

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Будівельних конструкцій
Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
ОПП Будівництво та цивільна інженерія

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Космакова Євгенія Олександровича

1. Тема роботи Захисне сховище шкільної будівлі в м. Суми

Затверджено наказом по університету №674/ос від "01" березня 2024 р.

Строк здачі студентом закінченої роботи: "01" березня 2025 р.

2. Вихідні дані до роботи:

Завдання на магістерську кваліфікаційну роботу. Архітектурна частина
робочого проєкту.

3. Зміст розрахунково - пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи

Розділ 2. Об'ємно-планувальні та архітектурно-конструктивні рішення
будівлі

Розділ 3. Дослідження напружено-деформованого стану та конструктивні
розрахунки

4. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

Лист 1. План на відм. 0,000, Фасад 1-8/1, Фасад 8/1-1, Фасад В/2-А, Фасад А-В/2.

Лист 2. Схема розташування перемичок, Розріз 1-1, Розріз 2-2, План покрівлі укриття.

Лист 3. План укриття на відм. -4.630, Схема підлоги на відм. -4.630, Схема вимощення.

Лист 4. Типове опалубочне креслення та армування стін.

Лист 5. Типове опалубочне креслення та армування колон.

Лист 6. Типове опалубочне креслення та армування сходів.

Лист 7-10. Типове опалубочне креслення та армування фундаментних плит.

Лист 11-13. Типове опалубочне креслення та армування плит покриття.

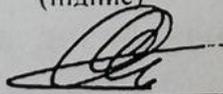
Керівник:



(підпис)

д.т.н., проф. Роговий С.І.
(Прізвище, ініціали)

Консультант

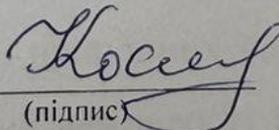


(підпис)

д.т.н., проф. Роговий С.І.
(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач:



(підпис)

Космаков Є.О.
(Прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Космаков Євгеній Олександрович. Захисне сховище шкільної будівлі в м. Суми – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

В **основній частині** описано архітектурно-конструктивні та об'ємно-планувальні рішення будівлі. Предметом дослідження є напружено-деформований стан несучих елементів захисної споруди.

Результати дослідження встановлено, у фундаментній плиті найбільші напруження виникають в центрі прольоту між опорами (стіна, колона) M_u становить $-8,51 \text{ Т}^*\text{м/м.}$, найбільші напруження у стінах по вісі В в осях 2-8 M_x становить $-11,21 \text{ Т}^*\text{м/м.}$, найбільш напружена колона – в осях 4 / А/2 зусилля N становить 129,8т, найбільші напруження у плиті покриття виникають в місцях спирання плити на колони, зусилля M_x становить $24,98 \text{ Т}^*\text{м/м.}$

Для запобігання продавлювання та зменшення напружень в плиті перекриття в місцях спирання на колони влаштовують додаткове армування.

Армування конструкцій виконується стержнями класу А240с, А500с. прийнято бетон класу С20/25.

Аналіз публікацій та досліджень свідчить про зростаючу увагу до питань безпеки дітей у навчальних закладах. Дослідження підтверджують, що наявність укриттів значно знижує ризики під час надзвичайних ситуацій, зокрема техногенних аварій, природних катастроф та військових загроз. У публікаціях наголошується на важливості інтеграції захисних приміщень у структуру шкільних будівель ще на етапі проектування, що дозволяє ефективно використовувати простір і забезпечувати безпечні умови для перебування учнів та персоналу

У **висновках** підкреслено важливість та актуальність даної теми, наведено аналіз за результатами розрахунку, за якими було дослідження напружено-деформованого стану елементів каркасу будівлі внаслідок надбудови додаткового поверху

Ключові слова: монолітний каркас, захисна сховище.

Список публікацій

Космаков Є.О. Захисне сховище шкільної будівлі в м. Суми // *European congress of scientific discovery. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Madrid, Spain. 2025. Pp. 132-133.* URL: <https://sci-conf.com.ua/ii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-european-congress-of-scientific-discovery-3-5-02-2025-madrid-ispaniya-arhiv/>.

В **додатках** наведено: розрахунок на надмірний тиск повітряної ударної хвилі, матеріали конференції, креслення.

Структура роботи

Робота складається з основного тексту на 47 сторінках, у тому числі 7 таблиць, 44 рисунка. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 3 розділи, висновки за результатами роботи, список з 7 використаних джерел, 3 додатків на 8 сторінках. Графічна частина складається з 13 аркушів креслень.

ЗМІСТ

1.ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	7
Актуальність теми	7
Мета і завдання дослідження	8
Об'єкт дослідження	8
Предмет дослідження.....	8
Методи дослідження	8
Практичне значення одержаних результатів.....	9
Апробація та публікація роботи	9
2. ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ ТА АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ БУДІВЛІ	10
Об'ємно-планувальне рішення.....	10
Архітектурно-конструктивні рішення	12
Фундаменти.....	12
Колони	12
Стіни та перегородки	12
Покриття.....	13
Сходи	13
Підйомники	13
Покрівля	13
Двері.....	14
Підлоги	15
3. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ	17
Опис предмету дослідження	17
Методика дослідження	20
Результати дослідження	25
ВИСНОВОК	46
Список використаної літератури	48
Додаток А. Розрахунок на надмірний тиск повітряної ударної хвилі	49
Додаток Б. Матеріали конференції.....	52
Додаток В. Креслення	56

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

У сучасних умовах забезпечення безпеки дітей у навчальних закладах є одним із результатів завдань держави та суспільства. Загрози природного, техногенного чи особливо військового характеру створюють використання обладнання шкіл спеціальними захисними сховищами. Такі приміщення забезпечують не лише фізичну безпеку учнів і персоналу, а й мінімізують паніку та створюють відповідні умови для комфортного перебування в екстрених ситуаціях. Особливо актуальним це питання стає в наш час, коли йдуть постійні обстріли по всій Україні.

Школи є місцем скупчення дітей, які вразливі до подібних загроз, а отже, їхній захист — це не лише соціальна, але й моральна відповідальність. Крім того, наявність таких засобів відповідає сучасним нормам цивільного захисту, сприяє підвищенню довіри батьків до навчальних закладів і забезпечує гарантію відповідності вимогам школи. Впровадження проєктів облаштування захисних засобів має стратегічне значення для забезпечення сталого розвитку освітньої інфраструктури.

У контексті сучасних викликів, таких як війна чи глобальні зміни клімату, захисні сховища залишаються елементом превентивних заходів. Їх обладнання дозволяє швидко реагувати на надзвичайну ситуацію, забезпечуючи життя та здоров'я учасників освітнього процесу. Це також сприяє формуванню культури безпеки серед дітей, педагогів та батьків.

Розгляд питання облаштування захисних засобів у школах дозволяє не лише оцінити важливість цієї проблеми, але й звернути увагу громадськості та органів влади на необхідність їх впровадження. Вкладення у безпеку підростаючого покоління — це вкладення у майбутнє держави.

Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи є забезпечення безпеки учнів, шляхом зведення будівлі захисного сховища на території шкільної будівлі.

Завдання дослідження:

- здійснення розрахунків конструкцій, це дозволить оцінити їх напружено-деформований стан для забезпечення міцності та надійності;
- виконання підбору армування конструкцій на основі отриманих результатів розрахунків.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є захисне сховище шкільної будівлі.

Предмет дослідження

Предмет дослідження – НДС (напружено деформований стан) несучих елементів захисної споруди.

Методи дослідження

При розробці даної роботи було використано один з найпоширеніший метод дослідження. Це чисельне моделювання, а саме кінцево-елементний аналіз. Цей підхід дозволяє створити математичну модель споруди, оцінити її напружено-деформований стан та виявити критичні зони, які зазнають найбільших навантажень. За результатами проведених розрахунків виконується проектування елементів конструкції, що забезпечує їхню надійність, ефективність та відповідність вимогам безпеки. Використання такого методу надає високу точність розрахунків та дозволяє прогнозувати поведінку конструкції під впливом різних факторів.

Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення одержаних результатів полягає у забезпеченні належного проєктування конструкцій захисних сховищ. Проведені розрахунки дозволяють точно оцінити напружено-деформований стан конструкцій, та виконати проєктування елементів, здатних забезпечити необхідну міцність і стійкість в умовах експлуатації захисної споруди.

Отримані результати також можуть бути використані для зниження матеріальних витрат за рахунок оптимізації конструктивних рішень, що дозволяє досягати високих показників ефективності та економічності при будівництві захисних сховищ.

Апробація та публікація роботи

Космаков Є.О. Захисне сховище шкільної будівлі в м. Суми // European congress of scientific discovery. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Madrid, Spain. 2025. Pp. 132-133.
URL: <https://sci-conf.com.ua/ii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-european-congress-of-scientific-discovery-3-5-02-2025-madrid-ispaniya-arhiv/>.

2. ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ ТА АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ БУДІВЛІ

Об'ємно-планувальне рішення

Будівництво захисного сховища передбачено на території Комунальна установа Сумська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів №7 імені Максима Савченка Сумської міської ради, що розташована за адресою м. Суми, вул. Лесі Українки, 23. Захисне сховище проектується поряд з існуючою будівлею школи. Вхід передбачено з вул. Бориса Матюшенка.

Сховище, котре розташовується нижче рівня землі, в плані має прямокутну форму, з розмірами по вісях 39,41x12,75м. Загальна висота приміщень укриття – 3,41м.

Конструктивна схема будівлі напівкаркасна. Просторова жорсткість забезпечена сумісною роботою внутрішніх та зовнішніх монолітних залізобетонних стін, внутрішніх залізобетонних колон та монолітного залізобетонного без балочного покриття.

Планувальне рішення захисного укриття виконано на основі функціонального процесу школи.

Форма та розміри приміщень запроєктовані в залежності розміщення дітей та вчителів .

За призначенням кімнати поділяють на:

- головні приміщення (для забезпечення основних функцій, сюди відносяться такі приміщення: сховище, пункт керування, медпункт);
- допоміжні приміщення, – санітарні вузли, роздягальні, вбиральня;
- комунікаційні приміщення – сходи, підйомник, коридори, тамбур, евакуаційні виходи.

Захисне сховище відноситься до класу відповідальності СС1, ступінь вогнестійкості – І.

Таблиця 2.1. – Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кат. приміщення
Сходище (підвал)			
1	Евакуаційний вихід 1	39,5	
2	Тамбур – шлюз	10,4	
3	Сходище 1	152,7	
4	Медичний пункт	9,0	
5	Пункт керування/ пожежний пост	9,3	
6	Коридор	42,6	
7	Сходава клітка	23,8	
8	Підйомник	2,3	
9	Коридор	7,4	
10	Раздягальня для вібчат	21,5	
11	Раздягальня для хлопчиків	14,9	
12	Санвузол	7,0	
13	Універсальна кабіна для МГН	6,8	
14	Універсальна кабіна для МГН	6,8	
15	Санвузол	6,9	

Архітектурно-конструктивні рішення

Фундаменти

Фундаментом будівлі слугує монолітна залізобетонна плита, товщиною 500мм.

Плита влаштовується на шар підготовки, товщиною 100мм, яка в свою чергу улаштовується на шар гідроізоляції. Гідроізоляція виконана із поліетиленової плівки.

Колони

Для збереження внутрішнього простору та зменшення прольотів використано колони.

Переріз колон становить 500х500мм.

Стіни та перегородки

Зовнішні та внутрішні несучі стіни виконані з монолітного залізобетону, товщиною 500мм.

Для розділення внутрішнього простору передбачено влаштування перегородок. Вони влаштовуються за допомогою цегли КРПв-1НФ-М100-1650-Ф-15-1 на цементно-піщаному розчині М50.

Сантехнічні перегородки влаштовуються з вологостійкого ламінованого ДСП товщиною 16мм.

Покриття

Покриття виконане монолітним безбалковим. Товщина плити складає 500мм.

Для сприйняття навантаження від плити покриття та передачі його на колони передбачено капітелі. Капітель має квадратну форму в плані з габаритними розмірами 2400х2400мм. Висота капітелей становить 250мм.

Сходи

Для доступу у сховище влаштовано монолітні марші та майданчики. Висота сходинок становить 150мм, ширина – 300мм. Товщина сходового майданчиків дорівнює 200мм.

Сходи облаштовані огорожами, які виконані з оцинкованої труби Ø40х2,5мм.

Підйомники

Для доступу у сховище маломобільних груп населення сходи входу/виходу в осях 1/1-3 / А-Г облаштовано похилим підйомником, в осях 6-7/1 / А-Б влаштовано підйомник гвинтовий. Підйомники ТОВ «Форстор».

Покрівля

Покрівля над захисного сховища представлена у вигляді насипу з ґрунту зворотної засипки, який в подальшому засаджується багаторічними газонними травами. Склад цієї покрівлі наведено нижче:

Газонна трава/ трав'яний килим
Грунт зворотньої засипки – 800 мм
Термоскріпленій геотекстиль
Шиповидна мембрана – 8 мм
Гідроізоляційна мембрана – 1.5 мм
Нетканний голкопробивний гетекстиль 180 г/м²
Утеплювач ПІНОСК/ЛО ПС ТГ1 – 200 мм
Клеючий шар суміші Ceresit СТ83 – 3 мм
Грунтовка глибокого проникнення Ceresit СТ17
Гідроізоляція Ceresit CR65 – 2–3 мм
Стяжка ц.п. розчином М100 по уклону 100:10
Грунтовка глибокого проникнення Ceresit СТ17
Монолітна з.б. конструкція

Покрівля входів виконана з використанням рулонних матеріалів – мембрани Е18, утеплена мінераловатними плитами 50 та 100мм, що скріплюються між собою клей-піною. Мінераловатні плити укладаються по похилоутворюючому шарі із цементно-піщаної стяжки М100. Між стяжкою та утеплювачем улаштована пароізоляційна мембрана. Склад такої покрівлі:

Мембрана Е18
Плита мінераловатна М200–1000.500.50 – 50 мм
Клей піна Ceresit СТ84 Express
Плита мінераловатна М100–1000.500.100 – 100 мм
Пароізоляційна мембрана
Похилоутворюючий шар ц.п. стяжка М100 по уклону
Конструкція перекриття

Двері

Вхідні двері виконано металевими. Внутрішні металопластикові.

На входах до сховищ встановлено захисно-герметичні двері (у зовнішній та внутрішній стінах тамбур-шлюзу), які гарантують герметичність споруди, захищають від іонізуючого випромінювання, знижують вплив ударної хвилі від звичайних засобів ураження та запобігають проникненню уламків.

Експлікація дверей наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. – Експлікація дверей

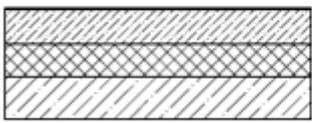
Поз.	Позначення	Найменування	Кільк. за поверхню	Всього од. шт.	Маса, кг	Примітка
			Підвал			
Двері внутрішні						
Д-1	ДСТУ EN 14351-1:2020	ДП ОГ 21х9 ПоКБп Л	5	5		
Д-2	ДСТУ EN 14351-1:2020	ДП ОГ 21х9 ПоКБп	10	10		
Д-3*	ДСТУ EN 14351-1:2020	ДП ОГ 21х9 ПоКБп Л	2	2		
Д-4*	ДСТУ БВ.2.6-77:2009	ДМП ЕІ30 1 21-9 В2 Л	1	1		
Д-5	ДСТУ EN 14351-1:2020	ДМ ОГ 20х12 ПоКБп Л	2	2		
ЗГД-1	ТУ У 25.1-38587375-001:2016	ЗГД ДУ-III 1200х2000	5	5	259,6	
ЗГД-2	ТУ У 25.1-38587375-001:2016	ЗГД ДУ-III 1000х2000	1	1	259,6	
ЗГД-3	ТУ У 25.1-38587375-001:2016	ЗГД ДУ-III 1200х2000 Л	2	2	259,6	
Двері зовнішні						
Дз-2	ДСТУ EN 14351-1:2020	ДМ ОГ 20х10 ПоКБп	2	2		

Підлоги

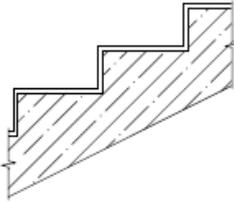
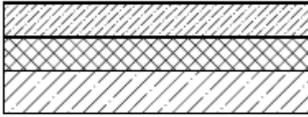
Підлоги у основних приміщеннях захисного сховища запроєктовані бетонними з фінішним покриттям з наливного поліуретанового шару.

Експлікація підлог наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. – Експлікація підлог

Номер приміщення	Тип підлоги	Схема підлоги або тип підлоги за серією	Дані елементів підлоги (назва, товщина, основа тощо.), мм	Площа, м ²	
1, 7, 22	1		Поліуретанова фарба Ceresit CF95/CF96/CF97	41,51	
			Шар самовирівнюючий поліуретановий Ceresit CF91		
			Грунтовка епоксидна Ceresit CF87 з посилкою кварцевим піском		
			Бетон кл. С25/30 з додаванням прискорювача твердіння Ceresit CF94		50 мм
			Поліетиленова плівка		1 шар
			Утеплювач Пінополістирол 30 кг/м ²		50 мм
			Шліфування поверхні бетонної плити		
			Монолітна з.б. конструкція		500 мм

Продовження таблиці 2.3.

1, 7, 22, 101	2		Поліуретанова фарба Ceresit CF95/CF96/CF97 Грунтовка епоксидна Ceresit CF87 з посипкою кварцевим піском Стяжка з легкозирівнюючої суміш Ceresit 178 по адгезійному шару Ceresit 178(4-6%) + CeresitCC81 10...50 мм з.б. конструкція сходів	138,0
2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30	1		Поліуретанова фарба Ceresit CF95/CF96/CF97 1 мм Шар самобирівнюючий поліуретановий Ceresit CF91 2 мм Грунтовка епоксидна Ceresit CF87 з посипкою кварцевим піском 1 мм Бетон кл. С25/30 з додаванням прискорювача твердіння Ceresit CC94 50 мм Поліетиленова плівка 1 шар Утеплювач Пінополістирол 30 кг/м ² 50 мм Шліфування поверхні бетонної плити Монолітна з.б. конструкція 500 мм	1076,37

3. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ

Опис предмету дослідження

У сучасних умовах, коли країна стикається із загрозами військових дій, терористичних атак, техногенних катастроф, забезпечення надійного захисту людей стає одним із ключових завдань. Захисні споруди, як складова національної системи безпеки, виконують надважливу функцію захисту життя та здоров'я громадян у критичних ситуаціях.

Нестабільна геополітична ситуація та військові конфлікти, які тривають на території України, зумовлюють необхідність створення сховищ, здатних витримувати вплив вибухових хвиль, уламків снарядів, пожеж та інших екстремальних факторів. Особливе значення це має для регіонів, які розташовані поблизу зони бойових дій, а також для великих міст, об'єктів критичної інфраструктури, навчальних закладів і місць масового скупчення людей. Проектування сучасних захисних споруд дозволяє мінімізувати ризики для населення та зберегти матеріальні цінності у разі надзвичайних ситуацій. Дослідження напружено-деформованого стану конструкцій захисного сховища є важливим етапом проектування, спрямованим на забезпечення міцності, надійності та довговічності конструкцій, а також їхньої здатності ефективно витримувати дію зовнішніх навантажень.

Не менш важливою є готовність до техногенних катастроф, пов'язаних із промисловими аваріями, витокami токсичних речовин чи вибухами на підприємствах. У цьому контексті захисні споруди повинні відповідати сучасним вимогам герметичності, бути забезпечені системами фільтрації повітря, вентиляції та автономного життєзабезпечення.

Проектування таких споруд дозволяє підвищити загальний рівень безпеки у суспільстві, забезпечуючи захист не лише у разі надзвичайних ситуацій, а й формуючи культуру безпеки серед населення.

Окрім цього, актуальність проектування захисних споруд в Україні посилюється вимогами міжнародних стандартів та інтеграції у світову

спільноту. Використання передових технологій та методів моделювання дозволяє створювати ефективні, економічні та екологічно безпечні рішення, які відповідають сучасним викликам. Це сприяє не лише підвищенню рівня національної безпеки, але й зміцненню довіри громадян до державних інституцій та їхньої здатності забезпечувати захист населення.

Таким чином, проектування захисних споруд в Україні сьогодні є критично важливим завданням, яке має стратегічне значення для безпеки держави та її громадян. Впровадження сучасних інженерних рішень, врахування новітніх технологій і міжнародного досвіду дозволяє створювати захисні споруди, які відповідають найвищим стандартам безпеки та ефективно виконують свої функції у складних умовах сучасного світу.

У рамках дослідження застосовано сучасні методи аналізу, серед яких чисельне моделювання є одним із найефективніших підходів. Зокрема, використано метод кінцево-елементного аналізу (МКЕ), який дозволяє створити модель та провести її детальний аналіз під впливом різних навантажень. Цей метод базується на розбитті складної конструкції на прості елементи (кінцеві елементи), для яких визначаються локальні напруження і деформації, а потім отримані результати об'єднуються у загальну картину.

Метою такого аналізу є визначення зон, у яких напруження та деформації досягають критичних значень, що дозволяє оцінити безпеку експлуатації конструкції та виявити потенційно слабкі місця, які потребують посилення або модифікації. У дослідженні враховано характеристики будівельних матеріалів, геометрія конструкції, типи та величини прикладених навантажень, а також умови закріплення конструкції. Особливу увагу приділено моделюванню динамічних впливів, таких як ударні чи вибухові навантаження, які є актуальними для захисних споруд.

На основі проведеного аналізу сформована інформація про розподіл напружень і деформацій у ключових елементах конструкції, таких як стіни, перекриття, колони та фундаменти. Визначаються місця концентрації напружень, які можуть стати причиною виникнення тріщин або інших дефектів. Це дозволяє скоригувати проектні рішення, зокрема, змінити

геометрію окремих елементів, застосувати матеріали з підвищеними характеристиками міцності чи виконати додаткове армування у критичних зонах.

У процесі дослідження використано діючі стандарти та будівельні норми, які регламентують допустимі значення напружень, деформацій та прогинів для різних типів будівельних матеріалів і конструкцій. Особливу увагу приділено умовам експлуатації сховищ.

Результати дослідження є основою для проектування елементів конструкції. На їх основі виконано підбір параметрів армування, що забезпечують необхідну несучу здатність та стабільність. Також результати аналізу дозволяють оптимізувати конструкцію з точки зору економічності, мінімізуючи перевитрати матеріалів без зниження її надійності.

Комплексний підхід до аналізу напружено-деформованого стану конструкцій захисного сховища дає змогу не лише забезпечити їхню стійкість і довговічність, а й прогнозувати поведінку конструкцій у разі виникнення екстремальних умов. Це особливо важливо для захисних споруд, які повинні гарантувати безпеку людей та збереження матеріальних цінностей у разі надзвичайних ситуацій.

Отримані результати досліджень також можуть бути використані для вдосконалення існуючих методик проектування та аналізу захисних споруд, що сприятиме підвищенню загального рівня безпеки у будівництві.

Використання сучасних методів чисельного моделювання, зокрема методу кінцево-елементного аналізу, дозволяє досягти високої точності розрахунків, підвищити ефективність проектних рішень та забезпечити відповідність конструкцій сучасним вимогам безпеки. Це сприяє створенню надійних та довговічних захисних споруд, здатних ефективно виконувати свої функції у складних умовах експлуатації.

Методика дослідження

Розрахунок несучої здатності будівельних конструкцій виконувався з урахуванням власної ваги конструкцій, та рівномірно-розподіленого надмірного тиску вибухової хвилі.

При виконанні розрахунків враховувались наступні вихідні дані, відповідно до [2]:

1. Характеристичне значення ваги снігового покриву - 1670 Па;
2. Характеристичне значення вітрового напору - 420 Па;

Наступним кроком є створення та задання жорсткостісних характеристик:

Одиниці виміру:

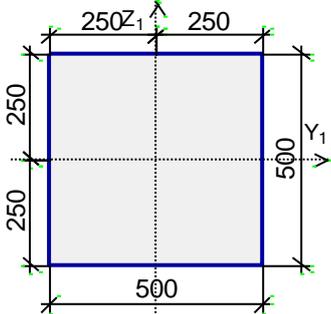
- Лінійні розміри: м
- Розміри перерізів: мм
- Сили: Т

Товщина пластин представлена в одиницях виміру лінійних розмірів.

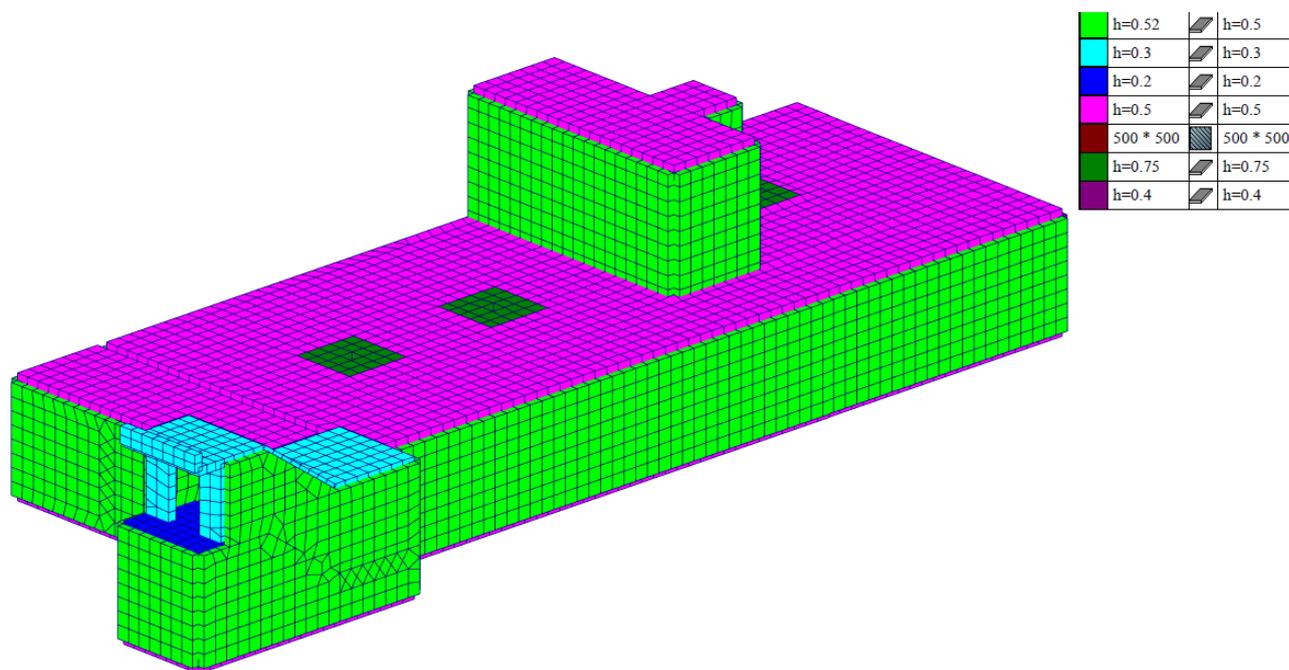
Таблиця 3.1. – Жорсткісні характеристики конструкцій

Тип	Жорсткість	Зображення
1	Ім'я типу жорсткості: h=0.5 (Стіни) Жорсткості пластин Модуль пружності E = 3058103,976 Т/м ² Коефіцієнт Пуассона n = 0,2 Товщина h = 0,5 м Об'ємна вага r = 2,5 Т/м ³ Коефіцієнт температурного розширення a = 1,e-005	—
2	Ім'я типу жорсткості: h=0.3 Жорсткості пластин Модуль пружності E = 3058103,976 Т/м ² Коефіцієнт Пуассона n = 0,2 Товщина h = 0,3 м Об'ємна вага r = 2,5 Т/м ³ Коефіцієнт температурного розширення a = 1,e-005	—
3	Ім'я типу жорсткості: h=0.2 Жорсткості пластин Модуль пружності E = 3058103,976 Т/м ² Коефіцієнт Пуассона n = 0,2 Товщина h = 0,2 м Об'ємна вага r = 2,5 Т/м ³ Коефіцієнт температурного розширення a = 1,e-005	—

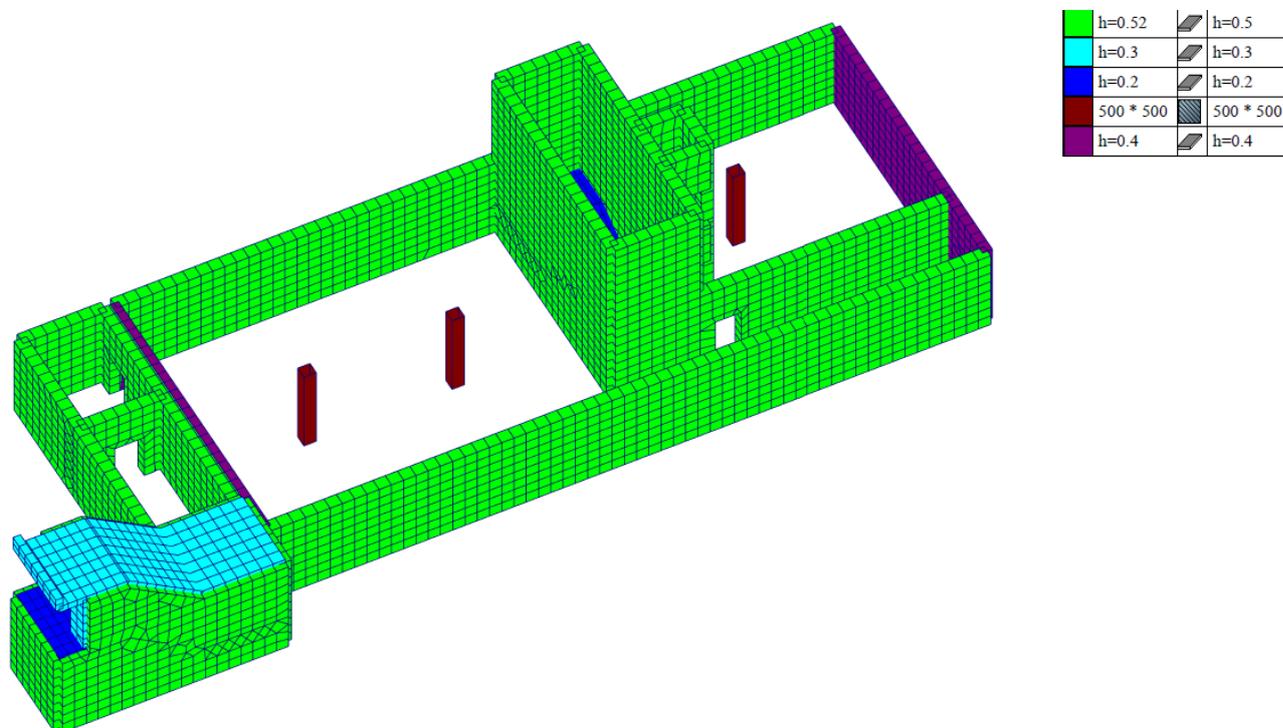
Продовження таблиці 3.1.

Тип	Жорсткість	Зображення
4	<p>Ім'я типу жорсткості: h=0.5 (Плита покриття) Жорсткості пластин Модуль пружності $E = 3058103,976 \text{ Т/м}^2$ Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,2$ Товщина $h = 0,5 \text{ м}$ Об'ємна вага $\gamma = 2,5 \text{ Т/м}^3$ Коефіцієнт температурного розширення $\alpha = 1, \text{e-}005$</p>	—
5	<p>Ім'я типу жорсткості: 500 * 500 Жорсткість стержневих елементів - параметричний переріз Модуль пружності $E = 3058104,08 \text{ Т/м}^2$ Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,2$ Об'ємна вага $\gamma = 2,5 \text{ Т/м}^3$ Коефіцієнт температурного розширення $\alpha = 1, \text{e-}005$ Поздовжня жорсткість $EF = 764526,02 \text{ Т}$ Згинальна жорсткість (вісь Y) $EI_y = 15927,626 \text{ Т*м}^2$ Згинальна жорсткість (вісь Z) $EI_z = 15927,626 \text{ Т*м}^2$ Зсувна жорсткість (вісь Y) $GF_y = 254842,01 \text{ Т}$ Зсувна жорсткість (вісь Z) $GF_z = 254842,01 \text{ Т}$ Крутильна жорсткість $GI_{кр} = 10703,364 \text{ Т*м}^2$ Ядра відстань вздовж позитивного напрямку осі Y(U) $a_{u+} = 8,333 \text{ см}$ Ядра відстань вздовж негативного напрямку осі Y(U) $a_{u-} = 8,333 \text{ см}$ Ядра відстань вздовж позитивного напрямку осі Z(V) $a_{v+} = 8,333 \text{ см}$ Ядра відстань вздовж негативного напрямку осі Z(V) $a_{v-} = 8,333 \text{ см}$</p>	
6	<p>Ім'я типу жорсткості: h=0.75 (капітелі) Жорсткості пластин Модуль пружності $E = 3058103,976 \text{ Т/м}^2$ Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,2$ Товщина $h = 0,75 \text{ м}$ Об'ємна вага $\gamma = 2,5 \text{ Т/м}^3$ Коефіцієнт температурного розширення $\alpha = 1, \text{e-}005$</p>	—
7	<p>Ім'я типу жорсткості: h=0.4 Жорсткості пластин Модуль пружності $E = 3058103,976 \text{ Т/м}^2$ Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,2$ Товщина $h = 0,4 \text{ м}$ Об'ємна вага $\gamma = 2,5 \text{ Т/м}^3$ Коефіцієнт температурного розширення $\alpha = 1, \text{e-}005$</p>	—

Разом з жорсткістними характеристиками було виконано моделювання розрахункової моделі будівлі захисного сховища. Розрахункова схема показана на мал. 3.1-3.2.



