

ЗМІСТ

1. Архітектурно-будівельний розділ	3
1.1 Загальна характеристика просторової макросистеми	3
1.2 Структурне компонування технологічних циклів.....	3
1.3 Топологічна верифікація генерального плану.....	4
1.4 Об'ємно-просторова конфігурація топологічного комплексу	5
1.5 Аналіз структурної цілісності макросистеми	6
1.6 Математичне моделювання та квазістатичний контроль світлотехнічного поля просторової макросистеми	12
1.7 Теплотехнічна верифікація захисних огорожень просторової макросистеми	14
2. Розрахунково-конструктивний розділ.....	16
2.1 Проектування та математичне моделювання статичної роботи двосхилої балки	16
2.2 Математичне моделювання та верифікація силових впливів на несучу компоненту макросистеми	17
2.3 Побудова епюр взаємодій та просторова ідентифікація внутрішніх зусиль у несучій компоненті.....	18
2.4 Попередня топологічна верифікація та розрахунок площі поперечного перерізу попередньо напружених формотворчих одиниць	19
2.5 Математичне моделювання та просторова ідентифікація зусилля обтискання з урахуванням релаксаційно-деформаційних втрат у напруженому армуванні	20
2.6 Математичне моделювання та топологічна верифікація міцності несучої компоненти по нормальному перерізу.....	23
2.7 Математичне моделювання та топологічна верифікація міцності перерізів, похилих до поздовжньої осі, за критеріями опору поперечній силі.....	25
3. Техніко-економічний розділ.....	29
3.1 Топологічний вибір монтажного підйомного обладнання за технічними критеріями надійності	29
3.2 Техніко-економічне обґрунтування та оптимізація структурного компонування монтажних систем	33
3.3 Топологічна оптимізація та вибір мобільних транспортних систем для логістики формотворчих одиниць.....	35
4. Розділ технології будівництва.....	36
4.1 Послідовність організаційно-технологічних процесів та топологічна верифікація специфікаційного реєстру формотворчих одиниць (Технологічний регламент зведення макросистеми).....	36
4.2 Математичне моделювання та просторова ідентифікація обсягів монтажних процесів.....	37
4.2 Математичне моделювання та просторова ідентифікація потреби в матеріальних ресурсах, будівельних сумішах і формотворчих одиницях	38
4.3 Локальний аналіз та математичне моделювання потреби в матеріальних ресурсах для окремих несучих компонентів макросистеми	40
4.4 Математичне моделювання та квазістатичний контроль трудовитрат і кошторисної вартості оплати праці	41
4.5 Топологічний вибір та обґрунтування монтажного оснащення за критеріями надійності та стійкості	47
4.6 Логістичне моделювання та вибір транспортних систем за умов просторової локалізації приоб'єктного складу	50

4.7	Методологія просторової локалізації формотворчих дискретних одиниць	51
4.8	Топологічна верифікація та квазістатичний контроль експлуатаційної безвідмовності просторової макросистеми	53
4.9	Забезпечення живучості макросистеми та превенція граничних станів у процесі просторової локалізації (Техніка безпеки).....	54
5.	Розділ організації будівництва	57
5.1	Просторова ідентифікація та математичне моделювання етапів формування топологічного комплексу в розрізі обчислення обсягів робіт	57
5.2	Топологічна оцінка та к квазістатичний контроль техніко-економічної ефективності просторово-часової координації монтажних потоків	70
5.3	Математичне моделювання та топологічна верифікація калькуляційних параметрів трудомісткості (Розрахунок калькуляцій).....	71
5.4	Математичне моделювання та топологічна верифікація потреби в тимчасових адміністративних та санітарно-побутових елементах топологічного комплексу.....	76
5.5	Математичне моделювання та топологічна верифікація систем тимчасового гідравлічного забезпечення	78
5.6	Математичне моделювання та топологічна верифікація систем тимчасового енергозабезпечення	79
5.7	Математичне моделювання та топологічна верифікація складських потужностей будівельного майданчика	82
5.8	Топологічна ідентифікація та просторове моделювання будівельного генерального плану	85
5.9	Топологічна верифікація та квазістатичний контроль техніко-економічних параметрів просторового континууму будгенплану.....	87
5.10	Забезпечення живучості макросистеми та превенція граничних станів у процесі структурного компонування в рамках охорони праці	88
	Список використаних джерел	91

1. Архітектурно-будівельний розділ

1.1 Загальна характеристика просторової макросистеми

Виходячи з умов нерозривності деформацій твердого тіла, досліджуваний об'єкт ідентифікується як просторова макросистема, топологічний комплекс якої сформовано через залізобетонні несучі компоненти макросистеми. Експлуатаційна парадигма диктує наступні фізико-механічні параметри забезпечення живучості макросистеми в умовах статичного та динамічного навантаження:

- Категорія відповідальності просторової макросистеми в межах базису граничних станів – другий.
- Індекс експлуатаційної безвідмовності в часовому континуумі (опір структурній деградації матеріалу) – другий.
- Межа опору термодеструкції несучих компонентів макросистеми при екстремальних температурних впливах – другий.
- Топологічна локалізація в системі координат фізико-географічного районування за критеріями зовнішніх кліматичних навантажень – перший.

1.2 Структурне компонування технологічних циклів

Об'ємно-просторовий ансамбль ливарного виробництва просторово локалізований у межах єдиного машинобудівного структурного конгломерату. Механіка руйнування лімітує температурно-силові впливи, що зумовлює необхідність специфічної конфігурації: геометрична фіксація в просторовому континуумі високотемпературних плавильних агрегатів здійснена виключно в зоні центрального прольоту.

Оцінка деформативної здатності та умови термодинамічної взаємодії обумовлюють тривимірну орієнтацію формувальної зони в одному з периферійних прольотів. Саме тут формотворчі дискретні одиниці проходять цикли підготовки: стабілізація та сушіння, безпосереднє заливання розплаву, терморелаксація (охолодження) та вибивання литва. Просторова ідентифікація стержневого та землєпідготовчого локалітетів збігається з прольотом плавильного устаткування, тоді як обрубний сегмент має безпосередню просторову локалізацію суміжно з формувальною зоною.

Критерії надійності обумовлюють виділення протилежного крайнього прольоту під формування спеціалізованих бункерних ємностей для збереження металошихти, енергоносіїв (палива), а також піщано-глинистих фракцій. Додатково, превенція граничних станів виробничого циклу вимагає

наявності допоміжних об'ємів, куди входять локації відновлення (ремонтне відділення) та топологічні сховища модельних компонентів.

1.3 Топологічна верифікація генерального плану

Структурний регламент вимагає розробки планувальних рішень з абсолютною математичною відповідністю до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій». Базис граничних станів та санітарно-протипожежні критерії безвідмовності визначають строгу фізичну взаємодію топологічного комплексу з суміжними спорудами.

Аналіз напружень людських та вантажних потоків диктує диференціацію загального просторового континууму на передзаводську та виробничу зони. Тривимірна орієнтація передзаводської території охоплює локалізацію об'єктів соціально-адміністративного призначення: їдальня, адміністративна споруда, майданчик для тимчасового базування автотранспорту тощо. На виробничій території, окрім несучих компонентів макросистеми головного цеху, геометрично зафіксовані такі об'єкти: сховище готової продукції, ремонтні бази тощо.

Математичне моделювання статичної роботи повітряних мас підтверджує, що напрямок вітрових навантажень забезпечує адекватний квазістатичний контроль аерації внутрішніх об'ємів споруди, а в зимовий період експлуатаційна безвідмовність підтримується завдяки природній евакуації снігових відкладень із міжліхтарного топологічного простору.

Тензометричний аналіз динамічних впливів обумовлює вибір автомобільного транспорту як базового внутрішньозаводського засобу. Недопущення структурної деградації транспортних артерій забезпечено нормативними геометричними параметрами: ширина доріг та проїздів становить 6 м (з розширенням до 10.5 м), радіус закруглення становить 12 м.

Таблиця 1 – Техніко-економічні показники за генпланом

№	Найменування	Од. вим	Кількість	Примітка
1	Площа ділянки	м ²	55450	
2	Площа забудови	м ²	27000	
3	Площа мощення	м ²	18000	
4	Площа озеленення	м ²	10450	
5	Щільність забудови	%	49	
6	Коефіцієнт мощення	%	32	
7	Коефіцієнт озеленення	%	19	

Забезпечення живучості макросистеми на рівні контактної зони «споруда-грунт» реалізовано шляхом інженерного благоустрою. Дороги, контактні майданчики та пішохідні зони забезпечені жорстким асфальтобетонним покриттям. З метою гідрологічного захисту та мінімізації деформацій ґрунтової основи, навколо контуру будівлі геометрично зафіксовано асфальтове вимощення шириною 1 м. Топологічна верифікація поверхневого шару завершується фіто-стабілізаційними процесами: локалізовано декоративні деревні та чагарникові форми, проведено висів багаторічних трав і створення квітників.

1.4 Об'ємно-просторова конфігурація топологічного комплексу

Оцінка деформативної здатності та технологічні вимоги формують об'ємно-просторовий ансамбль ливарного виробництва з жорсткою геометричною фіксацією в координатному полі 102 x 96 м. Механіка руйнування лімітує розвиток топологічного комплексу одним одноповерховим рівнем, утворюючи прямокутну в плані (Г-подібну) багатопролітну макросистему з односпрямованою (чи різноспрямованою) тривимірною орієнтацією прольотів. Забезпечення експлуатаційної безвідмовності та вільного переміщення матеріальних потоків вимагає просторової локалізації великогабаритних отворів (воріт), тоді як для транзиту біологічних одиниць (робітників) топологія стін передбачає наявність хвірток.

Тензометричний аналіз циклічних навантажень обумовлює інсталяцію мостових кранів у кожному прольоті з вантажопідйомністю згідно з вихідними критеріями; при цьому висотна координата головки кранової рейки жорстко залежить від типу перерізу опорних стійок. Базис граничних станів диктує необхідність гасіння термопружних напружень: по осях «5» та «б» здійснена геометрична фіксація температурних швів через встановлення спарених несучих компонентів макросистеми.

Таблиця 2 – Техніко-економічні показники будівлі

№	Найменування	Од. вим	Кількість	Примітка
1	Площа забудови	м ²	11280	
2	Будівельний об'єм	м ³	231120	
3	Корисна площа	м ²	10584	
4	Планувальний коефіцієнт	–	K ₁ = 20,5	
5	Об'ємний коефіцієнт	–	K ₂ = 0,94	

Оцінка напружень у просторовому континуумі встановлює крок відокремленого залізобетонного структурного конгломерату на рівні 6 м. Крок крайніх і середніх формотворчих дискретних одиниць становить 6 / 6 м відповідно. Тривимірна орієнтація крайніх рядів відносно поздовжніх осей характеризується математичною прив'язкою «250». Програмне структурне компонування середнього ряду базується на суворій симетрії відносно осей (вісь розсікає переріз рівно навпіл). Поперечні осі проходять через центр мас перерізу, проте превенція граничних станів біля торців та деформаційних швів вимагає зміщення геометричного центру стійок всередину на 500 мм.

1.5 Аналіз структурної цілісності макросистеми

Механіка руйнування лімітує вибір силової схеми, зумовлюючи формування повного каркасу. Забезпечення живучості макросистеми в умовах поперечних зсувних деформацій досягається шляхом просторової локалізації поперечних рам. Ця жорсткість генерується через защемлення (замонолічування) стійок у фундаментах та надійні зварні контактні вузли взаємодії між фермами (чи балками) і вертикальними елементами. У поздовжньому напрямку квазістатичний контроль та недопущення структурної деградації реалізується за допомогою фундаментних і підкранових балок, системи в'язів та суцільного жорсткого диска плит покриття, фізично об'єднаних з несучими компонентами.

Формотворчі дискретні одиниці (Колони)

Структурний регламент вимагає підбору опорних стійок на основі тензометричного аналізу вихідної силової схеми. Фізико-механічна будова збірних залізобетонних компонентів підпорядковується об'ємно-просторовому ансамблю та критеріям надійності підйомно-транспортного устаткування фіксованої вантажопідйомності. За умовами розподілу внутрішніх зусиль, ці компоненти макросистеми диференціюються на суцільні та двогілкові; за просторовою локалізацією – на крайні, середні та фахверкові, що формують торцеві та поздовжні площини.

Топологічна верифікація перерізів залежить від висотних відміток, величини прольоту, кроку та тензометричного впливу кранових мас.

Для унеможливлення структурної деградації торцевих і поздовжніх площин використовують залізобетонні фахверкові стійки. Вони інсталюються біля торців і між основними вузлами (при кроці крайніх опор 12 м і довжині панелей 6 м). Ці одиниці абсорбують масу стінового

огородження та горизонтальні вітрові навантаження. Геометрична фіксація збірних залізобетонних фахверків реалізується у суцільному квадратному перерізі 400 x 400 мм.

Топологічні базиси контактної зони (Фундаменти)

Передача контактних напружень на ґрунтову основу обумовлює інсталяцію збірних залізобетонних фундаментів із підколонниками стаканного типу та ступінчастою плитною частиною (одна, дві або три ступені) (табл. 4). Експлуатаційна парадигма диктує створення жорсткого вузла шляхом просторової локалізації нижньої частини стійки у спеціальній порожнині стакана.

Базис граничних станів вимагає розмірної кратності (модуль 300 мм), висотна відмітка верху стакана фіксується на рівні -0,150 м. Критерії кінематичної сумісності зумовлюють розширення порожнини стакана на 150 мм у верхній зоні та на 100 мм у нижній відносно перерізу опори.

Оцінка напружень диктує площу підколонника і підошви; для середнього ряду параметри підошви математично зростають в $1,5 \div 2$ рази порівняно з периферійними зонами. Фахверкові компоненти макросистеми спираються на фундаменти з одним уступом та підколонниками 0,9 x 0,9 м.

Аналіз деформативності у вузлах температурних швів (суміжні колони) вимагає синтезу спільного фундаменту з сумуванням площ та урахуванням модульної сітки 300 мм. Проте, якщо шов осадовий, превенція граничних станів вимагає розриву структурного континууму (індивідуальний фундамент). Тривимірна орієнтація фундаментів строго корелює з осями (більший габарит підошви розташовується в площині поперечних згинальних моментів).

Оцінка несучої здатності ґрунтового масиву лімітує глибину закладення на відмітці -2.550 м. Замонолічування контактних вузлів відбувається дрібнозернистим бетоном. На обрізі фундаменту створюється набетонка до відмітки 0,030 м. У зонах воріт просторова локалізація балок переривається суцільним монолітом (товщина 500 мм, довжина 6 м) з анкерними болтами. Гідроізоляція верху балок забезпечується розчином (товщина 30 мм, пропорція 1:2).

Фундаментні балки

Передача навантажень вимагає геометричної фіксації фундаментних балок на опорних підбетонках (переріз 0,3 x 0,6 м). Висотна відмітка верху стовпчиків дорівнює -0,45 м (при висоті балки 0,4 м та кроці 6 м).

Топологічна верифікація верхньої грані балки зупиняється на відмітці -0,03 м. Недопущення структурної деградації через сили морозного здимання ґрунтів вимагає просторової локалізації демпфуючої подушки (шлак або пісок). Для теплофізичної стабілізації ширина цього прошарку може складати 1...2 м. Експлуатаційна безвідмовність поверхні забезпечується асфальтовим вимощенням (ширина 1 м, градієнт нахилу 3–5 %).

Кроквяні та підкроквяні структурні конгломерати

Формування просторової покривної системи реалізується через кроквяні формотворчі одиниці: сегментні безрозкісні ферми та полігональні конструкції (прольоти 18, 24 м), а також двосхилі гратчасті балки (прольоти 12, 18 м) (табл. 6). Забезпечення живучості макросистеми у контактних вузлах відбувається шляхом зварювання сталевих накладок із закладними деталями та фіксації анкерними болтами. Після абсолютної квазістатичної вивірки просторового положення, ці контакти жорстко обварюються.

При геометричній розбіжності кроків (6 м крайні, 12 м середні), аналіз напружень диктує інсталяцію підкроквяних елементів, просторова фіксація яких відбувається шляхом зварювання стельовим швом.

Підкранові балочні компоненти

Математичне моделювання статичної роботи підтверджує застосування опорних мостових кранів із параметром $Q = 10 \div 50$ т (табл. 7). Підкранові балки формують кінематичну траєкторію та генерують додаткову глобальну просторову жорсткість макросистеми. Оцінка деформативної здатності зумовлює використання розрізних таврових балок (висота 800 і 1000 мм для кроку 6 м; 1400 мм для кроку 12 м). Топологічна ідентифікація поділяє їх на торцеві, рядові та температурні. Геометрична фіксація забезпечується нижнім болтово-зварним контактом та верхнім зварюванням. Зверху інсталюються рейки із пружними демпферами на лапках-притискачах.

Системи просторових в'язів

Механіка руйнування лімітує поперечні та поздовжні переміщення, вимагаючи встановлення вертикальних в'язів. Тензометричний аналіз динамічних зсувів диктує просторову локалізацію в'язів нижче відмітки підкранових трас у межах одного (переважно центрального) кроку кожного температурного відсіку. При цьому підкранові балки функціонують як жорсткі розпірки. Наявність підкроквяних ферм ліквідує потребу в додаткових розпірках. Превенція граничних станів покриття вимагає також геометричної фіксації в'язів по площинах ліхтарів та підвісних трасах.

Суцільний жорсткий диск покриття (Плити)

Топологія суцільного жорсткого диска покриття формується через просторову локалізацію залізобетонних формотворчих дискретних одиниць поверх поперечних кроквяних компонентів (табл. 8). Механіка руйнування лімітує розмірну сітку: при кроці опорних структур 6 м геометрична фіксація здійснюється плитами 3 x 6 м та 1,5 x 6 м, а для кроку 12 м – 12 x 6 м і 1,5 x 12 м. Базис граничних станів обумовлює домінування плит шириною 3 м, що корелює з вузловими відстанями кроквяних ферм. У зонах розжолобків, де тензометричний аналіз фіксує екстремальні напруження від снігових мас і несуча здатність 3-метрових елементів вичерпується, експлуатаційна парадигма диктує структурне компонування елементів шириною 1,5 м для недопущення структурної деградації.

Забезпечення живучості макросистеми в поздовжніх контактних зонах досягається зварюванням сталевих закладних деталей з елементами ферм. Внутрішні напруження у швах компенсуються заповненням цементним розчином М100. Біля торців та в зонах температурних розривів просторова ідентифікація закладних деталей вимагає їх зміщення рівно на 500 мм.

Формування зовнішнього огорожувального контуру (Стіни)

Формування вертикального контуру просторової макросистеми реалізується через структурне компонування стінових панелей для опалювальних і неопалюваних об'ємів (крок колон 6 і 12 м). Структурний регламент вимагає застосування формотворчих одиниць висотою 1,2 і 1,8 м, довжиною 6 і 12 м. Тривимірна орієнтація нижньої грані першого ярусу збігається з нульовою відміткою підлоги. Оцінка деформативної здатності каркаса диктує заниження верхнього ряду панелей відносно ферм на 0,6 м, а в міжвузловому просторі – на 0,3 м нижче верхнього пояса.

Критерії безвідмовності залізобетонного структурного конгломерату обумовлюють просторову локалізацію легкобетонних самонесучих компонентів. Висоти підпорядковані модулю 300 мм (основні 1,2 і 1,8 м; підкарнизні та парапетні 0,9 і 1,5 м). Цокольний сегмент (1,2 м) може математично збільшуватися, якщо це диктують технологічні навантаження. У кутових зонах, де геометрична фіксація основних стійок зміщена на 500 мм, застосовуються поздовжні компоненти з добірними вкладишами. На торцях панелі жорстко контактують з фахверками.

Квазістатичний контроль термопружних напружень та усадочних явищ вимагає встановлення зазорів: горизонтальних – 15 мм, вертикальних – 20-30 мм (для довжин 6 і 12 м відповідно). Недопущення структурної деградації швів забезпечується пружними синтетичними гідроізоляторами (пороізол, герніт) та вологостійкими мастиками.

Проектна топологічна верифікація затверджує одношарові панелі товщиною 300 мм (табл. 8). Фіксація до колон здійснюється через сталевий зчеп (два кутники 125 x 16 мм, L = 100 мм) та гнучкий анкер із пластиною. Фактурні шари (по 20 мм цементно-піщаного розчину) нанесені в заводських умовах. У зонах транзитних прорізів (ворота, двері) просторовий континуум заповнюється цеглою М100 на розчині М50 (товщина 380 мм).

Світлопроникні дискретні одиниці (Вікна)

Інсоляція об'ємно-просторового ансамблю формується через структурне компонування світлових прорізів (окремих або стрічкових). Експлуатаційна парадигма висотних кранових макросистем вимагає дво- або тривимірної тривимірної орієнтації вікон.

Механіка руйнування лімітує згинальні моменти у склі шляхом просторової локалізації вертикальних сталевих імпортів із кроком 1,5 або 2 м, приварених до перемичок. Оцінка напружень дозволяє болтове кріплення рам (глухих або відкидних) до імпортів. Сталеві панелі для 6-метрового кроку мають геометричну фіксацію 6 × 1,2 та 6 × 1,8 м. До відмітки 20 м їхня кінематична стабільність забезпечується болтами М12. При перевищенні цієї координати, превенція граничних станів від вітрового тиску вимагає введення прокатних ригелів. Скло монтується в гумових демпферах.

Великогабаритні транзитні портали (Ворота)

Топологічний комплекс містить розпашні портали для автомобільного транспорту. Математичне моделювання статичної роботи транспортного потоку затверджує габарити прорізу 3,6 x 4,2 м (рис. 3). Силовий контур (ригель і дві стійки) має жорстку геометричну фіксацію на фундаменті анкерними болтами. Рама локалізується із зовнішнього боку. Для гасіння контактних напружень від безрейкових коліс зовні формуються похилі бетонні пандуси.

Гідроізоляційний бар'єр та евакуація рідин (Покрівля і водовідвід)

Формування гідроізоляційного контуру здійснюється через структурне компонування суміщеної невентильованої покрівлі (два шари руберойду із гравійно-бітумним захистом, рис. 4). Базис граничних станів диктує

наявність пароізоляційного прошарку (один шар руберойду на бітумній мастиці). У зонах примикання до парапетів оцінка деформативної здатності вимагає посилення вузла трьома шарами руберойду з геометричною фіксацією перепуску на 150-100 мм. Вони мають вертикальну тривимірну орієнтацію на стіну (250 мм) із механічним кріпленням дюбелями (крок 600 мм) через сталеву смугу 40 x 4 мм та оцинкований фартух.

Експлуатаційна парадигма обумовлює внутрішню організовану евакуацію рідини. Механіка руйнування лімітує відстань між водостоківими лійками у розжолобках значенням не рідше ніж 48 м. Просторова локалізація лійок має математичну прив'язку до осей: поздовжніх – 450 мм, поперечних – 500 мм.

Світлоаераційні надбудови (Ліхтарі)

Квазістатичний контроль термодинамічного масообміну обґрунтовує застосування світлоаераційних подвійних ліхтарів (ширина 6 та 12 м). Оцінка напружень обмежує висоту скла параметром 1750 мм; кутове відкриття забезпечується електроприводом.

Тривимірна орієнтація паралельна поздовжній осі. Критерії пожежної надійності лімітують безперервну довжину до 84 м. При перевищенні структурний регламент вимагає організації розривів, кратних кроку кроквяних ферм. Недопущення структурної деградації торців диктує відступ надбудов на 6 м. Для прольотів 12 і 18 м просторова локалізація передбачає 6-метрові контури, для масивніших – 12 м. Силовий каркас генерується поперечними рамами та поздовжніми елементами (бортові плити, прогони, в'язі). Топологія покриття ліхтаря ідентична основному жорсткому диску.

