

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.06 – КМР. 585 “С” 2020.10.29. 010 ПЗ

СОБЧУК ВІТАЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.06 – КМР. 585 “С” 2020.10.29. 010 ПЗ

СОБЧУК ВІТАЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

2022 р.

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну
УДК 624.04:728.2(477.41)

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету (Директор ННІ)
конструювання та дизайну
(назва факультету (ННІ))
Ружи́ло З.В.
(підпис) (ПІБ)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
будівництва
(назва кафедри)
Бакулі́н Є.А.
(підпис) (ПІБ)

“ ” 20__ р. “ ” 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Проектування промислової будівлі для переробки сільськогосподарських культур з інтенсивними динамічними навантаженнями від обладнання в м. Кам'янець-Подільському Хмельницької області»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код і назва)
Освітня програма Магістр
(назва)

Орієнтація освітньої програми
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми
Доктор технічних наук, с.н.с., Мар'єнков М.Г.,

Старший викладач Бакулі́на В. М.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Д.т.н., с.н.с., Мар'єнков М.Г., с.г., Бакулі́на В. М.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав Собчук В.М.
(підпис) (ПІБ студента)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри будівництва,

доцент, к. т. н.

Бакулін Є. А.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

20__ р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Собчуку Віталію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

(код і назва)

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма

Магістр

(назва)

Орієнтація освітньої програми

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи

«Проектування промислової будівлі для переробки сільськогосподарських культур з інтенсивними динамічними навантаженнями від обладнання в м. Кам'янець-Подільському Хмельницької області»

затверджена наказом ректора НУБіП України від “__” 20__ р. №__

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: завдання на проектування, інженерні вишукування, кліматичні умови та навантаження відповідно до діючих будівельних норм та стандартів

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Архітектурно-конструктивні рішення промислової будівлі
2. Організаційно-технологічні рішення промислової будівлі
3. Наукова частина, що полягає в проектуванні виробничої будівлі при навантаженнях віброактивного обладнання

Перелік графічного матеріалу (за потреби) План благоустрою ділянки проектування. Фасади будівлі, поверхові плани, перерізи. Основні несучі конструкції: плита перекриття, колона, ферма покриття, фундаменти. Технологія та організація будівельного виробництва. Результати наукових досліджень

Дата видачі завдання

20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

Вступ

Аналітичний огляд

Вступ

Аналітичний огляд

1. Рішення генерального плану

1.1. Характеристика будівельного майданчика

1.2. Облаштування ділянки

2. Архітектурні рішення

2.1. Об'ємно-планувальні рішення

2.2. Архітектурно-конструктивні рішення

2.3. Антикорозійний та протипожежний захист конструкцій

3. Розрахунково-конструктивна частина

3.1. Загальна характеристика конструктивних рішень будівлі

3.1.2. Стилий опис технологічного процесу

3.1.3. Інженерно-сейсмологічна характеристика майданчика будівництва

3.2. Розробка комп'ютерних моделей промислової будівлі

3.2.1. Опис розрахункових моделей

3.2.2. Навантаження і впливи

3.2.3. Динамічний вплив від віброактивного обладнання

3.2.3. Результати розрахунку конструкцій

4. Проектування виробничої будівлі при навантаженнях віброактивного

обладнання

4.1. Параметри і нормування вібрації

4.1.1. Загальні відомості про вібрацію

4.1.2. Нормування вібрації

4.2. Результати вібродинамічного обстеження конструкцій будівлі

4.2.1. Методика досліджень

4.2.2. Схеми розміщення вібродатчиків

4.2.3. Результати вібродинамічних досліджень

Основні висновки

Використана література

Вступ

Будівництво є однією з основних сфер виробничої діяльності людини. В результаті будівельного виробництва створюється закінчена будівельна продукція - будівля або споруда певного функціонального призначення. Різноманіття конструкцій будівель та споруд породжує необхідність розробки та застосування широкого спектру будівельних технологій. Провідними елементами будь-якої будівельної технології є етап проектування та будівельний процес.

Функціональне призначення будівлі є визначальним при виборі будівельного майданчика, будівельної технології, виборі будівельних матеріалів набору та розмірів приміщення.

Комплексно-механізоване зведення будівель та споруд з деталей та конструкцій заводського виготовлення з найменшими трудовими і матеріально-технічними витратами є головним завданням сільського будівництва.

Будівельно-монтажні роботи сільськогосподарських будівель та споруд також виконуються з членуванням їх на захватки та ділянки. Збільшення числа монтажних ділянок і захваток, на які поділяється будівля, сприяє ущільненню виробничих процесів, скороченню загальної тривалості будівництва об'єктів у потоці та підвищенні ефективності виробництва робіт, а також наближення термінів розгортання основного виробництва та виходу його продукції. Однак при діленні виробничих будівель на захватки і ділянки типові осередки не можуть бути використані як одиниці фронту робіт, що обумовлено малим обсягом робіт і складністю організації об'єктного потоку.

Безумовно, у сільськогосподарському будівництві, що характеризується малими розрахунковими навантаженнями на несучі конструкції будівель та споруд, розосередженістю будівельних майданчиків з незначним обсягом будівельно-монтажних робіт і незадовільними транспортними зв'язками, проблема індустріалізації та підвищення ефективності капітальних вкладень складна, багатогранна і вимагає вдосконалення об'ємно-планувальних та конструктивних рішень, застосування ефективних конструкцій та матеріалів, зниження працезатрат і собівартості виготовлення та монтажу збірних конструкцій. При цьому застосування легкобетонних та легкоскладаних конструкцій є одним із прогресивних напрямів індустріалізації сільського будівництва та зниження маси

конструктивних елементів будівель та споруд.

Вибір об'ємно-планувальних та конструктивних рішень повинен ґрунтуватися на обліку технологічних рішень, параметрів технологічних ліній, проєктованого виробництва, регіональних факторів та умов експлуатації будівель та споруд. Використання того чи іншого конструктивного матеріалу в будівництві має вирішуватися виходячи з умов відповідності фізичних властивостей кожного з цих матеріалів параметрам середовища, якою вони будуть експлуатуватися. При виконанні конструкцій з матеріалів з властивостями, що не відповідають умовам їх експлуатації, відбувається їх передчасне руйнування.

Мета дослідження – є вироблення ефективних рішень щодо проєктування та будівництва підприємств, що переробляють продукцію сільськогосподарського виробництва.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі завдання:

- аналіз літературних джерел по темі дослідження, проведення патентного пошуку;
- аналіз об'ємно-планувальних рішень будівель та споруд промислового виробництва;
- визначення впливу особливостей технології переробки продукції сільськогосподарського виробництва на об'ємно-планувальні та конструктивні рішення будівель та споруд;
- розробка проєкту підприємства по переробці листястеблевої маси.

Об'єкт дослідження - промислова будівля для переробки сільськогосподарських культур з інтенсивними динамічними навантаженнями від обладнання в м. Кам'янець-Подільському Хмельницької області.

Предмет дослідження - вибір об'ємно-планувальних і конструктивних рішень підприємства з переробки листястеблевої маси.

Аналітичний огляд

Проєктування підприємств переробних виробництв представляє собою складний, багатобразний і трудомісткий процес, який необхідно розглядати як сукупність цілого ряду соціально-організаційних та інженерно-технічних етапів. В даний час підприємства самостійно вирішують багато питань свого розвитку, і від

фахівців, що відповідають за питання економічного та технічного проектування, потрібне гарне знання теорії організації проектування технологічних ліній та харчових виробництв, метод вирішення конкретних завдань на різних етапах проектування.

В об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях виробничих будівель підприємств з переробки сільськогосподарської продукції повинні враховуватися фактори, що залежать від функціональних особливостей і експлуатаційного режиму виробництва. До цих чинників відносяться:

- вибір раціонального типу будівель з уніфікованими будівельними параметрами, що дозволяють у необхідних випадках здійснити блокування з іншими будинками;
- чітке планувальне зонування будівель;
- об'єднання приміщень з близькими експлуатаційними режимами;
- об'єднання з дотриманням санітарно-гігієнічних вимог основних технологічних ділянок у загальних залах великої площі;
- максимальне використання виробничих площ за рахунок підвищення щільності розстановки обладнання та ефективного заповнення корисного об'єму приміщень (установка обладнання на антресолях, галереях, підвісах);
- угруповання вертикальних та горизонтальних технологічних комунікацій;
- винесення санітарно-технічних розвідок та трубопроводів за межі основних цехів у технічні коридори та підвали, ізольовані від виробничих приміщень.

Виробничі будинки підприємств з переробки сільськогосподарської продукції зонують за функціональною ознакою з урахуванням експлуатаційних режимів.

Відносна вологість повітряного середовища багатьох виробничих приміщень м'ясопереробних, молочних, пивоварних та інших заводів досягає 90%, діапазон температур повітря в різних приміщеннях знаходиться в межах від 35 (наприклад, варочні зали) до 35°C (камери заморожування). При цьому пред'являються підвищені вимоги до санітарного стану приміщень. Різноманітність експлуатаційних умов не дозволяє досягти об'єднання дрібних виробничих приміщень у великі зали. У цьому відношенні перспективно застосовувати на

підприємствах закриті системи переробки продуктів, що зменшує вологість повітряного середовища, покращує санітарний стан приміщень, сприяє їх об'єднанню.

Несучі та огорожувальні конструкції виробничих будівель підприємств з переробки продукції сільськогосподарського виробництва розробляють з врахуванням температурно-вологісного режиму приміщень, вимог рівномірного розподілу температури та вологості по всьому об'єму приміщення, виключення впливу на конструкції агресивних середовищ, дотримання біостійкості застосовуваних матеріалів, проведення заходів щодо скорочення природних втрат продуктів в охолоджувані приміщеннях.

Виробничі будівлі будують із збірних залізобетонних, монолітних залізобетонних та легких конструкцій. У всіх випадках конструктивні рішення будівель підприємств з переробки сільськогосподарської продукції повинні відповідати експлуатаційним вимогам виробництва. Зокрема, має передбачатися раціональне пластичне рішення поверхні будівельних конструкцій без уступів і членувань, що виключає невентильовані джипки, де можливе відкладення пилу, поява плісняви. У міжповерхових перекриттях, покриттях та стінах виробничих будівель не має бути невентильованих порожнеч, у яких може утворюватися мікрофлора і куди можуть потрапити органічні речовини: кров, жир, білок та ін. також у будинках переробної промисловості не допускається застосування багатопустотних плит у перекриттях та покриттях, будова підвісних стель.

Несучі конструкції - фундаменти, колони, перекриття, покриття - виготовляють переважно зі збірного залізобетону з використанням уніфікованих елементів. Найбільшою мірою експлуатаційним режимам виробництва переробної промисловості задовольняють типові безбалочні конструкції, що дозволяють створити в приміщеннях рівномірні повітряні потоки, знизити втрати холоду і зменшити усихання продуктів в охолоджувані приміщеннях, поліпшити гігієнічні умови на виробництві, полегшити стандартизацію та монтаж перегородок. А це дуже важливий фактор, так як площа перегородок у харчових цехах набагато більше, ніж площа підлоги приміщень. Безбалочні конструкції, крім того, допускають вільне прокладання комунікацій під перекриттями в будь-яких

напрямах

Одним із перспективних напрямів у будівництві виробничих будівель переробної промисловості представляється застосування легких металевих конструкцій. Актуальність їх використання полягає в швидкому введенні споруди в експлуатацію (до 8 місяців), що забезпечує швидку окупність капіталовкладень;

при цьому трудомісткість зведення будівель знижується на 20%. Однак сучасні легкі несучі конструкції мало застосовуються при будівництві підприємств харчової промисловості у зв'язку з їх складними експлуатаційними режимами (висока вологість, агресивне середовище та ін), наявністю великої кількості

міжцехових перегородок і складністю устрою їх примикання до легких конструкцій. Більш перспективною в цьому відношенні є проєктна пропозиція щодо застосування металевих тонкостінних широкополичних балок прольотом 12 м. Однак і у цієї конструкції є вразливі місця: складність захисту від корозії та неможливість створення гладкої поверхні стелі у виробничих приміщеннях.

У практиці застосовуються три варіанти стінових огорож: самонесучі цегляні стіни, що несуть вертикальні залізобетонні утеплені панелі, навісні горизонтальні та вертикальні легкобетонні панелі.

Дослідженнями виявлено дуже серйозні недоліки стін з цегли та типових горизонтальних панелей. Цегляні стіни в приміщеннях з високою вологістю інтенсивно руйнуються. Причина руйнування зазвичай – відсутність надійної пароізоляції та герметизації в місцях сполучень стін з віконними палітурками. У

збірних стінах з горизонтальних типових панелей спостерігаються поступове зволоження, промерзання і подальше руйнування панелей в місцях опорних століків і в зоні швів і стиків панелей. Більш прогресивно застосування збірних вертикальних панелей. Використання їх для багатопверхових будівель дозволяє,

наприклад, уникнути важкодоступних стиків, оскільки панелі кріплять тільки до перекриттів. При використанні вертикальних панелей в значній мірі спрощуються прокладання різних комунікацій вздовж зовнішніх стін, пристрій отворів для дверей, зменшується число стиків панелей, покращується можливість санітарної обробки приміщень.

Проблема створення довговічних конструкцій зовнішніх стін для мокрих і

вологих цехів харчової промисловості на м'ясокомбінатах, молочних заводах і т. п. складна і досі не вирішена. У вітчизняній та зарубіжній практиці проводяться експерименти з пристрою панелей з порожнечами для вентилявання, видалення вологи з товщі стіни. Такі конструкції надзвичайно трудомісткі в виготовленні. Їх надійність в експлуатаційних умовах потребує вивчення.

Проблема створення довговічних конструкцій зовнішніх стін для мокрих і вологих цехів харчової промисловості на м'ясокомбінатах, молочних заводах і т. п. складна і досі не вирішена. У вітчизняній та зарубіжній практиці проводяться експерименти з влаштування панелей з порожнечами для вентилявання, видалення вологи з товщі стіни. Такі конструкції надзвичайно трудомісткі в виготовленні. Їх надійність в експлуатаційних умовах потребує вивчення.

1. Рішення генерального плану

1.1. Характеристика будівельного майданчика

Згідно з дорожньо-кліматичним районуванням території України (ДБН В.2.3-4:2015 додаток Г) ділянка вишукування відноситься до зони II – центральної зони, згідно з районуванням території України за кліматичними умовами роботи асфальтбетонного покриття (ДБН В.2.3-4:2015 додаток Д) відноситься до зони

АК2.

Згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 майданчик досліджень знаходиться в I - Північно-західному (Полісся, Лісостеп) архітектурно-будівельному кліматичному районі. Клімат помірно-континентальний з відносно м'якою зимою, довгою вологою весною, нежарким літом, відносно сухою осінню.

Кліматичні показники I-го архітектурно-будівельного кліматичного району наведені в таблиці 2.1.1 (згідно таблиці 1 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010).

Таблиця 1.1.

Температура повітря °С				кількість опадів за рік, мм	відносна вологість у липні %	середня швидкість вітру у січні, м/с
середня за		абсолютний мінімум	абсолютний максимум			
січень	липень					
від -5 до -8	від 18 до 20	від -37 до -40	від 37 до 46	від 550 до 700	від 65 до 75	від 3 до 4

Середньорічна температура повітря + 7.2°С. Найхолодніша п'ятиденка

забезпеченістю 0.98 складає -26.0°C . Найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю 0.98 складає $+22.0^{\circ}\text{C}$.

Найтепліший місяць – липень, з середньою температурою $+18.4^{\circ}$; найхолодніший місяць – січень, з середньою температурою -4.9°C .

Згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010 «Будівельна Кліматологія» таблиці № 2 середні місячні температури повітря та середня температура за рік в районі м. Хмельницький приведена в таблиці 1.2:

Таблиця 1.2

Середня місячна	Температура повітря											Середня за рік температура повітря $^{\circ}\text{C}$
	Середня добова амплітуда повітря											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-4.9	-3.6	0.6	7.9	13.9	16.8	18.4	17.7	13.1	7.6	1.9	-2.9	7.2
6.1	6.1	7.2	9.9	11.0	10.4	10.6	11.1	10.6	8.9	5.5	5.1	

Згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010 «Будівельна Кліматологія» таблиця №4 переважний напрям вітру, його повторюваність та середня швидкість вітру за рік в районі м. Хмельницький приведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Переважний напрямок вітру, його повторюваність, %												по місяцях
Середня швидкість вітру, м/с												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
3	ПдСх	ПдСх	ПнЗ	ПдСх	ПнЗ	ПнЗ	ПнЗ	ПнЗ	ПнЗ	ПдСх	3	
21	26	25	21	21	28	27	26	24	20	21	20	
4.4	4.6	4.4	4.1	3.5	3.3	3.1	2.9	3.3	3.8	4.5	4.3	

Кліматологічну характеристику відносної вологості зовнішнього повітря для м. Хмельницький наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Середня місячна	Відносна вологість											Середня за рік відносна вологість, %
	Середня добова амплітуда відносної вологості, %											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
86	84	80	71	69	73	75	74	78	81	87	88	
8	12	19	30	34	32	33	35	32	24	11	6	79

НУБІП України

Дати переходу середньодобової температури:

через 8°C – 15.IV – навесні і 14.X – восени;

через 10°C – 24.IV – навесні і 3.X – восени

Дати утворення і руйнування стійкого снігового покриву приведені в таблиці

1.5. НУБІП України

Таблиця 1.5. дати утворення і руйнування стійкого снігового покриву

Станція	Число днів із сніговим покривом	Дати появи снігового покриву	Дати утворення стійкого снігового покриву	Дати руйнування стійкого снігового покриву	Дати сходу снігового покриву	Відсоток зим з відсутністю стійкого снігового покриву
Хмельницький	82	22.XI	27.XII	6.III	28.III	12

Згідно ДБН В.2.1-10-2009 глибина промерзання для суглинку та глин -77 см, для супіску та піску дрібного -94 см.

НУБІП України

В геоструктурному відношенні район відповідає Волинно-Подільській монокліналі (західний схил Українського кристалічного щита). За літературними відомостями скельовий фундамент представлений комплексом метаморфічних порід, перекритих потужним чохлам осадових відкладів. Кристалічні породи залягають на глибинах більше 350...360 м від денної поверхні.

НУБІП України

В орографічному плані район вишукувань відноситься до Подільської височини.

НУБІП України

Тектонічна характеристика району робіт. Тектонічний режим району характеризується повільними диференційованими вертикальними висхідними і низхідними рухами земної кори. Неотектонічні рухи цієї території є результатом блокових переміщень кристалічного фундаменту з осадовим чохлам. Це спричинило розвиток сучасної гідрографічної та яружно-балкової мережі району вишукувань. На умови забудови сучасні тектонічні процеси не впливають.

НУБІП України

В геологічній будові району робіт приймають участь неогенові та четвертинні еолово-делювіальні відклади, що з поверхні перекриті техногенними утвореннями (тІV).

Згідно ДБН В.1.1-12:2014 таблиця А1 сейсмічність району і ділянки

вишукування за шкалою ДСТУ Б.В.1.1-28 для середніх ґрунтових умов – 6 балів (карта ЗСР-2004-А, В) та – 7 балів (карта ЗСР-2004-С).

За результатами буріння свердловин, лабораторних досліджень, із врахуванням віку, генезису, фізико-механічних властивостей ґрунтів, архівних матеріалів, згідно ДСТУ Б. В. 2. 1 – 2 – 96 “ґрунти. Класифікація”, ДСТУ Б. В. 2. 1 – 5 – 96 “ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробовування” виділено наступні інженерно-геологічні елементи (далі ІГЕ).

Сучасні біогенні (e_{IV}) відклади представлені одним ІГЕ:

ІГЕ – 1 – ґрунтово-рослинний шар - суглинок гумусований, темно-сірий до чорного. Рослинний шар в межах ділянки вишукування розкритий з поверхні, суцільним плащем перекриває четвертинні відклади та в місцях свердловин 12, 23 насипні ґрунти і залягає з потужністю від 0,1 до 1,7 м.

Згідно ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 табл. 1 порядковий номер ґрунту – 9а, категорія ґрунту за трудністю розробки одноківшовим екскаватором - 1.

Сучасні техногенні (t_{IV}) відклади, виявлені в межах всієї території, які представлені двома ІГЕ:

ІГЕ – 2 – Насипний шар: щебенево-гравійна суміш, зустрінута свердловинами 12 і 23 потужністю 0,4 м;

Згідно ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 табл. 1 порядковий номер ґрунту – 41а, категорія ґрунту за трудністю розробки одноківшовим екскаватором - 2.

Болово-делювіальні (vd_{IV}) відклади представлені трьома ІГЕ:

ІГЕ – 3 – Глина, коричнева, темно-коричнева, тугопластична. Глини ІГЕ-3, в межах ділянки вишукувань, розкриті всіма пройденими свердловинами, та залягають потужністю 2,9-3,8 м.

Згідно ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 табл. 1 порядковий номер ґрунту – 8б, категорія ґрунту за трудністю розробки одноківшовим екскаватором - 2.

ІГЕ – 4 – Глина буровато-коричнева, коричнева, напівтверда з прошарками тугопластичної. Глини ІГЕ-4 в межах ділянки мають широкє розповсюдження, розкриті всіма пройденими свердловинами, та залягають з потужністю 1,1-2,1 м.

Згідно ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 табл. 1 порядковий номер ґрунту – 8в, категорія ґрунту за трудністю розробки одноківшовим екскаватором - 2.

ПЕ – 5 – Глина світло-сіра, м'якопластичної. Глини ПЕ-5 залягають з потужністю 0,3-3,0 м.

Згідно ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 табл. 1 порядковий номер ґрунту – 8а, категорія ґрунту за трудністю розробки одноківшовим екскаватором – 2.

ПЕ – 6 – Вапняк вивітрілий, зниженої міцності, з прошарками суглинку, тріщинуватий, неоднорідний, світло-сірий. Вапняки ПЕ-7 розкриті свердловинами що підстеляють м'якопластичні глини шару ПЕ 5 та залягають з розкритою потужністю 0,9-3,3 м.

Згідно ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 табл. 1 порядковий номер ґрунту – 16а, категорія ґрунту за трудністю розробки одноківшовим екскаватором – 5.

ПЕ – 7 – Глина зелена, тугопластична з вкрапленнями вапняку. Глини ПЕ-7 в межах ділянки розкриті потужністю 2,2-2,3 м свердловинами № 3, 7, 4, які підстеляють тугопластичні глини шару ПЕ 4.

Згідно ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 табл. 1 порядковий номер ґрунту – 8б, категорія ґрунту за трудністю розробки одноківшовим екскаватором – 2.

1.2. Облаштування ділянки

В адміністративному відношенні майданчик вишукувань розташований на території, що знаходиться в м. Кам'янець-Подільський, вул. Черняхівського, 45 «В» Хмельницької області. На території вишукувань розміщені адміністративні, виробничі і складські будівлі та споруди допоміжного призначення.

Пляма забудови майданчика будівництва припадає як на вже забудовану частину території, так і на територію, вільну від забудови.

В геоморфологічному відношенні район відповідає вододільному плато між річками Смогрич і Мукша, лівих приток р. Дністер. За геоморфологічною будовою майданчик вишукувань відноситься до рівнини, яка загалом має спокійний, слабо хвилястий рельєф, що прорізається ярами, балками та долинами річок на глибину до 5...20 м. Абсолютні відмітки поверхні землі по майданчику досліджень становлять 214-215 м.

Відведення дощових та талих вод від промислової будівлі заплановано по проєктованих проїздах з асфальтобетонного покриття на існуючий рельєф.

Відведення забруднених вод від коліс автотранспорту проєктовано в локальні

очисні споруди, що проектується. Існуючий рельєф майданчика будівництва максимально використовується для відведення води від будівель і споруд, що розташовані на території.

Відповідно до рішень генерального плану, площа озеленення території, що примикає до проектованої промислової будівлі складає 2120.67 м². Площу, що підлягає озелененню передбачено засадити кущами та деревами, облаштувати газон.

Для проїзду технологічного транспорту та пожежної техніки навколо промислової будівлі облаштовуються асфальтобетонні проїзди, конструкція яких розрахована на проїзд важкої техніки.

Конструкція твердого покриття проїздів:

- щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-15) – 70 мм;
- асфальтобетон пористий, тип Б на бітумі БНД 60/90 – 100 мм;
- суміш С7, укріплена цементом М400 – 150 мм;
- суміш С5 не укріплена цементом – 250 мм;
- геотекстиль;
- ущільнений ґрунт.

Між асфальтобетонним покриттям проїздів та ділянками озеленення передбачено встановлення бордюрного каменю 4ГП ГОСТ 6665-91, розміром 20x10 см, що вкладається на бетонну основу товщиною 10 см. Між покриттям асфальтобетонного проїзду та пішохідними доріжками встановлюється бордюр марки 1ГП ГОСТ 6665-91 розміром 30x15 см.

2. Архітектурні рішення

2.1. Об'ємно-планувальні рішення

Промислова будівля для переробки сільськогосподарських культур з інтенсивними динамічними навантаженнями від обладнання в м. Кам'янець-Подільському Хмельницької області правильної форми у плані з габаритними розмірами в осях 24,0x25,2 м. Максимальна висота позначка будівлі – 10,98 м. За відносну позначку 0.000 прийнято абсолютну відмітку 214.650 м за генеральним планом.

Кількість поверхів промислової будівлі – 2.

Висота першого поверху (відмітка підлоги -0.450 м) – 2,25 м.

Висота другого поверху (до низу несучих конструкцій покриття) – 6,17 м та до низу перекриття над приміщеннями поз. 2.02 та 2.03 – 4,0 м.

Будівля не опалювальна.

Зовнішні стіни першого поверху (до відмітки +2.100) – монолітні залізобетонні, вище відмітки +2.100 – тришарові сендвіч панелі з внутрішнім базальтовим утеплювачем товщиною 100 мм, вкриті кольоровим пошестром з обох боків.

Внутрішні перегородки другого поверху також виконані з тришарових сендвіч панелей.

Комунікація між поверхами здійснюється по двох металевих сходах шириною 1000 мм, покриття сходів – просічний металевий лист. Ширина сходинки – 280 мм, висота підсхідця – 175 мм.

Також для потрапляння у будівлю на рівень другого поверху передбачені зовнішні сходи в кількості 3 шт. Конструкція зовнішніх сходів аналогічна до конструкції внутрішніх сходів.

Зовнішні двері запроектовані сталевими: засклені безпечним склом та глухі, утеплені без порогу. Мають доводчик та нажимну ручку з обох боків та механізм «антипаніка», що дозволяє відкривати евакуаційні двері з середини приміщення без ключа. Покриття дверей – порошкове. Опір теплопередачі – $R_{dmin} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Внутрішні двері запроектовані сталевими засклені безпечним склом та глухі. Без порогу, мають доводчик та нажимну ручку з обох боків та механізм «антипаніка», що дозволяє відкривати евакуаційні двері з середини приміщення без ключа. Покриття дверей – порошкове.

Вікна промислової будівлі запроектовані металопластиковими з однокамерним склопакетом.

Також передбачено встановлення промислових секційних воріт з ручним механічним відкриванням по типу OERMANN SPU F42 габаритами 4,0x4,0 м.

Водостік передбачений зовнішній, організований. Система зовнішнього організованого водостоку складається з водоприймальних жолобів, водостічних труб та системи снігозатримання.

Підлоги в промисловій будівлі передбачені зі зміцненим верхнім шаром (топінгом) по шліфованій монолітній залізобетонній плиті підлоги та перекриття. Роботи з влаштування покриття підлог виконуються після закінчення будівельно-монтажних робіт відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009.

2.2. Архітектурно-конструктивні рішення

Конструкції промислової будівлі запроектовано у відповідності з вимогами ДБН В.2.6-163:2010 «Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення та монтажу», ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування».

Проект розроблено стосовно до умов будівництва в м. Кам'янець-

Подільський з наступними кліматичними даними:

- III район по швидкісному напору вітру;
- IV район по вазі снігового покриву;
- сейсмічність – 6 балів включно;
- температура зовнішнього повітря – до мінус 30°.

Коефіцієнт надійності по відповідальності прийнятий за табл. 5 ДБН В.1.2-14-2009 для класу відповідальності СС2.

Промислова будівля з очистки від листястеблевої маси та сортування має розміри в плані 24,0x25,2 м.

Конструктивна схема будівлі – каркасна, що складається з монолітних залізобетонних колон перерізом 500x500 мм по осям 1/5 та 5/5, та колон 400x400 мм по решці осей. На першому поверсі будівлі (відм. -0.450 м) по периметру влаштовуються монолітні залізобетонні стіни товщиною 400 мм. Армування стін – арматура $\varnothing 12$ А500С з кроком 200 мм. Стіни виконуються з бетону важкого класу В25 (С20/25). Колони перерізом 500x500 мм влаштовуються на всю висоту будівлі – на них спираються ферми покриття. Армування колони виконується 8 стержнями $\varnothing 25$ А500С. Поперечна арматура колони прийнята - $\varnothing 8$ А240С. Колони виконуються з бетону важкого класу В25 (С20/25). Колони перерізом 400x400 мм є двох видів: фахверкові по осям А/5 та Д/5 висотою до відм. ± 7.950 та колони, на які спирається плита перекриття першого поверху – до відм. ± 1.800 м. Армування колони виконується 8 стержнями $\varnothing 20$ А500С. Поперечна арматура колони прийнята - $\varnothing 8$ А240С. Колони виконуються з бетону важкого класу В25 (С20/25).