Мал. 3.1. Загальний вид розрахункової схеми будівлі



Мал. 3.2. Загальний вид розрахункової схеми будівлі

У таблиці 3.2., 3.3., 3.4. показано прийняті у розрахунку навантаження, розрахункові комбінації навантажень, розрахункові сполучення зусиль і переміщень відповідно.

Таблиця 3.2. – Навантаження

№	Навантаження	Примітка
1	Власна вага	L1
2	Корисне навантаження	L2
3	Вага покриттів	L3
4	Вага перегородок	L4
5	Тиск на стіни від ґрунту	L5
6	Снігове навантаження	L6
7	Вітрове навантаження (+X)	L7
8	Вітрове навантаження (-X)	L8
9	Вибуховий вплив на будівлю (+X)	L9
10	Вибуховий вплив на будівлю (-X)	L10
11	Вибуховий вплив на будівлю (+Y)	L11
12	Вибуховий вплив на будівлю (-Y)	L12
13	Вага від зруйнованих конструкцій	L13

Таблиця 3.3. – Комбінації навантажень

№	Комбінації навантажень	Примітка
1	L1+L9	
2	L1+L10	
3	L1+L11	
4	L1+L12	
5	L1+L2+L3+L4+L5+L6+L7	
6	L1+L2+L3+L4+L5+L6+L8	
7	L1+L2+L3+L4+L5+L6+L7+L13	
8	L1+L2+L3+L4+L5+L6+L8+L13	
9	$0.9 \cdot L1 + 0.83 \cdot L2 + 0.76 \cdot L3 + 0.9 \cdot L4 + 0.86 \cdot L5 + 0.43 \cdot L6 + 0.43 \cdot L7$	
10	$0.9 \cdot L1 + 0.83 \cdot L2 + 0.76 \cdot L3 + 0.9 \cdot L4 + 0.86 \cdot L5 + 0.43 \cdot L6 + 0.43 \cdot L8$	

Таблиця 3.4. – Розрахункові сполучення зусиль і переміщень

	Назва	Тип завантаження	Вид навантаження	Коеф. надійності
1	Власна вага	Постійні навантаження	Вага бетонних (густина більша за 1.6т/м3), залізобетонних, кам'яних, дерев'яних конструкцій	1,1
2	Корисне навантаження	Тривалі навантаження	Інші	1,2
3	Вага покриттів	Постійні навантаження	Вага бетонних конструкцій (густина дорівнює або менша за 1.6т/м3), ізоляційні та інші шари, виконані на будівельному майданчику	1,3

Продовження таблиці 3.4.

	Назва	Тип завантаження	Вид навантаження	Коеф. надійності
4	Вага перегородок	Постійні навантаження	Вага бетонних (густина більша за 1.6т/м ³), залізобетонних, кам'яних, дерев'яних конструкцій	1,1
5	Тиск на стіни від ґрунту	Постійні навантаження	Ґрунти насипні	1,15
6	Снігове навантаження	Короткочасні навантаження	Повні снігові навантаження	2,32
7	Вітрове навантаження (+X)	Короткочасні навантаження	Вітрові навантаження	2,32
8	Вітрове навантаження (-X)	Короткочасні навантаження	Вітрові навантаження	2,32
9	Вибуховий вплив на будівлю (+X)	Особливе навантаження	Вибухові впливи	1
10	Вибуховий вплив на будівлю (-X)	Особливе навантаження	Вибухові впливи	1
11	Вибуховий вплив на будівлю (+Y)	Особливе навантаження	Вибухові впливи	1
12	Вибуховий вплив на будівлю (-Y)	Особливе навантаження	Вибухові впливи	1
13	Вага від зруйнованих конструкцій	Особливе навантаження	Вибухові впливи	1

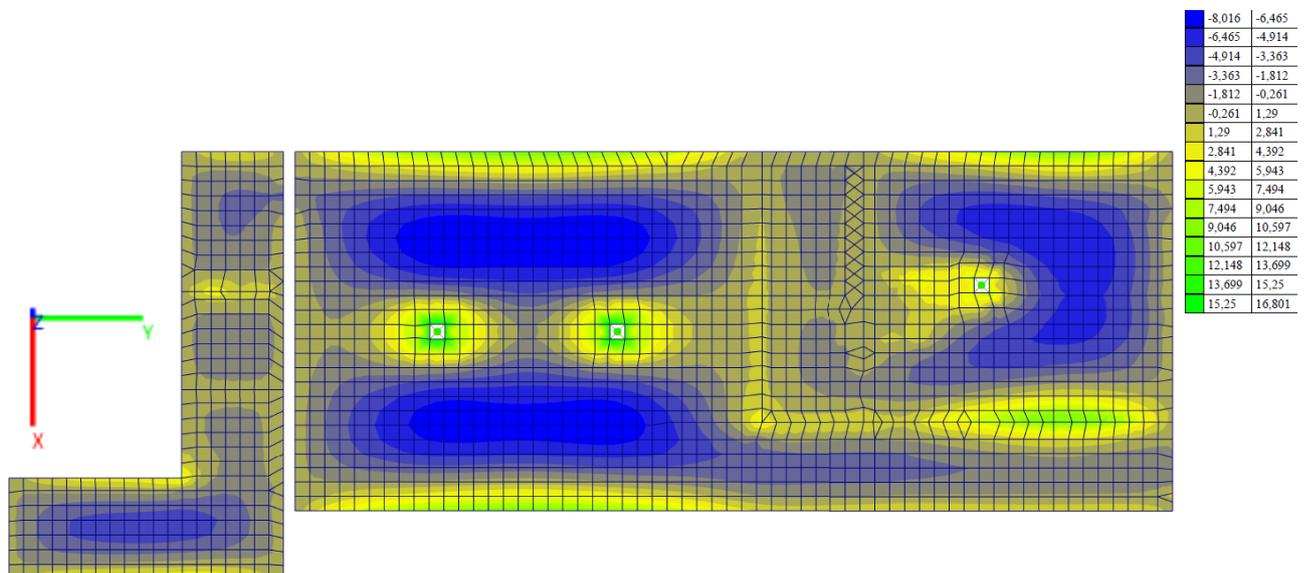
Після виконання дій, що наведені вище відправляємо розрахункову схему на розрахунок.

Результати дослідження

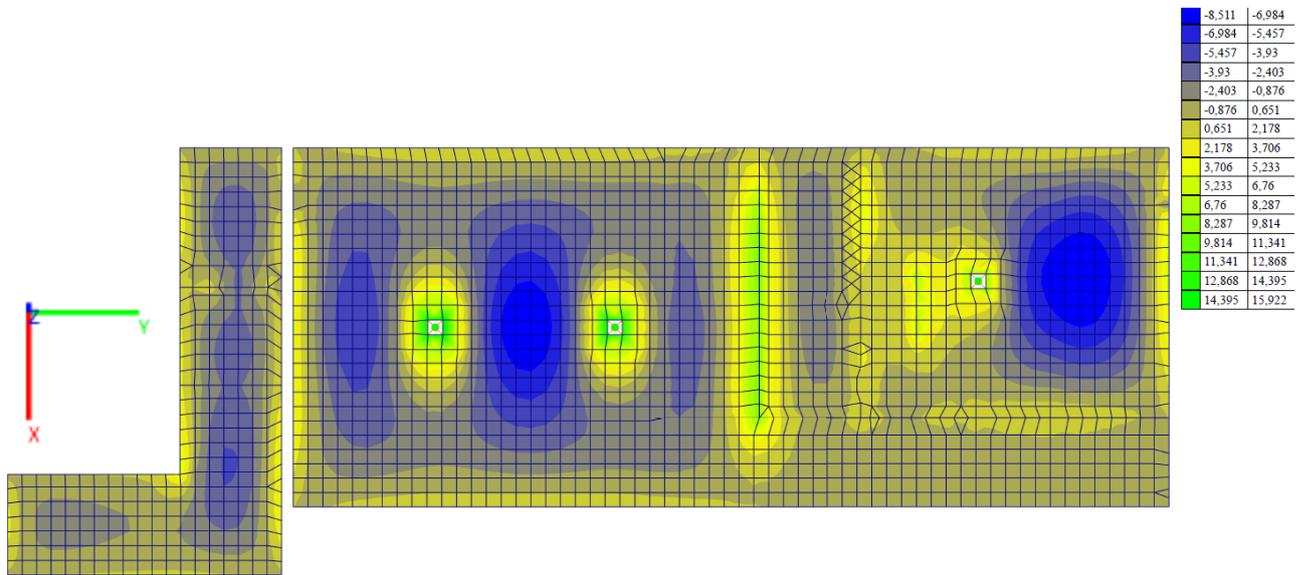
При аналізуванні результатів розрахунку встановлено, у фундаментній плиті найбільші напруження виникають в центрі прольоту між опорами (стіна, колона) M_y становить $-8,51 \text{ Т}^* \text{м/м.}$, найбільші напруження у стінах по вісі V в осях 2-8 M_x становить $-11,21 \text{ Т}^* \text{м/м.}$, найбільш напружена колона – в осях 4 / А/2 зусилля N становить $129,8 \text{ т}$, найбільші напруження у плиті покриття виникають в місцях спирання плити на колони, зусилля M_x становить $24,98 \text{ Т}^* \text{м/м.}$

Для запобігання продавлювання та зменшення напружень в плиті перекриття в місцях спирання на колони влаштовують капітелі. В місцях концентрації напружень влаштовують додаткове армування.

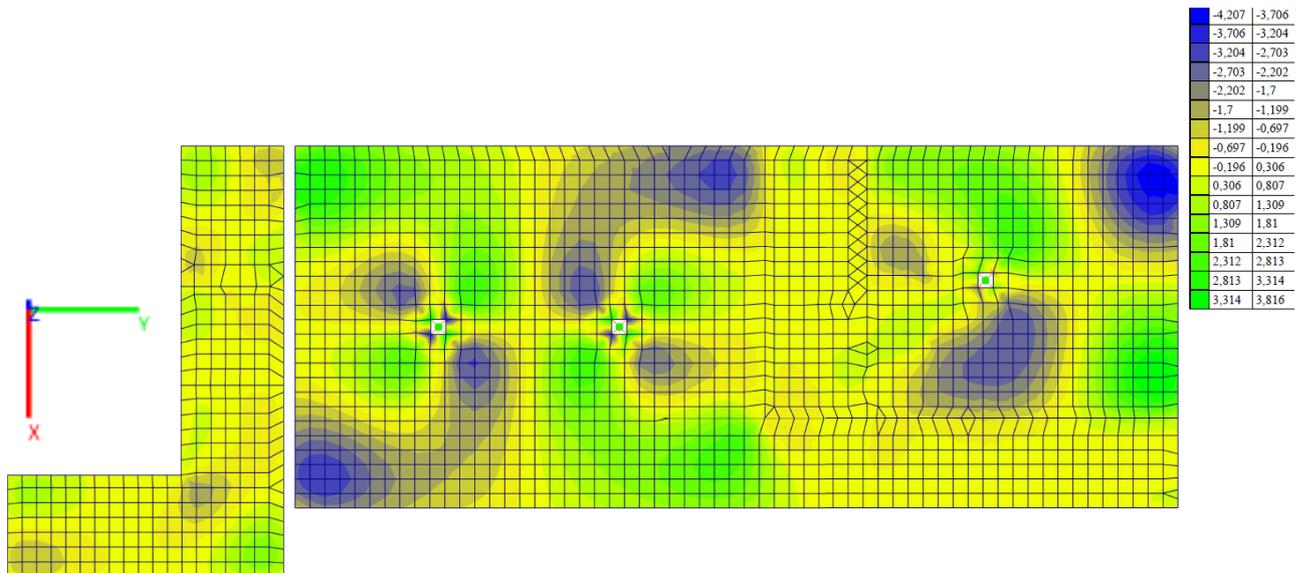
На мал. 3.3. – 3.20. приведено мозаїки внутрішніх зусиль для основних конструкцій.



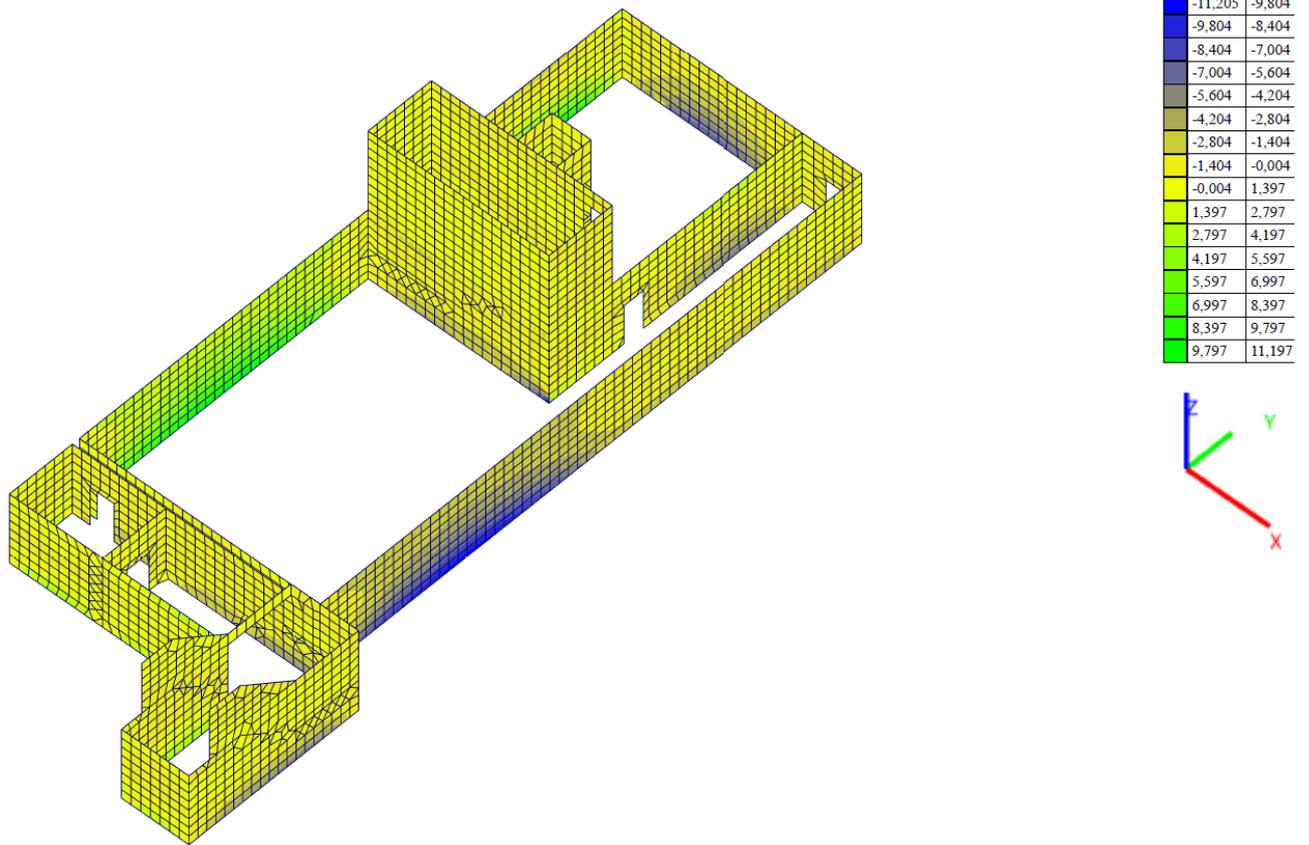
Мал. 3.3. Мозаїка напружень M_x фундаментної плити ($\text{Т}^* \text{м/м}$)



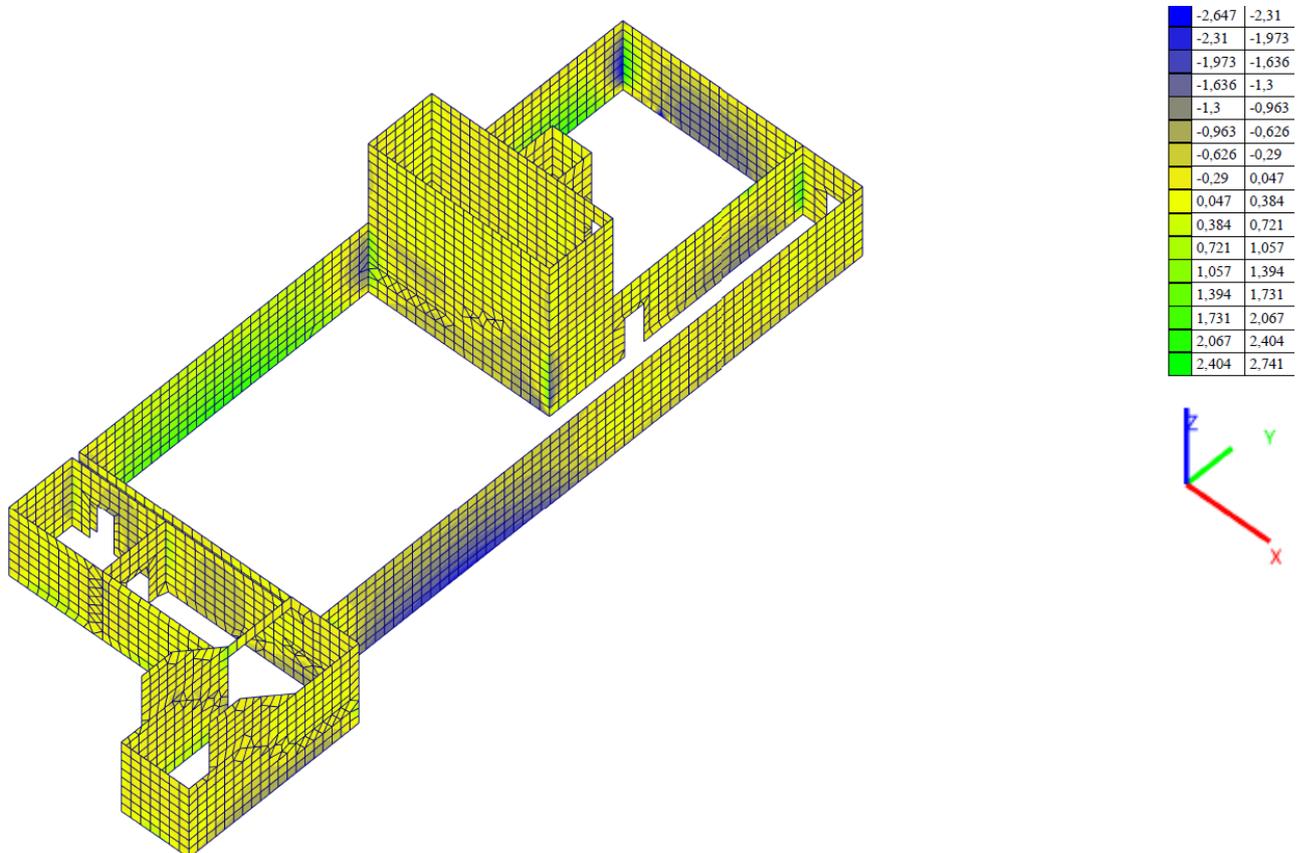
Мал. 3.4. Мозаїка напружень M_y фундаментної плити ($T \times m/m$)



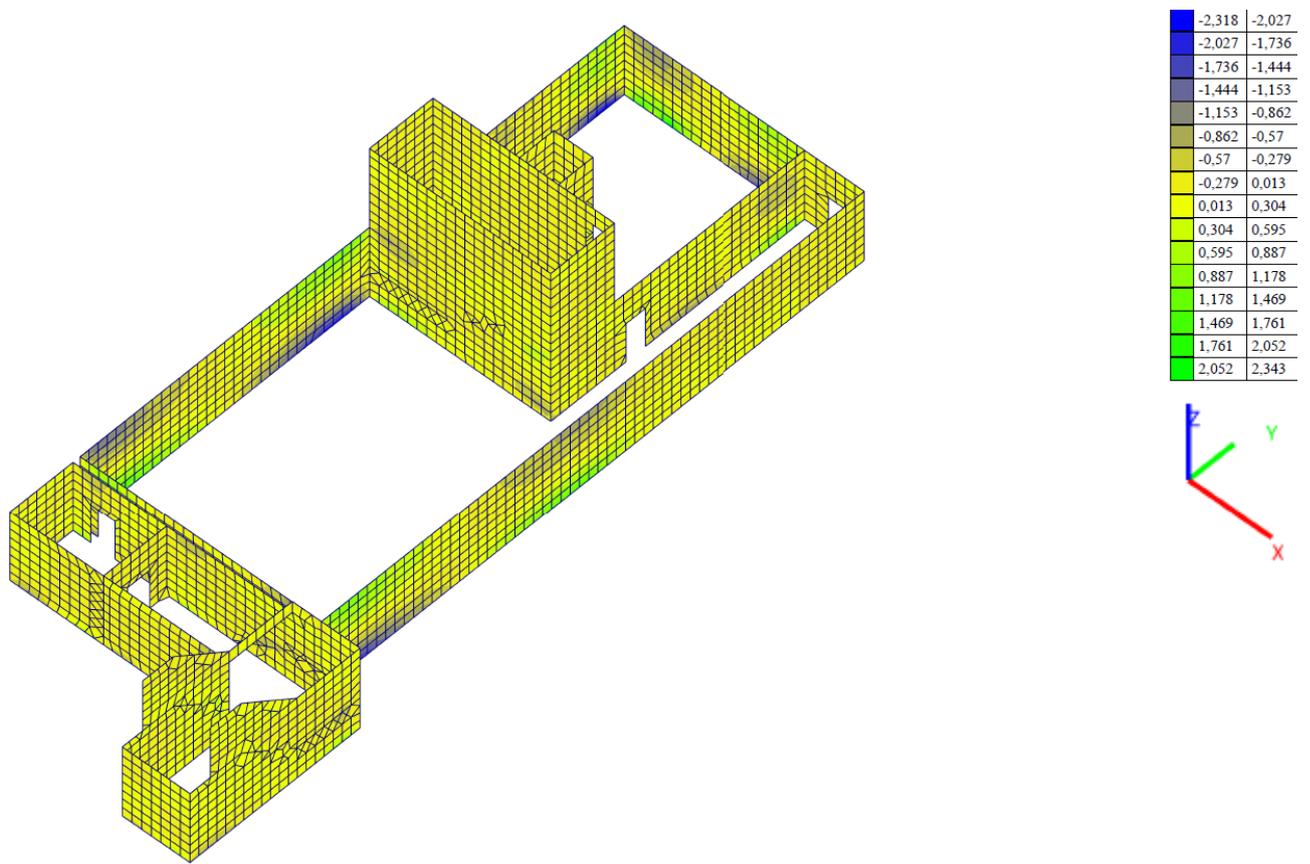
Мал. 3.5. Мозаїка напружень M_{xy} фундаментної плити ($T \times m/m$)



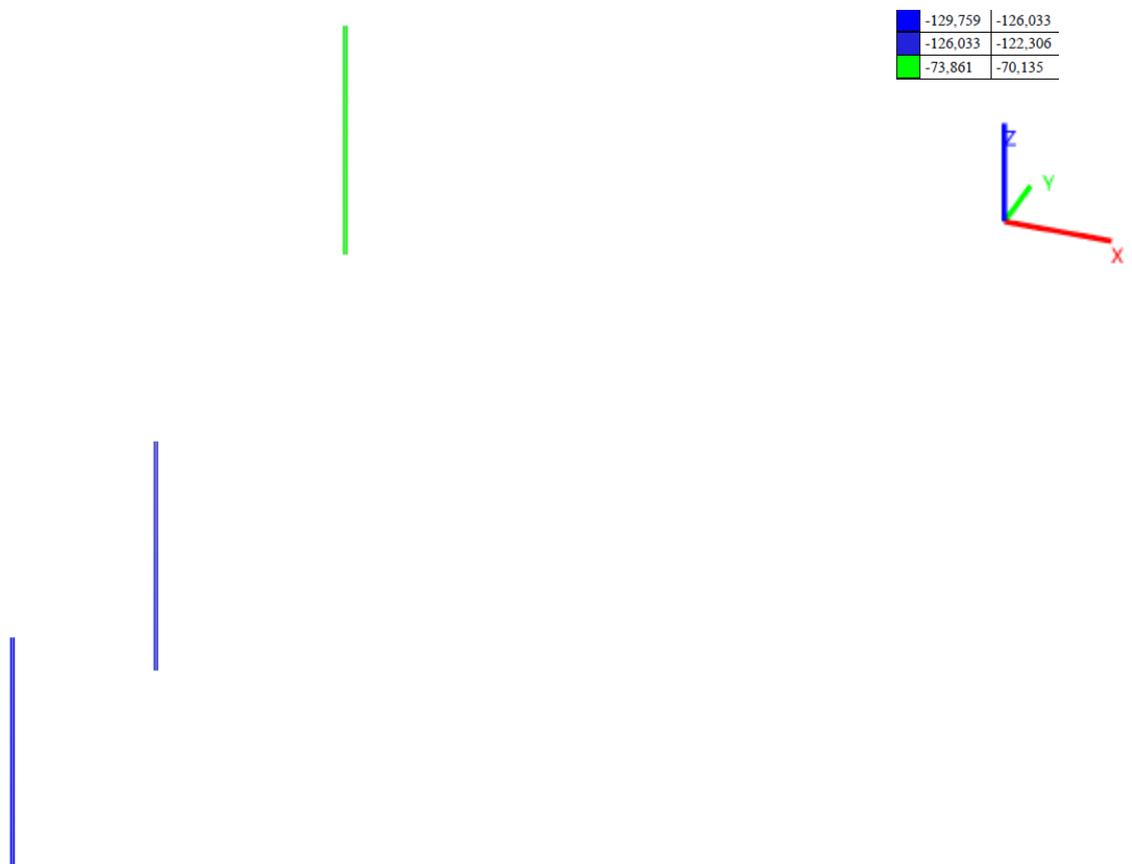
Мал. 3.6. Мозаїка напружень M_x стін ($T \times m/m$)



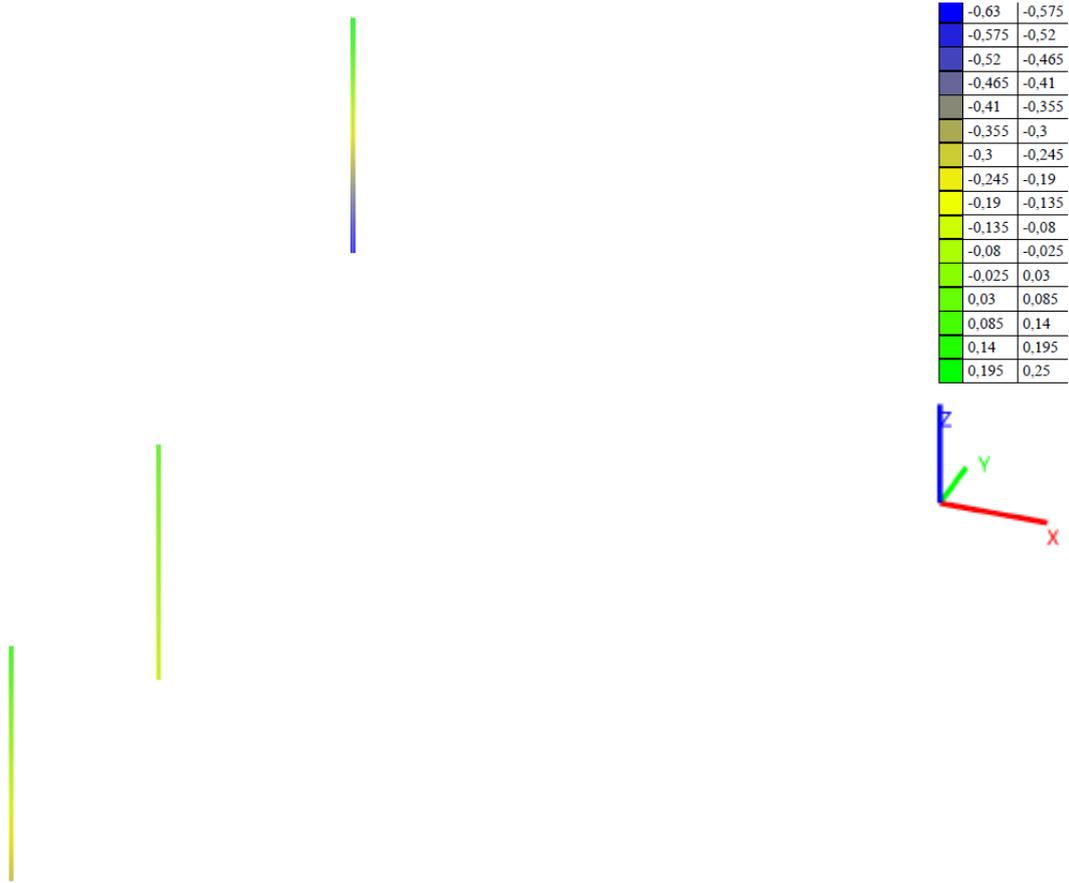
Мал. 3.7. Мозаїка напружень M_y стін ($T \times m/m$)



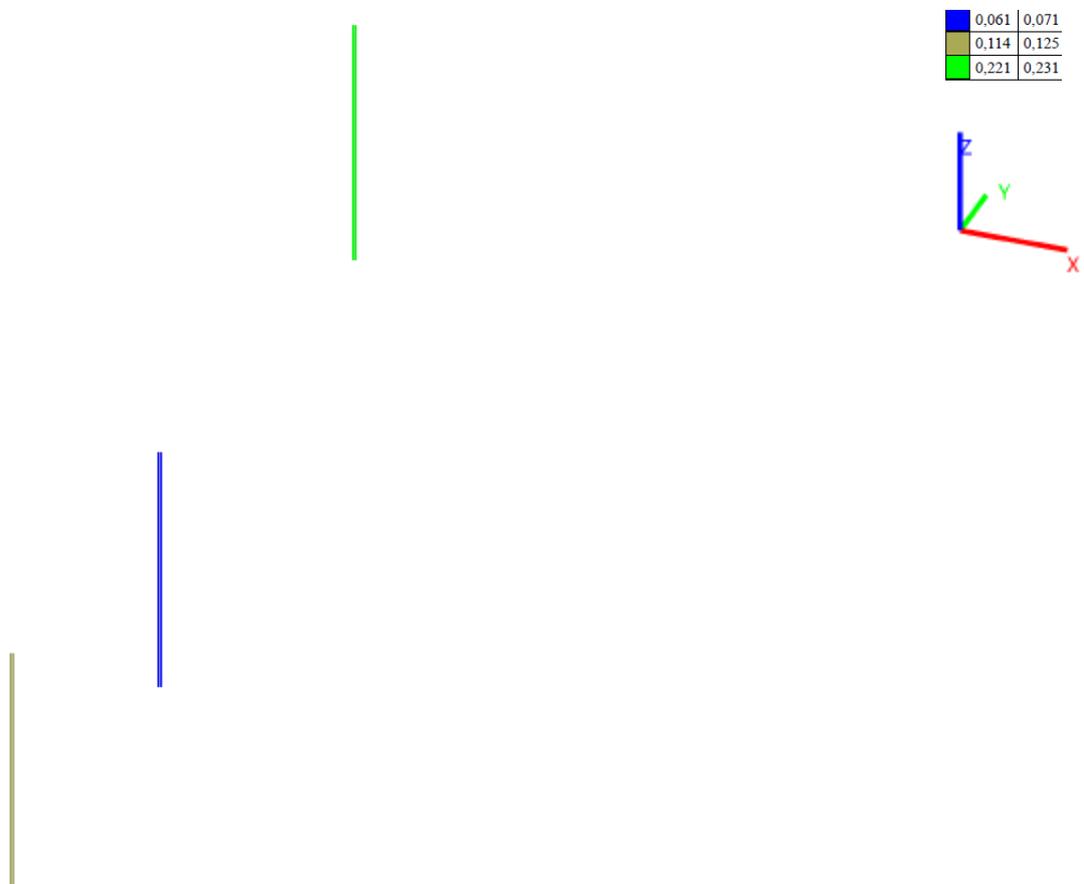
Мал. 3.8. Мозаїка напружень M_{xy} стін ($T \times m/m$)



