної арматури

Зона анкеровки, мм:	3Ø10	3Ø12	3Ø12
крок	150	150	150
прив'язка 1-го	50	50	50
зона розкладки	300	300	300

прив'язка останнього	350	350	350
Основна зона, мм:	11Ø10	11Ø12	9Ø12
крок	200	200	200
прив'язка 1-го	550	550	200
зона розкладки	2000	2000	1600
прив'язка останнього	2550	2550	2150
Добірний, мм:	1Ø10	1Ø12	1Ø12
крок	150	150	150
прив'язка	2700	2700	2300
відстань до верху	50	50	50
Площа арматури, см2/м	7.85398	11.3097	11.3097
Режими установки шпильок:			
ні			

Км-6

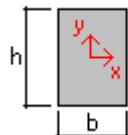
Бетон

Клас C12/15

Арматура

Клас поздовжньої A400C
Клас поперечної A240C

Переріз



Розміри, мм:
b 380
h 380
Площа, см2 1444

Відмітки

	Км 1 14 (1 14)	Км 1 14 (2 14)	Км 1 14 (3 14)
Висота поверху, мм	3050	3050	2650
Висота перекриття, мм	300	300	300
Відмітки, м:			
низу колони	-0,050	+3,000	+6,050
верху перекриття	+3,000	+6,050	+8,700

Розрахункова довжина

Коефіцієнти розрахункової довжини:

m X	0.7	1	1
m Y	0.7	1	1
Розрахункова довжина, мм:			
Lo X	2135	3050	2650
Lo Y	2135	3050	2650
Гнучкість:			
Lo/h X	5.62	8.03	6.97
Lo/h Y	5.62	8.03	6.97

Навантаження

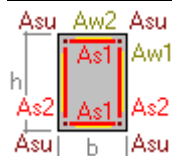
Результати МСЕ розрахунку

Км 1 14 (1 14)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Постійне	12.5	0.0189	1.17	0.709	-0.282	0.0885	1 14.1
	11.4	0.879	-0.995	0.709	-0.282	0.0885	1 14.2
Довготривале	0.375	-0.0777	0.0594	0.0372	-0.0599	0.00354	1 14.1
	0.375	0.105	-0.054	0.0372	-0.0599	0.00354	1 14.2
Короткочасне	0.75	-0.155	0.119	0.0743	-0.12	0.00708	1 14.1
	0.75	0.21	-0.108	0.0743	-0.12	0.00708	1 14.2
Км 1 14 (2 14)							
Постійне	7.36	-0.44	0.792	0.314	-0.219	0.0885	2 14.1
	6.26	0.228	-0.167	0.314	-0.219	0.0885	2 14.2
Довготривале	0.0545	-0.0448	0.0448	0.0235	-0.0155	0.00354	2 14.1
	0.0545	0.00265	-0.027	0.0235	-0.0155	0.00354	2 14.2
Короткочасне	0.109	-0.0896	0.0896	0.0471	-0.0311	0.00708	2 14.1
	0.109	0.00531	-0.0539	0.0471	-0.0311	0.00708	2 14.2
Км 1 14 (3 14)							
Постійне	3.52	-0.0378	-0.669	-0.52	-0.11	0.231	3 14.1

Км 1_14 (3_14)							
	2.56	0.253	0.709	-0.52	-0.11	0.231	3_14.2
Довготривале	0.0213	-0.00148	0.0107	0.0114	-0.00299	0.00218	3_14.1
	0.0213	0.00646	-0.0196	0.0114	-0.00299	0.00218	3_14.2
Короткочасне	0.0426	-0.00297	0.0213	0.0228	-0.00599	0.00436	3_14.1
	0.0426	0.0129	-0.0391	0.0228	-0.00599	0.00436	3_14.2

Розрахункові сполучення навантажень. Скорочений список

Км 1_14 (1_14)							
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	13.7	1.31	-1.27	0.902	-0.508	0.109	1_14.2
	13.2	1.17	-1.2	0.85	-0.424	0.104	трив. частина
	15	-0.236	1.48	0.902	-0.508	0.109	1_14.1
	14.4	-0.127	1.4	0.85	-0.424	0.104	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	13.7	1.31	-1.27	0.902	-0.508	0.109	1_14.2
	13.2	1.17	-1.2	0.85	-0.424	0.104	трив. частина
	15	-0.236	1.48	0.902	-0.508	0.109	1_14.1
	14.4	-0.127	1.4	0.85	-0.424	0.104	трив. частина
Км 1_14 (2_14)							
	N, тс	Mx, тс*м	Mу, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	8.27	-0.632	1.02	0.424	-0.292	0.109	2_14.1
	8.2	-0.569	0.956	0.391	-0.271	0.104	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	8.27	-0.632	1.02	0.424	-0.292	0.109	2_14.1
	8.2	-0.569	0.956	0.391	-0.271	0.104	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	2.89	0.3	0.715	-0.534	-0.131	0.262	3_14.2
	2.86	0.291	0.742	-0.55	-0.127	0.258	трив. частина
	2.82	0.279	0.779	-0.572	-0.121	0.254	3_14.2
	2.82	0.279	0.779	-0.572	-0.121	0.254	трив. частина
	3.87	-0.0416	-0.736	-0.572	-0.121	0.254	3_14.1
	3.87	-0.0416	-0.736	-0.572	-0.121	0.254	трив. частина
	3.94	-0.0465	-0.701	-0.534	-0.131	0.262	3_14.1
	3.91	-0.0444	-0.716	-0.55	-0.127	0.258	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	2.89	0.3	0.715	-0.534	-0.131	0.262	3_14.2
	2.86	0.291	0.742	-0.55	-0.127	0.258	трив. частина
	2.82	0.279	0.779	-0.572	-0.121	0.254	3_14.2
	2.82	0.279	0.779	-0.572	-0.121	0.254	трив. частина
	3.87	-0.0416	-0.736	-0.572	-0.121	0.254	3_14.1
	3.87	-0.0416	-0.736	-0.572	-0.121	0.254	трив. частина
	3.94	-0.0465	-0.701	-0.534	-0.131	0.262	3_14.1
	3.91	-0.0444	-0.716	-0.55	-0.127	0.258	трив. частина

Розрахункове армування

	Км 1 14 (1 14)	Км 1 14 (2 14)	Км 1 14 (3 14)
Asu	2.01	2.01	2.01
As1	0.03	0.03	0.08
As2	0.03	0.03	0.08
Поздовжня арматура, см2:			
повна	8.17096	8.17096	8.34857
по міцності	8.17096	8.17096	8.34857
% армування	0.57	0.57	0.58
Поперечна арматура, см2/м	4.70184	4.70184	5.40235

Розстановка поздовжньої арматури

Армування симетричне

кутові	4Ø16	4Ø16	4Ø16
вздовж грані	2Ø16	2Ø16	2Ø16
бокові	2Ø16	2Ø16	2Ø16
Всього	8Ø16	8Ø16	8Ø16
Площа арматури, см2	16.085	16.085	16.085
% армування	1.11	1.11	1.11

Анкеровка поздовжньої арматури

Діаметр стрижня, мм	Довжина анкеровки, мм	Довжина нахльосту, мм
16	0	0

Розстановка поперечної арматури

Зона анкеровки, мм:	3Ø8	3Ø8	3Ø10
крок	150	150	150
прив'язка 1-го	50	50	50
зона розкладки	300	300	300
прив'язка останнього	350	350	350
Основна зона, мм:	11Ø8	11Ø8	9Ø10
крок	200	200	200
прив'язка 1-го	550	550	200
зона розкладки	2000	2000	1600
прив'язка останнього	2550	2550	2150
Добірний, мм:	1Ø8	1Ø8	1Ø10
крок	150	150	150
прив'язка	2700	2700	2300
відстань до верху	50	50	50
Площа арматури, см2/м	5.02655	5.02655	7.85398

Режими установки шпильок:

ні

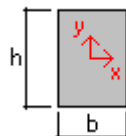
Км-7**Бетон**

Клас С12/15

Арматура

Клас поздовжньої А400С

Клас поперечної А240С

Переріз

Розміри, мм:	
b	580
h	380
Площа, см2	2204

Відмітки

	Км 1 23 (1 23)	Км 1 23 (2 23)	Км 1 23 (3 23)
Висота поверху, мм	3050	3050	2650
Висота перекриття, мм	300	300	300
Відмітки, м:			
низу колони	-0,050	+3,000	+6,050
верху перекриття	+3,000	+6,050	+8,700

Розрахункова довжина

Коефіцієнти розрахункової довжини:			
m X	0.7	1	1
m Y	0.7	1	1
Розрахункова довжина, мм:			
Lo X	2135	3050	2650
Lo Y	2135	3050	2650
Гнучкість:			
Lo/h X	5.62	8.03	6.97
Lo/h Y	3.68	5.26	4.57

Навантаження

Результати МСЕ розрахунку

Км 1 23 (1 23)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Переріз
Постійне	20.1	1.09	1.96	1.19	0.76	-0.185	1 23.1
	18.4	-1.23	-1.66	1.19	0.76	-0.185	1 23.2
Довготривале	0.469	0.142	0.0746	0.0459	0.0957	-0.00415	1 23.1
	0.469	-0.15	-0.0652	0.0459	0.0957	-0.00415	1 23.2
Короткочасне	0.939	0.284	0.149	0.0917	0.191	-0.0083	1 23.1
	0.939	-0.299	-0.13	0.0917	0.191	-0.0083	1 23.2