Плита перекриття першого поверху монолітна балочна товщиною 200 мм, з влаштуванням залізобетонних капітелей. Балки покриття – металеві, прогоном 6,3 та 6,0 м з двотавру 30Б1. Армування плити перекриття передбачене в'язаною арматурою та в'язаними сітками з арматури класу А500С та А240С зі сталі згідно ДСТУ 3760:2019. Армування плити виконується стержнями $\varnothing 12$ А500С з кроком 200 мм – верхня та нижня сітки, надколенні опорні ділянки армуються сітками з арматури $\varnothing 20$ А500С з кроком 100 мм; отвори в плиті перекриття армуються додатковими арматурними стержнями $\varnothing 12$ А500С. З'єднання стержнів арматури у місцях перетину виконується в'язальним дротом. Товщина захисного шару бетону прийнята 20 мм. Бетон плити перекриття важкий, класу В30 (С25/30).

Металеві конструкції покриття (кроквяні ферми) розроблені у відповідності до рекомендацій серії 1.460.3-23.98 «Сталеві конструкції покриття виробничих будівель з прольотами 18; 24 і 30 м з використанням замкнутих гнutoзварних профілей квадратного перетину» з ухилом покрівлі 10%. Верхній пояс ферми запроєктовано з труби квадратного перерізу 160x6 мм, нижній пояс ферми – з труби квадратного перерізу 140x6 мм; розкоси – з труби квадратного перерізу 100x5 мм. Горизонтальні зв'язки по нижнім поясам ферм запроєктовані з труби квадратного перерізу 120x4 мм. Горизонтальні зв'язки по верхнім поясам ферм покриття запроєктовані двох типів: хрестоподібні з рівно поличного кутка перерізом 63x5 мм та труби квадратного перерізу 80x4 мм. Прогони довжиною 6,3 м запроєктовані зі швеллера – 24П.

Покриття виконано з кроквяних ферм, прольотом 24.0 м, які встановлено з кроком 6,3 м на залізобетонні монолітні колони. До верхніх поясів кроквяних ферм кріпляться прогони, по яким вкладаються сендвіч панелі та влаштовується покрівля. Нижні пояси кроквяних ферм закріплюються вертикальними зв'язками і розпірками.

Зпірання кроквяних ферм на колони – шарнірне. Кроквяні ферми двохскілі з рівномірною трикутною решіткою зі спадними опорними розкосами. Кроквяні ферми виконуються з двох відправних марок. З'єднання елементів решітки з поясами ферм безфасоночні. При виконанні ферм передбачене мінусове відхилення від їх нормальної довжини, можливі проміжки між фермами і

надколонниками під час монтажу заповнюються прокладками, які мають бути поставлені в комплекті з фермами.

Усі заводські з'єднання елементів кроквяних і підкроквяних ферм – зварні.

Сталь, що застосовується для фланців нижнього поясу кроквяних ферм, має бути перевірена на відсутність несучільностей (розшарування) за допомогою ультразвукового дефектоскопічного контролю після зварювання фланцю.

Жорсткість конструкцій промислової будівлі забезпечується за рахунок системи зв'язків. Оскільки вертикальні зв'язки по колонам не передбачені архітектурним завданням, то горизонтальні зусилля від покриття сприймаються за рахунок жорсткості залізобетонних колон і заземлення їх у фундамент.

Для з'єднання металевих конструкцій передбачено: болти нормальної точності за ГОСТ 7798-70* класу міцності 8,8, гайки за ГОСТ 5915-70* класу міцності 6, шайби круглі за ГОСТ 11371-78*, косі за ГОСТ 10906-78* і пружинні за ГОСТ 6402-70*; болти самонарізаючі В6х25 за ТУ 36-2142-78, комбіновані заклепки 3к12-4,5 по ТУ 36-2088-85, шайби ущільнювальні Ш6 для болтів В6х25; болти високоміцні зі сталі 40Х «селект» за ГОСТ 22356, а їх конструкцію і розміри приймати за ГОСТ 22353, гайки і шайби до них приймати згідно ГОСТ 22354 та ГОСТ 22355 відповідно. Матеріал для зварювання приймати за додатком Д ДБН В.2.6-198:2014.

Згідно даних інженерно-геологічних вишукувань в геоморфологічному відношенні ділянка вишукувань розташована на вододільному плато в межах глибоко розчленованої височини Подільського Придністров'я. Ділянка являє собою вирівняну поверхню з окремими пониженнями і має загальний ухил до 0,5%. У геологічному розрізі, на розвідувальну глибину від 6,0-15,0 м, виділено 4 інженерно-геологічних елементи. Основою під фундаменти можуть слугувати ґрунти ІГЕ-2 суглинок напівтвердий, в покрівлі гумусовий, грудкуватий, слабоозалізнений, вапнистий, зеленувато-жовтий, до світло-жовтого з наступними значеннями фізико-механічних властивостей: $E = 11 \text{ МПа}$; $c_{II} = 43$; $\rho = 1,90 \text{ т/м}^3$; $\varphi_{II} = 11^\circ$.

Фундаменти промислової будівлі запроєктовані стовпчастими монолітними залізобетонними з бетону класу В25 (С20/25). Фундаменти 3х марок, під колони

перерізом 500x500 мм та 400x400 мм, відповідно до навантажень на обріз фундаменту. Розміри підшви фундаментів прийняті: 2,1x1,8 м під колону 500x500 мм та 1,8x1,5 м та 1,8x0,95 м – під колони перерізом 400x400 мм. Висота всіх фундаментів однакова – 2,05 м. Відмітка підшви фундаментів - -2.700 м (абсолютна відмітка 211.950). Під фундаменти виконується підготовка з бетону класу В7,5 (С8/10) товщиною 100 мм. Фундаменти армуються сітками з арматури Ø16 А500С з кроком 200 мм. Стакани армуються сітками з арматури Ø8 А500С з кроком 100 мм.

2.3. Антикорозійний та протипожежний захист конструкцій

Антикорозійний захист металевих конструкцій промислової будівлі забезпечується двома шарами грунту ГФ-021 по ГОСТ 25129 з третім ступенем очищення поверхні на заводі виробнику та шаром емалі ПФ-115.

Всі роботи по антикорозійному захисту необхідно виконувати за вказівками ДСТУ Б.В.2.6-193:2013 «Захист металевих конструкцій від корозії. Норми проектування». Перед погрунтуванням забезпечити другу ступінь очищення поверхні конструкції від окисів за ГОСТ 9.402-80.

Протипожежний захист виконувати у відповідності до вимог ДБН В.1.1-7:2021 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Промислова будівля для переробки сільськогосподарських культур з інтенсивними динамічними навантаженнями від обладнання в м. Кам'янець-Подільському Хмельницької області відноситься до II ступеня вогнестійкості, тому, згідно табл. 4 ДБН В.1.1-7:2021 вогнезахист металевих конструкцій покриття має відповідати R20/МО; фахверк стінового огородження - RE15/МО.

Протипожежний захист виконувати лакофарбовими матеріалами типу «Укртерм» по грунту.

3. Розрахунково-конструктивна частина

3.1. Загальна характеристика конструктивних рішень будівлі

Будівля посту очищення від листястеблевої маси та сортування розташована на території комплексу кондиціонування насіння сільськогосподарських культур по вул. Черняхівського, 45 «в» в м. Кам'янець-Подільський.

Пост очистки та сортування - дворівнева виробнича будівля, прямокутна у

плані з розмірами 24,0×25,2 м в осях 1₅-5₅/А₅-Д₅. Проектна умовна відносна позначка 0,000 (рівень вимощення) відповідає абсолютній позначці 214,50 м.

Об'єм будівлі розділено на два рівні:

- висота першого з позначкою підлоги -0,450 м складає 2,45 м;
- висота другого з позначкою підлоги +2,000 м – змінна від 4,0 м (приміщення 2.02 та 2.03) до 8,8 м (приміщення 2.01)

Загальна висота надземної частини будівлі від рівня вимощення до найвищої позначки покрівлі складає 10,98 м.

В будівлі розміщено технологічне обладнання, призначене для очистки кукурудзи від листястеблевої маси та сортування, конвеєрне обладнання подачі матеріалу на очистку та передавання продукції на наступні етапи кондиціонування насіння, вентиляційне обладнання, металеві площадки обслуговування машин та механізмів.

Конструктивна схема будівлі – каркасна, з несучими монолітними залізобетонними елементами (фундамент, колони, балки, плити перекриття) та металевими конструкціями покриття.

Фундаменти будівлі монолітні залізобетонні мілкового закладення під колони.

Глибина закладення підошви складає -2,700 м. Марки фундаментів Фм-5, Фм-5/1 та Фм-5/2 призначені для встановлення основних колон каркасу колон обпирання перекриття та фахверкових колон відповідно та відрізняються за шириною підошви, а саме 1,8×2,1 м; 1,5×1,8 м; 0,95×1,8 м відповідно. Матеріали конструкцій - бетон класу за міцністю С20/25, арматура А500С та А240С.

На позначці -0,450 м влаштовано монолітну залізобетону підлогу товщиною 100 мм по шару ущільненої гравійно-піщаної суміші товщиною 500 мм. На ділянках примикання конструкцій підлоги до колон та зовнішніх стін влаштовано усадочні та ізоляційні шви. Усадочні шви – глибиною 70 мм шириною 3 мм; ізоляційні шви між підлогою та поверхнями цокольних панелей шириною 20мм зі заповненням 2-ма шарами вілтерму.

Вертикальними несучими конструкціями каркасу є залізобетонні монолітні колони:

- основні - в осях 1/А-Д та 5/А-Д перерізом 500×500 мм;

- колони для обпирання плити перекриття в осях 2-4/Б-Д, перерізом 400×400 мм;
- фахверкові колони в осях 2-4/А та 2-4/Д, перерізом 400×400 мм.

Колони виготовлені з бетону класу за міцністю С20/25, арматура А500С та А240С.

Вертикальні в'язі по колонам не проєктом передбачені, горизонтальні зусилля сприймаються за рахунок защемлення колон у фундаменти.

На позначці 0,000 влаштовано монолітна залізобетонна плита перекриття товщиною 200 мм по капітелям товщиною 150 мм та розмірами в плані 1500×1500 мм. Матеріал перекриття - бетон класу за міцністю С25/30, арматура А500С та А240С.

В осях 1/Г-Д та 5/Г-Д в зонах отворів влаштовано монолітні залізобетонні балки перерізом 400×400 мм. В осях 1-5/А-Г в плиті перекриття влаштовано технологічні отвори з максимальними розмірами до 1500×550 мм; розташування отворів симетричне відносно осі 3.

По верху колон в осях 1/А-Д та 5/А-Д влаштовано покриття, розроблене відповідно до положень серії 1.460.3-23.98. По верху колон на позначці +8,950 м з кроком 6,3 м встановлені металеві кроквяні ферми прогоном 24,0 м. Закріплення ферм на колонах - шарнірне. Ферми двохскілі з рівномірною трикутною решіткою зі спадними опорними розкосами.

До верхніх поясів ферм кріпляться прогони з швелеру №24, по яким влаштовується покрівля з тришарових сандвіч-панелей з внутрішнім базальтовим утеплювачем товщиною 120 мм. Нижні пояси кроквяних ферм закріплюються вертикальними в'язями з кутиків 63×5; труби квадратного перерізу 80×80×4 та розпирками з труби квадратного перерізу 120×120×4.

Зовнішнє стінове огородження виконано з залізобетонних цокольних панелей товщиною 300 мм та тришарових стінових сандвіч-панелей з внутрішнім базальтовим утеплювачем товщиною 100 мм. Перегородки приміщень виконані з тришарових стінових сандвіч-панелей з внутрішнім базальтовим утеплювачем товщиною 100 мм.

Водовідведення з покрівлі - зовнішнє через водостічні труби в осях Б та Г.

Об'ємне планувальне та конструктивне рішення будівлі посту очистки та сортування наведено на рисунках 1.6 - 1.12.

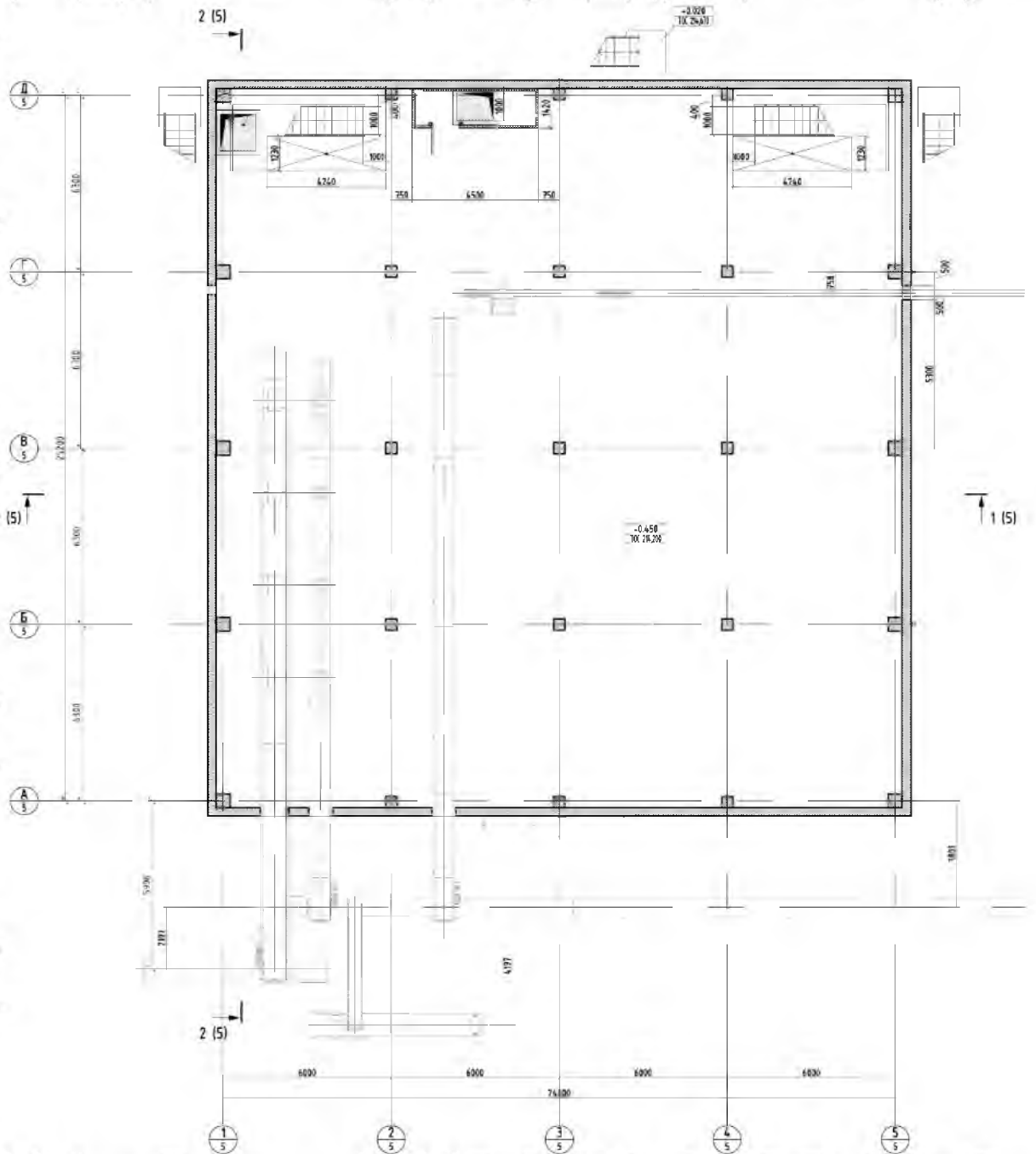


Рисунок 1.6 – План будівлі на позначці -0.450 м

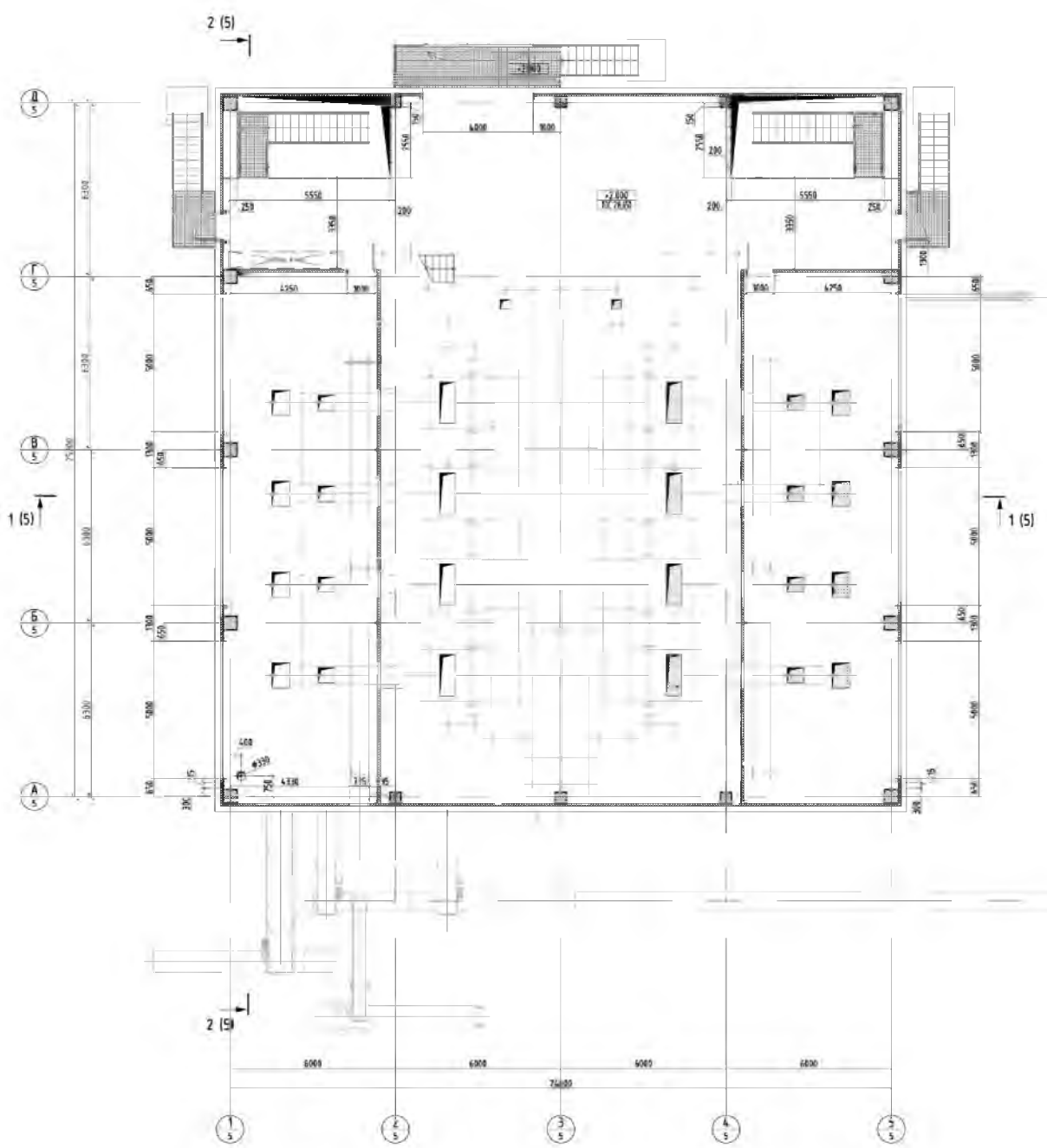
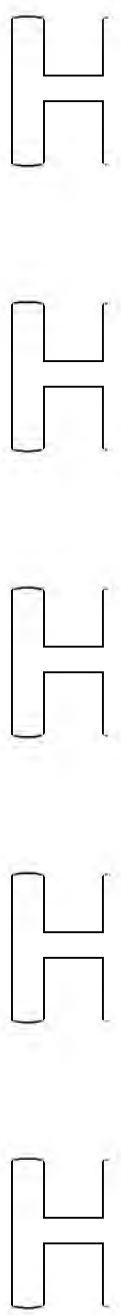
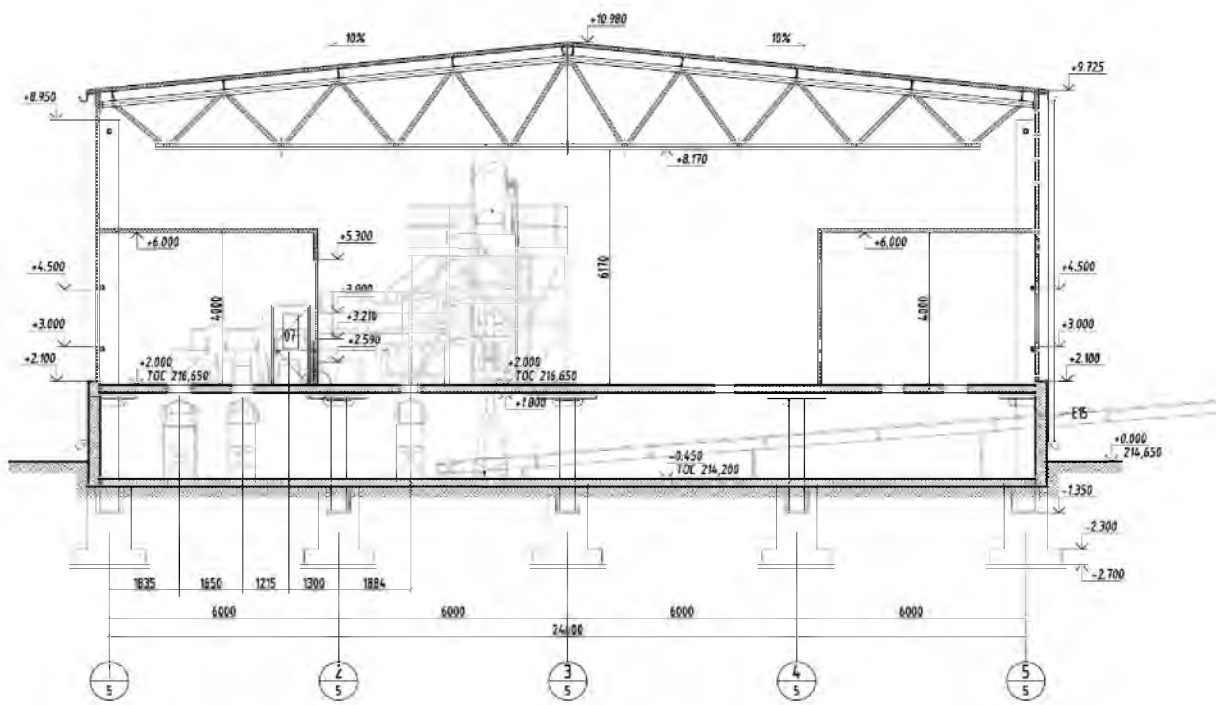


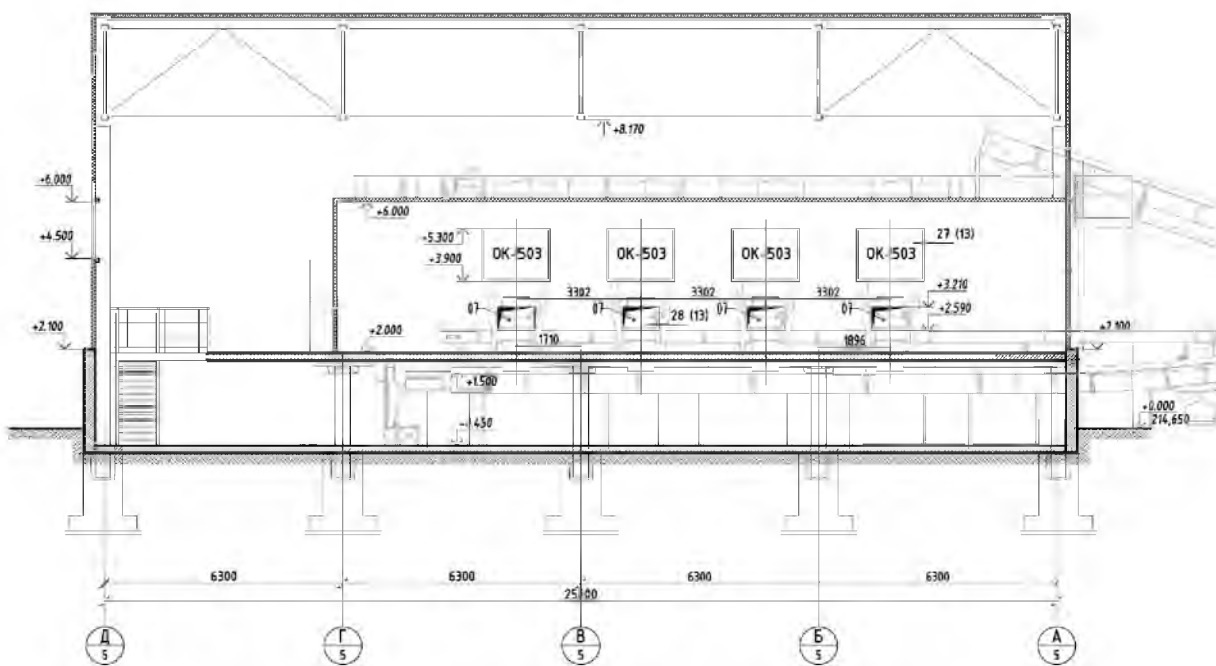
Рисунок 1.7 – План будівлі на позначці +2,000 м

НУБІП України

НУБІП України



a)



б)

Рисунок 1.8 – Розрізи 1-1 (а) та 2-2 (б)