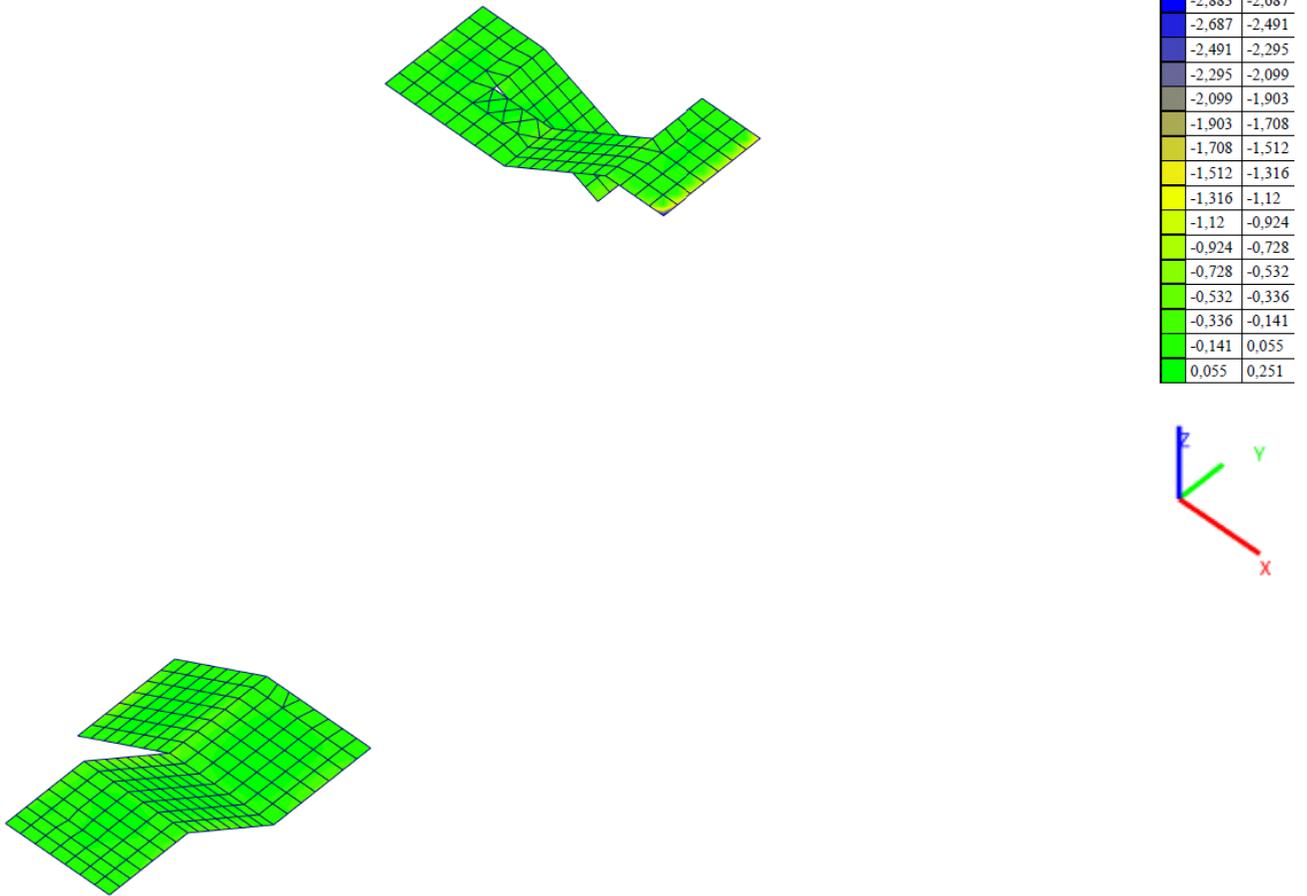
Мал. 3.9. Мозаїка зусиль N в колонах (T)



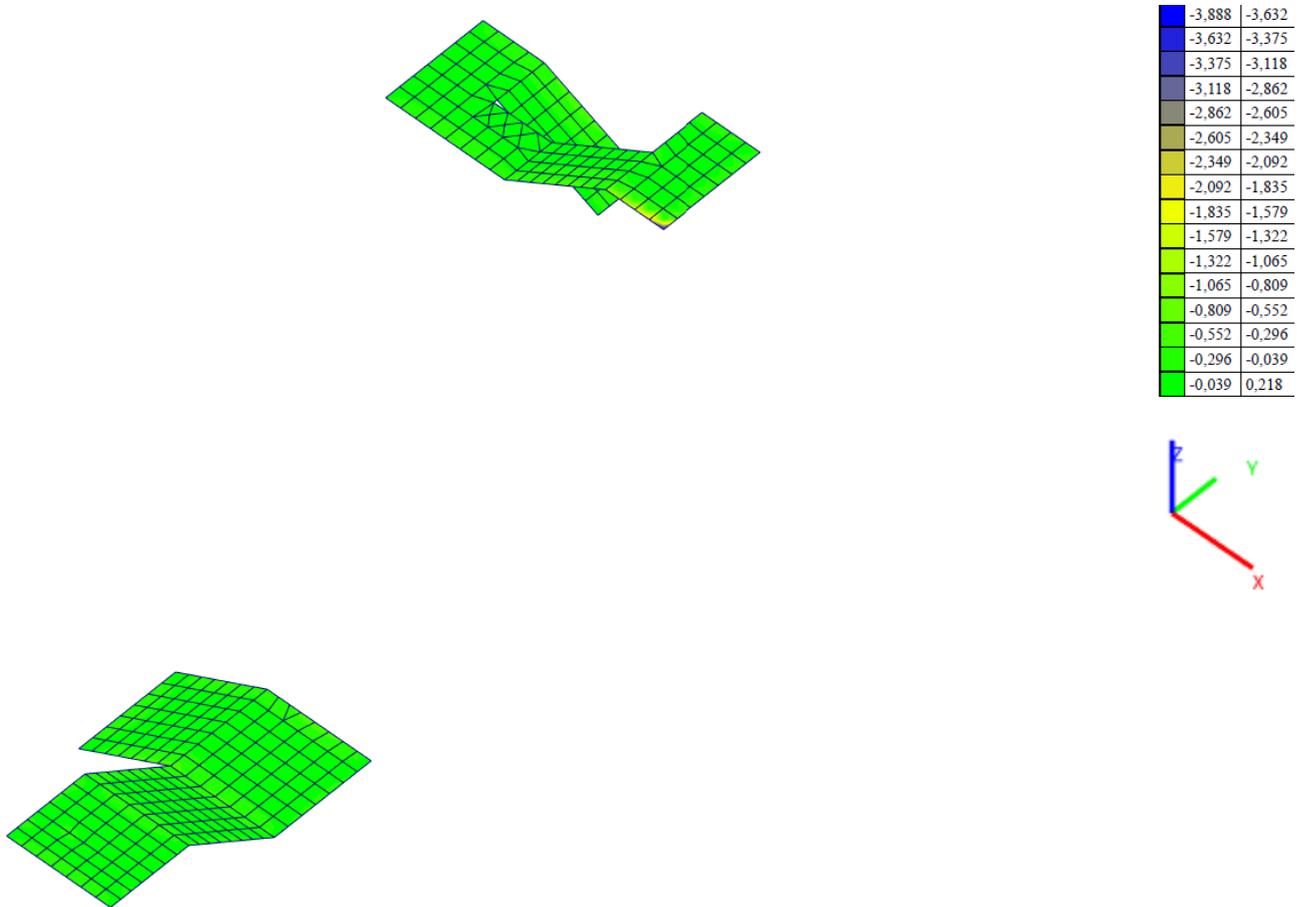
Мал. 3.10. Мозаїка зусиль M_y в колонах (Т)



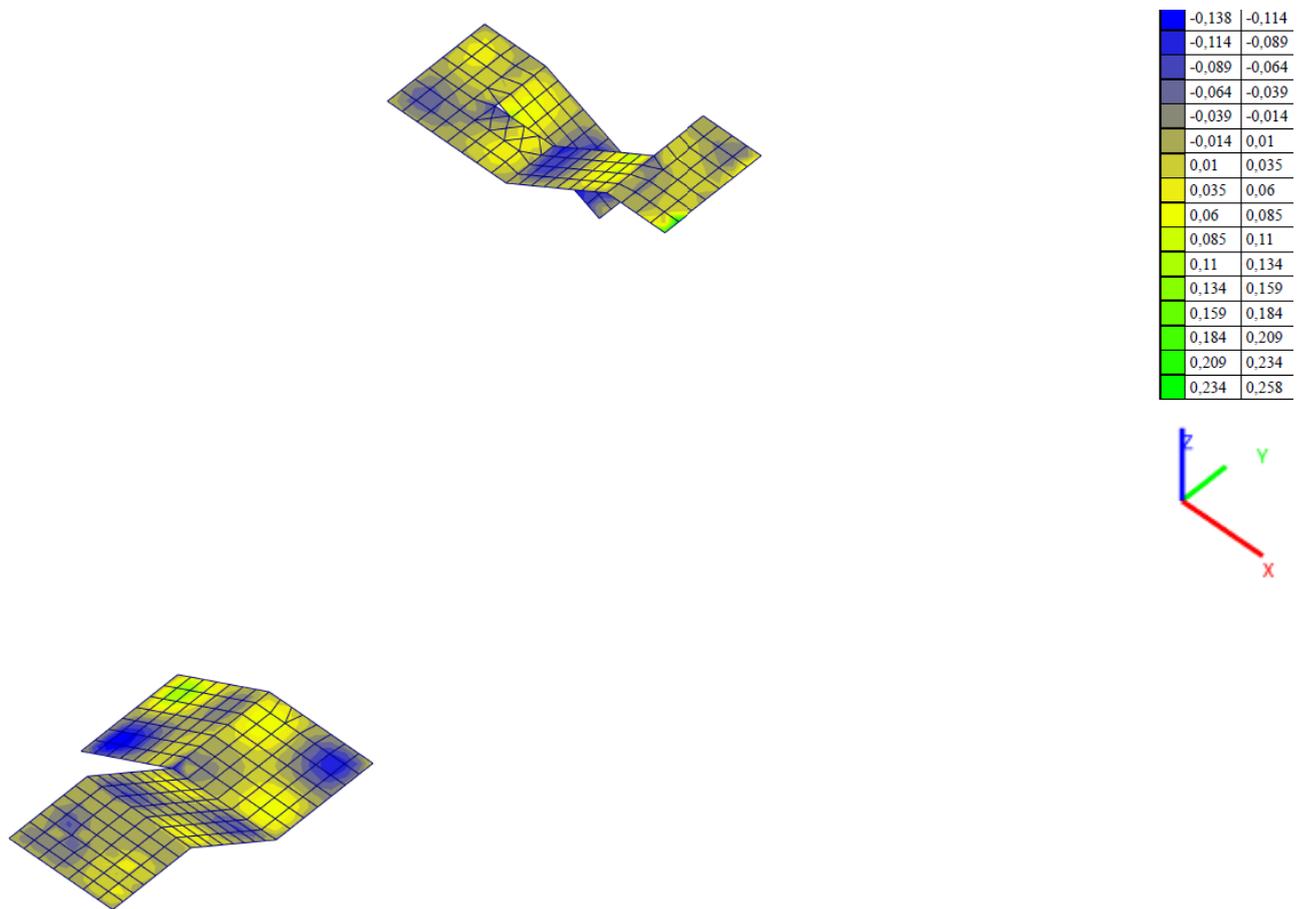
Мал. 3.11. Мозаїка зусиль Q_z в колонах (Т)



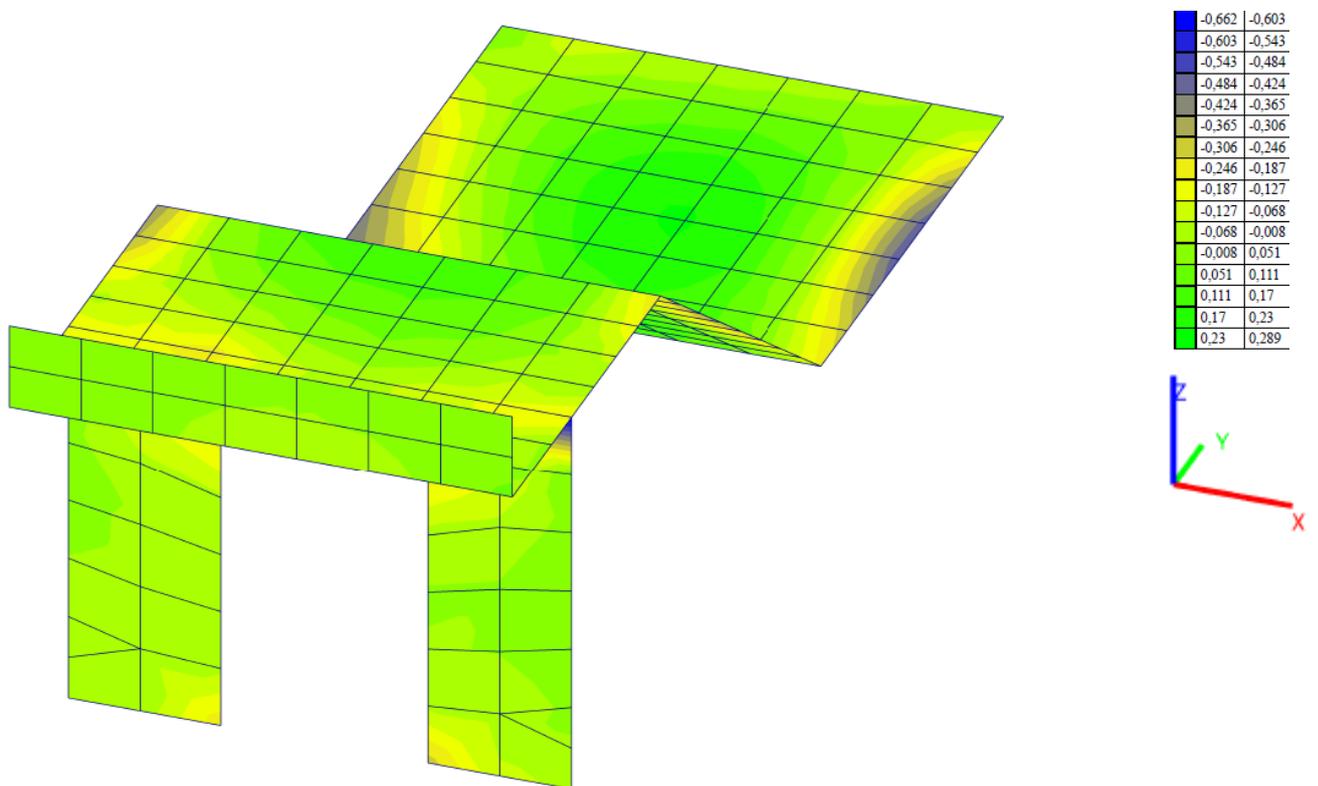
Мал. 3.12. Мозаїка напружень M_x сходів ($T \times m/m$)



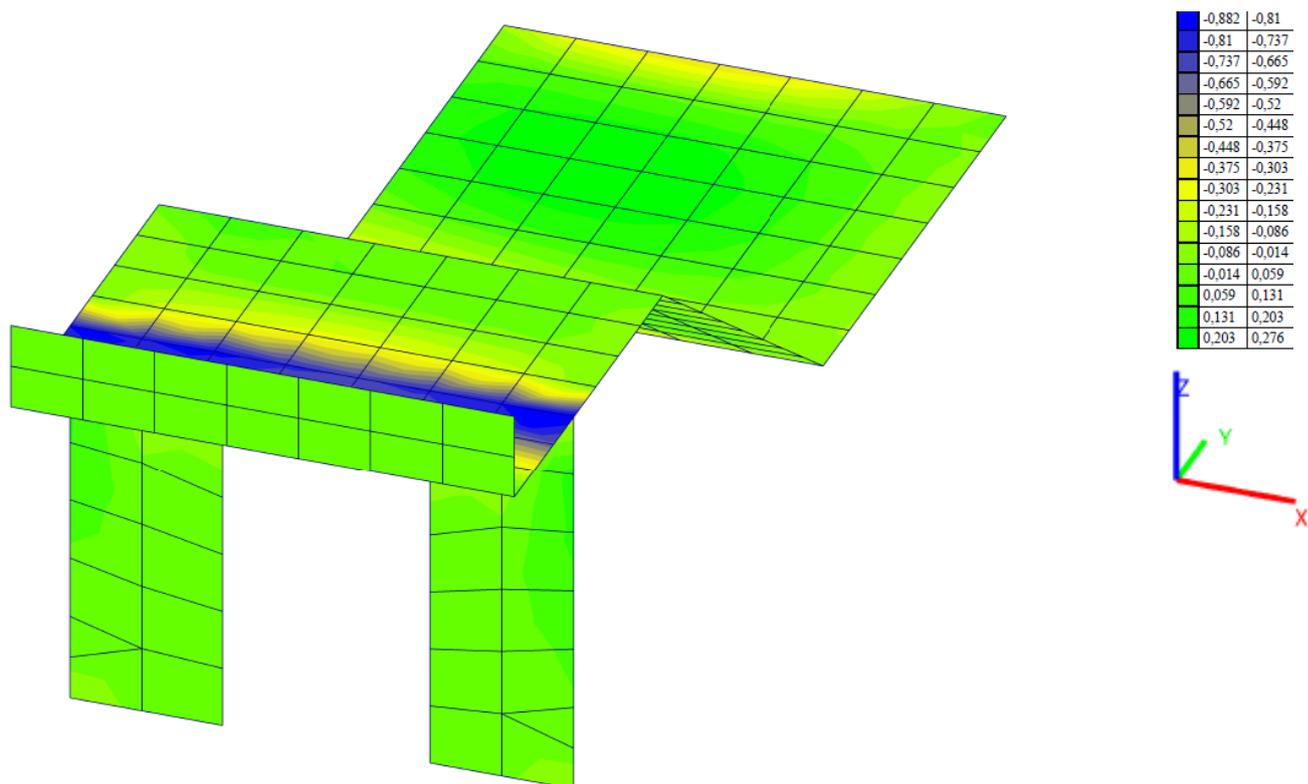
Мал. 3.13. Мозаїка напружень M_y сходів ($T \times m/m$)



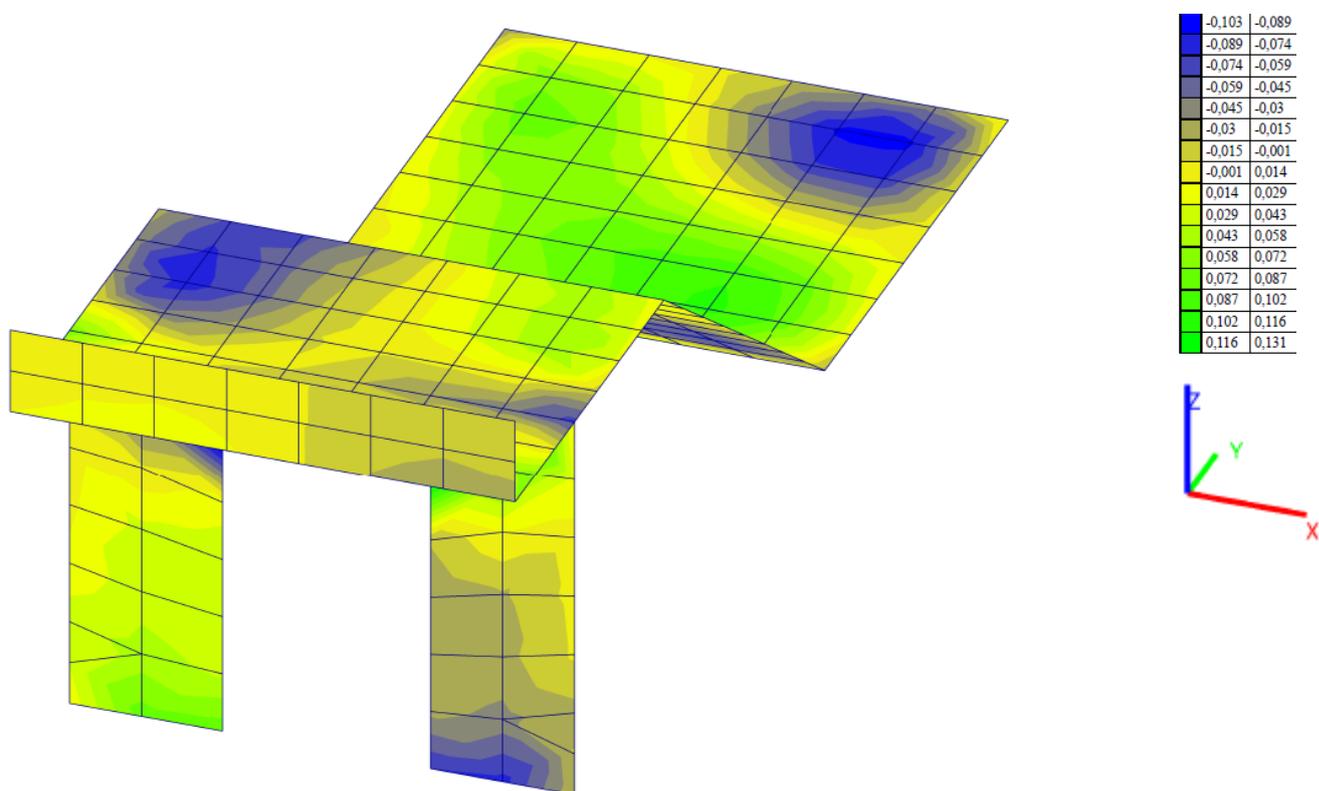
Мал. 3.14. Мозаїка напружень M_{xy} сходів ($T \times m/m$)



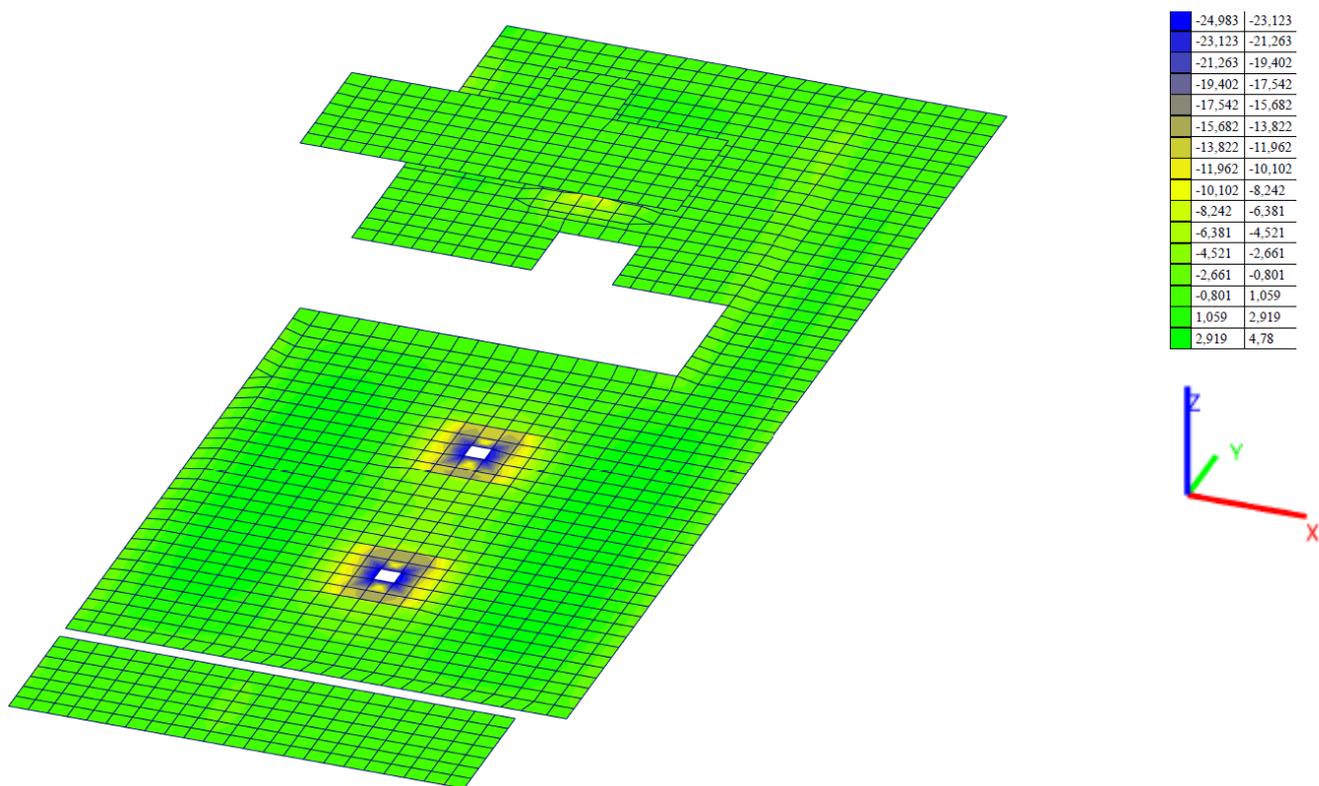
Мал. 3.15. Мозаїка напружень M_x плит покриття тамбурів ($T \times m/m$)



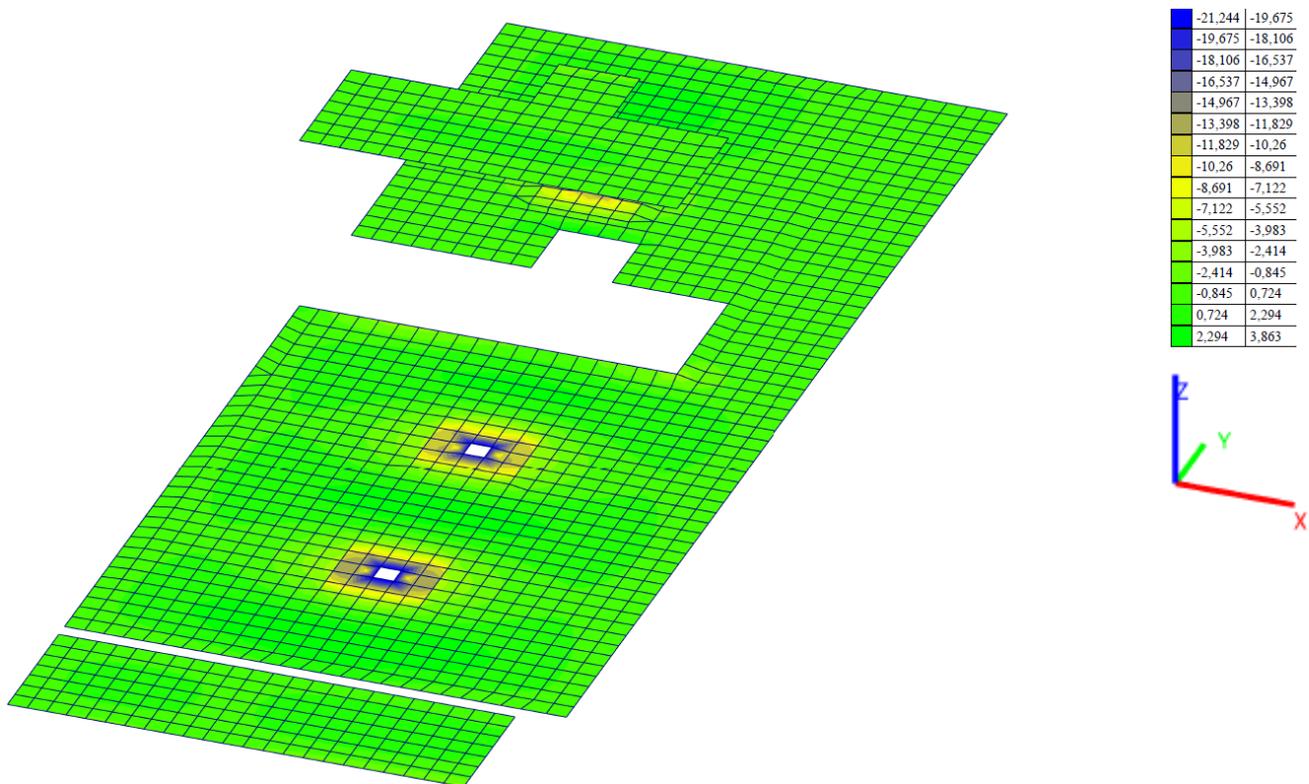
Мал. 3.16. Мозаїка напружень M_y плит покриття тамбурів ($T \times m/m$)



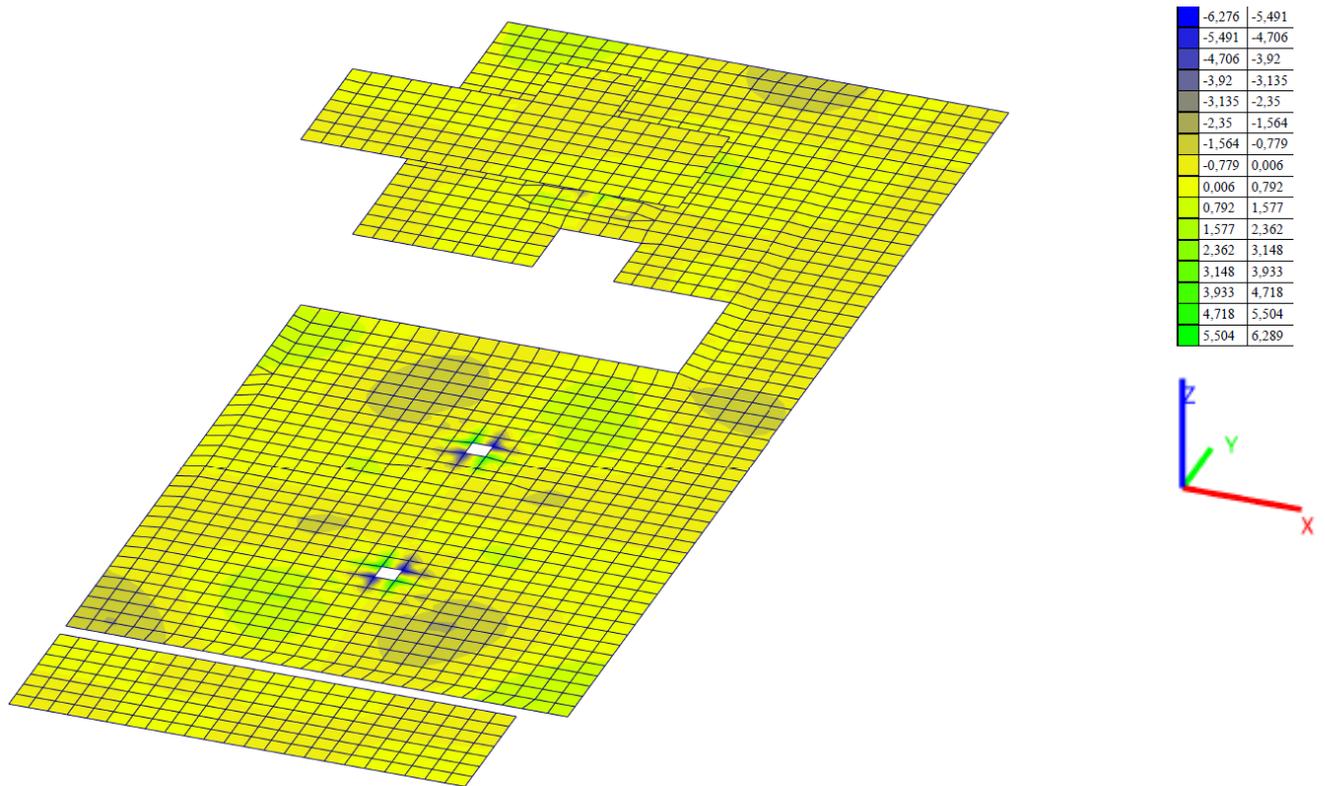
Мал. 3.17. Мозаїка напружень M_{xy} плит покриття тамбурів ($T \times m/m$)



Мал. 3.18. Мозаїка напружень M_x плит покриття ($T \times m/m$)



Мал. 3.19. Мозаїка напружень M_y плит покриття ($T \times m/m$)

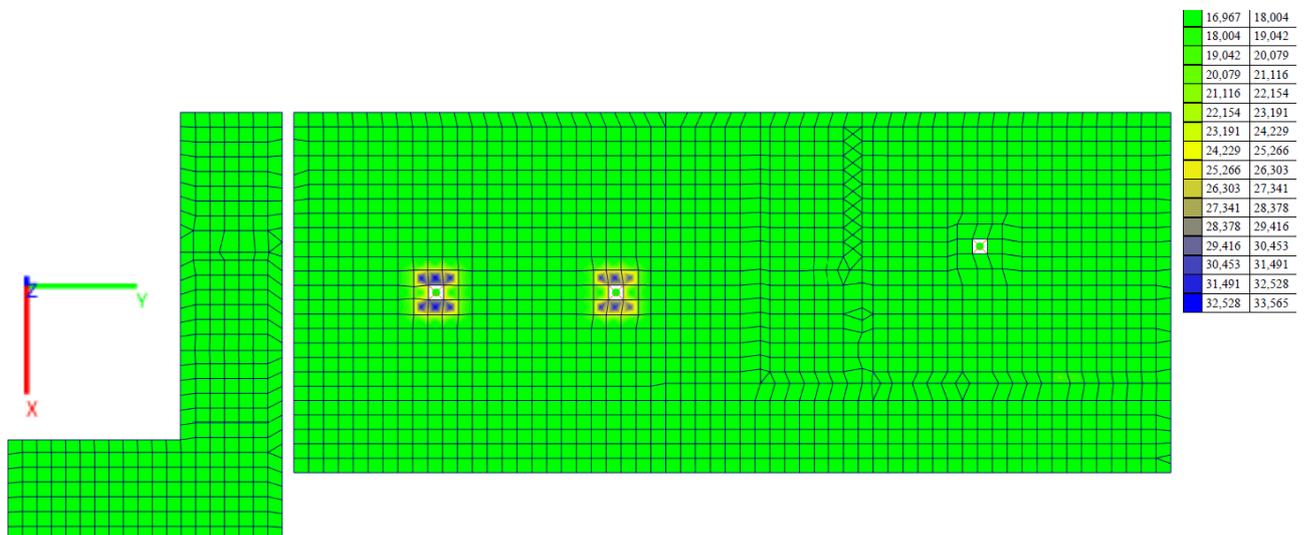


Мал. 3.20. Мозаїка напружень M_{xy} плит покриття ($T \times m/m$)

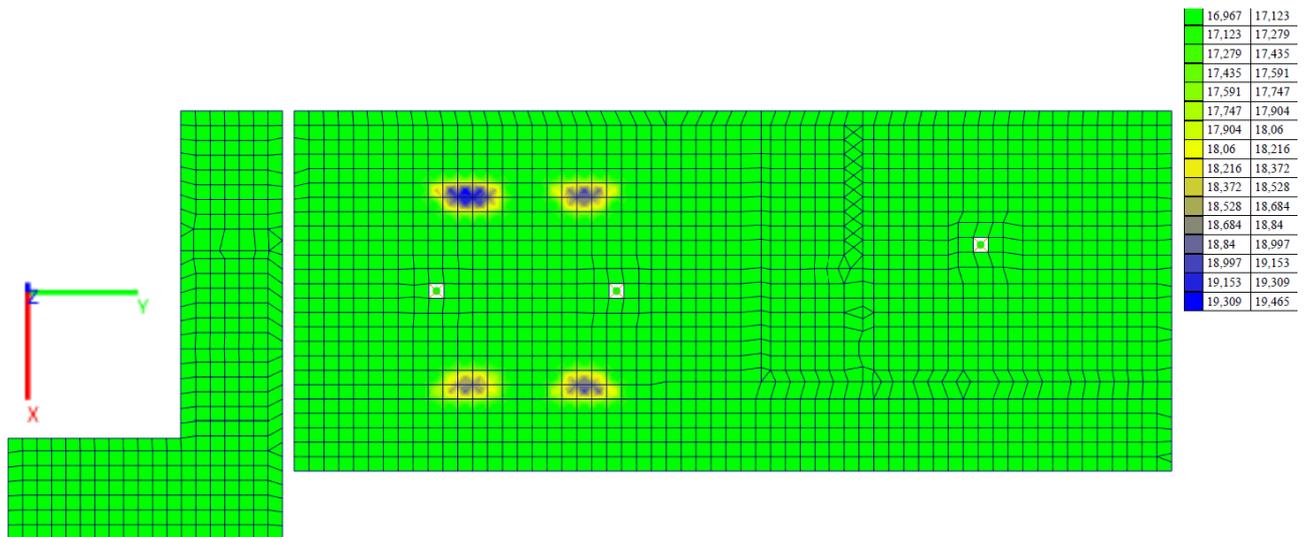
На мал. 3.21.- 3.44. показано результати підбору арматури для основних конструкцій захисної споруди.