Км 1 23 (2 23)							
Постійне	10.8	0.955	2.61	1.37	0.486	-0.218	2 23.1
	9.1	-0.528	-1.56	1.37	0.486	-0.218	2 23.2
Довготривале	0.0224	0.115	0.0777	0.04	0.0612	-0.00641	2 23.1
	0.0224	-0.0717	-0.0443	0.04	0.0612	-0.00641	2 23.2
Короткочасне	0.0447	0.23	0.155	0.0799	0.122	-0.0128	2 23.1
	0.0447	-0.143	-0.0885	0.0799	0.122	-0.0128	2 23.2

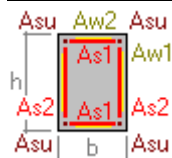
Км 1 23 (3 23)							
Постійне	5.34	0.273	1.2	1.29	0.286	-0.261	3 23.1
	3.88	-0.483	-2.22	1.29	0.286	-0.261	3 23.2
Довготривале	0.0129	0.0561	0.0104	0.0176	0.0524	-0.00397	3 23.1
	0.0129	-0.0827	-0.0362	0.0176	0.0524	-0.00397	3 23.2
Короткочасне	0.0258	0.112	0.0209	0.0352	0.105	-0.00795	3 23.1
	0.0258	-0.165	-0.0724	0.0352	0.105	-0.00795	3 23.2

Розрахункові сполучення навантажень. Скорочений список

Км 1 23 (1 23)							
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	21.8	-1.85	-2.04	1.46	1.15	-0.217	1 23.2
	21.1	-1.64	-1.95	1.39	1.02	-0.211	трив. частина
	23.7	1.67	2.4	1.46	1.15	-0.217	1 23.1
	23	1.47	2.29	1.39	1.02	-0.211	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	21.8	-1.85	-2.04	1.46	1.15	-0.217	1 23.2
	21.1	-1.64	-1.95	1.39	1.02	-0.211	трив. частина
	23.7	1.67	2.4	1.46	1.15	-0.217	1 23.1
	23	1.47	2.29	1.39	1.02	-0.211	трив. частина
Км 1 23 (2 23)							
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	11.9	1.43	3.13	1.64	0.737	-0.261	2 23.1
	11.9	1.27	3.02	1.58	0.651	-0.252	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							

Км 1_23 (2_23)							
Група 2	11.9	1.43	3.13	1.64	0.737	-0.261	2_23.1
	11.9	1.27	3.02	1.58	0.651	-0.252	трив. частина
Км 1_23 (3_23)							
Перша група гран. станів. Випадок б (всі навант.)							
Група 1	4.31	-0.805	-2.56	1.47	0.487	-0.301	3_23.2
	4.29	-0.688	-2.51	1.45	0.413	-0.295	трив. частина
	5.92	0.486	1.35	1.47	0.487	-0.301	3_23.1
	5.9	0.407	1.34	1.45	0.413	-0.295	трив. частина
Перша група гран. станів. Випадок а (д.-трив.)							
Група 2	4.31	-0.805	-2.56	1.47	0.487	-0.301	3_23.2
	4.29	-0.688	-2.51	1.45	0.413	-0.295	трив. частина
	5.92	0.486	1.35	1.47	0.487	-0.301	3_23.1
	5.9	0.407	1.34	1.45	0.413	-0.295	трив. частина

Розрахункове армування



	Км 1_23 (1_23)	Км 1_23 (2_23)	Км 1_23 (3_23)
Asu	2.01	2.01	2.01
As1	1.13	1.13	1.13
As2	0.06	0.07	0.08
Поздовжня арматура, см ² :			
повна	10.4169	10.4391	10.4595
по міцності	10.4169	10.4391	10.4595
% армування	0.47	0.47	0.47
Поперечна арматура, см ² /м	6.98532	7.10022	7.20534

Розстановка поздовжньої арматури

Армування симетричне

кутові	4Ø16	4Ø16	4Ø16
вздовж грані	2Ø16	2Ø16	2Ø16
бокові	2Ø16	2Ø16	2Ø16
Всього	8Ø16	8Ø16	8Ø16
Площа арматури, см ²	16.085	16.085	16.085
% армування	0.73	0.73	0.73

Анкеровка поздовжньої арматури

Діаметр стрижня, мм	Довжина анкерівки, мм	Довжина нахльосту, мм
16	0	0

Розстановка поперечної арматури

Зона анкерівки, мм:	3Ø10	3Ø10	3Ø10
крок	150	150	150
прив'язка 1-го	50	50	50
зона розкладки	300	300	300
прив'язка останнього	350	350	350
Основна зона, мм:	11Ø10	11Ø10	9Ø10
крок	200	200	200
прив'язка 1-го	550	550	200
зона розкладки	2000	2000	1600
прив'язка останнього	2550	2550	2150
Добірний, мм:	1Ø10	1Ø10	1Ø10
крок	150	150	150
прив'язка	2700	2700	2300
відстань до верху	50	50	50
Площа арматури, см ² /м	7.85398	7.85398	7.85398

Армування колон наведено на аркуші 5 графічної частини роботи.

2.3. Розрахунок і конструювання балки Б-1

На другому ярусі в осях 1-2 і Б-В запроєктована балка Б-1 (відмітка низу +5,100), що буде нести навантаження від купола №3. Балка опирається на колони таврового перерізу К-3. Балка шириною 700 мм і висотою 500 мм. Посередині прольоту балка має кругле розширення по 500 мм в обидва боки (див. рис. 2_).

Для розрахунку скористались програмою БАЛКА. На балку діє навантаження від власної ваги (програма враховує автоматично, за заданими параметрами) та навантаження від башти №3 і купола №3. Результати розрахунку див. нижче.

