

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ДИЗАЙНУ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ О.І. Лапенко

“ _____ ” _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «ПРОМИСЛОВЕ І ЦИВІЛЬНЕ
БУДІВНИЦТВО»

Тема: «Аналогія між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною».

Виконавець: _____ ЦБ - 204м Корчак А.Л.
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: _____ к.т.н., доцент Родченко О.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ Гулевець В. Д.
(підпис) (ПІБ)

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища»: _____ Гай А. Є.
(підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер: _____ Родченко О.В.
(підпис) (ПІБ)

Київ 2020

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Аналогія між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і не закріплена четвертою стороною»:

132 с., 53 рис., 6 табл., 33 – літературних джерела.

Об'єкт дослідження: плоска задача теорії пружності та згин тонкої квадратної пластини.

Мета роботи: Аналогія між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною.

Метод дослідження: метод аналогії.

Результати магістерської роботи: використання аналогії між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами зменшує кількість невідомих і відповідно рівнянь методу скінченних елементів при розрахунку багатоповерхової будівлі із монолітними залізобетонними перекриттями.

АНАЛОГІЯ, КВАДРАТНА ПЛАСТИНА, МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, НОРМАЛЬНЕ НАПРУЖЕННЯ, НАВАНТАЖЕННЯ, ПЛОСКА ЗАДАЧА ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ, ШАРНІР.

ЗМІСТ

| | |
|--|-------|
| ВСТУП..... | ..... |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД..... | ..... |
| 1.1. Плоска задача теорії пружності..... | ..... |
| 1.2. Теорія згину тонких пластин..... | ..... |
| 1.2.1. Диференціальне рівняння пружної серединної поверхні пластини..... | ..... |
| 1.3. Метод аналогії, як метод наукового пізнання..... | ..... |
| Висновки до розділу 1..... | ..... |
| РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКУ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ..... | ..... |
| 2.1. Аналогія між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої пластини ..... | ..... |
| 2.2. Аналогія між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, під дією різних видів навантажень..... | ..... |
| 2.3. Моделювання квадратної пластини методом скінченних елементів | ..... |
| Висновки до розділу 2..... | ..... |
| РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКУ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ..... | ..... |
| 3.1. Проектування багатоповерхового монолітно-каркасного будинку | ..... |
| 3.2. Розрахунок багатоповерхового монолітно-каркасного будинку.... | ..... |
| 3.2.1 Аналіз ґрунтової основи ділянки під будівництво..... | ..... |
| 3.2.2 Збір навантажень на перекриття типового поверху та покриття.. | ..... |
| 3.2.3. Модель будинку у програмі «КОМПОНОВКА»..... | ..... |
| 3.2.4. Результати розрахунку у програмі «КОМПОНОВКА»..... | ..... |

| | |
|--|--|
| 3.3. Ефективність методу аналогії для розрахунку плит перекриття.... | |
| 3.4. Технологія будівництва монолітно-каркасного будинку | |
| 3.4.1. Організаційно - технологічна схема будівництва підприємства.. | |
| 3.4.2 Підготовка будівельного виробництва..... | |
| 3.4.3. Організація будівельного майданчика..... | |
| 3.4.4. Ведення монтажних робіт..... | |
| 3.4.5. Земляні роботи..... | |
| 3.4.6. Вказівки по влаштуванню фундаментів по палях..... | |
| 3.4.7. Виконання монолітних робіт (ростверки, бетонна підлога, перекриття)..... | |
| 3.4.8. Монтаж металевих і збірних конструкцій..... | |
| 3.4.9. Кладка внутрішніх стін..... | |
| 3.4.10. Опоряджувальні роботи..... | |
| 3.4.11. Прокладання інженерних мереж..... | |
| Висновки до розділу 3..... | |
| РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ..... | |
| 4.1. Небезпечні та шкідливі чинники при будівництві житлової будівлі з адміністративними приміщеннями..... | |
| 4.2. Організація та технічні заходи по усуненню небезпечних та шкідливих чинників при будівництві..... | |
| 4.2.1. Розрахунок блискавкозахисту об'єкта..... | |
| 4.3. Забезпечення пожежної та вибухової безпека..... | |

| | |
|---|--|
| 4.3.1. Розрахунок колони на вогнестійкість | |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..... | |
| 5.1. Підготовка до початку будівництва..... | |
| 5.2. Методи і засоби зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище під час будівництва житлового будинку з адміністративними приміщеннями..... | |
| 5.3. Розрахунок освітленості за світловим потоком..... | |
| Висновок до розділу 5..... | |
| ВИСНОВКИ..... | |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | |
| ДОДАТОК А. КРЕСЛЕННЯ..... | |

ВСТУП

Актуальність теми. При рішенні цілого ряду задач методом скінченних елементів виникає необхідність розв'язувати великі системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Великі задачі, в яких кількість ступенів свободи досягає 80 000 – 500 000 і більше, виникають при дослідженні спільної роботи будинку та природної ґрунтової основи. Окрім того, в останні роки завдяки впровадженню у комерційні скінченно-елементні програмні комплекси автоматичних генераторів сіток та високопродуктивних графічних процесорів з'явилася можливість у короткі терміни створювати скінченно-елементні моделі промислових та житлових багатоповерхових будівель із ступенями свободи порядку 60 000 – 300 000. Враховуючи той факт, що у процесі проектування доводиться багатократно корегувати розрахункові моделі і, відповідно, багатократно повторювати процедуру розрахунку, стає очевидним необхідність розробки високопродуктивних методів розв'язку великих систем рівнянь, що дозволяють суттєво скоротити тривалість налагодження розрахункової моделі та знизити тим самим вартість проекту.

Способи практичного та експериментального використання аналогії між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонких пластин розглянуто у працях І.М. Асса, В.І. Блоха, Вігхардта, Кранца.

Мета і задачі дослідження. Метою дипломної роботи є встановлення аналогії між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною.

Для досягнення даної мети були поставлені і вирішені наступні задачі:

1. Провести аналіз праць із рішення плоскої задачі теорії пружності, задач згину тонких пластин та з пластинчатої аналогії.

2. Отримати формули для визначення коефіцієнту “пластинчатої аналогії” для тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною.

Об'єкт дослідження – плоска задача теорії пружності та згин тонкої пластини.

Предмет дослідження – аналогія між плоскою задачею теорії пружності та згином тонкої пластини.

Метод дослідження– метод аналогії.

Наукова новизна отриманих результатів. Отримано формули для визначення коефіцієнту “пластинчастої аналогії” для квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Плоска задача теорії пружності.

Уявіть плоску пластину, навантажену деяким вантажем у своїй площині (рис. 1.1, а). Її товщина δ дуже мала в порівнянні з розмірами a і c . В ідеалі товщина повинна прагнути до нуля. В таких умовах є дуже тонка розтягнута плівка. Якщо в будь-якій точці такої пластини вибрати елемент із розмірами d_x , d_y та δ , то на її гранях у загальному випадку виникають напруження σ_x , σ_y та $\tau_{xy} = \tau_{yx} = \tau$ (рис. 1.1, б). На бічних гранях цього елемента (на рис. 1.1, б вони затінені) напруги відсутні: $\sigma_z = 0$; $\tau_{zx} = 0$; $\tau_{zy} = 0$. Припустимо, що ці напруги дорівнюють нулю і знаходяться у внутрішніх точках елемента. Описаний стан називають плоским напруженим станом тіла. Характеризується тим, що дві паралельні грані нескінченно малого елемента, ізольовані в будь-якій точці тіла, не мають напружень. Напруження σ_x , σ_y , τ розподіляються рівномірно по товщині пластини [21].

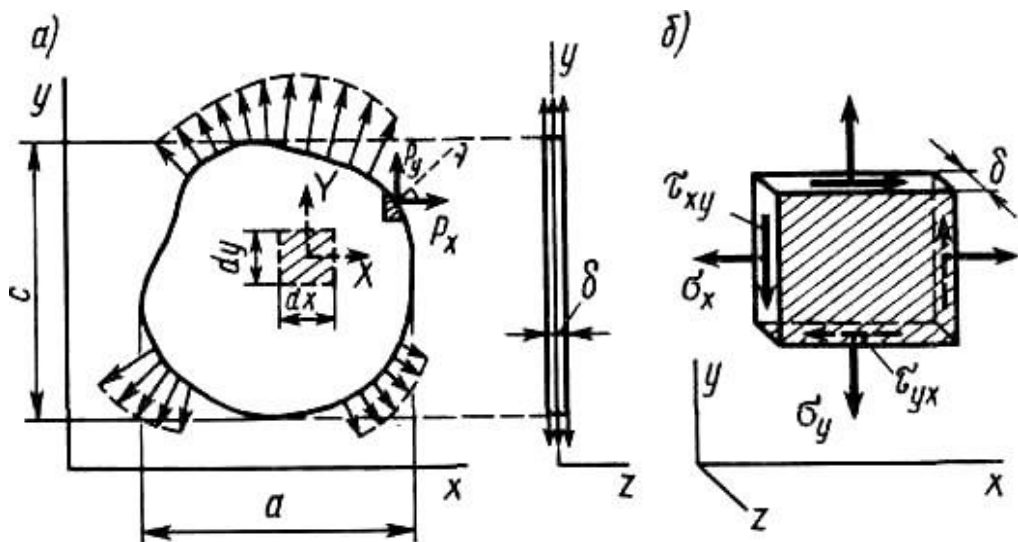


Рис. 1.1. Модель плоского напруженого стану

Для остаточної товщини плити ці напруження можуть розподілятися при заданому навантаженні не зовсім рівномірно (рис. 1.1,

а), а у внутрішніх точках плити можуть бути поодинокі напруження σ_z , τ_{zx} , τ_{zy} . У цьому випадку модель плоского напруженого стану, розтягнута на всю товщину δ , є наближеною, і отримані напруження будуть деякими усередненими. Іноді цей випадок спрощення задачі називають узагальненим напруженим станом пластини [21].

При плоскому напруженому стані товщина пластини δ змінюється в кожній точці. Дійсно, згідно із законом Гука ми отримуємо:

$$\begin{aligned}\varepsilon_z &= \frac{1}{E}(\sigma_z - \mu\sigma_x - \mu\sigma_y) = -\frac{\mu}{E}(\sigma_x + \sigma_y); \\ \Delta\delta &= \varepsilon_z\delta = -\frac{\mu\delta}{E}(\sigma_x + \sigma_y).\end{aligned}\quad (1.1)$$

Задача визначення плоского напруженого стану пластини є двовимірною, оскільки три невідомих напруження σ_x , σ_y , τ , повністю визначають цей стан, залежать від двох координат: x та y . Те саме можна сказати про рух u та v . Третю складову w легко визначити за відомих напруг σ_x та σ_y з відношення $\varepsilon = z \frac{\partial w}{\partial z} = -\mu \frac{\sigma_x + \sigma_y}{E}$. Отже, поєднуючи площину xy з середньою площиною пластини і поклавши $w = 0$ при $z = 0$, отримуємо $w = -\mu \frac{\sigma_x + \sigma_y}{E} z$. Як бачимо, переміщення w вздовж товщини пластини змінюються залежно від лінійний закон [21].