Для основних конструкцій захисної споруди прийнято:

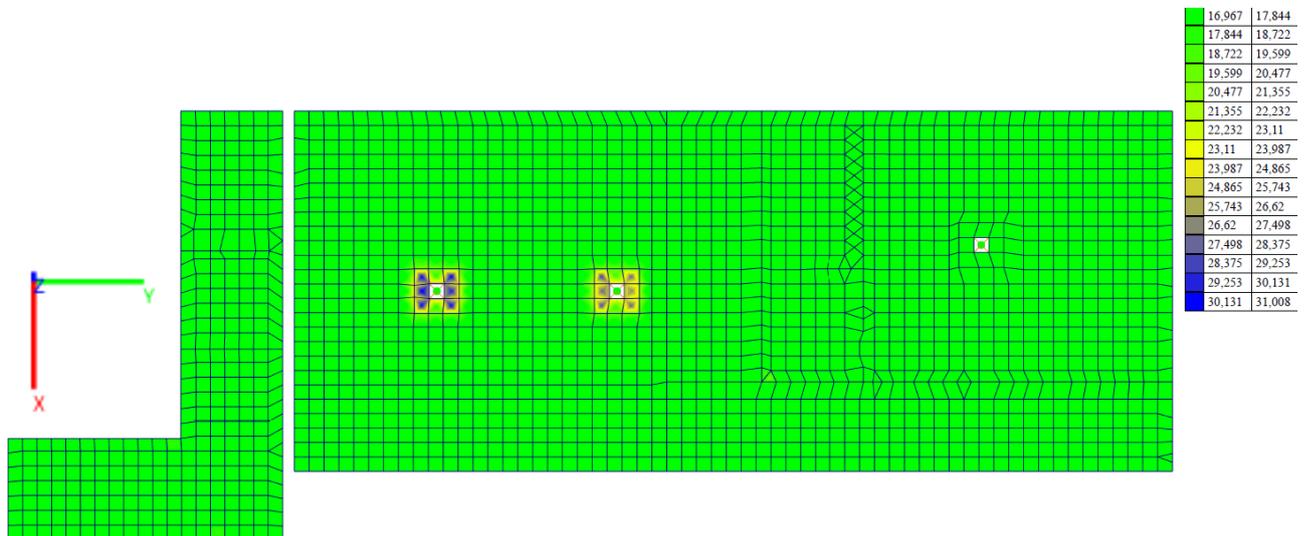
- стержні поздовжнього армування – А500с;
- стержні поперечного армування – А240с;
- клас бетону – С20/25.



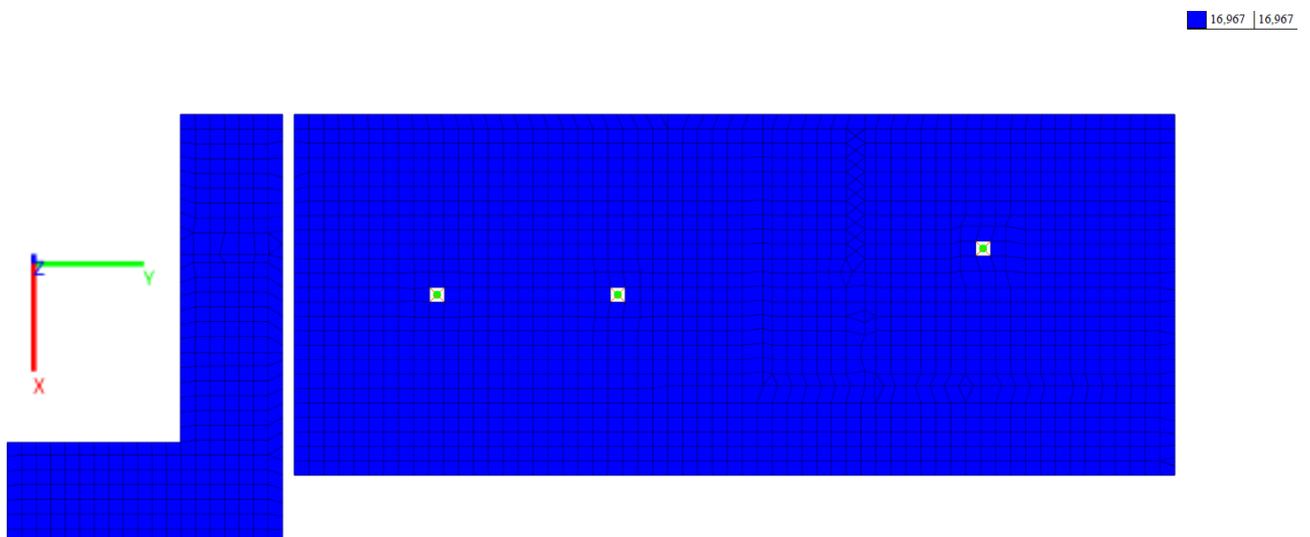
Мал. 3.21. Арматування нижньої зони фундаментної плити вздовж вісі X, (cm^2/m)



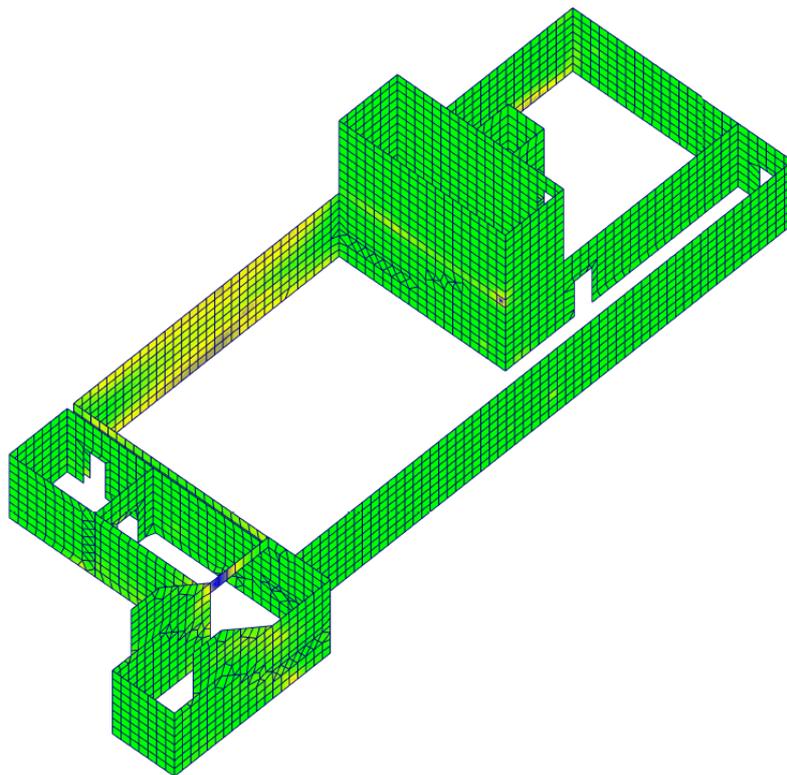
Мал. 3.22. Армування верхньої зони фундаментної плити вздовж вісі X, (см²/м)



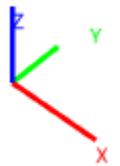
Мал. 3.23. Армування нижньої зони фундаментної плити вздовж вісі Y, (см²/м)



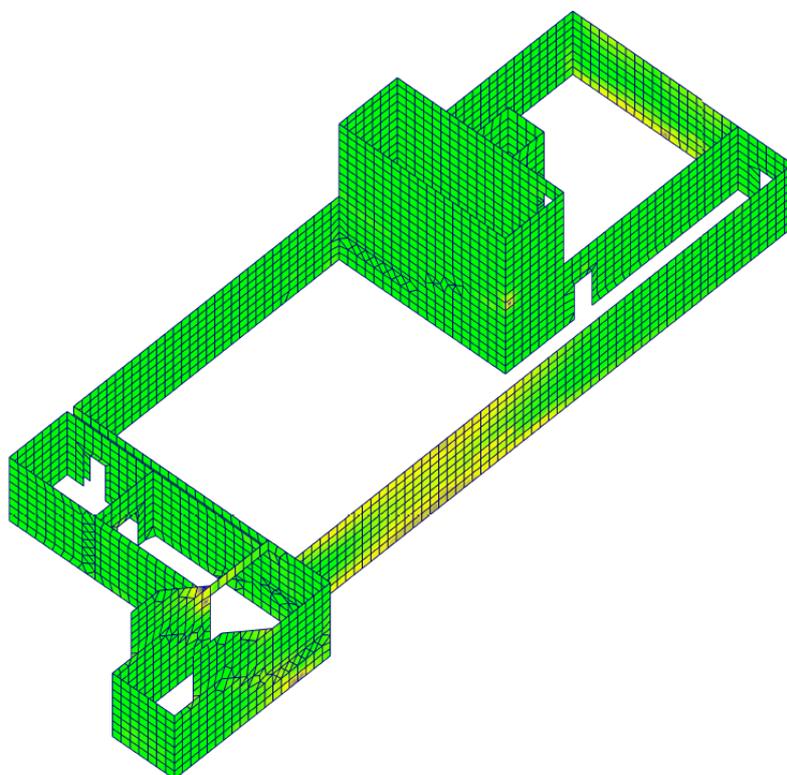
Мал. 3.24. Армування верхньої зони фундаментної плити вздовж вісі Y, (см²/м)



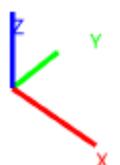
1,715	2,522
2,522	3,328
3,328	4,135
4,135	4,941
4,941	5,748
5,748	6,554
6,554	7,361
7,361	8,167
8,167	8,974
8,974	9,78
9,78	10,587
10,587	11,393
11,393	12,2
12,2	13,006
13,006	13,813
13,813	14,62



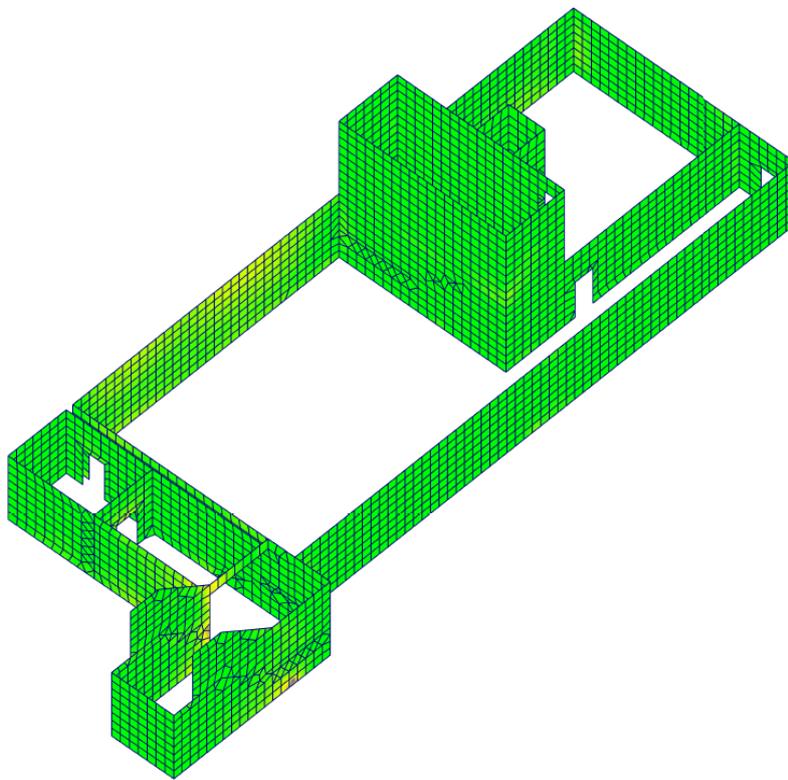
Мал. 3.25. Армування стін вздовж вісі X, (см²/м)



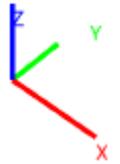
1,715	2,534
2,534	3,354
3,354	4,173
4,173	4,993
4,993	5,812
5,812	6,631
6,631	7,451
7,451	8,27
8,27	9,089
9,089	9,909
9,909	10,728
10,728	11,548
11,548	12,367
12,367	13,186
13,186	14,006
14,006	14,825



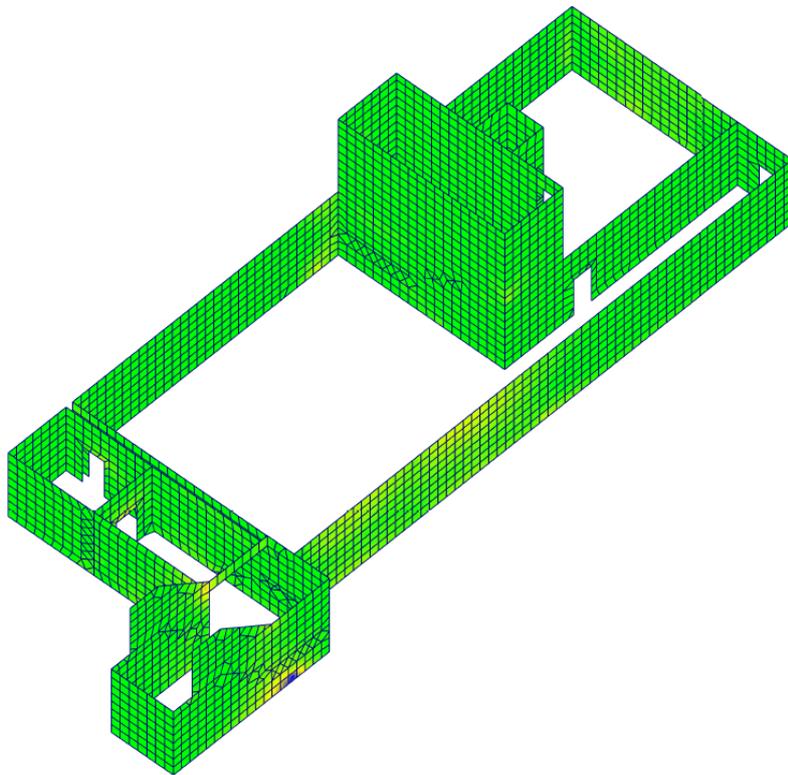
Мал. 3.26. Армування стін вздовж вісі X, (см²/м)



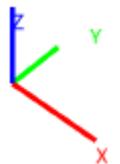
1,715	3,053
3,053	4,39
4,39	5,728
5,728	7,066
7,066	8,404
8,404	9,741
9,741	11,079
11,079	12,417
12,417	13,755
13,755	15,092
15,092	16,43
16,43	17,768
17,768	19,106
19,106	20,443
20,443	21,781
21,781	23,119



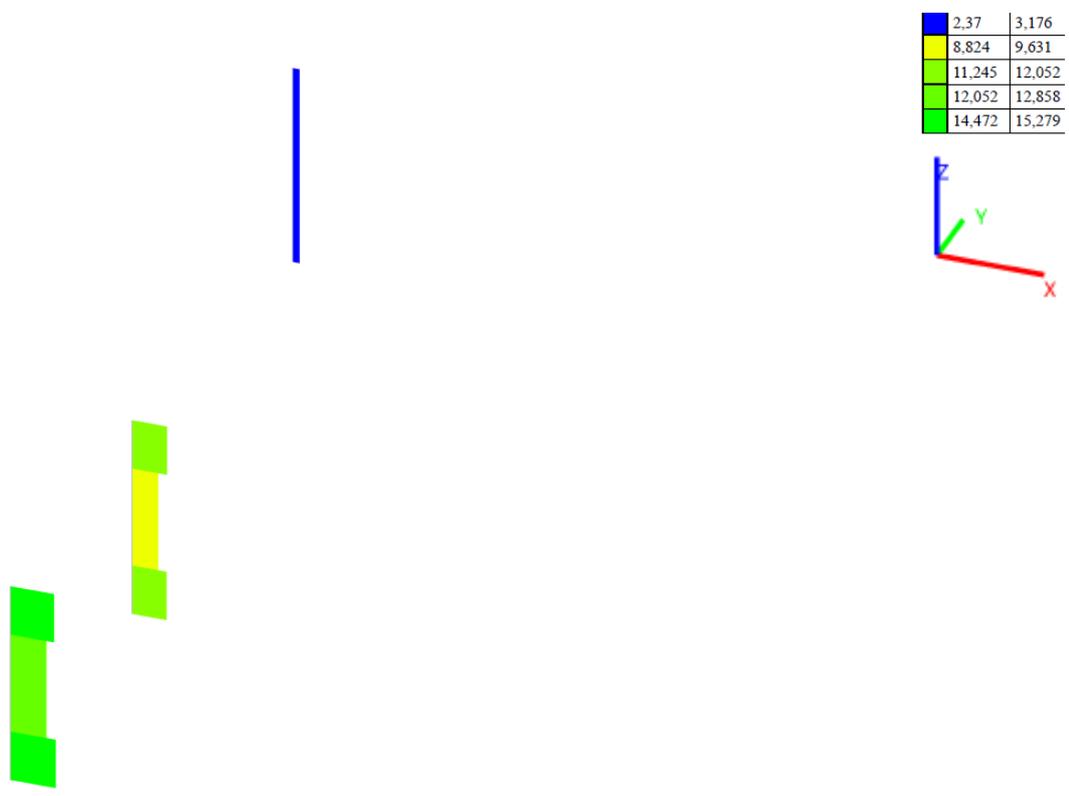
Мал. 3.27. Армування стін вздовж вісі Y, (см²/м)



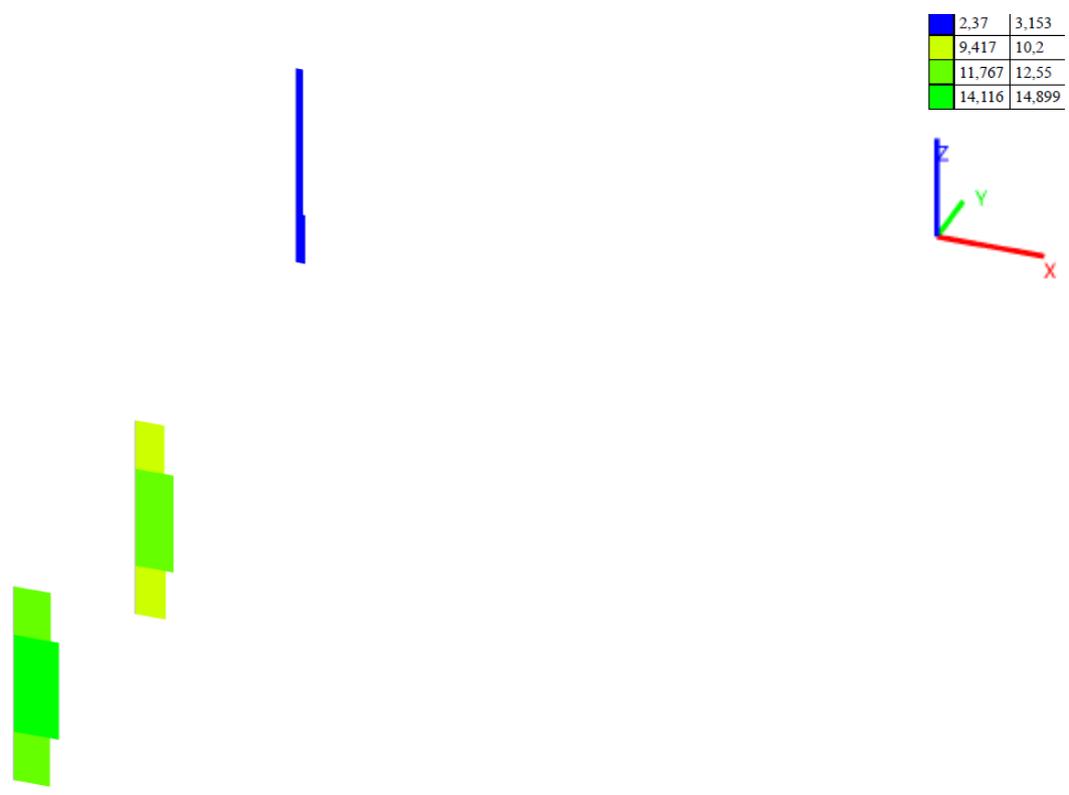
1,715	3,003
3,003	4,29
4,29	5,578
5,578	6,866
6,866	8,154
8,154	9,441
9,441	10,729
10,729	12,017
12,017	13,304
13,304	14,592
14,592	15,88
15,88	17,168
17,168	18,455
18,455	19,743
19,743	21,031
21,031	22,318



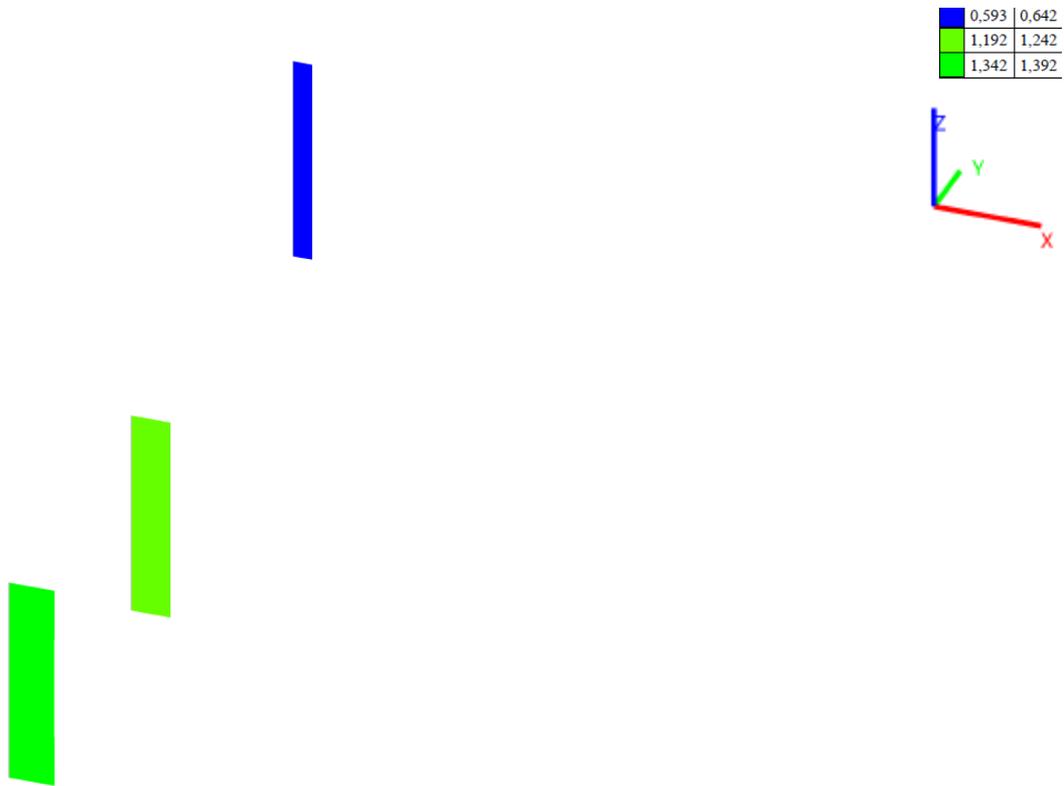
Мал. 3.28. Армування стін вздовж вісі Y, (см²/м)



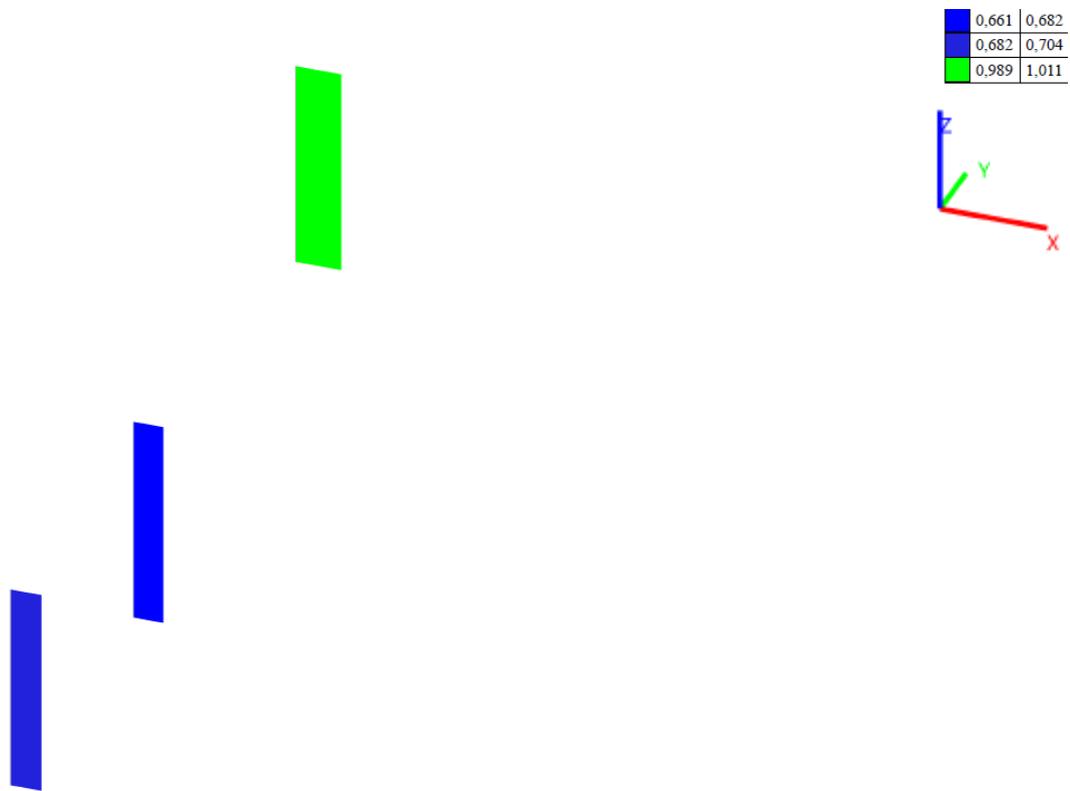
Мал. 3.29. Армування S_1 колон, ($см^2/м$)



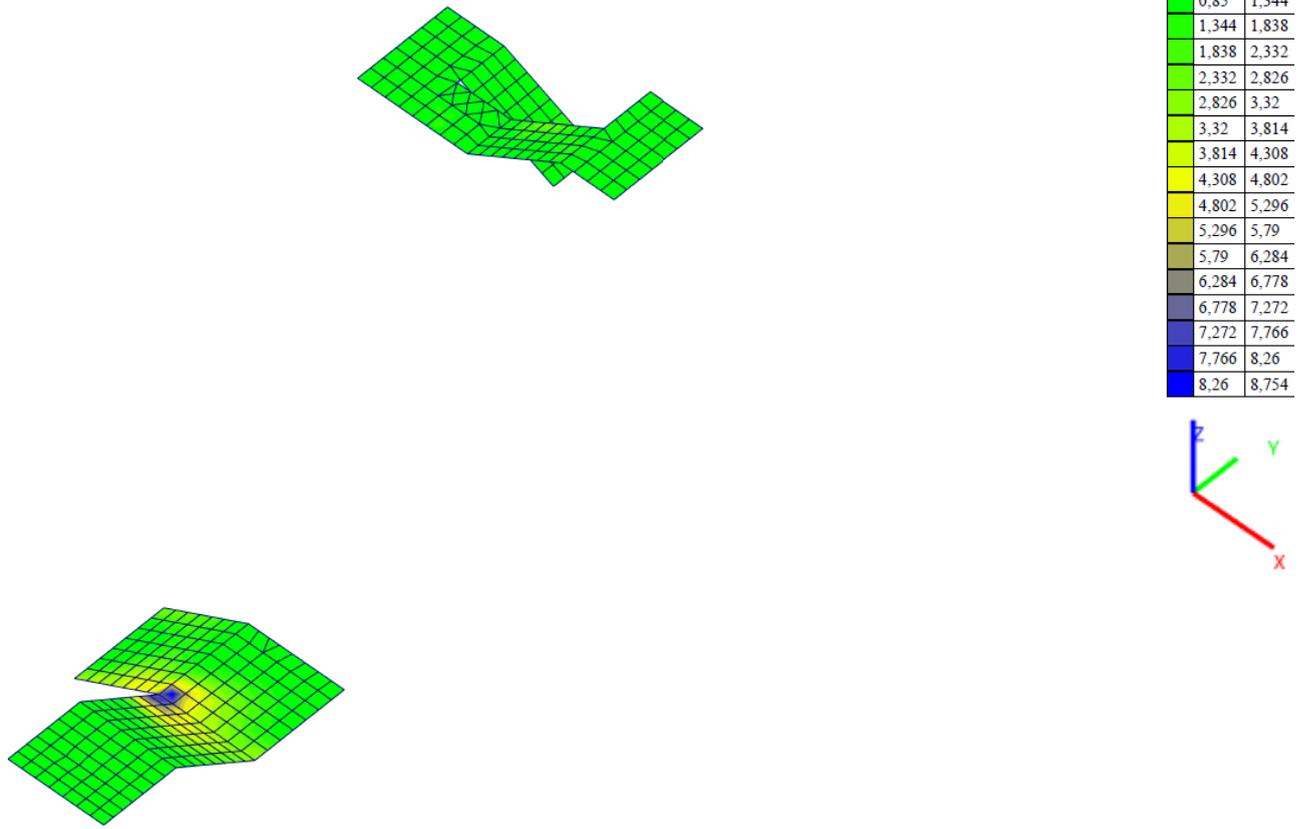
Мал. 3.30. Армування S_3 колон, ($см^2/м$)