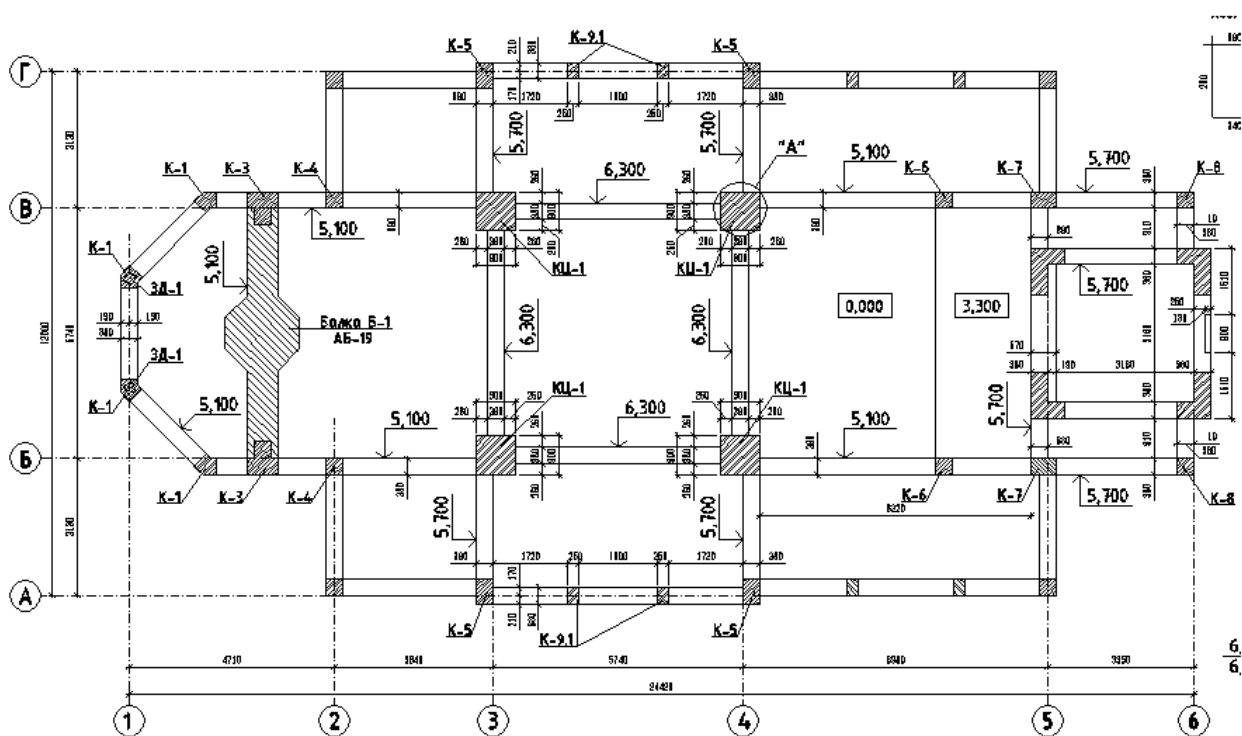


Рис. 2.9. Схема розташування колон і балки Б-1

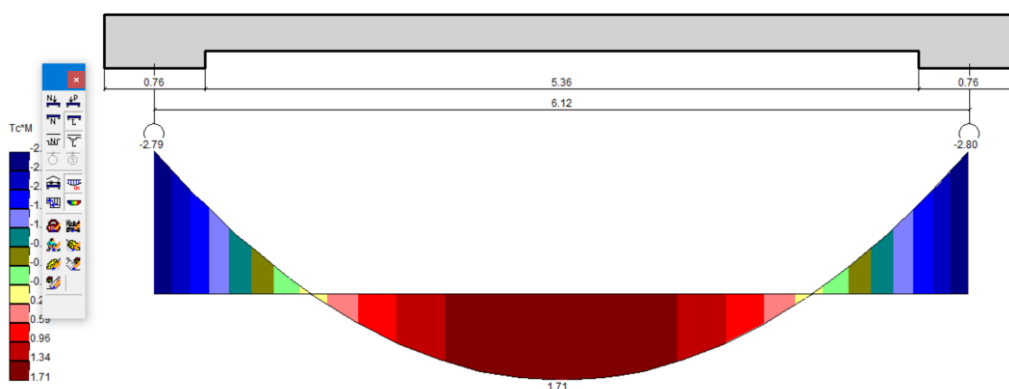


Рис. 2.10. Епюра згинальних моментів

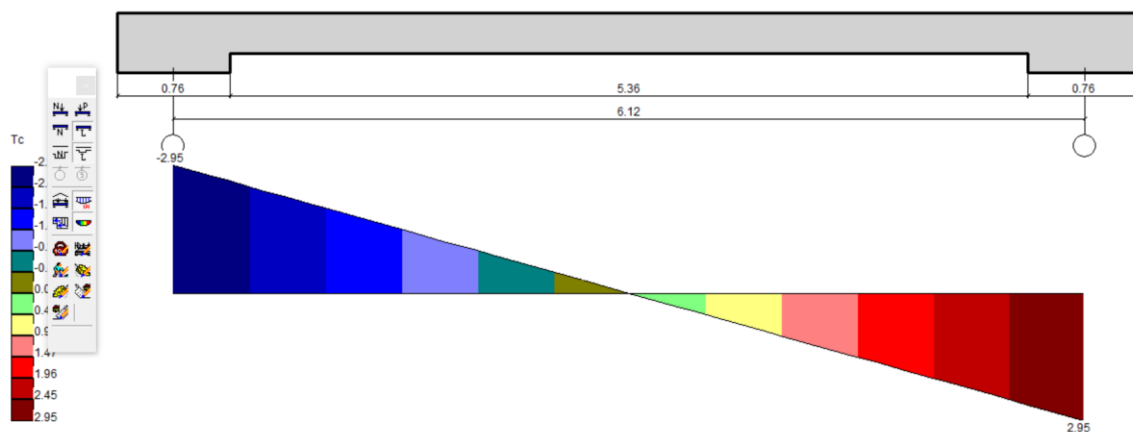


Рис. 2.11. Епюра поперечних сил

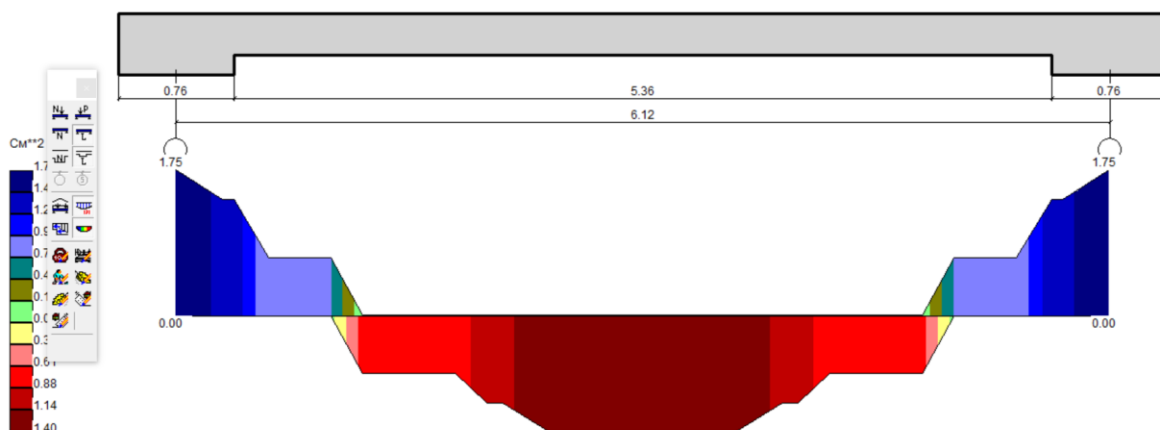


Рис. 2.12. Епюра розрахункового армування

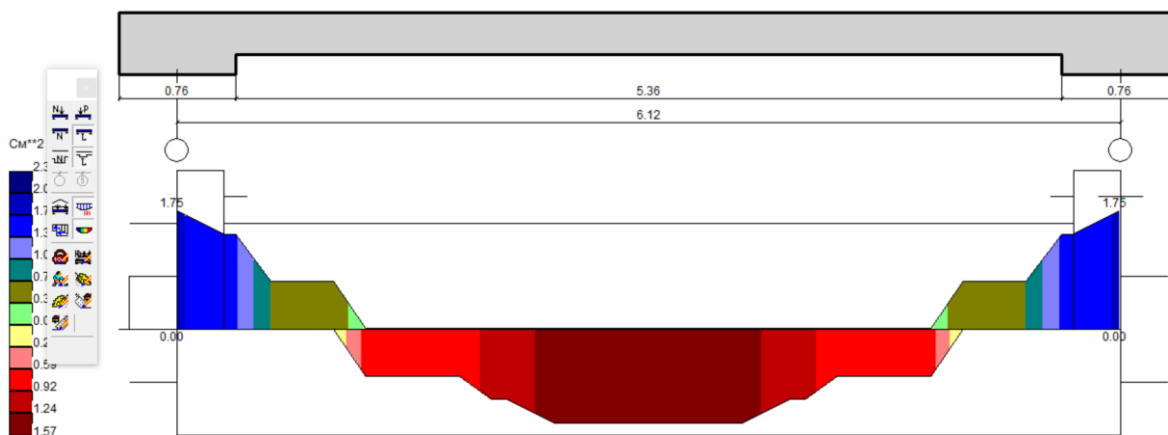


Рис. 2.13. Епюра матеріалів

Прольоти							
Номер	Ширина, М	Висота, М	Л в осях, М	Л в свету, М	Ліва опора	Права опора	К-сть перерізів
1	0.7	0.5	6.12	5.36	1	2	31

Опори					
Номер	Ширина, М	Відстань до осі, М	Вид	Опирання	Податливість
1	0.76	0.38	колона	Опирание	Ні
2	0.76	0.38	колона	Опирание	Ні

Результати розрахунку

Проліт № 1				
Переріз №	1	16	31	
Привязка, М	-0.38	2.68	5.74	
	Оригинальні			
Момент, Тс*М	-2.51	1.71	-2.52	
	-2.79	1.54	-2.80	
Поперечна сила, Тс	2.95	-0.00	-2.65	
	2.65	-0.00	-2.95	
Переміщення, мм	-15.71	-15.98	-15.71	
	-17.22	-17.49	-17.22	
Арматура позд.				
Нижня, См**2	0.00	1.40	0.00	
Верхня, См**2	1.75	0.00	1.75	
Бокова, См**2	0.00	0.00	0.00	
Арматура поперечна, См**2/М	7.74	7.74	7.74	

Конструювання

Каркас в'язаний								
Нижня					Верхня		Бокова	
1-го ряда			2-го ряда					
Діаметр крайн. стер.	Діаметр средн. стерж.	К-сть середн. стерж.	Діаметр средн. стерж.	К-сть сер. стерж.	Діаметр средн. стерж.	К-сть. средн. стерж.	Діаметр средн. стерж.	К-сть середн. стерж.
10.00	6.00		6.00		10.00	2		
Проліт N1 Довж. 6740.00, М Привязка 70.00, М								
Поперечна арматура: Діаметр 10.00 М, крок 0.15 М, К-сть 2								

Опорні стержні			
Опора №	Діаметр	К-сть	Довжина
1	10.00	1	80.00
2	10.00	1	766.00
3	10.00	1	300.00
4	10.00	1	606.00

Конструювання балки

Робоча поздовжня арматура балки – діам 14 мм, клас А400С (поз. 1,2 на рис. 2.15). Поперечне армування – хомути з арм. класу А240 діам. 6 мм. Кругле розширення під купол №3 армуємо двома сітками з кроком 150 мм в обох напрямках і каркасами К-1 з робочою арматурою діам 14 мм, клас А400С.