Розглянемо інший випадок двовимірної задачі теорії пружності, яка називається плоскою деформацією.

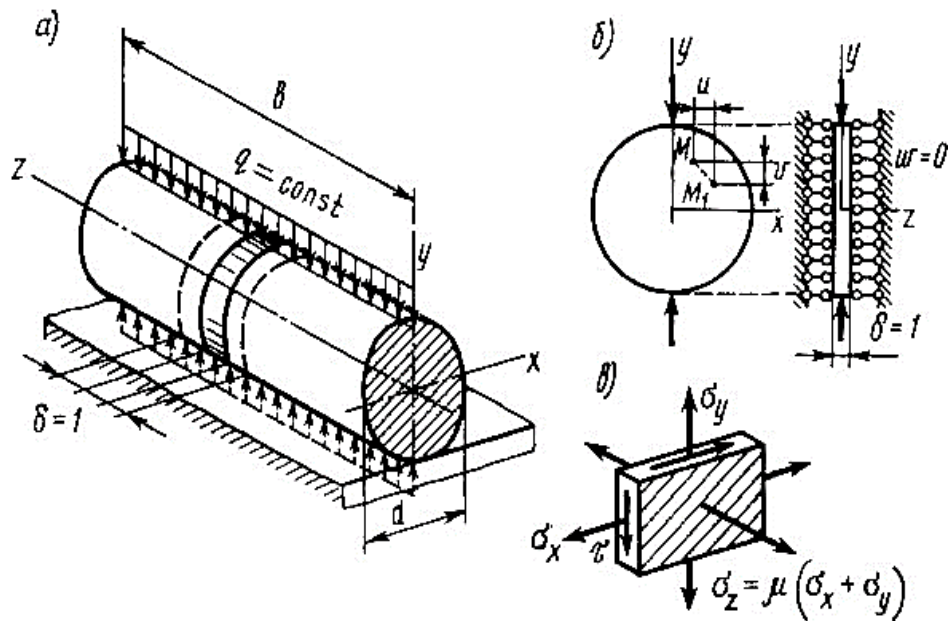


Рис. 1.2. Рівномірно навантажене циліндричне тіло

На рис. 1.2 показано дуже довге циліндричне тіло, рівномірно навантажене по всій довжині b . Теоретично ми розглядаємо $b \rightarrow \infty$, а практично $b \gg d$. Психічно ми розрізаємо це тіло на окремі шари товщиною $\delta = 1$. Кожен шар знаходиться в однакових умовах. Якби ці шари відчували плоский напружений стан, то в кожній точці шару товщина змінювалася б на величину $\Delta\delta$ (1.1). Але через взаємодію сусідніх шарів це неможливо, тому кожен шар деформується в умовах (рис. 1.2, б), де шар затиснутий між двома абсолютно різними твердими поверхнями, примусово забезпечують умову незмінності товщини шару $\Delta\delta = 0$ [21].

Будемо вважати, що однакові умови передбачені на кінцях циліндра. Отже, $w = 0$ і $\varepsilon_z = 0$. У цьому випадку переміщення у всіх точках тіла відбуваються лише в паралельних площинах (на рис. 1.2, а, б, при цьому переміщенні $u = u(x, y)$ і $v = v(y)$ у площинах, паралельних x). Це випадок плоскої деформації тіла [21].

За законом Гука маємо $\varepsilon_z = (\sigma_z - \mu\sigma_x - \mu\sigma_y) / E = 0$ звідси:

$$\sigma_z = \mu(\sigma_x + \sigma_y).$$

Зважаючи на те, що $w = 0$, а u і v не залежать від z , маємо:

$$\gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \text{ и } \gamma_{zy} = \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} = 0$$

отже, при плоскій деформації дотичні напруження становлять $\tau_{zy} = \tau_{zx} = 0$ (рис. 1.2, в). Хоча цей напружений стан є масовим, він повністю визначається трьома напруженнями σ_x , σ_y та τ , які залежать лише від координат $x - y$, і проблема площинної деформації залишається двовимірною.

Зауважимо, що напруження σ_z на кожній ділянці циліндра в загальному випадку зводяться до поздовжньої сили N_z і моментів M_x , M_y . Якщо кінці циліндра насправді вільні, і ці сили там не можуть виникнути, то до елементарного розчину центрального розтягувального стиснення стрижневого зусилля N_z необхідно додати близько до розчину у вигляді описаної плоскої деформації і чисті згинальні моменти M_x та M_y . Ці сили прикладені до кінців із знаками, протилежними N_z , M_x та M_y , щоб основний вектор і основний момент зусилля на кінцях дорівнювали нулю. У такому наближеному рішенні деяка система напружень $\Delta\sigma \neq 0$ залишається на кінцях, але вона буде самоврівноваженою і її вплив впливатиме на принцип Сен-Венана лише при невеликій довжині ($\sim d$). На цій довжині насправді буде складний напружений стан, який можна знайти, лише вирішивши тривимірну задачу. Ось ще один приклад [21].

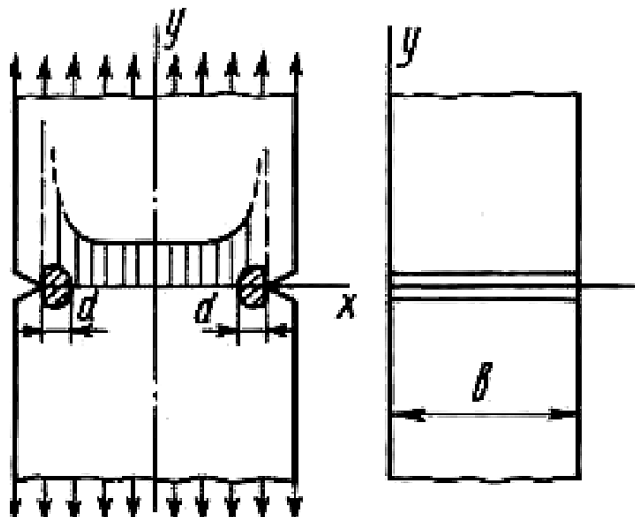


Рис. 1.3. Концентрація напружень

На рис. 1.3 показано зразок, який має два гострі розрізи. У цьому випадку діаграма напружень σ_y має зону різкого збільшення цих напружень на вершині вирізу (концентрація напружень). Концентрація напружень виникає в невеликій циліндричній зоні з характерним розміром перерізу d . По ширині зразка (вздовж осі z) спостерігатиметься плоска деформація довжиною $\sim (b - 2) d$, а на поверхні зразка довжиною $\sim d$ спостерігається складний напружений стан. Зазвичай товщина зразка $b \gg d$, тому можна припустити, що концентрація напружень на кінчику розрізу розвивається переважно в умовах плоскої деформації. Це важливо враховувати при оцінці результатів випробувань таких зразків, оскільки пластичні властивості матеріалу по-різному проявляються в плоскому напруженому стані і в плоскій деформації, коли в точках цієї зони спостерігається об'ємний напружений стан [21].

Навіть в тому випадку, коли всередині пластини в наявності умова виникнення плоскої деформації, на поверхні її завжди виникає плоский напружений стан. У напрямку, перпендикулярному зовнішньої поверхні, не діють ніякі напруги, отже, на цій поверхні $\sigma_z = \sigma_3 = 0$. Якщо деформація внутрішньої частини пластини відбувається в основному в одній площині, тоу внутрішній її частині напруга σ_3 поступово збільшується від нуля (на поверхні пластини) до величини, яка визначається плоским деформується станом [24]. Таким чином, зона пластичності поступово зменшується від розміру, визначеного плоским напруженим станом, до розміру, відповідного плоскої деформації, як це схематично проілюстровано на рис.1.4

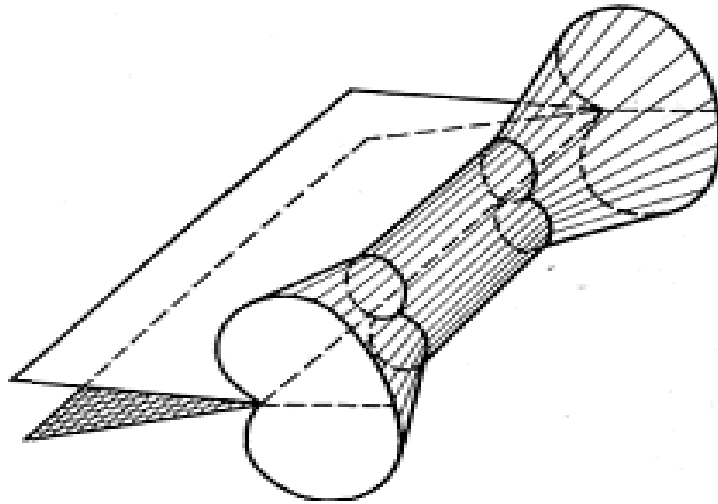


Рис. 1.4. Просторове зображення зони пластичності

Напружений стан впливає на розмір зони пластичності. З іншого боку, розмір зони пластичності також впливає на напружений стан. Значні переміщення, що виникають в зоні пластичності, призводять до того, що в цю область надходить матеріал з усіх прилеглих областей. Коли зона пластичності велика в порівнянні з товщиною пластини, може виникнути вільна плинність в глиб пластини (рис. 1.5, а). На рис. 1.5, а показано перетин зони пластичності в разі, коли по всьому перерізу пластини має місце плоский напружений стан. Коли зона пластичності дуже мала, вільне протягом вглиб пластини виникнути не може: ϵ_z залишається рівним нулю через що обмежує дії навколишнього пружного матеріалу. З цього можна зробити висновок, що маленьку ділянку пластичності відповідає плоска деформація, а великий - плоский напружений стан [21].

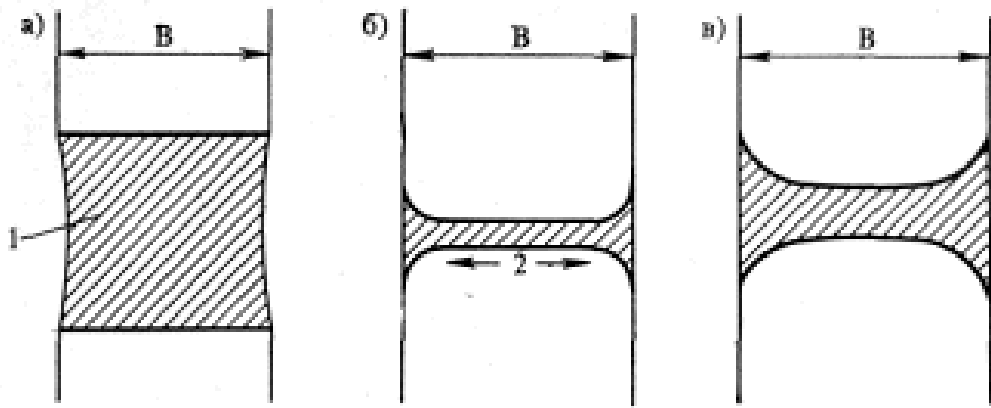


Рис. 1.5. Зв'язок між розміром зони пластичності і напружено-деформованим станом:

а - розмір зони пластичності по порядку величини дорівнює товщині пластини;

б - зона пластичності малого розміру; в - зона пластичності проміжного розміру;

в - товщина; 1 - вільна плинність; 2 - обмежена плинність

Ставлення розміру зони пластичності до товщини є істотним чинником, що визначає напружено-деформований стан. Якщо розмір зони має той же порядок, що і товщина пластини. Якщо r_p / B наближається до одиниці, то може утворитися плоский напружений стан. Для того щоб в більшій частині внутрішньої області пластини виник плоский деформований стан (щоб область плоского напруженого стану поблизу поверхні пластини поширювалася тільки на порівняно невелику частину внутрішньої області), це співвідношення має бути значно менше одиниці. Експериментально було показано, що поведінка матеріалу при руйнуванні сколом є типовим для плоскої деформації, якщо r_p / B порядку 0,025. Розмір зони пластичності пропорційний K_2^1 / σ_{ys}^2 . При великій інтенсивності напруги і низькому межі плинності виникає велика зона пластичності.