Контактний масив основи (Підлоги)

Оцінка напружень від виробничих факторів обумовлює конфігурацію контактного масиву для забезпечення експлуатаційної безвідмовності. Топологічний комплекс підлоги включає структурне компонування шарів: покриття, підстильний масив, прошарок, стяжка, гідроізоляція та основа. Геометрична фіксація цих компонентів суворо підпорядковується базису граничних станів кожного приміщення.

Фізико-хімічний захист поверхонь (Опорядження)

Забезпечення живучості макросистеми від зовнішніх атмосферних чинників зводиться до топологічної верифікації та розшивки швів, оскільки формотворчі одиниці мають заводський фактурний шар (цементний розчин 20 мм). Просторова локалізація стиків супроводжується герметизацією.

Внутрішній квазістатичний контроль поверхонь завершується вапняним фарбуванням.

1.6 Математичне моделювання та квазістатичний контроль світлотехнічного поля просторової макросистеми

Поперечна координата (глибина) топологічного комплексу: $V=30$ м;

Висотна координата в просторовому континуумі: $H=15,6$ м;

Розряд зорового сприйняття (експлуатаційна парадигма диктує точність процесів): IV;

Світлопрозорі формотворчі дискретні одиниці: подвійні світлоаераційні ліхтарі;

Матеріал застосування: листове скло;

Шукана площа світлопроникних прорізів: $S = 1591.2 \text{ м}^2$

Спектрально-оптичні характеристики огорожувальних площин об'ємно-просторового ансамблю:

- Верхня обмежувальна площина (стеля): біла тональність;

- Вертикальні захисні площини (стіни): зеленуваті тони;

- Нижня межа просторового континууму (підлога): червонувато-коричнева тональність.

Коефіцієнти дифузного відбиття поверхонь:

$$\rho_{\text{стелі}} = 0,7, \rho_{\text{стіни}} = 0,5, \rho_{\text{підлоги}} = 0,3.$$

1. Топологічна верифікація нормованого коефіцієнта природного освітлення

Для превенції граничних станів працездатності та забезпечення експлуатаційної безвідмовності світлотехнічного режиму в робочій зоні, нормований показник розраховується за формулою:

$$e^{IV} = e \cdot m \cdot c = 4 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 2,4$$

де: m - коефіцієнт, що враховує світлокліматичні умови району просторової локалізації будівлі;

c - коефіцієнт сонячності клімату, що обумовлюється тривимірною орієнтацією світлопрорізів у географічному континуумі;

e - вихідний нормований коефіцієнт природного освітлення за базисом граничних станів зорової роботи.

2. Математичне моделювання сумарної площі світлопрозорих формотворчих одиниць (S_0)

Розрахунок площі застосування для забезпечення живучості макросистеми в межах необхідних світлових потоків виконується на основі аналізу геометричних та оптичних параметрів:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot k_z \cdot e_n \cdot \eta_0 \cdot K_{zd}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} = 1095 \text{ м}^2$$

де: S_p - площа підлоги топологічного комплексу;

K_z - коефіцієнт запасу, що запобігає структурній деградації світлопропускних властивостей внаслідок забруднення;

η_0 - світлова характеристика світлоаераційного ліхтаря;

τ_0 - результуючий коефіцієнт світлопропускання світлопрозорого контуру, який визначається за умов спільної роботи його оптичних шарів:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,64$$

де: τ_1 - базовий коефіцієнт світлопропускання матеріалу застосування;

τ_2 - коефіцієнт, який враховує затінення світлового потоку в рамах та переплетеннях світлопрорізу;

τ_3 - коефіцієнт, що враховує геометричну конфігурацію та втрату світла в несучих компонентах макросистеми;

τ_4 - коефіцієнт, що враховує затінення від наявності сонцезахисного обладнання;

τ_5 - коефіцієнт, що лімітує втрати світлового потоку в захисній металевій сітці під ліхтарями;

K_{zd} - коефіцієнт, що враховує затінення світлопрорізів суміжними об'ємно-просторовими ансамблями;

r_1 - коефіцієнт, що враховує підвищення коефіцієнта природного освітлення (к.п.о.) при бічному або верхньому освітленні за рахунок відбитих світлових потоків від внутрішніх поверхонь приміщення та підстиляючого шару, що прилягає до макросистеми.

Для просторової ідентифікації параметра r_1 та оцінки деформативної здатності світлового поля розраховують інтегральний середній коефіцієнт дифузного відбиття внутрішнього просторового континууму:

$$\rho_{cp} = \frac{0,5\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2 + \rho_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3} = 0,397$$

де: ρ_1, ρ_2, ρ_3 та S_1, S_2, S_3 - відповідно індивідуальні коефіцієнти відбиття та площі поверхонь стельового перекриття, стінового огороження та підлоги топологічного комплексу.

Математичне моделювання підтверджує, що отримана величина сумарної площі застосування $S_{реал.} \geq S_0$ повністю задовольняє критерії надійності та забезпечує необхідний рівень освітленості робочих зон. Світлотехнічні характеристики просторової локалізації світлових прорізів прийняті правильно.

1.7 Теплотехнічна верифікація захисних огорожень просторової макросистеми

Термодинамічні параметри навколишнього просторового континууму:

Розрахункова температура зовнішнього середовища найхолоднішої п'ятиднівки: $t_H = -21^0$;

Внутрішній температурно-вологісний режим об'ємно-просторового ансамблю задовольняє критеріям II групи: $t_B = 16^0$, $\varphi \leq 49$;

Параметри експлуатаційної безвідмовності в умовах вологостійкості: Б.

Критерії надійності теплового опору:

Потрібний опір теплопередачі захисних огорожувальних компонентів макросистеми: $R_0^{TP} = 0,42 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$

Для геометричної фіксації огорожувального контуру в просторовому континуумі попередньо закладаються формотворчі дискретні одиниці з аглопоритобетону з наступними параметрами фізико-механічного стану:

Густина матеріалу: $\gamma = 1200 \text{ кг} / \text{м}^3$;

Товщина захисного шару: $\delta = 300$;

Вихідний термічний опір: $R = 0,74 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$,

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda = 0,46$.

Математичне моделювання опору теплопередачі захисного контуру

Оцінка теплотехнічної спроможності конструкцій та превенція граничних станів (недопущення структурної деградації через промерзання) здійснюється на основі аналізу фактичного теплового опору за формулою:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \sum R + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + 0,65 + \frac{1}{23,2} = 0,81$$

де: $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$ - коефіцієнт тепловіддачі біля внутрішньої площини несучих компонентів макросистеми,

$\alpha_H = 23,2 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$ - коефіцієнт тепловіддачі біля зовнішньої межі огороження;

$\sum R = 0,65$ - сумарне значення термічного опору окремих фізичних шарів огорожувального конгломерату.

Квазістатичний контроль теплопровідності показує:

$$R_0 \geq R_{TP}$$

Параметри прийнятої структури повністю задовольняють експлуатаційну парадигму просторової макросистеми та розрахунковий температурно-вологісний режим навколишнього середовища.

2. Розрахунково-конструктивний розділ

2.1 Проектування та математичне моделювання статичної роботи двосхилої балки

Просторова локалізація та геометрична фіксація в просторовому континуумі

Для забезпечення живучості макросистеми під дією розрахункових згинальних моментів та запобігання надмірним прогином, висота поперечного перерізу формотворчої одиниці в центральній зоні геометрично фіксується як $h = \left(\frac{1}{10} \dots \frac{1}{15}\right)l = 1800 \dots 1200 \text{ мм}$. Остаточно $h = 1540 \text{ мм}$.

Оцінка деформативної здатності верхньої стиснутої зони балки на предмет поздовжнього згину та недопущення передчасної втрати стійкості обумовлює ширину верхнього поясу на рівні 400 мм.

Експлуатаційна парадигма диктує наступні параметри геометричного компонування для мінімізації напружень у розтягнутому та стінковому сегментах.

Геометрична ширина нижнього поясу вибирається в діапазоні 250...300 мм; згідно з розрахунковим кроком, вона остаточно фіксується як 270 мм.

Механіка руйнування лімітує мінімальну товщину вертикальної стінки для запобігання зрізуючим деформаціям у межах $b = 60 \dots 100 \text{ мм}$; геометрична фіксація виконується при значенні $b = 100 \text{ мм}$.

Товщина поличних консолей у зоні примикання приймається рівною 160 (180) мм.

З метою унеможливлення концентрації напружень та раціонального розподілу внутрішніх зусиль, кутовий градієнт (схили скосів) полиць приймається в інтервалі $35 \dots 45^\circ$ ($35 - 45^\circ$).

Для забезпечення оптимального опору зсувним силам у зоні безпосереднього обпирання, висота поперечного перерізу балки на опорі фіксується на позначці 790 мм.

Топологічна верифікація розрахункового прольоту балки

Базис граничних станів вимагає визначення ефективної розрахункової довжини балки. Співвідношення геометричних осей у межах топологічного комплексу визначає розрахунковий проліт за формулою:

$$l_0 = 18000 - 2 \cdot 25 - 2 \cdot 150 = 17650 \text{ мм.}$$

де: L - номінальний проліт топологічного комплексу (будівлі);

25 мм — просторова локалізація (відстань від координаційної осі будівлі до торцевої грані балки);

150 мм — відстань від торцевої площини несучої компоненти до осі симетрії опорного вузла (середини опори).

2.2 Математичне моделювання та верифікація силових впливів на несучу компоненту макросистеми

Для оцінки деформативної здатності та запобігання передчасній структурній деградації двосхилої балки виконується квазістатичний контроль діючих навантажень у межах досліджуваного топологічного комплексу. Базис граничних станів вимагає розподілу силових факторів за часовим континуумом їхньої дії.

1. Навантаження постійної дії (статичний тиск власних мас та стаціонарних об'єктів):

Розподілений тиск від захисного диска покриття:

$$3 \cdot 6 = 18 \text{ кН} / \text{м}$$

Силовий вплив від власної маси балки (несучої компоненти):

$$\frac{91}{18} \cdot 1,1 = 5,55 \text{ кН} / \text{м},$$

Навантаження від просторової локалізації стаціонарного інженерного обладнання (вентиляційних коробів та трубопроводних магістралей):

$$0,5 \cdot 6 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ кН} / \text{м}$$

Сумарне значення постійного силового впливу:

$$g = 18 + 5,55 + 3,6 = 27,15 \text{ кН} / \text{м}$$

2. Тимчасові навантаження (варіаційні впливи навколишнього середовища):

Тривало діюче тимчасове навантаження:

$$0,3 \cdot 6 \cdot 1,4 = 2,5 \text{ кН} / \text{м}$$

Короткочасний кліматичний вплив (сніговий та вітровий тиск):

$$0,7 \cdot 6 \cdot 1,4 = 5,9 \text{ кН} / \text{м}$$

3. Повний розрахунковий тиск на просторову макросистему:

Для запобігання критичним напруженням та превенції граничних станів, експлуатаційна парадигма диктує наступні сумарні параметри силових потоків:

Постійна складова у поєднанні з тривалим тимчасовим впливом:

$$27,15 + 2,5 = 29,65 \text{ кН} / \text{м}$$

$$q_{\text{short}} = 5,9 \text{ кН} / \text{м}$$

Повне сумарне розрахункове навантаження на погонний метр довжини балки:

$$29,565+5,9=35,55 \text{ кН/м.}$$

Цей сумарний силовий потік виступає вихідним математичним базисом для подальшої просторової ідентифікації внутрішніх зусиль, оцінки напружень та побудови епюр взаємодій у просторовому континуумі балки.

2.3 Побудова епюр взаємодій та просторова ідентифікація внутрішніх зусиль у несучій компоненті

Математичне моделювання статичної роботи та аналіз граничних станів під дією розрахункових навантажень дозволяють виявити небезпечні перерізи у просторовому континуумі двосхилої балки.

1. Оцінка максимального згинального моменту

Аналіз напружено-деформованого стану в найбільш напруженому перерізі обумовлює необхідність визначення максимального згинального моменту в геометричному центрі прольоту (середині розрахункової довжини) від повного сумарного навантаження:

$$M = \frac{g \cdot l_0^2}{8} \cdot \gamma_n = \frac{35,55 \cdot 17,65^2}{8} \cdot 0,95 = 1315 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

2. Визначення згинального моменту на межі однієї третини довжини балки

Квазістатичний контроль просторового розподілу внутрішніх зусиль вимагає ідентифікації згинального моменту на межі однієї третини розрахункового прольоту несучої компоненти макросистеми (при просторовій локалізації розрахункового перерізу на координаті $x_1=l_{03}=17,653=5,89 \text{ м}$) від повного навантаження:

Враховуючи геометричні параметри та величину діючого силового потоку, знаходимо:

$$M = \frac{g \cdot x_1(l_0 - x_1)}{2} \cdot \gamma_n = \frac{35,55 \cdot 5,89(17,65 - 5,89)}{2} \cdot 0,95 = 1169 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

3. Оцінка максимального зсувного зусилля

Механіка руйнування лімітує тримальну здатність опорних зон балки до поперечного зсуву, що диктує необхідність розрахунку максимальної поперечної сили на межі контакту з опорними вузлами просторової макросистеми. Підстановкою розрахункових параметрів фіксуємо крайове опорне зусилля:

$$Q = \frac{g \cdot l_0}{2} \cdot \gamma_n = \frac{35,55 \cdot 17,65}{2} \cdot 0,95 = 298 \text{кН}$$

Ці отримані розрахункові значення виступають вихідним аналітичним базисом для подальшої топологічної верифікації міцності армування та оцінки деформативної здатності балки у відповідних перерізах.

2.4 Попередня топологічна верифікація та розрахунок площі поперечного перерізу попередньо напружених формотворчих одиниць

Розрахунок з умов міцності

Виходячи з критеріїв надійності та забезпечення експлуатаційної безвідмовності несучої компоненти макросистеми в межах першої групи граничних станів (міцність нормального перерізу), необхідна площа попередньо напруженого армування повинна задовольняти наступній математичній умові:

$$A_{sp} = \frac{M}{0,9 \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{131500000}{0,9 \cdot 145 \cdot 1110(100)} = 9,07 \text{см}^2$$

Для детальної просторової ідентифікації геометричних характеристик у перерізі на відстані однієї третини розрахункового прольоту балки, висота поперечного перерізу визначається з урахуванням ухилу верхньої стиснутої полиці за формулою:

$$h_0 = h - a = 154 - \frac{18}{2} = 145 \text{см}$$

Підставивши вихідні геометричні параметри у розрахункову модель статичної роботи, отримуємо висоту перерізу

$$A_{sp} = \frac{M}{0,9 \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{116900000}{0,9 \cdot 121 \cdot 1110(100)} = 9,67 \text{см}^2$$

$$h_{01} = h_1 - a = 130 - \frac{18}{2} = 121 \text{см}$$

$$h_1 = h_{os} + ((h - h_{os})/0,5)l = 79 + ((154 - 79)/0,5 \cdot 1800)605 = 130 \text{ см}$$

де розрахункова координата (просторова локалізація перерізу від теоретичного торця в межах топологічного комплексу) обчислюється як:

$$x = x_1 + a_0 = 590 + 15 = 605 \text{ см.}$$

2. Розрахунок з умов тріщиностійкості

Превенція граничних станів другого типу (недопущення передчасної структурної деградації через утворення та розкриття тріщин у розтягнутій зоні) обумовлює необхідність перевірки площі перерізу напруженого армування за критерієм тріщиностійкості:

$$A_{sp} = \frac{M}{\beta \cdot R_s \cdot h_0} = \frac{131500000}{0,6 \cdot 1110 \cdot 100 \cdot 145} = 13,6 \text{ см}^2$$

Необхідна кількість стрижневих формотворчих одиниць класу

Ø 10 мм Ат-IV з $A_s=0,785 \text{ см}^2$:

З метою підвищення експлуатаційної безвідмовності та опору зсувним навантаженням, до остаточного структурного компонування приймаємо армування високої міцності типу

$$\omega = 0,85 - 0,008 R_b \gamma_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 25 \cdot 0,9 = 0,67$$

приймаємо 15Ø12 К-7 з $A_{sp}=13,8 \text{ см}^2$.

3. Прийняте структурне компонування армування

У результаті математичного моделювання статичної роботи для геометричної фіксації в просторовому континуумі несучої компоненти приймається наступний арматурний склад:

Попередньо напружена робоча арматура нижнього поясу: високоміцні сталеві канати з розрахунковою площею $A_{sp}=13,588 \text{ см}^2$

Ненапружена конструктивна арматура у верхній стиснутій полиці:

4Ø10 А-III, $A'_s=3,14 \text{ см}^2$;

Ненапружена робоча арматура в нижній розтягнутій полиці:

4Ø10 А-III, $A_s=3,14 \text{ см}^2$.

2.5 Математичне моделювання та просторова ідентифікація зусилля обтискання з урахуванням релаксаційно-деформаційних втрат у напруженому армуванні

Для забезпечення живучості макросистеми та запобігання передчасній структурній деградації виконується детальний розрахунок втрат попереднього напруження в арматурі.

Первинні деформаційно-напружені втрати (Перші втрати)

Зниження напружень внаслідок релаксації сталі:

$$\sigma_1 = (0,22 \cdot \sigma_{sp} R_{s,ser} - 0,1) \cdot \sigma_{sp} = (0,22 \cdot 9351335 - 0,1) \cdot 935 = 50,6 [\text{МПа}]$$

Втрати через температурний градієнт в огорожувальному контурі:

$$\sigma_2 = 1,25 \Delta t = 1,25 \cdot 65 = 81 \text{ МПа}$$

Деформаційні втрати в контактних зонах анкерних пристроїв при довжині напружуваного контуру $l=19 \text{ м}$:

$$\sigma_3 = \Delta l \cdot E_s / l = 0,0027 \cdot 180000 / 19 = 25,6 \text{ МПа}$$

Зусилля обтискання залізобетонного конгломерату з урахуванням первинних втрат $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ при коефіцієнті надійності за попереднім напруженням $\gamma_{sp}=1$ визначається за формулою:

$$P_1 = \gamma_{sp} \cdot A_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3) = 1 \cdot 13,8(935 - 50,6 - 89 - 25,6)(100) = 1062 \text{ кН}$$

Зсув точки прикладання сили P_1 (ексцентриситет) відносно центру ваги зведеного геометричного перерізу становить:

$$e_{sp} = y_0 - a$$

2. Визначення попередніх геометричних характеристик перерізу

Для квазістатичного контролю та оцінки напружень у просторовому континуумі поперечного перерізу балки попередньо обчислюємо його зведені геометричні характеристики:

Співвідношення модулів пружності сталевих компонентів та бетонної матриці:

$$\alpha_{sp} = \frac{E_s}{E_b} = \frac{180000}{34000} = 5,3$$

Зведена площа поперечного перерізу арматурних елементів:

$$A_{sp,red} = \alpha \cdot A_{sp} = 5,3 \cdot 13,8 = 73,14 \text{ см}^2$$

$$A_{s,red} = A'_{s,red} = \alpha \cdot A'_s = 5,3 \cdot 3,14 = 16,6 \text{ см}^2$$

Загальна площа зведеного перерізу в середній зоні розрахункового прольоту балки:

$$A_{red} = A + A_{sp,red} + A'_{s,red} + A_{s,red} =$$

$$= (40 \cdot 16 + 15 \cdot 5 + 27 \cdot 18 + 8,5 \cdot 6 + 109 \cdot 10) + 73,14 + 16,6 \cdot 2 = 1797 \text{ см}^2$$

Статичний момент зведеного геометричного перерізу відносно нижньої грані елемента:

$$S_{red} = \sum A_i \cdot y_i + A_{sp} a_p + A_{s,red} a + A'_s (h - a') = 40 \cdot 16(154 - 0,5 \cdot 16) + 15 \cdot 5(154 - 16 - 0,5 \cdot 5) +$$

$$+ 27 \cdot 18 \cdot 0,5 \cdot 18 + 8,5 \cdot 6(18 + 0,5 \cdot 6) + 109 \cdot 10(0,5 \cdot 109 + 6 + 18) + 73,14 \cdot 9 +$$

$$+ 16,6 \cdot 9 + 16,6(154 - 3) = 197926 \text{ см}^3$$

Координата центру ваги зведеного перерізу відносно нижнього волокна (відстань від центра ваги до нижньої грані):

$$y_0 = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{197926}{1797} = 110 \text{ см}$$

Ексцентриситет прикладання сили P_1 з урахуванням просторової локалізації напруженої арматури ($a_p=9$ см) становить:

$$e_{op} = y_0 - a_p = 110 - 9 = 101 \text{ см.}$$

3. Оцінка згинальних моментів від дії сили тяжіння власних мас

Розрахунковий згинальний момент від постійного тиску власної маси балки, що виникає при вертикальному положенні несучої компоненти на стадії виготовлення:

$$M_d = \frac{g_d \cdot l_0^2}{8} = \frac{5,55 \cdot 17,65^2}{8} = 216 \text{кН} \cdot \text{м}$$

Аналогічний нормативний згинальний момент від дії сили тяжіння власних мас:

$$M_d^n = \frac{216}{1,1} = 196 \text{кН} \cdot \text{м}$$

Оцінка напружень обтискання бетону на рівні розташування центру ваги напруженої арматури від спільної дії зусилля P1 та вигинального моменту Md вимагає попереднього обчислення моменту інерції зведеного поперечного перерізу відносно його головних осей:

$$\begin{aligned} I_{red} &= \sum I_0 A_i \cdot y_i^2 + A_{sp,red} (y_0 - a_p)^2 + A_{s,red} (y_0 - a)^2 + A'_s (y'_0 - a')^2 = \\ &= 40 \cdot 16^3 / 12 + 40 \cdot 16(74 - 0,5 \cdot 16)^2 + \frac{15 \cdot 5^3}{12} + 15 \cdot 5(74 - 16 - 0,5 \cdot 5)^2 + \\ &+ \frac{27 \cdot 18^3}{12} + 27 \cdot 18(110 - 0,5 \cdot 18)^2 + \frac{8,5 \cdot 6^3}{12} + 8,5 \cdot 6(110 - 18 - 0,5 \cdot 6)^2 + \frac{10 \cdot 109^3}{12} + \\ &+ 10 \cdot 109(0,5(56 - 53))^2 + 73,14(110 - 9)^2 + 16,6(110 - 9)^2 + 18,46(74 - 3)^2 = \\ &= 10651861 \text{см}^4 \end{aligned}$$

4. Верифікація напружень та обчислення вторинних втрат

Оцінка відповідності отриманого співвідношення напружень критеріям надійності:

$$\begin{aligned} \sigma_{bp} &= \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{P_1 e_{op} - M_d^n}{I_{red}} \cdot (y_0 - a_p) = \frac{1062000}{1797} + \frac{1062000 \cdot 101 - 196000}{10651861} (110 - 9) = \\ &= 1605 \text{Н} / \text{см}^2 = 16,05 \text{МПа} \end{aligned}$$

Отримане відношення повністю задовольняє встановлені вимоги. Для бетонної матриці класу В45 це співвідношення не перевищує межу $\alpha_{max}=0,8$. Згідно зі структурним регламентом:

$$\alpha = 0,25 + 0,025 R_{bp} = 1,15 \rightarrow \text{приймаємо } \alpha = 0,8$$

остаточно приймаємо $\alpha = 0,8$

Втрати напруження внаслідок швидкої повзучості бетону на стадії обтискання:

$$\sigma_b = 0,85 \cdot 40 \cdot \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 0,85 \cdot 40 \cdot 0,4 = 15 \text{МПа}$$

Сумарне значення первинних втрат попереднього напруження:

$$\sigma_{losl} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_6 = 50,6 + 81 + 25,6 + 15 = 172,2 \text{МПа.}$$

5. Вторинні релаксаційні втрати (Другі втрати)

Втрати від усадочних деформацій цементної матриці класу В45:

$$\sigma_8 = 50 \text{ МПа}$$

Втрати від тривалої повзучості бетону при дії постійного обтискання:

$$\sigma_9 = 0,85 \cdot 150 \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 0,85 \cdot 150 \cdot 0,4 = 46 \text{ МПа}$$

Сумарне значення вторинних втрат попереднього напруження:

$$\sigma_{los2} = \sigma_8 + \sigma_9 = 50 + 46 = 96 \text{ МПа}$$

6. Повний баланс втрат та підсумкове зусилля обтискання

Повні втрати попереднього напруження в сталевому армуванні за весь експлуатаційний період становлять:

$$\sigma_{los} = \sigma_{loc1} + \sigma_{loc2} = 172,2 + 96 = 268,2 \text{ МПа}$$

Зусилля обтискання бетонного масиву з урахуванням повних релаксаційних та деформаційних втрат у просторовому континуумі армування:

$$P_2 = A_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_{loc}) = 13,8(935 - 268,2)100 = 920 \text{ кН}$$

2.6 Математичне моделювання та топологічна верифікація міцності несучої компоненти по нормальному перерізу

У ракурсі досліджуваного аспекту роботи несучої компоненти макросистеми, базис граничних станів першої групи вимагає проведення оцінки міцності за нормальним перерізом для запобігання ризикам його деструкції під дією максимальних згинальних моментів.