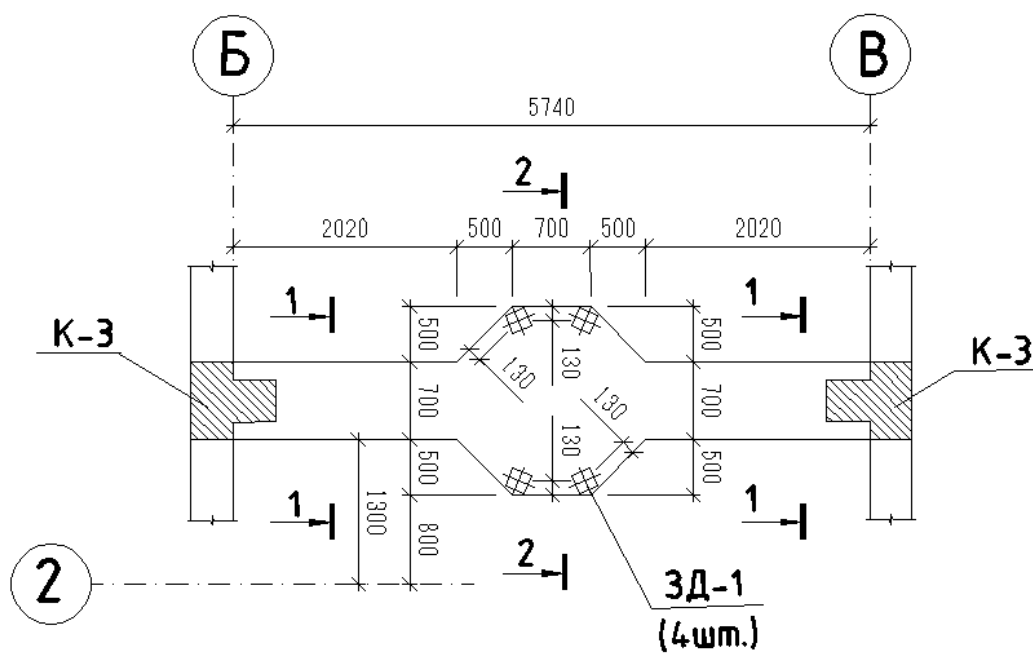


Рис. 2.14. Опалубкове креслення Б-1

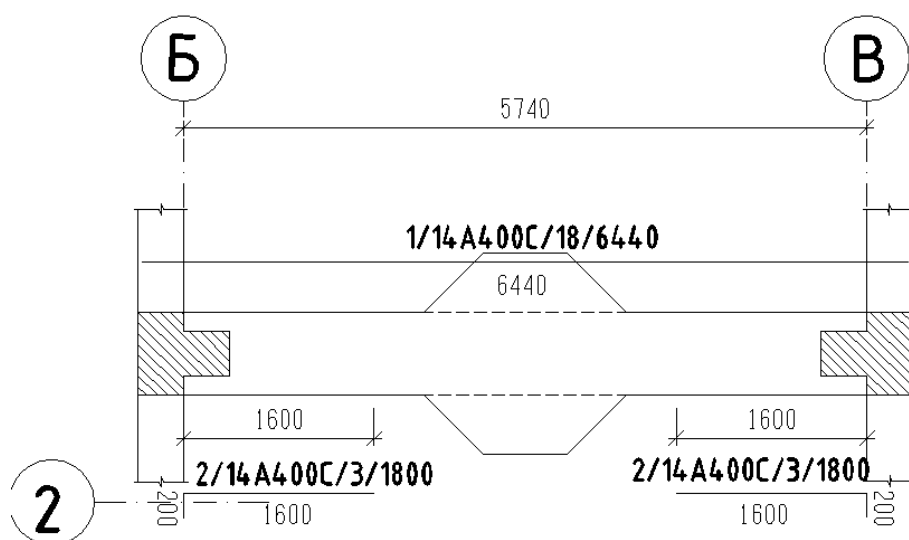


Рис. 2.15. Армування балки Б-1

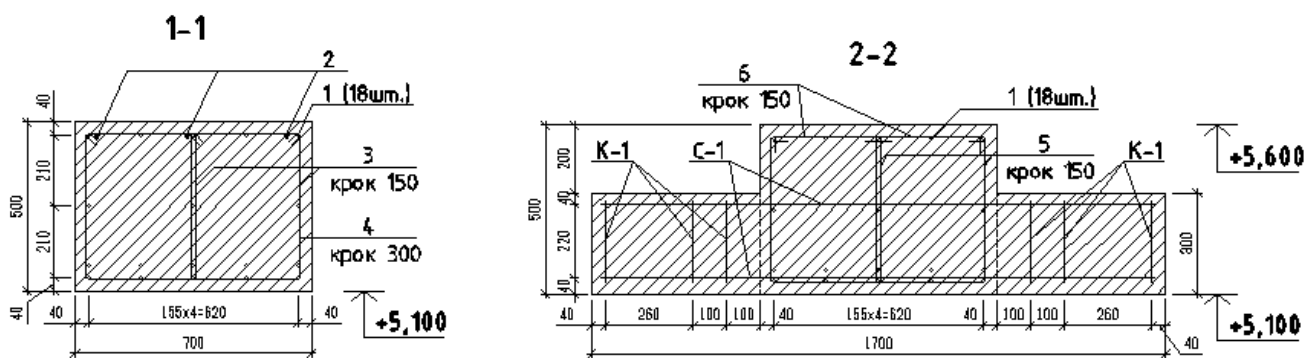


Рис. 2.16. Армування перерізів балки Б-1

Розділ 3

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1. Обсяги робіт. Зведена відомість

Назва роботи	Один. вим.	Кількість
1. Підготовчий період	%	10
2. Нульовий цикл		
2.1 Розробка ґрунту екскаватором у відсип	м ³	983
2.2 Розробка ґрунту вручну	м ³	49,8
2.3 Влаштування підготовки під фундаменти	м ³	49,8
2.4 Монтаж фундаментних подушок	шт.	103
2.5 Монтаж фундаментних блоків	шт.	534
2.6 Влаштування монолітних фундаментів	м ³	35,69
2.7 Горизонтальна гідроізоляція	м ²	227,02
2.8 Вертикальна гідроізоляція	м ²	103,78
2.9 Зворотня засипка	м ³	678
2.10 Ущільнення ґрунту	м ³	983
3. Надземна частина		
3.1 Мурування стін	м ³	1584
3.2 Бетонування монолітних колон	м ³	50,26
3.3 Бетонування монолітних балок	м ³	72,85
3.4 Мурування перегородок	м ²	147,6
3.5 Улаштування перекриття	м ²	96
3.6 Укладання перемичок	шт.	154
3.7 Розшивка швів	м	466
3.8 Монтаж віконних блоків	м ²	479,4
3.9 Монтаж дверних блоків	м ²	87,2
3.10 Монтаж з/б крабів	шт.	28
3.11 Монтаж з/б куполів	шт.	3

3.12 Влаштування пароізоляції	м ²	456,8
3.13 Влаштування утеплювача	м ²	921,6
3.14 Дерев'яні лати	м ²	921,6
3.15 Покриття бляхою	м ²	921,6
3.16 Копання корита	м ³	48,65
3.17 Асфальтобетонне вимощення	м ²	162,2
3.18 Глинняний замок	м ³	48,65
3.19 Монтаж металевих сходів і пожежних драбин	шт.	4
4 Опоряджувальні роботи		
4.1 Скління вікон	м ²	479,34
4.2 Бетонна підготовка	м ²	850
4.3 Влаштування стяжок	м ²	1115,3
4.4 Керамічна підлога	м ²	780
4.5 Паркетна підлога	м ²	335,3
4.6 Зовнішнє тинькування	м ²	6800
4.7 Внутрішнє тинькування	м ²	6180
4.8 Вирівнювання стель	м ²	330
4.9 Фарбування зовні	м ²	6800
4.10 Фарбування всередині	м ²	6180
5. Спеціалізовані роботи		
5.1 Водопровід і каналізація	м ³	2026
5.2 Опалення і вентиляція	м ³	2026
5.3 Електромонтажні роботи	м ³	2026
5.4 Низькострумні роботи	м ³	2026
5.5 Газопостачання	м ³	2026
5.6 Опорядження території	м ²	540
5.7 Невраховані роботи	%	10

3.2. Методи та способи виконання основних робіт

наведено у додатку А.

3.3. Підбір монтажного крану

1. Потрібну висота підйому $H_{\text{потр}}$ визначаємо за формулою:

$$H_{\text{номр}} = h_0 + h_{\text{с.з.}} + h_k + h_{\text{стр}} = 16,82 + 0,3 + 2,38 + 1,5 = 21\text{ м}$$

де: h_0 – висота будинку від рівня землі;

$h_{\text{с.з.}}$ – безпечна відстань від низу елемента, що монтується, до верхньої точки будинку, приймаємо в межах 0,3-1,8;

h_k – висота конструкції в монтажному положенні;

$h_{\text{стр}}$ – розрахункова висота стропу;

2. Потрібний мінімальний виліт стріли $L_{\text{потр}}$. Визначаємо з умови монтажу найбільш віддаленого елемента:

$$L_{\text{номр}} = a \setminus 2 + c + b = 4 : 2 + 3 + 12 = 19\text{ м}$$

де: $a = 4$ - ширина колії крану;

c – безпечна відстань між габаритами крану і будинком;

b – ширина будинку між крайніми рядами;

3. Монтажну масу визначаємо за формулою:

$$Q_m = Q_{\text{ел}} + q_{\text{стр}} = 1,6 + 0,95 = 2,55\text{ т}$$

де: $Q_{\text{ел}}$ – маса самого найважчого елемента;

$q_{\text{стр}}$ – вага вантажозачіпного пристосування.

Обираємо кран КБ-60 з такими характеристиками:

Виліт стріли – 20 м,

Вантажопідйомність – 3-5 т,

Висота підйому – 25 м.

3.4. ТК на кладку стін з газоблоків

Карта розроблена для виконання робіт зі зведення зовнішніх і внутрішніх стін церкви з газобетонних блоків автоклавного твердіння щільністю D600, класу міцності B2.5, на клейових сумішах типу Ceresit СТ21 (чи аналогічних).

Роботи виконують у теплу пору року, за температури навколишнього середовища до +30°C. Вологість блоків перед виконанням кладки має бути не більше 25%.

Технологію виконання робіт, контроль якості та ТБ див. у додатку Б.

3.5. Календарний план

За [17] нормативний термін виконання усіх робіт з будівництва церкви у с. Біличі Ковельського району становить 6 місяців (або 132 роб. дні). Згідно з календарним планом фактична тривалість робіт – 120 роб. днів. На будівництві працюватиме в середньому 28 чол., у найзавантаженішу зміну – 52 чол.

3.6. Будівельний генеральний план

«Визначення площ тимчасових будівель і споруд здійснюють за максимальною чисельністю працюючих на будівельному майданчику та нормативних площ на одну людину, що користується даними приміщеннями.

Співвідношення категорій працюючих у житлово-цивільному будівництві:

- робітники – 85%;
- ІТР – 8%;
- службовці – 5%;
- МОП та охорона – 2%.