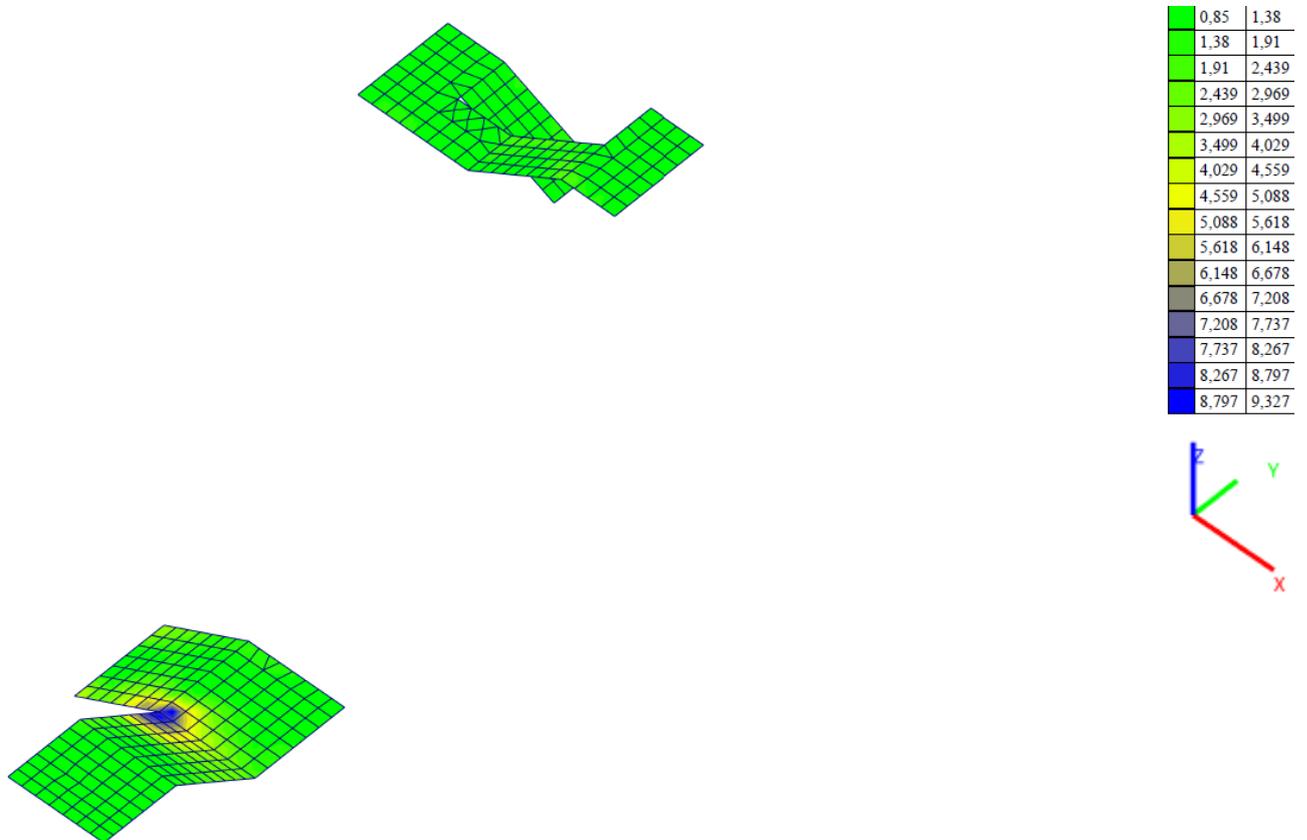
Мал. 3.31. Армування W_z колон, ($см^2/м$)



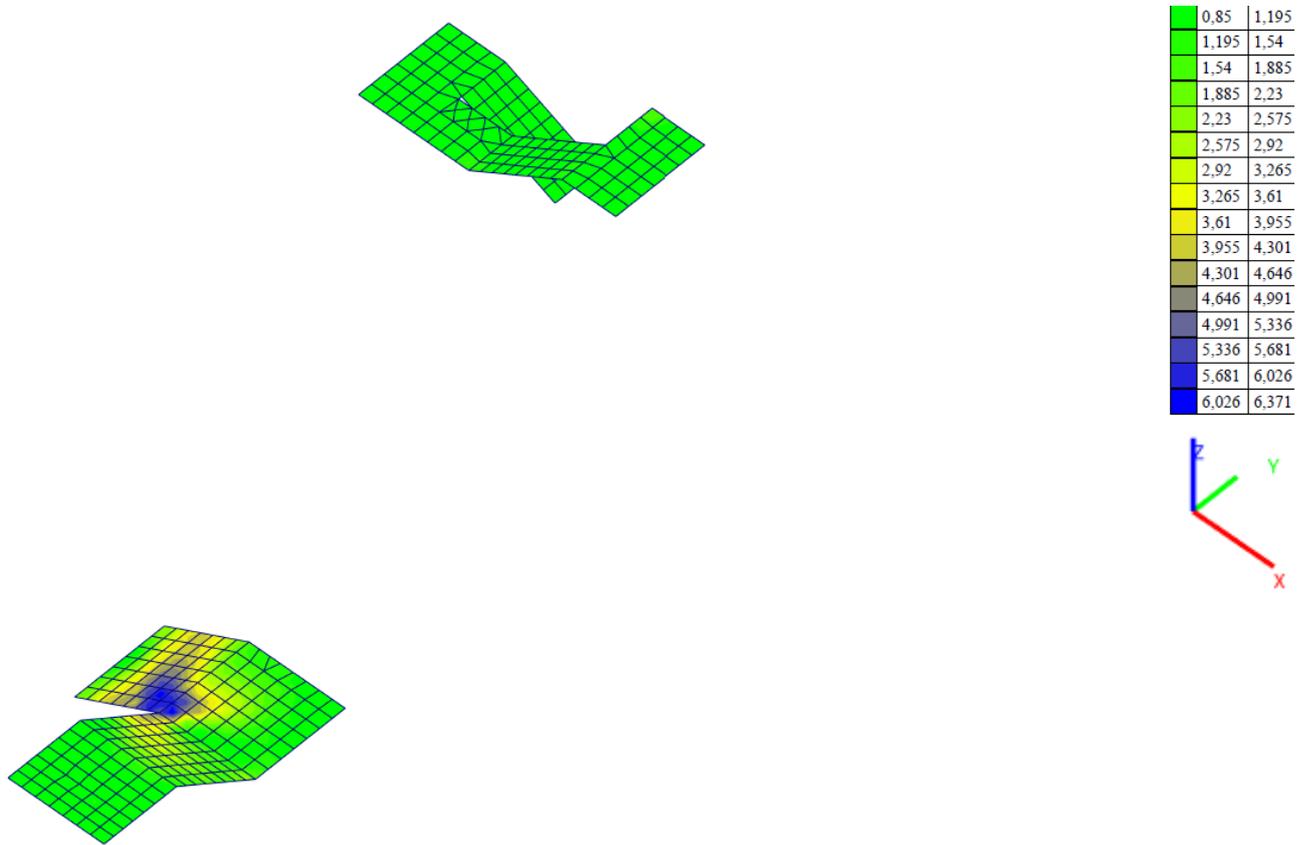
Мал. 3.32. Армування W_y колон, ($см^2/м$)



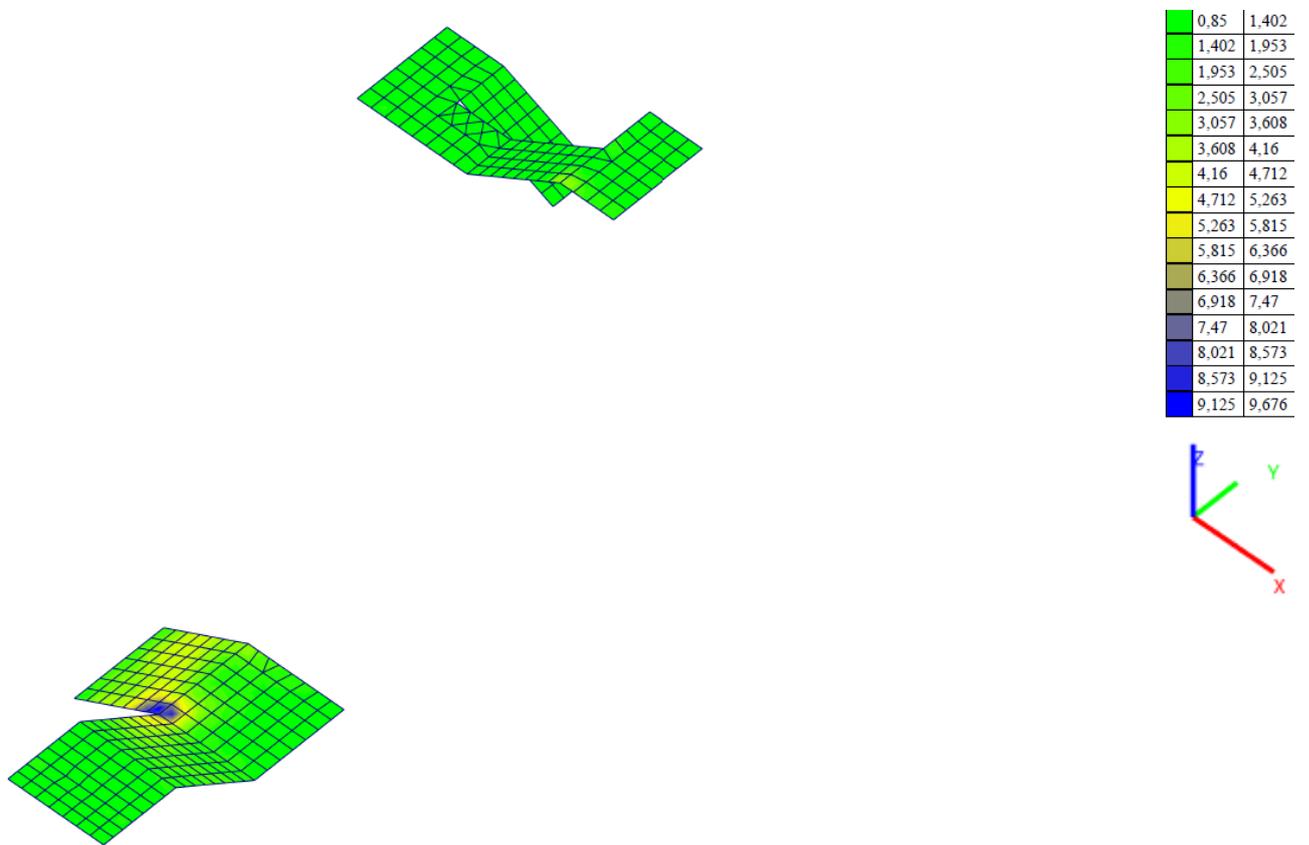
Мал. 3.33. Армування нижньої зони сходів вздовж вісі X, (см²/м)



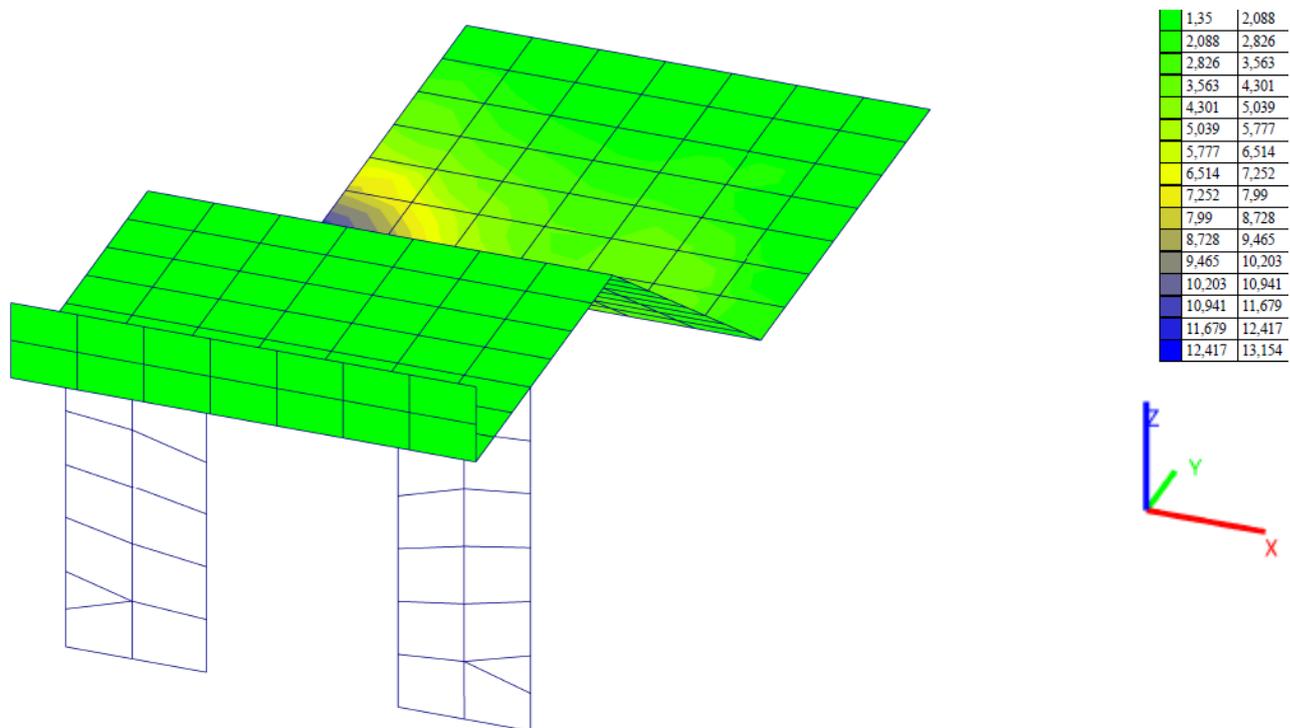
Мал. 3.34. Армування верхньої зони сходів вздовж вісі X, (см²/м)



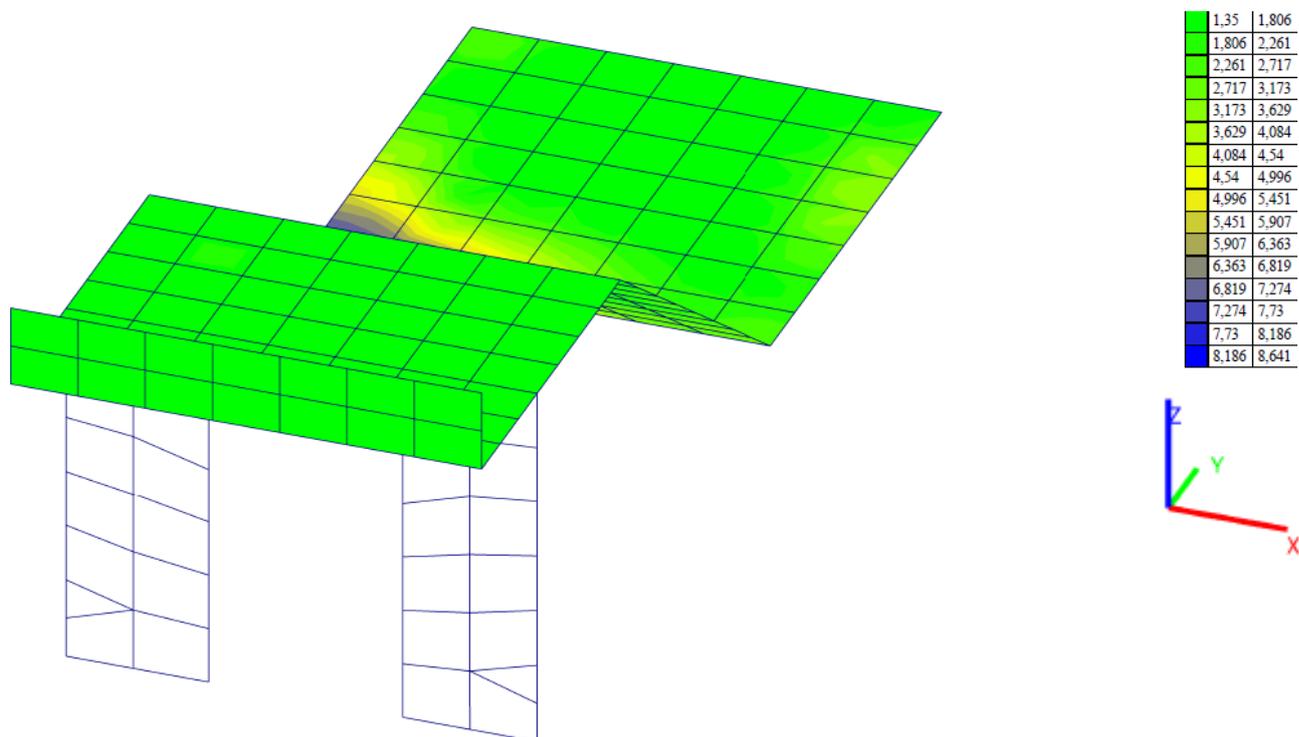
Мал. 3.35. Армування нижньої зони сходів вздовж вісі Y, (см²/м)



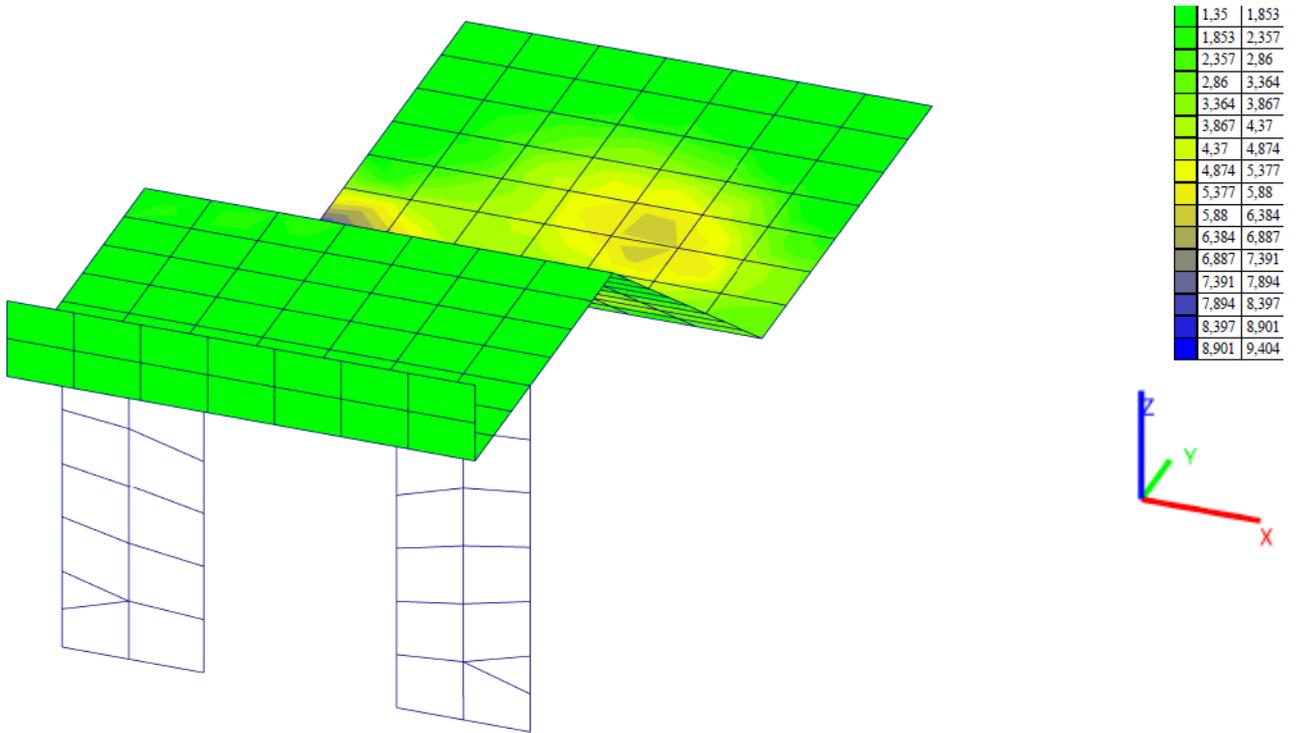
Мал. 3.36. Армування верхньої зони сходів вздовж вісі Y, (см²/м)



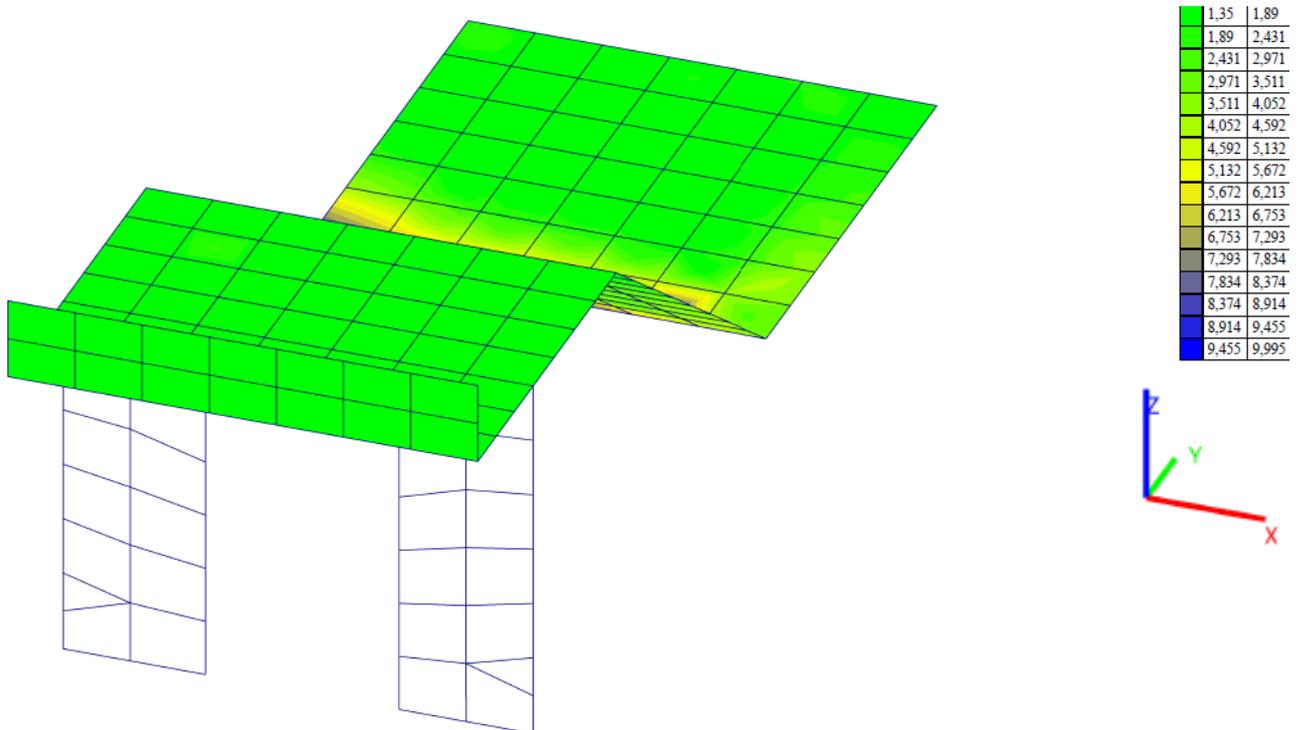
Мал. 3.37. Армування нижньої зони плит покриття тамбура вздовж вісі X, (см²/м)



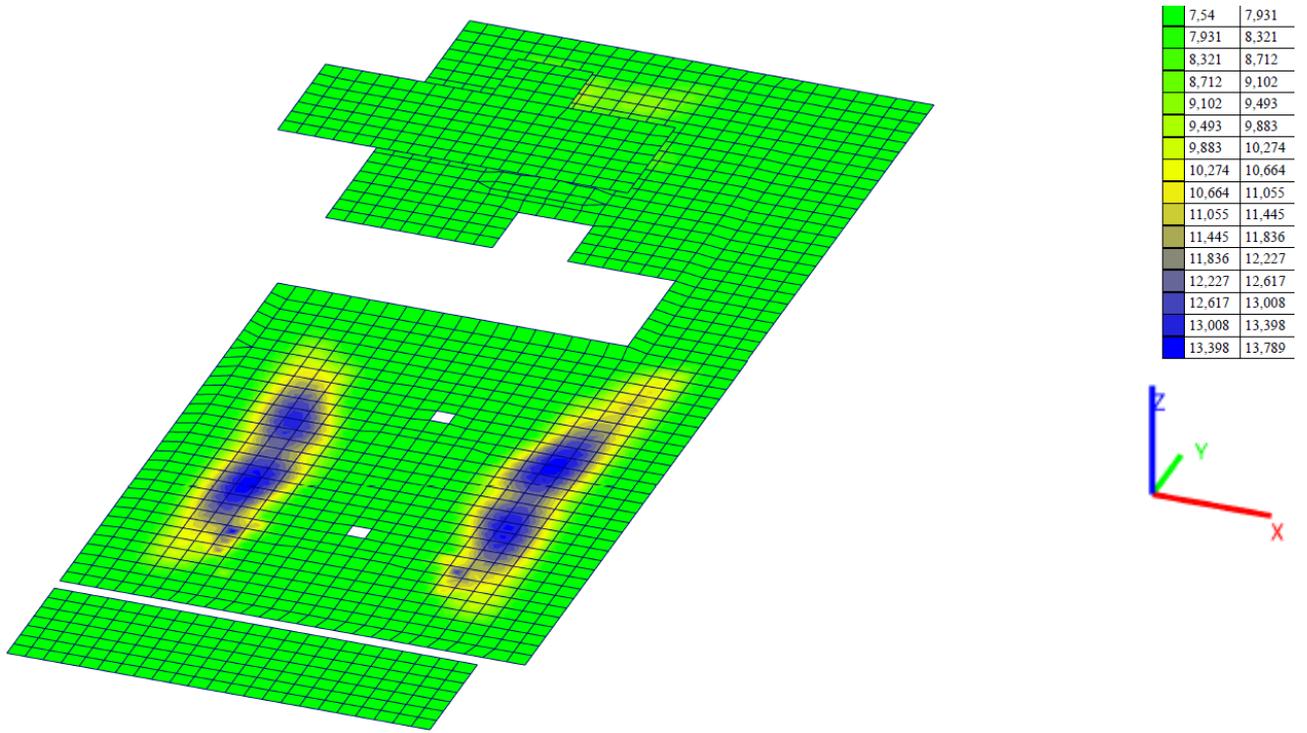
Мал. 3.38. Армування верхньої зони плит покриття тамбура вздовж вісі X, (см²/м)



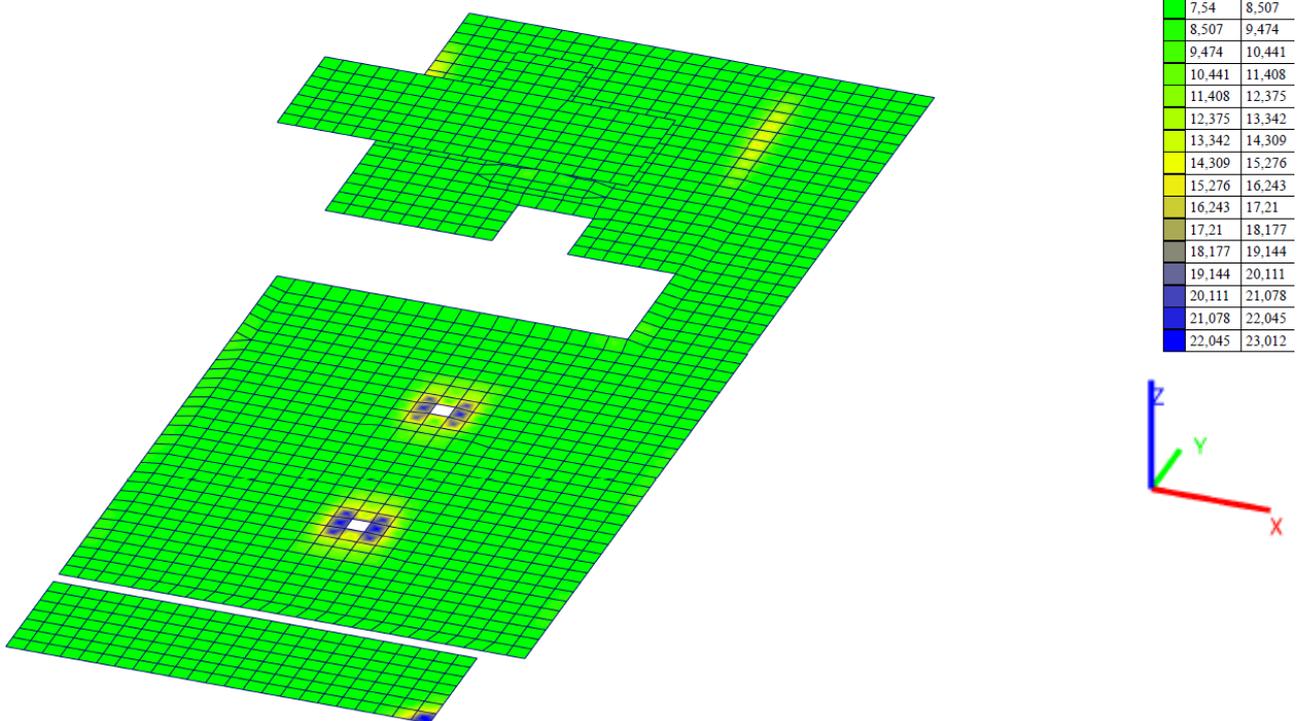
Мал. 3.39. Армування нижньої зони плит покриття тамбура вздовж вісі Y, (см²/м)