Тому для того, щоб в матеріалі з низьким межею плинності і високою міцністю (коли можлива висока інтенсивність напруги) встановилося переважно плоске деформований стан, потрібна велика товщина, ніж в низько міцних матеріалів [21].

Плоский напружений стан і плоска деформація з високою межею плинності. З цієї причини для випробувань матеріалів на в'язкість руйнування з низьким σ_{ys} і високим $D_o I_c$ необхідні пластини відповідно більшої товщини. Щоб дослідити різні деформативні властивості матеріалів при плоскому напруженому стані і при плоскій деформації, розглянемо кола Мора для тріщин типу I, зображені на рис. 1.6. Перш за все зазначимо, що при $\theta = 0$ напруги σ_y і σ_x є головними напруженнями σ_1 і σ_2 . Поперечний напруга σ_z завжди є головним напругою σ_3 . При плоскому напруженому стані максимальне дотичне напруження τ_{max} виникає в площинах, повернених щодо напрямків σ_1 і σ_3 на кут 45° . Якщо $\sigma_1 = \sigma_y$ і $\sigma_3 = \sigma_z = 0$ (плоский напружений стан, $\theta = 0$), то ці площини проходять через вісь x і складають з площиною $x - z$ кут 45° , як показано на рис. 1.6, б [21].

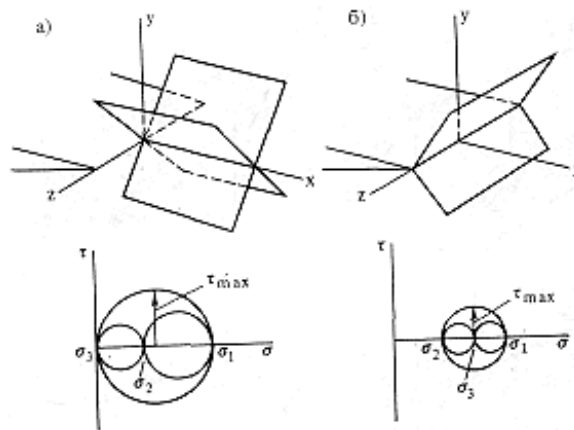


Рис. 1.6. Площини максимального дотичного напруження для значень θ , близьких до нуля: а - плоский напружений стан; б - плоска деформація

Пластична деформація, яка зовні проявляється як зрушення, виникає

під дією дотичних напружень. Отже, для різних площин максимальних дотичних напружень зовнішній вигляд деформацій буде різним. На рис. 1.7. відображено два випадки. Ковзання уздовж площин, що проходять через вісь x і повернених відносно поверхні пластини на 45° , призводить до утворення зсувної деформації типу 45° , характерною для плоского напруженого стану (рис. 1.7, а). Ковзання уздовж площин, паралельних осі z , призводить до утворення деформації шарнірного типу, характерною для плоского деформованого стану (рис. 1.7, б) [21].

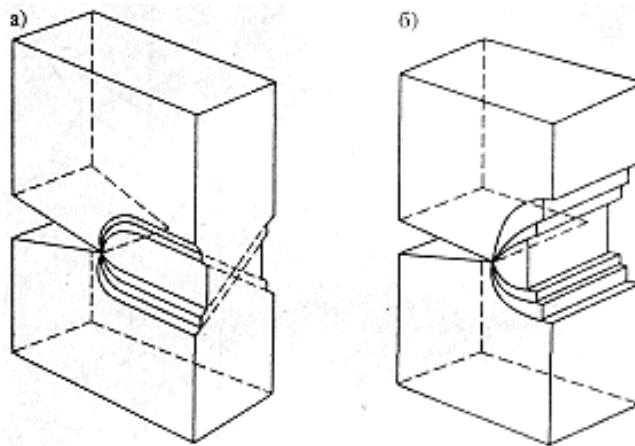


Рис. 1.7. Зовнішній вигляд деформацій

У зв'язку з цим слід зазначити, що в площині $\theta = 0$, строго кажучи, $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ (це впливає з рівнянь теорії пружності при $\nu = 0.5$), внаслідок чого $\tau_{\max} = 0$. Якщо θ слабо відрізняється від нуля, то справедливі такі міркування. Легко бачити, що в цьому випадку τ_{\max} для різних кутів θ приймає різні значення і ні один напрямок не визначає площину з максимальними дотичними напруженнями. Зазвичай τ_{\max} визначають за формулою $\tau_{\max} = \sigma_1 / 2$ для плоского напруженого стану і $\tau_{\max} = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ - в більшій частині зони пластичності при плоскій деформації. Підставляючи в наведені формули вираження для головних напружень і проводячи диференціювання по θ , отримуємо кут θ , при якому

дотичне напруження досягає свого максимального значення $(\tau_{\max})_{\max}$. Визначивши напрямки головних осей σ_1 і σ_2 в цій точці, можна знайти площину, в якій діє максимальне дотичне напруження. Оскільки напруга σ_3 завжди направлено вздовж осі z , площині максимального дотичного напруження при плоскій деформації завжди перпендикулярні поверхні пластини, але можуть становити з площиною $x - z$ кут, відмінний від 45° [21].

1.2. Теорія згину пластин

Пластиною називається тіло призматичної або циліндричної форми, у якого один з розмірів значно менший за інші: $h \ll a$, $h \ll b$ (рис. 1.8).

Невеликий розмір тіла називають товщиною пластини. Тонкі пластини - це пластини, для яких де h – товщина пластини; a , b – характерний розмір плити в плані, зазвичай одного порядку [22].

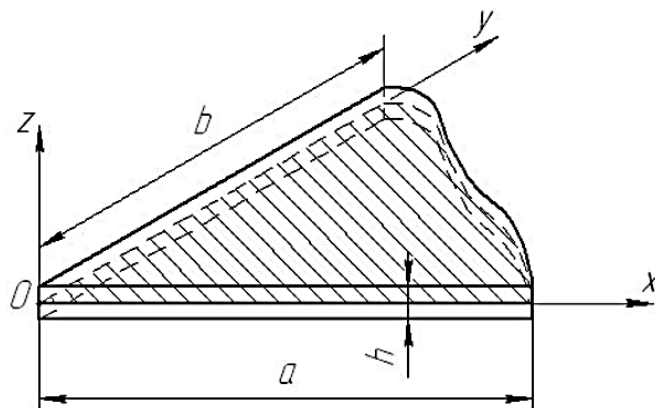


Рис. 1.8. Пластина

Геометричне розташування точок, які ділять товщину пластини навпіл, називається серединною поверхнею пластини. У теорії згинання

пластини середня поверхня відіграє ту ж роль, що і нейтральний шар при згинанні матеріалів, коли балки зігнуті. Лінія, що обмежує середню площину пластини, називається контуром пластини. Далі розглянемо плити постійної товщини [27].

У середній поверхні ми використовуємо прямокутну декартову систему координат x, y . Тут z , перпендикулярна до середньої поверхні пластини, спрямована вниз (рис. 1.9.) [22].

Згинання пластин відбувається від нормального навантаження до середньої поверхні пластини (рис. 1.9.). Навантаження може розподілятися по поверхні плити, розподілятися по лінії або концентрованою силою. Також можливе миттєве навантаження [22].

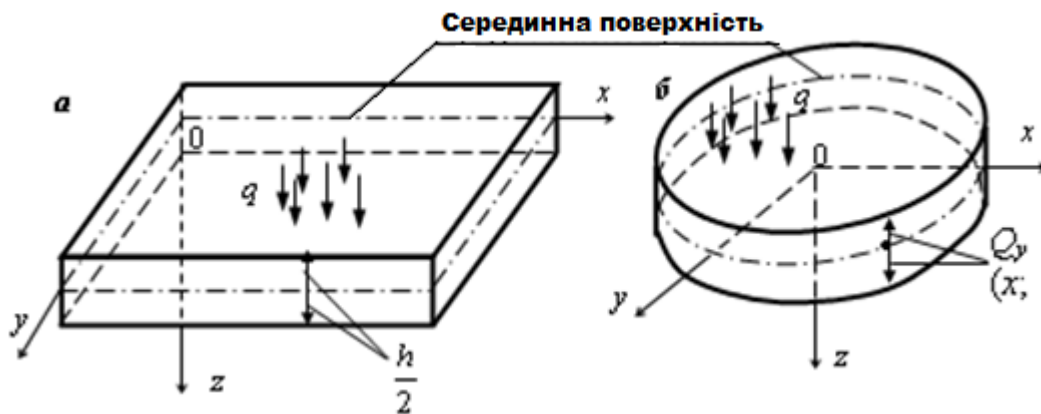


Рис. 1.9. Тонкі пластинки:

а – прямокутна; б – з довільним контуром

Для тонких пластин, подібних до теорії вигину балок, не розрізняють положення навантаження на осі z , на верхній або нижній поверхні пластини.

Під дією навантаження точки середньої поверхні рухаються вздовж осі, яка називається прогинами середньої поверхні пластини - $w(x, y)$.

Залежно від співвідношення основних розмірів пластини та її відхилення, плиту можна класифікувати на різні категорії.

Пластини із співвідношенням відносяться до категорії товстих пластин. Товсті пластини можуть бути елементами основ, гідротехнічних конструкцій, основними елементами машин тощо. Розрахунок товстих пластин зазвичай виконують як тривимірні тіла за допомогою рівнянь просторової теорії пружності [27].

Якщо прогини тонких пластин перевищують товщини пластини, тоді такі пластини належать до категорії гнучких пластин. Розрахунок гнучких пластин базується на геометричній не лінійності. При розрахунку таких пластин важливими є дотичні (рівномірно розподілені по товщині пластини) напруження. Коли товщиною пластин криволінійного напруження в пластинах нехтують і розрахунок базується на мембранній теорії. Такі плити повинні мати жорсткий опорний контур [22].

Виберемо пластини дві пари площин, перпендикулярно осям x та y , один елемент, висота якої дорівнює товщині плити .