НУБІП України

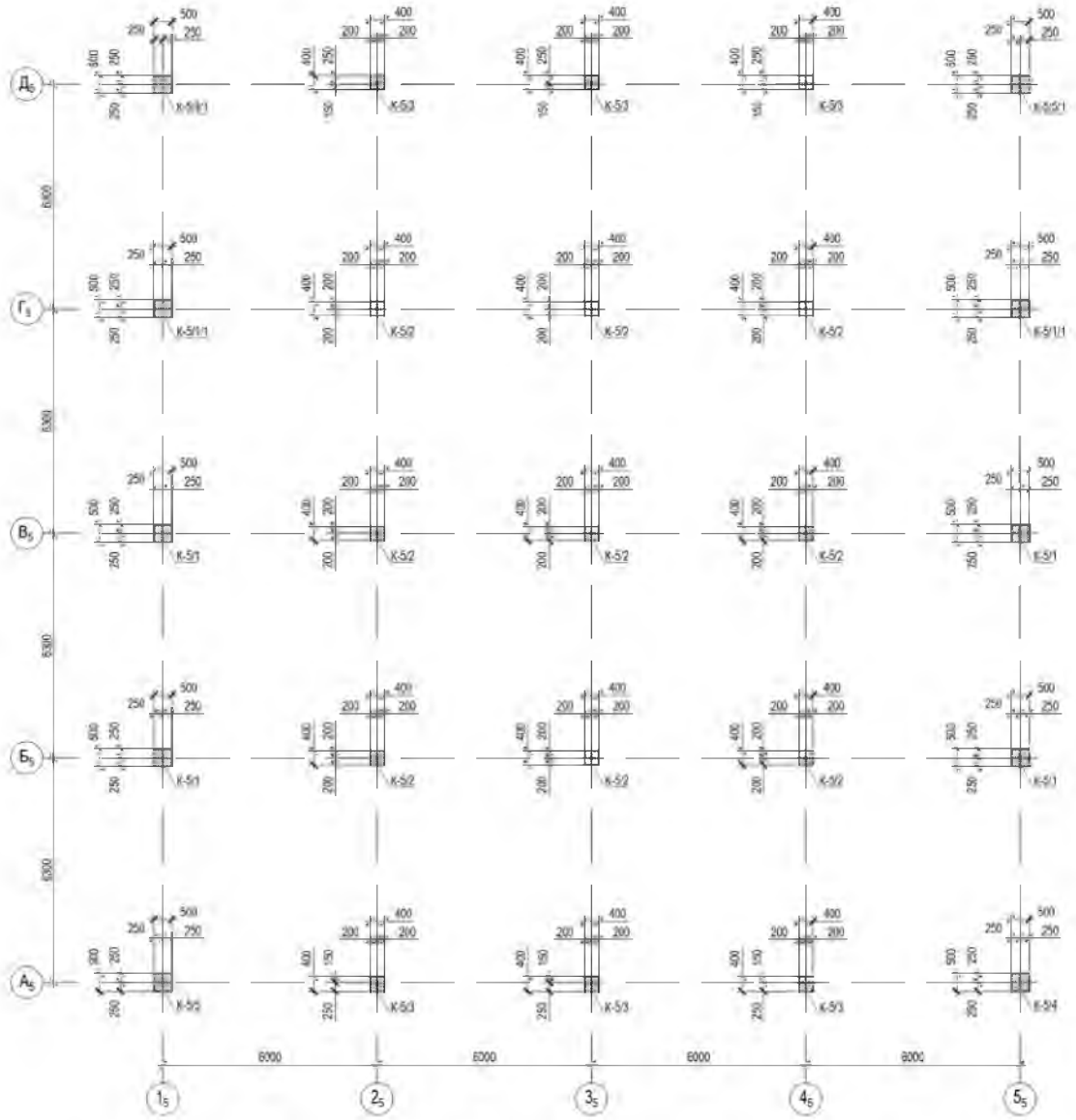
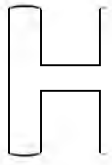
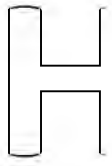
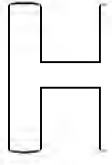
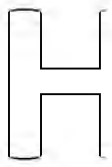
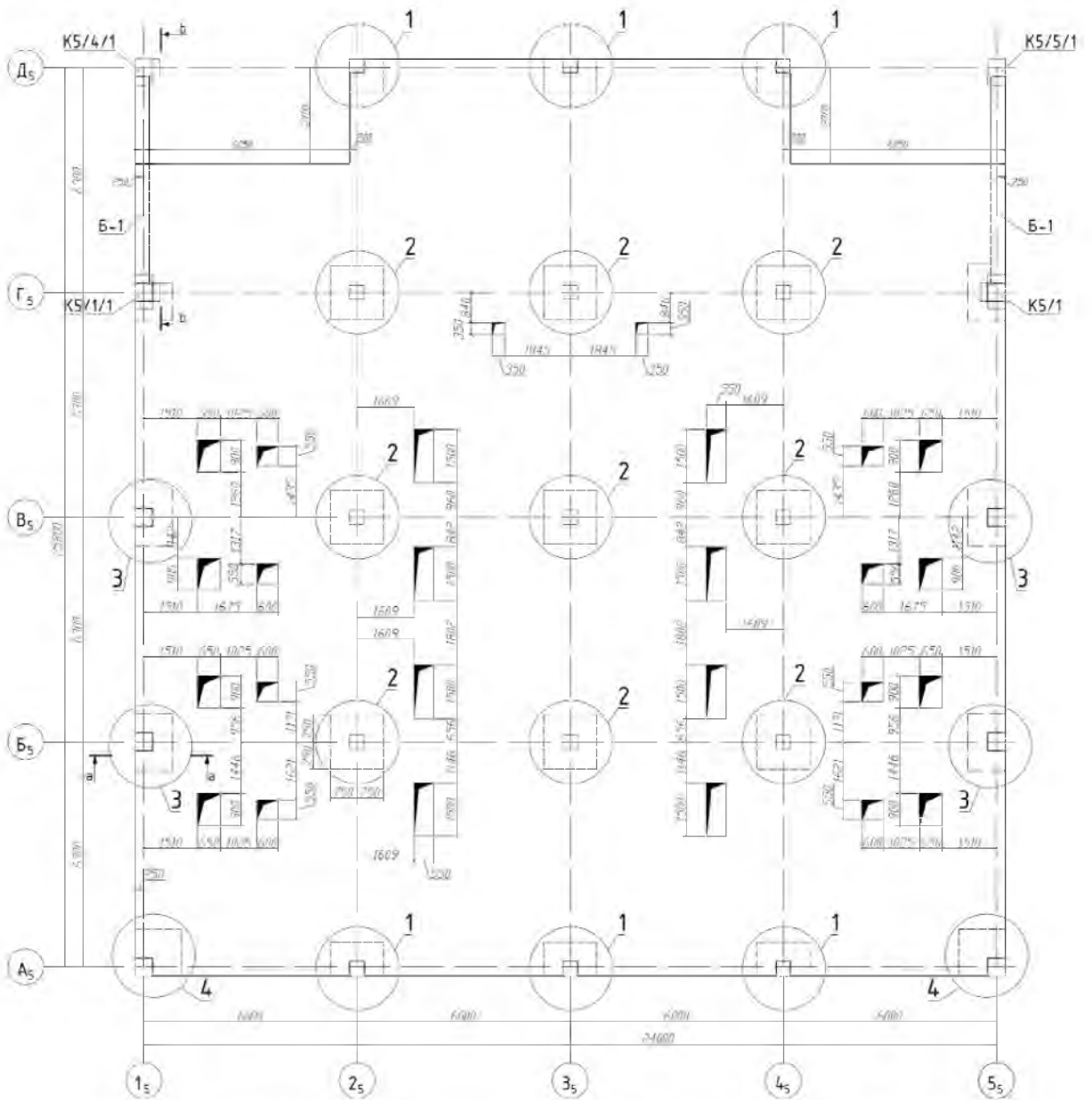


Рисунок 1.10 - План розташування колон

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



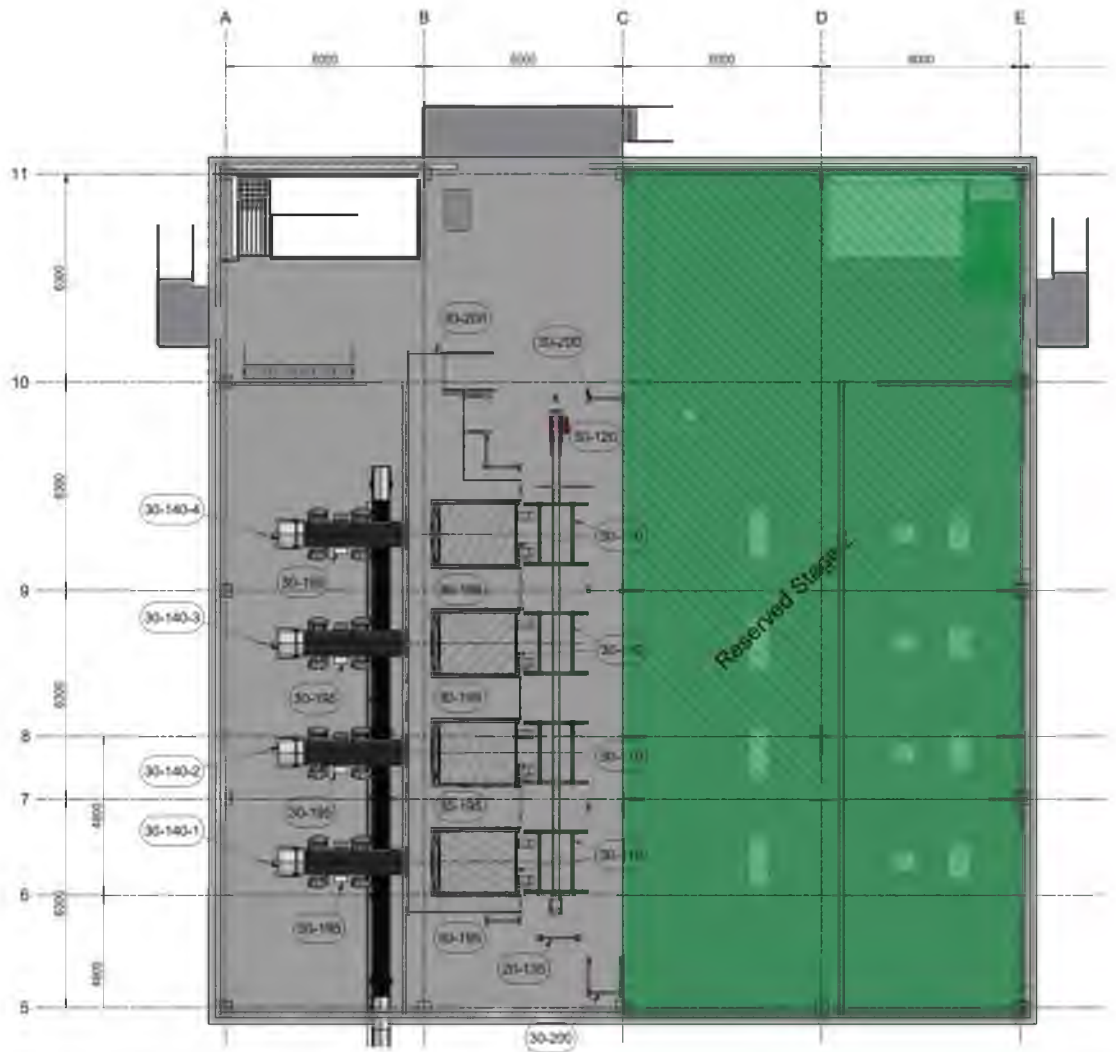


Рисунок 1.12 – Схема розміщення обладнання лінії очистки листястеблевої маси та сортування на позначці +2,000

3.1.2. Стислий опис технологічного процесу

Функціонально у будівлі відбуваються виробничі процеси очищення кукурудзи від листястеблевої маси, сортування та передавання очищеної сировини на наступні етапи кондиціювання насіння, яке відбувається в інших будівлях комплексу.

Несортована сировина подається конвеєрами зверху у бункери хаскерів, в яких виконується очищення. Очищена сировина подається через систему розподільчих конвеєрів в приміщення 2.02, в якому відбувається перевірка якості очищення.

Сортовані фракції насіння, стеблелистева маса та неякісно очищена сировина перевантажується на конвеєри, встановлені на позначці -0,450 м та передається на подальшу переробку, складування відходів та повторне очищення відповідно. Крім

того, окреме насіння перемелюється на борошно та також передається конвеєром на зберігання в інші будівлі.

Основним джерелом динамічного впливу на конструкції є лінія з чотирьох 12-ти полосних хаскерів виробництва компанії A&K Development (США), яка розміщена на позначці +2,000 в осях 2-3/А-Г. Технологічним процесом передбачена одночасна робота від одного до чотирьох хаскерів.

Динамічний вплив створюється також роботою двигунів стрічкових конвеєрів на позначках -0,450 та +2,000; компресора на позначці +2,000.

Проектом модернізації комплексу кондиціювання насіння сільськогосподарських культур передбачено встановлення другої лінії обладнання в осях 4-5/В-Г, симетрично існуючому відносно осі 3.

3.1.3. Інженерно-сейсмологічна характеристика майданчика будівництва

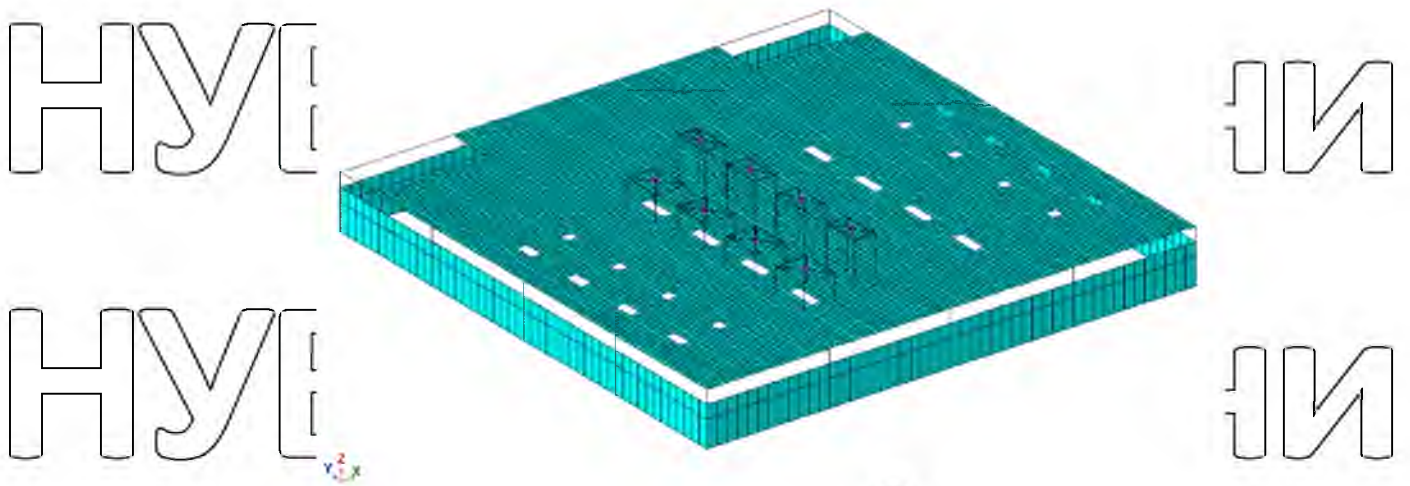
Нормативна інтенсивність сейсмічних впливів на майданчику будівництва прийнята на основі карти «А» і списку населених пунктів України (для м. Кам'янець - Подільський), наведеного в ДБН В.1.1-12 [12], і становить 6 балів за шкалою сейсмічної інтенсивності ДСТУ Б В.1.1-28:2010 [13] для об'єктів із середнім (СС3) класом наслідків (відповідальності) згідно з ДБН В.1.2-14 [14].

Згідно з [2] ґрунти майданчика будівництва віднесені до другої категорії за сейсмічними властивостями. Таким чином, керуючись положеннями 5.1.3 ДБН В.1.1-12 [12] розрахункова сейсмічність майданчика будівництва складає 6 балів за шкалою ДСТУ Б В.1.1-28:2010 [13].

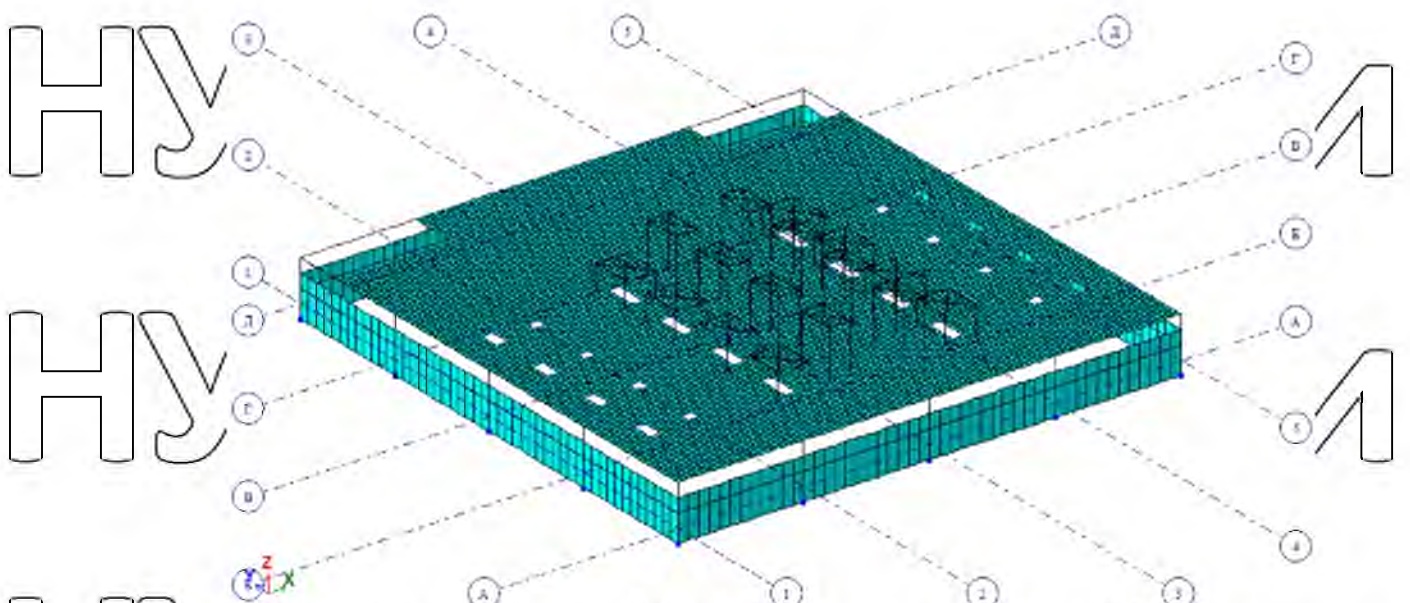
3.2. Розробка комп'ютерних моделей промислової будівлі

3.2.1. Опис розрахункових моделей

На підставі наданих матеріалів [1-10] розроблено просторові комп'ютерні моделі фрагменту будівлі корпусу сортування, а саме несучих конструкцій на позначках -0,450; +2,000 та віброактивного обладнання на позначці +2,000. В моделях враховано 2 варіанти встановлення обладнання: існуюче (рис. 3.1, а) та перспективне відповідно до планів модернізації (рис. 3.1, б).



а)



б)

Рисунок 3.1 - Розрахункові динамічні моделі фрагменту будівлі:

а - варіант 1 з навантаженнями від 4-х хаскерів;

б - варіант 2 з навантаженнями від 8-ми хаскерів

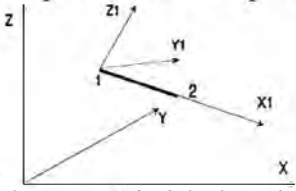
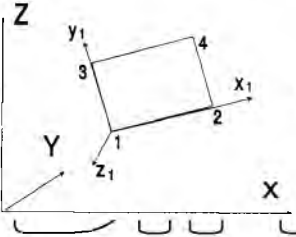
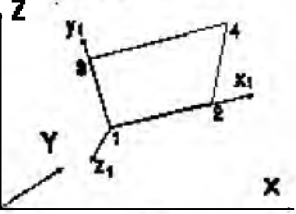
Розрахунки комп'ютерної моделі виконані за допомогою програмного комплексу (ПК) «ЛІРА САПР», який є комп'ютерною системою для структурного аналізу і проектування. Динамічні розрахунки будівлі виконані відповідно до вимог [14, 19, 20].

Розрахункова схема прийнята у вигляді просторової системи, яка складається із стрижневих елементів, що моделюють роботу колон, балок перекриття, обладнання та оболонкових елементів, які моделюють роботу плити перекриття та

покольних панелей (табл. 3.1, 3.2). Сполучення елементів між собою - жорстке.

Таблиця 3.1

Опис типів скінчених елементів, використаних у комп'ютерних моделях промислової будівлі

№ СЕ	Найменування СЕ	Площина розташуван ня	Ступені свободи	Коментарі
1	2	3	4	5
10	Універсальний стержень 	довільно	X,Y,Z, UX,UY,UZ	1. Використовується для одно-, двух- і тривимірних завдань
41	Універсальний прямокутний елемент оболонки 	довільно	X,Y,Z UX,UY,UZ	1. Допускається наявність пружної основи. 2. Враховуються властивості матеріалу : - ізотропія; - трансверсальна ізотропія; - ортотропія; - анізотропія
44	Універсальний чотирикутний елемент оболонки 	довільно	X,Y,Z UX,UY,UZ	1. Допускається наявність пружної основи. 2. Враховуються властивості матеріалу : - ізотропія; - трансверсальна ізотропія; - ортотропія; - анізотропія

Таблиця 3.2

Параметри кінцевих елементів в комп'ютерній моделі будівлі

№ типу жорсткості	Геометричні параметри	Фізико-механічні параметри	Позначення в конструктивній схемі будівлі
1	Брус 40 × 40	$R_o=2,75, E=3e+006, GF=0, B=40, H=40$	Колони в осях 2-4/Б-Г
2	Пластина Н 20	$E=3.25e+006, V=0.2, H=20, R_o=2,75$	Плита перекриття
3	Брус 50 × 50	$R_o=2,75, E=3e+006, GF=0, B=50, H=50$	Колони каркасу в осях 1/А-Д та 5/А-Д
4	Брус 1 × 1	$R_o=0,001, E=3e+006, GF=0, B=1, H=1$	Фіктивні стержні для прикладення розподілених навантажень
5	Брус 40 × 40	$R_o=2,75, E=3.25e+006, GF=0, B=40, H=40$	Балки
6	Пластина Н30	$E=3e+006, V=0.2, H=30, R_o=2,75$	Цокольні панелі
7	Пластина Н57,5	$E=3.25e+006, V=0.2, H=57,5, R_o=2,75$	Капители
8	Брус 10 X 10	$R_o=0,001, E=3e+009, GF=0, B=10, H=10$	фіктивні стержні для прикладення навантажень від обладнання
<p>Примітка. Залізобетонні елементи будівлі запроектовані:</p> <p>з бетону класу С20/25 з фізико-механічними характеристиками (t/m^2): $E=8,01e+006, V=0.2, R_o=2,75$;</p> <p>бетону класу С25/30 з фізико-механічними характеристиками (t/m^2): $E=32.5e+006, V=0.2, R_o=2.75$</p> <p>де E – модуль пружності, $tс/m^2$; V – коефіцієнт Пуасона;</p> <p>R_o – розрахункова щільність матеріалу елементів розрахункової схеми, $tс/m^3$</p>			

3.2.2. Навантаження і впливи

При розрахунку враховані наступні навантаження і впливи:

1. Постійні і довготривалі розрахункові навантаження - прийняті відповідно до проектних даних [1] та специфікації обладнання [3-10]

2. Короткочасні:

- снігове навантаження відповідно до розділу 8 ДБН В.1.2-2 [19];

- вітрове навантаження відповідно до розділу 9 ДБН В.1.2-2 [19];

3. Динамічний вплив при роботі обладнання відповідно до [8].

Постійне навантаження

Постійне навантаження від власної ваги конструкцій визначається автоматично у ПК «ЛИРА САПР» [18]. Власна вага несучих конструкцій вище позначки +2,000 прикладена у вигляді зосереджених навантажень на колони та розподілених навантажень на плити покриття – від стінових панелей.

Таблиця 3.3

Навантаження від власної ваги металевих конструкцій покриття на колони

(характеристичні значення)

Конструкція	Марка	Загальна вага, кг	Кількість, шт	Вага одиниці, кг	Навантаження на колону, кг	Кількість, шт	Разом
ферми покриття	ФМ1	9556.5	5	1911.3	955.65	10	9556.5
прогони	П1	6160	40	154	385	4	1540
					770	6	4620
розпірки	Р1	6266	12	522.17	391.625	4	1566.5
					783.25	6	4699.5
зв'язки	С1	900	32	28.125	112.5	8	900
	ВС1	675	6	112.5	84.375	8	675
	Разом	23557.5				Разом	23557.5

Таким чином, сумарні навантаження на колони від власної ваги металевих конструкцій покриття (характеристичне значення) складають:

- А/1; А/5; Д/1; Д/5 = $955,56 + 385 + 391,625 + 112,5 + 84,375 = 1929,06$ кг;
- Б/1; Б/5; Г/1; Г/5 = $955,56 + 770 + 783,25 + 112,5 + 84,375 = 2705,685$ кг;
- В/1 та В/5 = $955,56 + 770 + 783,25 = 2508,81$ кг.

Вага плит покриття складає:

- вага сандвич-панелі товщиною 120 мм - $22,8$ кг/м²;
- площа покрівлі $657,8$ м²;
- вага покрівлі - $657,8 \cdot 22,8 = 14997,84$ кг;
- питома вага покрівлі = $14997,84 / 25,2 / 24 = 24,8$ кг/м².

Таким чином, навантаження на колони від плит покриття (характеристичне значення) складає:

- А/1; А/5; Д/1; Д/5 = $(24,8 \cdot 6,3 \cdot 24) \cdot 0,5 = 937,44$ кг;
- Б/1; Б/5; В/1; В/5; Г/1; Г/5 = $(24,8 \cdot 6,3 \cdot 24) \cdot 0,5 = 1874,88$ кг.

Навантаження від стінового огородження:

- вага сендвіч-панелі товщиною 100 мм – 20,5 кг/м²;

площа стінового огородження – 1243,3 м²;

- вага огородження – 1243,3 · 20,5 = 25487,65 кг.

Навантаження від стінового огородження на відм. +2,000 м (характеристичне значення) складає: 25487,65/98,4=259 кг/м.п.

Значення коефіцієнтів надійності за навантаженням для власної ваги металевих конструкцій прийняті рівними 1,05; зазобов'язаних та інших конструкцій – 1,1.

Вага обладнання прийнята відповідно до специфікацій [3-9]. Навантаження враховують вагу хаскерів разом із сировиною.

Снігове навантаження

Характеристичне значення снігового навантаження для м. Кам'янець-Подільський становить – 460 кг/м².

Коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі $C_e=1$ (п. 8.9 [19]).

Коефіцієнт географічної висоти $C_{alt}=1$ ($H<0,5$ км, п.8.10 [19]).

Коефіцієнт $\mu=1$ (для горизонтальних поверхонь, додаток Ж [19]).

Коефіцієнт $C=\mu C_e C_{alt}=1$.

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття:

$$S_{lm}=\gamma_{lm}S_0C=1,14\cdot 460\cdot 1=524,4\text{ Н/м}^2,$$

де $\gamma_{lm}=1,14$ при $T=100$ років (таблиця 8.1 [19]).

Експлуатаційне розрахункове значення снігового навантаження:

$$S_e=\gamma_{fe}S_0C=0,49\cdot 460\cdot 1=225,4\text{ Н/м}^2,$$

де $\gamma_{fe}=0,49$ при $\eta=0,02$ (таблиця 8.2 [19]).

Снігове навантаження прикладене у вигляді зосереджених навантажень на колони.

Вітрове навантаження

Вихідні дані	
Вітровий район	3
Характеристичне значення вітрового тиску W_0	460 Н/м ²
Тип місцевості	III – приміські і промислові зони, протяжні лісові масиви

Вихідні дані

Тип споруди

Вертикальні поверхні і поверхні, що відхиляються від вертикальних не більше ніж на 15°

Експлуатаційне розрахункове значення вітрового навантаження визначається

як:

$$W_e = \gamma_{fe} W_0 C_s$$

де $\gamma_{fe} = 0,21$ при $\eta = 0,02$ (п. 9.15, таблиця 9.3 [19]);

$$C = C_{aer} C_h C_{alt} C_{rel} C_{dir} C_d ;$$

$$C_{aer} = 0,8 + 0,6 = 1,4 \text{ (додаток И [19]);}$$

C_h - залежить від висоти споруди і типу місцевості (таблиця 9.02 [19]);

$$C_{alt} = 1 \text{ при } H < 0,5 \text{ км (п. 9.10 [19]);}$$

$$C_{rel} = 1,1 \text{ при } \phi < 0,05 \text{ (п. 9.11 [19]);}$$

$$C_{dir} = 1 \text{ (п. 9.12 [19]);}$$

$$C_d = 0,90 \text{ (п. 9.13, рис. 9.5 [19]).}$$

$$C = 1,4 \times 1,1 \times C_h = 1,54 C_h ;$$

Експлуатаційне розрахункове значення вітрового навантаження складає

$$W_e = 0,21 \times 460 \times 1,54 C_h = 148,76 C_h$$

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження складає:

$$W_m = \gamma_{fm} W_0 C_s$$

де $\gamma_{fm} = 1,14$ при $T = 100$ років (п. 9.14, таблиця 9.1 [19]).

$$W_m = 1,14 \times 49 \times 1,54 C_h = 807,57 C_h$$

Вітрове навантаження прикладене у вигляді розподіленого навантаження на фіктивні стержні в рівні плити перекриття.

Корисне навантаження

Величина корисного рівномірно розподіленого навантаження прийнята відповідно до проектних даних [1], положенням [20] і складає $2,4 \text{ кН/м}^2$.

3.2.3. Динамічний вплив від віброактивного обладнання

Параметри динамічного впливу від віброактивного обладнання (хаскерів на позначці +2,000) визначені відповідно до специфікацій обладнання та результатів вібродинамічних випробувань.

Динамічний вплив заданий за гармонічним законом з урахуванням частотних

зон з використанням модулю 28 ПК «ЛИРА САПР» [18] з наступними характеристиками:

- амплітуди динамічного впливу 2 кН у вертикальному напрямку;
- частота вимушеного впливу 9,5 Гц;
- погрішність визначення частот власних коливань – 10%.

3.2.4. Сполучення навантажень

Для визначення максимальних зусиль в елементах конструкції розрахунку армування залізобетонних та перевірки перерізів металевих елементів складена таблиця розрахункових сполучень зусиль (табл. 3.3). Коефіцієнти в таблиці прийняті у відповідності з вимогами ДБН В.1.2-14 [14], ДБН В.1.2-2 [19].

Таблиця 3.3

Коефіцієнти сполучень зусиль для статичного і динамічного розрахунку комп'ютерної моделі

№ завантаження	Нзва навантаження	k_f	k_{dl}	ψ для	
				PCY 1	PCY 2
1	Власна вага конструкцій	1,10	1,00	1,1	0,975
2	Навантаження від МК покриття	1,05	1,00	1,1	0,975
3	Навантаження від покрівлі	1,1	1,00	1,1	0,975
4	Навантаження від стін	1,1	1,00	1,1	0,975
5	Власна вага колон вище $\pm 2,000$	1,1	1,00	1,1	0,975
6	Снігове навантаження	2,33	0,35	1,1	0,926
7	Власна вага обладнання	1,1	1,0	1,1	0,975
8	Корисне навантаження	1,00	0,00	1,1	0,88
9	Вітрове вздовж осі X	5,43	0,00	1,1	0,88
10	Вітрове вздовж осі Y	5,43	0,00	1,1	0,88
11	Динамічне (гармонійне)	1,20	1,00	1,1	0,975

Примітки:

1. Для основних сполучень (PCY 1 і PCY 2) коефіцієнти ψ сформовані з навантажень №№ 1-9 з коефіцієнтами відповідно 1,0; 0,95; 0,9, помноженими на коефіцієнти відповідальності $\gamma_p = 0,975$ (табл. 5 [14]).