1. Просторова локалізація нейтральної осі

Для оцінки деформативної здатності стиснутої зони бетону виконується просторова ідентифікація геометричного положення нейтральної осі у зведеному поперечному перерізі топологічного комплексу балки. Умова нерівності внутрішніх зусиль, що визначає знаходження нейтральної осі в межах полиці таврового перерізу, розраховується за формулою:

$$R_s A_{sp} + R_s A_s \leq R_b \gamma_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_{fm} + R_{sc} A'_s$$

Підставивши вихідні фізико-механічні параметри та геометричні характеристики у розрахункову модель, отримуємо:

$$111000 \cdot 13,8 + 36500 \cdot 3,14 = 1646410 \text{ Н} \leq 2500 \cdot 0,9 \cdot 40 \cdot 18,5 + 36500 \cdot 3,14 = 1779610 \text{ Н}$$

Оскільки ліва частина нерівності менша за праву, геометрична фіксація нейтрального контуру в просторовому континуумі підтверджує його проходження в межах полиці таврового перерізу ($x \leq hf'$). Це обумовлює подальше структурне компонування розрахункових моделей за спрощеною прямокутною схемою.

2. Визначення відносної висоти стиснутої зони бетону

Механіка руйнування лімітує граничний стиск бетонної матриці, що вимагає розрахунку граничного значення відносної висоти стиснутої зони (ξ_R) для запобігання крихкому руйнуванню залізобетонного конгломерату:

$$\xi_R = \omega / (1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc,u}} (1 - \frac{\omega}{1,1})) = 0,67 / (1 + \frac{575}{500} (1 - 0,67 / 1,1)) = 0,3$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 R_b \gamma_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 25 \cdot 0,9 = 0,67$$

$$\sigma_{sR} = R_s + 400 - \sigma_{sp} = 1110 + 400 - 935 = 575 \text{ МПа}$$

3. Оцінка висоти стиснутого контуру бетону

Розрахункова висота стиснутої зони бетону (x) у поперечному перерізі об'ємно-просторового ансамблю балки визначається з умов статичної рівноваги внутрішніх зусиль:

$$x = \frac{\gamma_{s6} R_s A_{sp} - R_{sc} A_s' + R_s A_s - R_b \gamma_{b2} (b_f' - b) h_{fm}'}{R_b \gamma_{b2} \cdot b} =$$

$$= \frac{1,15 \cdot 111000 \cdot 13,8 - 36500 \cdot 3,14 - 36500 \cdot 3,14 - 2500 \cdot 0,9(40 - 10)18,5}{2500 \cdot 0,9 \cdot 10} = 22,8 \text{ см}$$

$$\frac{x}{h_0} = \frac{22,8}{145} = 0,156 < \xi_R = 0,3$$

4. Оцінка несучої здатності нормального перерізу

Для недопущення передчасної структурної деградації балки під дією вигинаючих сил виконується розрахунок граничного згинального моменту (M_{ult}), який може бути сприйнятий даним поперечним перерізом:

$$M \leq R_b \gamma_{b2} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) + R_b \gamma_{b2} (b_f' - b) \cdot h_{fm}' (h_0 - 0,5h_f') + R_{sc} A_s' (h_0 - a_s)$$

$$1315 \text{ кН} \cdot \text{м} < 2500 \cdot 0,9 \cdot 10 \cdot 22,8(145 - 0,5 \cdot 22,8) + 2500 \cdot 0,9(40 - 10) \cdot 18,5 \cdot (145 - 0,5 \cdot 18,5) + 36500 \cdot 3,14(145 - 3) = 2542 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Співставлення граничного згинального моменту M_{ult} із діючим розрахунковим моментом від зовнішніх навантажень підтверджує наступне:

$$M \leq M_{ult}$$

Критерії надійності повністю дотримані, опір руйнуванню нормального перерізу забезпечено. Експлуатаційна безвідмовність та живучість макросистеми в межах розрахункового прольоту вважаються підтвердженими.

2.7 Математичне моделювання та топологічна верифікація міцності перерізів, похилих до поздовжньої осі, за критеріями опору поперечній силі

Квазістатичний контроль та оцінка деформативної здатності несучої компоненти просторової макросистеми вимагають математичної перевірки необхідності встановлення поперечного армування.

1. Попередній аналіз у межах розрахункових моделей

Для оцінки опору зсувним напруженням попередньо обчислюються наступні коефіцієнти геометричного та силового впливу:

Коефіцієнт, що враховує вплив стиснутої полиці таврового профілю:

$$\varphi_f = \frac{0,75(b'_f - b)h'_{f,m}}{b \cdot h_0} = \frac{0,75(40 - 10)18,5}{10 \cdot 71} = 0,588 \leq 0,5$$

остаточно приймаємо $\varphi_f = 0,25$

Коефіцієнт, що враховує тривимірну орієнтацію та вплив поздовжнього зусилля попереднього обтискання:

$$N = P_2 = 920 \text{ кН}$$

$$\varphi_n = \frac{0,1N}{R_{bt} \gamma_{b2} \cdot b \cdot h_0} = \frac{0,1 \cdot 920 \cdot 100}{1,45 \cdot 100 \cdot 0,9 \cdot 10 \cdot 71} = 0,99 > 0,5$$

$$\varphi_n = 0,5$$

$$1 + \varphi_f + \varphi_n = 1 + 0,25 + 0,5 = 1,75 > 1,5.$$

Для забезпечення живучості макросистеми за рахунок підвищення опору зрізу, значення коефіцієнта обмежене нормативним порогом:

$$\varphi_n, \text{max} = 1,5$$

Розрахунковий опір важкого бетону на зріз та розтягування:

$$\varphi_{b2} = 2$$

$$B_b = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} \gamma_{b2} b \cdot h_0^2 = 2 \cdot 1,5 \cdot 1,45 \cdot 100 \cdot 0,9 \cdot 10 \cdot 71^2 = 19735515 \text{ Н} \cdot \text{см}$$

Геометрична проекція найбільш критичного похилого перерізу на поздовжню вісь балки визначається за формулою $Q_b = Q_{sw} = 0,5Q$:

$$c = \frac{B_b}{0,5Q} = \frac{19735515}{0,5 \cdot 298000} = 132 \text{ см} \leq 2h_0 = 2 \cdot 71 = 142 \text{ см}$$

Приймаємо $c = 132 \text{ см}$

Зіставлення діючих внутрішніх зусиль показує, що зсувна сила перевищує опорну здатність неармованого бетонного тіла ($Q > Q_b$). Отже, механіка руйнування лімітує роботу чистого бетону, що обумовлює необхідність введення поперечних формотворчих дискретних одиниць за розрахунком.

$$Q_b = \frac{B_b}{c} = \frac{19735515}{132} = 149 \text{ кН} < Q = 298 \text{ кН} -$$

2. Структурне компонування та розрахунок приопорної зони (ділянка 0 – 2,21 м)

Для поперечного дискретного армування вибирається гарячекатана сталь класу А-III діаметром $\varnothing 8$ мм із розрахунковою площею перерізу $A_{sw} = 0,503 \text{ см}^2$, $R_{sw} = 285 \text{ МПа}$.

Згідно з конструктивними вимогами структурного регламенту, геометрична фіксація кроку поперечних стержнів у просторовому континуумі приопорної зони має бути не більшою за 500 мм та $h/3 = 154/3 = 51 \text{ см}$. Критерії надійності зумовлюють попереднє фіксування кроку $S = 15 \text{ см}$ на приопорній ділянці довжиною 2,21 м.

Інтенсивність поперечного армування (зусилля на одиницю довжини балки) при кількості зрізів у перерізі $n = 2$ обчислюється як:

$$q_{sw} = R_{sw} A_{sw} n / S = \frac{28500 \cdot 0,503 \cdot 2}{15} = 1911 \text{ Н / см}$$

Після визначення інтенсивності виконується перевірка за граничною умовою:

$$q_{sw} = 1911 > 0,5 \phi_{b3} (1 + \phi_f + \phi_n) R_{bt} \gamma_{b2} \cdot b = \\ = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 1,5 \cdot 1,45 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 0,9 = 587,25 \text{ Н / см}$$

умова успішно виконується.

Розрахункова довжина проєкції найбільш критичної похилої тріщини на поздовжню вісь становить:

$$c_0 = \sqrt{\frac{\phi_{b2} (1 + \phi_f + \phi_n) R_{bt} \gamma_{b2} b \cdot h_0^2}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{B_e}{q_{sw}}} = \sqrt{19735515 / 1911} = 101,6 \text{ см}$$

Граничне поперечне зусилля, що сприймається виключно арматурними формотворчими одиницями:

$$Q_{sw} = q_{sw} c_0 = 1911 \cdot 101,6 = 194 \text{ кН},$$

Сумарна тримальна здатність поперечного армування спільно з бетонним масивом дорівнює:

$$Q_{b,sw} = Q_b + Q_{sw} = 149 + 194 = 343 \text{ кН},$$

Оскільки розрахований сумарний опір перевищує діючу зсувну силу ($Q=298$ кН), експлуатаційна безвідмовність та міцність похилого перерізу повністю забезпечені.

3. Топологічна верифікація на проміжній ділянці (ділянка 2,21 – 4,42 м)

Експлуатаційна парадигма на даній ділянці просторової локалізації вимагає дотримання умови

$$S \leq \frac{h}{3} = 98/3 = 32,7 \text{ см} \quad S < 50 \text{ см, на основі чого приймається збільшений}$$

крок поперечного армування $S=20$ см.

Проекція критичної похилої тріщини на поздовжню вісь становить:

$$q_{sw} = R_{sw} A_{sw} n / S = \frac{28500 \cdot 0,503 \cdot 2}{20} = 1433,55 \text{ Н / см}$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} \gamma_{b2} b \cdot h_0^2}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 1,45(100) 0,9 \cdot 10 \cdot 89^2}{956}} = 180 \text{ см}$$

Отримане значення не перевищує граничний геометричний габарит:

$$c \leq 2 \cdot 89 \text{ см} = 178 \text{ см}$$

Сумарна інтенсивність та опір зсуву на даній ділянці становлять:

$$Q_b = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 1,45(100) 0,9 \cdot 10 \cdot 89^2}{180} = 172 \text{ кН}$$

$$Q_{sw} = 956 \cdot 180 = 172 \text{ кН,}$$

$$Q_{b,sw} = Q_b + Q_{sw} = 172 + 172 = 344 \text{ кН} \geq 229 \text{ кН}$$

Розрахунок підтверджує повну превенцію граничних станів руйнування, міцність на проміжній ділянці забезпечена.

4. Аналіз граничних станів у центральному сегменті (середня частина балки)

У середній частині балки за конструктивними вимогами приймається максимально допустима геометрична фіксація кроку $S=50$ см (з дотриманням умови $S < 50$ см за граничними допусками).

$$S \leq \frac{3h}{4} = \frac{3 \cdot 116}{4} = 87 \text{ см}$$

Довжина проекції критичної тріщини дорівнює:

$$c_0 = \sqrt{\frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} \gamma_{b2} b \cdot h_0^2}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 1,45(100) 0,9 \cdot 10 \cdot 107^2}{573}} = 279 \text{ см}$$

що задовольняє граничну топологічну умову:

$$c \leq 2 \cdot 107 \text{ см} = 214 \text{ см}$$

Для даного кроку виконується фінальне обчислення зусиль опору:

$$q_{sw} = R_{sw} A_{sw} n / S = \frac{28500 \cdot 0,503 \cdot 2}{50} = 573 \text{ Н / см}$$

$$Q_b = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 1,45(100)0,9 \cdot 10 \cdot 107^2}{214} = 209 \text{кН}$$

$$Q_{sw} = 573 \cdot 214 = 123 \text{кН},$$

$$Q_{b,sw} = Q_b + Q_{sw} = 209 + 122 = 331 \text{кН} \geq 149 \text{кН}$$

Математичне моделювання статичної роботи підтверджує, що недопущення структурної деградації по всій довжині балки забезпечено, міцність похилих перерізів повністю гарантована.

3. Техніко-економічний розділ

3.1 Топологічний вибір монтажного підйомного обладнання за технічними критеріями надійності

Критерії надійності та безпечного структурного компонування просторової макросистеми зумовлюють двоетапну процедуру вибору монтажних кранів:

На першому етапі, на основі аналізу геометричних характеристик і вагових параметрів топологічного комплексу (габаритів об'ємно-просторового ансамблю в плані та за висотою, маси, геометричних розмірів та просторової локалізації формотворчих дискретних одиниць), здійснюється квазістатичний контроль вихідних робочих параметрів стрілового обладнання. Визначаються критична висота підйому гака, ефективний виліт стрілового механізму та потрібна вантажопідйомність.

На другому етапі, для забезпечення живучості макросистеми та підвищення загальної ефективності будівництва, проводиться остаточне затвердження комплексу підйомного обладнання на базі порівняльного техніко-економічного аналізу та оцінки альтернативних варіантів.

1. Визначення висоти підйому гака

Потрібна висота просторового підйому гака (H_{Γ}^{nom}) для запобігання пошкодженню та недопущення деградації конструкцій на стадії монтажу обчислюється за формулою:

$$H_{\Gamma}^{nom} = H_M + h_M + h_e + h_c$$

де: H_M - вертикальна відмітка монтажного горизонту від рівня стоянкової площини крана (для стійок, фундаментів та інших несучих компонентів макросистеми, опорний контур яких розташовується нижче площини стоянки крана). При просторовому компонуванні похилих елементів (сходових маршів тощо), опорні точки яких фіксуються у двох рівнях, у розрахунках береться координата верхньої опори;

h_M - монтажний запас безпеки або перевищення нижнього ребра монтованої дискретної одиниці над проектною точкою спірання (приймається в межах 0,7...1,0 м);

h_e - власна висота монтованої формотворчої одиниці, яка визначається за конструктивними параметрами специфікацій;

h_c - конструктивна висота вантажозахоплювального пристрою (траверс, стропових петель, зачепів).

2. Визначення вантажопідйомності

Експлуатаційна парадигма диктує необхідну вантажну здатність крана на основі умов статичної рівноваги мас під час підйому:

$$Q^{\text{nom}} = q_e + q_c + q_{\text{мп}} + q_{\text{пос}}$$

де: q_e - розрахункова вага монтованого елемента;

q_c - вага стропувальних засобів і захоплювальних пристосувань;

$q_{\text{мп}}$ - вага додаткового монтажного оснащення (розчалок, кондукторів, підмостків);

$q_{\text{пос}}$ - вага додаткових пристроїв просторової фіксації.

3. Розрахунок геометричних параметрів стрілового обладнання

Геометрична фіксація довжини стріли у просторовому континуумі (L_c) розраховується з умов недопущення контакту стрілового обладнання з конструкціями будівлі:

$$L_c = \frac{H_m - h_{\text{ш}} + h_z + h_c + h_n + h_{\text{ел}}}{\sin \alpha}$$

де: H_m - різниця висотних позначок стоянки крана та монтованої конструкції;

$h_{\text{ш}}$ - відстань від площини стоянкового контуру крана до осі шарніра п'яти стріли ($h_{\text{ш}}=1,5$ м);

h_z - безпечний повітряний зазор (не менше 1 м);

h_c - висота елемента;

h_n - довжина вантажного поліспада (1,5...2,0 м);

$h_{\text{ел}}$ - висота монтованого елемента;

α - кут тривимірної орієнтації (нахилу) стріли до горизонтальної площини (приймається в межах $67^\circ \dots 72^\circ$).

Потрібний виліт стріли (l_v) для вільного монтажного переміщення у просторовому континуумі визначається як:

$$l_v^{\text{nom}} = L_c \cdot \cos \alpha + l_{\text{ш}}$$

При тривимірній орієнтації монтажного процесу за допомогою крана з гусаком застосовуються наступні розрахункові залежності:

$$L_c = \sqrt{l_c^2 + (H - h_{\text{ш}})^2}$$

Довжина стріли без урахування гусака:

$$l_c = \frac{\left(O + \frac{e_{\text{к}}}{2} \right) (H_c - h_{\text{ш}})}{h_n + h_c}$$

Потрібна горизонтальна проекція стрілового обладнання:

$$L_6^{nom} = \frac{l_{nl} / 2 + l_3}{\cos(\alpha - \beta)}$$

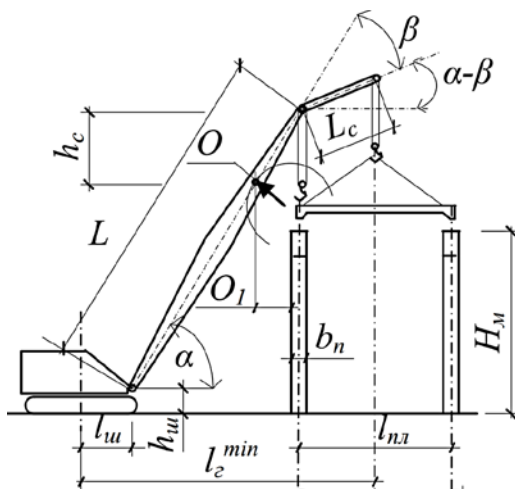
l_3 - зазор безпеки між торцевою гранню плити покриття та поздовжньою віссю несучої ферми (чи балки) у проектному положенні, приймається в діапазоні 0,1...0,2 м;

α - максимальний кут підйому стрілового профілю з гусаком (приймається рівним 75°...80°);

β - кут відхилення між осями основної стріли та гусака ($\beta=20^\circ \dots 40^\circ$).

Виліт стріли з гусаком визначається за формулою:

$$l_c^2 = L_c^2 \cos \alpha + L_c \cos(\alpha - \beta) + l_{uu}$$



Топологічна верифікація монтажних характеристик для основних несучих компонентів макросистеми

Для вертикальних стійок (Колон):

$$H_M = 0 + 0,5 + 19,35 + 1,6 = 21,45 \text{ м}$$

$$L_c = (21,45 + 1,5 - 1,5) / \sin 75^\circ = 22,21 \text{ м}$$

$$l_v = L_c \cdot \cos 75^\circ + 1,5 = 7,25 \text{ м}$$

$$Q = 26,6 + 0,45 + 0,12 + 0,04 + 0,06 = 27,27 \text{ т}$$

Для балок краноих шляхів:

$$H_M = 14,25 + 0,5 + 1,4 + 3,2 = 19,35 \text{ м}$$

$$L_c = (19,35 + 1,5 - 1,5) / \sin 75^\circ = 20,03 \text{ м}$$

$$l_v = L_c \cdot \cos 75^\circ + 1,5 = 6,68 \text{ м}$$

$$Q = 11,7 + 0,94 = 12,64 \text{ т}$$

Для ферм та балок елементів покриття:

$$H_M = 0,5 + 18 + 3,45 + 3,6 = 25,55 \text{ м}$$

$$L_c = (25,55 - 1,5 + 1,5) / \sin 75^\circ = 26,45 \text{ м}$$

$$l_v = L_c \cdot \cos 75^\circ + 1,5 = 8,35 \text{ м}$$

$$Q = 16,7 + 1,75 = 18,45 \text{ т}$$

Для плит покриття:

Виходячи з умов забезпечення живучості макросистеми під час монтажу диска покриття, довжина стріли приймається аналогічно до кроквяних ферм:

$$Q = 7 + 0,53 = 7,53 \text{ т};$$

$$H_m = 18 - 1,5 + 3,45 + 0,5 + 0,45 + 1,6 = 22,5 \text{ м};$$

$$L_c = 26,45 \text{ м приймаємо як для монтажу ферм}$$

Розрахункові кутові параметри:

$$\alpha = 80^\circ, \beta = 30^\circ$$

Потрібний виліт робочого гака при тривимірній орієнтації:

$$l_{в.г.} = L_c \cos \alpha + L_g \cos(\alpha - \beta) + lu = 26,45 \cos 75^\circ + 8,63 \cos(75^\circ - 30^\circ) + 1,5 = 14,45 \text{ м}$$

Для конструкцій стінового огороження:

$$H_m = 21,15 + 0,5 + 1,2 + 1,8 = 24,65 \text{ м}$$

$$L = (24,65 - 1,5 + 1,5) / \sin 75^\circ = 25,52 \text{ м}$$

$$l_{в.} = L_c \cdot \cos 75^\circ + 1,5 = 8,1 \text{ м}$$

$$Q = 4,8 + 0,45 = 5,25 \text{ т}$$

Для фундаментних балок:

$$H_m = 0 + 0,5 + 0,4 + 2 = 2,9 \text{ м}$$

$$L = (2,9 - 1,5 + 1,5) / \sin 75^\circ = 3 \text{ м}$$

$$l_{в.} = L_c \cdot \cos 75^\circ + 1,5 = 2,28 \text{ м}$$

$$Q = 2,9 + 0,01 = 2,91 \text{ т}$$

Рекомендовані монтажні крани

Параметри Конструкції	Марка крану				
	H, м	Q, т	Lc(Lr), м	Lв, м	
Колони	21,45	27,27	22,21	7,25	СКГ – 50 (Lc=30м)
Підкранові балки	19,35	12,64	20,3	6,68	КС – 7361(Lc=24м)
Кроквяні ферми	25,55	18,45	26,45	8,35	СКГ – 50 (Lc=30м, Lr=19м)
Плити покриття	22	5,73	25,93 (8,63)	14,31	КС – 7362 (Lc=30м, Lr=15м)
Стінові панелі	24,65	5,25	25,52	8,1	Э-1258Б (Lc=28м)
Фундаментні балки	2,9	2,91	3,0	2,28	МКТ-6-45 (Lc=28м)

3.2 Техніко-економічне обґрунтування та оптимізація структурного компонування монтажних систем

Експлуатаційна парадигма диктує необхідність ретельної оцінки економічної ефективності функціонування підйомних комплексів на будівельному майданчику. Розрахункова собівартість механізованих процесів у межах досліджуваного топологічного комплексу визначається за такою математичною моделлю:

$$C_0 = 1,08 \sum C_{м-зм.} \cdot T_{оч} + 1,5 \sum Z_{пл.}$$

де: $C_{м-зм.}$ - собівартість експлуатації кранового обладнання відповідного типу за одну машино-годину;

Z_p - сумарний фонд заробітної плати монтажників, який виступає підсумковою сумою за калькуляцією трудовитрат;

1,08 та 1,5 - розрахункові коефіцієнти, що враховують накладні витрати на загальнобудівельні процеси.