Чисельність працюючих визначають за формулою:

$$N_{заг} = (N_{роб} + N_{ИТР} + N_{служб} + N_{МОП}) \cdot k,$$

де: $N_{роб}$ – чисельність робітників згідно календарного плану;

N_{ITP} – чисельність інженерно-технічних працівників (ІТР);

$N_{служб}$ – чисельність службовців;

$N_{МОП}$ – чисельність молодшого обслуговуючого персоналу та охорони;

$k = 1,05 - 1,06$ - коефіцієнт, що враховує відпустки, хвороби тощо» [18].

$$N_{заг} = (52 + 5 + 3 + 1) \cdot 1,05 \approx 64 \text{ чол.}$$

Таблиця 3.2. Розрахунок площ тимчасових будівель

Назва приміщення	Розрах. кількість працюючих	Норматив- на площа м ²	Коефіцієнт корист. приміщ	Розра- хункова площа м ²	Прийнята площа м ²	Тип і розміри споруд, к-сть
1.Контора майстра	5	4,0	1,0	20	27	10×2,7×1
2.Гардероб	52	0,75	1,0	27	27	10×2,7×1
	9			12	16,2	6×2,7×1
3.Приміщення для приймання їжі	52	1,0	0,8	41,6	43,2	8×2,7×2
4.Душові	52	0,6	1,0	31,2	32,4	6×2,7×4
	12			7,2	16,2	6×2,7×2
5.Приміщення для обігріву і сушіння одягу	52	0,2	0,6	6,24	16,2	6×2,7×1
7.Інструментна контора	Приймаємо без розрахунків				16,2	6×2,7×1
8.Майстерня					16,2	6×2,7×1
9. Приміщення для субпідрядників					16,2	6×2,7×1
10.Вбиральні	12	0,07	1,0	0,84	4,0	2×2×2
	52			3,64	4,0	

Розділ 4

ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

У результаті підрахунків у середовищі ПК АВК-5 встановлено, що вартість будівництва церкви у с. Біличі Ковельського району становить 16 млн. 354 тис. грн. Локальний кошторис на ЗБР наведено у додатку В.

Розділ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Для будь-якого об'єкту сакральної архітектури надважливим є дотримання техніки безпеки при виконанні робіт на висоті – зокрема, при монтажі куполів. Узагальнені вимоги до безпечного виконання цих робіт наведено у чинних нормативних актах України [20-24] і в додатку Г.

Розділ 6

НАУКОВА ЧАСТИНА

Конструктивні рішення для купольних систем у сакральній архітектурі

6.1. Вступ

Купольні системи в архітектурі храмів завжди були символом не лише духовного піднесення, але й інженерної майстерності. Особливістю купольних конструкцій є складний просторовий розподіл навантажень, які виникають під дією власної ваги, вітрових і снігових впливів, температурних деформацій тощо. Завдання інженера полягає у виборі такої геометрії та конструктивної схеми купола, яка забезпечить статичну рівновагу за мінімальних матеріальних витрат і максимальної довговічності.

Сучасні тенденції розвитку будівництва вимагають удосконалення конструктивних рішень куполів із використанням нових матеріалів, зокрема високоміцного бетону, сталі, композитів, клеєної деревини та легких сталевих конструкцій. Це зумовлює необхідність наукового аналізу форм, методів розрахунку і впливу геометрії на напружено-деформований стан купольних систем.

На сьогодні в Україні пошкоджені війною сотні сакральних споруд. Для їх відновлення або реконструкції особливої практичної значущості набуває вибір оптимальних конструкцій куполів – як з міркувань економії матеріалів, так і забезпечення надійності та довговічності.

Мета роботи – дослідити конструктивні принципи формування купольних систем у сакральній архітектурі та обґрунтувати ефективні інженерні рішення, що забезпечують оптимальний розподіл навантажень і підвищену просторову жорсткість споруди.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

1. Провести огляд типів купольних систем та історичних етапів їх розвитку.

2. Проаналізувати сучасні підходи до розрахунку куполів.
3. Розглянути вплив форми купола на розподіл зусиль у оболонці.
4. Навести приклад статичного розрахунку купола та оцінити його роботу.
5. Зробити висновки та надати рекомендації щодо вибору конструктивної схеми купола для сучасних сакральних споруд.

Об'єкт дослідження — конструктивні системи куполів сакральних споруд.

Предмет дослідження — просторово-статична робота купольних оболонок різних форм, матеріалів і схем опирання.

Методи дослідження. У роботі використано комплекс аналітичних, теоретичних і комп'ютерних методів, зокрема:

- аналітичні методи теорії тонких оболонок (за Тимошенком і Войновським-Крігером);
- метод скінченних елементів (МСЕ) — для моделювання напружено-деформованого стану;
- порівняльний аналіз результатів для різних форм куполів (сферичний, еліптичний, параболічний).

Наукова новизна. У роботі запропоновано порівняльну методику аналізу куполів різних геометричних типів (сферичних, еліптичних і параболічних) з урахуванням розподілу зусиль. Встановлено вплив форми купола на величину горизонтального розпору та меридіональних напружень. Запропоновано конструктивні рішення кільцевих поясів, що знижують ризик розтріскування та підвищують жорсткість.

Практична значущість:

- Розроблені рекомендації можуть бути використані при проектуванні нових і реконструкції існуючих храмових споруд.

- Отримані результати мають прикладне значення для оптимізації товщини оболонки та зменшення матеріалоємності купольних систем.
- Запропонована методика дозволяє оцінювати напружений стан куполів без дорогих натурних випробувань.

6.2. Огляд літератури

Історичний розвиток купольних систем

Купол як конструкція має понад дві тисячі років розвитку. Перші приклади монументальних куполів відомі з античного світу. Пантеон у Римі, купол якого мав діаметр 43,3 м, був зведений у 118–128 рр. н.е. із легкого бетону з поступовим зменшенням густини до вершини.

Візантійська традиція, розвинена в Софії Константинопольській (VI ст.), започаткувала перехід від барабана до купола через паруси, що дозволило опирати сферичну оболонку на квадратний план.

На українських землях традиція купольного зодчества бере початок у часи Київської Русі. Софія Київська (XI ст.), Спасо-Преображенський собор у Чернігові (1030-ті рр.), Михайлівський Золотоверхий монастир (XII ст.) демонструють розвиток багатокупольної системи, адаптованої до цегляної кладки.

У XX–XXI ст., із появою нових матеріалів, купольні системи трансформувалися у сталеві каркаси, залізобетонні оболонки, геодезичні решітчасті куполи.

Типи купольних конструкцій

Ю.О. Дорошенко у праці [26] виконав детальний аналіз геометрії та графо-аналітичних алгоритмів побудови твірних поверхонь куполів. Автор стверджує, що «поле можливих досліджень залишається досить широким. Адже геометричного аналізу потребують усі (!) куполи усіх (!) православних храмів. Бо всі вони є унікальними і неповторними. У їх формі приховується інтуїтивно

зрозуміла зодчим художня краса, природна гармонійність форми і усталена стилістичність архітектурно дизайнерського рішення» [26].

Є.Ю. Дунаєвський (2023) у своїй дисертації аналізує еволюцію архітектурних форм православних храмів та роль різних конструктивних типів куполів, зокрема поєднання традицій і новітніх підходів у моделях куполів [25].

Ю.О. Дорошенко проводить узагальнений геометричний аналіз форм куполів православних храмів, виділяє типові форми (півсферичні, гострокутні, цибулинні) і розглядає закономірності формоутворення з урахуванням сакрального контексту [26].

Nalyina Yurchyshyn у посібнику про проектування християнських храмів (2015) розглядає конструктивні особливості і типи куполів, описуючи їх геометрію та конструктивні рішення, основні принципи розрахунку та конструювання. [27].

Ключнікова (2025) досліджує еволюцію форм православних храмів Києва, зокрема зміну типів куполів від півциркульних до грушоподібних із «ковніром», з відзначенням впливу форм куполів на просторову композицію і стиль [28].

У роботі G.M. López-Manzanares (2022) наведені технічні звіти і теоретичні дослідження поведінки мурованих куполів, що застосовуються і в сакральній архітектурі, з прикладами аналізу куполів із різними типами структур [29].

Отже, купол складається із двох основних конструктивних елементів – оболонки та опорного кільця. За геометрією розрізняють:

- Сферичні куполи – мають найпростішу форму та рівномірний розподіл стискувальних напружень.
- Еліптичні куполи – характеризуються меншою висотою і більшими горизонтальними розпорами.
- Параболічні куполи – оптимальні за стійкістю і міцністю, тому що їхня форма наближена до лінії тиску при рівномірному навантаженні.

Мінімальні мембранні напруження. Оптимальні для легких сталевих систем.

- Ребристі куполи – складаються з окремих арок-ребер, що сприймають основні навантаження, між якими влаштовані легкі заповнення.
- Геодезичні куполи – сучасні легкі конструкції з трикутних елементів. Низька маса, проте складне виготовлення.

За матеріалами класифікують:

- Залізобетонні оболонки – для великих прольотів (діаметр 10–40 м), товщиною 80–200 мм;
- Сталеві каркасні системи – для легких куполів з облицюванням;
- Клеєна деревина – у реставраційних або екологічних проектах;
- Композити та алюміній – для тимчасових або мобільних храмів.

У публікаціях українських і міжнародних наукових видань (2015–2025) спостерігається тенденція комплексного підходу, де поєднують історичні стилістичні фактори з точним інженерним моделюванням структур купольних систем з використанням МСЕ та інших методів. Ці роботи охоплюють різні аспекти конструктивних типів куполів церков – від класичних форм і символіки до сучасних методів аналізу їхньої міцності і поведінки під навантаженнями.