2. Доля тривалості навантажень визначається як відношення квазіпостійної їх частини до характеристичного значення. Квазіпостійні навантаження враховуються тільки при розрахунках на повзучість, тому при розрахунках за I граничним станом значення коефіцієнтів частки тривалості, відображені в таблиці 3.3, не впливають на результат розрахунку.

3. Вітрові навантаження визначені як знакозмінні і взаємовиключні.

Позначення:

$k_f = \gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ - коефіцієнт надійності по навантаженню, де γ_{fm} - коефіцієнт надійності за граничним значенням навантаження, а γ_{fe} - коефіцієнт надійності за експлуатаційним значенням навантаження;

k_{dl} - доля тривалості навантажень;

ψ - коефіцієнти сполучення навантажень;

PCY 1 - перше основне розрахункове сполучення зусиль - Пост * 1 + одна Тимч. * 1;

PCY 2 - друге основне розрахункове сполучення зусиль у силій - Пост * 1 + Трив * 0,95 + Коротк. * 0,9

Для визначення навантажень на конструктивні елементи складені розрахункові сполучення навантажень, куди увійшли як статичні, так і динамічні навантаження (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Комбінації навантажень для розрахунку зусиль у конструктивних елементах

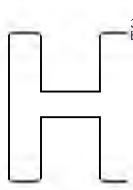
№ завант	Найменування навантажень	I основні сполучення						II основні сполучення				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Власна вага конструкцій	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,975	0,975	0,975	0,975
2	Навантаження від МК покриття	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,975	0,975	0,975	0,975
3	Навантаження від покрівлі	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,975	0,975	0,975	0,975
4	Навантаження від стін	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,975	0,975	0,975	0,975
5	Власна вага колон вище +2,000	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,975	0,975	0,975	0,975
6	Снігове навантаження		1,1		1,1	1,1	1,1	1,1	0,926	0,926	0,926	0,926
7	Власна вага обладнання	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,975	0,975	0,975	0,975
8	Корисне навантаження			1,1							0,88	
9	Вітрове вздовж осі X				1,1			-1,1	0,88		-0,88	
10	Вітрове вздовж осі Y					1,1			-	0,88		-0,88
11	Динамічне (гармонійне)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,975	0,975	0,975	0,975

3.2.3. Результати розрахунку конструкцій

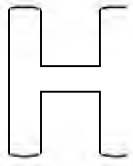
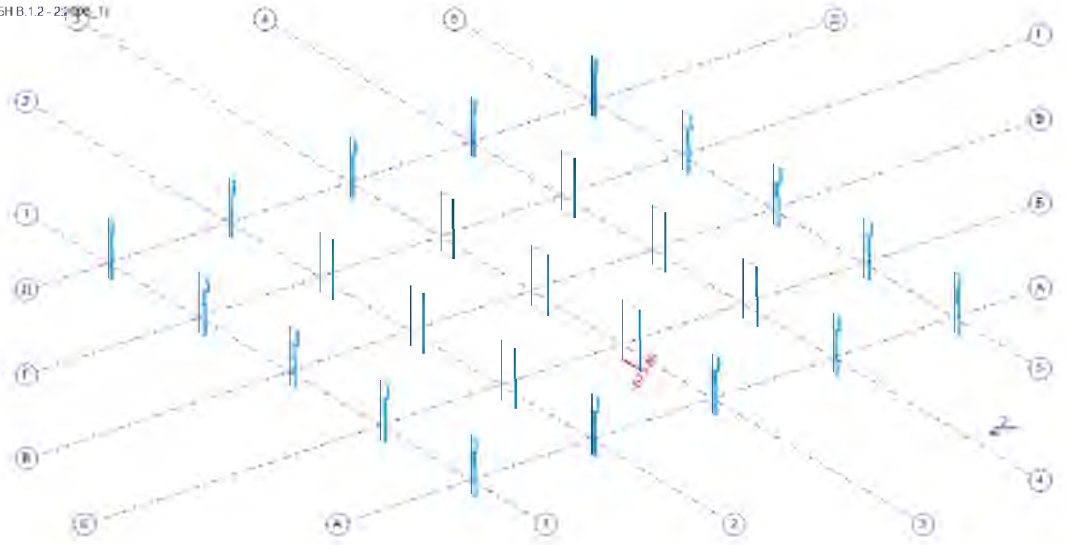
Результати розрахунку зусиль

Розрахунок несучих конструкцій посту очистки та сортування комплексу (колон, балок та плити перекриття на позн. +2,000 м) виконано з використанням ПК «ЛИРА-САПР» при впливі розрахункових сполученнях навантажень (РСН), які враховують дію статичних вертикальних навантажень, вітрових горизонтальних навантажень та статичного еквіваленту динамічних навантажень при одночасній роботі 8-ми аскерів (варіант 2).

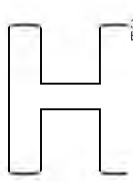
Результати розрахунку напружено-деформованого стану конструкцій наведено на рисунках 5.1 – 5.10.



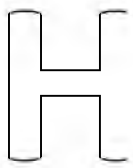
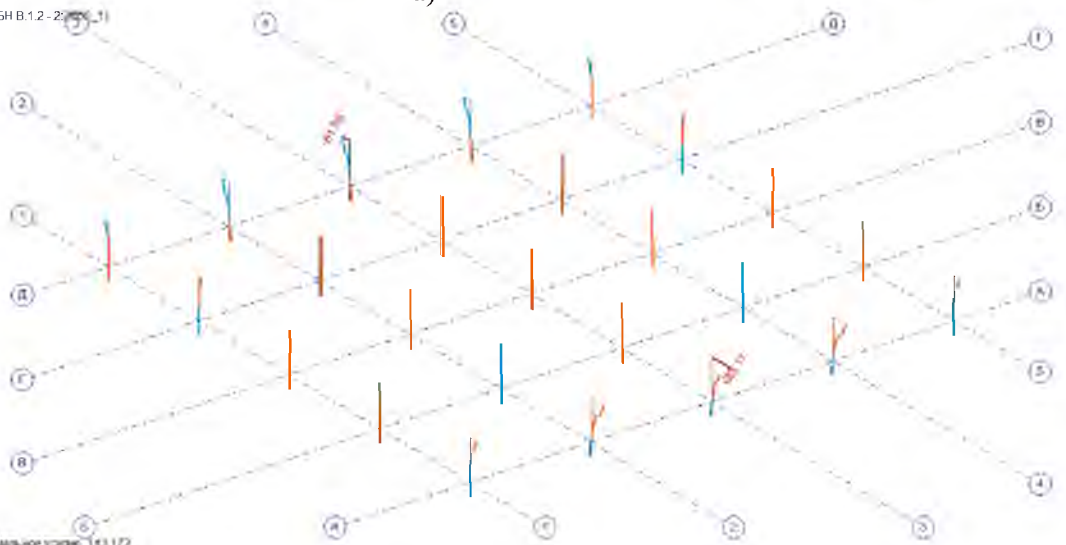
Огибающая минимальных значений (ДБН В.1.2 - 2006, 1)
Элора N
Единицы измерения - кН



Минимальное усилие -575.893;



Огибающая минимальных значений (ДБН В.1.2 - 2006, 1)
Элора M_y
Единицы измерения - кН*м



Минимальное усилие: 61.852 Максимальное усилие: 143.172

б)

Рисунок 1.1 – Розрахункові зусилля в СЕ колон перерізами 40×40 см та 50×50 см: а – поздовжня сила N, кН; б – згинальних моментів M_y, кН*м

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

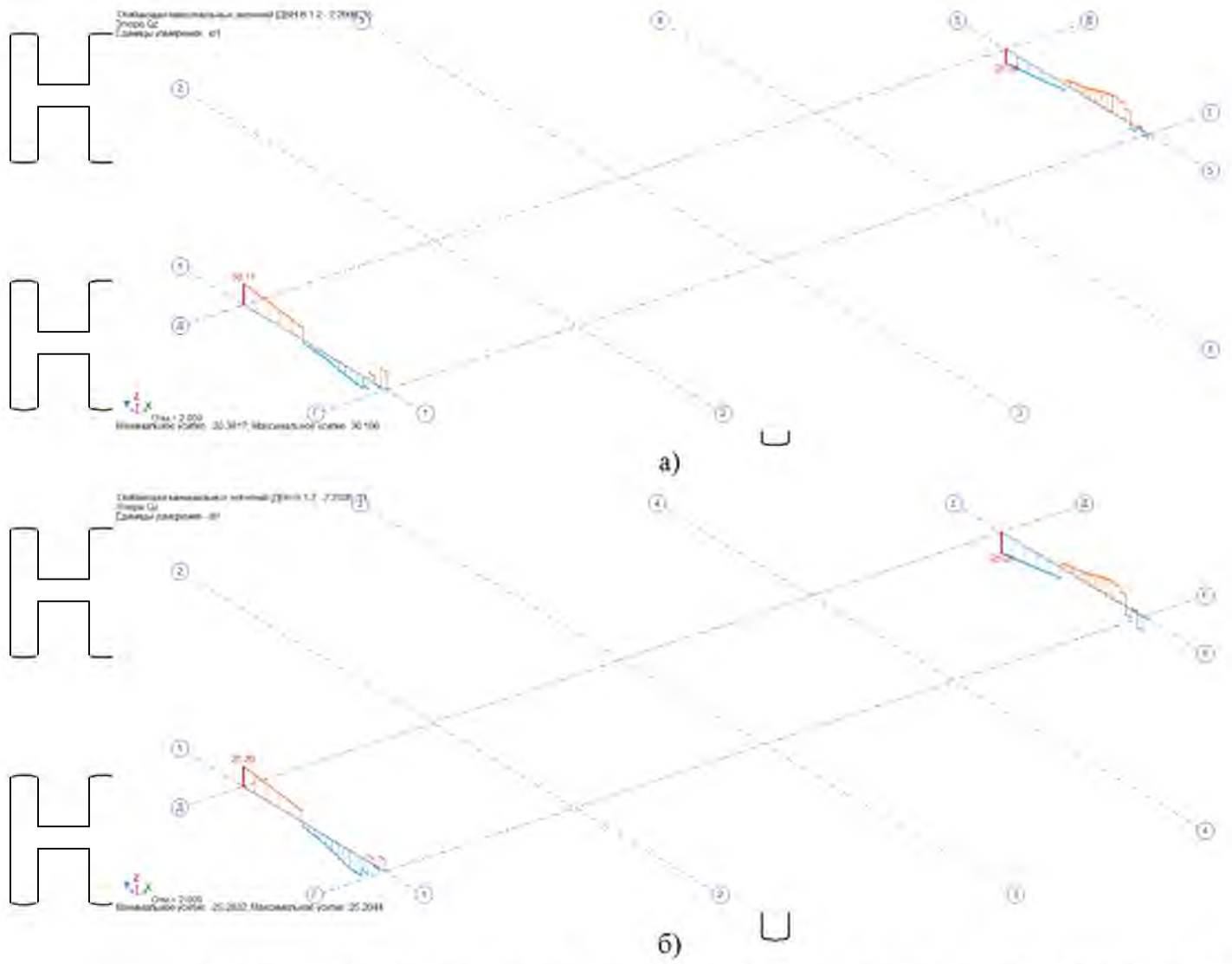


Рисунок 5.2 – Розрахункові зусилля (поперечна сила Q_z , кН) в СЕ балок: а – означає максимальних значень; б – означає мінімальних значень

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

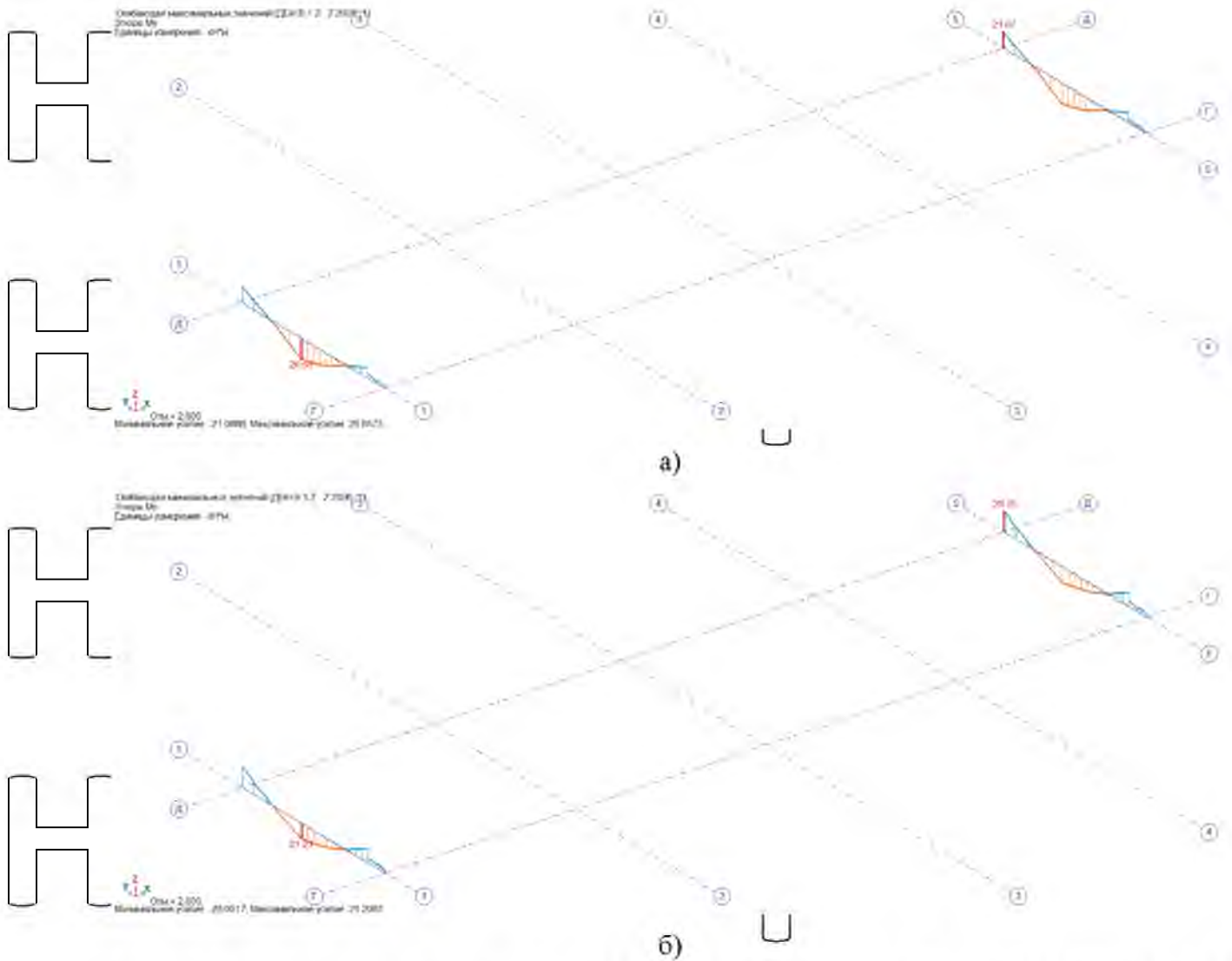


Рисунок 5.3 – Розрахункові зусилля (згинальний момент M_y , кН·м) в СЕ балок: а

– огинаюча максимальних значень; б – огинаюча мінімальних значень

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

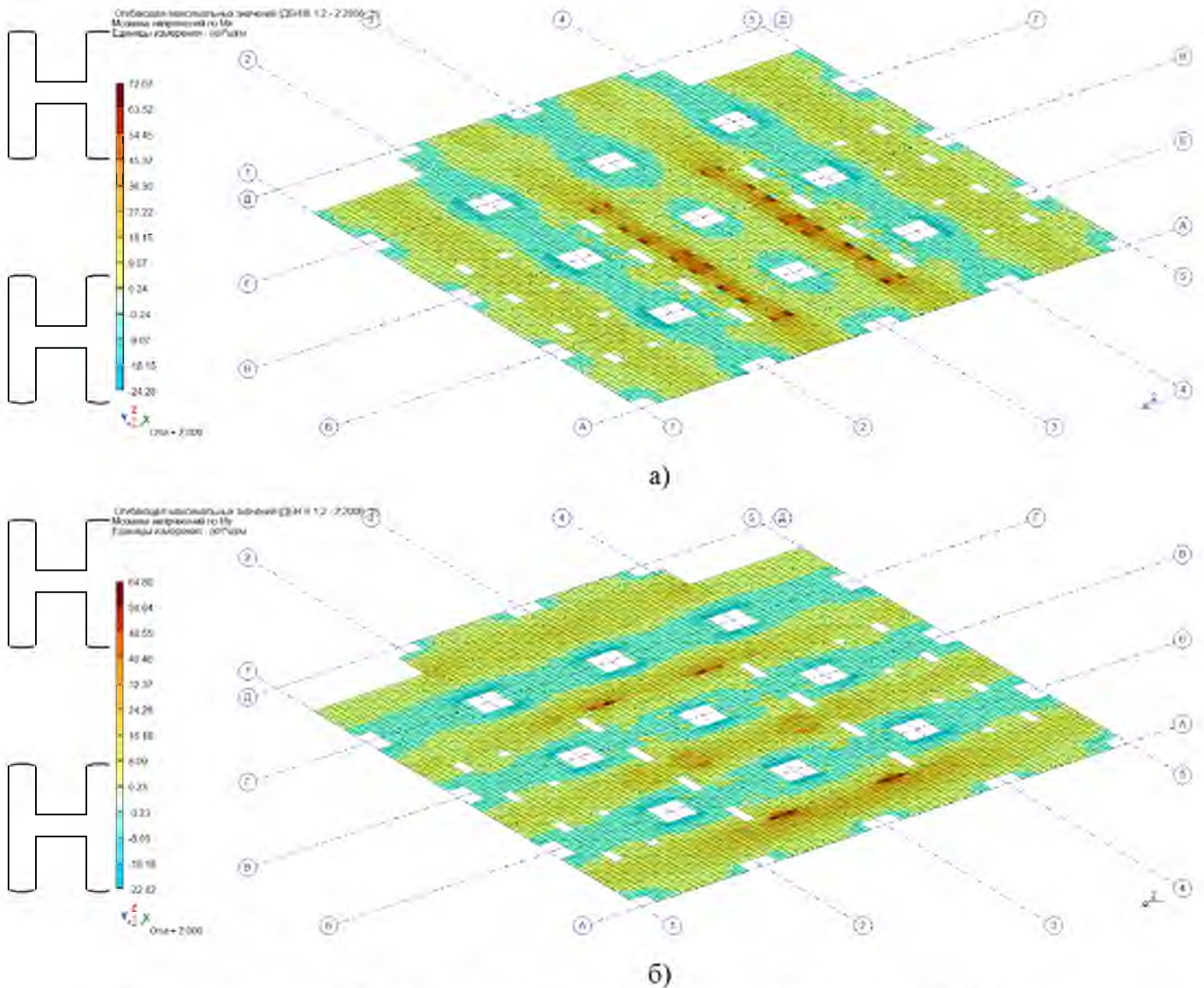


Рисунок 5.4 – Розрахункові зусилля в СЕ плити перекриття:

а – згинальні моменти M_x , кН·м/м, б – згинальні моменти M_y , кН·м/м

Результати розрахунку армування конструкцій

Критерієм міцності залізобетонних конструкцій може служити необхідний коефіцієнт армування при невідгінних сполученнях розрахункових навантажень.

Визначення розрахункового армування конструкцій будівлі виконувалося з використанням модуля ЛІР-АРМ ПК «ЛІРА САПР». Система ЛІР-АРМ призначена для визначення і перевірки армування у стрижневих і пластинчастих елементах у відповідності з нормативними вимогами [23, 24].

Вихідними даними для розрахунку є характеристики бетону та армування, які прийняті відповідно до проектних даних [1]:

БЕТОН

Клас бетону - C20/25 $f_{ck_prism}=20$; $f_{ctk}=1.5$; $E_{cm}=30000$ МПа;

Клас бетону - C25/30 $f_{ck_prism}=25$; $f_{ctk}=1.8$; $E_{cm}=32500$ МПа;

АРМАТУРА

Клас поздовжньої арматури - A500C $f_{yk}=500$; $E_s=210000$ МПа;

Клас поперечної арматури - A240C $f_{yk}=240$; $E_s=210000$ МПа;

ЗАГАЛЬНЕ

Коефіцієнти умов роботи бетону та арматури

Коефіцієнти роботи бетону:

Коефіцієнт α_{FAcc} врахування тривалості дії навантажень (стиснення) =

1.00;

Коефіцієнт α_{FAst} врахування тривалості дії навантажень (розтягнення) =

1.00;

Коефіцієнт γ_{c2} для БК врахування руйнування бетонних конструкцій =

0.90;

Коефіцієнт γ_{c3} для БК і ЖБК конструкцій бетонованих у вертикальному положенні: 0.85.

При визначенні розрахункового армування несучих конструкцій промислової будівлі враховувалися розрахункові сполучення навантажень відповідно до [14, 19].

Результати підбору арматури для основних несучих залізобетонних елементів конструкцій будівлі наведені в таблицях 5.1, 5.2 та на рисунках.

Таблиця 5.1

Максимальне розрахункове армування стержневих елементів (колон, балок перекриття)

Z, м	Максимальна розрахункова площа поздовжньої арматури у граней перерізу, см ²				Max % армування	Поперечна арматура, см ² , на 1 м довжини	
	AS1	AS2	AS3	AS4		ASW1	ASW2
Колони 500×500 мм							
-0,450	3.31	3.31	3.31	3.31	0,53	1,43	1,43
Колони 400×400 мм							
-0,450	5.4	5.4	5.4	5.4	1.35	1.15	1.15
Балки 400×400 мм							
+2,000	0.31	0.31	0.31	0.31	0.22	2.35	2.35

Примітки:

1. При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.

3. Для поперечної арматури наведені максимальні з усіх значень необхідні площі перерізу хомутів кожного напрямку.

Таблиця 5.2

Максимальні розрахункове армування плит перекриття на позначці +2,000

№ елемента	Максимальна розрахункова площа арматури, см ² /пм						Максимальний % армування	
	по позиції				по напрямку			
	AS1	AS2	AS3	AS4	AS1+AS2	AS3+AS4	AS1+AS2	AS3+AS4
6128	13.8	1	2.4	1.	14.8	3.4	0.74	0.17
5355	1	5.53	1	3.62	6.53	4.62	0.33	0.23
2104	12.47	1	12.34	1	13.47	13.34	0.67	0.67
3350	1	4.54	1	6.34	5.54	7.34	0.28	0.37

Позначення:

AS1 і AS2 - нижня і верхня відносно осі Z1 горизонтальна арматура;

AS3 і AS4 - нижня і верхня відносно осі Z1 вертикальна арматура.

Примітки:

При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити наступні висновки.

- максимальний розрахунковий відсоток армування колон перерізом

40x40 см складає 1,35%, що не перевищує проектне значення 1,57% ($8\emptyset 20=25,14$ см²);

максимальний розрахунковий відсоток армування колон перерізом

50x50 см складає 0,53%, що не перевищує проектне значення 1,57% ($8\emptyset 25=39,27$ см²);

- максимальний розрахунковий відсоток армування балок перерізом

40x40 см складає 0,26%, що не перевищує проектне значення 0,5% ($4\emptyset 16=8,04$ см²);

- максимальний розрахунковий відсоток польового армування плити

перекриття на позначці +2,000 складає 0,74%, що не перевищує проектне значення

0,85% ($1\emptyset 12$ (в)+ $2\emptyset 12$ (н) з кроком 200).

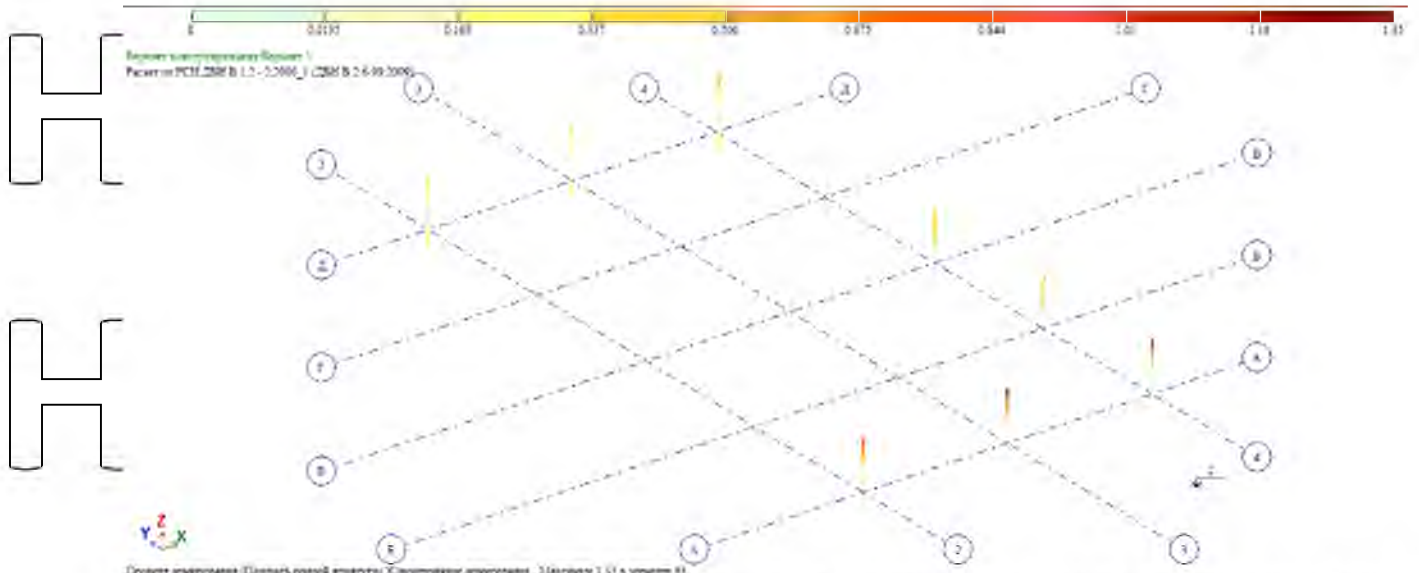


Рисунок Г.1 – Максимальні розрахункові відсотки армування колон перерізом 40×40 см

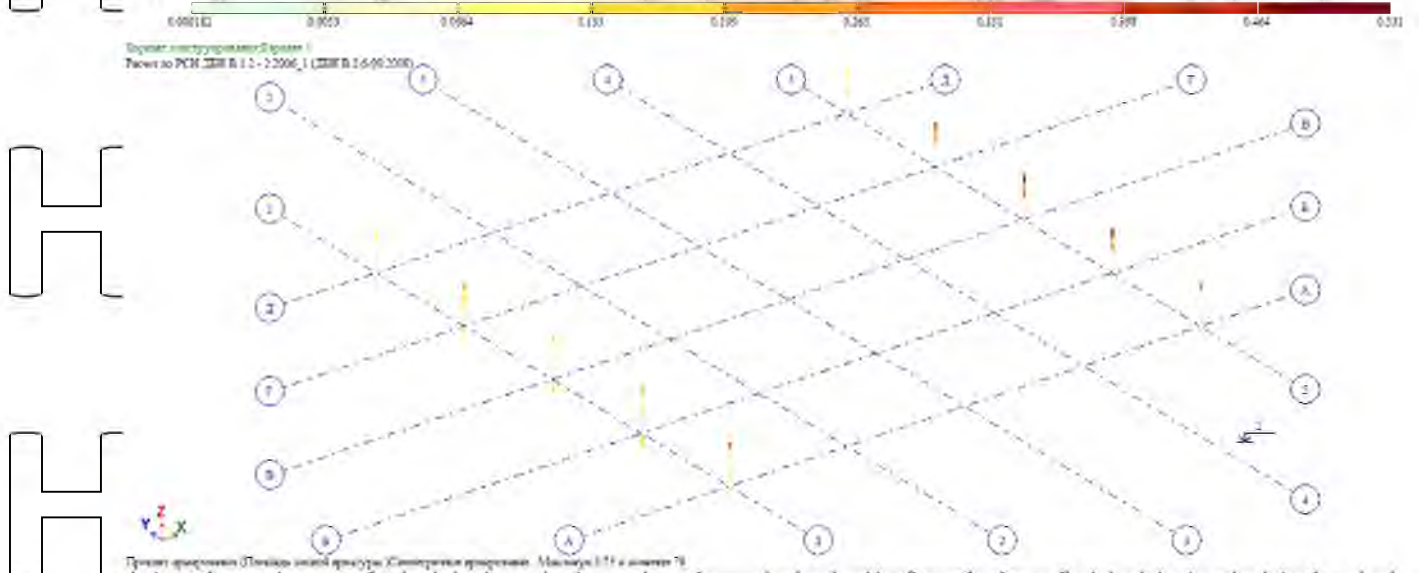


Рисунок Г.2 – Максимальні розрахункові відсотки армування колон перерізом 40×40 см