Розрахункові показники собівартості експлуатації машинної техніки визначаються відповідно до нормативних засад ДБН Д.2.7-2000:

$$C_{м-зм.} = \left(\frac{E}{T_{оч}} + A + C_{т.е} \right) \cdot 8$$

E - одноразові витрати на транспортування підйомної системи на робочу площадку, її просторову локалізацію (монтаж) та демонтаж, а також пробні випробування у просторовому континуумі;

A - щорічні амортизаційні відрахування та витрати на підтримання експлуатаційної безвідмовності (ремонт та технічне обслуговування);

$T_{оч}$ - сумарний час функціонування крана на кожному об'єкті, зміна.

8 - експлуатаційні витрати на одну машино-годину роботи (включаючи витрати на профілактику деградації систем та проведення поточних ремонтів, крім капітальних).

1. Визначення годинних витрат на експлуатацію механізмів

На основі технічних специфікацій та нормативних шифрів зафіксовані такі годинні витрати для різних типів вантажопідйомних компонентів:

Для гусеничного крана СКГ-50:

$$C_{м-г} = 62,48 \text{ грн (202-1246)}$$

Для одноковшового дизель-електричного крана Э-1258Б:

$$C_{м-г} = 36,86 \text{ грн (202-1244)}$$

Для пневмоколісного крана КС-7361:

$$C_{м-г} = 57,71 \text{ грн (202-1441)}$$

Для пневмоколісного крана КС-7362:

$$C_{м-г} = 57,71 \text{ грн (202-1441)}$$

Для автомобільного крана МКТ-6-45:

$$C_{м-г} = 33,61 \text{ грн (202-1438)}$$

2. Математичне моделювання загальних витрат

Оцінка витрат на зведення об'ємно-просторового ансамблю виконана для двох альтернативних варіантів структурного компонування парку машин:

Для першого варіанту:

$$C_o^1 = 1,08 \cdot (62,48 \cdot (245,33 + 137,92) + 62,48 \cdot 363,14 + 33,86 \cdot 915,05) + 1,5 \cdot 162176,03 = 327091,53 \text{ грн.}$$

Для другого варіанту:

$$C_o^2 = 1,08 \cdot (57,71 \cdot (245,33 + 137,92) + 57,71 \cdot 363,14 + 33,61 \cdot 915,05) + 1,5 \cdot 162176,03 = 322999,36 \text{ грн.}$$

Критерії надійності та оптимізації витрат обумовлюють вибір комплекту машин за другим варіантом, який забезпечує превенцію надлишкових витрат при збереженні експлуатаційної безвідмовності під час виконання монтажних робіт.

3. Розрахунок питомих техніко-економічних показників

Для обраного другого варіанту структурного компонування парку машин визначаються питомі параметри ефективності:

Питома собівартість формування одиниці об'єму топологічного комплексу:

$$C = C/V = 322999,36 / 4107,92 = 79,62 \text{ грн./м}^3$$

Питома трудомісткість зведення об'ємно-просторового ансамблю:

$$q = Q/V = 10566,25 / 4107,92 = 2,57 \text{ люд.-год./м}^3$$

де:

$V = 4107,92 \text{ м}^3$ - загальний геометричний об'єм формотворчих дискретних одиниць макросистеми;

$Q = 10566,25 \text{ люд.-год}$ - сумарні витрати праці робітників на зведення структурного конгломерату.

За результатами розрахунків та всебічного аналізу до практичного використання остаточно приймається комплект підйомного обладнання за другим варіантом.

3.3 Топологічна оптимізація та вибір мобільних транспортних систем для логістики формотворчих одиниць

У межах загальної теорії надійності будівельних конструкцій етап транспортування розглядається як критична стадія квазістатичного та динамічного навантаження формотворчих дискретних одиниць. Експлуатаційна парадигма диктує необхідність унеможливлення передчасної структурної деградації (тріщиноутворення, відколів бетону, порушення анкерування арматури) несучих компонентів макросистеми під дією інерційних, вібраційних та ударних сил під час їх переміщення до місця кінцевої просторової локалізації.

Структурний регламент вимагає, щоб вибір рухомого складу здійснювався на основі аналізу граничних станів залізобетонних елементів за міцністю та тріщиностійкістю з обов'язковим урахуванням коефіцієнтів динамічності.

Монтаж конструкцій виконуємо з приоб'єктного складу

№	Транспортуемий елемент	Маса, т	Розміри, мм			Вид транспорт. засобу	Марка тягача	Вантажопід. т	Кільк.	Заг. маса, т
			L	B	H					
1.	Колони	21,6	19350	1300	500	МАЗ-509А	ПП-12	25	1	21,6
		26,6	19350	1900	600				1	26,6
		7,6	11850	700	400				3	22,8
		3,51	11700	400	300				7	24,57
2.		4,2	5950	600	1000	МАЗ-504В	УПР-1812	18	4	16,8
3.	Кроквяна ферма 30 м 18 м 18 м	14,9	30000	350	3450	КрАЗ-258	2ПФ-80	20	1	16,7
		9,4	23940	300	2950				2	18,8
		7,8	18000	240	3000				2	15,6
4.	Плити покриття 6 м 12 м	2,3	5970	2960	300	КРАЗ-258Е1	ПЛ-1724	16,5	7	16,1
		4,8	11960	2960	450				3	15,6
5.	Фундаментні балки 6 м 12 м	0,7	5050	200	300	ЗИЛ-130Б1	У-80	7,6	10	7
		2,9	10700	300	400				2	5,8
6.	Стінові панелі 6×1,2 м 6×1,8 м 12×1,2 м	1,9	6000	240	1200	МАЗ-504БВ	НАМИ-790Б	13	6	11,4
		2,9	6000	240	1800				2	11,6
		7,1	12000	300	1200				1	7,1

4. Розділ технології будівництва

4.1 Послідовність організаційно-технологічних процесів та топологічна верифікація специфікаційного реєстру формотворчих одиниць (Технологічний регламент зведення макросистеми)

Виходячи з первинних інженерно-геометричних параметрів, креслень робочих проектних альбомів, серійних каталогів залізобетонних виробів та нормативно-довідкових джерел, розробляється специфікаційний реєстр формотворчих дискретних одиниць.

У межах квазістатичного контролю та для забезпечення експлуатаційної безвідмовності логістичних і монтажних циклів, у цьому документі для кожної несучої компоненти макросистеми здійснюється точна геометрична фіксація в просторовому континуумі.

Цей процес виступає базовим аналітичним вектором для запобігання ризикам структурної деградації споруди на стадії зведення та забезпечує основу для розробки раціонального плану монтажу в межах єдиного топологічного комплексу.

Специфікація збірних елементів

№ за /п	Назва елементів	Марка елемента	Кількість шт.	Розміри, м.			Об'єм, м ³		Маса, т		
				довжина	ширина	товщина	одного елемента	усіх	одного елемента	усіх	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Колони крайнього ряду	1КД180	25	19,35	1,3	0,5	8,72	218	21,6	540	
		1К108-4	36	11,85	0,7	0,4	3,04	109,2	7,6	273,6	
2	Колона середнього ряду	2КД180	25	19,35	1,9	0,6	10,62	265,5	26,6	665	
3	Фахверкові колони	1КД180	12	19,35	1,3	0,5	8,72	104,64	21,6	259,2	
		2КФ117-1	8	11,7	0,4	0,3	1,4	11,2	3,51	28,08	
4	Підкранові балки 6 м 12 м	БКНВ 6-4с	74	5,95	0,6	1	1,66	122,84	4,2	310,8	
		БКНВ6-1с	21	11,95	0,65	1,4	4,63	97,23	11,7	245,7	
5 6	Кроквяні ферми 30 м 18 м 18 м	ФС-30-16	18	30	3,45	0,35	6,7	120,6	16,7	300,6	
		ФС-18-38	18	17,94	2,95	0,3	3,75	67,5	9,4	169,2	
		ФС-18-18	16	17,94	2,95	0,25	3,11	49,76	7,8	124,8	
7	Плити покриття 6×3 м 12×3 м	ПНС-1	244	5,97	2,96	0,3	1,07	261,08	2,3	561,2	
		ПНП-28	84	11,96	2,96	0,45	2,48	208,32	4,8	588	
8	Фундаментні балки 6м 12 м	ФБ6-41	51	5,05	0,2	0,3	0,27	13,77	0,7	35,7	
		ФБН-1	7	10,7	0,3	0,4	1,16	8,12	2,9	20,3	
9	Стінові панелі 6×1,2 м 6×1,8 м 12×1,2 м	ПСЛ-18	784	6	0,24	1,2	1,7	1332,8	1,9	1489,6	
		ПСЛ-20	6	6	0,24	1,8	2,56	15,36	2,9	17,4	
		ПСЛ-24	212	12	0,3	1,2	5,12	1085,44	7,1	1505,2	
10	Стійки воріт	СВ – 4,8	10	4,8	0,4	0,4	0,576	5,76	1,44	14,4	
11	Ригелі воріт	РВ-6	5	6	0,4	0,7	2,16	10,8	5,4	27	
Всього			1656					4107,92			7175,78

4.2 Математичне моделювання та просторова ідентифікація обсягів монтажних процесів

Виходячи з вихідних параметрів проектування, проводиться розрахунок кількісних показників будівельних процесів.

Квазістатичний контроль та планування монтажного циклу вимагають обов'язкового врахування супутніх операцій, що забезпечують загальну жорсткість, монолітність та експлуатаційну безвідмовність контактних зон у межах єдиного топологічного комплексу:

- замонолічування опорних стійок (колон) у стаканних порожнинах стовпчастих фундаментів для створення жорсткого заземлення;
- заповнення цементним розчином або дрібнозернистим бетоном стикових зон між фундаментними балками для недопущення деградації контактних ділянок;
- електрозварювальні процеси для надійної геометричної фіксації підкранових балок на консольних виступах опорних стійок;
- електрозварювання з'єднань несучих та огорожувальних елементів покриття (фіксація кроквяних ферм або балок до колон та зварювання плит покриття для формування жорсткого диска);
- герметизація та заповнення швів між стіновими панелями або блоковими одиницями за допомогою пружних гідроізоляційних сумішей.

Експлуатаційна парадигма та структурний регламент вимагають включення до загального переліку робіт розвантажувально-складських операцій щодо доставлених на будівельну площадку формотворчих дискретних одиниць.

Для попереднього моделювання та оцінки напружень у зварних контактних швах, сумарну довжину зварних з'єднань допускається приймати за такими орієнтовними показниками:

З'єднувальні вузли однієї кроквяної ферми з опорними деталями колон: 1200...1800 мм зварного шва;

Контактні зони підкранової балки з консольними опорними деталями колон: від 1000 до 1200 мм зварного шва;

Тривимірне зчеплення однієї плити покриття з верхніми поясами кроквяних ферм або балок: 100...250 мм зварного шва;

Вузли геометричної фіксації стінової панелі до колон: 200...300 мм зварного шва, обумовлює довжину зварного шва на позначці 200-300 мм.

4.2 Математичне моделування та просторова ідентифікація потреби в матеріальних ресурсах, будівельних сумішах і формотворчих одиницях

Експлуатаційна парадигма диктує необхідність безперервного забезпечення будівельного майданчика матеріальними ресурсами для запобігання структурній деградації та зупинці монтажних робіт. Критерії надійності обумовлюють точний розрахунок необхідних сировинних компонентів, композиційних розчинів і збірних залізобетонних елементів.

№ п/п	Назва робіт	Одиниці виміру	Формула підрахунку	Для збірних елементів	
				Маса, т	Обсяг, м ³
1	Монтаж колон:				
	крайнього ряду 1К108-4	шт.	36	273,6	109,2
	1КД180	шт.	25	540	218
	середнього ряду 2КД180	шт.	25	665	265,5
	фахверкових 1КД180	шт.	12	259,2	104,64
	2КФ117-1	шт.	8	28,08	11,2
2	Заробка стиків колон з фундам.	шт.	106	—	—
3	Монтаж підкранових балок 6м 12м	шт.	74	310,8	122,84
		шт.	21	245,7	97,23
4	Електрозварювання стиків підкранових балок з колонами	10 пм	$1,1 \cdot 95 / 10 = 10,45$	—	—
5	Монтаж кроквяних ферм:				
	ФС-30-16	шт.	18	300,6	120,6
	ФС-18-38	шт.	18	169,2	67,5
	ФС-18-18	шт.	16	124,8	49,76
6	Електрозварювання стиків кроквяних ферм з колонами	10 пм	$1,5 \cdot 52 / 10 = 7,8$	—	—
7	Монтаж плит покриття: 6×3 м 12×3 м	шт.	244	561,2	261,08
		шт.	84	588	208,32
8	Електрозварювання плит покриття з фермами	пм	$0,25 \cdot 328 / 10 = 8,2$	—	—
9	Заробка стиків плит покриття	пм	$N = (a + b) \cdot n + P / 2 = (6 + 3) \cdot 244 + (12 + 3) \cdot 84 + 420 / 2 = 3666$	—	—
10	Монтаж стінових панелей				
	6×1,2 м	шт.	784	1489,6	1332,8
	6×1,8 м	шт.	6	17,14	15,36
	12×1,2 м	шт.	212	1505,2	1085,44
11	Електрозварювання стінових панелей з колонами	10 пм	$0,2 \cdot 1002 / 10 = 20,04$	—	—
12	Заробка швів стінових панелей:				
		зовнішніх	пм	$M = a \cdot n + P = 8910$	—
	внутрішніх	пм	$M = (a + b) \cdot n + P = 7704$	—	—
13	Монтаж фундам. балок:				
	6 м	шт.	51	35,7	13,77
	12 м	шт.	7	20,3	8,12
14	Монтаж стійок воріт	шт.	10	14,4	5,76
15	Монтаж ригелів воріт	шт.	5	27	10,8
16	Електрозварювання ригелів зі стійками	10 пм	$0,6 \cdot 5 / 10 = 0,3$	—	—
17	Розвантаження ЗБК	т	7175,78	—	—

Визначення потреби в матеріалах, напівфабрикатах та виробах

№	Табл. ЕНиР	Назва робіт	Вимірник	К-ть	Назва потреб. матер.	Од вим	Норма витрат	Загальна потреба
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7-5-4	Монтаж колон прямокутного перерізу масою до 4т	100шт	0,08	-колони -прокат -електроди -лісоматер. -бетон	т т т м ³ м ³	100 0,296 0,017 0,3 9,7	14 0,02368 0,00136 0,024 0,776
2	7-5-13	Монтаж колон прямокутного перерізу масою до 8т	100шт	0,36	-колони -прокат -електроди -лісоматер. -бетон	т т т м ³ м ³	100 0,444 0,024 0,32 14,8	36 0,15984 0,00864 0,1152 5,328
3	7-6-10	Монтаж колон двохгілкових з базою більш 1,1 м, масою до 30т	100 шт.	0,62	-колони -прокат -електроди -лісоматер. -бетон	шт. т т м ³ м ³	100 0,444 0,026 0,48 131	62 0,27528 0,01612 0,2976 81,22
4	7-9-10	Укладання підкранових балок масою до 5 т	100 шт.	0,74	-підкр.балки -вироби монт. -електроди	шт. т т	100 1,81 0,33	74 1,3394 0,2442
5	7-9-10	Укладання підкранових балок масою до 11 т	100 шт.	0,21	-підкр.балки -вироби монт. -електроди	шт. т т	100 3,72 0,35	21 0,7812 0,0735
6	7-12-9	Укладання ферм прогоном 18 м	100шт	0,34	-збірні ЗБК -електроди -монт. вироби	шт. т т	100 0,16 2,52	34 0,0544 0,8568
7	7-12-29	Укладання ферм прогоном 30 м масою до 25т	100шт	0,18	-збірні ЗБК -електроди -монт. вироби	шт. т т	100 0,16 3,52	18 0,0288 0,6336
8	7-13-8	Укладка плит покриття довжиною до 7 м, площею до 20 м ²	100 шт.	2,44	-плити -проволока -руберойд -електроди -рогожа -лісоматер. -монт. вироби -бетон -розчин	шт. т м ² т м ² м ³ т м ³ м ³	100 0,0254 56,2 0,02 60 0,432 0,12 8,5 0,2	244 0,061976 137,128 0,0488 146,4 1,05408 0,2928 20,74 0,488
9	7-13-8	Укладка плит покриття довжиною більш 7 м, площею до 40 м ²	100 шт.	0,84	-плити -проволока -руберойд -електроди -рогожа -лісоматер. -монт. вироби -бетон -розчин	шт. т м ² т м ² м ³ т м ³ м ³	100 0,04 79,26 0,03 95,6 0,83 0,12 19 0,6	84 0,0336 66,5784 0,0252 80,304 0,6972 0,1008 15,96 0,504
10	7-16-1	Монтаж стінових панелей довжиною до 7м, площею до 10м ²	100шт	7,84	-стінові пан. -електроди -монт. вироби	шт т т	100 0,1 0,2	784 0,784 1,568
11	7-16-3	Монтаж стінових панелей довжиною до 7м, площею більш 10м ²	100шт	0,06	-стінові пан. -електроди -монт. вироби	шт т т	100 0,1 0,2	6 0,006 0,012
12	7-16-4	Монтаж стінових панелей довжиною більш 7м, площею більш 15м ²	100шт	2,12	-стінові пан. -електроди -монт. вироби	шт т т	100 0,1 0,2	212 0,212 0,424

13	7-1-15	Монтаж фундаментних балок довжиною 6м	100шт	0,51	-балки -цвяхи -проволока -солідол «Ж» -лісоматер. -щити -бетон -розчин	100шт т т т м ³ м ² м ³ м ³	100 0,00276 0,001 0,00934 0,06 5,65 3,05 0,42	51 0,01604664 0,00051 0,0047634 0,0306 2,8815 1,5555 0,2142
14	7-1-16	Монтаж фундаментних балок довжиною більш 6м	100шт	0,07	-балки -цвяхи -проволока -солідол «Ж» -лісоматер. -щити -бетон -розчин	100шт т т т м ³ м ² м ³ м ³	100 0,00552 0,001 0,0163 0,065 11,03 2,84 0,52	7 0,0003864 0,00007 0,001141 0,00455 2,192764 0,1988 0,0364
15	7-19-1	Герметизація швів стінових панелей	100мп.	68,26	-розчин	м ³	0,84	57,3384

4.3 Локальний аналіз та математичне моделювання потреби в матеріальних ресурсах для окремих несучих компонентів макросистеми

У ракурсі досліджуваного аспекту забезпечення живучості макросистеми, тривимірна орієнтація та геометрична фіксація окремих залізобетонних елементів потребують суворо диференційованого розрахунку матеріальних ресурсів. Експлуатаційна парадигма диктує необхідність оцінки витрат матеріалів як на власні тіла формотворчих дискретних одиниць, так і на контактні суміжні зони (вузли), де механіка руйнування лімітує довговічність всього структурного конгломерату.

Відомість потреби матеріалів

№	Назва матеріалів	Одиниці виміру	Кількість
1	2	3	4
	Колони	шт.	106
	Підкранові балки	шт.	95
	Кроквяні конструкції	шт.	52
	Плити покриття	шт.	332
	Фундаментні балки	шт.	58
	Стінові панелі	шт.	718
	Ригелі воріт	шт.	5
	Стійки воріт	шт.	10
	Бетон	м ³	125,778
	Розчин	м ³	58,581
	Монтажні вироби	т	6,0086
	Прокат	т	0,4588
	Проволока	т	0,09616
	Електроди	т	1,50302
	Лісоматеріали	м ³	2,22323
	Щити	м ²	5,07426
	Руберойд	м ²	203,706
	Солідол	т	0,0059
	Цвяхи	т	0,01643
	Рогожа	м ²	226,704

4.4 Математичне моделювання та квазістатичний контроль трудовитрат і кошторисної вартості оплати праці

Розрахунок кошторисної вартості оплати праці та квазістатичний контроль трудовитрат виступають аналітичним фундаментом для проведення техніко-економічної оцінки всього інженерного процесу. Дане моделювання служить вихідним базисом для подальшої розробки календарних планів і просторового розподілу будівельних потоків у часі, що реалізується через побудову лінійних графіків, тривимірних циклограм або систем сіткового моделювання.

Для забезпечення живучості макросистеми будівельного виробництва та запобігання деструктивним відхиленням у календарних планах, при формуванні калькуляції вимагається максимально повне охоплення всіх технологічних етапів зведення топологічного комплексу. До загального обсягу обов'язково включаються допоміжні та супутні процеси: розвантажувально-складські операції з формотворчими дискретними одиницями, зварні роботи для надійної геометричної фіксації несучих елементів у просторовому континуумі, а також процеси інсталяції та демонтажу тимчасових огорожень, риштувань і допоміжних монтажних засобів.

Структурний регламент вимагає формування відомості трудових і фінансових витрат за стандартизованою схемою, адаптованою до будівельної практики на основі чинних Ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН) або Єдиних норм і розцінок (ЄНнР).

Калькуляційне моделювання об'єднує наступні взаємопов'язані аналітичні пласти:

- Оцінка трудомісткості шляхом застосування нормативних показників часу на реалізацію кожної технологічної операції;
- Визначення сумарних часових і грошових витрат на втілення проектного обсягу робіт;
- Обґрунтування кількісного та кваліфікаційного складу виконавців (робочих ланок) для кожної монтажної зони.

Такий розрахунок виконується на весь просторовий конгломерат об'єкта, що дає змогу реалізувати квазістатичний контроль за витратами людських ресурсів і фінансів, а також виключити непередбачувані затримки при просторовій локалізації елементів каркасу.

Калькуляція витрат на монтаж колон

№ п/п	Назва робіт	Обґрунт по ЕНиР	Об'єм робіт		На одиницю виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один виміру	Кількість	Норма часу люд.год. маш.год.	Розцінка грн.	Трудо-міст.	Заробіт-на плата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Розвантаження колон краном з розкладанням масою до 4т масою до 8т масою більш 20т	1-5	100т	0,11 1,09 14,64	$\frac{4,6}{2,3}$ $\frac{3,4}{1,7}$ $\frac{2,6}{1,3}$	77,30 57,14 43,69	$\frac{0,51}{0,25}$ $\frac{3,71}{1,85}$ $\frac{38,06}{19,03}$	8,50 62,28 639,62	Такелажник 2р-2 Машиніст 6р-1
2.	Установка колон стріловим краном у стакани фундаментів масою до 4т масою до 8т масою до 30т	4-1-4	шт.	8 36 62	$\frac{4,3}{0,86}$ $\frac{6}{1,2}$ $\frac{12}{2,4}$	83,45 116,44 232,87	$\frac{34,4}{6,88}$ $\frac{216}{43,2}$ $\frac{744}{148,8}$	667,60 4191,84 14437,94	Монтажник 5р-1, 4р-1, 3р-2, 2р-1 Машиніст 6р-1
3.	Заробка стиків колон з фундам.: а) приймання бетонної суміші із кузова автосамоскиду до поворотної баді б) подача бетонної суміші до місця укладання стріловим краном в) заробка стиків колон з фундаментами бетоном М300 на дрібній фракції	4-1-54 1-6 4-1-25	100м ³ м ³ 1стик	0,87 87,32 106	8,2 $\frac{0,58}{0,29}$ 1,2	137,80 9,74 23,59	7,13 $\frac{50,65}{25,32}$ 127,2	19,89 850,50 2500,54	Бетонник 2р-1 Такелажник 2р-2 Монтажник 4р-1 3р-1

$\frac{1221,66}{245,33}$ 23378,71

Норма часу на влаштування 1 колони: $N_{ч} = 1221,66 / 106 = 11,53$ люд.-год.
 $P = 23378,71 / 106 = 220,55$ грн.