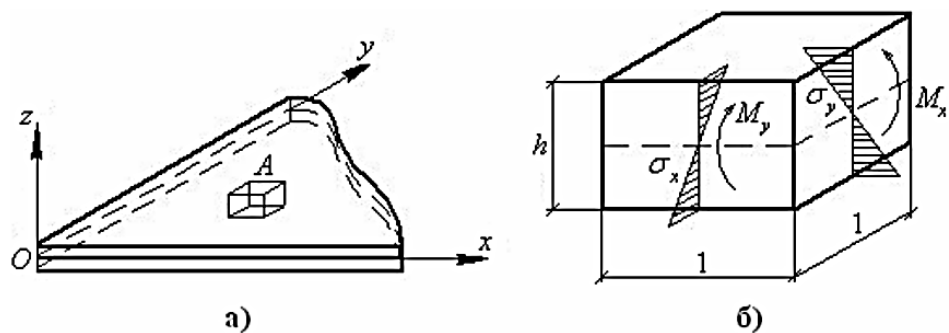


Рис. 1.10. Вигин тонкої пластини

Якщо на бокові грані виділеного елемента діють лише нормальні напруження σ_x і σ_y , які зводяться до пар сил з моментами M_x і M_y

відповідно, то такий вид напруженого стану буде відповідати чистому вигину. В теорії чистого вигину бокові грані виділеного елемента залишаються плоскими, а серединна поверхня відіграє роль нейтрального (ненапруженого) шару. Задача про чистий вигин пластини є двовимірною і дозволяє у багатьох випадках отримати аналітичний розв'язок на відміну від тривимірних задач теорії пружності [27].

1.2.1. Диференціальне рівняння пружної серединної поверхні пластини

Розглянемо пластину постійної товщини h , поверхня якої навантажена зовнішнім нормальним довільно розподіленим навантаженням $p(x, y)$ (рис. 1.11.). Об'ємними силами знехтуємо.

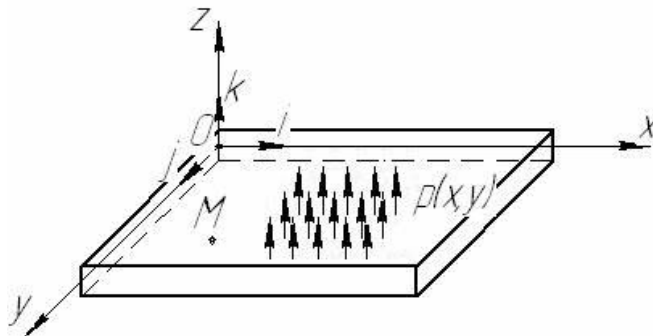


Рис. 1.11. Розрахункова схема пластини

Вектор переміщення s будь-якої точки M пластини можна розкласти за трьома компонентами u, v, w :

$$s = u i + v j + w k, \quad (1.1)$$

де i, j, k – орти осей x, y, z відповідно (рис.1.11.).

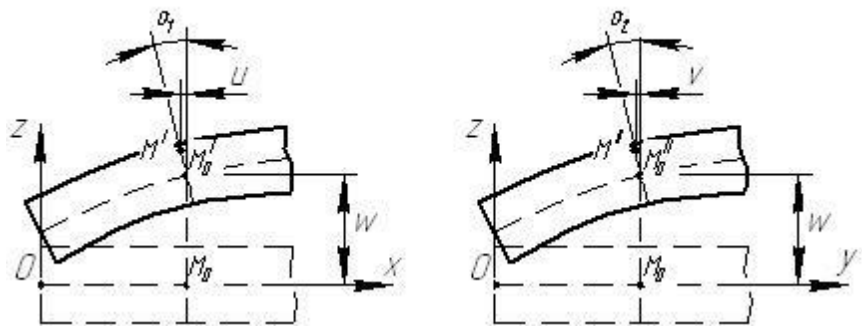


Рис. 1.12. Визначення компонент вектора переміщень

Вертикальна складова переміщення MM' точки M дорівнює вертикальному переміщенню $M_0M_0'=w$ точки M_0 . Горизонтальні складові переміщення дорівнюють [21]:

$$\begin{cases} u = -M_0'M' \sin \alpha_1; \\ v = -M_0''M'' \sin \alpha_2; \end{cases} \quad (1.2)$$

де кути α_1 і α_2 визначаються із співвідношень:

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\partial w}{\partial x}; \\ \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\partial w}{\partial y}; \end{cases} \quad (1.3)$$

Враховуючи малість переміщень, запишемо формули (1.2) у вигляді

$$\begin{cases} u = -z \frac{\partial w}{\partial x}; \\ v = -z \frac{\partial w}{\partial y}; \end{cases} \quad (1.4)$$

З урахуванням останніх залежностей визначимо компоненти тензора деформації:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} = -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} = -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \\ \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \end{array} \right. \quad (1.5)$$

Отримані залежності є геометричними рівняннями задачі про вигин пластини.

Складемо фізичні рівняння у вигляді закону Гука, який у зворотній формі для плоскої задачі теорії пружності має такий вигляд [21]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\nu \varepsilon_x + \varepsilon_y); \\ \sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\nu \varepsilon_y + \varepsilon_x); \\ \tau_{xy} = G \gamma_{xy}, \end{array} \right. \quad (1.6)$$

де ν – коефіцієнт Пуассона; E і G – модулі пружності першого і другого родів, пов'язані між собою співвідношенням:

$$G = \frac{E}{2(1-\nu)} \quad (1.7)$$

Підстановка рівнянь (1.5) в формули (1.6) дає змогу визначити компоненти тензора напружень через компоненти вектора переміщення:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_x = \frac{Ez}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right); \\ \sigma_y = \frac{Ez}{1-\nu^2} \left(\nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right); \\ \tau_{xy} = -\frac{Ez}{1+\nu} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}, \end{array} \right. \quad (1.8)$$

Як видно з отриманих залежностей, закони зміни нормальних σ_x, σ_y і тангенціального τ_{xy} напружень є лінійними по товщині пластини (рис. 1.13) [21].

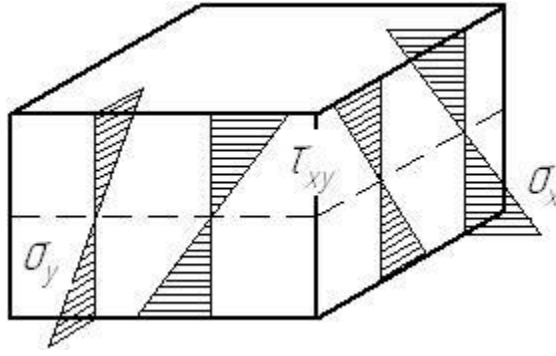


Рис. 1.13. Епюри напружень

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = 0; \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} = 0; \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = 0; \end{cases} \quad (1.9)$$

Останнє рівняння записане для загальної задачі теорії пружності за відсутності об'ємних сил. Компоненти тензора напружень $\sigma_z, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ мають бути враховані для подальшого задоволення граничних умов задачі (для верхньої і нижньої поверхонь пластини). Підставляючи залежності (1.8) в перші дві формули (1.9), після нескладних перетворень отримаємо [21]:

$$\begin{cases} \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} = \frac{Ez}{1-\nu^2} \frac{\partial}{\partial x} (\nabla^2 w); \\ \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} = \frac{Ez}{1-\nu^2} \frac{\partial}{\partial y} (\nabla^2 w). \end{cases} \quad (1.10)$$

Інтегруємо останні рівняння:

$$\begin{cases} \tau_{xz} = \frac{Ez}{2(1-\nu^2)} \frac{\partial}{\partial x} (\nabla^2 w) + f_1(x, y); \\ \tau_{yz} = \frac{Ez}{2(1-\nu^2)} \frac{\partial}{\partial y} (\nabla^2 w) + f_2(x, y). \end{cases} \quad (1.11)$$

Для визначення невідомих функцій f_1, f_2 застосуємо граничні умови задачі. Для верхньої і нижньої поверхонь пластини ($z = \pm h/2$)

відсутні ланцюгові зусилля ($\tau_{xz}=\tau_{yz}=0$). Таким чином:

$$\begin{cases} f_1(x, y) = \frac{Eh^2}{8(1-\nu^2)} \frac{\partial}{\partial x} (\nabla^2 w); \\ f_2(x, y) = \frac{Eh^2}{8(1-\nu^2)} \frac{\partial}{\partial y} (\nabla^2 w). \end{cases} \quad (1.12)$$

Попереднє рівняння отримає вигляд:

$$\begin{cases} \tau_{xz} = -\frac{3D}{2h^3} (h^2 - 4z^2) \frac{\partial}{\partial x} (\nabla^2 w); \\ \tau_{yz} = -\frac{3D}{2h^3} (h^2 - 4z^2) \frac{\partial}{\partial y} (\nabla^2 w). \end{cases} \quad (1.13)$$

де D – циліндрична жорсткість, яка визначається за формулою:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}. \quad (1.14)$$

Таким чином, закони зміни дотичних напружень τ_{xz} , τ_{yz} по товщині пластини є параболічними. Застосуємо третє рівняння рівноваги (1.9), яке з урахуванням виразів (1.13) перетворюється у диференціальне співвідношення:

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = \frac{3D}{2h^3} (h^2 - 4z^2) \cdot \nabla^2 \cdot \nabla^2 \cdot w \quad (1.15)$$

Після інтегрування отримаємо:

$$\sigma_z = \frac{3Dz}{2h^3} \left(h^2 - \frac{4}{3} z^2 \right) \cdot \nabla^2 \cdot \nabla^2 \cdot w + f_3(x, y) \quad (1.16)$$

Невідому функцію f_3 отримаємо з наступних граничних умов на верхній ($z = h/2$) і нижній ($z = -h/2$) поверхнях пластини:

$$\begin{cases} \sigma_z(x, y, h/2) = \frac{1}{2} D \cdot \nabla^2 \cdot \nabla^2 \cdot w(x, y) + f_3(x, y) = p(x, y); \\ \sigma_z(x, y, -h/2) = -\frac{1}{2} D \cdot \nabla^2 \cdot \nabla^2 \cdot w(x, y) + f_3(x, y) = 0. \end{cases} \quad (1.17)$$

Склавши два останні рівняння, отримаємо

$$f_3(x, y) = \frac{1}{2} p(x, y). \quad (1.18)$$

Віднімаючи друге рівняння (1.17) від першого, матимемо диференціальну залежність між функцією прогину $w(x, y)$ і зовнішнім розподіленим навантаженням $p(x, y)$:

$$\nabla^2 \cdot \nabla^2 \cdot w = \frac{P}{D}. \quad (1.19)$$

Отримане бігармонічне диференціальне рівняння – основне рівняння теорії вигину пластин за відсутності ланцюгових і об’ємних сил – має назву рівняння Софі Жермен.

1.3. Метод аналогії, як метод наукового пізнання

Аналогія – це метод наукового пізнання, за допомогою якого від подібності предметів певного класу за якимись ознаками роблять висновок про їх подібність в інших відношеннях. Іншими словами, аналогія – це умовивід, з якого із подібності предметів за деякими ознаками робиться висновок про подібність цих властивостей і в інших відношеннях. Для конкретних об’єктів, висновки, зроблені за аналогією, є лише правдоподібними і є одним із джерел наукових гіпотез та індуктивного міркування. Щоб збільшити ймовірність висновків за аналогією, необхідно:

- 1 - виявляти не лише зовнішні властивості предметів чи явищ, а й внутрішні;
 - 2 - якщо предмети подібні за найважливішими ознаками;
 - 3 - діапазон функцій, що перекриваються, повинен бути якомога ширшим;
 - 4 - враховувати не лише схожість, а й відмінності.
- Існують суворі та вільні аналогії.