Згідно з даними [29] використання сталевих оболонок дозволяє знизити вагу купола до 30–35 % порівняно із залізобетонними.

За результатами досліджень [30] форма купола значно впливає на величину мембранних напружень:

- перехід від сферичної до параболічної форми зменшує розтягувальні зусилля в кільцевому напрямку на 25–40 %;
- збільшення висоти купола на 10 % призводить до зменшення горизонтального розпору приблизно на 15 %.

У працях українських дослідників [29, 30] показано, що навіть невелика зміна кута нахилу оболонки впливає на стійкість системи при дії снігового навантаження.

Вибір форми купола визначає співвідношення висоти до діаметра. Оптимальні значення для сталевих куполів: $0,25 \leq \frac{H}{D} \leq 0,5$. При $\frac{H}{D} < 0,25$ горизонтальний розпір зростає у 1,5-2 рази.

Аналіз літератури свідчить, що сучасні купольні системи повинні поєднувати естетичну форму і структурну ефективність. Ключовим параметром є співвідношення висоти купола до діаметра (H/D), що визначає рівень горизонтальних розпорів; для куполів великого діаметра (> 20 м) доцільно застосовувати ребристі або сталевобетонні системи. Подальше дослідження спрямоване на кількісну оцінку впливу геометрії на розподіл зусиль та оптимізацію товщини оболонки.

6.3. Теоретичні основи та методика розрахунку купольних систем

Основи розрахунку куполів як тонких оболонок обертання

Теорія тонких оболонок є основою аналітичного розрахунку куполів і склепінь у будівництві. Її розвиток пов'язаний з іменами вчених С.П. Тимошенка та В.З. Войновського-Крігера [32]. Вони створили узагальнені рівняння рівноваги для оболонок обертання, які широко застосовуються при проектуванні купольних систем.

У припущенні мембранної роботи (тобто, без урахування згину) рівняння рівноваги елемента сферичної оболонки за Тимошенком має вигляд:

$$\frac{dN_m}{ds} + \frac{(N_k - N_m)}{r} \sin \varphi + qR = 0, \quad (6.1)$$

де N_m, N_k - меридіональні та кільцеві зусилля (Н\М);

S – довжина дуги меридіана;

$r = R \sin \varphi$ - радіус паралелі;

Q – інтенсивність зовнішнього навантаження (Па);

φ - полярний кут.

Для рівномірного навантаження $q = \text{const}$ і сферичної геометрії розв'язок має вигляд:

$$N_m = qR \frac{1 - \cos \varphi}{\sin^2 \varphi}$$

$$N_k = qR \frac{1 - 2 \cos \varphi + \cos^2 \varphi}{\sin^2 \varphi} \quad (6.2)$$

Ці формули широко використовуються при первинному проектуванні металевих і залізобетонних куполів. Вони дозволяють швидко оцінити характер розподілу зусиль — розтяг у кільцевому напрямку і стиск по меридіану.

Войновський-Крігер розвинув класичну теорію Тимошенка, врахувавши згинальні деформації і поперечні зсуви. У загальному вигляді рівняння рівноваги сферичної оболонки мають форму:

$$\frac{dN_m}{ds} + \frac{(N_k - N_m)}{r} \sin \varphi + qR,$$

$$\frac{dQ_m}{ds} + \frac{(Q_k - Q_m)}{r} \sin \varphi + N_k k_k + N_m k_m = 0, \quad (6.3)$$

де Q_m, Q_k - поперечні сили;

k_m, k_k - кривини в меридіональному та кільцевому напрямках.

Зв'язок між напруженнями та деформаціями описується рівняннями:

$$\begin{aligned}\varepsilon_m &= \frac{1}{E}(\sigma_m - \nu\sigma_k) + z \frac{dk_m}{ds}, \\ \varepsilon_k &= \frac{1}{E}(\sigma_k - \nu\sigma_m) + z \frac{dk_k}{ds},\end{aligned}\tag{6.4}$$

де E - модуль пружності;

ν - коефіцієнт Пуассона;

Z – координата вздовж товщини оболонки.

У результаті Войновський-Крігер отримав систему двох диференціальних рівнянь четвертого порядку для функцій прогинів і зусиль, яка враховує не лише мембранний, але й згинальний опір оболонки. Цей підхід точніший для куполів з відносно великою товщиною ($t/R > 1/50$), або в зонах концентрації навантажень (вінцеві кільця, прорізи, ліхтарі).

У будівельній практиці обидві теорії застосовуються комбіновано:

- **Теорія Тимошенка** – для первинного аналітичного розрахунку куполів середнього діаметра (до 15 м).
- **Теорія Войновського-Крігера** – для уточнення напружень у зонах концентрацій, а також для верифікації МСЕ-моделей у SCAD, LIRA, ANSYS.

Розрахунок тонкостінного сталевго купола

Вихідні дані:

Діаметр купола – $D=6,5$ м;

Висота купола – $H=3,8$ м;

Радіус кривини (сферичний купол) – $R=3,9$ м;

Товщина оболонки – $t=6$ мм;

Матеріал – сталь С235;

Розрахункове навантаження (власна вага + сніг + вітер) – $q=1,9$ кПа;

Граничний кут біля підпяття – 65 град.

Розрахунок меридіальних і кільцевих зусиль

Розрахунок ведемо за формулами (6.2) для п'яти контрольних точок по висоті купола. Результати занесено до табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Зведена таблиця зусиль

Кут φ	$\sin\varphi$	$\cos\varphi$	N_m (кН/м)	N_k (кН/м)	$\sigma_m = N_m/t$ (МПа)	$\sigma_k = N_k/t$ (МПа)
10°	0.173	0.985	1.5	0.7	25.0	11.7
25°	0.423	0.906	2.9	1.3	48.3	21.7
40°	0.643	0.766	3.6	2.2	60.0	36.7
55°	0.819	0.574	3.1	3.4	51.7	56.7
65°	0.906	0.423	2.4	4.1	40.0	68.3

Аналіз одержаних результатів

- Максимальні меридіональні напруження $\sigma_m \approx 60$ МПа (за кута 40°).
- Максимальні кільцеві напруження $\sigma_k \approx 68$ МПа (біля опори).
- Допустиме напруження для сталі С235 (з коефіцієнтами надійності):

$$f_d = \frac{f_y}{\gamma_m} = \frac{235}{1,1} = 214 \text{ МПа}$$

Запас міцності $n = \frac{214}{68} = 3,15$, що свідчить про достатню несучу здатність.

Вплив форми купола на розподіл навантажень

При збільшенні висоти купола горизонтальні розпори зменшуються, що знижує потребу в потужному кільцевому поясі, але зростає власна вага конструкції.

Таблиця 6.2. Вплив висоти при сталому діаметрі (6.5 м)

Тип купола	Висота Н (м)	Н/D	Макс. σ_k (МПа)	Макс. σ_m (МПа)	Коментар
Еліптичний	2,0	0,31	95	72	Підвищений розпір, потрібен пояс
Сферичний	3,9	0,60	68	60	Оптимальне співвідношення напружень
Параболічний	5,0	0,77	56	54	Зменшення розпору, але більша вага

Перевірка міцності опорного кільця

Горизонтальна складова меридіонального зусилля на рівні підпяття:

$$N_h = N_m \cdot \sin \varphi_0 = 2,4 \cdot 0,906 = 2,18 \text{ кН} \setminus \text{м}$$

Загальне розтягувальне зусилля в кільці:

$$T = N_h \cdot \frac{D}{2} = 2,18 \cdot 3,25 = 7,09 \text{ кН}$$

Необхідна площа металу:

$$A = \frac{T}{f_d} = \frac{7,09 \cdot 10^3}{214 \cdot 10^6} = 3,31 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

Для опорного кільця достатньо сталевого прокатного елемента діам. 12 мм ($A=1,13 \times 10^{-4} \text{ м}^2$), запас =3,4.

Висновок

- Тонкостінний сталевий купол з $D = 6.5$ м, $H = 3.9$ м, $t = 6$ мм має надійний запас міцності.
- Максимальні напруження не перевищують 30% від допустимих.
- Найбільші зусилля розтягу виникають у кільцевому напрямку біля під'яття – тому доцільно передбачати сталеве або армоване опорне кільце.
- Форма купола з $H/D = 0,6$ є оптимальною для малих і середніх сакральних споруд (каплиці, ротонди, бані діаметром 5–8 м).

6.4. Практична частина

Моделювання металевого купола в програмі SCAD

Мета моделювання

Метою чисельного експерименту є визначення напружено-деформованого стану металевого ребристого купола діаметром 6,5 м та висотою 3,9 м із застосуванням методу скінченних елементів (МСЕ) у програмному середовищі SCAD Office.

Геометрична модель і вихідні дані

Оскільки проєктований купол виконаний у формі 16-ти металевих піварок, то спочатку створили модель одного елемента – кружала (рис. 6.1), а потім скопіювали його відносно вертикальної осі задану кількість разів (рис. 6.2).

Купол розраховували на кілька окремих завантажень, що відрізняються тривалістю дії: постійне від власної ваги елементів купола + навантаження від купольного покриття; короткочасні – снігове та два вітрових.