Калькуляція витрат на монтаж підкранових балок

№ п/п	Назва робіт	Об'єкт по ЕНиР	Об'єм робіт		На одиницю виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один виміру	Кільк.	Норма часу люд.год. маш.год	Розцінка грн.	Труд-ть люд.год маш.год	Зар. плата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
1	Розвантаження підкранових балок краном масою до 5т масою до 13т	1-5	100т	3,11 2,46	$\frac{4,2}{2,1}$ $\frac{3}{1,5}$	70,58 50,42	$\frac{13,06}{6,53}$ $\frac{7,38}{3,69}$	219,50 124,03	Такелажни к 2р-2 Машиніст 6р-1
2	Установка підкранових балок краном в проектне положення масою до 5т масою до 11т	4-1-6 п.3	1ел.	74 21	$\frac{6,5}{1,3}$ $\frac{7,5}{1,5}$	126,14 145,55	$\frac{481}{96,2}$ $\frac{157,5}{31,5}$	9334,36 3056,55	Монтажник 5р-1, 4р-1, 3р-2, 2р-1 Машиніст 6р-1
3	Електрозварювання стиків	22-1-6	10п.м	10,45	2,5	52,1	26,13	544,45	Електрозв. 4р-1
							<u>685,07</u>	13278,89	
							137,92		

Норма часу на 1 елемент: $N_ч=685,07/95=7,21$ люд.-год.
 $P=13278,89/95=139,78$ грн.

Калькуляція витрат на монтаж конструкцій покриття

№ п/п	Назва робіт	Об'єкт по ЕНУР	Об'єм робіт		На одиницю виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Одиниця виміру	Кільк	Норма часу люд.год. маш.год	Розцінка грн.	Труд-ть люд.год маш.год	Зарплата, грн	
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
1	Розвантаження ферм краном з розкладкою в касети масою до 18т до 10т до 8т	1-5	100т	3,01	<u>2,8</u> 1,4 <u>1,69</u> 1,6 <u>1,25</u> 1,7	47,05 53,78 57,14	<u>8,43</u> 4,21 <u>5,41</u> 2,7 <u>4,25</u> 2,13	141,62 90,89 71,43	Такелажник 2р-2 Машиніст 6р-1
2	Укрупнююча збірка ферм прогоном 30м	4-1-5 Пр-1	шт.	18	<u>20,4</u> 3,4	476,69	<u>367,2</u> 61,2	8580,42	Монтажн. 6р-1, 4р-2 3р-1, 2р-1 Електрозв. 5р-1 Машиніст 6р-1
3	Улаштування ферм у проектне положення краном довжиною 18м 30м	4-1-6	1ел	34	<u>8</u> 1,6	166,72	<u>272</u> 54,4	5668,48	Монтажн. 6р-1, 5р-1 4р-1, 3р-1 2р-1 Машиніст 6р-1
4	Електрозварювання стиків кроквяних ферм з колонами	22-1-6	10м.п. шва	7,8	2,5	52,1	19,5	406,38	Електрозв. 4р-1
5	Розвантаження плит краном з розкладкою в касети масою до 3т масою до 7т	1-5	100т	5,61	<u>8,8</u> 4,4 <u>5,88</u> 3,6 1,8	147,88	<u>49,37</u> 24,68 <u>21,17</u> 10,58	829,61 355,74	Такелажн. 2р-2 Машиніст 6р-1
6	Монтаж плит покриття площею до 10 м ² площею до 20 м ²	4-1-7	1ел	244	<u>1,2</u> 0,3	22,15	<u>292,8</u> 73,2	5404,60	Монтажн. 4р-1, 3р-2 2р-1
			1ел	84	<u>1,9</u> 0,47	36,87	<u>159,6</u> 39,48	3097,08	Машиніст 6р-1
7	Електрозварювання монтажних стиків плит покриття з ферм	22-1-6	10м шва	8,2	2,5	52,1	20,5	427,22	Електрозв. 4р-1
8	Зняття монтажних гойдалок та драбин	5-1-2 П.7.9	шт.	104	<u>0,37</u> 0,18	7,27	<u>38,48</u> 18,72	756,08	Монтажн. 4р-2, 3р-1
			шт.	104	<u>0,62</u> 0,31	12,19	<u>64,48</u> 32,24	1267,76	

1521,19 31223,63
363,14

Норма часу на 1 елемент ЗБК: $N_ч=1521,19/380=4$ люд.-год.
 $P=31223,63/380=82,17$ грн.

Калькуляція витрат на монтаж конструкцій огорожі

№ п/п	Назва робіт	Об'єкт по ЕНП	Об'єм робіт		На одиницю виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один. виміру	Кільк.	Норма часу люд.год. маш.год	Розцінка грн.	Труд-ть люд.год маш.год	Заплата грн.	
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
1	Розвантаження стінових панелей краном з розкладкою в касети масою до 2т масою до 3т масою до 5т	1-5	100т	14,9 0,17 15,05	<u>7,2</u> 3,6 <u>5,4</u> 2,7 <u>4,2</u> 2,1	121,00 90,75 70,58	<u>107,28</u> 53,64 <u>0,92</u> 0,46 <u>63,21</u> 31,61	1802,90 15,43 1069,23	Такелажн. 2р-2 Машиніст 6р-1
2	Установка стінових панелей у проектне положення краном, площа панелі до 10 м ² до 15 м ²	4-1-8	шт.	784 218	<u>3</u> 0,75 <u>4</u> 1	90,75 78,63	<u>2352</u> 588 <u>872</u> 218	71148,00 17141,34	Монтажн. к 5р-1, 4р-1 3р-1, 2р-1 Машиніст 6р-1
3	Електрозварювання стиків стінових панелей з колонами	22-1-6 т.2	10м.п. шва	20,04	2,5	52,1	50,1	1044,08	Електрозв. 4р-1
4	Розвантаження фундаментних балок краном з розкладкою в касети масою до 1т масою до 3т	1-5	100т	0,36 0,2	<u>12</u> 6,1 <u>5,4</u> 2,7	201,66 90,75	<u>4,32</u> 2,19 <u>1,08</u> 0,54	72,60 18,15	Такелажн. 2р-2 Машиніст 6р-1
5	Встановлення фундаментних балок до проектного положення масою до 1,5т масою до 3т	4-1-6 т.2	1ел	51 7	<u>1,1</u> 0,22 <u>1,9</u> 0,38	21,35 39,60	<u>56,1</u> 11,22 <u>13,3</u> 2,66	1088,85 277,20	Монтажник 5р-1, 4р-1 3р-2, 2р-1 Машиніст 6р-1
6	Розвантаження елементів воріт: масою до 1,5т до 6т	E1-5	100т	0,14 0,27	<u>8,8</u> 4,4 <u>3,8</u> 1,9	147,88 63,86	<u>1,23</u> 0,62 <u>1,03</u> 0,51	20,70 17,24	Такелажн. 2р-2 Машиніст 6р-1
7	Монтаж з/б елементів воріт	E4-1-6	1 ел.	5 10	<u>2,8</u> 0,56 <u>1,4</u> 0,28	58,35 27,17	<u>14</u> 2,8 <u>14</u> 2,8	291,75 271,70	Монтажник 6р-1, 5р-1 4р-1, 3р-1 2р-1 Машин 6р-1
8	Електрозварювання стиків елементів воріт	22-1-6 т.2	10м.п. шва	0,3	2,5	52,1	0,75	15,63	Електрозв. 4р-1
							<u>3551,32</u> 915,05	94294,8	

Норма часу на 1елемент: $N_c=3551,32/1075=3,3$ люд.-год.
 $P=94294,8/1075=87,72$ грн.

Калькуляція витрат на заробку швів між стіновими панелями

№ п/ п	Назва робіт	Обґрунт. по ЕНУР	Об'єм робіт		На одиницю виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один виміру	Кількі сть	Норма часу <u>люд.год.</u> <u>маш.год.</u>	Розцінка грн.	Груд-ть <u>люд.год.</u> <u>маш.год.</u>	Зарплата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
1	Конопатка, зачеканка і розшивка швів між стіновими панелями цементним розчином з підвісної люльки ззовні будівлі з установкою та переміщенням підвісної люльки	4-1-28	10м шва	891	2,7	56,27	2405,70	50136,57	Монтажник 4р-1
2	По п.1 з внутрішньої частини будівлі з постановкою та переміщенням	4-1-28	10м шва	770,4	1,22	25,42	939,89	19583,57	Монтажник 4р-1

3345,59 69720,14

Норма часу на 10 п.м. шва: $N_4=3345,59/1661,4= 2,01$ люд.-год.

$P=69720,14/1661,4=41,96$ грн.

Калькуляція витрат на заливку швів між плитами покриття

№ п/п	Назва робіт	Обґрунт. по ЕНУР	Об'єм робіт		На одиницю виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один виміру	Кільк. сть	Норма часу <u>люд.год.</u> <u>маш.год.</u>	Розцінка а грн.	Груд-ть <u>люд.год.</u> <u>маш.год.</u>	Зарплата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
1	Приймання бетону з кузова автосамоскида у бадю	4-1-54	100м ³	0,37	8,2	137,80	3,03	50,99	Бетонник 2р-2
2	Подавання бетонної суміші	8-1-13	м ³	36,7	<u>2,5</u> 1,2	42,01	<u>91,75</u> 44,04	1541,77	Бетонник 2р-2 Машиніст 3р-1
3	Заливка швів між плитами покриття бетонним розчином	4-1-19	100м шва	36,66	4	78,63	146,64	2882,58	Монтажник 4р-1 3р-1

241,42
44,04 4475,34

Норма часу на 100 м шва: $N_4=241,42/36,66= 6,59$ люд.-год.

$P=4475,34/36,66=122,08$ грн.

4.5 Топологічний вибір та обґрунтування монтажного оснащення за критеріями надійності та стійкості

Виходячи з умов забезпечення живучості макросистеми та недопущення деформаційної деградації конструкцій під час зведення об'ємно-просторового ансамблю, уся сукупність монтажного оснащення диференціюється на три основні функціональні категорії:

Пристрої вертикального переміщення та тривимірної орієнтації формотворчих дискретних одиниць: до них належать стропові зачепи, гнучкі підвіски, балансирні траверси, що забезпечують безпечний розподіл мас та унеможливають виникнення критичних напружень згину в залізобетоні;

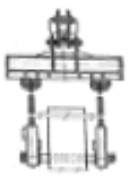
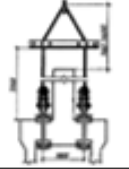
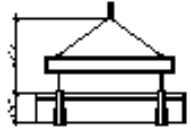
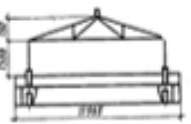
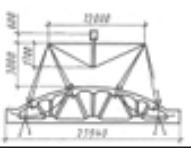
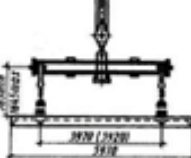
Пристрої для тимчасового посилення, просторової локалізації та квазістатичного контролю положення елементів: включають індивідуальні підкоси, розчалки, струбцини, клинові вкладиші, які гарантують стійкість несучих компонентів до моменту досягнення бетоном стиків проектною міцністю;

Допоміжні інженерні пристрої превенції граничних станів на монтажній площадці: риштування, підмости, драбини, пересувні майданчики та захисні огороження для створення безпечного робочого простору.

Геометрична конфігурація та робочі параметри обраного вантажозахоплювального обладнання безпосередньо впливають на висотну координату підйому гака та працездатність підйомних систем. Зміна конструкції стропу або траверси суттєво трансформує розподіл внутрішніх напружень у монтованому елементі під час його вилучення зі складської площі, тому структурний регламент вимагає попереднього визначення висоти стропувальних систем (h_c) за допомогою математичного моделювання статичної роботи на етапі підйому.

Експлуатаційна парадигма диктує необхідність пріоритетного застосування сертифікованих, технічно випробуваних конструкцій вантажозахоплювальних систем, зафіксованих у довідкових матеріалах та нормативній технічній документації. Це мінімізує ймовірність деструктивного впливу динамічних навантажень та гарантує експлуатаційну безвідмовність усього монтажного процесу.

Відомість монтажних пристосувань

№ п/п	Назва монтуюмих елементів	Вага, т	Ескіз	Назва монтажних пристосувань	характеристика		
					Вантажність	Вага, т	Розрахункова висота, м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Колони	3,51 7,6		Траверса, ПІ Промстальконструкція 20527М-13	16	0,24	1
2	Колони	21,6 26,6		Траверса ПІ Промстальконструкція, 20527М-13	30	0,45	1,6
3	Підкранові балки 6 м	4,2		Траверса, ПК Главстальконструкція, 185	5	0,39	2,8
4	Підкранові балки 12 м	11,7		Траверса, ПК Промстальконструкція, 1968Р-9	12	0,94	3,2
5	Установка кроквяних ферм прольотом 18, 30 м	7,8 9,4 16,7		Траверса, Промстальконст-рукція 15946р-11	25	1,75	3,6
6	Вкладання плит покриття довжиною 6 м	1,9		Траверса, ПІ Промстальконструкція, 2006-78	4	0,53	1,6

1	2	3	4	5	6	7	8
15	Забезпечення робочого місця на висоті	-		Приставна драбина з майданчиком	-	0,11	-
16	Підйом робочого інструменту та матеріалів при монтажі стінових панелей	-		Люлька (ПІ Промстальконструкція, №4533)	0,5	-	-
17	Забезпечення робочого місця на висоті	-		Тимчасове огороження, ПІ Промстальконструкція, 4570Р-2	-	-	-

4.6 Логістичне моделювання та вибір транспортних систем за умов просторової локалізації приоб'єктного складу

Експлуатаційна парадигма диктує вибір транспортного рухомого складу для зовнішньої доставки формотворчих дискретних одиниць із заводу-виробника до спеціально підготовленої зони просторової локалізації — приоб'єктного накопичувального складу будівельного майданчика.

Монтаж конструкцій виконуємо з приоб'єктного складу.

№	Транспортуємий елемент	Маса, т	Розміри, мм			Вид транспорт. засобу	Марка тягача	Вантажопід, т	Кільк.	Заг. маса, т	
			L	B	H						
1.	Колони	21,6	19350	1300	500	МАЗ-509А	ПП-12	25	1	21,6	
		26,6	19350	1900	600					1	26,6
		7,6	11850	700	400					3	22,8
		3,51	11700	400	300					7	24,57
2.		4,2	5950	600	1000	МАЗ-504В	УПР-1812	18	4	16,8	
3.	Кроквяна ферма	14,9	30000	350	3450	КрАЗ-258	2ПФ-80	20	1	16,7	
		9,4	23940	300	2950					2	18,8
		7,8	18000	240	3000					2	15,6
4.	Плити покриття	2,3	5970	2960	300	КРАЗ-258Е1	ПЛ-1724	16,5	7	16,1	
		4,8	11960	2960	450					3	15,6
5.	Фундаментні балки	0,7	5050	200	300	ЗИЛ-130Б1	У-80	7,6	10	7	
		2,9	10700	300	400					2	5,8
6.	Стінові панелі	1,9	6000	240	1200	МАЗ-504БВ	НАМИ-790Б	13	6	11,4	
		2,9	6000	240	1800					2	11,6
		7,1	12000	300	1200					1	7,1

4.7 Методологія просторової локалізації формотворчих дискретних одиниць

Геометрична фіксація колон одноповерхових об'ємно-просторових ансамблів

Геометрична фіксація опорних стійок (колон) у просторовому континуумі одноповерхових просторових макросистем реалізується шляхом обертального переміщення мас із попередньою просторовою локалізацією поблизу контактних зон фундаментів або шляхом подачі безпосередньо з транспортних платформ. Механіка руйнування лімітує використання фрикційних вантажозахоплювальних пристроїв виключно для несучих компонентів макросистеми масою до 10 т; для масивніших формотворчих одиниць критерії надійності обумовлюють застосування штирьових зчеплень.

Тривимірна орієнтація стійок у вертикальній площині досягається законами обертання або площинного ковзання:

- Квазістатичний контроль першого методу забезпечується поступальним рухом підйомного механізму вздовж осі стійки, що генерує обертальний момент навколо опорної грані (башмака). Для недопущення структурної деградації контактної зони, опорна грань жорстко утримується від зсувних деформацій.
- Оцінка деформативної здатності за другим методом вимагає статичної тривимірної орієнтації стріли: під час вертикального збільшення координати гака, опорний вузол (башмак) пересувається в напрямку центру мас крана по ковзній траєкторії на візку.

Третя модель просторової локалізації диктує обертання стріли статичного крана в напрямку опорної грані, залишаючи нижню точку стійки у стані спокою. Базис граничних станів утримує кран на фіксованій відстані (що дорівнює вильоту стріли) від вузла застроплення, забезпечуючи миттєву геометричну фіксацію на фундаменті.

Просторова локалізація залізобетонних підкранових балок

Превенція граничних станів вимагає попереднього структурного компонування підкранових балочних компонентів паралельно їхньому фінальному вектору, з мінімальним відступом від колон. Експлуатаційна парадигма диктує пряму просторову локалізацію важких балок безпосередньо з транспортних засобів. Гасіння маятникових коливань та недопущення ударних напружень по колонах забезпечується відтяжними

пристроями з пенькового каната, що генерують правильну тривимірну орієнтацію.

Після контактного спирання на консолі, топологічна верифікація висотних координат верхньої площини відносно проектної відмітки та ризи на колоні виконується нівелірними приладами. Кінематичне суміщення поздовжньої осі балки з проектним просторовим континуумом досягається контрольованими мікросувами її торця. Забезпечення живучості макросистеми дозволяє демонтаж стропувальних систем лише після просторової ідентифікації страхувального каната. Фінальна геометрична фіксація та замонолічування стикових порожнин здійснюються після всебічного квазістатичного контролю всіх балок у межах температурного відсіку (до деформаційного шва).

Структурне компонування залізобетонних ферм та балок покриття

Підготовка кровляних формотворчих одиниць перед просторовою локалізацією охоплює: укрупнювальне складання, інсталяцію навісних площадок (люльок) і драбин, топологічну верифікацію стропувальних вузлів, фіксацію розпірок або розчалок для попередження втрати стійкості, а також натяг страхувальних ліній. Оцінка деформативної здатності зони переміщення робітників вимагає натягу страхувального каната вздовж ферми на висоті 1,2... 1,6 м над нижнім поясом. Топологічна верифікація положення базується на суворому суміщенні геометричних рисок на фермі та колонах.

Механіка руйнування лімітує розрив силових контактів, тому підкрюквяні балки та ферми геометрично фіксуються в єдиному потоці з підкрановими балками (або безпосередньо за ними з однієї стоянки підйомного механізму). Забезпечення живучості макросистеми під час зварювання контактних вузлів диктує обов'язкову просторову локалізацію робітників на спеціалізованих підмостках та інвентарних площадках безпосередньо біля опорних точок.

Формування суцільних дисків плит перекриття та покриття

У багатоярусних просторових макросистемах тривимірна орієнтація первинних плит перекриття генерується з тих же монтажних площин (підмостків), що й стіновий контур та ригелі каркаса. Подальша просторова локалізація плит здійснюється з раніше зафіксованих компонентів.

Формування структурного конгломерату активується просторовою ідентифікацією візових (розпірних) формотворчих одиниць, які жорстко заводяться між колонами безпосередньо після ригелів. У покриттях

одноповерхових об'ємно-просторових ансамблів топологічна верифікація стартує з однієї з периферійних (крайніх) плит, інсталяція якої виконується з тих же опорних баз, що й кроквяних ферм. Наступні дискретні одиниці базуються на раніше укладеному жорсткому диску.

Превенція граничних станів та недопущення структурної деградації вимагають звільнення плит від стропів виключно після їхньої геометричної фіксації шляхом приварювання до закладних деталей у трьох контактних точках. Критерії надійності жорстко забороняють використання тимчасових прихваток; експлуатаційна безвідмовність вимагає накладання відразу повнопрофільних проектних зварних швів.

Формування вертикального стінового огороження

Структурне компонування вертикального стінового контуру ініціюється після завершення просторової локалізації несучих компонентів макросистеми (колон, ферм, в'язів) та диска покриття в межах єдиного температурного відсіку (захватки). Базис граничних станів допускає залучення монтажних кранів зі стандартним обладнанням. Робочі зони для квазістатичного контролю формуються у внутрішньому просторовому континуумі за допомогою інвентарних риштувань та підйомників. Оцінка напружень та логістики доводить, що застосування баштово-стрілового обладнання знижує трудомісткість у два рази. Геометрична фіксація стінових панелей реалізується суворо знизу вгору на всю висоту будівлі.

4.8 Топологічна верифікація та квазістатичний контроль експлуатаційної безвідмовності просторової макросистеми

Забезпечення живучості макросистеми та недопущення структурної деградації на стадії зведення об'ємно-просторового ансамблю реалізується через багатоступеневу систему верифікації контактних та просторових характеристик:

- Первинна просторова ідентифікація (вхідний контроль): Структурний регламент вимагає перевірки зовнішнього фізико-механічного стану формотворчих дискретних одиниць, сировинних масивів і напівфабрикатів. Здійснюється топологічна верифікація їхньої відповідності проектним моделям, державним стандартам та нормативним вимогам. Обов'язковому аналізу підлягають паспорти, сертифікати та документальні підтвердження надійності.

- Топологічна верифікація виробничих процесів: Експлуатаційна парадигма диктує безперервний аналіз на стадії структурного компонування. Цей етап охоплює вхідний контроль робочої документації та матеріалів, а також подальший операційний та приймальний контроль несучих компонентів макросистеми.

Квазістатичний операційний контроль: Реалізується безпосередньо в момент геометричної фіксації у просторовому континуумі. Механіка руйнування лімітує відхилення від розрахункових моделей. На цьому етапі виконується оцінка деформативної здатності, перевіряється просторова локалізація, форма та координатні виміри несучих компонентів. Топологічна верифікація відстежує строгу послідовність формування структурних шарів та фізико-хімічні властивості матеріалів у процесі їхньої інтеграції в макросистему. Здійснюється відповідно до меж допустимих просторових флуктуацій (допусків), зафіксованих у технологічних картах.

Фінальна оцінка граничних станів (приймальний контроль): Цей етап слугує підтвердженням експлуатаційної безвідмовності готового топологічного комплексу. Аналіз геодезичного розбиття верифікує фактичну тривимірну орієнтацію конструктивних вузлів та наявність сертифікатів і лабораторних випробувань. Превенція граничних станів вимагає беззаперечного складання актів на приховані етапи до моменту їхнього перекриття наступними шарами макросистеми. Продовження робіт без документальної фіксації попередніх прихованих контактів категорично забороняється. Оцінка несучої здатності відповідальних конструкцій здійснюється спеціальними службами та технічними засобами із залученням технічного нагляду замовника, а у критичних випадках зведення складних просторових форм — інстанцій авторського нагляду проектної організації. Результати квазістатичного контролю фіксуються на виконавчих геометричних схемах і в системі загальних та спеціальних журналів робіт.

4.9 Забезпечення живучості макросистеми та превенція граничних станів у процесі просторової локалізації (Техніка безпеки)

Топологічна ізоляція та координація мас

Превенція граничних станів людського ресурсу вимагає допуску до просторової локалізації виключно тих біологічних одиниць, які пройшли верифікацію знань щодо запобігання втрати стійкості систем. Експлуатаційна парадигма диктує необхідність жорсткого фізичного ізолювання

(огороження) топологічного комплексу, де відбувається структурне компонування. Базис граничних станів управління обумовлює передачу інформаційних імпульсів оператору динамічної підйомної системи виключно з єдиного координаційного центру, блокуючи хаотичні впливи.