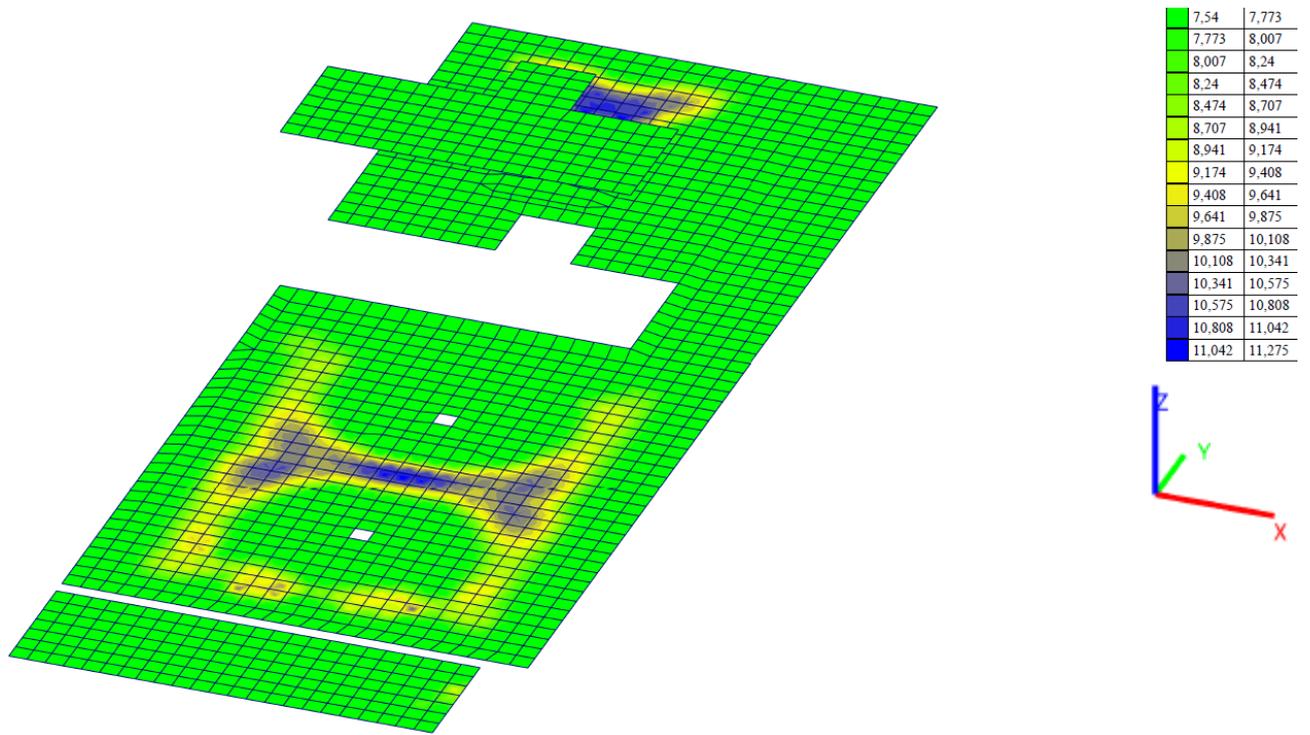
Мал. 3.40. Армування верхньої зони плит покриття тамбура вздовж вісі Y, (см²/м)



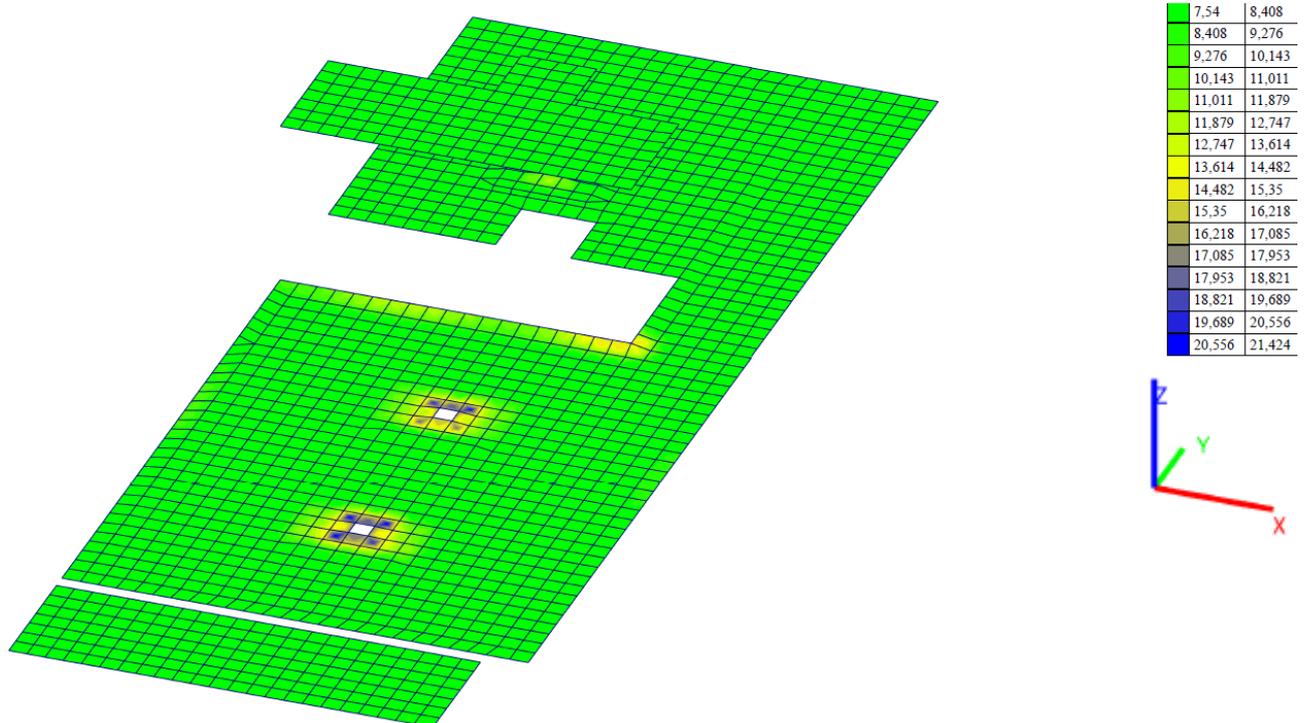
Мал. 3.41. Армування нижньої зони плит покриття вздовж вісі X, (см²/м)



Мал. 3.42. Армування верхньої зони плит покриття вздовж вісі X, (см²/м)



Мал. 3.43. Армування нижньої зони плит покриття вздовж вісі Y, (см²/м)



Мал. 3.44. Армування верхньої зони плит покриття вздовж вісі Y, (см²/м)

ВИСНОВОК

Сьогодні, коли Україна перебуває під впливом військових дій, терористичних загроз, забезпечення надійного захисту населення є одним із головних пріоритетів держави. Захисні споруди, як важливий елемент національної системи безпеки, відіграють ключову роль у збереженні життя та здоров'я громадян у критичних умовах. Їх проєктування і будівництво спрямовані на створення безпечного середовища, здатного забезпечити ефективний захист у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Особливу актуальність це має для територій, розташованих у безпосередній близькості до зони бойових дій, а також для мегаполісів, об'єктів критичної інфраструктури, закладів освіти, медичних установ та громадських місць, де відбувається масове скупчення людей. Надійно спроектовані захисні споруди здатні значно знизити ризики для життя і здоров'я населення та сприяти збереженню матеріальних ресурсів.

Захисне сховище проєктується поряд з існуючою будівлею школи. Підземна споруда має прямокутну форму в плані, з розмірами по вісях 39,41x12,75м. Загальна висота приміщень укриття – 3,41м. Конструктивна схема будівлі напівкаркасна. Просторова жорсткість забезпечена сумісною роботою внутрішніх та зовнішніх монолітних залізобетонних стін, внутрішніх залізобетонних колон та монолітного залізобетонного без балочного покриття.

Виконано розрахунок конструкцій, у ході якого визначено внутрішні зусилля, що виникають у матеріалах від дії навантажень, а також здійснено підбір армування. Під час розрахунків враховано характеристики будівельних матеріалів, типи навантажень та їх розподіл, що дозволило забезпечити необхідну міцність і надійність конструкцій.

Згідно до результатів розрахунку прийнято наступне:

- всі залізобетонні конструкції виконуються з бетону класу C20/25;
- армування фундаментної плити виконується арматурними стержнями Ø18, 14 A500с та Ø10, 8 A240с;

- армування колон виконується арматурними стержнями Ø32, 25, 14 A500с та Ø8 A240с;
- армування стін виконується арматурними стержнями Ø14 A500с та Ø10 A240с, також для обрамлення дверних прорізів застосовано металеві кутики 125x8 та арматурні стержні Ø12 A500с;
- армування сходів виконується арматурними стержнями Ø10 та Ø14 A500с та Ø8 A240с;
- армування плити покриття тамбуру та плит покриття сховища виконується арматурними стержнями Ø14 A500с та Ø10 A240с;
- усі стіни армовано в три ряди сіток, при цьому чарунки зміщені одна відносно одної на 1/3 їх кроку. Крок стержнів у поздовжньому та поперечному напрямку становить не більше ніж 150мм, згідно п. 14.2.3.6 [1].

Креслення основних конструкцій захисного сховища виконано у відповідності до вимог [6] та наведено у додатку В.

Таким чином відповідно до вимог нормативного документа [1] конструкції захисного сховища відповідають вимогам міцності, надійності, довговічності.

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи.
3. ДБН В.2.2-41:2019 Загальні положення щодо забезпечення надійності та безпеки будівель і споруд.
4. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд.
5. ДБН В.1.2-6:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість.
6. ДСТУ 9243.7:2023 Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень.
7. Методичні вказівки до виконання випускної магістерської кваліфікаційної роботи в галузі знань: 19 «Архітектура і будівництво» спеціальності: 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Розрахунок на надмірний тиск повітряної ударної хвилі

Відповідно до табл. А.2 [1] споруда відноситься до групи укриття П-6.

Надмірний тиск повітряної ударної хвилі $\Delta P_{ex} = 100$ кПа.

Граничне розрахункове значення квазістатичного навантаження обчислюється за формулою:

$$q_{ex,d} = \gamma_{fm} \cdot q_{ex,eqv},$$

де

$q_{ex,eqv}$ – квазістатичне характеристичне навантаження, що приймається рівним квазістатичному навантаженню (еквівалентному статичному навантаженню) та визначається згідно п.14.1.3.1 -14.1.3.8 [1].

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за навантаженнями для граничного розрахункового значення квазістатичного навантаження, приймається $\gamma_{fm} = 1,00$.

Вертикальне приведенне навантаження P_1 на покриття захисної споруди визначається згідно табл. 14.1 [1] відповідно прийнятої схеми захисної споруди «е» та приймається $P_1 = \Delta P_{ex} = 100$ кПа.

Горизонтальне приведенне навантаження P_2 на елементи зовнішніх стін захисної споруди визначається згідно табл. 14.2 [1] відповідно прийнятої схеми захисної споруди «е» та приймається $P_2 = 1,2 K_{\sigma} \cdot \Delta P_{ex} = 1,2 \cdot 0,5 \cdot 100$ кПа = 60 кПа.

Вертикальне приведенне навантаження P_5 на фундаменти захисної споруди визначається згідно табл. 14.5 [1] відповідно прийнятої схеми захисної споруди «е» та приймається $P_5 = \Delta P_{ex} = 100$ кПа.

Квазістатичне (еквівалентне статичне) навантаження та впливи

Квазістатичне навантаження $q_{ex,eqv}$ на елементи залізобетонних конструкцій покриттів захисних споруд та СПП із відповідними захисними властивостями приймається рівними приведеному навантаженню P_2 помноженому на коефіцієнт динамічності K_d , що приймається за таблицею 14.8 [1].

$$q_{ex,eqv} \text{ покр.} = 1,2 \cdot 100 \text{ кПа} = 120 \text{ кПа.}$$

Горизонтальне квазістатичне навантаження $q_{ex,eqv}$ на елементи залізобетонних конструкцій зовнішніх стін захисних споруд та СПП із відповідними захисними властивостями приймається рівним приведеному навантаженню P_1 помноженому на коефіцієнт динамічності K_D , що приймається за таблицею 14.9 [1] та коефіцієнт K_0 – коефіцієнт що враховує зміну тиску на стіни за рахунок горизонтальної складової масової швидкості часток ґрунту, затухання хвилі стиску з глибиною і зниження тиску за рахунок пуху споруди та деформації стін.

$$q_{ex,eqv \text{ ст.}} = 60 \text{ кПа} \cdot 0,8 \cdot 1 = 48 \text{ кПа.}$$

Вертикальне квазістатичне навантаження $q_{ex,eqv}$ на суцільну фундаментну плиту приймається рівним приведеному навантаженню P_5 помноженому на коефіцієнт динамічності K_D , що приймається за таблицею 14.11 [1]

$$q_{ex,eqv \text{ фонд.}} = 100 \text{ кПа} \cdot 1 = 100 \text{ кПа.}$$

Оголовки аварійних виходів, піднесених над поверхнею землі, розраховуються на горизонтальне квазістатичне навантаження $q_{ex,eqv}$, яке дорівнює надмірному тиску у фронті повітряної ударної хвилі ΔP_{ex} , помноженому на коефіцієнт динамічності $K_D = 2$.

$$q_{ex,eqv \text{ ав.вих..}} = 100 \text{ кПа} \cdot 2 = 200 \text{ кПа}$$

Матеріали конференції

SCI-CONF.COM.UA

EUROPEAN CONGRESS OF SCIENTIFIC DISCOVERY



**PROCEEDINGS OF II INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
FEBRUARY 3-5, 2025**

**MADRID
2025**

ЗАХИСНЕ СХОВИЩЕ ШКІЛЬНОЇ БУДІВЛІ В М. СУМИ

Луцьковський Валерій Миколайович,

к.т.н., викладач

Космаков Євгеній Олександрович,

студент

Національний Аграрний Університет

м. Суми, Україна

v.lutskovskyi@gmail.com

evgeniikosmakov@gmail.com

Анотація: виконано дослідження напружено-деформованого стану конструкцій захисної споруди шкільної будівлі

Ключові слова: захисна споруда, залізобетонні елементи.

В умовах сьогодення безпека дітей у навчальних закладах є одним із пріоритетних завдань як держави, так і суспільства. Загрози природного, техногенного та, особливо, військового характеру вимагають оснащення шкіл спеціальними захисними укриттями. Такі приміщення не лише гарантують фізичну безпеку учнів і педагогічного колективу, а й сприяють зниженню рівня паніки та створенню належних умов для перебування в надзвичайних ситуаціях.

Ця проблема набуває особливої актуальності в умовах постійних обстрілів на території України. Оскільки школи є місцем масового перебування дітей, вони потребують особливого рівня захисту, що є не лише соціальною необхідністю, а й моральним обов'язком. Крім того, облаштування захисних споруд відповідає сучасним вимогам цивільного захисту, підвищує довіру батьків до безпечності навчального процесу та забезпечує відповідність закладу освітнім стандартам.

Реалізація проектів із будівництва та облаштування укриттів має стратегічне значення для створення надійної освітньої інфраструктури та сталого розвитку системи безпеки в школах.

Будівництво захисного сховища передбачено на території КУ Сумська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів №7 імені М. Савченка СМР. Захисне сховище розташовується поряд з існуючою школою.

Підземне сховище, в плані має прямокутну форму, з розмірами по вісях 39,41х12,75м. Висота приміщень укриття – 3,41м.

Конструктивна схема – напівкаркасна. Просторова жорсткість забезпечується сумісною роботою внутрішніх та зовнішніх монолітних залізобетонних стін, колон та монолітного залізобетонного без балкового покриття.

Проведено розрахунок конструкцій, у межах якого визначено внутрішні зусилля, що виникають у матеріалах під впливом навантажень, та здійснено підбір необхідного армування. У процесі розрахунків враховано характеристики будівельних матеріалів, види навантажень і їхній розподіл, що дозволило забезпечити належний рівень міцності та надійності конструкцій.

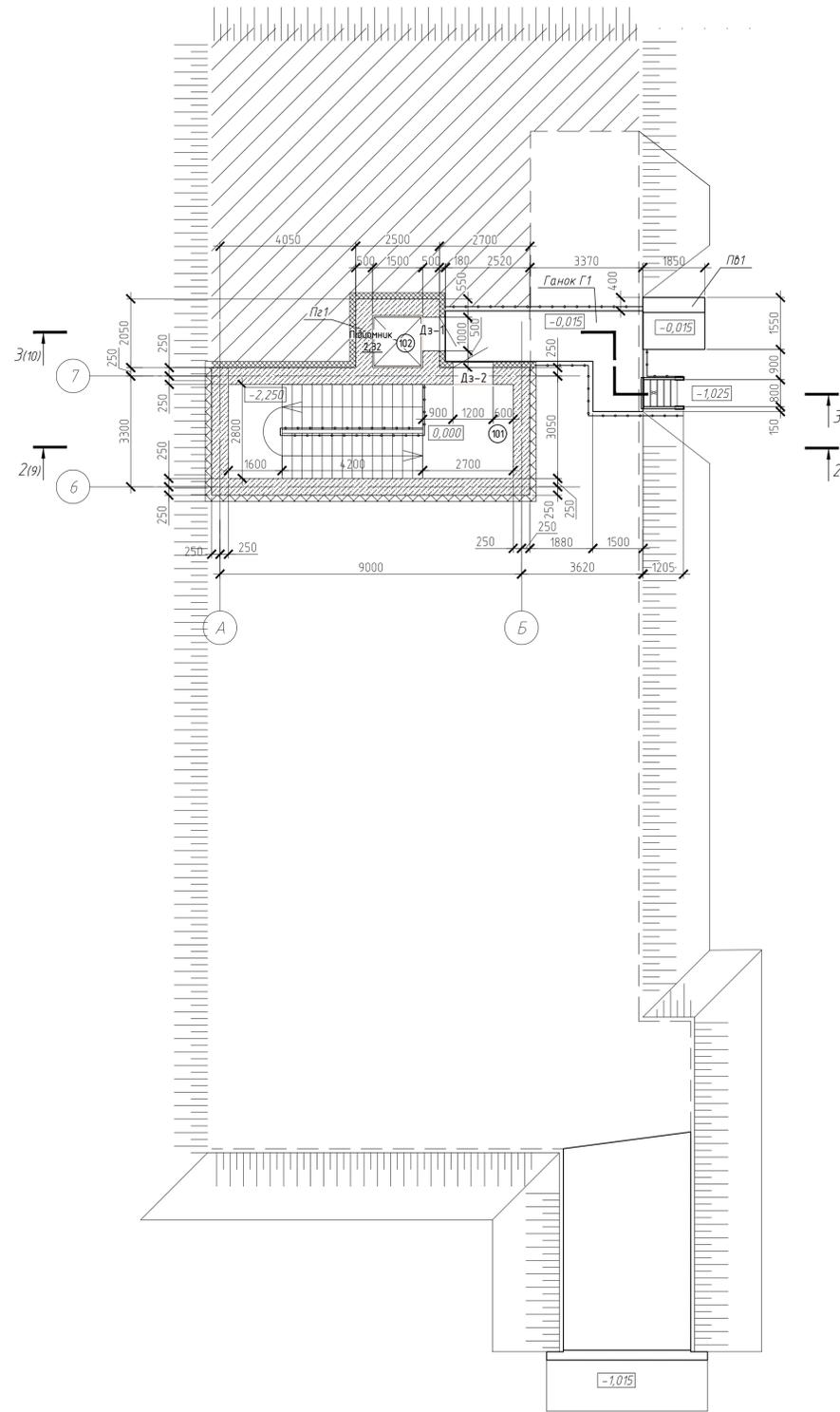
Згідно результатів розрахунку армування конструкцій виконується окремими стержнями періодичного профілю класу А240с та А500с. Бетону для конструкцій використовується класом С20/25.

Список літератури

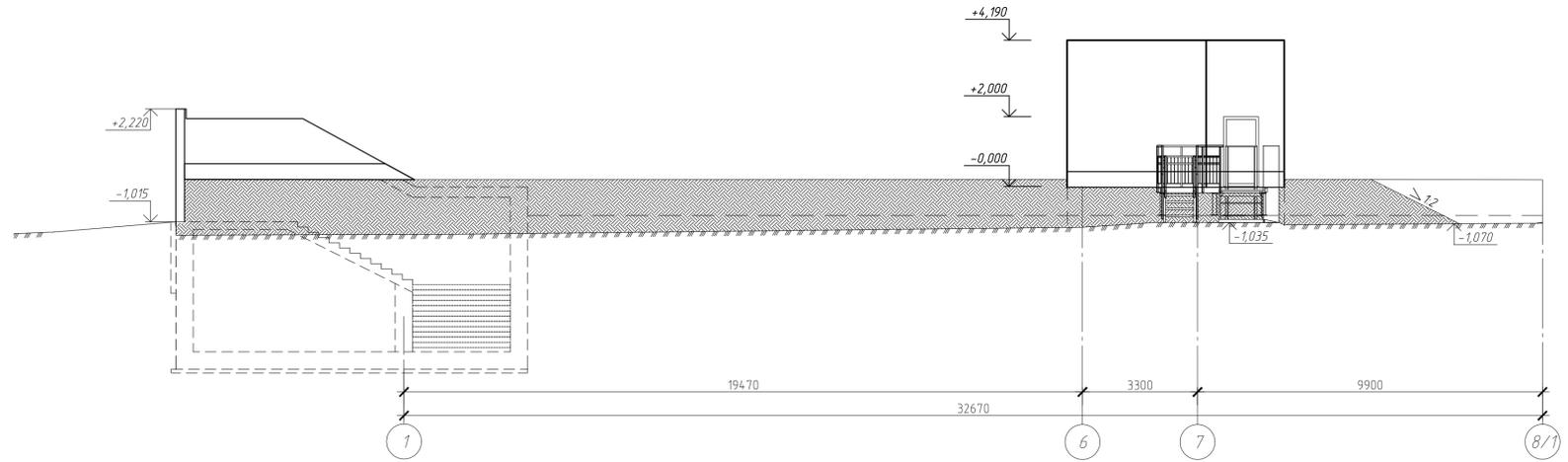
1. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-7:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-7. Загальні дії. Особливі динамічні впливи (EN 1991-1-7:2006, IDT).
2. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд.
3. ДБН В.1.2-6:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість.
4. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування.

Креслення

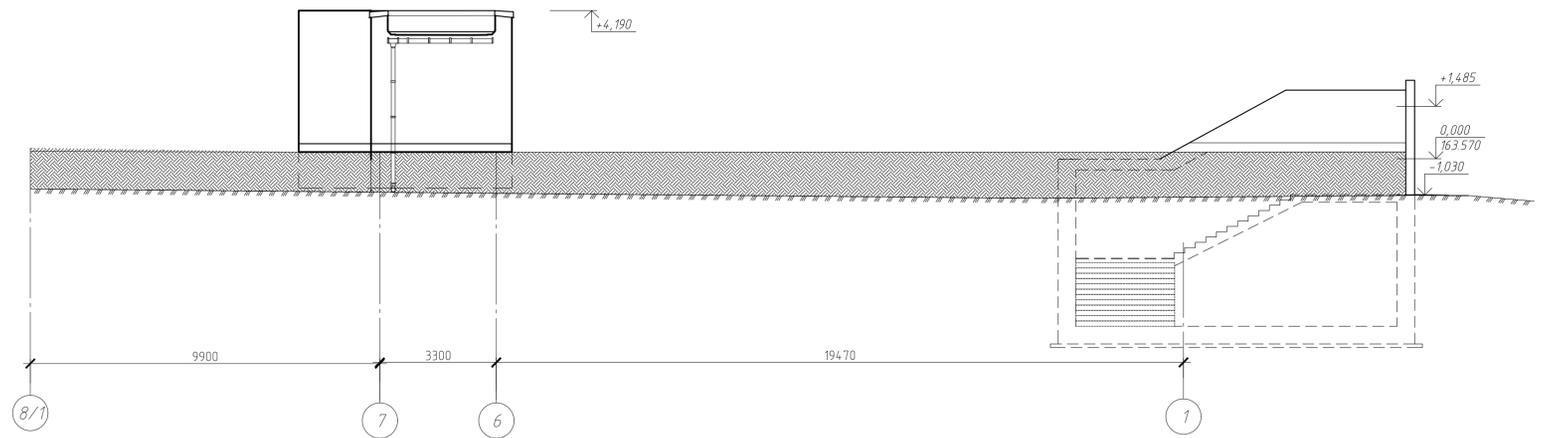
План на відм. 0,000.



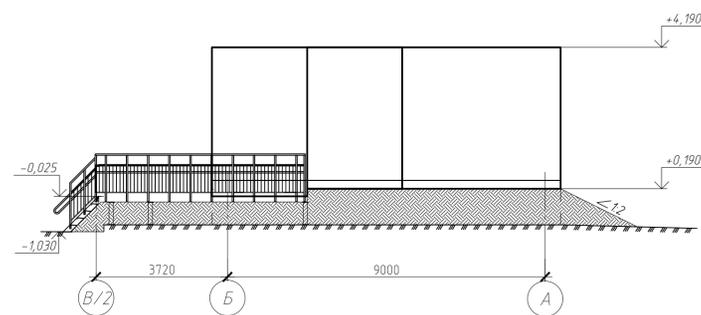
Фасад 1-8/1



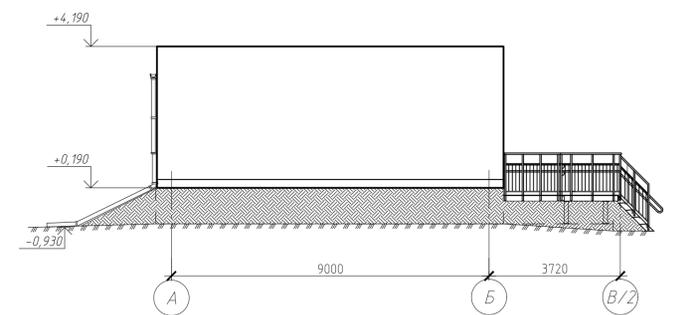
Фасад 8/1-1



Фасад В/2-А



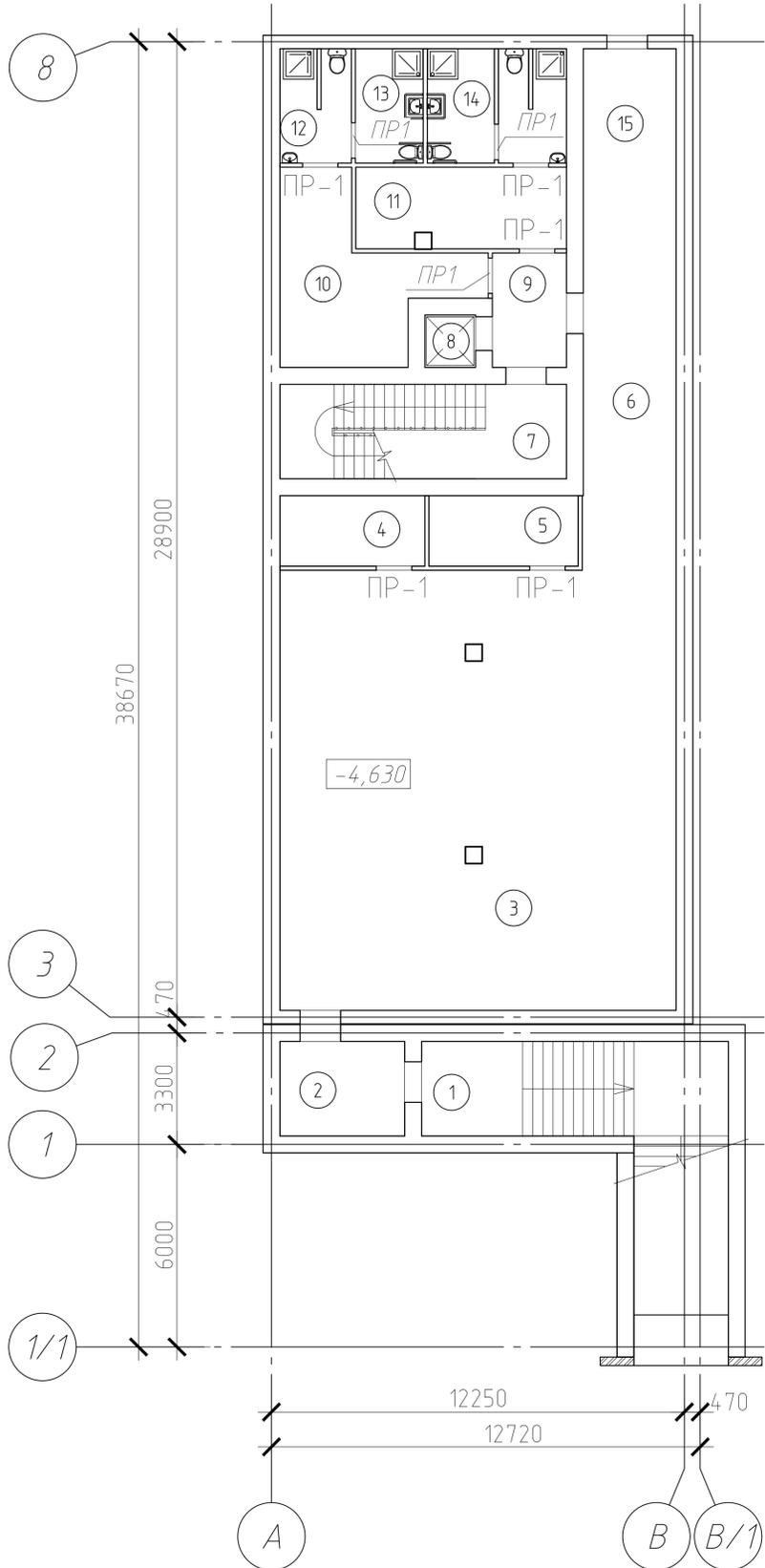
Фасад А-В/2



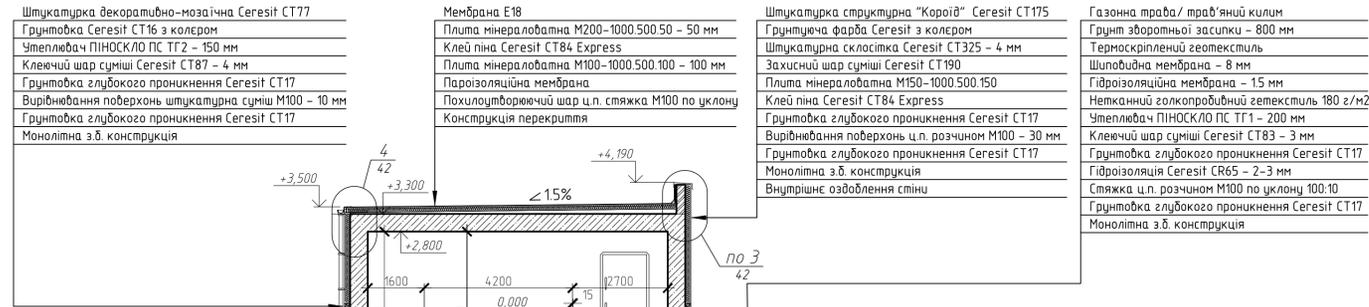
MP 06.25. БК ДР					Стадія	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ документа	Підпис	Дата	Н		
Виконав	Космаков						
Керівник	Роговий С.І.				Аркш 1	Аркшів	
План на відм. 0,000. Фасад 1-В/1. Фасад В/1-1. Фасад В/2-А. Фасад А-В/2					СНАУ гр. БУД 2301м ВН		

Захисне сходище шкільної будівлі в м. Суми.