Існує метод аналогії як передача інформації про одні об’єкти іншим гносеологічні основи моделювання.

Моделювання - це метод наукового пізнання, який базується на дослідженні об'єкта (оригіналу) за допомогою його копії (моделі), що відомо з певних, визначених дослідником сторін. Під моделлю (від лат. *Modulus* - міра, норма, міра) розуміють умовні образи, які замінюють об'єкт пізнання і є джерелом інформації про це, спосіб вираження властивостей, зв'язків і явищ дійсності на основі аналогії. Таким чином, модель є аналогом вихідного об'єкта, що знаходиться в процесі пізнання і на практиці служить для отримання та розширення знань (інформація) про оригінал з метою його побудови, перетворення або управління ним.

Висновки до розділу 1

1. Проведено аналіз праць із рішення плоскої задачі теорії пружності, задач згину тонких пластин та з пластинчатої аналогії.
2. Розглянуто зв'язок між розміром зони пластичності і напружено-деформованим станом.
3. Проаналізовано диференціальне рівняння пружної серединної поверхні пластини.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКУ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ

2.1. Аналогія між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої пластини

Для визначення аналогії між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої пластини, необхідно окремо розв'язати ці дві задачі, а потім співставити їх рішення і визначити коефіцієнт переходу від рішення

однієї задачі до рішення іншої.

Розглянемо квадратну пластину зі стороною a , що рівномірно стиснена по контуру зусиллям P^* (рис. 2.1), товщина пластини – δ .

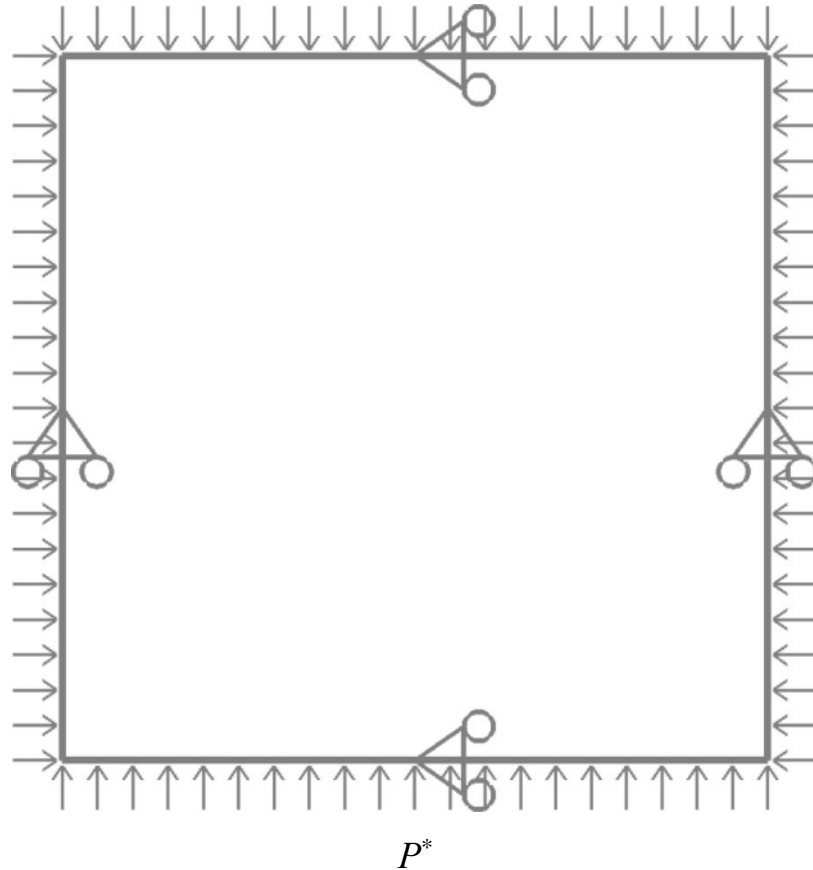


Рис. 2.1. Схема квадратної пластини стисненої по контуру зусиллям P^*

Рівняння сумісності у випадку симетричного розподілу напружень [21]:

$$\frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0.$$

Функція напружень φ у вигляді багаточлена другого ступеня має наступний вигляд:

$$\varphi = \frac{1}{2} c_1 y^2 + c_2 xy + \frac{1}{2} c_3 x^2.$$

При $x=0$, φ та похідні кінцеві: $c_2 = c_3 = 0$,

$$\varphi = \frac{1}{2} c_1 y^2;$$

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = c_1.$$

При $y=a/2$ та $\sigma_x = -\frac{P^* a}{\delta a} = -\frac{P^*}{\delta}$, тоді $c_1 = -P^*/\delta$

$$\varphi = -\frac{P^*}{2\delta} y^2.$$

Тоді

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = -\frac{P^*}{\delta}.$$

Введемо поняття моментної функції $\psi = \varphi$, тоді

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \sigma_x = \sigma_y = -\frac{P^*}{\delta}. \quad (2.1)$$

2.2. Аналогія між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, під дією різних видів навантажень

Розглянемо чотири задачі згину квадратних пластин і для кожної з них визначимо аналогію з плоскою задачею.

1) Тонка квадратна пластинка зі стороною $a=b$, що шарнірно

закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, під дією навантаження q рівномірно розподіленого по всій її поверхні (рис. 2.2) [23].

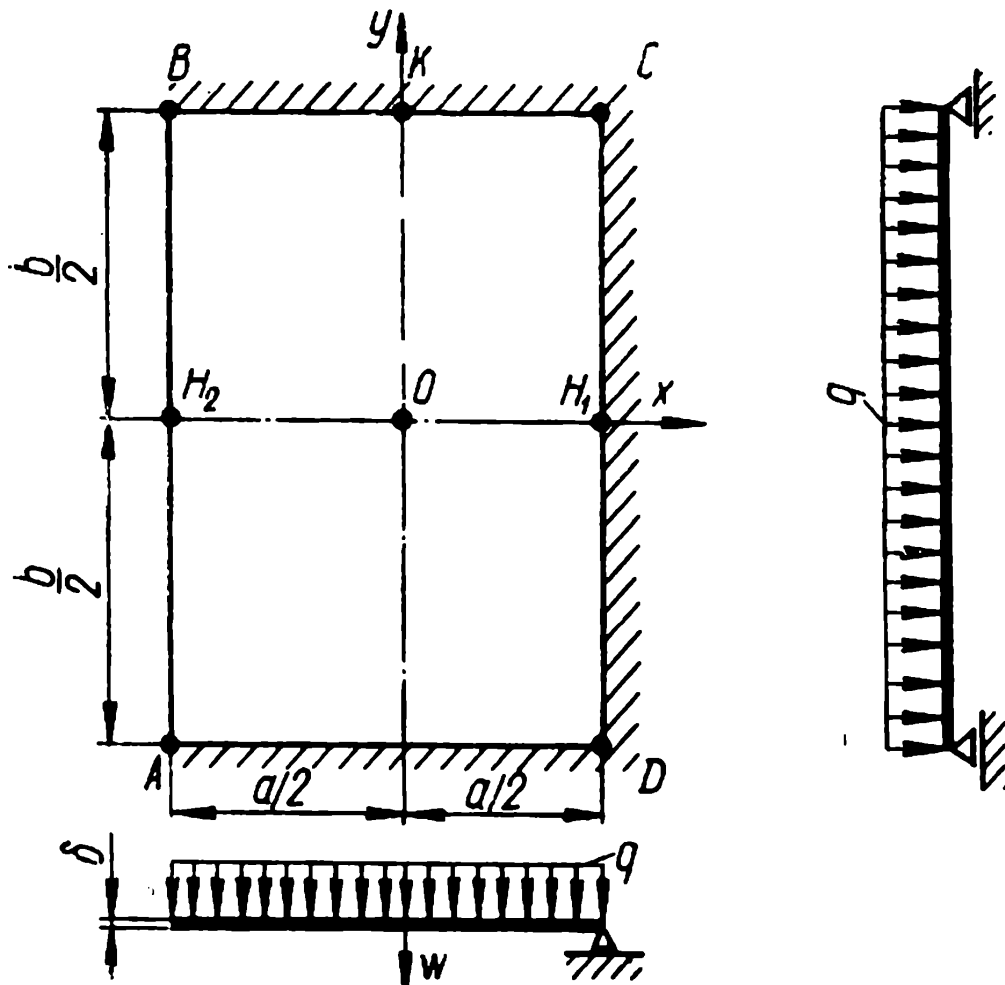


Рис. 2.2. Пластина під дією рівномірно розподіленого навантаження
Рівняння Софі Жермен матиме вигляд [21]:

$$\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \cdot \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = \frac{q_0}{D}.$$

Для квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, рівняння вигнутої поверхні має вигляд [23]:

$$\omega = \frac{16 qa^2}{\pi^6 D} (a^2 - 2ax + x^2),$$

де D — циліндрична жорсткість, яка визначається за формулою

$$D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}, \quad (2.2)$$

де δ – товщина пластини, м;

E – модуль пружності матеріалу пластини при розтягу, кН/м²;

μ – коефіцієнт Пуассона.

Для квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, значення згинальних моментів у центрі пластини визначаються за формулами [23]:

$$M_{x_c} = 0,029qa^2(1 + \mu),$$

$$M_{y_c} = 0,066qa^2(1 + \mu).$$

Введемо поняття моментної функції, як і в плоскій задачі

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \frac{M}{D};$$

$$\psi = M;$$

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \frac{32}{\pi^6} \frac{qa^2}{D};$$

$$\psi = \frac{32}{\pi^6} \frac{qa^2 D}{D}. \quad (2.3)$$

Прирівняємо вирази (2.1) та (2.3)

$$-\frac{P^*}{\delta} = \frac{32}{\pi^6} \frac{qa^2 D}{D},$$

скоротимо циліндричну жорсткість D

$$-\frac{P^*}{\delta} = \frac{32qa^2}{\pi^6} \quad (2.4)$$

оскільки $\sigma_x = \sigma_y = \frac{P^*}{\delta}$, то прийнемо, що $\sigma = \frac{P^*}{\delta}$ (σ – нормальне напруження

у плоскій задачі), тоді

$$\sigma = -\frac{32}{\pi^6} qa^2,$$

з урахуванням значення числа «пі»

$$\sigma = -0,0333qa^2. \quad (2.5)$$

Напруження у центрі квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, визначаються за формулами [23]

$$\sigma_{cx} = 0,174 \frac{qa^2(1+\mu)}{\delta^2}, \quad (2.6)$$

$$\sigma_{cy} = 0,396 \frac{qa^2(1+\mu)}{\delta^2}. \quad (2.6^*)$$

Якщо вираз (2.5) поділити на $\left[-\frac{0,19\delta^2}{1+\mu} \right]$, то отримуємо вираз (2.6) в точності.

Вираз $\left[-\frac{0,19\delta^2}{1+\mu} \right]$ назвемо коефіцієнтом “пластинчатої аналогії x ” і надалі для скорочення запису будемо позначати k_{Ax} .