Оцінка напружень підйомних механізмів

Забезпечення живучості макросистеми диктує оснащення кожного крана автоматичними датчиками для блокування критичних мас (обмежувачами вантажопідйомності). Квазістатичний контроль усіх вузлів має відбуватися безперервно. Оцінка деформативної здатності вантажозахоплювальних систем (такелажу) обумовлює їхнє обов'язкове випробування подвійним тензометричним навантаженням до моменту ініціації монтажу. Механіка руйнування лімітує будь-яке тривале зависання вантажних мас у висотному просторовому континуумі.

Вплив атмосферних флуктуацій

Атмосферні навантаження генерують додаткові напруження у структурному конгломераті. Аналіз граничних станів жорстко блокує висотну тривимірну орієнтацію конструкцій під відкритим небом при вітровому тиску понад 6 балів, а також під час снігопадів, злив чи утворення льодового покриву на поверхнях. Процес просторової локалізації вертикальних захисних площин (стінових панелей) зупиняється вже при вітрових навантаженнях у 5 балів через критичний ризик втрати аеродинамічної стійкості об'ємно-просторового ансамблю.

Захисні контури топологічного комплексу майданчика

Топологічний комплекс майданчика повинен гарантувати експлуатаційну безвідмовність: структурний регламент вимагає наявності систем інформаційного обміну, захисних бар'єрів навколо рухомих елементів та екранів колективного захисту від гравітаційного падіння тіл. Експлуатаційна парадигма диктує інсталяцію систем відведення електростатичних зарядів (заземлення) і грозозахисту від рихтувань та механізмів. Забезпечення експлуатаційної безвідмовності робітників вимагає їхньої ізоляції засобами індивідуального захисту, особливо під час просторової ідентифікації в екстремальних зимових умовах або під дією токсичних хімічних середовищ.

Превенція термодеструкції (Пожежна безпека)

Превенція граничних станів термодеструкції обумовлює жорстку просторову локалізацію та ізоляцію легкозаймистих і вибухонебезпечних

масивів матеріалів з подальшою евакуацією їхніх залишків. Структурний регламент вимагає розрахунку безпечних топологічних зон для високотемпературних зварювальних процесів, а також геометричної фіксації засобів гасіння (вогнегасників, гідрантів) у межах швидкого доступу.

Механіка обмежень під час структурного компонування

Механіка руйнування лімітує просторове переміщення будь-яких формотворчих дискретних одиниць за відсутності розрахункових анкерних (монтажних) петель.

Топологічна верифікація та очищення контактних площин від сторонніх мас (бруд, снігу) реалізується строго до ініціації підйому.

Недопущення структурної деградації вимагає повної відсутності людей на несучих компонентах макросистеми під час їхньої динамічної тривимірної орієнтації.

Критерії надійності категорично виключають просторову локалізацію людських одиниць у гравітаційній тіні монтованих елементів до моменту їхньої абсолютної геометричної фіксації в просторовому континуумі.

5. Розділ організації будівництва

5.1 Просторова ідентифікація та математичне моделювання етапів формування топологічного комплексу в розрізі обчислення обсягів робіт

Базис граничних станів вимагає, щоб просторова ідентифікація кількісних показників формування об'ємно-просторового ансамблю генерувалася виключно на основі базових геометричних проєкцій (горизонтальних планів, фасадних контурів, вертикальних січних площин) та результатів попереднього математичного моделювання статичної роботи.

Критерії надійності обумовлюють строгий розрахунок матеріальних масивів для двох ключових стадій зведення:

Формування монолітних контактних зон (фундаментів), де оцінка деформативної здатності основи диктує створення жорсткого зацмлення;

Подальшого структурного компонування просторової макросистеми шляхом геометричної фіксації в просторовому континуумі збірних залізобетонних несучих компонентів макросистеми.

Задля забезпечення експлуатаційної безвідмовності аналітичних розрахунків та недопущення структурної деградації інформаційних потоків на наступних етапах, фінальний квазістатичний контроль і топологічна верифікація всіх обчислених обсягів жорстко зводяться у стандартизований табличний формат.

ВІДОМІСТЬ ОБСЯГІВ РОБІТ

№ зап	Найменування робіт	Об'єм робіт	
		Од. виміру	Кількість
1	2	3	4
1	Планування майданчика $(S \times 1,15) = 96 \times 12 + 72 \times 54 \times 1,15 = 5040 \times 1,15$	1000 м ²	5,796
2	Зрізання рослинного шару товщиною 15 см $(S \times 0,15) = 5040 \times 0,15$	1000 м ³	0,756
3	Розробка ґрунту екскаватором з емк. ковша 0,5 м ³ у відвал $(V_r = S \times h - V_v) = 5040 \times 1,35 - 1191$	1000 м ³	5,613
4	Те ж з завантаженням в автосамоскипи $(V_r = V_{об} + V_{об} + V_{об} + S \times (0,1 + 0,02)) = 38 + 228 + 320 + 5040 \times 0,12$	1000 м ³	1,191

5	Розробка ґрунту вручну (підчистка) (кільк.фунд. $\times S_{\text{ф}} \times 0,1$) = $1,5 \times 1,5 \times 14 + 2,7 \times 2,1 \times 62$) $\times 0,1$	100 м ³	0,38
6	Бетонна підготовка під фундаменти (кільк.фунд. $\times S_{\text{ф}} \times 0,1$) = $1,5 \times 1,5 \times 14 + 2,7 \times 2,1 \times 62$) $\times 0,1$	100 м ³	0,38
7	Влаштування монолітних фундаментів ($V_{\text{ф}} = \Sigma$ кільк.фунд. $\times V_{\text{ф}}$) = = $60 \times 3,31 + 14 \times 1,46 + 2 \times 4,62$	100 м ³	2,28
8	Влаштування фундаментів під обладнання ($V_{\text{ф}} = 80 \text{ м}^3 \times$ кільк.прольотів) = 80×4	100 м ³	3,2
9	Гідроізоляція фундаментів вертикальна $60 \times 9,54 + 14 \times 5,04 + 2 \times 9,72$	100 м ²	6,62
10	Гідроізоляція фундаментів горизонтальна $60 \times 4,32 + 14 \times 1,44 + 2 \times 2,52$	100 м ²	2,84
11	Зворотна засипка бульдозером 80 л.с. ($V_{\text{с}}$)	1000 м ³	5,613
12	Ущільнення ґрунту при зворотній засипці ($V_{\text{с}}$)	1000 м ³	5,613
13	Монтаж колон	шт.	78
14	Монтаж підкранових балок	шт.	68
15	Монтаж конструкцій покриття (S)	м ²	5040
16	Монтаж конструкції огорожі ($S_{\text{о}} = P \times h$) = $162 \times 14,4 + 198 \times 18 + 54 \times 3,6$	м ²	9473,76
17	Влаштування пароізоляції в один шир (S)	100 м ²	50,4
18	Влаштування цементно-піщаної стяжки (t=20 мм) (S)	100 м ²	50,4
19	Влаштування утеплювача плитного (S)	100 м ²	50,4
20	Наклеювання тришарового рулонного килиму (S)	100 м ²	50,4
21	Оздоблення покрівельною сталлю (0,7 \times L) = $(162 + (72 + 54) \times 2) \times 0,7$	100 м ²	2,9
22	Фарбування стін з середини приміщень ($S_{\text{с}}$)	100 м ²	60,91
23	Фарбування фасадів ($S_{\text{с}}$)	100 м ²	60,91
24	Фарбування заповнень віконних прорізів (30 % $S_{\text{с}}$)	100 м ²	18,27
25	Фарбування конструкцій покриття (S \times 1,6)	100 м ²	80,64
26	Ущільнення ґрунту щебнем (S)	100 м ²	50,4
27	Влаштування чорнової бетонної підлоги (t=100 мм) (S)	100 м ²	50,4
28	Влаштування чистої підлоги (t=20 мм) (S)	100 м ²	50,4
29	Засклення металевих рам промислових будівель (30 % $S_{\text{с}}$)	100 м ²	18,27
30	Сантехнічні роботи ($V_{\text{вуд.}} \times 0,03$)	3%	914,6
31	Електротехнічні роботи ($V_{\text{вуд.}} \times 0,03$)	3%	914,6
32	Благоустрій території ($V_{\text{вуд.}} \times 0,01$)	1%	304,87
33	Підготовка до здачі		3 дні
34	Монтаж обладнання ($V_{\text{вуд.}} \times 0,1$)	10%	4573,08
35	Пусконаладжувальні роботи ($V_{\text{вуд.}} \times 0,005$)	0,5%	152,44

Аналітична відомість часової локалізації та квазістатичного контролю монтажних циклів

№	Назва робіт та комплекс робіт	Обсяг робіт		Код роботи	Норма на одиницю виміру		Трудомісткість на весь обсяг				Основні механізми		Виконавець		Число змін	Тривалість, дні
		Одн. виміру	Кількість		Люд-год	маш-год	Норм.	Прин.	Люд-год	Маш-год	Прин.	Навден.	Кілк.	Проф.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Планування майланика	1000 м ²	7,796	РРСН 1-30-1	-	0,6	-	-	4,68	8,0	ДЗ-19	1	Машиніст Фр-1	1	1	1
2	Зрізання рослинного шару	1000 м ²	0,756	РРСН 1-24-2	-	19,55	-	-	14,78	16,0	ДЗ-19	1	Машиніст Фр-1	1	2	1
3	Розробка ґрунту екскаватором з емк. ковша 0,5 м ³ у відвал I II III IV	1000 м ²	5,613	РРСН 1-12-14	19,55	42,5	109,73	-	238,54	210	ЗО-4122, КАМАЗ 5511	1+5	Машиніст Фр-1, Водій 2кл-5	1+5	2	4
			1,199				23,44	50,96	48	1+5	2	4,5				
			1,452				28,39	61,71	54	1+5	2	4,5				
			1,481				28,95	62,94	54	1+5	2	4,5				
			1,481				28,95	62,94	54	1+5	2	4,5				
4	Те ж з навантаженням в автосамоскиди I II III IV	1000 м ²	1,191	РРСН 1-17-14	22,1	63,92	26,31	-	76,12	72	ЗО-4122, КАМАЗ 5511	1+5	Машиніст Фр-1, Водій 2кл-5	1+5	2	1,5
			0,356				7,87	22,76	24	1+5	2	1				
			0,297				6,56	18,98	16	1+5	2	1				
			0,269				5,94	17,19	16	1+5	2	1				
			0,269				5,94	17,19	16	1+5	2	1				

5	Розробка ґрунту вручну (підчистка) I II III IV	100 м ²	0,38 0,196 0,088 0,048 0,048	РДСН 1-16+2	261,83	-	101,5 51,32 23,04 12,57 12,57	112 48 32 16 16	-	-	-	-	2	2	1,5 1 0,5 0,5
6	Бетонна підготовка під фундаменти I II III IV	100 м ²	0,38 0,196 0,088 0,048 0,048	РДСН 6-1-19	527,8	94,56	200,56 103,45 46,45 25,33 25,33	208 96 48 32 32	35,93 18,53 8,32 4,54 4,54	КС-2561Н	1	1	2	2	3 1,5 1 1
7	Влаштування монолітних фундаментів I II III IV	100 м ²	2,28 1,18 0,52 0,29 0,29	РДСН 6-1-8	340,75	66,85	776,92 402,09 177,19 98,82 98,82	832 384 192 128 128	152,42 78,88 34,76 19,39 19,39	КС-2561Н	1	1	8	2	3 1,5 1 1
8	Влаштування фундаментів під обладнання I II III IV	100 м ²	3,2 0,8 0,8 0,8 0,8	РДСН 6-4-5	268,25	39,45	858,4 214,6 214,6 214,6 214,6	768 192 192 192 192	126,24 31,56 31,56 31,56 31,56	КС-2561Н	1	1	4	2	3 3 3 3
9	Вертикальна гідроізоляція фундаментів I II III IV	100 м ²	6,62 3,25 1,53 0,87 0,87	РДСН 8-4-7	33,5	1,11	221,79 112,23 51,26 29,15 29,15	208 96 48 32 32	7,36 3,72 1,7 0,97 0,97	-	-	2	2	3 1,5 1 1	
10	Горизонтальна гідроізоляція фундаменту I II III IV	100 м ²	2,84 1,46 0,66 0,36 0,36	РДСН 8-4-3	31,76	3,24	90,19 46,37 20,96 11,43 11,43	96 48 16 16 16	9,21 4,73 2,14 1,17 1,17	-	-	2	2	1,5 0,5 0,5 0,5	

11	Зворотня засипка бульдозером 80 л.с. I II III IV	1000 м ³	5,613 1,199 1,452 1,481 1,481	РЗСН 1-27-2	-	13,75	-	-	77,18 16,49 19,97 20,36 20,36	64 16 16 16 16	ДЗ-19	1	1	1	2	1 1 1 1 1
12	Ущільнення ґрунту при зворотній засипці I II III IV	1000 м ³	5,613 1,199 1,452 1,481 1,481	РЗСН 1-132-4	-	16,76	-	-	94,08 20,1 24,34 24,82 24,82	88 16 24 24 24	ДЗ-50	1	1	2	1 1,5 1,5 1,5	
13	Монтаж колон I II III IV	шт	78 38 18 11 11	Казьмувця	11,56	2,25	901,68 439,28 208,08 127,16 127,16	840 400 200 120 120	175,5 85,5 40,5 24,75 24,75	-	СКТ-50	1	5	2	5 2,5 1,5 1,5	
14	Монтаж підранових балок I II III IV	шт	68 32 18 12 6	Казьмувця	7,64	1,54	519,21 244,48 137,52 91,68 45,84	480 240 120 80 40	104,72 49,28 27,72 18,48 9,24	-	СКТ-50	1	5	2	3 2,5 1,5 0,5	
15	Монтаж балок покриття 12м Монтаж ферм покриття 18м Монтаж плит покриття 12×3м Монтаж плит покриття 6×1,5м I II III IV	шт	211 82 43 43 43	Казьмувця	3,43	0,9	723,73 281,26 147,49 147,49 147,49	600 240 120 120 120	189,9 73,8 38,7 38,7 38,7	-	СКТ-50	1	5	2	3 1,5 1,5 1,5	

16	Монтаж стінових панелей 6, 12 м Монтаж фундаменту 6, 12 м Монтаж елем. воріт	III	781	Каталогівця	3,14	0,82	2270,22	1920	592,86	-	МКТ-6-45, ЛН-100-300	1	Монтажник 5р-1, 4р-1, 3р-2, 2р-1	5	2	12
			357				1120,98	960	292,74							5
			152				477,28	400	124,64							2
			62				194,68	160	50,84							2
			152				477,28	400	124,64							5
17	Ущільнення ґрунту шибнем	100 м ²	50,4	РЄСН 1-136-1	1,21	1,21	60,98	64	60,98	64		-	Бетонник 2р-2	2	2	0,5
			11,52				13,94	16	13,94	16						0,5
			12,96				15,68	16	15,68	16						0,5
			12,96				15,68	16	15,68	16						0,5
			12,96				15,68	16	15,68	16						0,5
18	Улаштування чорнової підлоги	100 м ²	50,4	РЄСН 11-1+1	47,87	-	2412,66	2040	-	-		-	Бетонник 4р-2, 3р-2, 2р-1	5	2	6
			11,52				551,46	480	-	-						6,5
			12,96				620,4	520	-	-						6,5
			12,96				620,4	520	-	-						6,5
			12,96				620,4	520	-	-						6,5
19	а) Влаштування пароізоляції в один шар	100 м ²	50,4	РЄСН 12-20-4	14,69	-	740,37									
			11,52				169,23									
			12,96				190,38									
			12,96				190,38									
			12,96				190,38									
20	б) Влаштування утеплювача плитного	100 м ²	50,4	РЄСН 12-18-3	63,67	-	3208,96									
			11,52				733,48									
			12,96				825,16									
			12,96				825,16									
			12,96				825,16									

	Σ (оздоблювальні роботи)		220,73	Казахулиця	Казахулиця	-	9241,53	7936	-	-	-	16	2	10		
	I	100 м ²	72,08				3005,24	2560						8,5		
	II		59,94				2561,96	2176						4		
	III		28,77				1112,37	1024						4		
	IV		59,94				2561,96	2176						8,5		
32	Влаштування чистої підлоги		50,4				2734,57	2400								
	I	100 м ²	11,52		42,2		486,14	480				10	2	3		
	II		12,96				546,91	480						3		
	III		12,96				546,91	480						3		
	IV		12,96				546,91	480						3		
33	Пусконаладувальні роботи						152,44	160					10	1	2	
34	Благоустрій території						304,87	320						10	2	2
35	Здача об'єкту													10	2	3

Зав'язки	Закладання прокопів		Сантехнічні роботи		Електротехнічні роботи		Ущільнення швів та улаштування чорнової підлоги		Монтаж обладнання		Влаштування чистої підлоги		Оздоблювальні роботи		Пусконаладжувальні роботи		Виготовлення терморії		Здача об'єкту		
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4,5	3	2,5	6,5	6	3	6,5	6,5	6	3	3	3	10	10	2	2	2	2	2	2	2
	5	4,5	3	2,5	6,5	6	6,5	6,5	6	3	3	3	4	10	4	4	4	4	4	4	4
II	4,5	3	2,5	6,5	6	3	6,5	6,5	6	3	3	3	10	10	2	2	2	2	2	2	2
	3,5	3	2,5	7	6	3	7	7	6	3	3	3	8,5	8,5	4	4	4	4	4	4	4
	6	5	4	3,5	5	3,5	5	5	5	3,5	3,5	3,5	12	12	9	9	9	9	9	9	9
	8	6	5	13,5	12	6	13,5	13,5	12	6	6	6	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
III	0,5	3	2,5	7	6	3	7	7	6	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	8	2,5	4	7,5	8,5	18	8,5	8,5	18	12	12	12	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
	8	2,5	4	7,5	8,5	18	8,5	8,5	18	12	12	12	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
IV	8,5	9	7,5	20,5	18	9	20,5	20,5	18	9	9	9	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
	3,5	3	2,5	7	6	3	7	7	6	3	3	3	8,5	8,5	4	4	4	4	4	4	4
	13	12	10	27,5	24	15	27,5	27,5	24	15	15	15	31	31	31	31	31	31	31	31	31
ΣT _і	12	12	10	27,5	24	15	27,5	27,5	24	15	15	15	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Зміни	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Робітники	6	4	5	5	10	10	5	5	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16
max T _і	13	5	4,5	2,5	9,5	15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Розрахункова матриця

Зав'язки	Планування майданчика та армування розливного шару	Розробка ґрунту екскаватором	Розробка ґрунту вручну та бетонна підготовка	Влаштування монолітного фундаменту	Влаштування фундаменту під обладнання	Вертикальна та горизонтальна гідроізоляція фундаменту	Зворотна засипка з ущільненням	Монтаж колод	Монтаж підрамників балок	Монтаж конструкцій покриття	Монтаж конструкцій огорожі	Влаштування покриття
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	2	2	15,5	20	23	27	32,5	33,5	38,5	41,5	44,5	56,5
I	2	5,5	4,5	3	3	4,5	1	5	3	3	12	5
	2	0	7,5	0	23	1	0,5	38,5	0	44,5	0	61,5
II		7,5	20	23	26	31,5	33,5	38,5	41,5	44,5	56,5	61,5
		5,5	2,5	1,5	3	2	1,5	2,5	2,5	1,5	5	5,5
		13	7	0,5	1,5	2,5	0	3,5	41	0,5	10,5	0
			22,5	24,5	29	33,5	35	41	44	46	61,5	67
III		13	22,5	24,5	29	33,5	35	41	44	46	61,5	67
		5,5	1,5	1	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	5,5
		18,5	4	0,5	3,5	1,5	0	4,5	1,5	0,5	14	3,5
IV		18,5	24	25,5	32	35	36,5	42,5	45,5	47,5	63,5	72,5
		5,5	1,5	1	3	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	5	5,5
		24	0	26,5	5,5	0	38	4,5	1,5	46	14,5	4
ΣT _н	2	22	10	6,5	12	9,5	5,5	10,5	7,5	7,5	24	21,5
Змінні	1,2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Робітники	1	6	2	8	4	2	2	5	5	5	5	20

Завдання	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	Закладання профолів	Сантехнічні роботи	Електротехнічні роботи	Уцілювання щелем та улаштування чорнової підлоги	Монтаж обладнання	Влаштування чистої підлоги	Обробляння роботи	Пусконаладжувальні роботи	Благоустрій території	Здача об'єкту
I	69,5 4,5 8	74,5 3 0,5	79 2,5 1,5	81,5 6,5 0	91 6 3	106 3 9	109 10 0			
II	74 3,5 7	77,5 3 0	81,5 2,5 1	88 7 4	97 6 2	109 3 6	119 8,5 7			
III	77,5 0,5 4	80,5 3 2,5	84 2,5 0,5	95 7 8,5	103 6 1	112 3 3	127,5 4 12,5			
IV	78 3,5 0	83,5 3 2	86,5 2,5 0	102 7 13	109 6 0	115 3 0	131,5 8,5 13,5	140 2 142	142 2 144	144 3 147
ΣТ _і	12	12	10	27,5	24	12	31	2	2	3
Зміни	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
Робітники	6	4	5	5	10	10	16	10	10	10

5.2 Топологічна оцінка та к квазістатичний контроль техніко-економічної ефективності просторово-часової координації монтажних потоків

Фінальний часовий інтервал формування просторової макросистеми — результат аналізу вихідного двовимірного аналітичного розмаху (масиву розрахункових параметрів) та побудови календарного плану об'ємно-просторового ансамблю:

$$T_3 = 147 \text{ днів.}$$

Індекс щільності монтажних потоків, що характеризує ступінь експлуатаційного освоєння просторових фронтів спеціалізованими виконавцями, розраховується як відношення загальної сумарної тривалості процесів до хронологічної величини з урахуванням виникнення вимушених організаційних розривів у просторовому континуумі:

$$K_{щ} = \frac{\sum T_{ij}}{\sum T_{ij} + \sum T_o} = 274 / (274 + 210,5) = 0,566$$

Коефіцієнт паралельності (суміщення) монтажних операцій (K_s), який відображає величину суміщення робіт у межах потоку, обчислюється як різниця між одиницею та відношенням загального терміну функціонування потоку до сумарної тривалості всіх окремих процесів зведення несучих компонентів макросистеми:

$$K_c = 1 - \frac{T_3}{\sum T_{ij}} = 1 - (147 / 274) = 0,464$$

Квазістатичний контроль змінності використання технічних та людських ресурсів визначається за співвідношенням:

$$K_{зм} = \frac{T_{зм}}{T_{дн}} = (545 / 274) = 1,99$$

де сумарний обсяг відпрацьованих змінних циклів обчислюється на основі математичного моделювання статичної роботи бригад:

$$T_{зм} = 1 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 22 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 6,5 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 9,5 + 2 \cdot 5,5 + 2 \cdot 10,5 + 2 \cdot 7,5 + 2 \cdot 7,5 + 2 \cdot 24 + 2 \cdot 21,5 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 27,5 + 2 \cdot 24 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 31 + 1 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 3 = 545 \text{ — загальна кількість змін;}$$

$$T_{дн} = 274 \text{ (днів) — загальна кількість.}$$

Оцінка деформативної здатності кадрового потоку (коефіцієнт нерівномірності руху робітників у межах топологічного комплексу):

$$K_n = \frac{Ч_{max}}{Ч_{ср}} = (72 / 32) = 2,25$$

де:

Максимальна зафіксована добова чисельність виконавців у межах структурного конгломерату: $Ч_{max} = 62$ робітники

$N=1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 12 \cdot 13,5 + 16 \cdot 4,5 + 34 \cdot 3 + 32 \cdot 1,5 + 28 \cdot 1 + 10 \cdot 0,5 + 14 \cdot 5,5 + 18 \cdot 1 +$
 $+ 30 \cdot 1,5 + 20 \cdot 1,5 + 16 \cdot 1,5 + 12 \cdot 0,5 + 24 \cdot 3 + 36 \cdot 2,5 + 24 \cdot 0,5 + 36 \cdot 1,5 + 24 \cdot 3 +$
 $+ 40 \cdot 7,5 + 52 \cdot 12 + 40 \cdot 1 + 52 \cdot 5 + 60 \cdot 3,5 + 20 \cdot 1 + 30 \cdot 2,5 + 28 \cdot 5 + 20 \cdot 2,5 + 10 \cdot 2 +$
 $+ 30 \cdot 15 + 50 \cdot 3 + 72 \cdot 6 + 52 \cdot 3 + 32 \cdot 22 + 10 \cdot 2 + 20 \cdot 5 = 4665$ (робітників) — загальна
чисельність робітників по кожній роботі;

$Ч_{сер} = N / T_3 = 4665 / 147 = 32$ (робітника) — середня чисельність робітників.