НУБІП України

НУБІП України

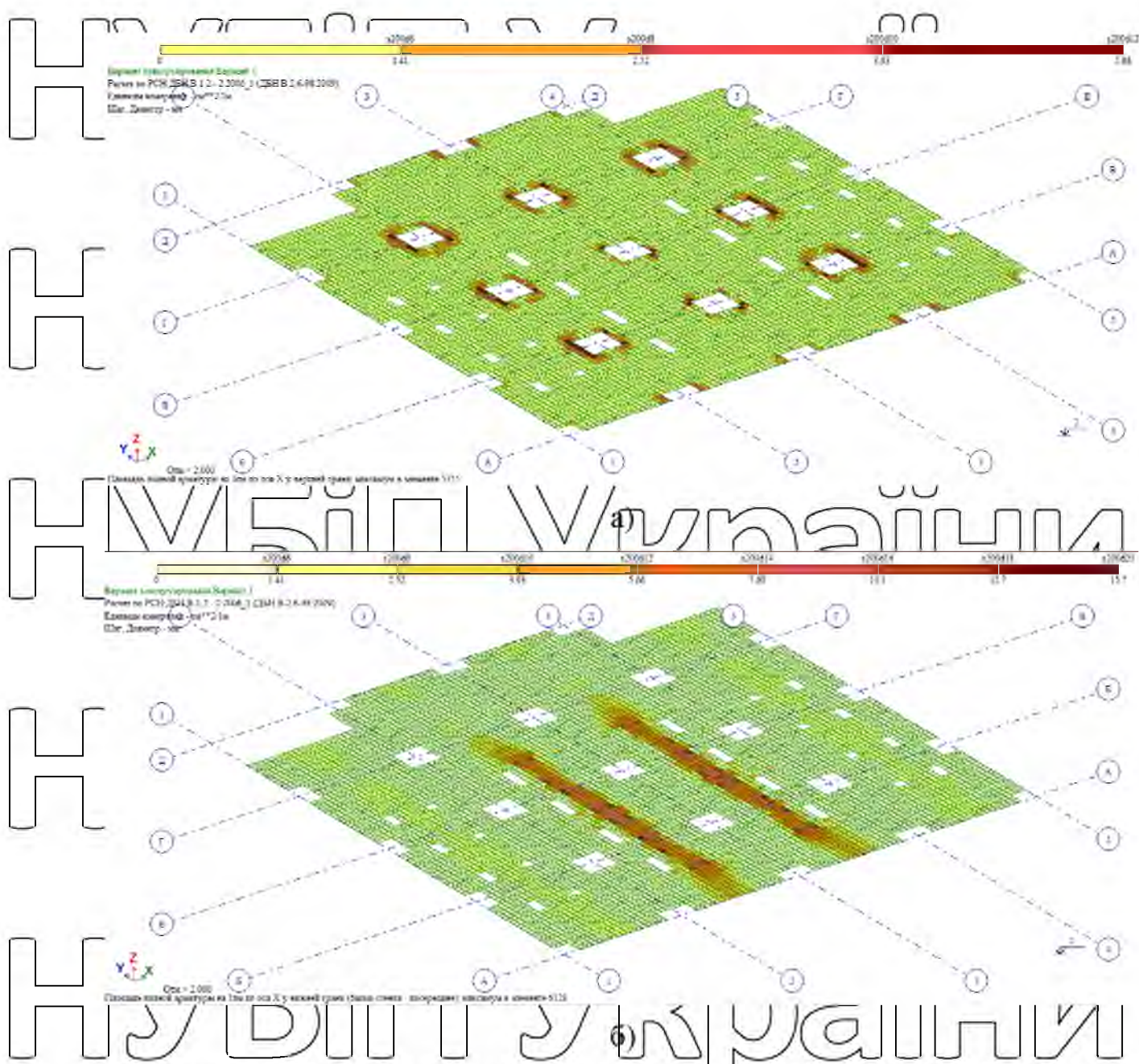


Рисунок Г.3 - Ізополя армування плити перекриття на позначці +2,000 вздовж

осі X: а – площа верхньої армування; б – площа нижньої армування

НУБІП України

НУБІП України

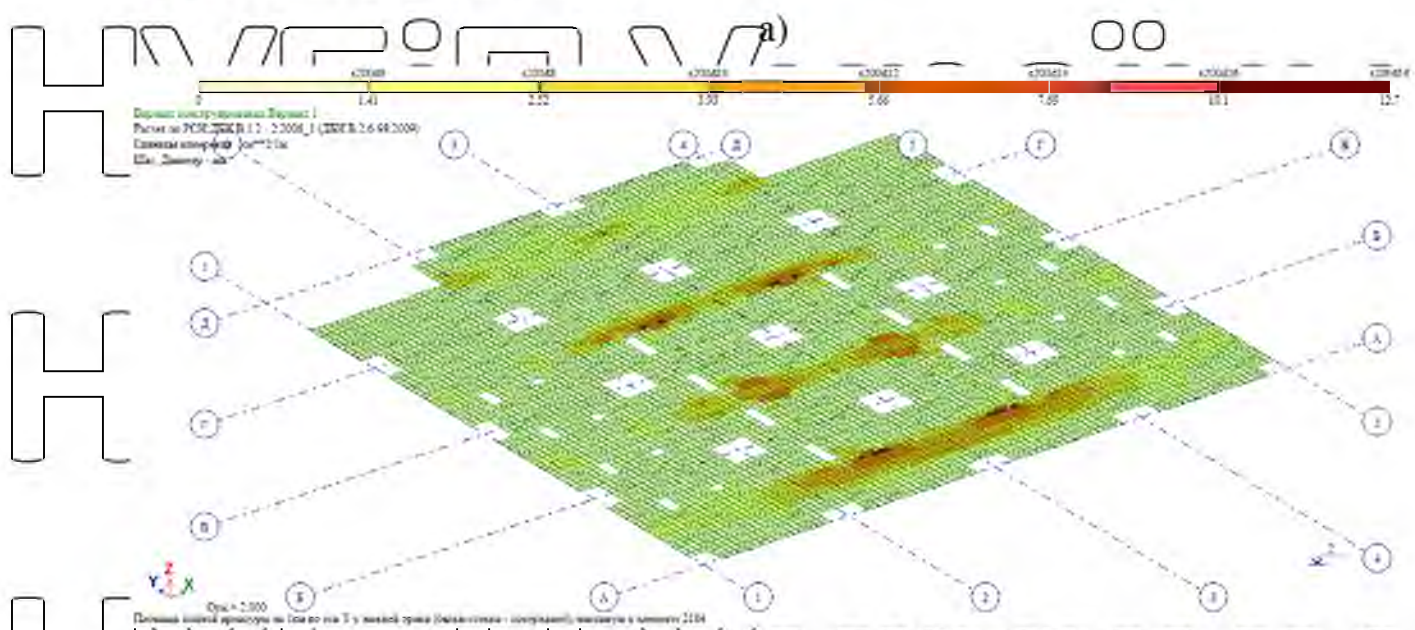
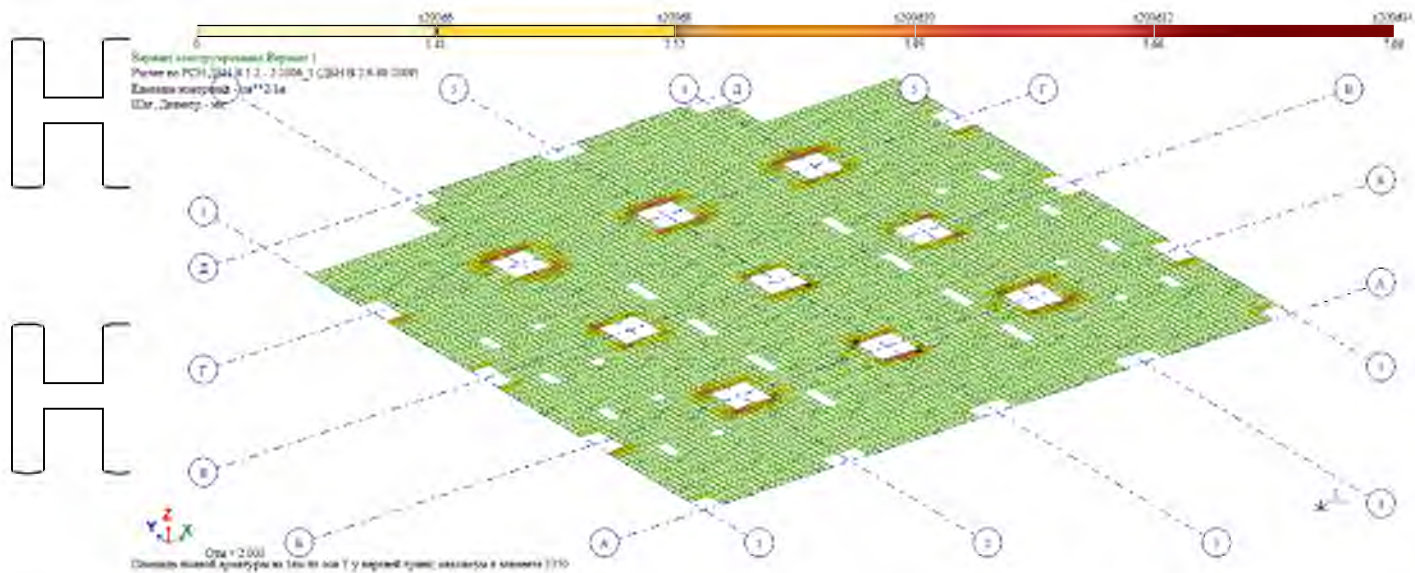


Рисунок Г.4 - Ізоплани армування плити перекриття на позначці +2,000 вздовж осі Y: а – площа верхньої арматури; б – площа нижньої арматури

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

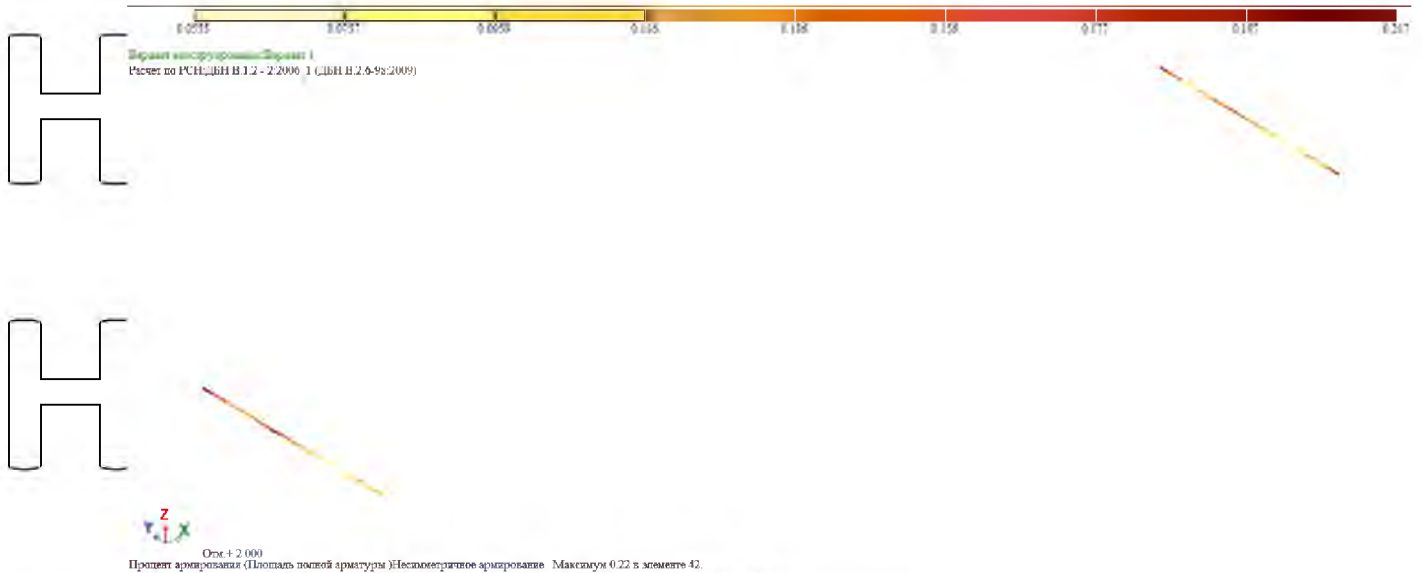


Рисунок Г 5 – Максимальні розрахункові відсотки армування балок перерізом

40×40 см

4. Проектування виробничої будівлі при навантаженнях віброактивного обладнання

Вступ

У розвитку машинобудування має місце загальна тенденція – підвищення робочих параметрів машин, збільшення одиничної потужності машинних агрегатів. Ця тенденція повною мірою притаманна технологічним машинам та обладнанню галузей лісового комплексу. Збільшення робочих параметрів обладнання, зниження його питомої металомісткості призводить до збільшення його віброактивності. Надійність експлуатації машин нерозривно пов'язана з їх віброактивним станом, оскільки підвищена вібрація збільшує динамічні навантаження на конструктивні елементи, інтенсифікує зношування та пошкодження машин і підтримуючих конструкцій, нерідко негативно впливає на якісні показники продукції, наприклад, якість паперового полотна, що виробляється на папероробних машинах. Шум і вібрація, що генеруються обладнанням, впливають на обслуговуючий персонал, що призводить до професійних захворювань.

Загальна генеральна мета досліджень вібраційних процесів в обладнанні, що полягають у виявленні основних причинно-слідчих залежностей, спрямована на підвищення ефективності та безпеки роботи цього обладнання. Зазначена мета

досягається при проектуванні, виготовленні та експлуатації обладнання шляхом розробки та впровадження методів та засобів його віброзахисту, а також вібраційної діагностики його технічного стану.

При цьому вирішуються такі задачі:

- виявлення факторів, що впливають на вібраційну активність складових частин обладнання, та ступеня впливу цих факторів на параметри вібрації;

- виявлення можливості та областей застосування різних методів та засобів віброзахисту обладнання;

- визначення залежностей параметрів вібрації складових частин обладнання від структурних параметрів їхнього технічного стану.

Завданням досліджень вібрацій обладнання є загалом у разі виявлення наведених функціональних залежностей. Інтенсивність вібрації залежить від правильності конструктивних рішень обладнання, від якості його виготовлення та монтажу, від технічного стану під час експлуатації. Вібрація є інтегральним показником якості та технічного стану машини. Віброзахист, під яким розуміється комплекс заходів при проектуванні, виготовленні, монтажі та експлуатації обладнання, спрямованих на зменшення його вібрації є однією з актуальних проблем галузей сільськогосподарського комплексу. Вирішення цієї проблеми підвищить ефективність роботи устаткування.

Значних трудовитрат вимагає підтримання обладнання в технічно справному стані. Кожен третій працюючий, наприклад, на підприємствах сільськогосподарського комплексу, зайнятий технічним обслуговуванням та ремонтом. Витрати на ремонт, віднесені до вартості основних фондів становлять 3-6%. Значних економічних збитків завдають аварійні відмови обладнання. Задача поліпшення технічного обслуговування та ремонту обладнання з метою підвищення ефективності його роботи, запобігання аварійним відмовам, скорочення витрат за підтримку устаткування працездатному стані дуже актуальна.

Одним із шляхів удосконалення технічного обслуговування та ремонту обладнання є використання системи вібродіагностики.

Основою для розробки методів та засобів вібродіагностики є теоретичні основи віброзахисту машин. Під віброзахистом розуміється сукупність засобів та

методів зменшення вібрації, що сприймається об'єктами, що захищаються. Причому під зменшенням вібрації розуміють зменшення значень певних величин, що характеризують вібрацію. Захищеними від вібрації об'єктами в даному випадку є складові частини та підтримуючі конструкції машин та обладнання. До конструкцій, що підтримують, відносяться фундаменти, постаменти, міжповерхові перекриття та інші конструкції, на яке встановлюється обладнання.

4.1. Параметри і нормування вібрації

4.1.1. Загальні відомості про вібрацію

Вібрація - це механічні коливання, що характеризуються відхиленням фізичних тіл від положення рівноваги, що багаторазово повторюється. Зважаючи на те, що поняття вібрації та коливального процесу (коливань) близькі між собою, скористаємося для подальшого викладу обома термінами.

Вібруючі машини, споруди або їх складові є коливальними системами.

Однією з найважливіших ознак коливальної системи число ступенів свободи, тобто кількість незалежних числових параметрів, що однозначно визначають положення всіх точок системи у просторі у будь-який фіксований момент часу t .

Розрізняють системи з кінцевим та нескінченним числами ступенів свободи.

Системи з кінцевим числом ступенів свободи, що складаються із зосереджених мас, називаються дискретними. Вони описуються звичайними диференціальними рівняннями. Системи з нескінченним числом ступенів свободи, що мають розподілені маси, називаються континуальними або розподіленими. Ці системи описуються диференціальними рівняннями у частних похідних.

Колівальні системи можуть здійснювати такі види вібрації:

- за характером збудження: вільну, вимушену при кінематичному або силовому збудженні, параметричну та у вигляді автоколивань;
- за складністю: періодичну моно- та полігармонічну, імпульсну (ударну);
- за частотним складом;
- по відношенню до власних частот коливань: дорезонансну, резонансну, зарезонансну;
- по можливості аналітичного опису: детермінована та випадкова.

У коливальних системах машин і споруд можливі накладення вільних і

вимушених, параметричних, самозбуджувальних та інших вагань

Система, виведена з стану спокою та надана самій собі, здійснює вільні коливання. Найважливішою характеристикою вільних коливань є власна частота коливань ω_0 , значення якої визначається величиною коливається маси m і жорсткості C системи:

$$\omega_0 = \sqrt{C/m}$$

Власних частот у системи безліч. Їхнє число визначається числом ступенів свободи дискретних систем та дорівнює нескінченності у розподілених систем.

Збільшення маси призводить до зниження, а збільшення жорсткості – до підвищення власних частот системи.

Якщо параметри коливань $x(t)$ системи повторюються через рівні проміжки часу, що характерно при режимі роботи, машин та устаткування, що встановився, то коливання називаються періодичними. Періодичні коливання задовольняють

умову

$$x = x + kT,$$

де k – будь-яке число, T – період коливань, с.

Величина, обернена до періоду, $f = 1/T$, називається частотою коливань f , Гц, та вимірюється числом коливань в одну секунду.

Найбільш простий вид коливань – гармонійні, при яких маса коливається за косинусоїдальним або синусоїдальним законом

$$S = S_a \cos \omega t + \beta,$$

де S – вібропереміщення об'єкта, м; S_a – амплітуда вібропереміщень, м; ω – кутова частота коливань, $\omega = 2\pi f$, Рад/с; β – кут зсуву фаз вібрації, рад; t – час, с.

Для моногармонічної вібрації між амплітудами вібропереміщень S_a , м, віброшвидкості V_a , м/с, та віброприскорення a_a , м/с², є "жорсткий" зв'язок:

$$V_a = \omega S_a; a_a = \omega^2 S_a = \omega V_a.$$

За вібропереміщенням встановлюється взаємозв'язок між коливаннями і точністю виконуваної операції, наприклад, стабільністю натягу паперу, підтримкою постійного тиску між валами пресів, каландрів і еуперкаландрів, що коливаються, незмінністю відносного положення частин і агрегатів, наприклад,

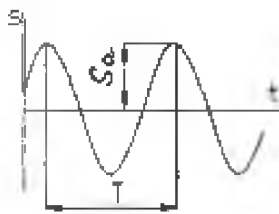
напірної скриньки і грудного валу сіткового столу в паперових машинах. Обмеженням вібропереміщень запобігається небезпека зачеплення конструкцій, що коливаються, їх елементів, можливість розкриття стиків і т. п.

У конструкції машин напруги, що коливаються, часто пропорційні амплітудам вібропереміщень. За амплітудами вібропереміщень можна оцінювати напруги у матеріалі конструкцій з урахуванням її жорсткості.

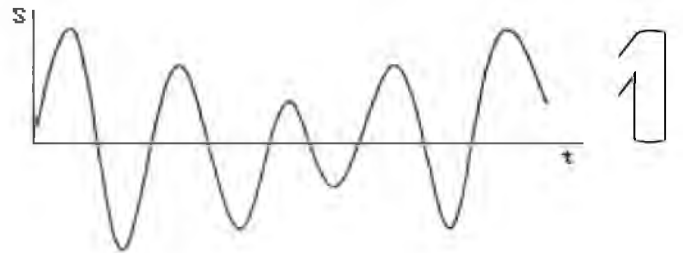
Для протяжних конструкцій типу станин та фундаментів згинальні напруги в елементах пропорційні відносним амплітудам вібропереміщень. Вимірювання амплітуд вібропереміщень зручне при діагностиці обладнання, що збуджує моногармонічну вібрацію, наприклад, через невірноваженість валів. І, нарешті, амплітуда і частота вібропереміщень найбільш доступні для розуміння параметри гармонійної вібрації.

Для повної характеристики полігармонічних коливань необхідно знати для кожної зі складових вібрації амплітуду вібропереміщення, кутову частоту та кут зсуву фаз, що найчастіше неможливо зробити. Оцінка вібрації за критерієм віброшвидкості усуває ці труднощі, оскільки пов'язує два основні параметри - амплітуду вібропереміщення та частоту.

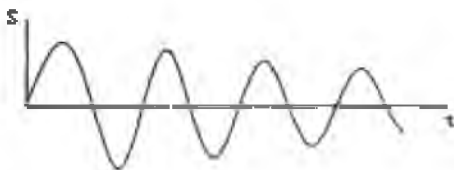
а



б



в



г



д

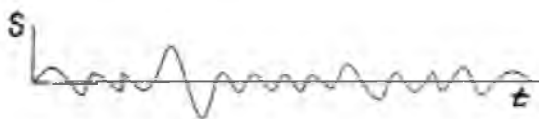


Рис. 1.1. Види вібрації: гармонійна (а), у формі биття (б), затухаюча при одному імпульсі (в), затухаюча при повторюваних імпульсах (г), випадкова (д).
Додавання двох гармонійних коливань (рис. 1.1, а) з близькими частотами

утворює коливання у формі биття (рис. 1.1, б). Випадкові коливання подано на рис. 1.1, д. Одиначний імпульсний (ударний) динамічний вплив призводить до загасаючих коливань (рис. 1.1, в), а при періодично повторюваних імпульсах – до загасаючих коливань, що періодично повторюється (рис. 1.1, г).

Напруги в конструкціях пропорційні не тільки вібропереміщенням, але також залежать від жорсткості конструкцій. Зі збільшенням жорсткості конструкції при постійних вібропереміщеннях напруги зростають. При резонансній вібрації напруги у конструкціях будь-якої жорсткості пропорційні віброшвидкості.

Віброприскорення є характеристикою силового впливу коливань. Наприклад, прилад або агрегат на основі, що коливається, відчуває силу інерції, амплітуда F_a якої пропорційна амплітуді віброприскорень a_a .

де m – маса віброуючого об'єкта.

Найбільш простим методом оцінки віброактивності обладнання є оцінка за амплітудами вібропереміщень, віброшвидкостей або віброприскорень при моногармонійній вібрації або за загальним рівнем СКЗ вібропереміщень, віброшвидкостей та віброприскорень при моногармонійній та полігармонійній вібрації.

Можливості аналізу вібрації розширюються, якщо її представляти в певних смугах частот.

Зазвичай виділяють чотири діапазони частот вібрації: інфранізкі (до 2 Гц), низькі (до 200 Гц), середні (від 200 Гц до 2 кГц), високі (2 - 20 кГц), ультрависокі частоти (20 – 500 кГц та вище).

Середнє квадратичне значення гармонійної вібрації:

$$S_e = S_o / \sqrt{2}$$

Вібрація машин може мати широкий спектр частот від кількох герц до сотень кілогерц. Для зручності вимірювання та аналізу весь частотний діапазон вібрації ділять на смуги частот. Верхня та нижня межі декадних смуг відрізняються у 10

разів, октавних смуг у 2 рази, третьоктавних - у 1,26 рази. Весь діапазон частот може бути розбитий наступні декади: 1...10; 10...100; 100...1000 Гц і т.д. При поділі частотного діапазону на октави результати вимірювання відносять до середньгеометричних частот f , які знаходять із виразу:

$$f = \sqrt{f_n f_v} = \sqrt{2} f_n$$

Різні дефекти та ушкодження виявляються у різних діапазонах частот. Тому вібрація у багатьох випадках подається у вигляді спектрів (рис. 1.3).

Спектр вібрації - це сукупність відповідних гармонійних складових значень величини, що характеризує вібрацію, в якій зазначені значення розташовуються в порядку зростання частот гармонійних складових.

Спектр частот - це сукупність частот гармонійних складових вібрації, які розташовані в порядку їх зростання. В амплітудному спектрі вібрації величинами, що характеризують гармонійні складові, є їх амплітуди. Використовуються спектри амплітуд та СКЗ вібропереміщень, віброшвидкостей та віброприскорень.

Спектр залежно від смуги частот може бути з декадною, октавною, напівоктавною, третьоктавною смугами частот і вузькосмуговий. Під смугою частот розуміється сукупність частот у аналізованих межах.

Відношення верхньої граничної частоти до нижньої одно: у декадної смуги частот 10, у октавної - 2, у напівоктавної - $\sqrt{2}$, у третьоктавної - $\sqrt[3]{2}$.

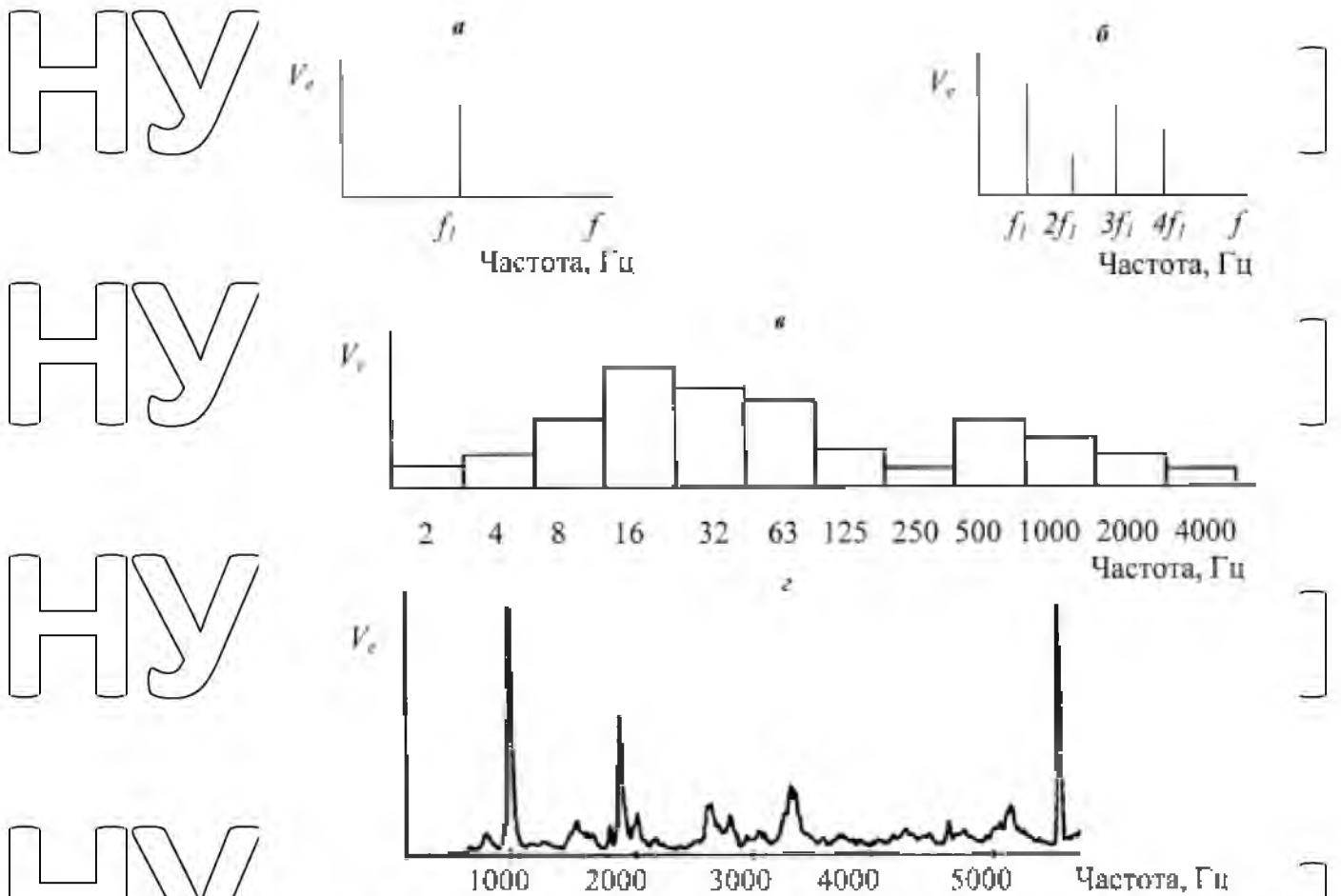


Рис. 1.3. Спектры вібрації: а - моногармонической; б - полигармонической; в - октавной; г - узкополосный

4.1.2. Нормування вібрації

Розрізняють гігієнічне, технічне та діагностичне нормування вібрації.