Коефіцієнт “пластинчатої аналогії x ”

$$k_{Ax} = -\frac{\delta^2}{5,26(1+\mu)}. \quad (2.7)$$

Якщо вираз (2.5) поділити на $\left[-\frac{0,084\delta^2}{1+\mu} \right]$, то отримуємо вираз (2.6*) в точності.

Вираз $\left[-\frac{0,084\delta^2}{1+\mu} \right]$ назвемо коефіцієнтом “пластинчатої аналогії y ” і

надалі для скорочення запису будемо позначати k_{Ay} .

Коефіцієнт “пластинчатої аналогії y ”

$$k_{Ay} = -\frac{\delta^2}{11,9(1+\mu)} \quad (2.7^*)$$

Таким чином, напруження у центрі тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, можна знаходити, поділивши напруження у плоскій задачі теорії пружності σ на коефіцієнт “пластинчатої аналогії x або y ”:

$$\sigma_{cx} = \sigma / k_{Ax}. \quad (2.8)$$

$$\sigma_{cy} = \sigma / k_{Ay}$$

Формули (2.8) назвемо формулами пластинчатої аналогії для центру тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, і знаходиться під дією рівномірно розподіленого навантаження.

Максимальне напруження у точці H_2 (див. рис. 2.2) квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, визначається за наступною формулою [23]:

$$\sigma_{\max, y} = 0,57 \frac{qa^2(1+\mu)}{\delta^2}, \quad (2.9)$$

Якщо вираз (2.5) поділити на $\left[-\frac{0,058\delta^2}{1+\mu} \right]$, то отримуємо вираз (2.9) в точності.

Вираз $\left[-\frac{0,058\delta^2}{1+\mu} \right]$ назвемо коефіцієнтом “пластинчатої аналогії” і

надалі для скорочення запису будемо позначати k_A .

Коефіцієнт “пластинчатої аналогії”

$$k_A = -\frac{\delta^2}{17,24(1+\mu)} \quad (2.10)$$

Максимальне напруження у тонкій квадратній пластині, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, можна знаходити, поділивши напруження у плоскій задачі σ на коефіцієнт “пластинчатої аналогії”:

$$\sigma_{\max, y} = \frac{\sigma}{k_A}. \quad (2.11)$$

Зв’язок між розподіленим навантаженням P^* у плоскій задачі та рівномірно розподіленим навантаженням q на поверхні пластини встановлюється на основі виразу (2.4), без знаку «-»,

$$\begin{aligned} \frac{P^*}{\delta} &= \frac{32qa^2}{\pi^6}, \\ \frac{P^*}{\delta} &= 0,0333qa^2, \\ P^* &= \frac{qa^2\delta}{30}. \end{aligned} \quad (2.12)$$

2) Тонка квадратна пластинка зі стороною a , що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, під дією зосередженого навантаження, прикладеного у центрі (рис. 2.3) [23].

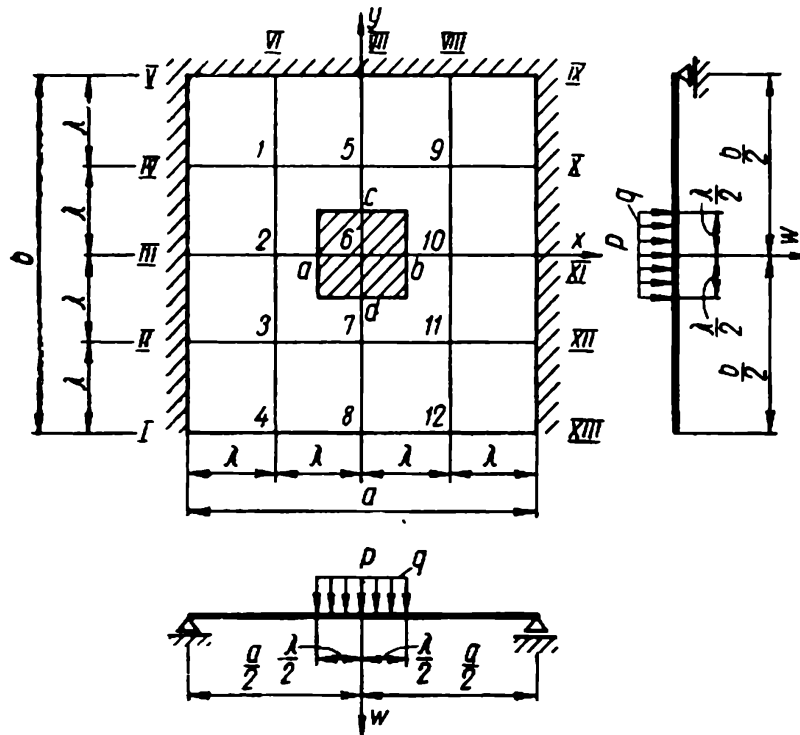


Рис. 2.3. Тонка квадратна пластина під дією центрального зосередженого навантаження

В цьому розрахунковому випадку рівняння вигнутої поверхні має вигляд [23]:

$$\omega = \frac{16}{\pi^6 D} P(a^2 - 2ax + x^2),$$

де P – рівнодіюча навантаження, кН ($P = q\lambda^2$).

Введемо поняття моментної функції, як і в плоскій задачі

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \frac{M}{D};$$

$$\psi = M;$$

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \frac{32}{\pi^6 D} P;$$

$$\psi = \frac{32}{\pi^6 D} PD \tag{2.13}$$

Прирівняємо вирази (2.1) та (2.13)

$$-\frac{P^*}{\delta} = \frac{32}{\pi^6 D} PD,$$

$$\sigma = -0,0333P. \quad (2.14)$$

Максимальні напруження у центрі пластини визначається за наступною формулами

$$\sigma_{\max, x} = \frac{1,372(1 + \mu)P}{\delta^2}, \quad (2.15)$$

$$\sigma_{\max, y} = \frac{1,046(1 + \mu)P}{\delta^2}. \quad (2.15^*)$$

Таким чином, якщо вираз (2.14) поділити на $\left[-\frac{0,024\delta^2}{1 + \mu} \right]$, то отримуємо вираз (2.15) в точності.

Вираз $\left[-\frac{0,024\delta^2}{1 + \mu} \right]$ у 7,9 рази менше коефіцієнта “пластинчатої аналогії x ” k_{Ax} .

Таким чином, напруження в тонкій квадратній пластині можна знаходити, поділивши σ на k_{Ax} :

$$\sigma_{\max, x} = \frac{7,9\sigma}{k_{Ax}}. \quad (2.16)$$

Якщо вираз (2.14) поділити на $\left[-\frac{0,032\delta^2}{1 + \mu} \right]$, то отримуємо вираз (2.15*) в точності.

Вираз $\left[-\frac{0,032\delta^2}{1 + \mu} \right]$ у 2,6 рази менше коефіцієнта “пластинчатої аналогії y ” k_{Ay} .

Таким чином, напруження в тонкій квадратній пластині можна знаходити, поділивши σ на k_{Ay} :

$$\sigma_{\max,y} = \frac{2,6\sigma}{k_{Ay}}. \quad (2.16^*)$$

Формули (2.16) та (2.16*) назвемо формулами пластинчатої аналогії для центрального зосередженого навантаження.

Зв'язок між рівномірно розподіленим навантаженням P^* у плоскій задачі та зосередженим навантаженням $P = q\lambda^2$ на тонку квадратну пластину встановлюється за допомогою виразу

$$P^* = \frac{q\lambda^2\delta}{30}. \quad (2.17)$$

3) Тонка квадратна пластина $a=b$ під дією зосередженого навантаження прикладеного посередині незакріпленої сторони (рис. 2.4) [23].

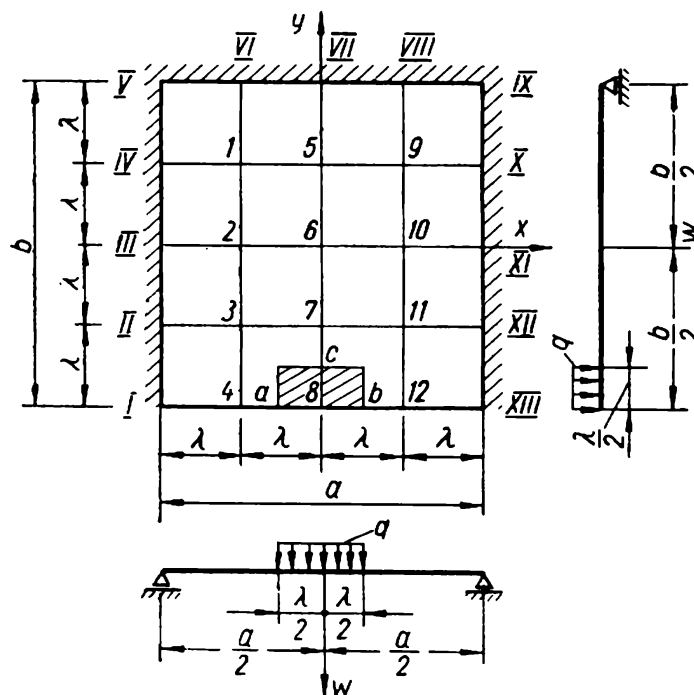


Рис. 2.4. Квадратна пластина під дією зосередженого навантаження, прикладеного посередині незакріпленої сторони

Для квадратної пластини рівняння вигнутої поверхні має вигляд [21]:

$$\omega = \frac{16 P}{\pi^6 D} (a^2 - 2ax + x^2),$$

де P – рівнодіюча навантаження, кН ($P = q\lambda^2 / 2$).

D - циліндрична жорсткість, яка визначається за формулою

$$D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)},$$

де δ – товщина пластини, м;

E – модуль пружності матеріалу пластини при розтягу, кН/м²;

μ - коефіцієнт Пуассона.

Введемо поняття моментної функції, як і в плоскій задачі

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \frac{M}{D};$$

$$\psi = M;$$

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \frac{32 P}{\pi^6 D};$$

$$\psi = \frac{32 PD}{\pi^6 D}. \quad (2.18)$$

Прирівняємо вирази (2.1) та (2.18)

$$-\frac{P^*}{\delta} = \frac{32 PD}{\pi^6 D},$$

скоротимо циліндричну жорсткість D

$$-\frac{P^*}{\delta} = \frac{32P}{\pi^6} \quad (2.19)$$

оскільки $\sigma_x = \sigma_y = \frac{P^*}{\delta}$, то приймемо, що $\sigma = \frac{P^*}{\delta}$ (σ - нормальне

напруження у плоскій задачі), тоді

$$\sigma = -\frac{32}{\pi^6} P,$$

з урахуванням значення числа «пі»

$$\sigma_x^{2D} = -0,0333P. \quad (2.20)$$

Максимальне напруження для тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, визначається за наступною формулою [23]

$$\sigma_{\max, x} = \frac{3,22P(1+\mu)}{\delta^2}, \quad (2.21)$$

Таким чином, якщо вираз (2.20) поділити на $\left[-\frac{0,01\delta^2}{1+\mu} \right]$, то отримуємо вираз (2.21) в точності.

Вираз $\left[-\frac{0,01\delta^2}{1+\mu} \right]$ у 19 раз менше коефіцієнта “пластинчатої аналогії x ”.