5.3 Математичне моделювання та топологічна верифікація калькуляційних параметрів трудомісткості (Розрахунок калькуляцій)

Калькуляція витрат на монтаж колон

№ за/п	Назва робіт	Об'єднувана по ЕНДР	Об'єм робіт		На один. виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один. виміру	Кіл-ть	Норма часу, люд.год./маш.год.	Розцінка, грн.	Труд-ть люд.год./маш.год.	Зарплата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Розвантаження колон краном з розкладанням масою до 8т масою до 10т до 18т більш 20т	1-5	100т	0,12	<u>3,4</u> 1,7 <u>3,2</u> 1,6 4,86 <u>1,4</u> 6,75 <u>2,6</u> 1,3	234,87 221,06 193,42 179,61	<u>0,41</u> 0,5 <u>3,65</u> 1,82 <u>13,61</u> 6,8 <u>17,55</u> 8,78	28,18 252,01 940,02 1212,37	Такелажн. 2р-2 Машин. 6р-1
2.	Установка колон стріловим краном у стакани фундаментів масою до 8т масою до 10т масою до 15т	4-1-4	шт.	2 12 36	<u>6</u> 1,2 <u>7</u> 1,4 <u>9</u> 1,8	478,5 6 558,3 2 717,84	<u>12</u> 2,4 <u>84</u> 16,8 <u>324</u> 64,8	957,12 6699,84 25842,24	Монтажн. 5р-1, 4р-1, 3р-2, 2р-1 Машин. 6р-1
3.	Установка двохгілкових колон стріловим краном у стакани фундаментів масою до 30т	4-1-4	шт.	28	<u>12</u> 2,4	968,88	<u>336</u> 67,2	27128,64	Монтажн. 6р-1, 4р-1, 3р-2, 2р-1 Машин. 6р-1
3	Забивка стиків колон з фундаментами:								
	а) приймання бетонної суміші із кузова автобетоновозу до поворотної бадді	4-1-54	100м ³	0,46	8,2	566,46	3,77	260,57	Бетонник 2р-1
	б) подача бетонної суміші в бадді V=0,8 м ³ до місця укладання стріловим краном	1-6	м ³	45,57	<u>0,29</u> 0,145	40,07	<u>13,22</u> 6,61	1825,99	-//-
в) забивка стиків колон з фундаментами бетоном М300 на дрібній фракції	4-1-25	1стик	78	1,2	96,94	93,6	7561,32	Монтажн. 4р-1 3р-1	
Всього:							<u>901,81</u> 175,71	72708,3	

Норма часу на 1 елемент $H_i=901,81/78=11,56$ люд.-год.

$P=72708,3/78=932,16$ грн.

Калькуляція витрат на монтаж підкранових балок

№ за/п	Назва робіт	Обґрунтування по ЕНіР	Об'єм робіт		На один. виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один. виміру	Кіл-ть	Норма часу, люд.год. маш.год.	Розцінка, грн.	Труд-ть люд.год. маш.год.	Зарплата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Розвантаження підкранових балок краном з розкладанням масою до 5т до 13т	1-5	100т	1,34 4,21	4,2 2,1 3 1,5	290,14 207,24	5,63 2,81 12,63 6,32	388,79 872,48	Такелаж. 2р-2 Машиніст 6р-1
2	Установка підкранових балок стріловим краном в проектне положення масою до 5т до 11т	4-1-4	шт.	32 36	6,5 1,3 7,5 2,4	518,44 598,2	208 41,6 270 54	16590,08 21535,20	Монтажні 5р-1, 4р-1 3р-2, 2р-1 Машиніст 6р-1
3	Електрозварювання стиків балок з колонами	22-1-6	10м шва	9,18	2,5	214,1	22,95	1965,44	Електрозв. 4р-1
Всього							519,21 104,73	41351,99	

Норма часу на 1 елемент $H_1 = 519,21/68 = 7,64$ люд.-год.
 $P = 41351,99/68 = 608,12$ грн.

Калькуляція витрат на монтаж конструкцій покриття

№ за/п	Назва робіт	Об'єднання по ЕНПР	Об'єм робіт		На один. виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один. виміру	Кіл-ть	Норма часу, <u>люд.год.</u> маш.год.	Розцінка, грн	Труд-ть <u>люд.г</u> од. маш.г од.	Заробітна плата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Розвантаження балок, ферм краном з розкладкою в касети масою до 5т до 10т	1-5	100т	0,85 2,1	<u>4,2</u> 2,1 <u>3</u> 1,5	290,14 207,24	<u>3,57</u> 1,79 <u>6,3</u> 3,15	246,62 435,20	Такелажник 2р-2 Машиніст 6р-1
2	Установка балок та ферм у проектне положення стріловим краном прогоном 12 м 18м	4-1-6	шт.	18 21	<u>5,0</u> 1,0 <u>8</u> 1,6	428,2 685,12	<u>90</u> 18 <u>168</u> 33,6	7707,60 14387,52	Монтажник 6р-1 5р-1 4р-1 3р-1 2р-1 Машиніст 6р-1
3	Електрозварювання стиків кроквяних ферм і балок з колонами	22-1-6	10м.п. шва	3,9	2,5	214,1	9,75	834,99	Електрозварн. 4р-1
4	Розвантаження плит покриття масою до 3т до 7т	1-5	100т	1,47 7,56	<u>5,4</u> 2,7 <u>3,6</u> 1,8	373,03 248,67	<u>7,94</u> 3,97 <u>27,22</u> 13,61	548,35 1879,95	Такелажник 2р-2 Машиніст 6р-1
5	Монтаж плит покриття площею до 20м ² 36 м ²	4-1-7	1ел	64 108	<u>1,2</u> 0,3 <u>2,4</u> 0,6	91,03 182,06	<u>76,8</u> 19,2 <u>259,2</u> 64,8	5825,92 19662,48	Монтажник 4р-1,3р-2 2р-1 Машиніст 6р-1
6	Електрозварювання монтажних стиків плит покриття з фермами і балками	22-1-6	10м шва	4,3	2,5	214,1	10,75	920,63	Електрозварн. 4р-1
7	Зняття монтажних гойдалок та драбин	5-1-2	1шт.	64 64	<u>0,37</u> 0,18 <u>0,62</u> 0,31	29,89 50,08	<u>23,68</u> 11,52 <u>39,68</u> 19,84	1912,96 3205,12	Монтажник 4р-1 3р-1 Машиніст 6р-1
Всього:							<u>722,89</u> 189,48	57567,34	

Норма часу на 1 елемент $N_n = 722,89 / 211 = 3,43$ люд.-год.

$P = 57567,34 / 211 = 272,83$ грн.

Калькуляція витрат на монтаж конструкцій огорожі

№ за/п	Назва робіт	Обґрунтування по ЕНПР	Об'єм робіт		На один. виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один виміру	Кіл-ть	Норма часу, люд.год, маш.год	Розцінка, грн.	Труд-ть люд.год, маш.год.	Заробітна плата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Розвантаження стінових панелей краном з розкладкою в касети масою до 2т до 5т	1-5	100т	10,32	$\frac{7,2}{3,6}$	502,42	$\frac{74,3}{37,15}$	5184,97	Такелажник 2р-2 Машиніст 6р-1
				8,64	$\frac{4,2}{2,1}$	290,14	$\frac{36,29}{18,14}$	2506,81	
2	Установка стінових панелей у проектне положення стріловим краном, площа панелі до 10 м ² до 15 м ²	4-1-8	шт.	543	$\frac{3}{0,75}$	242,34	$\frac{1629}{407,25}$	43755,74	Монтажник 5р-1, 4р-1, 3р-1, 2р-1 Машиніст 6р-1
				180	$\frac{4}{1}$	323,12	$\frac{576}{144}$	11322,72	
4	Електрозварювання стиків стінових панелей з колонами	22-1-6	10м.п шва	10,84	2,5	214,1	27,1	2320,84	Електрозв. 4р-1
5	Розвантаження фундаментних балок краном з розкладкою масою до 1,5т до 3 т	1-5	100т	0,47	$\frac{8,8}{4,4}$	607,9	$\frac{4,14}{2,07}$	285,71	Такелажник 2р-2 Машиніст 6р-1
				0,87	$\frac{5,4}{2,7}$	262,5	$\frac{4,7}{2,35}$	228,38	
6	Встановлення фундаментних балок до проектного положення, масою до 1,5т до 3т	4-1-6	1ел.	31	$\frac{1,1}{0,22}$	87,74	$\frac{34,1}{6,82}$	2719,94	Монтажник 5р-1, 4р-1 3р-2, 2р-1 Машиніст 6р-1
				12	$\frac{1,9}{0,38}$	151,54	$\frac{22,8}{4,56}$	1818,48	
7	Розвантаження елементів воріт масою до 1,5т до 4т	1-5	100т	0,15	$\frac{8,8}{4,4}$	607,9	$\frac{1,32}{0,66}$	91,19	Такелажник 2р-2 Машиніст 6р-1
				0,14	$\frac{4,6}{2,3}$	317,77	$\frac{0,64}{0,32}$	44,49	
8	Монтаж з/б елементів воріт	4-1-6	1ел.	5	$\frac{2,8}{0,56}$	239,79	$\frac{14}{2,8}$	1198,95	Монтажник 5р-1, 4р-1, 3р-2, 2р-1 Машиніст 6р-1
				10	$\frac{1,4}{0,28}$	119,9	$\frac{14}{2,8}$	1199	
9	Установка воріт краном	6-13 т.4	1м ² полотен	64,8	$\frac{0,24}{0,12}$	18,21	$\frac{15,55}{8,42}$	1180,01	Тесляр 4р-1 2р-1
10	Електрозварювання стиків елементів воріт	22-1-6	10м шва	0,3	2,5	214,1	0,75	64,23	Електрозв. 4р-1
Всього							$\frac{2454,69}{637,34}$	73921,46	

Норма часу на 1 елемент $H_n = 2454,69/781 = 3,14$ люд.-год.
 $P = 73921,46/781 = 94,65$ грн.

Калькуляція витрат на заробку стиків конструкції огорожі

№ за/п	Назва робіт	Обґрунтування по ЕНПР	Об'єм робіт		На один. виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один. виміру	Кіл-ть	Норма часу, люд.год./маш.год.	Розцінка, грн	Труд-ть люд.год./маш.год.	Заробітна плата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Конопатка, зачеканка і розшивка швів між стіновими панелями цементним розчином з підвісної люльки ззовні будівлі з установкою та переміщенням підвісної люльки	4-1-28	10м шв	662,16	2,7	231,23	1787,83	153111,26	Монтажник 4р-1
2	По п 1 з внутрішньої частини будівлі з постановкою та переміщенням	4-1-28	10м шв	575,4	1,22	310,86	701,99	178868,84	Монтажник 4р-1
Всього							2489,82	331980,1	

Норма часу на 10 м шву $N_n = 2489,82 / 1237,56 = 2,01$ люд.-год.
 $P = 331980,1 / 1237,56 = 268,25$ грн.

Калькуляція витрат на заливку швів між плитами покриття

№ за/п	Назва робіт	Обґрунтування по ЕНПР	Об'єм робіт		На один. виміру		На весь об'єм		Склад ланки
			Один. виміру	Кіл-ть	Норма часу, люд.год./маш.год.	Розцінка, грн	Труд-ть люд.год./маш.год.	Заробітна плата, грн.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Приймання бетону з кузова автосамоскиду у баддю	4-1-54	100м ³	0,26	8,2	566,46	2,13	147,28	Бетонник 2р-2
2	Подавання бетонної суміші	8-1-13	м ³	25,96	2,5 1,2	172,7	64,9 31,15	4483,29	Бетонник 2р-2 Машиніст 3р-1
3	Заливка швів між плитами покриття бетонною сумішшю	4-1-26	100м шва	23,64	4	323,12	94,56	7638,56	Монтажник 4р-1 3р-1
Всього							161,59 31,15	12269,13	

Норма часу на 100 м заливки швів $N_n = 161,59 / 23,64 = 6,84$ люд.-год.
 $P = 12269,13 / 23,64 = 519$ грн.

5.4 Математичне моделювання та топологічна верифікація потреби в тимчасових адміністративних та санітарно-побутових елементах топологічного комплексу

Структурне компонування допоміжних просторових локалізацій на будівельному майданчику здійснюється у такій послідовності:

- квазістатичний контроль та просторова ідентифікація загальної чисельності кадрового ресурсу;
- складання номенклатурного реєстру мобільних формотворчих одиниць допоміжного призначення для їхньої подальшої геометричної фіксації на майданчику.

Склад біологічного ресурсу будівельного потоку включає безпосередніх виконавців (робітників), інженерно-технічний персонал (ІТП), службовий персонал та молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Залежно від умов балансового обліку та джерела фінансування, допоміжні елементи топологічного комплексу, що підтримують безперервне функціонування та монтаж несучих компонентів макросистеми, поділяються на:

- титульні (перебувають на обліку у замовника);
- нетитульні (обліковуються на балансі БМО).

За функціональним призначенням у межах об'ємно-просторового ансамблю допоміжні споруди поділяють на виробничі, громадські, складські, службові та санітарно-побутові локалізації; за конструктивними особливостями — на інвентарні та неінвентарні. Своєю чергою, інвентарні формотворчі одиниці класифікують на збірно-розбірні, контейнерні, пересувні та м'які оболонкові споруди.

Математичний розрахунок чисельності кадрового ресурсу

Максимальна добова концентрація робітників у межах структурного конгломерату згідно з раніше розрахованим хронологічним планом:

$Ч_{\max}=72$ працюючих

Загальна чисельність працюючих, необхідна для забезпечення живучості макросистеми та підтримання темпів робіт:

$Ч_{\text{total}}=0,8572 \cdot 84=84$ працюючих

Чисельність охорони та молодшого обслуговуючого персоналу (МОП):

$Ч_{\text{мор}}=84 \cdot 0,03=3$ особи (МОП)

Чисельність інженерно-технічного персоналу (ІТП) та службовців:

$Ч_{\text{ітп}}=84-72-3=9$ осіб (ІТП)

У межах першого змінного циклу тривимірна локалізація працюючих має такий розподіл:

- безпосередні виконавці (робітники):
 $72 \cdot 0,70=50$ осіб (робітники);
- інженерно-технічний персонал та службовці:
 $9 \cdot 0,80=7$ осіб (МОП), (ІТП);
- охоронний та молодший обслуговуючий персонал:

$3 \cdot 0,80 = 2$ особи.

Сумарна чисельність працюючих у першому змінному циклі становить:

$50 + 9 + 2 = 61$ особа (працюючі)

Зокрема, за статевою ознакою в межах першої зміни:

- жінки: $61 \cdot 0,3 = 18$ людей;

- чоловіки: $61 - 18 = 43$ людей.

Отримані кількісні значення є вихідним аналітичним базисом для розрахунку геометричних габаритів та експлуатаційної безвідмовності допоміжних санітарно-побутових споруд.

Експлікація адміністративних і санітарно-побутових приміщень

Найменування і призначення приміщення	Кількість працюючих	Норма площі на одного працюючого, м ²	Розрахункова площа, м ²	Розміри в плані за УТС, м	Тип будівлі	Прийнята площа, м ²	Кількість будівель
1	2	3	4	5	6	7	8
Адміністративні приміщення							
Канцелярія	9	4	36	12×9×3,9	Збірно-розбірна	70,7	1
Кабінет техніки безпеки	61	0,2	12,2	9×2,7×3,8	Контейнерна	25,6	1
Охоронна будка	2	4	8	2×2	Неінвентарна	8	2
Санітарно-побутові приміщення							
Гардеробна з лавами	72	0,6	43,2	12×9×3,9	Збірно-розбірна	70,7	1
Душова з переддушовою	25	0,82	20,5	9×2,7×3,8	Контейнерна	45,6	2
Умивальна групова	61	0,06	3,66	Пос'єднується з гардеробною			
Туалети – чоловічі	43	0,07	3,01	3×2,7×3,9	Контейнерна	8,5	1
– жіночі	18	0,14	2,52	3×2,7×3,9	Контейнерна	8,5	1
Приміщення для просушки спецодягу	61	0,2	12,2	6×2,7×2,68	Контейнерна	16,2	1
Приміщення для відпочинку працюючих	61	1	61	9×2,7×3,8	Контейнерна	68,4	3
Їдальня на 50 місць	61	1	61	12×9×3,9	Збірно-розбірна	70,7	1
Пункт охорони здоров'я	61	0,05	3,05	3×2,7×3,9	Контейнерна	8,5	1
Приміщення для обігріву працівників	61	0,1	6,1	3×2,7×3,9	Контейнерна	9,2	1
Приміщення для особистої гігієни жінок	18	0,12	2,16	3×2,7×3,9	Контейнерна	8,5	1

5.5 Математичне моделювання та топологічна верифікація систем тимчасового гідравлічного забезпечення

Споживачі водопостачання

Споживачі води	Найбільша кількість споживачів (або обсяг робіт) в найбільш завантажену зміну	Питомі витрати води, л	
		Одиниці	Кількість
1	2	3	4
Виробничі потреби:			
Екскаватор	1	маш.-год.	12,5
Бульдозер	1	маш.-доба	450
Кран	1	маш.-доба	550
Автосамоскид	5	маш.-доба	550
Технологічні потреби:			
Оздблювальні роботи	356,02	м ²	0,75
Улаштування рулонної покрівлі	117,21	м ²	7,5
Санітарно-побутові потреби:			
Господарсько-питні за відсутності каналізації	61	люд. на зміну	12,5
Душ з переддушовою	61	люд. на зміну	25
Ідальня	61	люд. на зміну	12,5

Сумарна розрахункова витрата води в межах топологічного комплексу майданчика для забезпечення його експлуатаційної безвідмовності становить: $Q=15,5295$ [л/с]

Гідравлічний розрахунок та геометрична фіксація діаметрів тимчасових мереж водопостачання

Загальний магістральний контур:

Для транспортування сумарного об'єму води, що підтримує життєдіяльність об'ємно-просторового ансамблю, розрахунковий внутрішній діаметр магістралі визначається за залежністю:

$$d = 2\sqrt{\frac{q_{\text{заг}} \cdot 1000}{\pi \cdot V}} = 2\sqrt{\frac{15,5325 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,8}} = 104,84 \text{ мм}$$

Гідравлічна стабільність топологічного комплексу забезпечується магістраллю з внутрішнім перерізом 125 мм.

Трубопровід для забезпечення виробничо-технологічних процесів:

Розрахунок потреби у воді для вологого догляду за монолітними залізобетонними фундаментами та унеможливлення передчасної деградації бетону визначає внутрішній переріз відгалуження за формулою:

$$d = 2\sqrt{\frac{(q_{\text{вир}} + q_{\text{техн}}) \cdot 1000}{\pi \cdot V}} = 2\sqrt{\frac{(0,0839 + 0,0716) \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,8}} = 10,49 \text{ мм}$$

Для недопущення деградації бетону технологічний контур формується трубами 15 мм.

Трубопровід для забезпечення господарсько-побутових потреб персоналу:

- оцінка деформативної здатності побутового потоку водоспоживання та квазістатичний контроль потреб працюючих у точках санітарно-побутової локалізації обумовлюють розрахунок діаметра за формулою:

$$d = 2\sqrt{\frac{(q_{зосн} + q_{ідал} + q_{дущ}) \cdot 1000}{\pi \cdot V}} = 2\sqrt{\frac{(0,0715 + 0,0715 + 0,231) \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,7}} = 16,74 \text{ мм}$$

Біологічні потреби персоналу покриваються перерізом 20 мм.

5.6 Математичне моделювання та топологічна верифікація систем тимчасового енергозабезпечення

Витрати електричної енергії в межах топологічного комплексу будівельного майданчика здійснюються за такими основними напрямками:

Виробничо-технологічні потреби: температурна стабілізація та прогрівання цементних сумішей для недопущення їхньої структурної деградації у зимовий період, розігрів ґрунтового масиву, термообробка монолітного бетону та кам'яної кладки для успішного зведення просторової макросистеми;

Живлення силових агрегатів: постачання енергії на електродвигуни будівельних машин, монтажних підйомних механізмів та стаціонарних установок;

Освітлення просторового континууму: внутрішнє світлове забезпечення тимчасових побутових приміщень, а також зовнішнє освітлення зон безпосередньої просторової локалізації несучих компонентів макросистеми, під'їзних шляхів та загальної території об'ємно-просторового ансамблю.

Експлуатаційна парадигма диктує вибір типу тимчасової трансформаторної підстанції на основі сумарної потреби в енергоресурсах будівельного потоку. Критерії надійності та забезпечення живучості макросистеми обумовлюють необхідність розрахунку потужності трансформатора (Scalc) з умов максимального сумісного навантаження на піковому етапі за формулою:

$$P = \frac{\alpha}{\cos\psi} (\Sigma P_c \cdot K_{1n} + \Sigma P_m \cdot K_{2n} + \Sigma P_{os} \cdot K_{3n} + \Sigma P_{os} \cdot K_{4n} +)$$

Потреби електроенергії за споживачами

Споживачі	Одиниця виміру	Кількість	Норма на одиницю потужності, кВт	Загальні витрати P_c , кВт	Коефіцієнт попиту, K_{1n}
1	2	3	4	5	6
1. Монтажний кран СКГ-50	шт.	3	75	225	0,7
2. Монтажний кран МКГ-6-45	шт.	1	30	30	0,7
3. Люлька ЛЕ-100-300	шт.	1	1,6	1,6	0,15
4. Електричний фарбопулт СО-61	шт.	1	0,27	0,27	0,15
5. Зварювальний трансформатор ТД-30У2	шт.	2	17,5	35	0,35
6. Вібратор ИВ-47	шт.	2	1,2	2,4	0,15

Електричне освітлення внутрішнє

Споживачі	Загальна площа, м ²	Норма потужності на освітлення 1м ² , Вт	Загальні витрати електроенергії, кВт
1	3	4	5
1. Гардеробна з умивальною	70,7	15	1,061
2. Душова з переддушовою	45,6	15	0,684
3. Приміщення для обігріву працівників	8,5	15	0,128
4. Приміщення для відпочинку працюючих	68,4	15	1,026
5. Туалет чоловічий	8,5	15	0,128
6. Туалет жіночий	8,5	15	0,128
7. Ідальня	70,7	15	1,061
8. Контора виконроба	70,7	15	1,061
9. Охоронна будка на в'їзді	4	15	0,06
10. Кабінет техніки безпеки	25,6	15	0,384
11. Приміщення для особистої гігієни жінок	8,5	15	0,128
12. Приміщення для просушки спецодягу	16,2	15	0,243
13. Пункт охорони здоров'я	8,5	15	0,128
14. Закритий склад	84	3	0,252
Разом			6,472

Електричне освітлення зовнішнє

Споживачі.	Одиниці вимірювання.	Загальна площа, м ² (довжина, м),	Освітлення, лк	Норма потужності на 1м ² площі (на 1 км довжини), Вт	Загальні витрати кВт
1	2	3	4	5	6
Територія будівництва у зоні виконання робіт (площа будгенплану)	м ²	60395	2	0,4	24,16
Площа будівлі (монтажна зона)	м ²	5040	20	3	15,12
Головні проходи та проїзди	км	1,2	3	5	6
Охоронне освітлення	км	1,0	0,5	1,5	1,5
Аварійне освітлення	км	1,0	0,5	1,5	1,5
Разом					48,28

$$P=(1,1/0,75) \cdot ((3 \cdot 75 \cdot 0,7+30 \cdot 0,7+1,6 \cdot 0,15+0,27 \cdot 0,15+35 \cdot 0,35+2,4 \cdot 0,15)+6,346 \cdot 0,8+48,28)=243,44 \text{ кВт}$$

Застосовуємо на будівельному майданчику 2 трансформаторні підстанції КТПН-72М-160, загальна потужність якої 320 кВт, з трансформаторами типу ТМ 16016/10 вагою по 1,31 т кожний.