Гігієнічне нормування полягає в обмеженні параметрів вібрації, що впливає на людину. При технічному нормуванні встановлюються розрахункові параметри вібрації під час проектування обладнання, що враховується вплив вібрації на технологічний процес. При діагностичному нормуванні встановлюються зони технічного стану устаткування: А – під час приймання устаткування експлуатацію, В – під час експлуатації без обмеження терміну, С – під час експлуатації до найближчих профілактичних заходів. Зона Д відповідає аварійному стану обладнання.

Для обладнання міжгалузєвого призначення діагностичні норми встановлюються міжнародними або національними стандартами, в окремих випадках – галузєвими стандартами.

Вібрація за способом впливу на людину поділяється на загальну та локальну. Загальна вібрація передається на тіло сидячого або того, що стоїть на віброуючій поверхні машини, фундаменту, конструкції людини через опорні частини його тіла.

За джерелом виникнення загальну вібрацію поділяють на три категорії [9]:

1) транспортна вібрація, що впливає на операторів рухомих машин та транспортних засобів при їх русі дорогами; на підприємствах лісопромислового комплексу таку вібрацію створюють, наприклад, лісовозні автомобілі, катери, внутрішньозаводський транспорт;

2) транспортно-технологічна вібрація, що впливає на операторів машин з обмеженим переміщенням тільки за спеціально підготовленими поверхнями виробничих приміщень, промислових майдаників, її створюють крани, валочно-трельовальні машини, автотранспортувачі, підлоговий виробничий транспорт;

3) технологічна вібрація, що впливає на операторів стаціонарних машин або передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації; виникає при експлуатації деревообробного та папероробного обладнання, електричних машин, насосів та вентиляторів.

Локальна вібрація передається людині через руки. Вона виникає при використанні ручних машин: на ручках, важелях та інших органах управління машин, агрегатів; при контакті рук робітника з обладнанням, що вібрує. Вібрація, що впливає на людину через її частини тіла, у широкому діапазоні частот збуджує коливання його тіла та внутрішніх органів. У цьому можливі резонансні коливання.

Частоти власних коливань внутрішніх органів лежать у діапазоні від 3 до 6 Гц, частоти власних коливань плечового поясу, стегон, голови у положенні «стоячи» становлять 4...6 Гц, голови щодо плечей у положенні «сидячи» - 25...30 Гц. Зовнішні коливання частотою менше 0,7 Гц утворюють хитавицю, яка порушує нормальну діяльність вестибулярного апарату.

Низькочастотні коливання та інфразвукові хвилі (з частотою менше 16 Гц) пригнічують нервову систему, викликають відчуття тривоги. Особливо небезпечні коливання із частотою 3...7 Гц, що викликають резонанс внутрішніх органів. Тривалий вплив загальної та локальної вібрації у широкому діапазоні частот призводить до вібраційної хвороби.

Гігієнічними характеристиками вібрації є такі нормовані параметри: середньоквадратичні значення віброшвидкості або віброприскорення; логарифмічні рівні віброшвидкості чи віброприскорення.

Норми встановлені в октавних смугах частот окремо для вертикального та горизонтальних напрямків, виходячи з тривалості дії 480 хв (8 год).

Залежність допустимих значень нормованого параметра X від часу фактичного впливу вібрації t , не перевищують 480 хв, визначають за формулою

$$X_t = X_{480} \sqrt{480/t}$$

де X_{480} - допустиме значення нормованого параметра для тривалості дії вібрації 480 хв.

Максимальне значення X_t не повинно перевищувати значень, що визначаються для $t = 10$ хв у разі загальної вібрації і $t = 30$ хв для локальної вібрації.

Вібрація є інтегральним показником якості конструкції виготовлення та монтажу, технічного стану при експлуатації обладнання. Вжиття заходів щодо зменшення вібрації обладнання підвищує його надійність.

Як нормовані параметри вібрації стандартом встановлюються:

- середні квадратичні значення віброшвидкості в октавних смугах частот, мм/с;

- пікове значення вібропереміщення (при гармонійній вібрації амплітуда вібропереміщень), мкм.

Устаткування будівель очистки та сортування комплексу кондиціонування насіння сільськогосподарських культур обладнання мають вібрацію у широкому діапазоні частот від 1...2 Гц до 10...20 кГц. Але нормування вібрації здійснюється лише в низькочастотній ділянці межах 1,4...360 Гц.

На найбільш високих частотах величина вібрації одноіменного обладнання технічно справному стані має великий розкид через вплив на вібрацію конструктивних особливостей складових частин.

Частотний діапазон вібрації, що нормується, встановлюється для кожного виду обладнання, але в межах октавних смуг із середньгеометричними частотами від 2 Гц до 250 Гц. Для ротційного обладнання найменше значення середньгеометричної частоти октавної смуги, в якій нормується вібрація,

встановлюється на найменшій частоті обертання ротора (валу, циліндра) обладнання, що входить до цієї смуги частот. Рекомендовані для нормування середніх квадратичних віброшвидкостей октавні смуги із середньгеометричними частотами 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250 Гц.

Вібраційний стан обладнання оцінюють при встановленому робочому режимі в трьох взаємно перпендикулярних напрямках: вертикальному Z, горизонтально-подовжньому X, горизонтально-поперечному, по відношенню до осей обладнання.

Допустимими параметрами вібрації конкретного обладнання можна знайти у стандартах, а також у книгах [10, 11].

4.2. Результати вібродинамічного обстеження конструкцій будівлі

Задачі і методи досліджень

Метою проведення вібродинамічних обстежень є визначення фактичних динамічних параметрів (переважаючих періодів та частот при коливаннях по основних формах) конструкцій будівлі посту ошкетки листятебелевої маси та сортування, зокрема конструкцій перекриттів на позначці +2,000 при фонових впливах та робочих режимах віброактивного обладнання.

Завданнями вібродинамічних обстежень є:

- вимірювання вертикальних та горизонтальних коливань несучих конструкцій (плити перекриття, колон) на позначках -0,450; +2,000; +8,950 при фонових впливах та робочих режимах віброактивного обладнання;

- одночасне вимірювання вертикальних та горизонтальних коливань конструкцій опорних конструкцій хаскерів та конструкцій плит перекриття на позначці +2,000 при роботі обладнання;

- вимірювання вертикальних та горизонтальних коливань конструкцій каркасу будівлі;

- обробка одержаних даних вимірювань і побудова частотних спектрів вимушених коливань будівлі та окремих конструкцій;

- визначення частот власних коливань, амплітуд віброприскорень і вібропереміщень конструкцій при фонових впливах та робочих режимах віброактивного обладнання.

Методи досліджень і апаратура

При виконанні динамічних досліджень застосовувалася віброметрична апаратура, яка дозволяє записувати вібраційні сигнали в реальному часі (рис. 2.1).

При проведенні записів коливань об'єкту дослідження використовувався частотний діапазон від 0,3 Гц до 100 Гц. В цьому діапазоні знаходиться більшість переважаючих частот за першими формами коливань конструкцій об'єктів громадського та промислового призначення та переважаючі частоти віброактивного обладнання.

Реєстрація вібросигналів виконана з використанням комплекту автономної бездротової багатоканальної системи моніторингу будівельних конструкцій, до складу якої входять:

- модулі вимірювання низькочастотних вібросигналів МІНВ-01 з однокомпонентними датчиками прискорення 731А;
- ноутбук з програмним забезпеченням для реєстрації й обробки вібросигналів;
- з'єднотні кабелі.



Рисунок 2.1 - Загальний вигляд вібровимірювальної апаратури,

яка використана при проведенні досліджень.

НУБІП України

Джерелами динамічного впливу є:

- фонові впливи (вітер, робота вантажного, транспортного обладнання на території комплексу тощо);

- вимушений вплив віброактивного обладнання, розміщеного в корпусі сортування, зокрема: хаскерів на позначці $\pm 2,000$ (від одного до чотирьох робочих апаратів одночасно); двигунів стрічкових конвеєрів на позначках $-0,450$ та $+2,000$; компресора на позначці $+2,000$.

Результатом вібродинамічних досліджень є:

- динамічні характеристики (частоти та періоди коливань) конструкцій при фонових впливах та при робочих режимах віброактивного обладнання.

Отримані дані дозволяють виконати верифікацію динамічної моделі конструкцій шляхом порівняння зареєстрованих та розрахункових значень коливань (частот, прискорень).

- амплітуди віброприскорень і вібропереміщень конструкцій на позначках $-0,450$; $+2,000$; $+8,950$, конструкцій опорних конструкцій хаскерів при фонових впливах та робочих режимах віброактивного обладнання.

4.2.1. Методика досліджень

Для реєстрації динамічної реакції конструкцій була розроблена відповідна методика вібродинамічних досліджень, що передбачає вимірювання віброприскорень в двох горизонтальних (вздовж осей X і Y) та вертикальному напрямках згідно з ДСТУ ГОСТ 12.1.012 «ССБТ. Вібраційна безпека» [15]. Методика встановлює порядок виконання робіт при проведенні вібродинамічних досліджень будівлі.

- Методикою передбачено виконання наступних задач при проведенні вібродинамічних досліджень:

- визначення необхідного кількісного складу елементів вимірювального комплексу, підготовка апаратури для проведення віброметричних досліджень об'єкту;

- розроблення схем розміщення датчиків для проведення вібродинамічних досліджень;
- проведення записів вертикальних та горизонтальних коливань конструкцій на позначках -0,450; +2,000; +8,950 при фонових впливах та робочих режимах віброактивного обладнання;

- одночасне вимірювання вертикальних та горизонтальних коливань конструкцій опорних конструкцій хаскерів та конструкцій плит перекриття на позначці +2,000 при роботі обладнання;

- проведення записів вертикальних та горизонтальних коливань конструкцій каркасу будівлі на різних позначках;
виконання обробки та аналізу отриманих записів коливань конструкцій досліджуваної будівлі на основі методу спектрального аналізу; побудова графіків віброприскорень;

- проведення аналізу та визначення переважаючих частот вертикальних та горизонтальних коливань будівлі та окремих конструкцій;

- визначення максимальних рівнів віброприскорень та динамічного впливу на конструкції будівлі на різних позначках та різних режимах роботи обладнання;

- вибір та підготовка віброметричної апаратури для проведення вібродинамічних досліджень
реєстрація вібросигналів виконана однокомпонентними віброперетворювачами (вібродатчиками) моделі 731A фірми "Wilcoxon research" (США). Вимірювальним параметром при вібродинамічних дослідженнях є віброприскорення.

В таблиці 2.1 наведено перелік апаратури, що використовувалася для проведення вібродинамічних досліджень.

Таблиця 2.1

Склад та комплектність віброметричної апаратури для проведення вібродинамічних досліджень

Найменування приладу	Кількість, шт.	Призначення
----------------------	----------------	-------------

Віброперетворювач (датчик вібрації) модель 731А з кабелем довжиною до 5 м	4	Перетворення механічних коливань в електричний сигнал
Модуль вимірювання низькочастотної вібрації (МВНВ)	4	Передача даних вимірювань на ноутбук
Ноутбук (живлення автономне)	1	Запис сигналів, обробка даних та візуалізація результатів вимірювань
Програмне забезпечення – ПК "Сейсмомониторинг" [16]	1	Запис сигналів, обробка даних, побудова графіків сигналів та їх амплітудних спектрів для проведення аналізу

4.2.2. Схеми розміщення вібродатчиків

Для визначення параметрів коливань будівлі та окремих конструкцій вібродатчики розміщувались в горизонтальній та вертикальній площинах.

Орієнтація вібродатчиків здійснювалася послідовно за наступними напрямками:

- вздовж літерних осей будівлі – вісь X;
- вздовж цифрових осей будівлі – вісь Y;
- за висотою будівлі – вісь Z.

В рамках розробленої методики були реалізовані наступні схеми розміщення вібродатчиків:

Схема №1 – призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень несучих конструкцій будівлі на позначці +2,000.

Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.2):

- т. 1 – в центрі плити перекриття в осях 3-4/А-Б;
- т. 2 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/А-Б;
- т. 3 – в прогоні між колонами в осях 3/А-Б;
- т. 4 – на плиті перекриття над колоною в осях 3/Б.

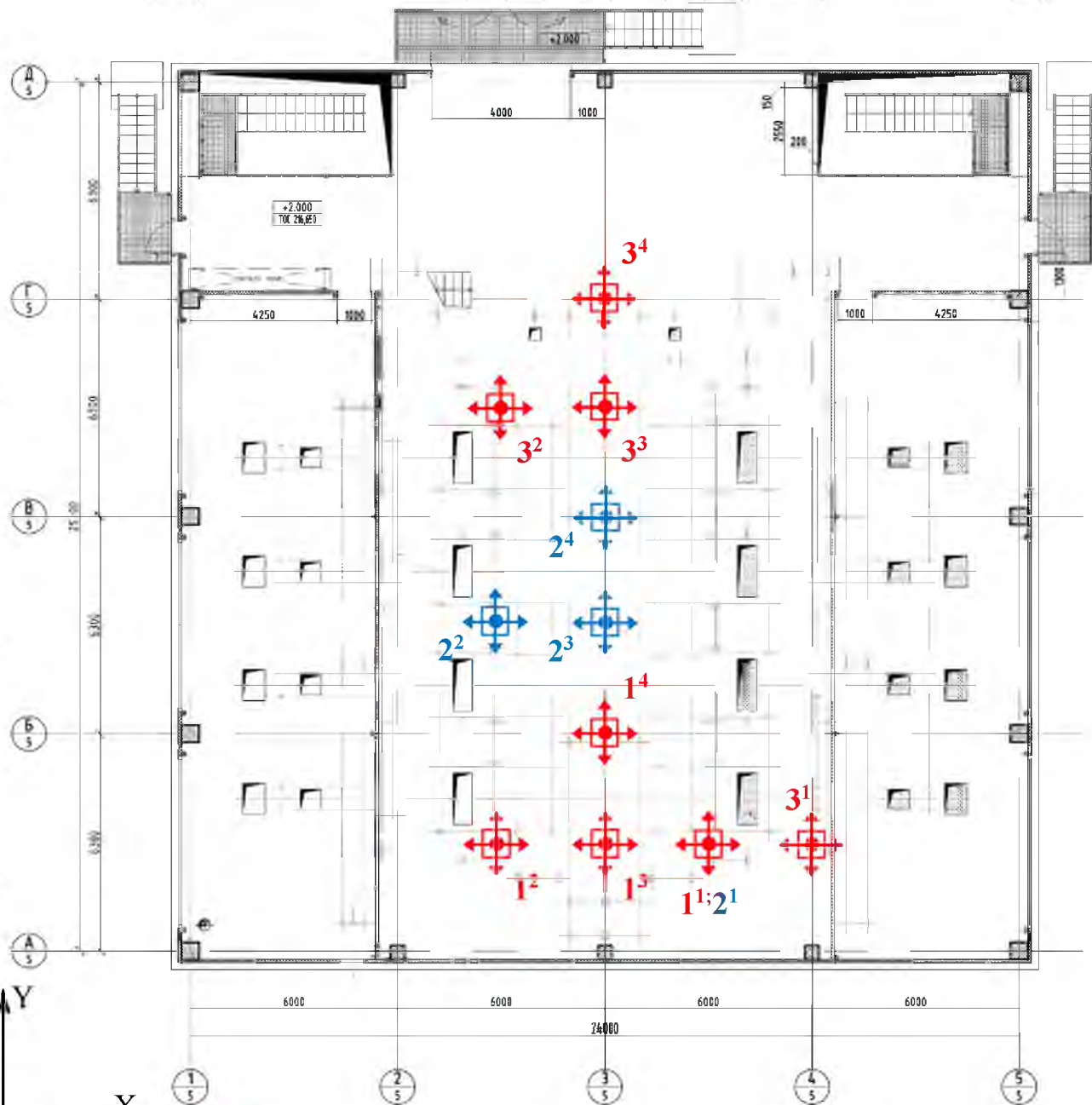
Схема №2 – призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень несучих конструкцій будівлі на позначці +2,000.

Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.2, 2.3)

- т. 1 – в центрі плити перекриття в осях 3-4/А-Б;
- т. 2 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/Б-В;

т. 3 – в прогоні між колонами в осях 3/Б-В;

т. 4 – на плиті перекриття над колоною в осях 3/В.




 - датчики для вимірювання горизонтальних і вертикальних коливань

Рисунок 2.2 – Розстановка датчиків відповідно до схем 1 - 3



Рисунок 2.3 – Розміщення датчиків вібрації відповідно до схеми 2 (місця встановлення датчиків)

Схема №3 – призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень несучих конструкцій будівлі на позначці +2,000. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.2):

- т. 1 – в прогоні між колонами в осях 4/А-Б;
- т. 2 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/В-Г;
- т. 3 – в прогоні між колонами в осях 3/В-Г;
- т. 4 – на плиті перекриття над колоною в осях 3/Г.

Схема №4 – призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень плити перекриття на позначці +2,000. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.4):

- т. 1 – в центрі плити перекриття в осях 3-4/А-Б;
- т. 2 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/Б-В;
- т. 3 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/В-Г;
- т. 4 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/Г-Д.

Схема №5 – призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень несучих конструкцій будівлі на позначці +2,000. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.4):

- т. 1 – в центрі плити перекриття в осях 3-4/А-Б;

т. 2 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/Б-В;
 т. 3 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/А-Б;
 т. 4 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/В-Г (Г-Д).

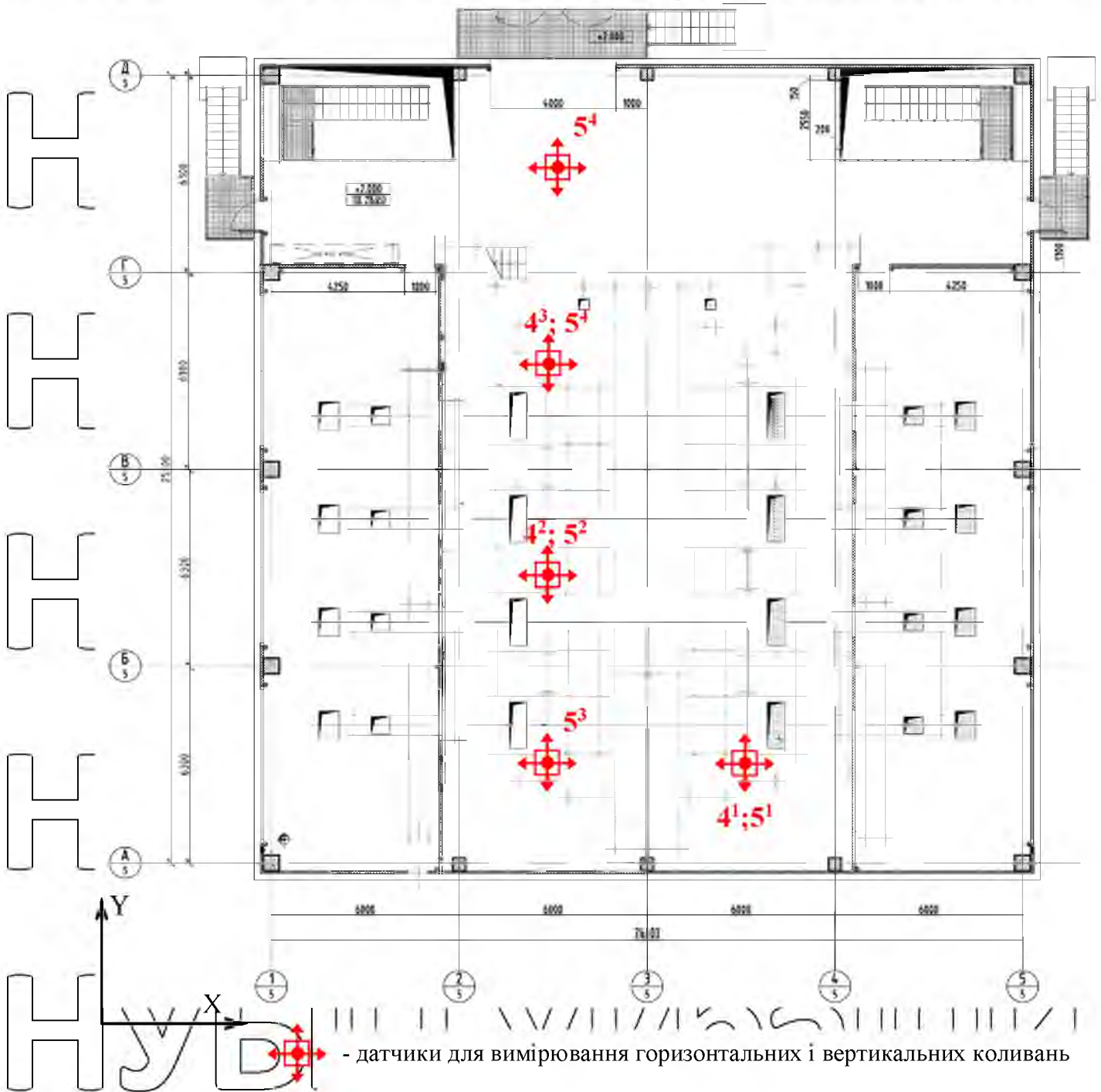


Рисунок 2.4 – Розстановка датчиків відповідно до схем 4 та 5

Схема №6 – призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень опорних конструкцій хаскерів та плити перекриття будівлі на позначці +2,000. Датчики послідовно кріпились на опорних конструкціях хаскерів №№ 1-4 та на плиті перекриття в безпосередній близькості до

опор (рис. 2.5)



а) б)
Рисунок 2.5 - Розміщення датчиків в браці відповідно до схеми 6

на опорних конструкціях хаскерів та плиті перекриття на позначці +2,000

у вертикальному (а) та у горизонтальному (б) напрямках

Схема №7 - призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень плити перекриття на позначці +2,000. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.6):

- т. 1 - в центрі плити перекриття в осях 3-4/А-Б; ○○
- т. 2 - в центрі плити перекриття в осях 3-4/Б-В;
- т. 3 - в центрі плити перекриття в осях 3-4/В-Г;
- т. 4 - в центрі плити перекриття в осях 3-4/Г-Д.

Схема №8 - призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень плити перекриття на позначці +2,000. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.6):

- т. 1 - в прогоні між колонами в осях 4/А-Б;
- т. 2 - в прогоні між колонами в осях 4/Б-В;
- т. 3 - в прогоні між колонами в осях 4/В-Г;
- т. 4 - в прогоні між колонами в осях 4/Г-Д.

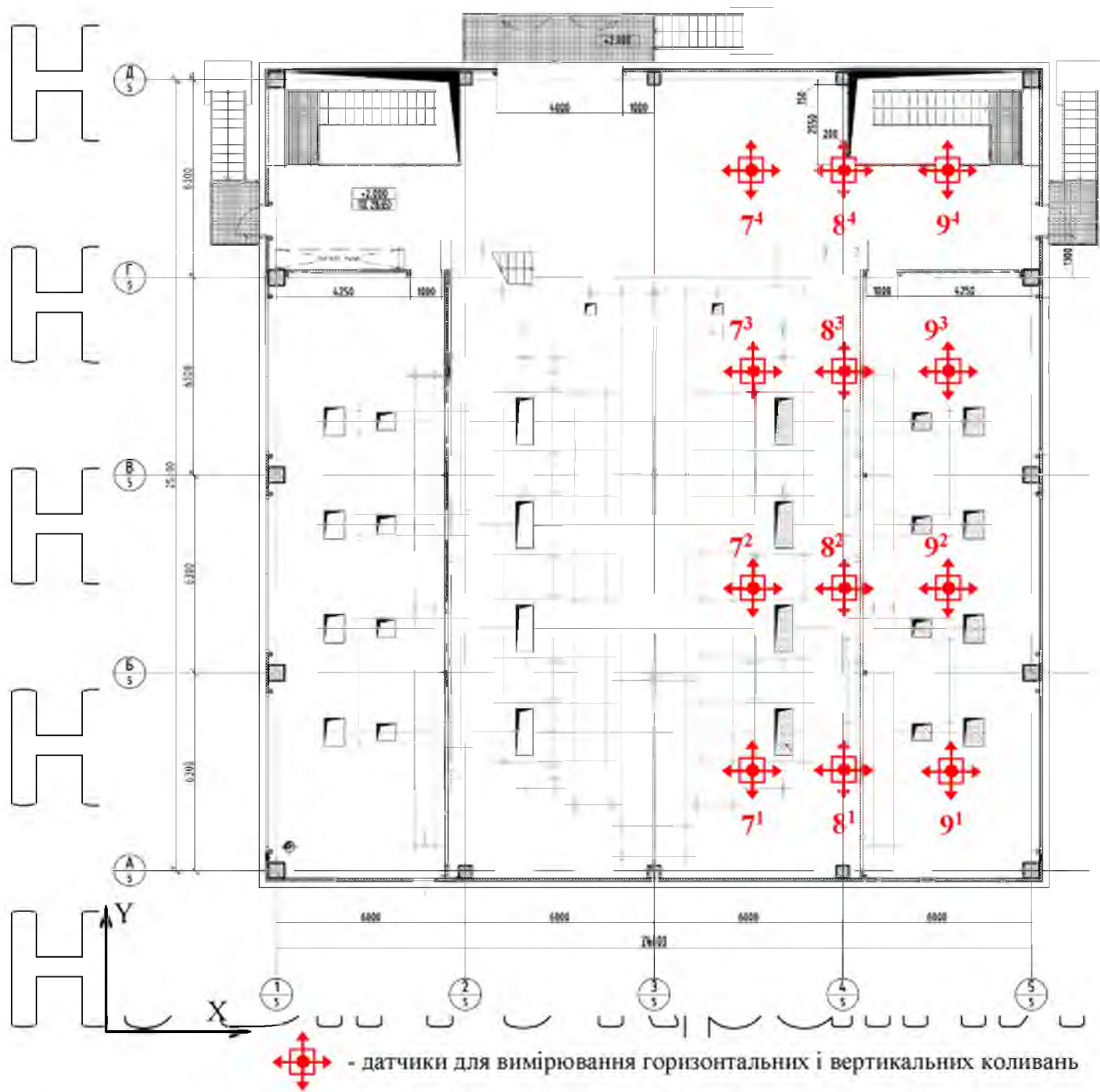


Рисунок 2.6 – Розстановка датчиків відповідно до схем 7 - 9

НУБІП України

НУБІП України

Схема №9 - призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень плити перекриття на позначці +2,000. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.6, 2.7):

- т. 1 – в центрі плити перекриття в осях 4-5/А-Б;
- т. 2 – в центрі плити перекриття в осях 4-5/Б-В;
- т. 3 – в центрі плити перекриття в осях 4-5/В-Г;
- т. 4 – в центрі плити перекриття в осях 4-5/Г-Д.



Рисунок 2.7 – Розміщення датчиків вібрації відповідно до схеми 9

(місця встановлення датчиків)

Схема №10 - призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень плити перекриття на позначці +2,000. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.8):

- т. 1 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/Б-В;
- т. 2 – в центрі плити перекриття в осях 3-4/Б-В;
- т. 3 – в центрі плити перекриття в осях 4-5/Б-В.

Схема №11 - призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень колон на позначці -0,450. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.9):

- т. 1 – біля колони в осях 3/В;
- т. 2 – біля колони в осях 3/Б;
- т. 3 – біля колони в осях 3/А;
- т. 4 – біля колони в осях 3/Г.

Схема №12 - призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень колон на позначці -0,450. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.9, 2.10):

- т. 1 – біля колони в осях 2/В;
- т. 2 – біля колони в осях 2/Б;
- т. 3 – біля колони в осях 2/А;
- т. 4 – біля колони в осях 2/Г.

Схема №13 - призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень плити перекриття на позначці +2,000 при різних режимах (можливих комбінаціях) роботи обладнання. Датчики встановлені в наступних точках (рис. 2.11, 2.12):

- т. 1 – в центрі плити перекриття в осях 3-4/А-Б;
- т. 2 – в центрі плити перекриття в осях 2-3/Б-В;
- т. 3 – в центрі плити перекриття в осях 3-4/В-Г;
- т. 4 – в центрі плити перекриття в осях 3-4/Г-Д.

Розглянуті комбінації вмикання, робочого режиму, вимкнення обладнання наведені в таблиці Б.2 додатку Б до цього звіту.

Схема №14 - призначена для одночасного вимірювання вертикальних та горизонтальних віброприскорень каркасу будівлі. Датчики встановлені в наступних точках

(рис. 2.13):

- т. 1 – біля колони в осях 3/А на позначці +2,000;
- т. 2 – на колоні в осях 3/А на позначці +8,950.