Таким чином, напруження в тонкій квадратній пластині, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, можна знаходити, поділивши σ на k_{Ax} :

$$\sigma_{\max, x} = 19 \frac{\sigma}{k_{Ax}}. \quad (2.22)$$

Формулу (2.22) назвемо формулою пластинчатої аналогії для тонкої квадратної пластини під дією зосередженого навантаження, прикладеного посередині незакріпленої сторони.

Зв'язок між розподіленим навантаженням P^* у плоскій задачі та навантаженням P на пластину

$$\frac{P^*}{\delta} = \frac{32q\lambda^2}{2\pi^6},$$

$$\frac{P^*}{\delta} = 0,0166q\lambda^2,$$

$$P^* = \frac{q\lambda^2\delta}{60}.$$

4) Тонка квадратна пластина ($a=b$) під дією навантаження, рівномірно розподіленого вздовж незакріпленої сторони (рис. 2.5) [23].

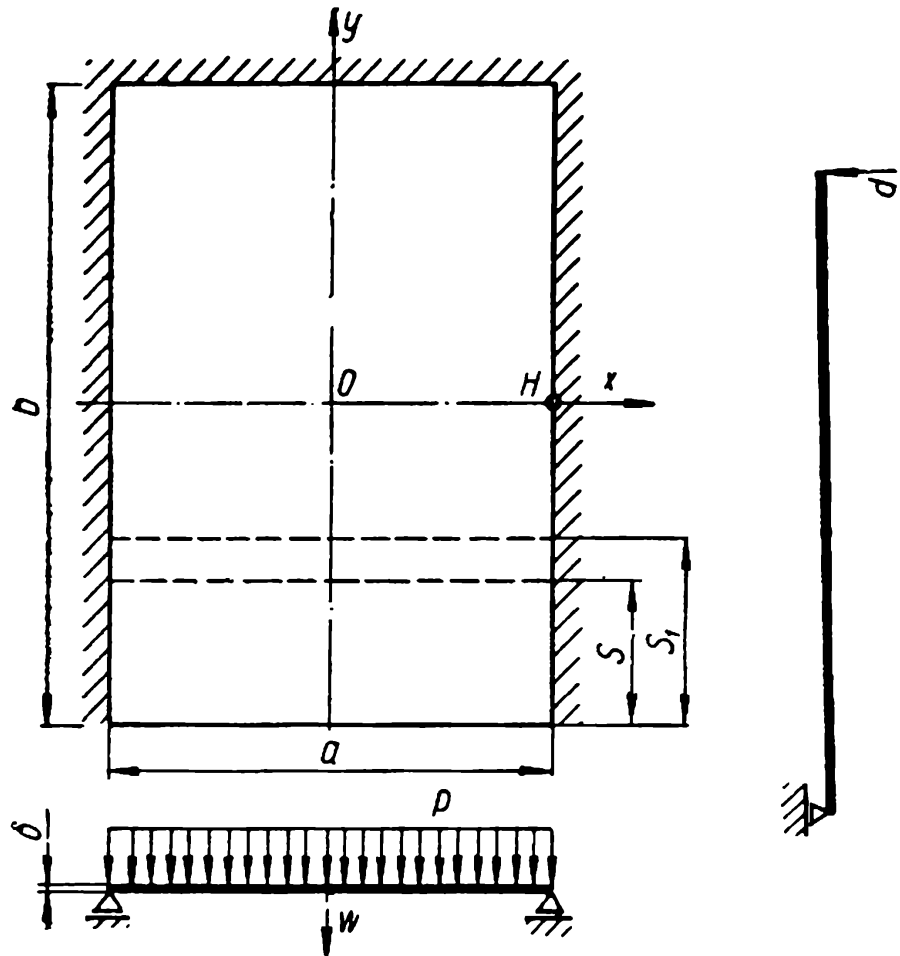


Рис. 2.5. Квадратна пластина під дією навантаження, рівномірно розподіленого вздовж незакріпленої сторони

Для квадратної пластини рівняння вигнутої поверхні має вигляд [23]:

$$\omega = \frac{16}{\pi^6} \frac{qa}{D} (a^2 - 2ax + x^2),$$

де D – циліндрична жорсткість, яка визначається за формулою

$$D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}, \quad (2.23)$$

де δ – товщина пластини, м;

E – модуль пружності матеріалу пластини при розтягу, кН/м²;

μ – коефіцієнт Пуассона.

Введемо поняття моментної функції, як і в плоскій задачі

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \frac{M}{D};$$

$$\psi = M;$$

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \frac{32 qa}{\pi^6 D};$$

$$\psi = \frac{32 qaD}{\pi^6 D}. \quad (2.24)$$

Прирівняємо вирази (2.1) та (2.21)

$$-\frac{P^*}{\delta} = \frac{32 qaD}{\pi^6 D},$$

скоротимо циліндричну жорсткість D

$$-\frac{P^*}{\delta} = \frac{32 qa}{\pi^6} \quad (2.25)$$

оскільки $\sigma_x = \sigma_y = \frac{P^*}{\delta}$, то прийmemo, що $\sigma = \frac{P^*}{\delta}$ (σ – нормальне напруження у плоскій задачі), тоді

$$\sigma = -\frac{32}{\pi^6} qa,$$

з урахуванням значення числа «пі»

$$\sigma = -0,0333qa. \quad (2.26)$$

Максимальне напруження визначається за наступною формулою [23]:

$$\sigma_{\max, x} = \frac{4,44qa}{\delta^2} \frac{1 + \mu}{3 + \mu}. \quad (2.27)$$

Таким чином, якщо вираз (2.26) поділити на $\left[-0,0075\delta^2 \frac{3 + \mu}{1 + \mu} \right]$, то отримуємо вираз (2.27) в точності.

Вираз $\left[-0,0075\delta^2 \frac{3 + \mu}{1 + \mu} \right]$ назвемо другим коефіцієнтом “пластинчатої аналогії”:

$$k_{A2} = -0,0075\delta^2 \frac{3 + \mu}{1 + \mu}. \quad (2.28)$$

Таким чином, напруження в пластині можна знаходити, поділивши σ на k_{A2} :

$$\sigma_{\max, x} = \frac{\sigma}{k_{A2}}. \quad (2.29)$$

Формулу (2.28) назвемо формулою пластинчатої аналогії для .

Зв’язок між розподіленим навантаженням P^* у плоскій задачі та рівномірно розподіленим навантаженням q на пластину встановлюється на основі виразу (2.25), без знаку «-»,

$$\frac{P^*}{\delta} = \frac{32qa}{\pi^6},$$

$$P^* = \frac{qa\delta}{30}.$$

Проведено тестовий розрахунок для вихідних даних, наведених у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Вихідні дані для тестового розрахунку

| № | Модуль пружності бетону, ГПа | Товщина плити, м | Квадратна пластина зі стороною a , м | Навантаження q , кН/м ² | λ , м | Коефіцієнт Пуасона |
|---|------------------------------|------------------|--|--------------------------------------|---------------|--------------------|
| 1 | 29 | 0,2 | 6 | 8 | - | 0,15 |
| 2 | 29 | 0,2 | 6 | 10000 | 0,1 | 0,15 |
| 3 | 29 | 0,2 | 6 | 10000 | 0,1 | 0,15 |
| 4 | 29 | 0,2 | 6 | 16 | - | 0,15 |

Результати тестового розрахунку наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Результати тестового розрахунку

| № | Плоска задача: максимальне напруження, кПа | Напруження у пластині, кПа | | | | | | | | |
|---|--|------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|----------------|-----|-----|
| | | За формулою теорії пружності | | | За формулою пластинчатої аналогії | | | Розбіжність, % | | |
| | | x | y | max | x | y | max | x | y | max |
| 1 | -9,60 | 1440,7 | 3278,9 | 4719,6 | 1451,8 | 3282,4 | 4758,2 | 0,8 | 0,2 | 0,8 |
| 2 | -3,33 | 3944,5 | 3007,3 | - | 3985,9 | 2965,1 | - | 1,1 | 1,4 | - |
| 3 | -1,67 | - | - | 4628,8 | - | - | 4798 | - | - | 3,7 |
| 4 | -3,20 | - | - | 3890,3 | - | - | 3894,4 | - | - | 0,1 |

Розбіжність у межах 0,1-3,7% (див. табл. 2.2).

2.3. Моделювання квадратної пластини методом скінченних елементів

1) Тонка квадратна пластина зі стороною a , що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, під дією навантаження $q=8 \text{ кН/м}^2$ рівномірно розподіленого по всій її поверхні.

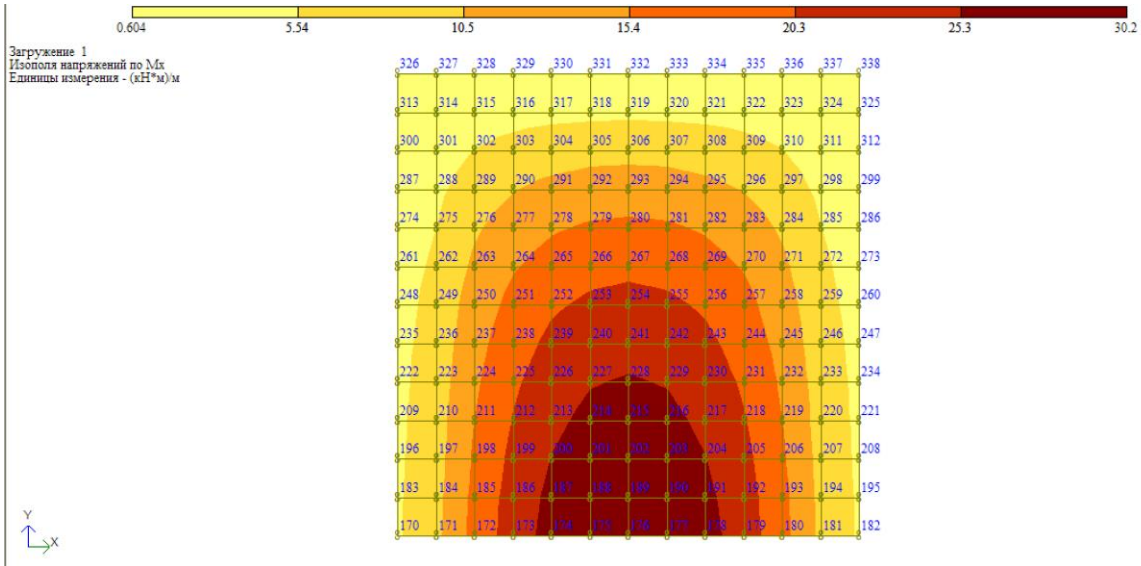


Рис. 2.6. Результати скінченно-елементного розрахунку для квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, під дією навантаження рівномірно розподіленого по всій її поверхні

Розрахунок навантаження для плоскої задачі (крок триангуляції 0,5 м):

$$P^* = \frac{qa^2 \delta}{30} = \frac{8 \cdot 6^2 \cdot 0,2}{30} = 1,92 \text{ (кН / м)},$$

- для середнього вузла скінченно-елементної моделі $P^* = 0,96 \text{ кН/м}$;
- для крайнього вузла скінченно-елементної моделі $P^* = 0,48 \text{ кН/м}$.

Результати розрахунку для плоскої задачі наведено на рис. 2.7.