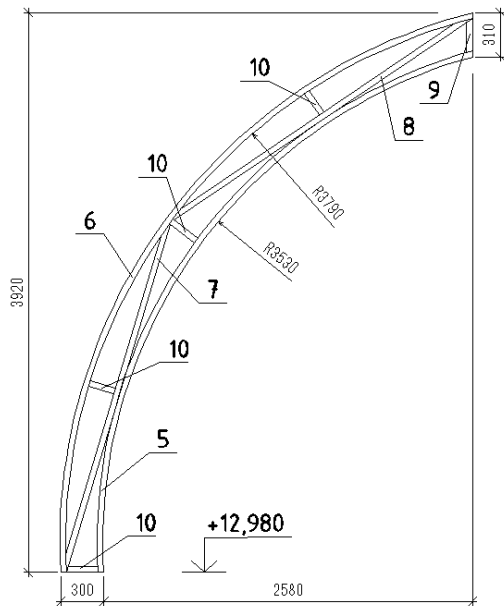


Рис. 6.1. Кружало Кр-1

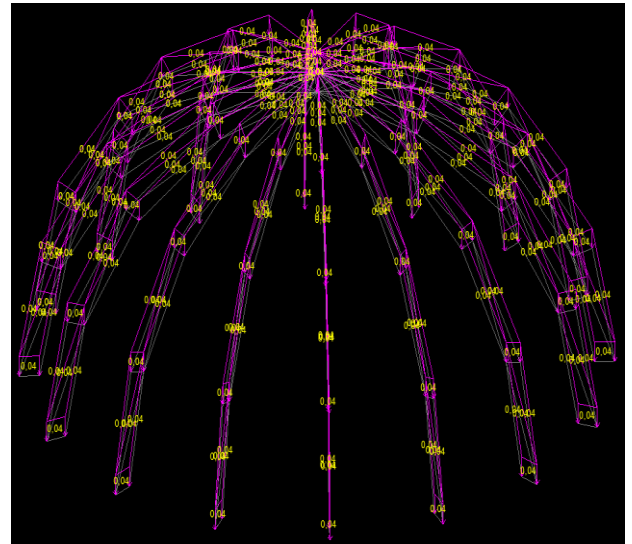


Рис. 6.2. Згенерована модель купола

Таблиця 6.3. Збір навантажень від купольного покриття

№ шару	Вид навантаження	Характеристичне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності	Розрахункове навантаження, кН/м ²
	Постійне			
1	Оцинкований покрівельний лист 1250x2500 $\delta = 0,5 \text{ мм}, \rho = 78,5 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,39	1,05	0,41
2	Гідроізоляційна мембрана $\delta = 5 \text{ мм}, \rho = 1,1 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,006	1,2	0,007
3	Суцільна обшивка деревяною дошкою $\delta = 30 \text{ мм}, \rho = 5 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,15	1,2	0,18
4	Металеве кружало	-		-
5	Мінеральна вата, огорнута п\е плівкою (між кружалами) $\delta = 200 \text{ мм}, \rho = 0,5 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,1	1,3	0,13
6	Пароізоляція	0,006	1,2	0,007

	$\delta = 5 \text{ мм}, \rho = 1,1 \text{ кН} / \text{м}^3$			
7	OSB плита $\delta = 15 \text{ мм}, \rho = 7 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,105	1,2	0,126
8	ГКЛ вологостійкий $\delta = 12,5 \text{ мм}, \rho = 0,34 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,004	1,2	0,005
	<i>Всього постійне:</i>	0,761		0,865
	Снігове	1,200	1,14	1,436

Обчислюємо розрахункові значення постійних навантажень на ребра купола (кружала):

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3,79^2}{4} = 11,28 \text{ м}^2$$

$11,28 : 16 = 0,7 \text{ м}$ - ширина вантажної площі на кружало.

$0,7 \cdot 0,865 = 0,61 \text{ кН} \setminus \text{м}$ - розрахункове погонне навантаження на кружало від ваги покриття.

Для м. Ковеля нормативне (характеристичне) значення снігового навантаження становить 1200 Па, вітрове – 460 Па (згідно з [6]).

Обчислюємо розрахункові значення короточасних навантажень на кружала:

$0,7 \cdot 1,436 = 1,01 \text{ кН} \setminus \text{м}$ - розрахункове снігове навантаження;

$0,7 \cdot 0,46 \cdot 2,75 \cdot 1,14 = 1,04 \text{ кН} \setminus \text{м}$ - розрахункове вітрове навантаження.

Результати розрахунку МСЕ

Після побудови 3D-моделі й прикладання комбінованого навантаження виконано статичний розрахунок на РСЗ, результатами якого є переміщення та зусилля в елементах купола (рис. 6.3). Також виконано конструктивний розрахунок з перевіркою заданих перерізів (рис. 6.4). Остаточо для конструювання елементів купола прийнято квадратну трубу 40x40x4. Запас міцності за критичним фактором становить 42%.