Схема розташування перемичок



Розріз 1-1



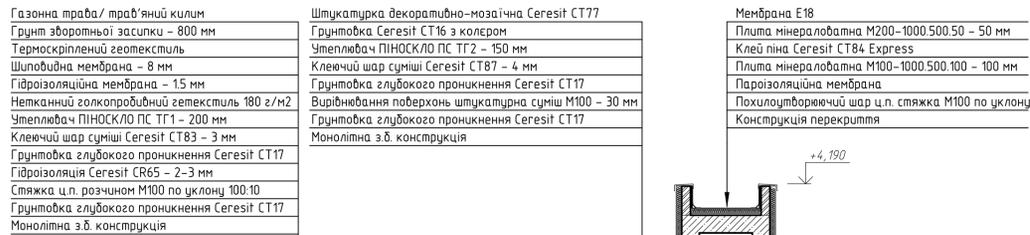
Грунт зворотньої засипки
Термоскріплені геотекстиль
Шпаловидна мембрана - 8 мм
Гідроізоляційна мембрана
Нетканний голкопробивний геотекстиль 180 г/м²
Екструзійний пінополістрол (Г1) - 100 мм
Клеючий шар суміші Ceresit СТ83 - 3 мм
Грунтівка глибокого проникнення Ceresit СТ17
Гідроізоляція Ceresit CR65 - 2-3 мм
Штукатурка ц.п. розчином М100 - 10 мм
Грунтівка глибокого проникнення Ceresit СТ17
Монолітна з.б. конструкція

Поліуретанова фарба
Ceresit CF95 (0.6 кг/м²) / Ceresit CF96 (0.6 кг/м²) / Ceresit CF (0.15 кг/м²)
Шар самовирівнювачі поліуретановий Ceresit CF91 (2.76 кг/м²) - 2 мм
Грунтівка епоксидна Ceresit CF87 (0.2 кг/м²) з поглиною кварцевим піском
Шар бетону міцністю на стиск не менш як 30 МПа
з додаванням прискорювача твердіння Ceresit CC94 (0.2% від маси бетону) - 50 мм
Шар роздільний з поліетиленової плівки
Утеплювач Пінополістрол 30 кг/м² на клею Ceresit СТ83 - 50 мм
Шліфування поверхні бетонної плити
Монолітна з.б. конструкція - 500 мм
Підготовка - 100 мм
Гідроізоляція з поліетиленової плівки

Поліуретанова фарба
Ceresit CF95 (0.6 кг/м²) / Ceresit CF96 (0.6 кг/м²) / Ceresit CF (0.15 кг/м²)
Грунтівка епоксидна Ceresit CF87 (0.2 кг/м²) з поглиною кварцевим піском
Стяжка з лезовирівнювача суміші Ceresit 178 (10 кг/м²)
по абразивному шару Ceresit 178 (4-6%) + Ceresit CC81 10.50 мм
з.б. конструкція сходів

Грунт зворотньої засипки
Термоскріплені геотекстиль
Шпаловидна мембрана - 8 мм
Гідроізоляція Ceresit CR65 - 2-3 мм
Штукатурка ц.п. розчином М100 - 10 мм
Грунтівка глибокого проникнення Ceresit СТ17
Монолітна з.б. конструкція

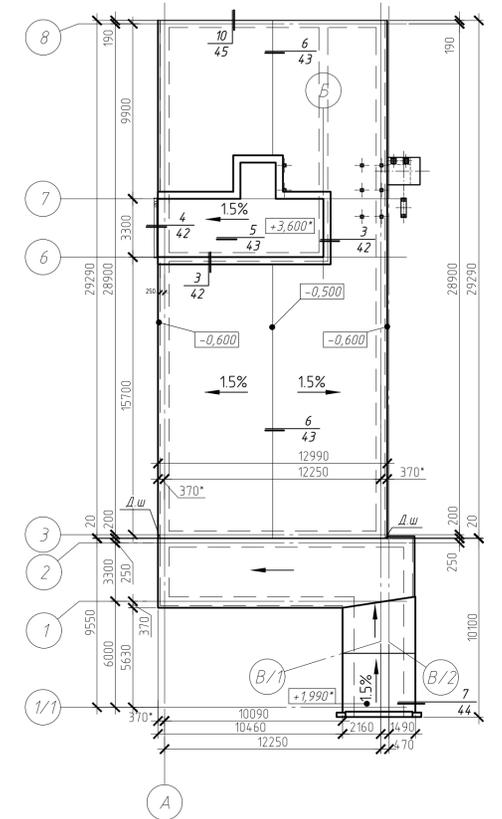
Розріз 2-2



Грунт зворотньої засипки
Термоскріплені геотекстиль
Шпаловидна мембрана - 8 мм
Гідроізоляційна мембрана
Нетканний голкопробивний геотекстиль 180 г/м²
Екструзійний пінополістрол (Г1) - 100 мм
Клеючий шар суміші Ceresit СТ83 - 3 мм
Грунтівка глибокого проникнення Ceresit СТ17
Гідроізоляція Ceresit CR65 - 2-3 мм
Штукатурка ц.п. розчином М100 - 10 мм
Грунтівка глибокого проникнення Ceresit СТ17
Монолітна з.б. конструкція

Грунт зворотньої засипки
Термоскріплені геотекстиль
Профільна гідроізоляційна мембрана - 8 мм
Гідроізоляція Ceresit CR65 - 2-3 мм
Штукатурка ц.п. розчином М100 - 10 мм
Грунтівка глибокого проникнення Ceresit СТ17
Монолітна з.б. конструкція

План покрівлі укриття



МР 06.25. БК ДР

Зм.	Арх.	№ документа	Підпис	Дата	Стадія	Маса	Масштаб
Виконав	Космаков				Н		
Керівник	Раговий С.І.				Аркш 1	Аркшів	
Схема розташування перемичок, Розріз 1-1, Розріз 2-2, План покрівлі укриття					СНАУ гр. БУД 230 м ВН		

Захисне сходище шкільної будівлі в м. Суми.

План укриття на відм. -4.630.

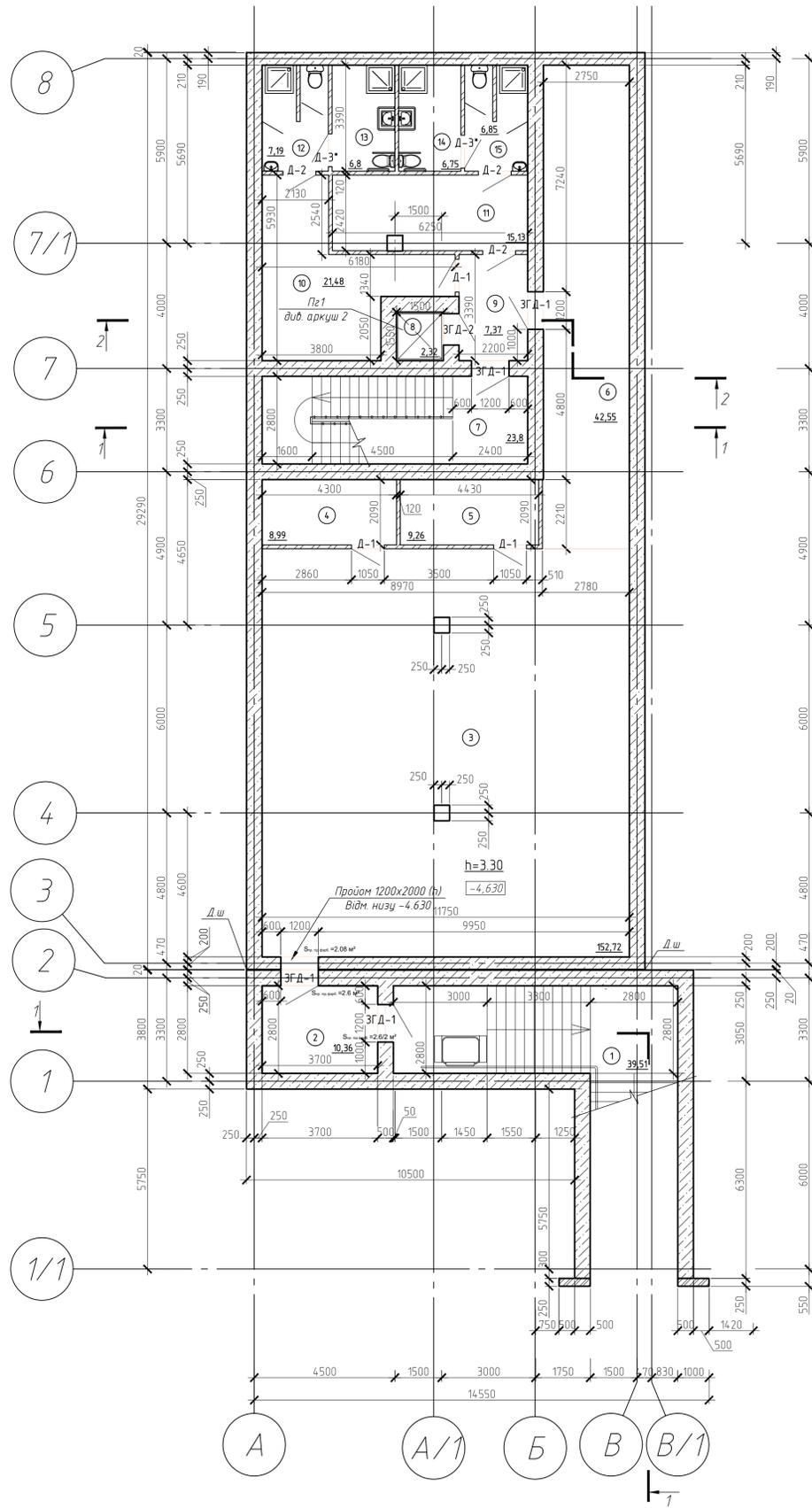


Схема підлоги на відм. -4.630.

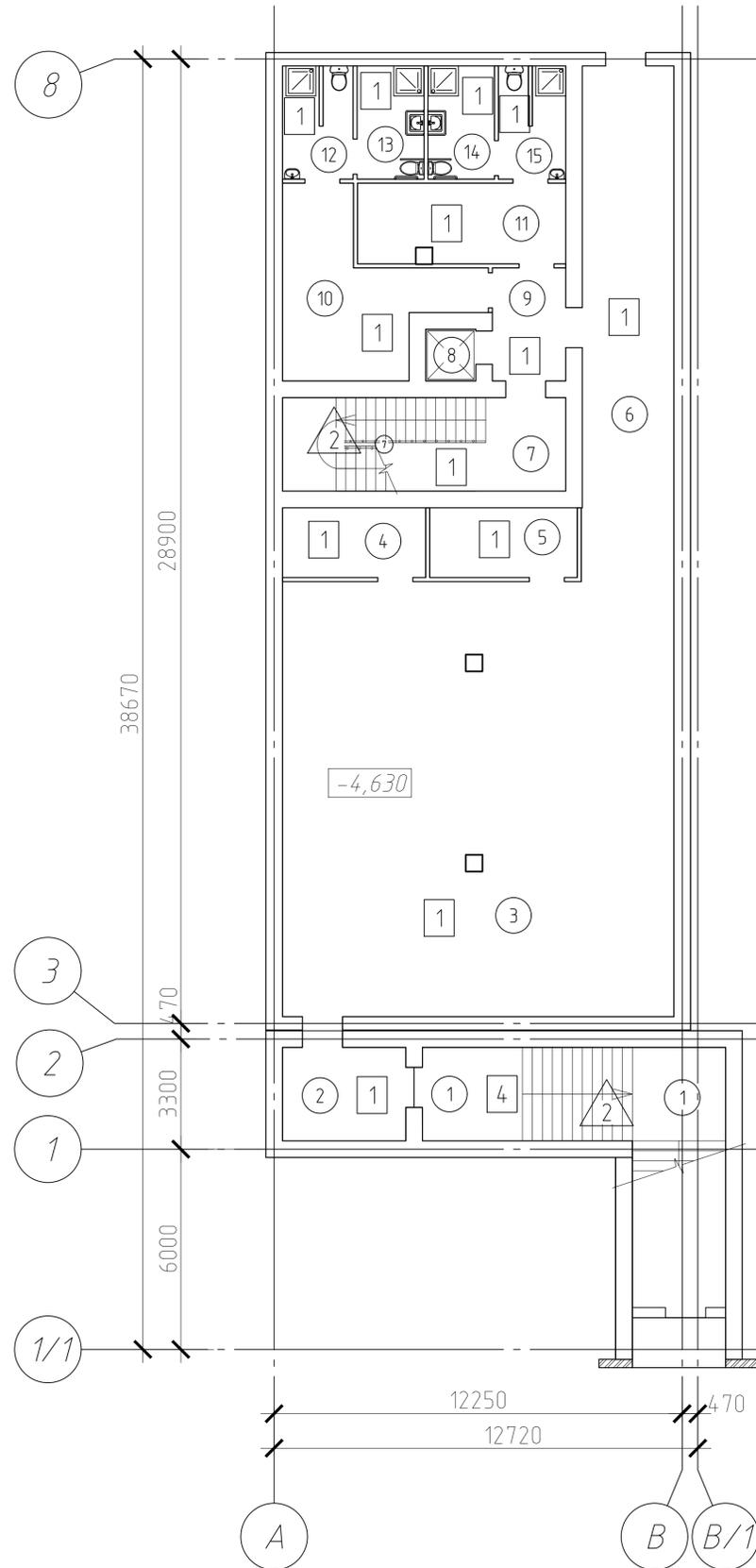
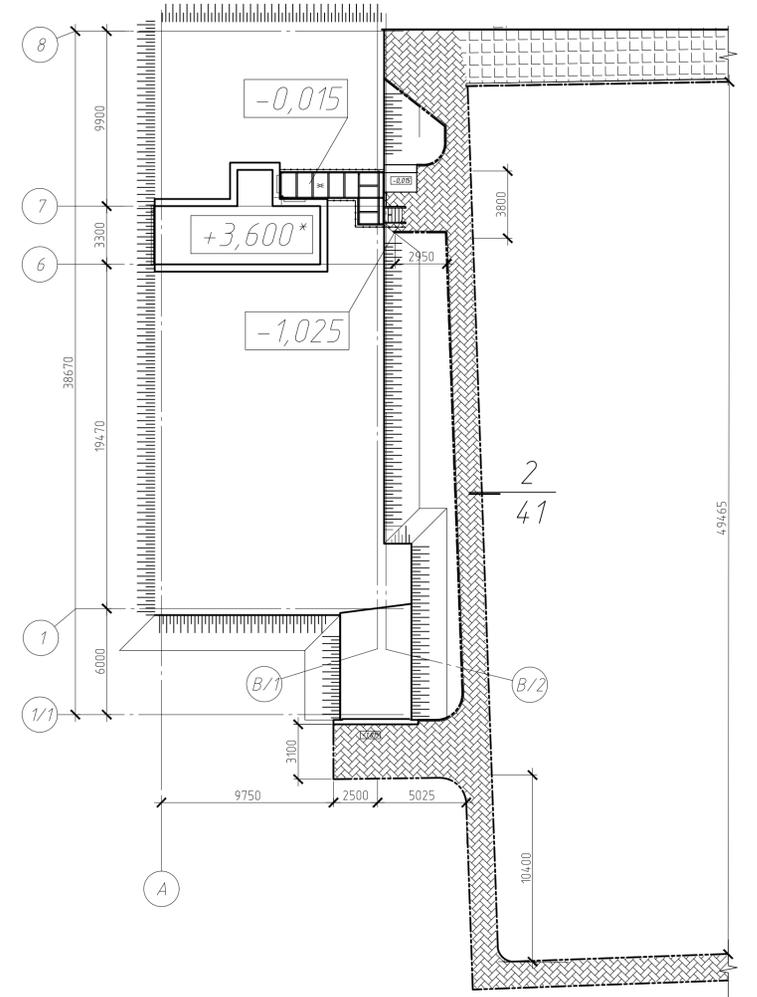
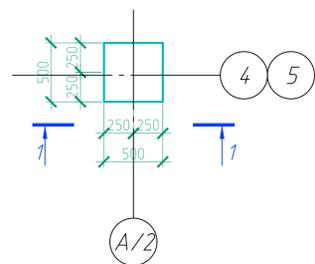


Схема вимощення

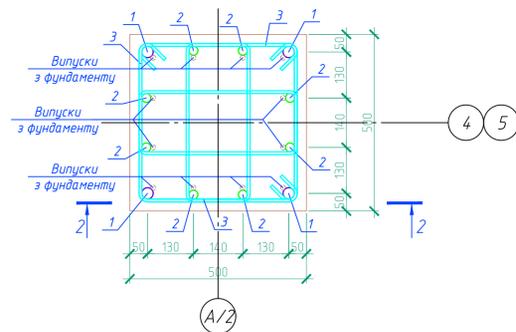


МР 06.25. БК ДР					Стадія	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	М документа	Підпис	Дата	Н	Арк. 1	Арк. 1
Виконав	Космаков						
Керівник	Роговий С.І.						
Захисне сходище шкільної будівлі в м. Суми.					СНАУ гр. БУД 2301м ВН		
План укриття на відм. -4.630, Схема підлоги на відм. -4.630, Схема вимощення							

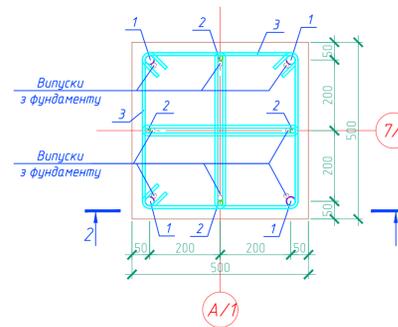
Колонка К-1
(опалубка)



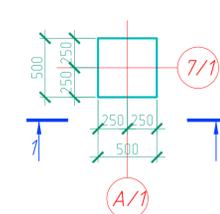
Колонка К-1
(армування)



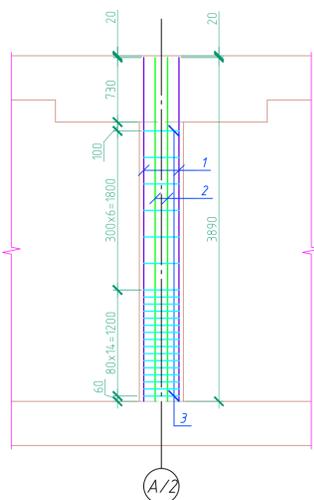
Колонка К-2
(армування)



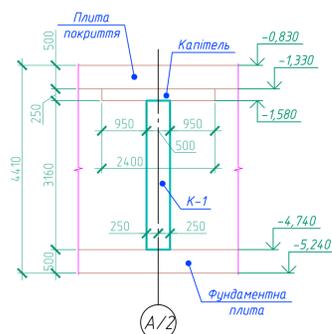
Колонка К-2
(опалубка)



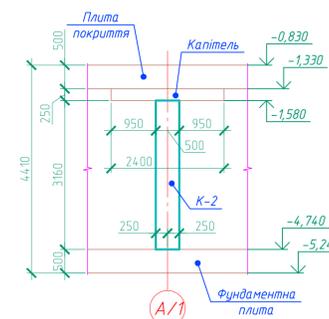
2-2
(армування)



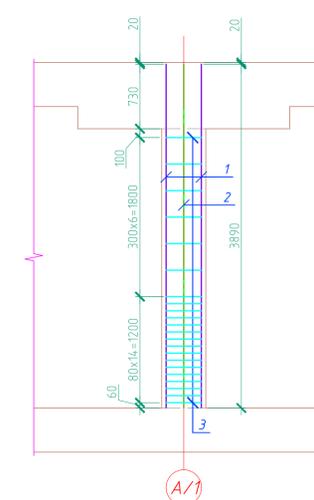
1-1
(опалубка)



1-1
(опалубка)



2-2
(армування)



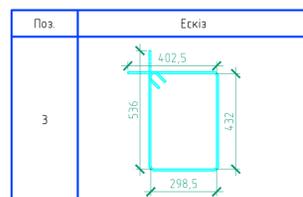
Специфікація елементів колони (на одну колону) К-1

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг.	Примітка
1	ДСТУ 3760:2019	Арматура ϕ 32 A500с L = 3890 мм	4	24,55	98,18
2	ДСТУ 3760:2019	Арматура ϕ 25 A500с L = 3890 мм	8	14,98	119,81
3	ДСТУ 3760:2019	Арматура ϕ 8 A240с L = 1660 мм	88	0,66	57,7
Матеріали					
	ДСТУ Б В.2.7-176:2008	Бетон кл. С20/25		0,79	м ³

Специфікація елементів колони (на одну колону) К-2

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг.	Примітка
1	ДСТУ 3760:2019	Арматура ϕ 25 A500с L = 3890 мм	4	15,37	61,46
2	ДСТУ 3760:2019	Арматура ϕ 14 A500с L = 3890 мм	4	4,71	18,83
3	ДСТУ 3760:2019	Арматура ϕ 8 A240с L = 1500 мм	88	0,59	52,14
Матеріали					
	ДСТУ Б В.2.7-176:2008	Бетон кл. С20/25		0,79	м ³

Відомість деталей



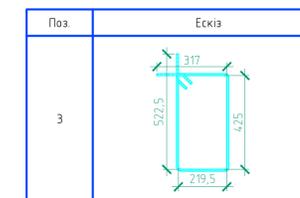
Відомість витрат сталі, кг

Марка елемента	Арматурні вироби					Всього
	Арматура класу					
	A240с		A500с			
	ДСТУ 3760:2019					
	ϕ 8	Всього	ϕ 25	ϕ 32	Всього	
Колонка К-1 (1 шт.)	57,7	57,7	119,81	98,18	217,99	275,69
Колонка К-1 (4 шт.)	173,1	173,1	359,43	294,54	653,97	827,07

Відомість витрат сталі, кг

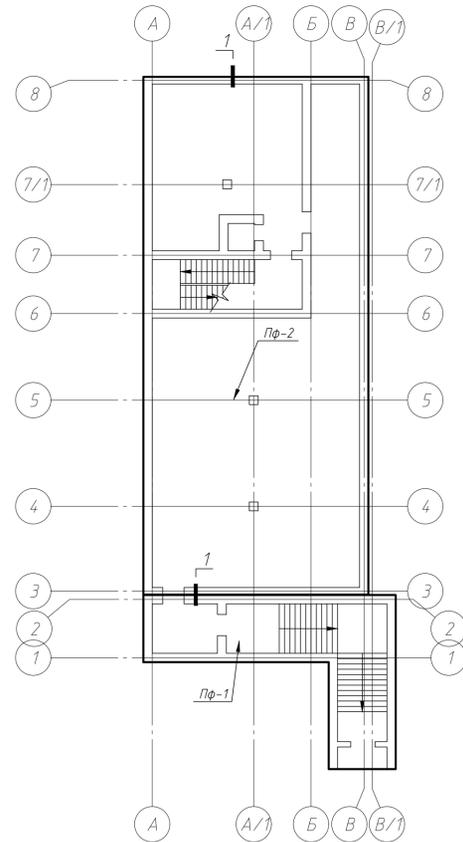
Марка елемента	Арматурні вироби					Всього
	Арматура класу					
	A240с		A500с			
	ДСТУ 3760:2019					
	ϕ 8	Всього	ϕ 14	ϕ 25	Всього	
Колонка К-2 (1 шт.)	52,14	52,14	18,83	61,46	80,29	132,43

Відомість деталей

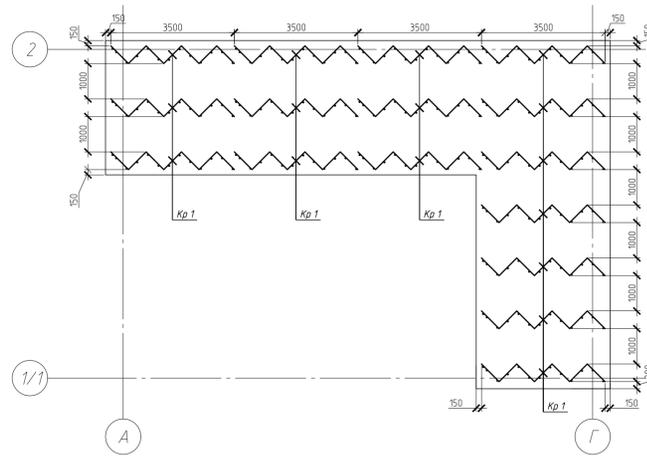


МР 06.25. БК ДР			
Зм.	Арх.	№ документа	Підпис
Виконав	Касмаков		
Керівник	Роговий С.І.		
Захисне сходище шкільної будівлі в м. Суми.			
Стая		Маса	Масштаб
Н			
Аркуш 1		Аркушів	
СНАУ гр. БУД 2301м ВН			

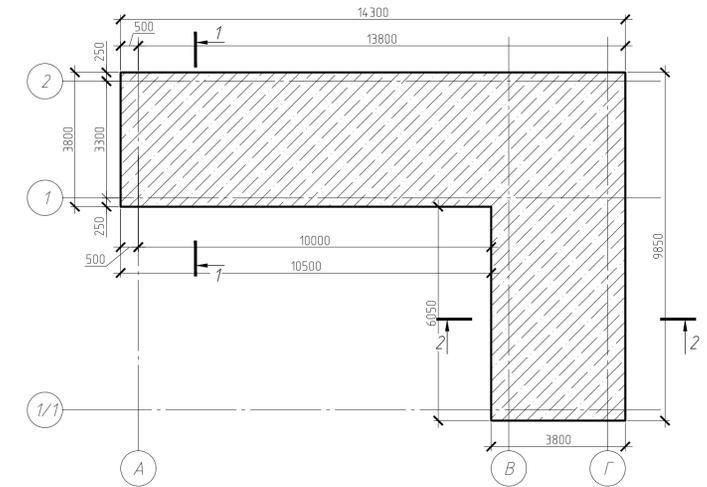
План фундаментів на від. -5.240



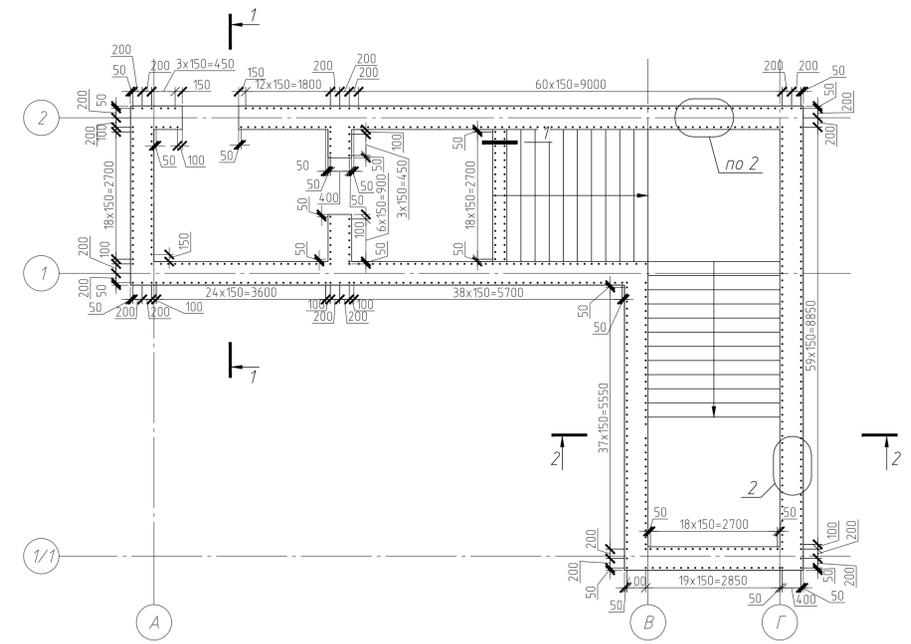
Фундаментна плита Пф-1 на від. -5.240
(розкладка підпирних каркасів)



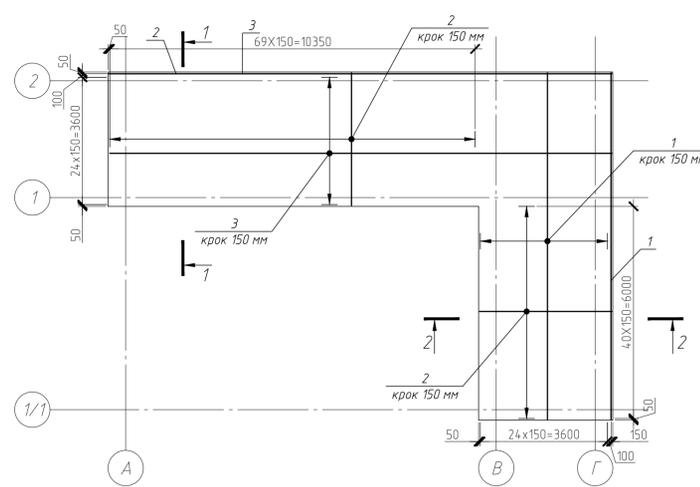
Фундаментна плита Пф-1 на від. -5.240
(опалубка)



Фундаментна плита Пф-1 на від. -5.240
(випуски арматур в стіни та сходи)



Фундаментна плита Пф-1 на від. -5.240
(армування верхньої та нижньої зони)



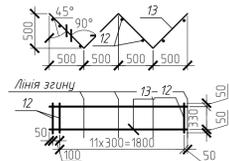
Специфікація елементів Пф-1

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од, кг	Примітка
Окермі стержні					
1	ДСТУ 3760:2019	φ 18 A500, L = 9800 мм	52	19,6	1019,2
2		φ 18 A500, L = 3750 мм	218	7,5	1635
3		φ 18 A500, L _{загал.} = 791960 мм	-	1583,9	1583,9
4		φ 14 A500, L = 1600 мм	304	1,9	588,5
5		φ 14 A500, L = 2200 мм	305	2,7	811,9
6		φ 14 A500, L = 1600 мм	19	1,9	36,8
7		φ 14 A500, L = 1600 мм	19	1,9	36,8
Каркас Кр 1					
8	ДСТУ 3760:2019	φ 10 A240, L = 4900 мм	2	3	6
9		φ 10 A240, L = 430 мм	13	0,3	3,4
Матеріали					
		Бетон (С20/25)	39	м³	
		Підготовка (В/10)	9	м³	

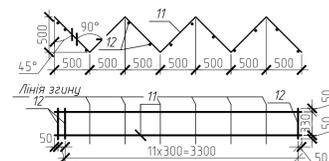
Відомість деталей

Поз.	Ескіз		
4		6	
5		7	

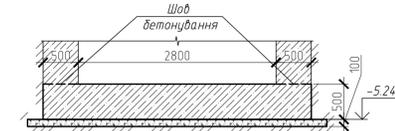
Каркас Кр 2



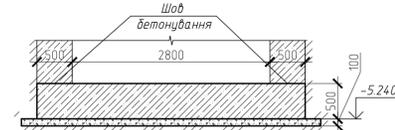
Каркас Кр 1



1-1
(опалубка)



2-2
(опалубка)



Відомість витрат сталі, кг

Марка елемента	Арматурні виробы				Всього, кг	Загальні витрати, кг
	Арматура класу					
	ДСТУ 3760:2019		ДСТУ 3760:2019			
	φ 10	Всього	φ 14	φ 18	Всього	
Плита фундаменту Пф-1	151,9	151,9	1474,02	4238,12	5712,14	5864

МР 06.25. БК ДР

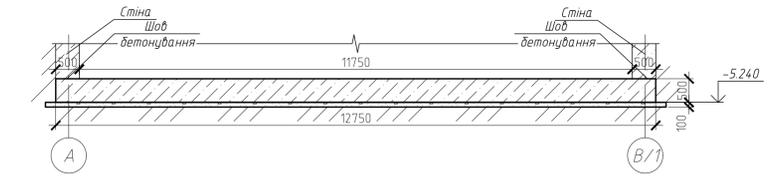
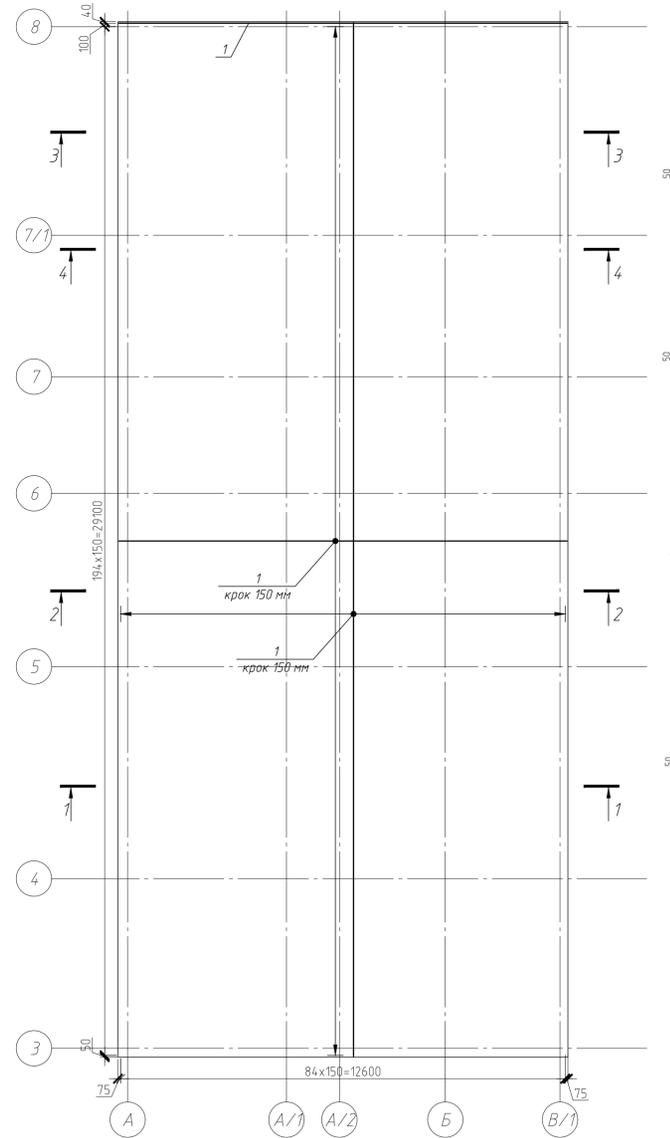
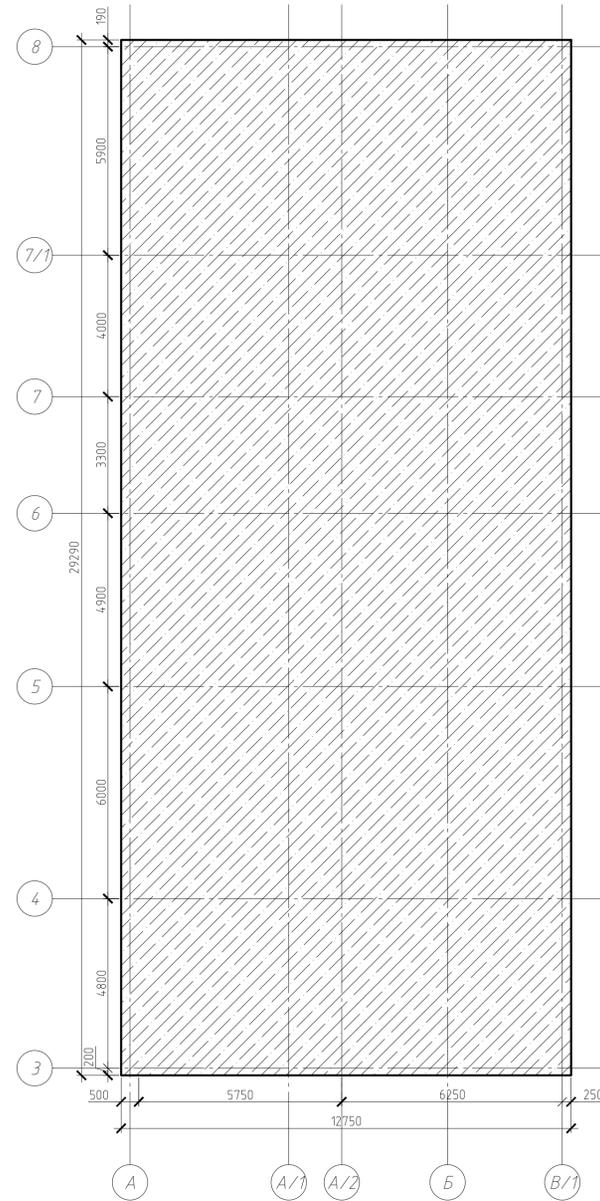
Зм.	Арх.	М документа	Підпис	Дата	Захисне сходище шкільної будівлі в м. Суми	Стадія	Маса	Масштаб
Виконав	Космаков					Н		
Керівник	Роговий С.І.				Аркуш 1	Аркушів		