Для прийому та розподілення електроенергії по споживачам на будівельному майданчику приймаємо шафи розподільні серії СП-62 та СПУ-62.

Розрахунок кількості прожекторів на будівельному майданчику виконуємо за формулою:

$$n = \frac{p \cdot E \cdot S}{P_{\lambda}}$$

де p — питома потужність при освітленні прожекторами ПЗС-45, $p = 0,2 \dots 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{лк})$

E — освітленість, лк; $E = 2 \text{ лк}$;

S — площа, яку освітлюють; $S = 60395 \text{ м}^2$;

P_{λ} — потужність лампи прожектора, ПЗС-45 $P_{\lambda} = 500 \text{ Вт}$;

$$n = 0,2 \cdot 2 \cdot 60395 / 500 = 48 \text{ шт.}$$

Встановлюємо по дві лампи на одній опорі.

Для додаткового освітлення місць монтажу встановлюємо на пересувні освітлювальні щогли прожектори у кількості:

$$n = 0,2 \cdot 20 \cdot 5040 / 500 = 40 \text{ шт.}$$

На 10 щоглах встановлюємо по 4 прожектори.

5.7 Математичне моделювання та топологічна верифікація складських потужностей будівельного майданчика

Відомість потреби на стадії монтажу в матеріалах, напівфабрикатах і виробках

№ за/п	Табл. ДБН	Назва робіт	Вимірник	К-ть	Назва потрібних матеріалів	Од. вим.	Норма витрат	Загальна потреба
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7-5-14	Монтаж колон прямокутного перерізу масою до 10т	100шт	0,14	-колони -прокат -електроди -лісоматер -бетон	т т т м ³ м ³	100 0,444 0,024 0,32 17,2	14 00,06216 0,00336 0,0448 2,408
2	7-5-15	Монтаж колон прямокутного перерізу масою до 15т	100шт	0,36	-колони -прокат -електроди -лісоматер -бетон	т т т м ³ м ³	100 0,444 0,026 0,35 18	36 0,15984 0,00936 0,126 6,48
3	7-6-11	Монтаж колон двогілкових масою до 30т	100шт	0,28	-колони -прокат -електроди -лісоматер -бетон	т т т м ³ м ³	100 0,444 0,026 0,48 131	28 0,12432 0,00728 0,1344 36,68
4	7-9-12	Укладання підкранових балок масою до 5 т	100 шт.	0,36	-підкр.балки -вироби монт -електроди	шт. т т	100 1,81 0,33	36 0,6516 0,1188
5	7-9-14	Укладання підкранових балок масою до 12т	100шт	0,32	-підкр.балки -електроди -монт. вироби	шт. т т	100 0,35 3,72	32 0,112 1,1904
6	7-12-13	Укладання балок прогоном 12м	100шт	0,18	-збірні ЗБК -електроди -монт. вироби	шт. т т	100 0,15 2,52	18 0,027 0,4536
7	7-12-13	Укладання ферм прогоном 18м	100шт	0,21	-збірні ЗБК -електроди -монт. вироби	шт. т т	100 0,1 П	21 0,021
8	7-12-21	Монтаж плит покриття довжиною до 6 м, площею до 20 м ²	100шт	0,64	-плити покр. -проволока -руберойд. -електроди -рогожа -лісомат. -монт. вироби -бетон -розчин	шт т м ² т м ² м ³ т м ³ м ³	100 0,0254 56,2 0,02 60 0,432 0,12 8,5 0,2	64 0,016256 35,968 0,0128 38,4 0,27648 0,0768 5,44 0,128
9	7-13-7	Монтаж плит покриття довжиною 12 м площею до 36 м ²	100шт	1,08	-плити покр. -проволока -руберойд. -електроди -рогожа -лісомат. -монт. вироби -бетон -розчин	шт т м ² т м ² м ³ т м ³ м ³	100 0,04 79,26 0,03 95,6 0,83 0,13 19 0,6	108 0,04326 85,6008 0,0324 103,248 0,8964 0,1404 20,52 0,648
11	7-16-1	Монтаж стінових панелей довжиною до 7м, площею до 10м ²	100шт	5,43	-стінові пан. -електроди -монт. вироби	шт т т	100 0,1 0,2	543 0,543 1,086
12	7-16-5	Монтаж стінових панелей довжиною більше 7м, площею до 15м ²	100шт.	1,8	-стінові пан. -електроди -монт. вироби	шт т т	100 0,08 1,4	180 0,144 2,52

13	7-1-15	Монтаж фундаментних балок до 6м	100шт	0,31	-балки -цвяхи -проволока -солідол «Ж» -лісоматер. -щити -бетон -розчин	100шт т т т м ³ м ² м ³ м ³	100 0,00276 0,001 0,00934 0,06 5,65 3,05 0,42	31 0,0008556 0,00031 0,0028954 0,0186 1,7515 0,9455 0,1302
14	7-1-16	Монтаж фундаментних балок до 12м	100шт	0,12	-балки -цвяхи -проволока -солідол «Ж» -лісоматер. -щити -бетон -розчин	100шт т т т м ³ м ² м ³ м ³	100 0,00558 0,001 0,00163 0,065 11,03 2,84 0,52	12 0,0006696 0,00012 0,0001956 0,0078 1,3236 0,3408 0,0624
15	7-19-1	Герметизація швів стінових панелей	100мп.	66,22	-розчин	м ³	0,84	55,6248

Зведена відомість потреби в матеріалах, виробх і конструкціях

№ за/п	Назва матеріалів	Одиниці виміру	Кількість
1	2	3	4
1	Колони	шт	78
2	Підкранові балки	шт.	68
3	Кроквяні конструкції	шт.	39
4	Плити покриття	шт.	172
5	Фундаментні балки	шт.	43
6	Стінові панелі	шт.	723
7	Ригелі воріт	шт.	5
8	Стійки воріт	шт.	10
9	Бетон	м ³	72,8143
10	Розчин	м ³	56,5934
11	Монтажні вироби	т	5,4672
12	Прокат	т	0,99792
13	Проволока	т	0,059946
14	Електроди	т	1,031
15	Лісоматеріали	м ³	1,50448
16	Щити	м ²	3,0751
17	Руберойд	м ²	121,5688
18	Солідол	т	0,003091
19	Цвяхи	т	0,0015252
20	Рогожа	м ²	141,648

Розрахунок площ тимчасових складів

№ п.п.	Найменування матеріалів, конструкцій і деталей	Одиниця виміру	Час використання в днях	Потреба		Коефіцієнти		Норма запуску в день	Запас матеріалів, що підлягає зберіганню	Норма зберігання матеріалу на 1м ² площі складу	Розрахункова площа складу, м ²	Коефіцієнти на проходи і проходи	Загальна розрахункова площа	Прийнята площа складу, м ²	Тип складу
				Загальна на розрахунковий період	Додаток	нерівномірності напруження матеріалів	нерівномірності використання матеріалів								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Колона	м ³	10,5	515,66	49,11	1,1	1,3	4	280,91	0,80	351,14	1,25	438,92	12 × 37	відкр.
2	Підранові балки	м ³	7,5	219,8	29,31	1,1	1,3	2	83,817	0,50	167,63	1,2	201,16	12×17	відкр.
3	Кроквяні балки та ферми	м ³	7,5	118,2	15,76	1,1	1,3	2	45,074	0,07	643,91	1,2	772,69	12 × 103	відкр.
4	Плити покриття	м ³	7,5	336,32	44,84	1,1	1,3	3	192,38	0,50	384,75	1,2	461,7	12 × 48	відкр.
5	Стінові панелі, фундаментні балки, елементи воріт	м ³	24	1600,03	66,67	1,1	1,3	5	476,68	1,00	476,68	1,2	572,01	12 × 48	відкр.
6	Електрооди, діаметр 6 мм, марка Э42	т	35	1,031	0,0295	1,1	1,3	5	0,211	0,50	0,421	1,2	0,505		закр.
7	Монтажні виробн масою до 50 кг	т	35	5,4672	0,156	1,1	1,3	5	1,117	0,70	1,596	1,2	1,915	6×7	закр.
8	Дріт сталевий і цвяхи	т	24	0,06147	0,0026	1,1	1,3	5	0,0183	2,50	0,0073	1,2	0,009		закр.
9	Металопрокат	т	10,5	0,99792	0,095	1,1	1,3	5	0,68	1,50	0,45	1,2	0,544		навіс
10	Дошки обрізані із хвойних порід	м ³	24	1,50488	0,063	1,1	1,3	5	0,448	1,25	0,359	1,2	0,43	6×7	навіс
11	Руберойд підкладочний з піловидною підлягою РПП-300Б	м ²	24	121,569	5,065	1,1	1,3	5	36,22	2,50	14,49	1,2	17,38		навіс
12	Щити опалубки, ширинна 300-750 мм, товщина 25 мм	м ²	24	3,0751	0,128	1,1	1,3	5	0,916	20,00	0,046	1,2	0,055		навіс

5.8 Топологічна ідентифікація та просторове моделювання будівельного генерального плану

У ракурсі досліджуваного аспекту, будівельний генеральний план генерується як математична модель просторового континууму для стадії геометричної фіксації несучих компонентів макросистеми. Топологічна ідентифікація майданчика фіксує контури об'ємно-просторового ансамблю з відображенням зон квазістатичного контролю, а також робочого та небезпечного ареалів дії підйомного механізму.

1. Просторовий розподіл зон напружень та безпеки

Базис граничних станів виділяє монтажну зону, де ймовірність гравітаційного падіння мас під час структурного компонування вимагає розширення радіуса впливу на 5 м від зовнішнього контуру будівлі (геометрична фіксація цього параметра розрахована за умовами інсталяції верхньої формотворчої одиниці — стінової панелі). У розрахунковій моделі цей топологічний контур позначається пунктирною межею, а у фізичному просторі — елементами візуального попередження. Експлуатаційна парадигма диктує, що динамічна робота крана в цій зоні ініціюється виключно на основі санкціонованого наряду-допуску для забезпечення живучості макросистеми.

Робочий просторовий континуум кожного підйомного механізму геометрично фіксується радіусом максимального робочого вильоту стріли на відокремлених характерних стоянках. Небезпечна зона ідентифікується як об'єм, де механіка руйнування лімітує траєкторії гравітаційного розсіювання матеріальних мас при їхній ймовірній втраті. Межа цього топологічного ареалу визначається від координати стоянки крана за математичною моделлю:

$$R_{нз} = R_{max} + 0,5l_{max} + l_{без},$$

де: R_{max} - гранична координата максимального робочого вильоту стріли підйомного плеча;

$0,5l_{max}$ - половина геометричної довжини найбільш габаритної формотворчої дискретної одиниці, що переміщується;

$l_{без}$ - демпферна дистанція забезпечення експлуатаційної безвідмовності, яка при висотній координаті підйому вантажу $h \leq 10$ м дорівнює $0,3h + 1$ м, а при її перевищенні — параметрам монтажної зони.

Топологія транспортних артерій та накопичувальних масивів

Логістика матеріальних потоків вимагає геометричної фіксації

тимчасових транспортних артерій, контактний масив яких формується у підготовчій фазі. Топологічна верифікація доріг передбачає їхній розподіл на односпрямовані (габарит ширини 3,5 м) та двоспрямовані (ширина 6 м). Оцінка деформативної здатності колісних баз та кінематика руху диктують радіус кривизни на поворотах у діапазоні 8...12 м (при просторовому маневруванні великогабаритних тягачів параметр збільшується до 18...30 м).

Структурний регламент утримує дистанцію між транспортним контуром та майданчиками складування не менше ніж 0,5 м, а від бар'єрного огороження — не менше 1,5 м. У межах досліджуваного топологічного комплексу периметральні контактні масиви доріг скомпоновані із жорстких залізобетонних плит, тоді як інші ділянки формуються насипним конгломератом. Для недопущення структурної деградації та зіткнень, у зонах дії підйомних макросистем розміщуються обмежувачі швидкості. Просторова локалізація несучих компонентів макросистеми виконується суворо на відведених тимчасових майданчиках складування.

Локалізація допоміжного структурного конгломерату

Дистанціювання транспортних макросистем вимагає таких параметрів: поздовжній вектор між базами — від 1,0 м; поперечний інтервал — 1,5 м. Захисний бар'єр до стіни будівлі становить 0,5 м, до штабелів — 1,0 м

Просторова локалізація енергетичних потоків відображається схематично через тривимірну орієнтацію трансформаторних підстанцій та розподільних вузлів. Оцінка напружень в електромережі обмежує радіус ефективної дії однієї розподільчої шафи параметром 25 м. Топологічний комплекс майданчика охоплює кабельні контури силового та світлового постачання. Забезпечення стабільної статичної і динамічної електродвигунів вимагає струму 380 В, тоді як світлова підтримка просторового континууму споживає 220 В. Геометрична фіксація кабельних трас у ґрунтовому масиві здійснюється на глибині 0,8 м для виключення їхньої механічної деградації.

Формування гідравлічного захисту реалізується за рахунок замкненої кільцевої топології тимчасового водопроводу. Превенція граничних станів пожежної безпеки вимагає геометричної фіксації гідрантів з інтервалом не більше 100 м між вузлами, з просторовою прив'язкою не більше 1,5 м від транспортних артерій та топологічним розривом не ближче 5 м від контуру будівлі. Локалізація точок питного водозабезпечення генерується на дистанції до 75 м від зон квазістатичного контролю (робочих місць) та безпосередньо в межах санітарно-побутового містечка.

5.9 Топологічна верифікація та квазістатичний контроль техніко-економічних параметрів просторового континууму будгенплану

Базис граничних станів вимагає, щоб просторова локалізація та структурне компонування об'ємно-просторового ансамблю супроводжувалися детальним математичним моделюванням статичної роботи територіального ресурсу. Критерії надійності та превенція граничних станів дезорганізації простору обумовлюють обчислення наступних індикаторів експлуатаційної безвідмовності:

Індекс геометричної фіксації (Коефіцієнт забудови)

Механіка руйнування лімітує гранично допустиме ущільнення забудови на ґрунтовому масиві, що вимагає розрахунку відношення площі жорстко заземлених елементів до загального територіального ресурсу. Цей індекс визначається як:

$$K_3 = F_2 / F_1 = 5040 / 60395 = 0,083;$$

де: F_1 - загальна розрахункова площа просторового континууму за топологічною моделлю (генеральним планом), m^2 ;

F_2 - площа безпосередньої просторової локалізації несучих компонентів макросистеми (об'єктів, що будуються), m^2 .

Індекс корисного освоєння просторового континууму (Коефіцієнт використання площі території)

Оцінка деформативної здатності логістичних потоків та експлуатаційна парадигма диктують необхідність розрахунку загальної ефективно експлуатованої площі. Забезпечення живучості макросистеми всього будівельного майданчика верифікується за формулою:

$$K_{вик} = (F_2 + F_{т.б.}) / F_1 = (5040 + (607,5 + 7080)) / 60395 = 0,211;$$

де: $F_{т.б.}$ - сумарний топологічний ареал, який піддано тимчасовій геометричній фіксації у просторовому континуумі під допоміжні формотворчі дискретні одиниці (будівлі та споруди), а також під контактні масиви транспортних артерій (залізниці й автодороги).

Просторова ідентифікація лінійних комунікаційних потоків

Недопущення структурної деградації технологічних процесів та стабільне функціонування топологічного комплексу забезпечуються жорсткою тривимірною орієнтацією лінійних комунікацій у просторі:

- геометрична протяжність контактних масивів тимчасових транспортних артерій (доріг) лімітовано фіксується на рівні 1150 м;

- топологічна довжина тимчасового гідравлічного контуру (мереж

водопостачання) становить 830 м;

- тривимірна орієнтація тимчасових енергетичних потоків (мереж електропостачання) має розрахункову просторову протяжність 1980 м.

5.10 Забезпечення живучості макросистеми та превенція граничних станів у процесі структурного компонування в рамках охорони праці

Експлуатаційна безвідмовність просторової локалізації (Монтажні процеси)

Механіка руйнування лімітує виникнення неконтрольованих крутильних та розтягуючих напружень у формотворчих дискретних одиницях під час їхньої динамічної зміни координат. Це зумовлює необхідність гасіння просторових коливань гнучкими розтяжками. Геометрична фіксація в просторовому континуумі несучих компонентів макросистеми повинна гарантувати їхню абсолютну просторову незмінність та опір втраті стійкості. Структурний регламент вимагає закріплення стабілізуючих розтяжок виключно за жорсткі топологічні опори, просторова локалізація яких винесена за межі динамічних габаритів підйомних механізмів та транспортних масивів.

Оцінка деформативної здатності контактних зон обумовлює попередню (до ініціації підйому) геометричну фіксацію допоміжних драбин та інвентарю на поверхнях несучих елементів. При подоланні висотної координати у 5 м, превенція граничних станів біологічного ресурсу вимагає інсталяції механічних уловлювачів для запобіжних фалів та металевих огорожувальних дуг. Квазістатичний контроль процесів у висотному континуумі здійснюється виключно за умови просторової локалізації працівників на жорстко защемлених підмостках або раніше зафіксованих елементах об'ємно-просторового ансамблю.

Експлуатаційна парадигма диктує строгу інформаційну координацію між оператором крана та робочим середовищем. Критерії надійності уповноважують генерувати командні імпульси виключно одну фізичну одиницю (бригадира або такелажника). Однак, недопущення структурної деградації дозволяє трансляцію сигналу екстреного блокування («Стоп») будь-яким спостерігачем при ідентифікації критичного напруження.

Якщо просторова макросистема перекидає пряму оптичну видимість, топологічна верифікація положення вантажу забезпечується через ланцюг

проміжних сигнальників. Залишення матеріальних мас у підвішеному стані під впливом гравітації під час зупинки процесів категорично виключається.

Вплив аеродинамічних навантажень зі швидкістю 10 м/с і більше формує ризик критичної парусності, що обумовлює негайне блокування просторового переміщення об'єктів.

Допуск біологічних одиниць до висотного просторового континууму активується виключно після досягнення ними повноліття, за умови позитивної медичної верифікації, підтвердження річного практичного досвіду та наявності кваліфікаційного рівня не нижче третього розряду..

Нанесення фізико-хімічних захисних шарів (фарбування, антикорозійний захист) на поверхні формотворчих одиниць здійснюється до їхньої тривимірної орієнтації на проектній відмітці. Після геометричної фіксації обробці підлягають виключно вузли контактного зварювання.

Превенція термодеструкції при утворенні зварних контактів

Просторова ідентифікація термопружних контактів (електрозварювання) вимагає допуску осіб старше 18 років, що пройшли теоретичну та практичну топологічну верифікацію знань, і володіють групою з електробезпеки не нижче II.

Створення зварних швів на висотній координаті 5 м і вище лімітується жорсткими кваліфікаційними межами: стаж понад один рік та розряд не нижче III.

Для недопущення накопичення електричних потенціалів, металеві конгломерати зварювального оснащення та самі несучі компоненти макросистеми підлягають обов'язковій геометричній фіксації із заземлюючими контурами.

Квазістатичний контроль переміщення мас та формування топологічних складів

Механіка руйнування лімітує будь-які спроби стропування масивів, що знаходяться у стані статичної нестійкості. До початку генерації підйомних зусиль, анкерні вузли (монтажні петлі) залізобетонних елементів проходять топологічну верифікацію та очищення від цементної матриці. Оцінка деформативної здатності вантажозахоплювальних систем вимагає геометричної фіксації кута між двома силовими гілками стропа на рівні не більше 90°, що суворо відповідає масо-габаритним параметрам конструкції. Тензометричний аналіз навантажень вимагає перевірки вантажопідйомності крана за актуальним вильотом стріли до моменту відриву маси від землі.

Просторова локалізація матеріалів на тимчасових майданчиках підпорядковується базису граничних станів: гравітаційне осідання, зсув або розкочування мають бути математично виключені. Структурний регламент вимагає наявності дренажних стоків та категорично забороняє спирання на неущільнені ґрунтові масиви.

Забезпечення експлуатаційної безвідмовності топологічного комплексу майданчика

Переміщення мас у відкритому просторі автоматично блокується при досягненні аеродинамічного тиску еквіваленту 6 балів (або швидкості потоку ≥ 10 м/с), а також в умовах фазових переходів вологи (снігопад, обледеніння). Локалізація площинних елементів (стінових панелей) зупиняється вже при п'яти балах через критичне зростання їхньої вітрильності.

Список використаних джерел

1. Л. Б. Великовський. Архітектура цивільних та промислових будівель.
2. Р. І. Трепененков. Альбом креслень конструкцій і деталей промислових будівель.
3. С. В. Дятков. Архітектура промислових будівель.
4. Л. Ф. Шубін. Архітектура цивільних та промислових будівель. Том V.
5. І. А. Шерешевський. Конструювання промислових будівель та споруд.
6. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування
7. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.
8. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Е.И. Беленя, В.А. Балдин, Г.С. Веденников и др.; Под общ. ред. Е.И. Беленя. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 560 с., ил.
9. ДБН А.3.1.-5-2009. Організація будівельного виробництва. — Мінрегіонбуд України. К., 2011. — 67 с.
10. ЕНиР, сборники Е-1, Е-4, Е-5, Е-22. — Госстрой СРСР. М. — 1987.
ДБН Д.2.7-2000. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів. — Мінрегіонбуд України. К., 2001. — 104 с.
11. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. — Мінрегіонбуд України. К., 2012. — 94 с.
12. Дикман Л.Г. Организация строительного производства. Учебник для строительных вузов. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. — 608 с.
13. Хамзин С.К., Карасев А.К. Технология строительного производства: Учеб. пособие для строит, спец. вузов. — М.: ООО «БАСТЕТ», 2006. — 216 с.: ил.
14. Барч И.З. Строительные краны. Справочное пособие. Изд. 2-ое, перераб. и доп. — К.: «Будівельник», 1974. — 336 с.: ил.
15. Технологія будівельного виробництва; Підручник./ В.К.Черненко, М.Г. Єрмоленко, Г.М. Батура та ін.; за ред. В.К. Чернетка, М.Г. Єрмоленка.— К.: Вища шк., 2002 р.— 430 с.
16. Технология строительного производства / Под ред. О.О. Литвинова, Ю.М.Белякова, —К.: Вища шк. 1985 г. — 479 с.
17. Методичні вказівки до курсового, дипломного проектування та самостійної роботи з дисципліни «Організація і планування будівельного виробництва / Укладач В.В. Рогозін. — Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ». — 2012.
18. Методичні вказівки «Приклади розрахунків об'єктних будівельних генеральних планів при будівництві одноповерхових промислових будівель» в курсових і дипломних проектах з курсу «Організація і планування будівельного виробництва»/ Укладач В.В. Рогозін. — Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ». — 2011.