Схема 15 - призначена для одночасного вимірювання вертикальних та

горизонтальних віброприскорень конструкцій підлоги в приміщенні із постійним перебуванням персоналу. Датчики встановлені в центрі приміщення 2.02 в осях 1-2/Б-В на позначці +2,000 (рис. 2.8).

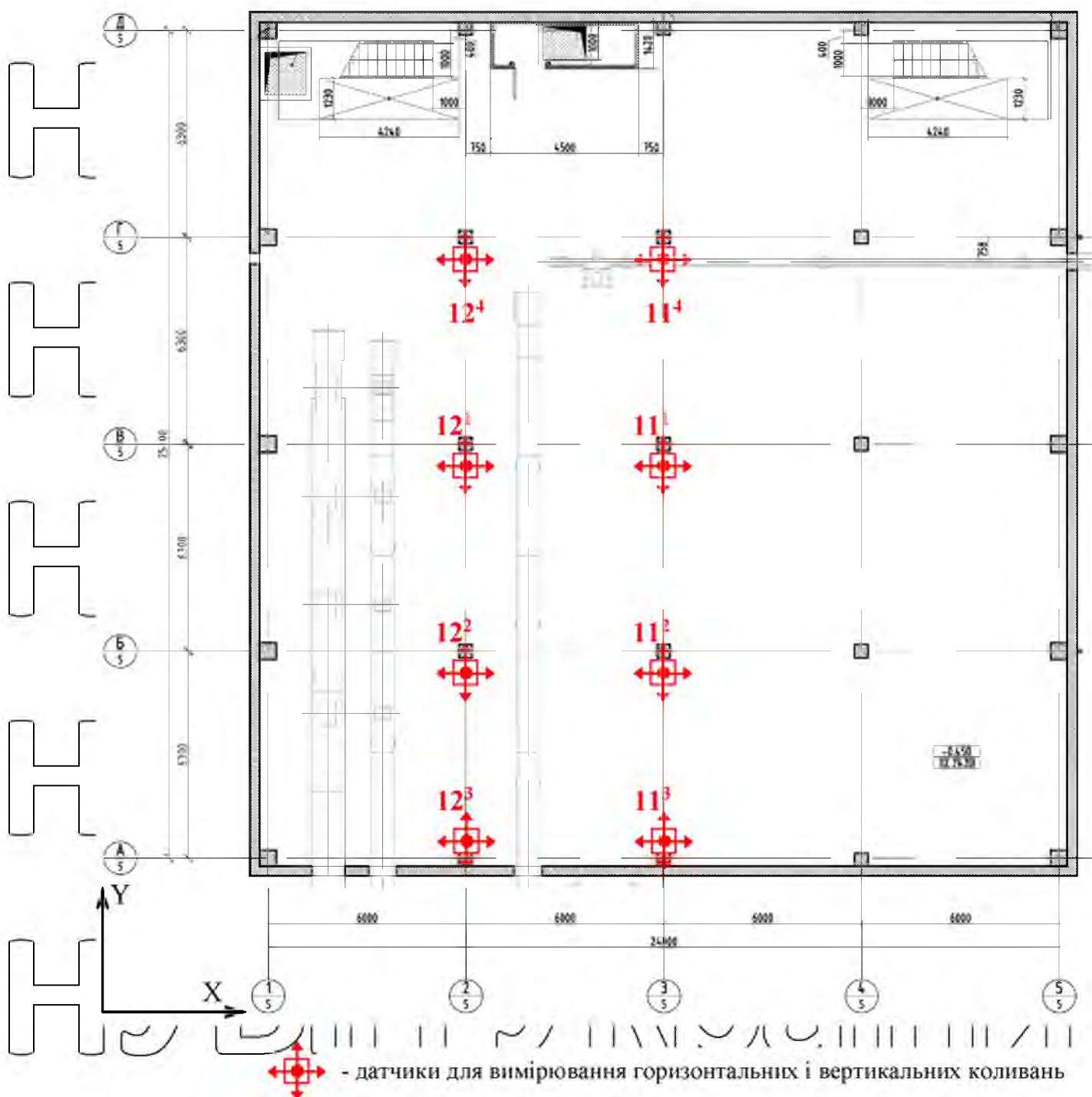


Рисунок 2.9 – Розстановка датчиків відповідно до схем 11, 12

НУБІ

НИ

НУБІ

НИ

НУБІ

НИ

НУБІ

НИ

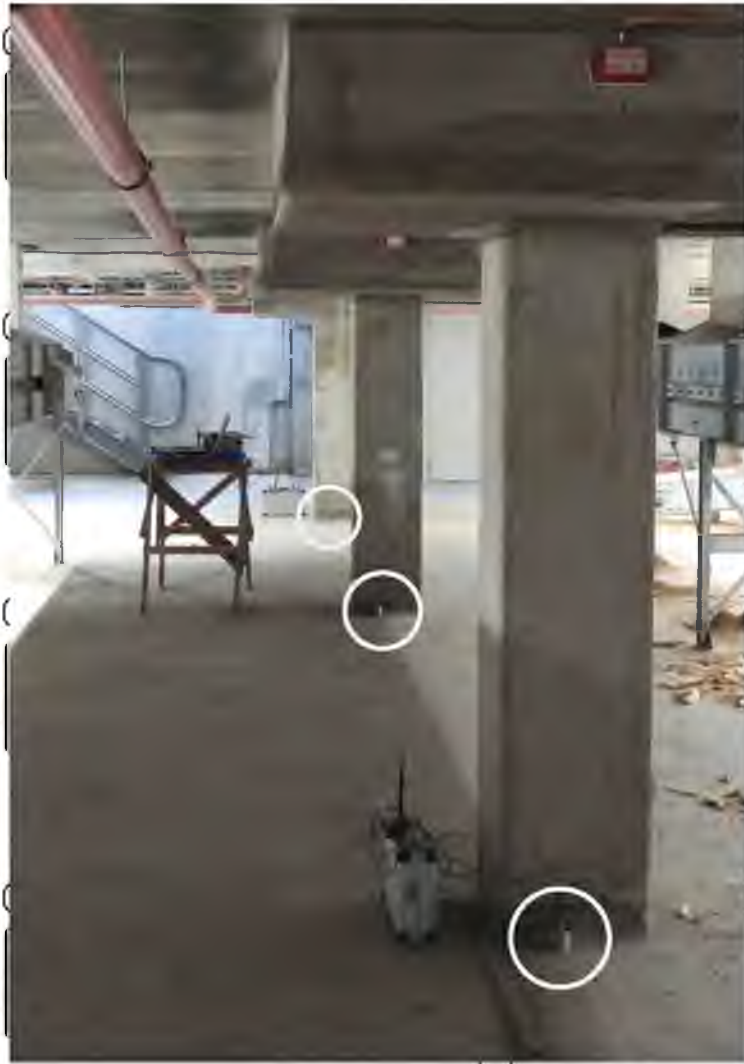


Рисунок 2.10 – Розміщення датчиків вібрації відповідно до схеми 12

(місця встановлення датчиків)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

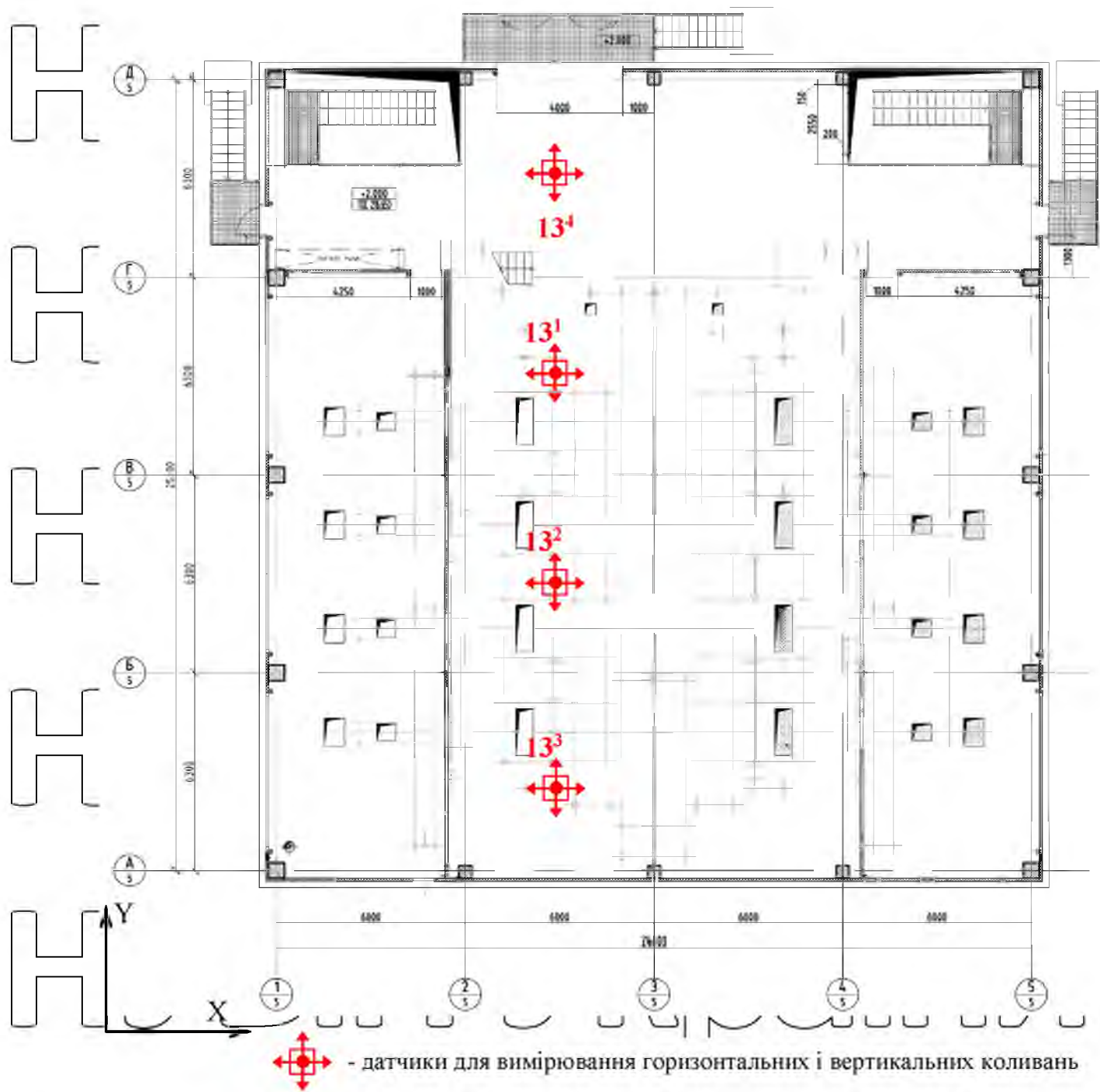


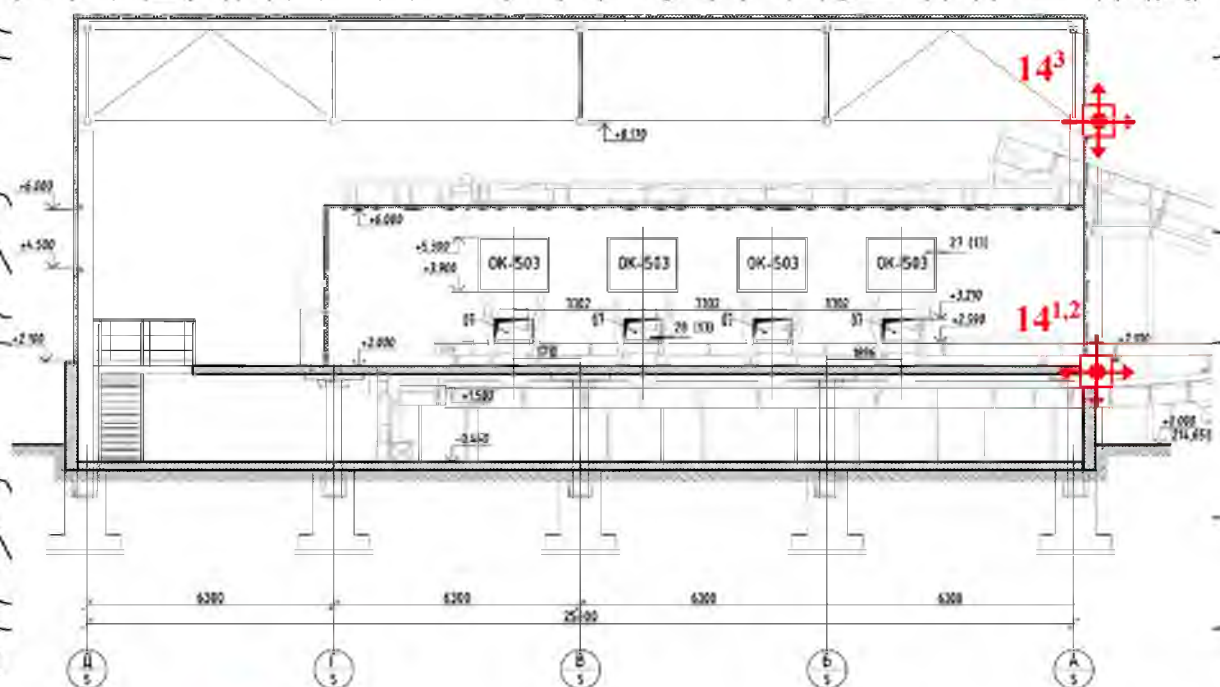
Рисунок 2.11 – Розстановка датчиків відповідно до схеми 13

НУБІП України

НУБІП України



Рисунок 2.12 - Розміщення датчиків вібрації відповідно до схеми 13
(місця встановлення датчиків)



- датчики для вимірювання горизонтальних і вертикальних коливань

Рисунок 2.13 – Розстановка датчиків відповідно до схеми 14

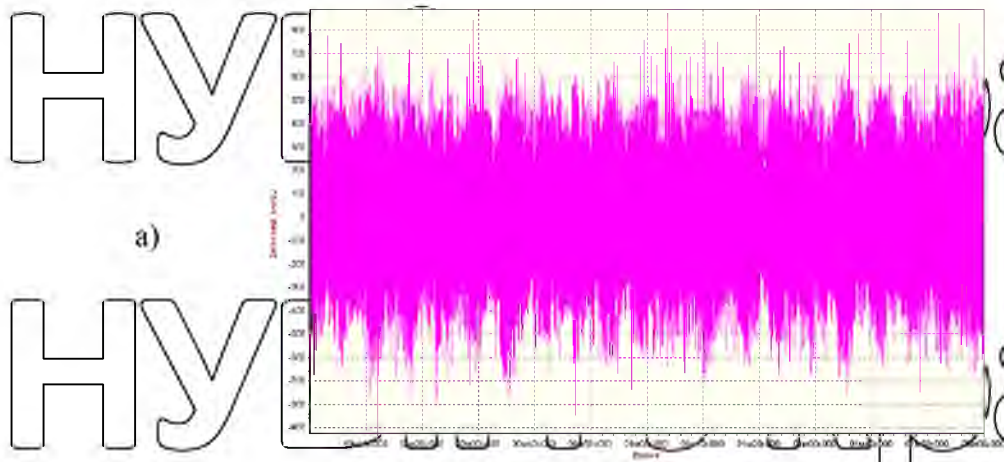
4.2.3. Результати вібродинамічних досліджень

Обробка зареєстрованих вібраційних сигналів здійснюється за допомогою програмного комплексу (ПК) «Сейсмоніторинг» [16]. Отримані записи вібраційних сигналів аналізуються на основі методу спектрального аналізу, який реалізований в даному ПК.

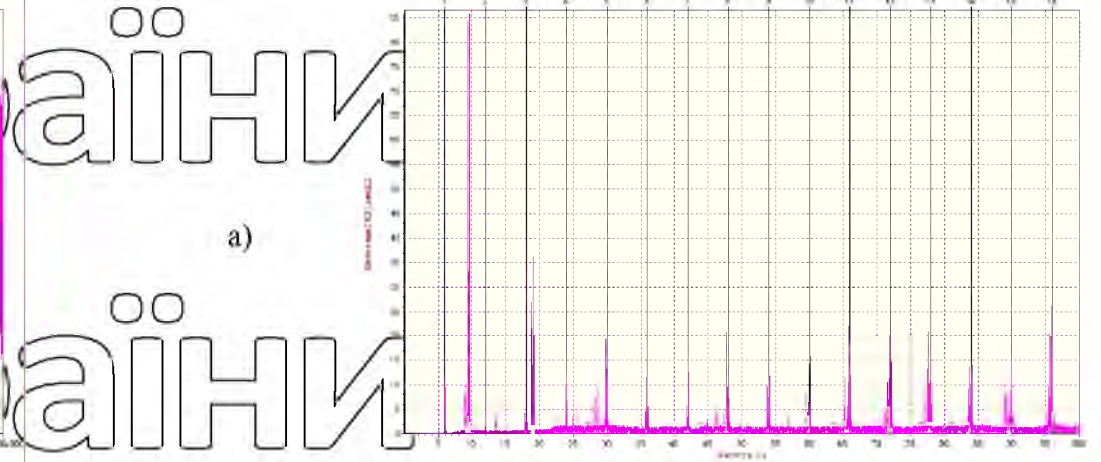
Результатом проведених вібродинамічних досліджень є записи часових сигналів горизонтальних та вертикальних віброприскорень за напрямками X, Y та Z та їх амплітудні спектри.

Значення амплітуд віброприскорень конструкції, а також діапазони переважаючих частот в амплітудних спектрах коливань, зареєстровані в точках вимірювання відповідно до схем 1-15, наведені в таблицях В.1 та В.2.

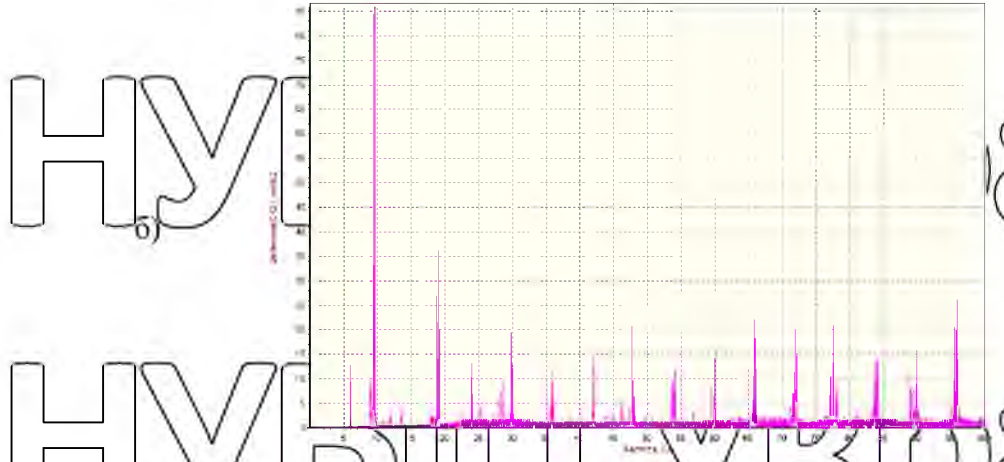
Часові сигнали горизонтальних (вздовж осей X і Y) та вертикальних (вздовж осі Z) віброприскорень, а також амплітудні спектри віброприскорень конструкцій, отримані при різних режимах динамічного навантаження, наведені на рисунках 2.14 – 2.23.



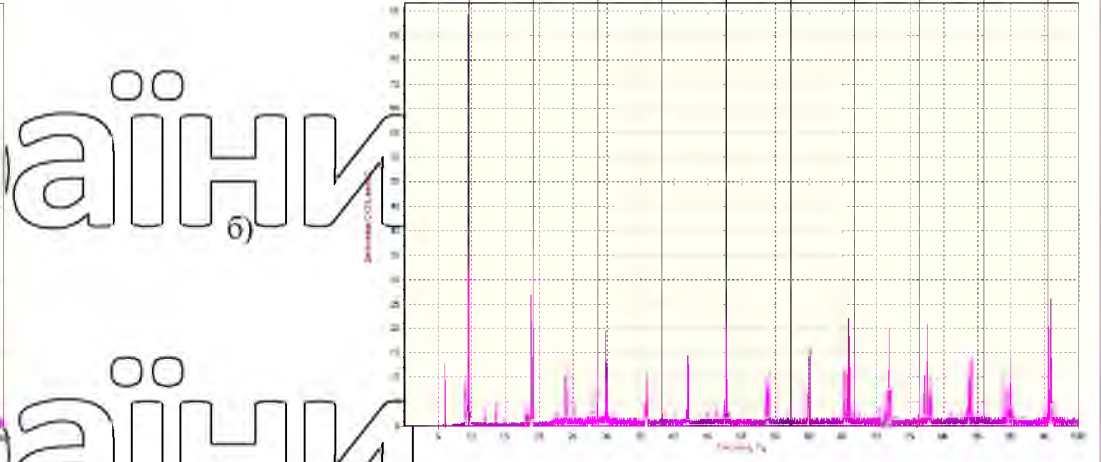
а)



а)



б)



б)

Рисунок 2.14 – Зареєстрований сигнал (а) та амплітудний

спектр (б) вертикальних віброприскорень плити

перекриття на позн. +2,000

в осях 2-3/Б-В при роботі 4-х хаскерів

Рисунок 2.15 – Амплітудні спектри вертикальних

віброприскорень плити перекриття в осях 2-3/Б-В на позн.

+2,000 при роботі 4-х хаскерів - гармоніки коливань

кратні 6,56 Гц (а) та 9,5 Гц (б)

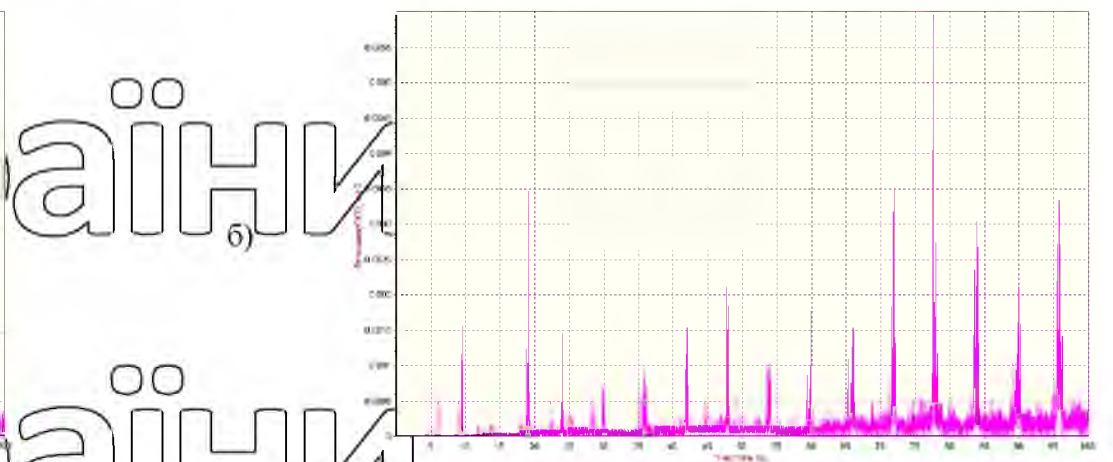
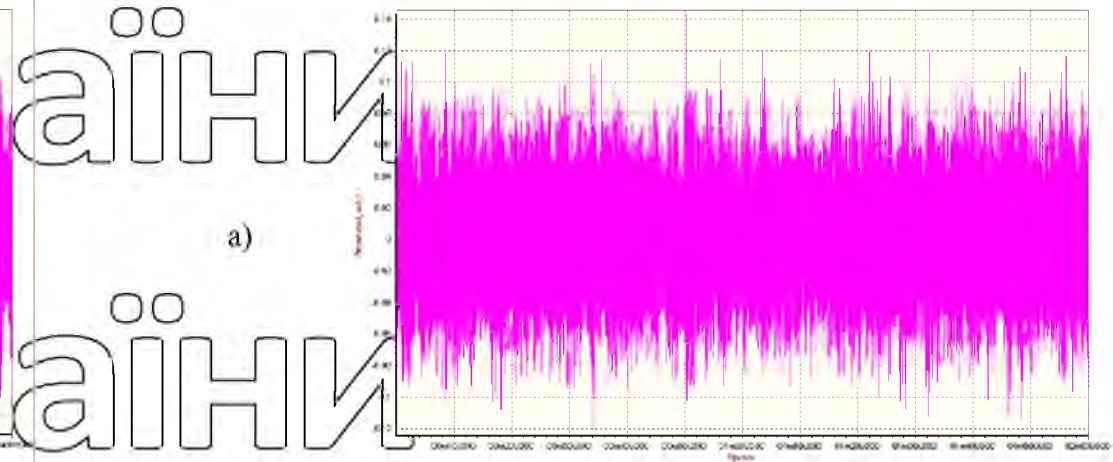
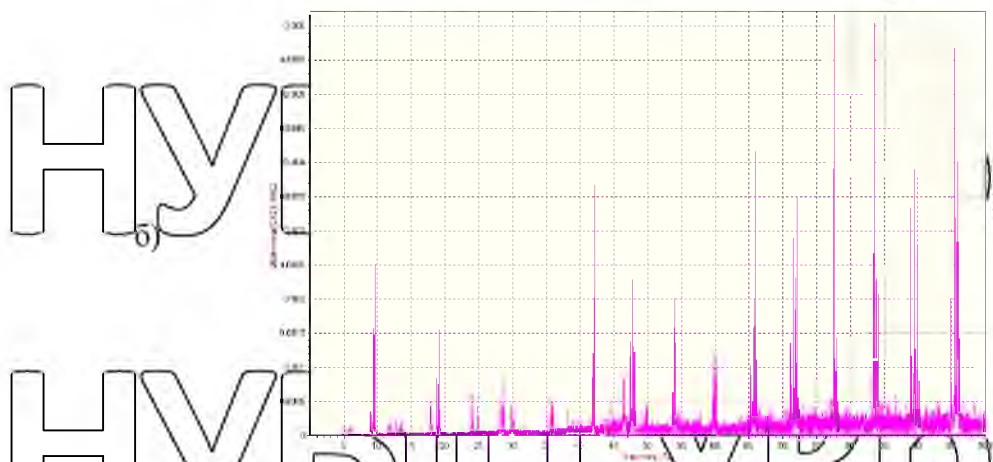
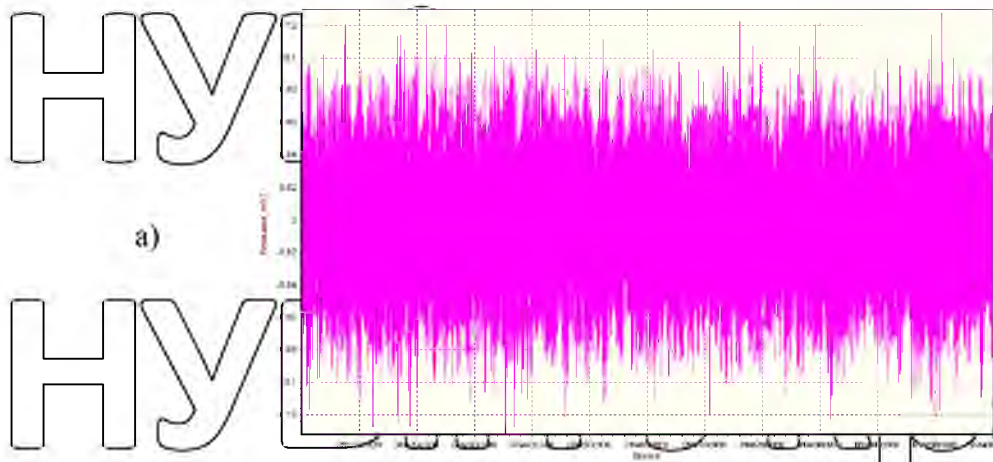


Рисунок 2.16 – Зареєстрований сигнал (а) та амплітудний спектр (б) горизонтальних (вдovж осі X)

Рисунок 2.17 – Зареєстрований сигнал (а) та амплітудний спектр (б) горизонтальних (вдovж осі Y) віброприскорень

віброприскорень плити перекриття на позн. +2,000 в осях 2-3/Б-В при роботі 4-х хаскерів