СНАУ
гр. БУД 2301м ВН

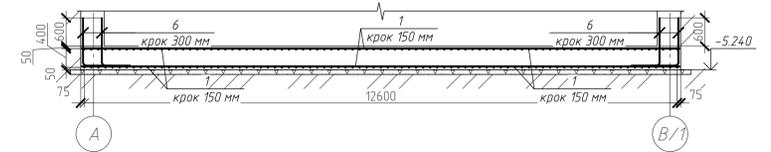
Фундаментна плита Пф-2 на від. -5.240
(опалубка)

Фундаментна плита Пф-2 на від. -5.240
(армування верхньої та нижньої зони)

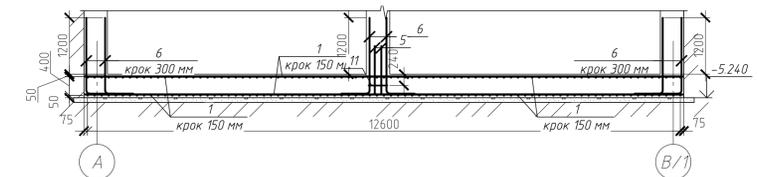
1-1
(опалубка)



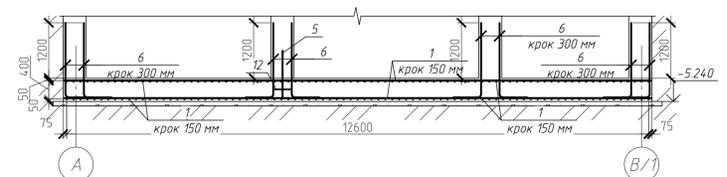
1-1
(армування)



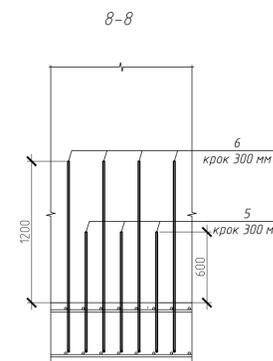
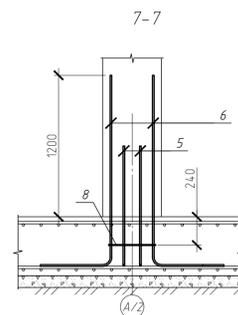
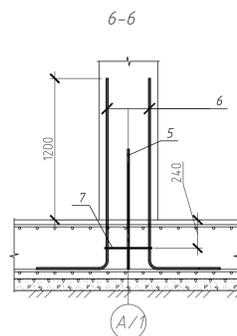
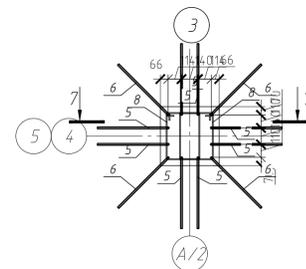
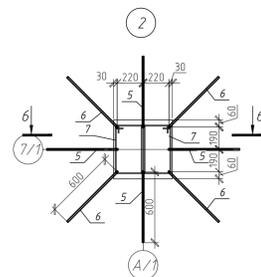
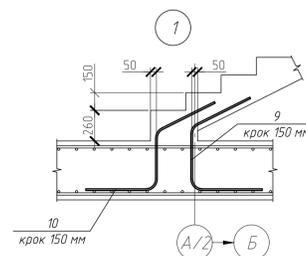
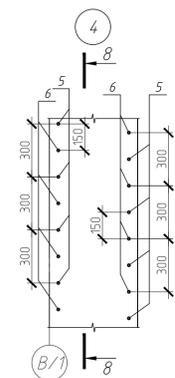
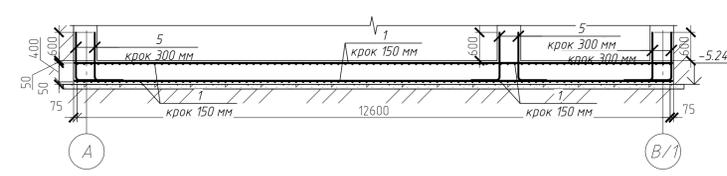
2-2
(армування)



3-3
(армування)



4-4
(армування)

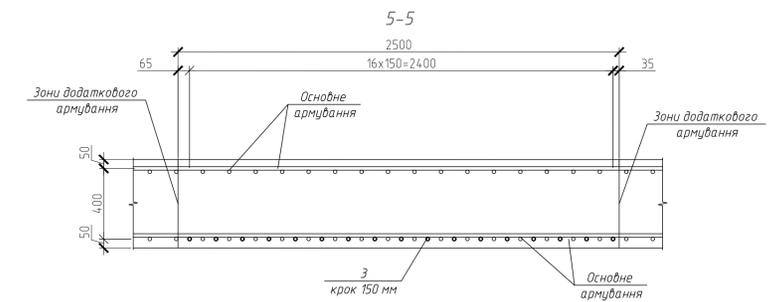
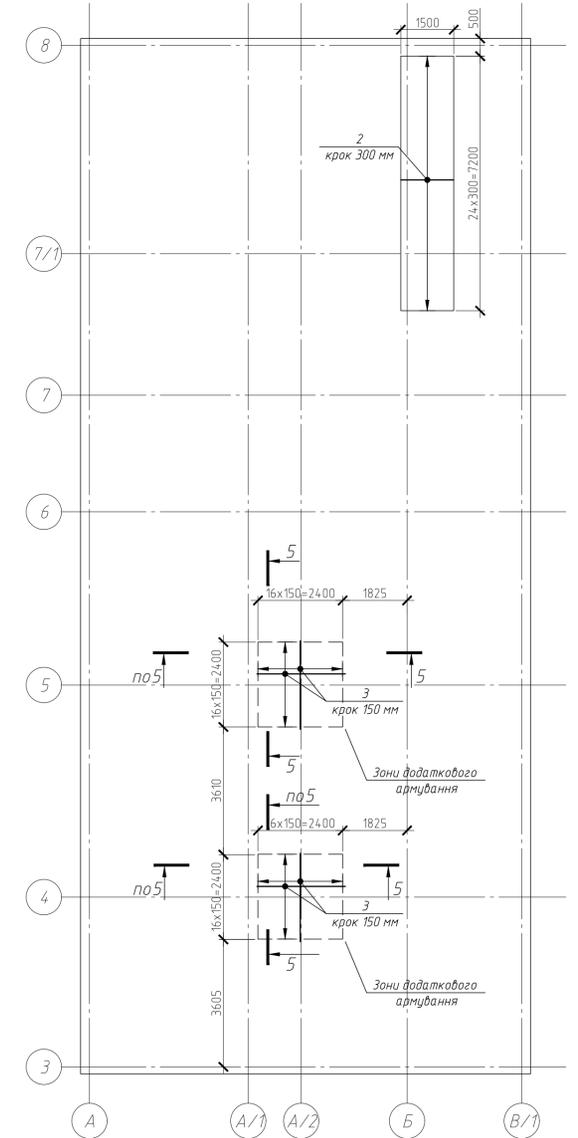
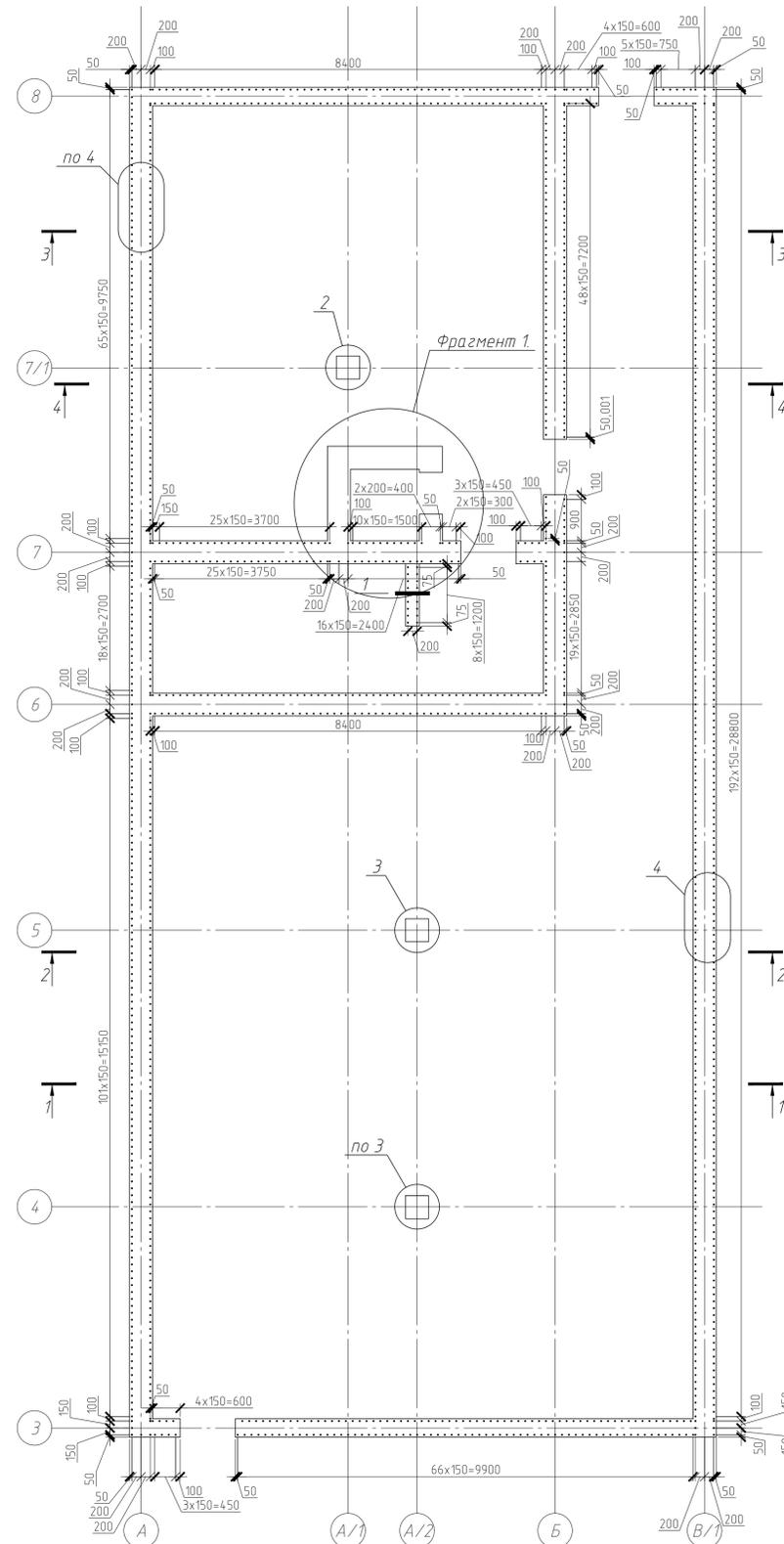
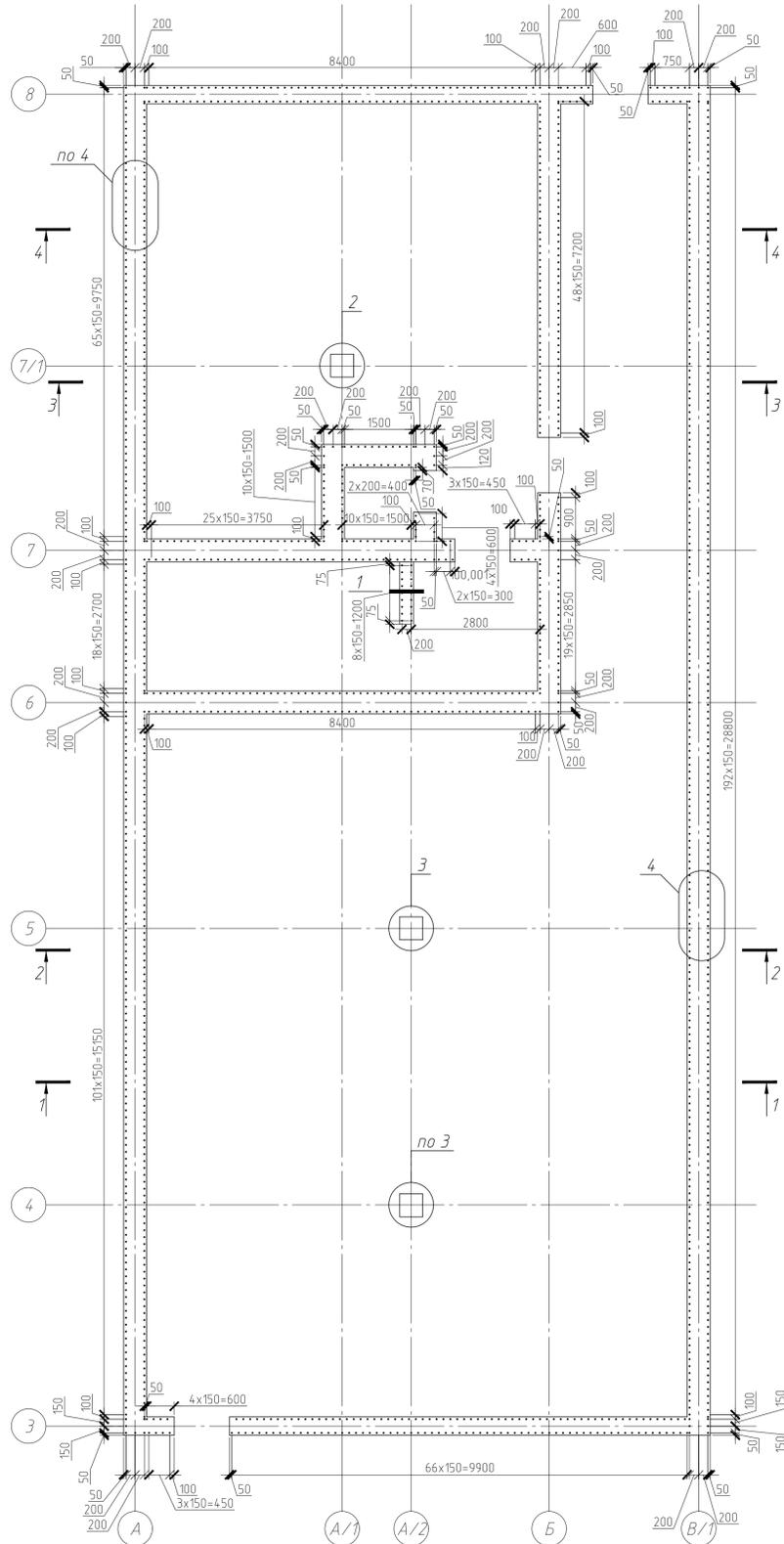


				МР 06.25. БК ДР				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Записне сходище шкільної будівлі в м. Суми.	Стадія	Маса	Масштаб
Виконав	Космаков					Н		
Керівник	Роговий С.І.					Аркуш 1	Аркушів	
Фундаментна плита Пф-2 на відм. -5.240 (опалубка). Фундаментна плита Пф-2 на відм. -5.240 (армування верхньої та нижньої зони). 1-Опалубка, 2-1(армування), 2-2(опалубка), 3-3(армування), 4-4(армування), 5-5(армування), 6-6, 7-7, 8-8						СНАУ гр. БУД 2301м ВН		

Фундаментна плита Пф-2 на від. -5.240
(випуски арматур в стіни та сходи)

Фундаментна плита Пф-2 на від. -5.240
(випуски арматур в стіни та сходи)

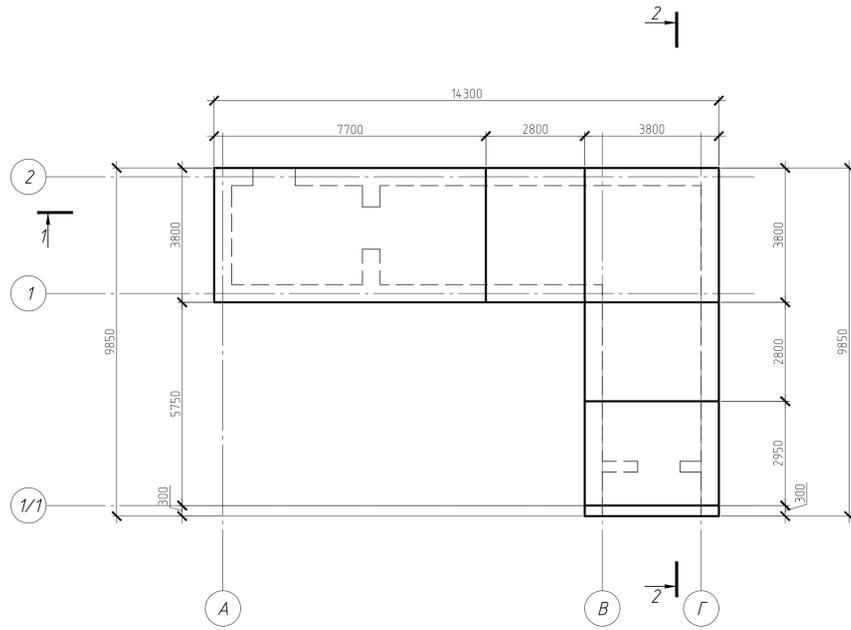
Фундаментна плита Пф-2 на від. -5.240
(додаткове армування нижньої зони)



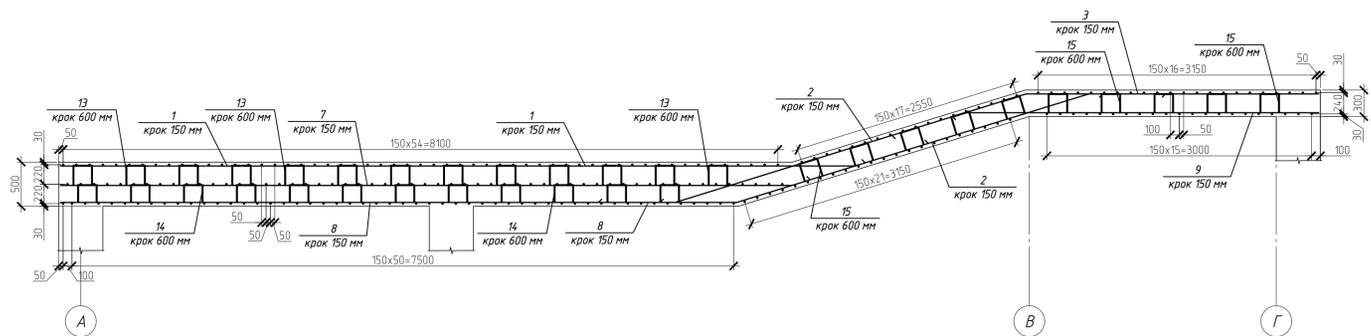
МР 06.25. БК ДР					Стадія	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	М документа	Підпис	Дата	Н	Аркш 1	Аркшів
Виконав	Космаков						
Керівник	Роговий С.І.						
Захисне сходище шкільної будівлі в м. Суми.					СНАУ		
					гр. БУД 2301м ВН		

Фундаментна плита Пф-2 на від. -5.240 (випуски арматур в стіни та сходи), Фундаментна плита Пф-2 на від. -5.240 (випуски арматур в стіни та сходи), Фундаментна плита Пф-2 на від. -5.240 (додаткове армування нижньої зони), 5-5

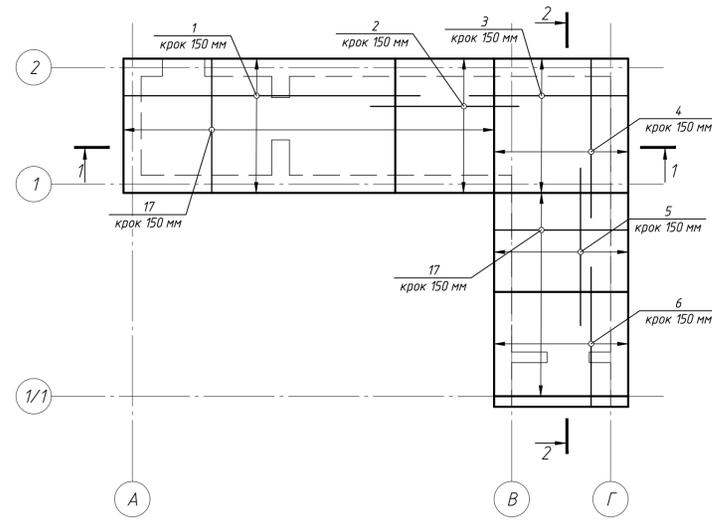
Плита покриття Пп-1 на відм. -0.830
(опалубка)



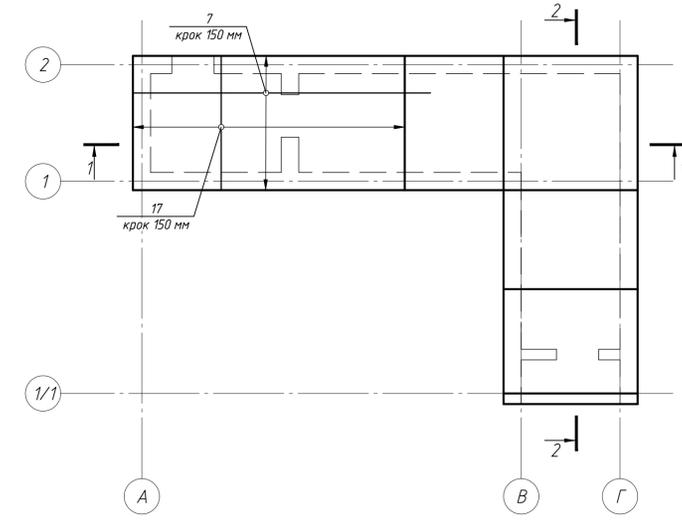
Розріз 1-1 (армування)



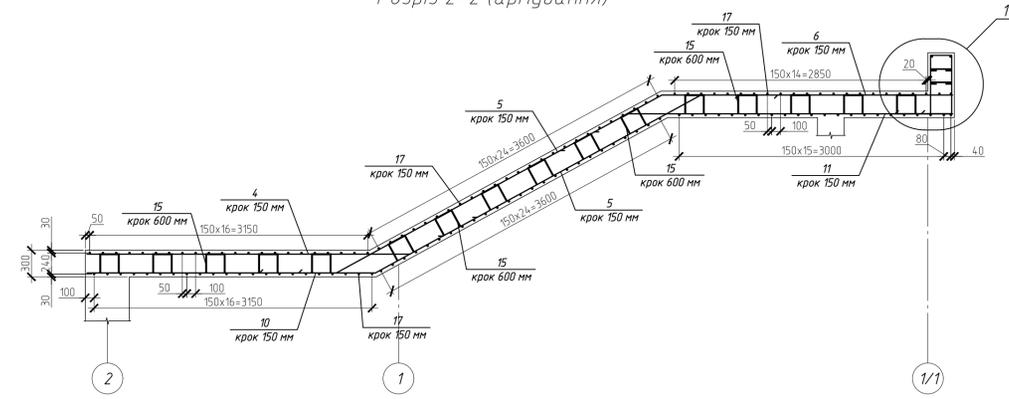
Плита покриття Пп-1 на відм. -0.830
(армування - верхнє)



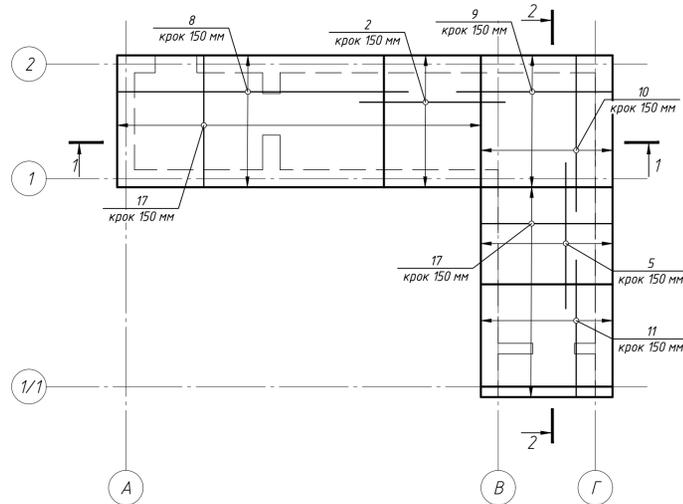
Плита покриття Пп-1 на відм. -0.830
(армування - середнє)



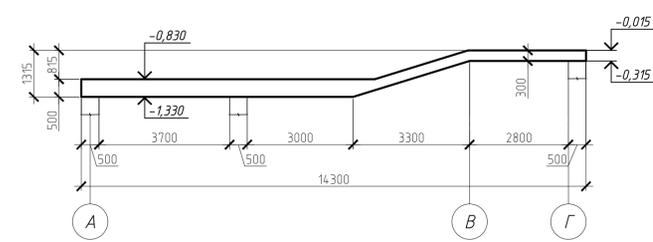
Розріз 2-2 (армування)



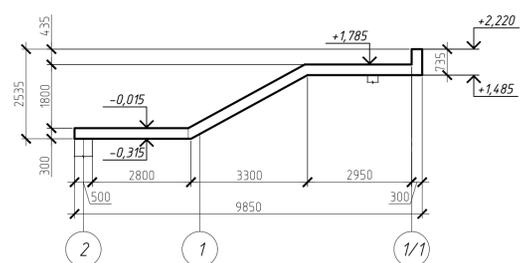
Плита покриття Пп-1 на відм. -0.830
(армування - нижнє)



Розріз 1-1 (опалубка)



Розріз 2-2 (опалубка)



Відомість деталей

Поз.	Ескіз
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

Відомість витрат сталі на плиту покриття Пп-1, кг

Марка елементу	Арматурні вироби						Всього
	Арматура класу						
	Вр-1	A400с	A500с				
Плита покриття Пп-1	84,74	84,74	159,92	159,92	3946,75	3946,75	4191,41

Специфікація елементів плити покриття Пп-1

Марка, код	Позначення	Назначення	Кільк.	Маса од. ел.	Примітка
1	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 9700 мм	25	11,74	293,43 кг
2	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 5570 мм	50	6,74	336,99 кг
3	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 4020 мм	25	4,86	121,61 кг
4	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 4360 мм	25	5,28	131,89 кг
5	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 5600 мм	50	6,78	338,8 кг
6	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 4000 мм	25	4,84	121 кг
7	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 8990 мм	25	10,88	271,95 кг
8	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 8360 мм	25	10,12	252,89 кг
9	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 4700 мм	25	5,69	142,18 кг
10	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 3970 мм	25	4,8	120,39 кг
11	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 4290 мм	25	5,31	132,8 кг
12	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 2840 мм	25	3,16	78,95 кг
13	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 10 A400с L = 1235 мм	55	0,76	41,91 кг
14	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 10 A400с L = 1180 мм	55	0,73	40,04 кг
15	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 10 A400с L = 1220 мм	88	0,75	66,24 кг
16	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 10 A400с L = 380 мм	50	0,23	11,72 кг
17	ДСТУ 3760:2019	Арматура Ø 14 A500с L = 3760 мм	302	5,31	1604,19 кг
18	ДСТУ 3760:2019	Стік 100x100x4 мм	84,74	66,93	5649,99 кг
Матеріал					
ДСТУ 6:8.27-116:2008			Фанера кл. С20/25	3112	м ²
			Решето металеве шару	644	м ²

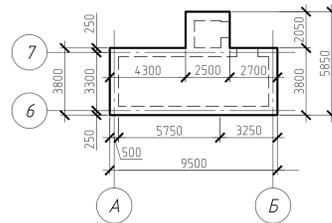
МР 06.25. БК ДР

Зм.	Арх.	М документа	Підпис	Дата	Стадія	Маса	Масштаб
Виконав	Космаков				Н		
Керівник	Роговий С.І.				Аркш 1	Аркшів	

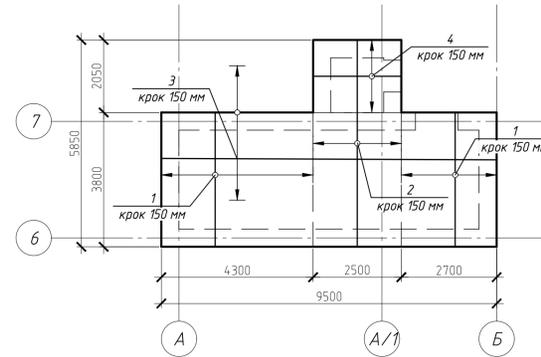
Захисне сховище шкільної будівлі в м. Суми

СНАУ
вр. БУД 2301м ВН

Плита покриття Пп-3 на відм. +3.300
(опалубка)



Плита покриття Пп-3 на відм. +3.300
(армування - нижнє, середнє та верхнє)



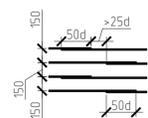
Відомість деталей

Поз.	Ескіз
5	
6	

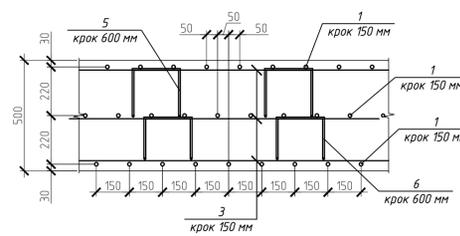
Відомість витрат сталі на плиту покриття Пп-3, кг

Марка елемента	Арматурні вироби				Всього
	Арматура класу				
	A400c	A500c	ДСТУ 3760:2019		
	φ10	Всього	φ14	Всього	
Плита покриття Пп-3	119,2	119,2	1978,89	1978,89	2098,09

Схема напуску стержнів арматури
(з'єднання арматурних стержнів без сварки)



Вузол армування плити



Специфікація елементів плити покриття Пп-3

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг.	Примітка
1	ДСТУ 3760:2019	Арматура φ 14 A500c L= 3740 мм	141	4,53	638,08 кг
2	ДСТУ 3760:2019	Арматура φ 14 A500c L= 5790 мм	51	7,01	357,3 кг
3	ДСТУ 3760:2019	Арматура φ 14 A500c L= 9460 мм	75	11,45	858,5 кг
4	ДСТУ 3760:2019	Арматура φ 14 A500c L= 2460 мм	42	2,98	125,02 кг
5	ДСТУ 3760:2019	Арматура φ 10 A400c L= 1235 мм	80	0,76	60,96 кг
6	ДСТУ 3760:2019	Арматура φ 10 A400c L= 1180 мм	80	0,73	58,24 кг
Матеріали					
	ДСТУ Б В.2.7-176:2008	Бетон кл. С20/25		20,72	м ³
		Фіксатор захисного шару	332		

					МР 06.25. БК ДР			
Зм.	Арк.	М документа	Підпис	Дата	Захисне сходище шкільної будівлі в м. Суми.	Стадія	Маса	Масштаб
Виконав		Космаков				Аркш 1	Н	
Керівник		Роговий С.І.			Архів			
					СНАУ гр. БУД 2301м ВН			

Плита покриття Пп-3 на відм. +3.300 (опалубка). Плита покриття Пп-3 на відм. +3.300 (армування-нижнє, середнє та верхнє). Відомість деталей, Відомість витрат сталі на плиту покриття Пп-3, кг, Специфікація елементів плити покриття Пп-3, вузол армування плити, Схема напуску стержнів арматури (з'єднання арматурних стержнів без сварки)