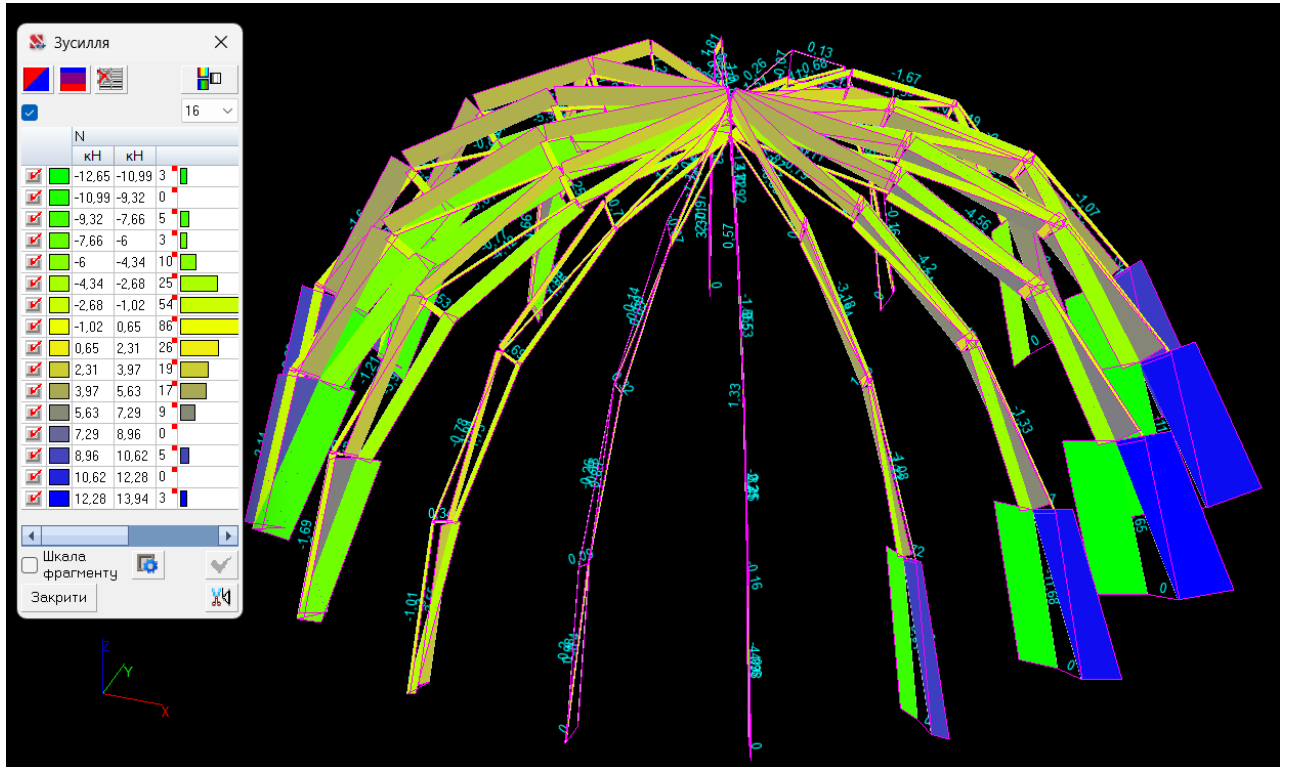


Рис. 6.3. Епюри зусиль в елементах купола

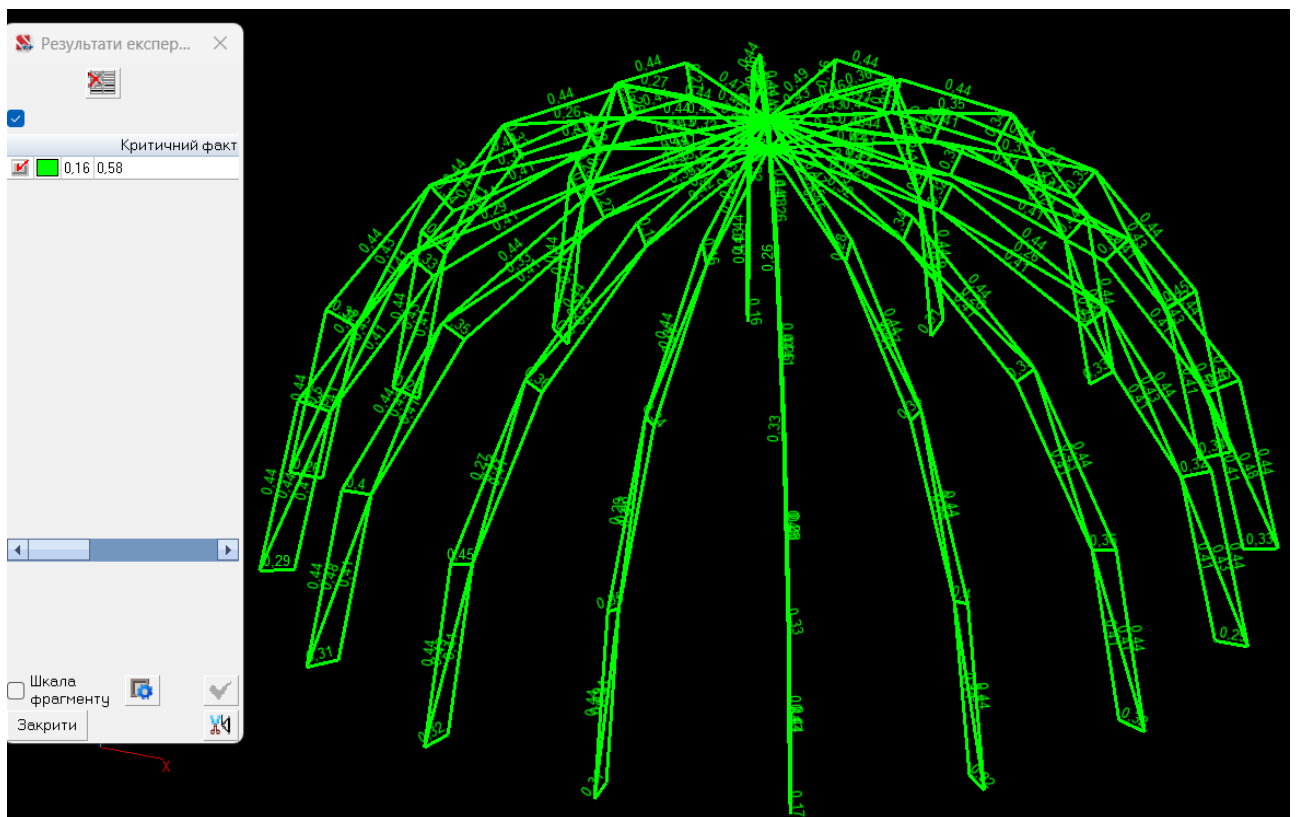


Рис. 6.4. Результати експертизи перерізів

Висновки до практичної частини

1. Металевий купол діаметром 6.5 м та висотою 3.9 м має надійний запас міцності ($n \approx 2$).
2. Максимальні напруження не перевищують 58% від допустимих для сталі С235.
3. Геометрична форма зі співвідношенням $H/D = 0.6$ є оптимальною для мінімізації розпирних зусиль.
4. Жорстке обпирання по кільцю за наявності залізобетонного поясу гарантують стійкість конструкції.
5. За результатами МСЕ-моделювання деформації та напруження рівномірно розподілені, що свідчить про раціональність обраного конструктивного рішення.

6.5. Рекомендації для проєктування

1. Висота купола має становити не менше $1/4$ – $1/5$ діаметра, щоб уникнути надмірних розпорів.
2. Підп'ятне кільце – обов'язкове для будь-якого купола з розпором; рекомендовано армований пояс з поперечною арматурою $\emptyset 12$ – $\emptyset 16$ мм.
3. Матеріал – монолітний ЗБ або сталевий каркас з легким облицюванням.
4. Для великих діаметрів (> 25 м) доцільно застосовувати ребристі або геодезичні куполи з вузловими з'єднаннями.

При діаметрі купола понад 20 м обов'язково влаштовувати температурні шви.

Загальні висновки

1. Форма купола істотно впливає на розподіл внутрішніх зусиль:
 - еліптичний купол дає зменшення висоти споруди, але збільшує кільцеві розтягувальні зусилля, потрібне потужне опорне кільце;

- сферичний купол має рівномірний розподіл стискаючих напружень, найменші прогини; недолік – значні горизонтальні розпори при малому підйомі (кут $\varphi > 60^\circ$), перевага – висока просторова жорсткість;
 - параболічний купол – форма близька до лінії тиску при рівномірному навантаженні, тому зусилля в середині купола практично повністю стискаючі. Це найоптимальніша форма з точки зору мінімізації розтягувальних зусиль;
 - ребристий купол розподіляє навантаження по арках-ребрах; зони між ребрами працюють як заповнення; відтак зменшується власна вага на 25–30 % , зручний для великих діаметрів (> 20 м).
2. Оптимальні конструктивні рішення повинні враховувати не лише геометрію, а й технологію зведення (опалубка, монтаж, матеріали).
 3. Використання чисельного моделювання (МСЕ) дозволяє точно оцінити вплив форми, товщини й опорних умов на стійкість системи.
 4. У сакральній архітектурі конструктивна ефективність купола має поєднуватися з архітектурно-символічним змістом, адже форма купола несе не лише навантаження, а й ідею духовного простору.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 43 с.
2. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. 64 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.
4. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі Зміною № 1. К.: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.
5. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. К.: Мінрегіонбуд, 2017.
6. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ: МІНБУД України, 2006. 75с.
7. ДБН В.2.5-39:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 54 с.
8. Теплокерамік. <https://teploceramic.com.ua/>
9. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Введений в дію 01.09.2021 р. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України 2022 р.
10. Автоматизоване проектування та BIM-технології у будівництві. Методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / уклад. С. Ротко, В. Самчук. Луцьк: ЛНТУ, 2023. 232 с.
11. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2018. 36 с.
12. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К.: Мінрегіонбуд України, 2011.

13. ДСТУ Б В.2.6.-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
14. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель та споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.
15. ДСТУ 3760:2019. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. К.: ДП «Укр НДНЦ», 2019.
16. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 47 с.
17. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів. Київ: Мінрегіон України, 2014. 30 с.
18. Випускна кваліфікаційна робота бакалавра: методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (спеціалізація «Промислове та цивільне будівництво») денної та заочної форм навчання / уклад. О.А. Ужегова, С.В. Ротко. Луцьк: Луцький НТУ, 2020. 104 с.
19. Кваліфікаційна робота: методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Ковальчук, Ю.Г. Фесіна, І.Л. Заблоцька Луцьк: ЛНТУ, 2023. 46 с.
20. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.
21. НПАОП 45.2-7.02-12. Правила охорони праці під час виконання будівельно-монтажних робіт,
22. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті.
23. ДСТУ EN 13374:2016. Огородження тимчасові для робіт на висоті.
24. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.
25. Дунаєвський, Є.Ю. (2023). Еволюція архітектурних форм православних храмів і комплексів в період незалежності України. – Дис. на зд. н.с. д.ф. Одеса, ОДАБА.
https://odaba.edu.ua/upload/files/Disertatsiya_Dunaievskogo.pdf
26. Дорошенко, Ю.О. (2019). Геометрія куполів православних храмів. *Design*, 12(4), 45-63. <https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/Design/article/view/14331/20470>

27. Юрчишин, Г.М. та ін. (2015). Проектування християнського храму [Навчальний посібник]. І.-Фр., НТУНіГ
http://kipdm.lnam.edu.ua/images/VYKLADACHY/DESIGN/Yurchyshyn_Halyna_Posibnyky/Navchaliynyj_Posibnyk_Proektuvannja_Hrystyjansiykogo_Hramu.pdf
28. Ключнікова, А.М. (2025). Еволюція образу православного храму Києва (X-XVIII ст.). Дис. на зд. н.ст. докт. філос. К.: КНУБА.
<https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2025/03/klyuchnikova-a.m.pdf>
29. Вірченко Г.А., Терещук М. (2024). Деякі аспекти застосування геометричних моделей для проектування куполів православних храмів. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*, том 1 № 106. <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2024.106.57-66>
30. Попов В. О., Попова А. В., Ван Вей (2022). Моделювання напружено-деформованого стану тонкостінних куполів для раціонального проектування. *Науково-технічний журнал “сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві”*, 72-84.
31. López-Manzanares, G.M., et al. (2022). Technical reports and theoretical studies about vaulted and domed masonry structures. *Journal of Construction Engineering*, 12(2), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263522000784>
32. Timoshenko, S., Woinowsky-Krieger, S. (1959) *Theory of Plates and Shells*. McGraw-Hill, [https://www.cap-recifal.com/ccs_files/articles/cuveaqua1_denisio/Timoshenko - Theory of plates and shells.pdf](https://www.cap-recifal.com/ccs_files/articles/cuveaqua1_denisio/Timoshenko_-_Theory_of_plates_and_shells.pdf)

Элевация 1.6, Элевация 1.7, Элевация 1.8

План на высоте 0,000, План на высоте +3,300

Спецификация элементов отделки

Спецификация элементов отделки

Спецификация элементов отделки

Элевация 1.1, Рисунок 1.1, Рисунок 2.2

План парадной

Схема расположения элементов парадной

Спецификация элементов парадной

Спецификация элементов парадной

Классы 1.1, Классы 1.2, Классы 1.3, Классы 1.4, Классы 1.5, Классы 1.6, Классы 1.7, Классы 1.8

Спецификация элементов отделки №1

Спецификация элементов отделки №2

Спецификация элементов отделки №3

Элементы каркаса фундамента

Элементы каркаса фундамента

Элементы каркаса фундамента

Элементы каркаса фундамента

Элементы каркаса фундамента

Элементы каркаса фундамента

Элементы каркаса фундамента

Элементы каркаса фундамента

Спецификация элементов отделки

Спецификация элементов отделки

Спецификация элементов отделки

Спецификация элементов отделки

Лекционные залы на этажах 1-го и 2-го этажей

Оформление рабочих мест лекторов

Классы стен и перегородки помещений в 1-ом и 2-м этажах

Техническая база

Календарный план строительства

График потребности в рабочих кадрах

График работы машин и механизмов