плити перекриття

на позн. +2,000 в осях 2-3/Б-В при роботі 4-х хаскерів

НУБІП України

НУБІП України

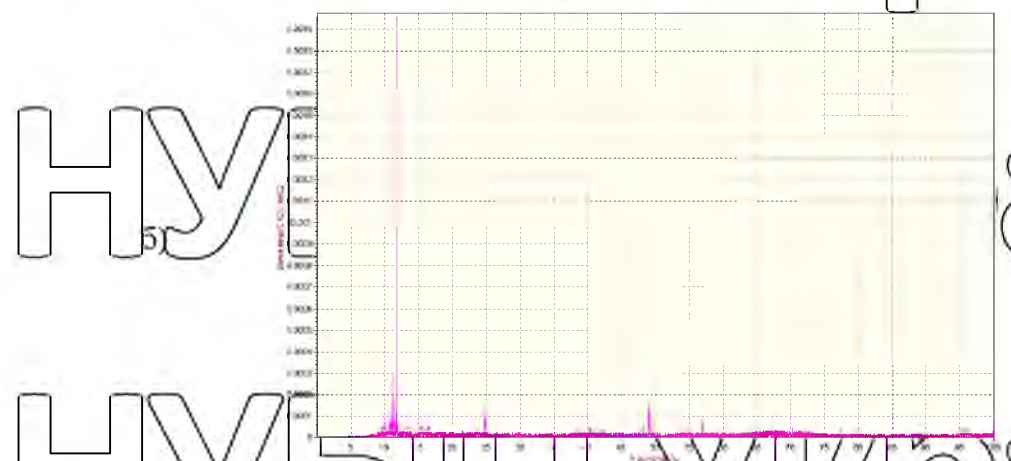
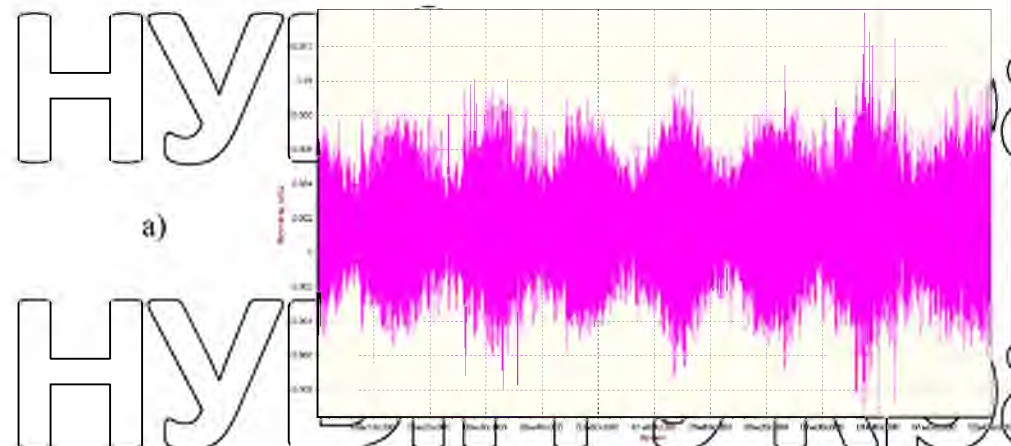


Рисунок 2.18 – Зареєстрований сигнал (а) та амплітудний спектр (б) вертикальних віброприскорень плити перекриття на позн. +2,000 в осях 2-3/Б-В при фоновому впливі (частота компресору 11,8 Гц)

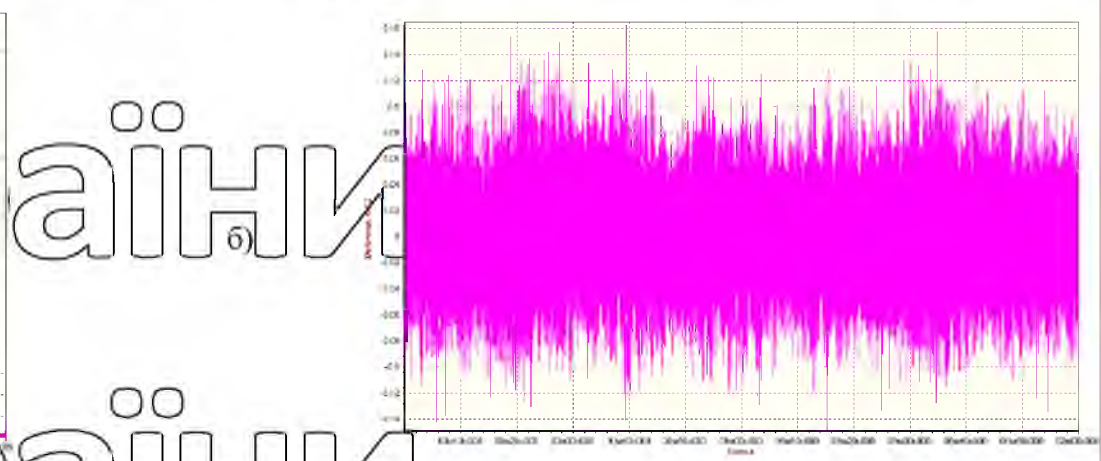
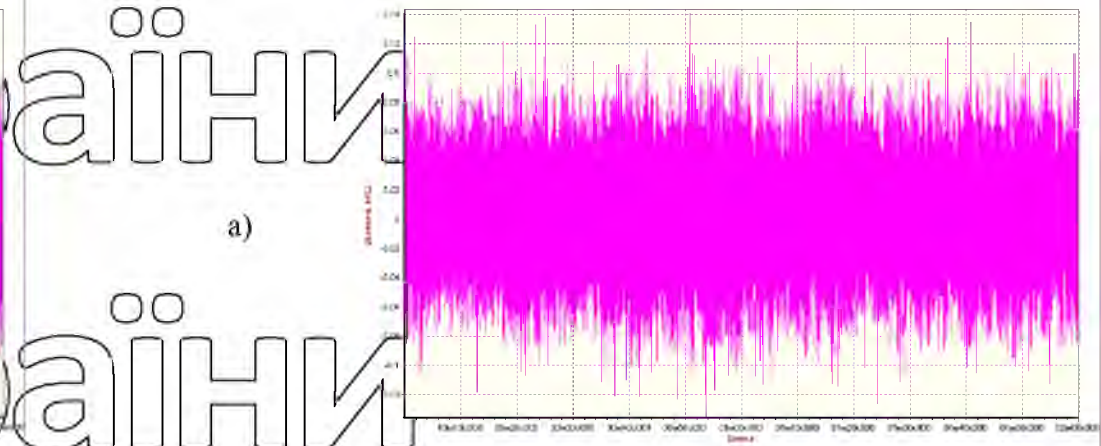
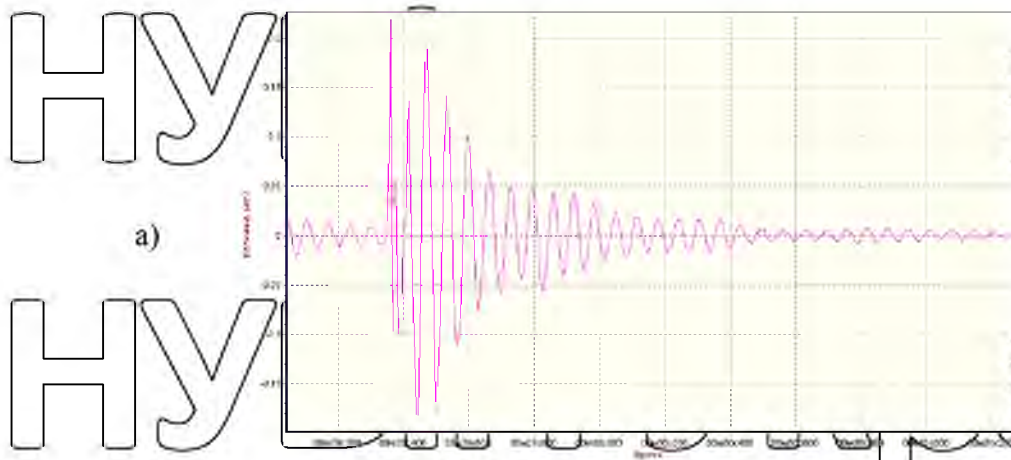
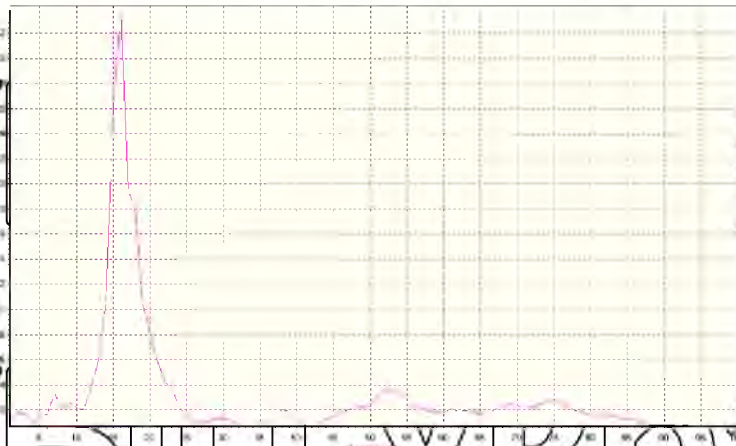


Рисунок 2.19 – Зареєстровані сигнали вертикальних (а) та горизонтальних (б) віброприскорень плити на позн. -0,450 при роботі 4-х хаскерів: а - в осях 2-3/Б-В; б – в осях 2-3/Г-Д



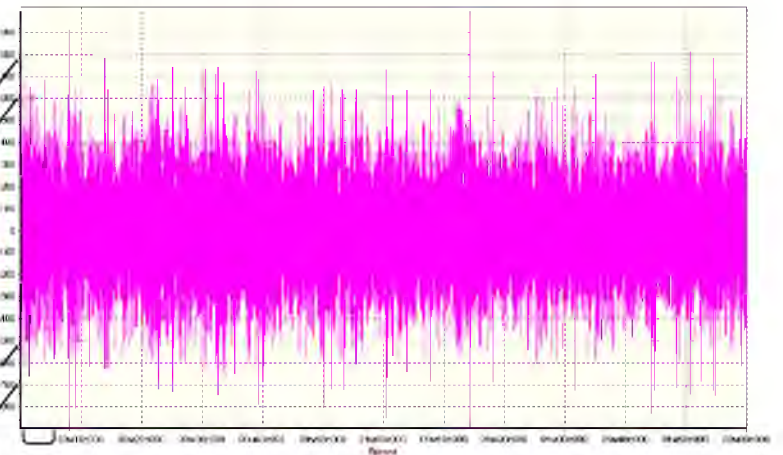
а)



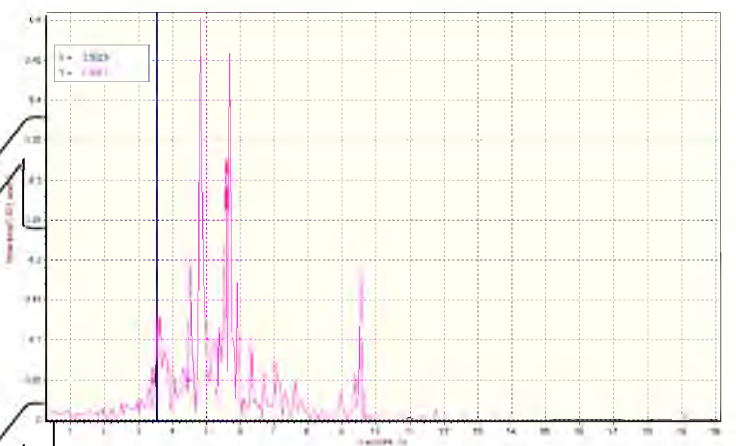
б)

Рисунок 2.20 – Зареєстрований сигнал (а) та амплітудний спектр (б) власних коливань плити перекриття на позн.

+2,000 в осях 2-3/Б-В



а)



б)

Рисунок 2.21 – Зареєстрований сигнал (а) коливань колони в осях 3/А на позн. +8,950 при роботі 4-х хаскерів; амплітудний спектр (б) власних коливань каркасу будівлі (фільтр сигналу >6 Гц)

в осях 3/А на позн. +8,950 при роботі 4-х хаскерів;

амплітудний спектр (б) власних коливань каркасу будівлі (фільтр сигналу >6 Гц)

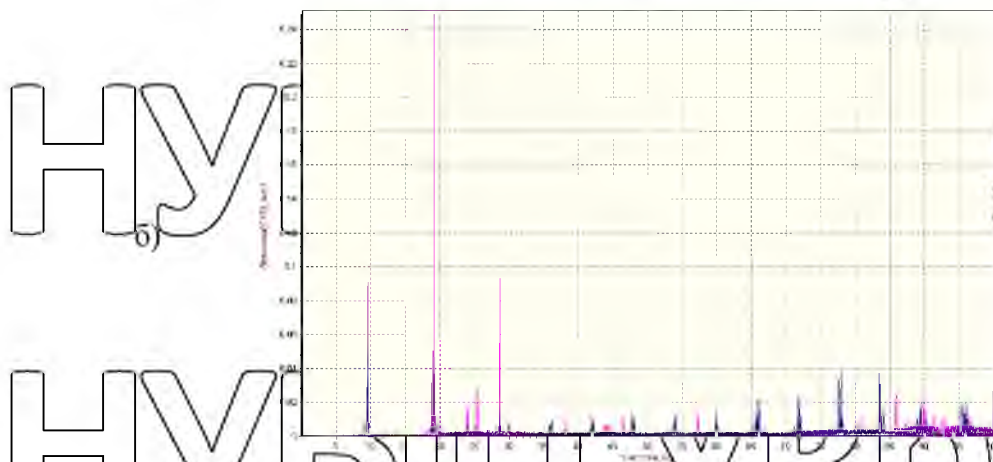
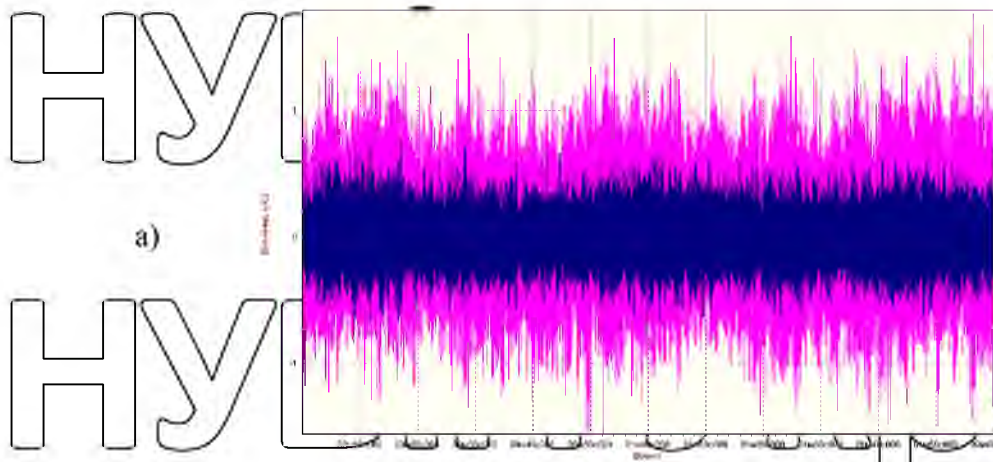


Рисунок 2.22 – Зареєстрований сигнал (а) та амплітудний спектр (б) вертикальних віброприскорень при коливаннях опори хаскера №2 (червоний колір) та плити перекриття (синій колір)

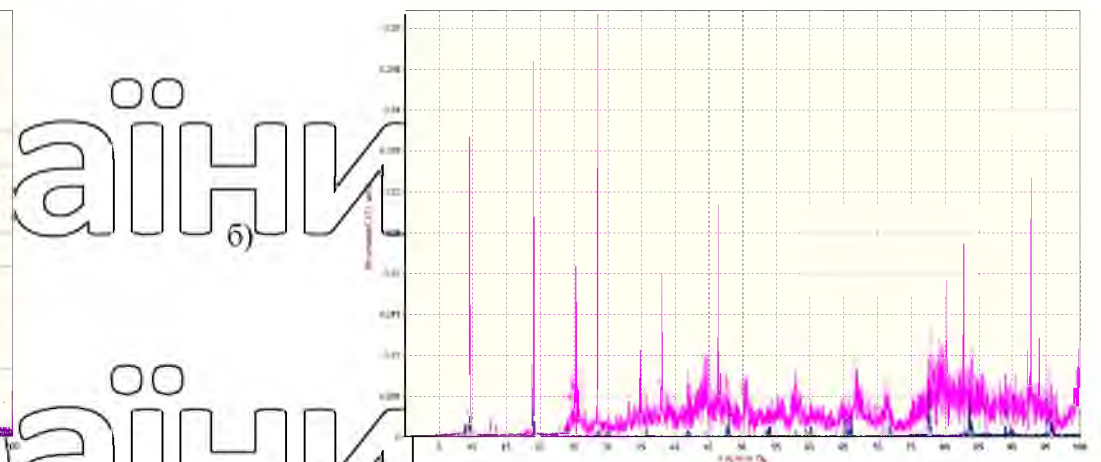
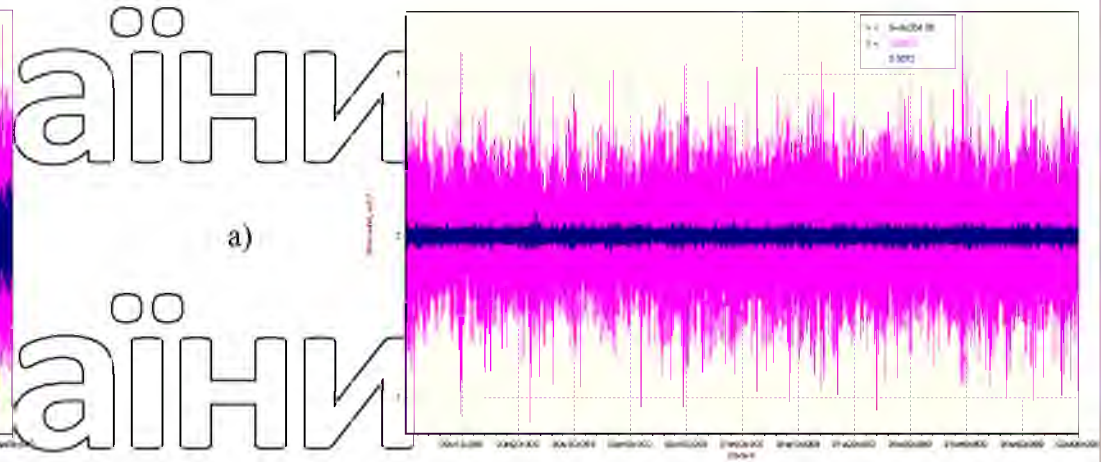


Рисунок 2.23 – Зареєстрований сигнал (а) та амплітудний спектр (б) горизонтальних віброприскорень при коливаннях опори хаскера №4 (червоний колір) та плити перекриття (синій колір)

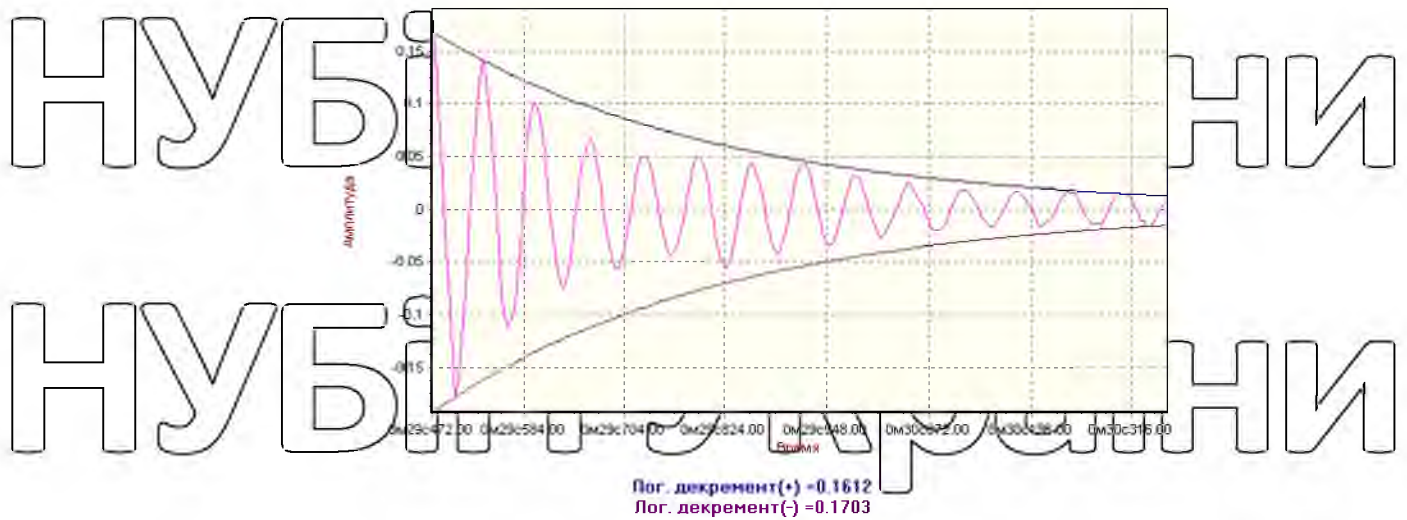


Рисунок 2.24 - Логарифмічні декременти вертикальних загасаючих коливань монолітної плити перекриття на позначці +2,000 в осях 2-3/А-Б - середнє значення декременту склалася 0,165, що відповідає 2,6% від критичного затухання

На рисунку 2.25 та в таблиці В.3 Додатку В до цього звіту наведені значення віброприскорень підлоги (в октавних полосах, дБ) в приміщенні постійного перебування (робочих місцях) персоналу. Порівняння зареєстрованих віброприскорень із допустимими значеннями технологічної вібрації на персонал на робочих місцях (категорія 3 «а») відповідно до санітарних норм [17] наведено на рисунку 2.26.



Рисунок 2.25 - Октавні спектри вертикальних (канал 2) та горизонтальних (канали 3 і 4) прискорень підлоги в приміщенні 2.02 при роботі 4-х хаскерів

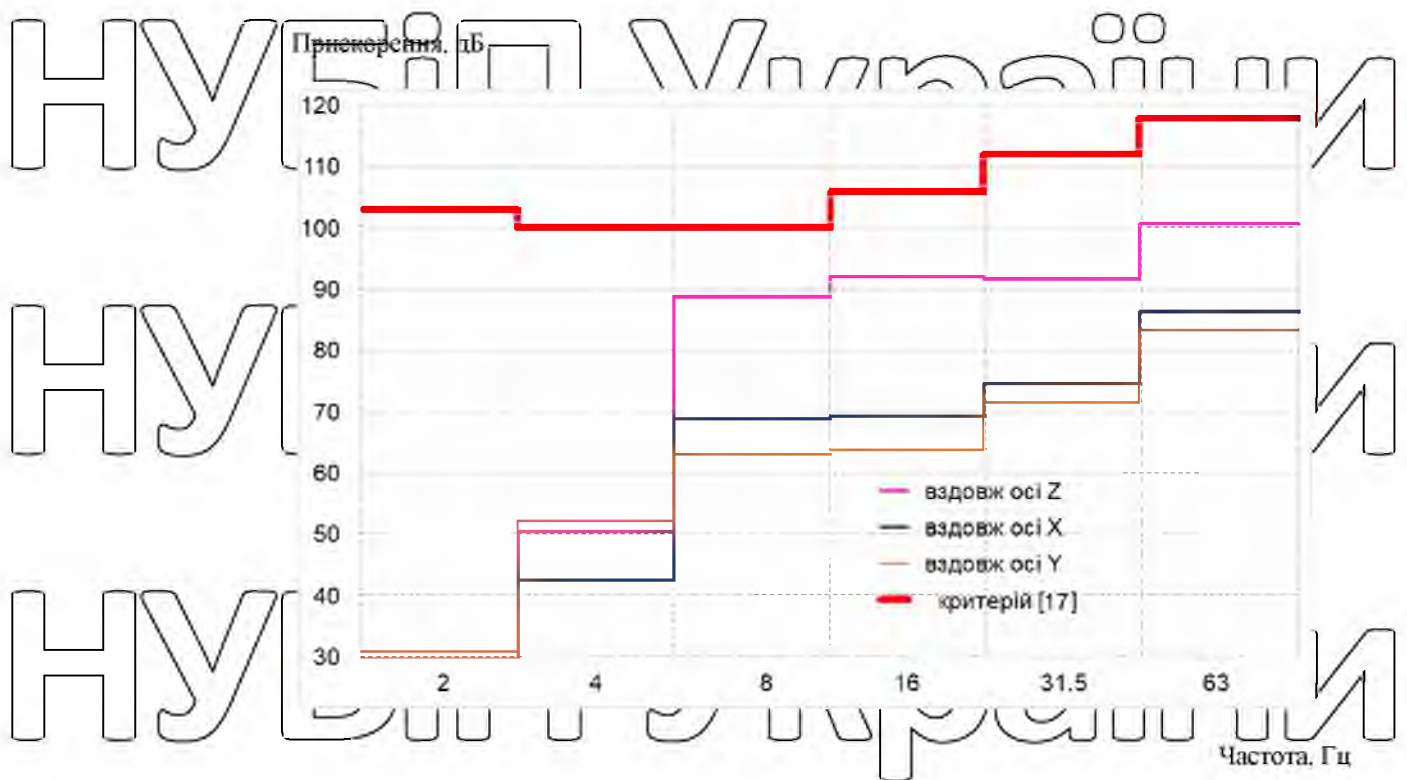


Рисунок 2.26 – Порівняння віброприскорень підлоги в приміщенні 2.02

із допустимими рівнями технологічної вібрації на робочих місцях (категорія 3 «а») відповідно до санітарних норм [17]

Висновки за результатами віброметричних досліджень

За результатами віброметричних досліджень конструкцій будівлі посту очистки листястебелевої маси та сортування, виконаних при фонових впливах та робочих режимах віброактивного обладнання, встановлено наступне:

1. Максимальні зареєстровані віброприскорення плити перекриття на позначці +2,000 (в центрі комірки) складають:

- 0,86 м/с² - у вертикальному напрямку;

- 0,12 м/с² - у горизонтальних напрямках (вздовж осей X і Y).

2. Максимальні зареєстровані віброприскорення плити перекриття на позначці +2,000 в прогонах між колонами та над колонами у вертикальному напрямку сягають значень 0,63 м/с² та 0,16 м/с² відповідно.

3. Переважаючі частоти вимушених коливань плити перекриття на позначці +2,000 при динамічних впливах працюючого обладнання зареєстровано у діапазоні від 6,0 Гц до 99,0 Гц.

4. Частота власних коливань плити перекриття на позначці +2,000 зареєстрована в діапазоні 14 - 16 Гц.

5. Зареєстровані значення логарифмічних декрементів коливань плити перекриття складає 0,165 – 0,17, тобто при динамічних розрахунках вертикальних коливань перекриття необхідно приймати затухання не більше 3% від критичного значення.

6. Максимальні зареєстровані віброприскорення конструкцій на позначці -0,450 складають:

- 0,135 м/с² - у вертикальному напрямку ;

- 0,027 м/с² - у горизонтальних напрямках (вздовж осей X і Y).

7. Одночасні вимірювання коливань опорних конструкцій хаскерів та плити перекриття в місцях встановлення показали, що використання віброізолюючих пристроїв знижує рівні віброприскорень до 1,6-2,1 разів у вертикальному та до 11-14 разів у горизонтальних напрямках.

8. Рівні вертикальних віброприскорень перекриття в приміщенні постійного перебування (робочих місцях) персоналу не перевищують допустимих значень за санітарними нормами [17] для категорії 3 «а».

9. Отримані дані є основою для перевірки можливості виникнення резонансних режимів коливань несучих конструкцій перекриття, зокрема з прогнозуванням рівнів динамічного впливу при встановленні другої лінії обладнання.

НУБІП України

НУБІП України

Використана література

Характеристика джерела

Бібліографічний опис

ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. К.:
Мінбуд України. 2006. – 57 с.

ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних
районах України. Київ: Мінрегіон України,
2014. Зміна №1. - 2019. - 106 с.

ДСТУ Б В.1.1-28:2010. Шкала сейсмічної
інтенсивності. –Київ: Мінрегіон України, 2010.
- 27 с.

ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи
забезпечення надійності та конструктивної
безпеки будівель і споруд. - К.: Мінрегіон
України, 2018. – 96 с.

Нормативні документи
зі стандартизації

ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні
конструкції. К.: Мінбуд України. 2009. – 74 с.

ДСТУ Б В.1.2-3:2006. СНББ. Прогини і
переміщення. Вимоги проектування. К.: Мінбуд
України, 2006. – 15 с.

ДБН В.2.6-198:2014. „Сталеві конструкції.
Норми проектування”. К.: Мінрегіонбуд
України. 2014. – 198 с.

ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного
виробництва. К.: Мінбуд України. 2016. – 67 с.

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

НУБІП

Книги: - один автор

Кудрявцев И.А. Влияние вибрации на основания сооружений. - Гомель: БелГУТ, 1999. - 188 с.

НУБІП

Савинов О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет. - Л.: Стройиздат, 1979. - 255 с.

Болотин В.В. Случайные колебания упругих систем. - М.: Наука, 1979. - 336 с.

- два авторы

НУБІП

Куцубина, Н.В., Санников, А.А. Теория виброзащиты и акустической динамики машин: учебное пособие. - Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. ун-т, 2014. - 167 с.

НУБІП

Байков В.Н., Сигалов Э.У. Железобетонные конструкции. Общий курс: учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1985. - 727 с.

Введение в акустическую динамику машин / И.И. Артоблевский, Ю.И. Бобровницкий, М.Д. Генкин. - М.: Наука, 1979. - 296 с.

НУБІП

- група авторів

Сучасні технології в будівництві: Підручник / О.І. Менейлюк, В.С. Дорофеев, Л.Е. Лукашенко та інші. / За ред. О.І. Менейлюка. К.: Освіта України, 2010. - 550 с.

НУБІП України

НУБІП України