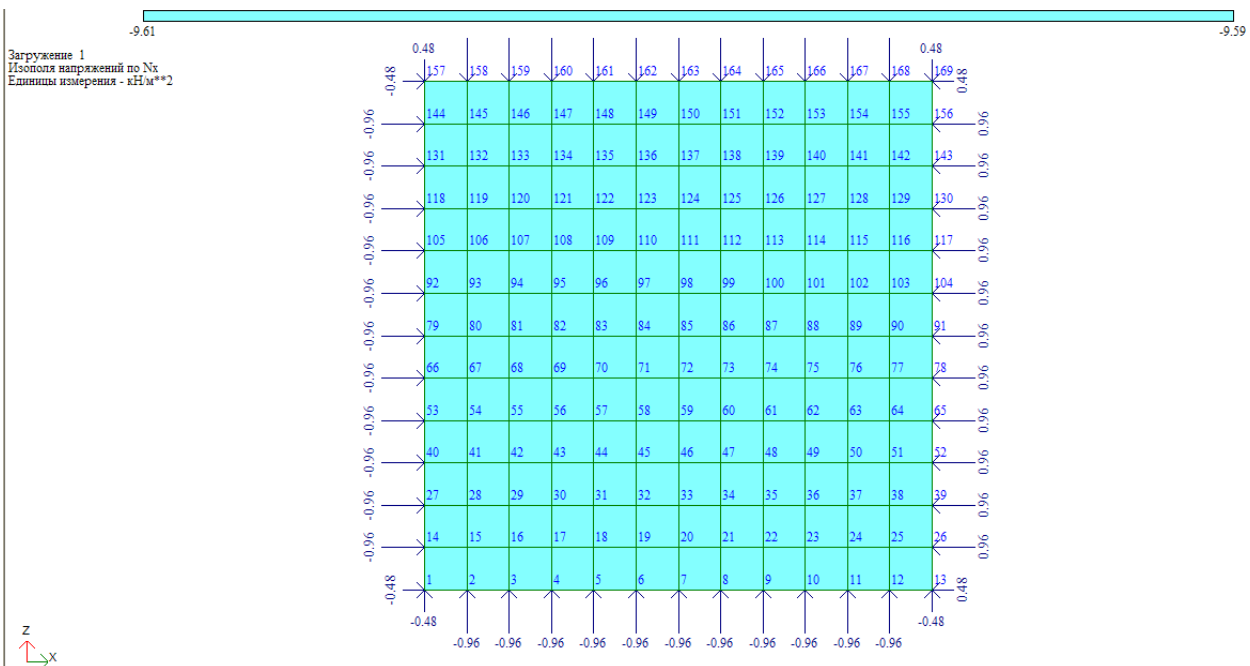
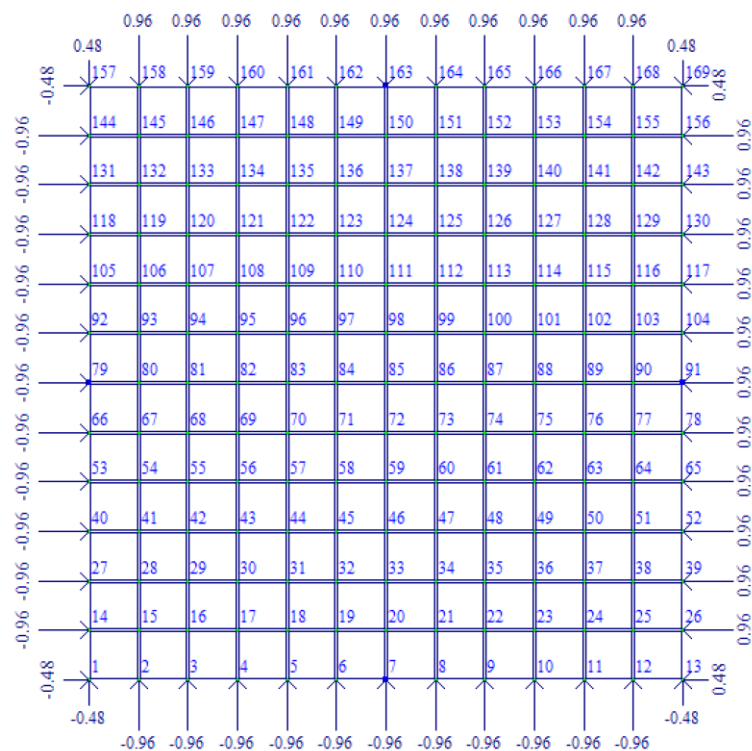


Рис. 2.7. Плоская задача в ПК ЛІРА-САПР

2) Тонка квадратна пластина зі стороною a , що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, під дією зосередженого навантаження, прикладеного у центрі (рис. 2.8).

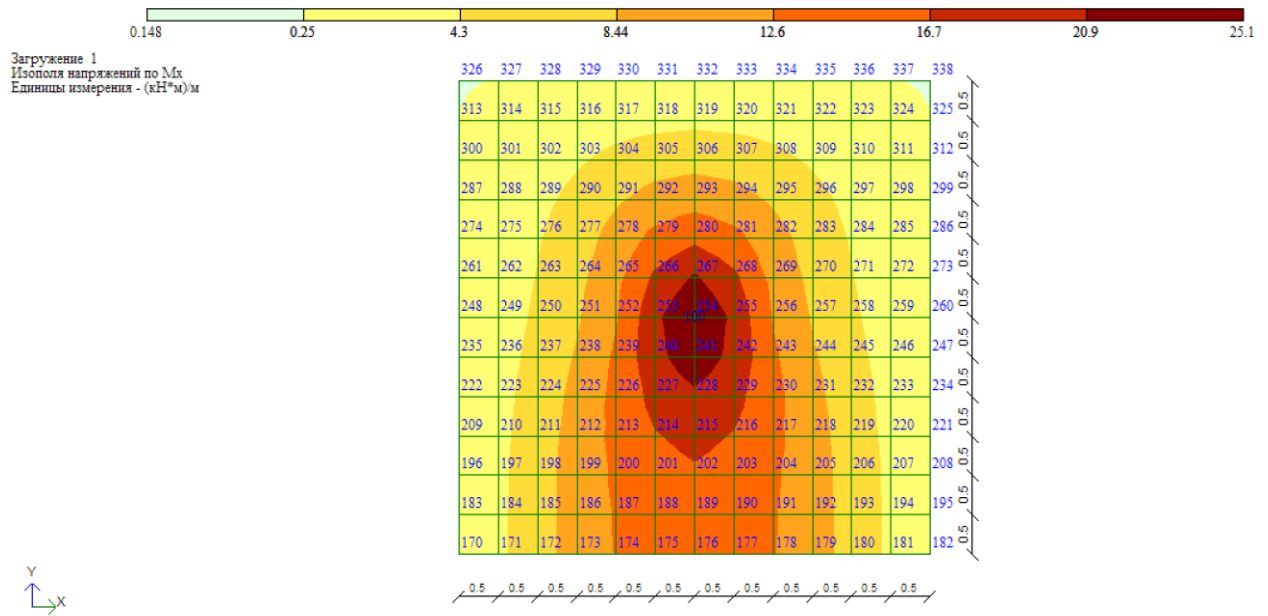


Рис. 2.8. Результати скінченно-елементного розрахунку для тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, під дією зосередженого навантаження, прикладеного у центрі

Розрахунок навантаження для плоскої задачі (крок триангуляції 0,5 м):

$$P^* = \frac{q \lambda^2 \delta}{30} = \frac{10000 \cdot 0,1^2 \cdot 0,2}{30} = 0,666 \text{ (кН / м)},$$

- для середнього вузла скінченно-елементної моделі $P^* = 0,333$ кН;
- для крайнього вузла скінченно-елементної моделі $P^* = 0,166$ кН.

Результати розрахунку для плоскої задачі наведено на рис. 2.9.

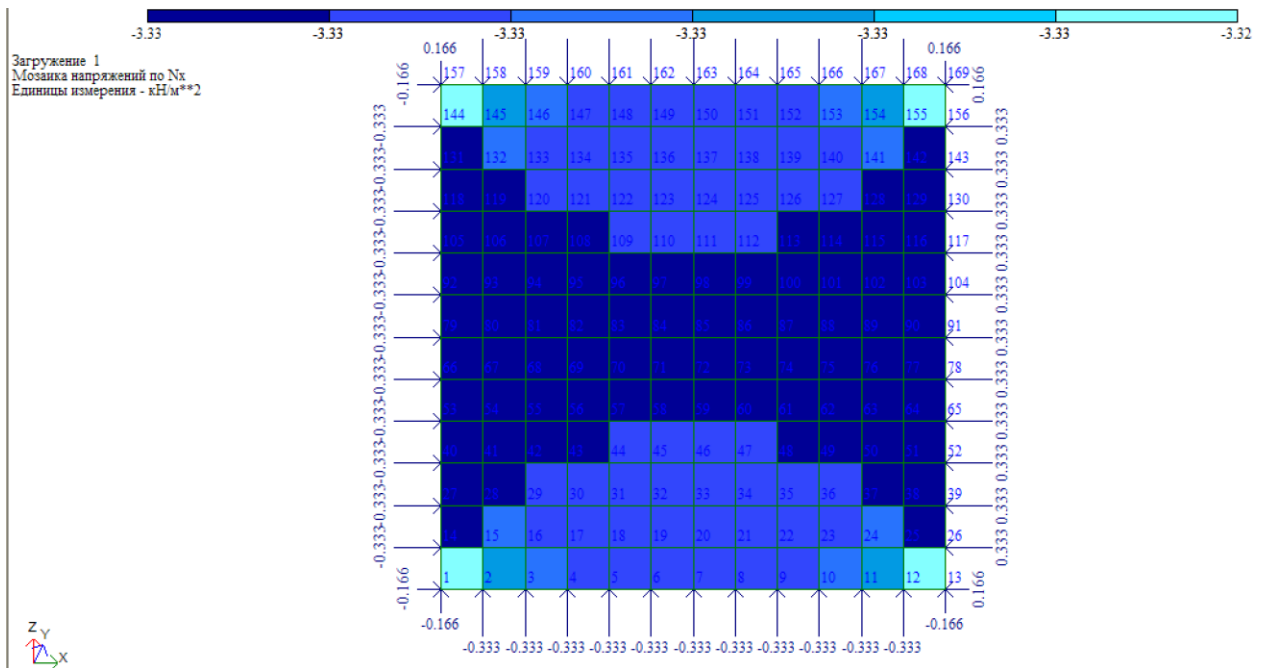


Рис. 2.9. Скінченно-елементна модель для плоскої задачі

3) Тонка квадратна пластина під дією зосередженого навантаження прикладеного посередині незакріпленої сторони (рис. 2.10).

Розрахунок навантаження для плоскої задачі (крок триангуляції 0,5 м)

$$P^* = \frac{q \lambda^2 \delta}{60} = \frac{10000 \cdot 0,1^2 \cdot 0,2}{60} = 0,333 \text{ (кН / м)},$$

- для середнього вузла скінченно-елементної моделі $P^* = 0,166$ кН;
- для крайнього вузла скінченно-елементної моделі $P^* = 0,083$ кН.

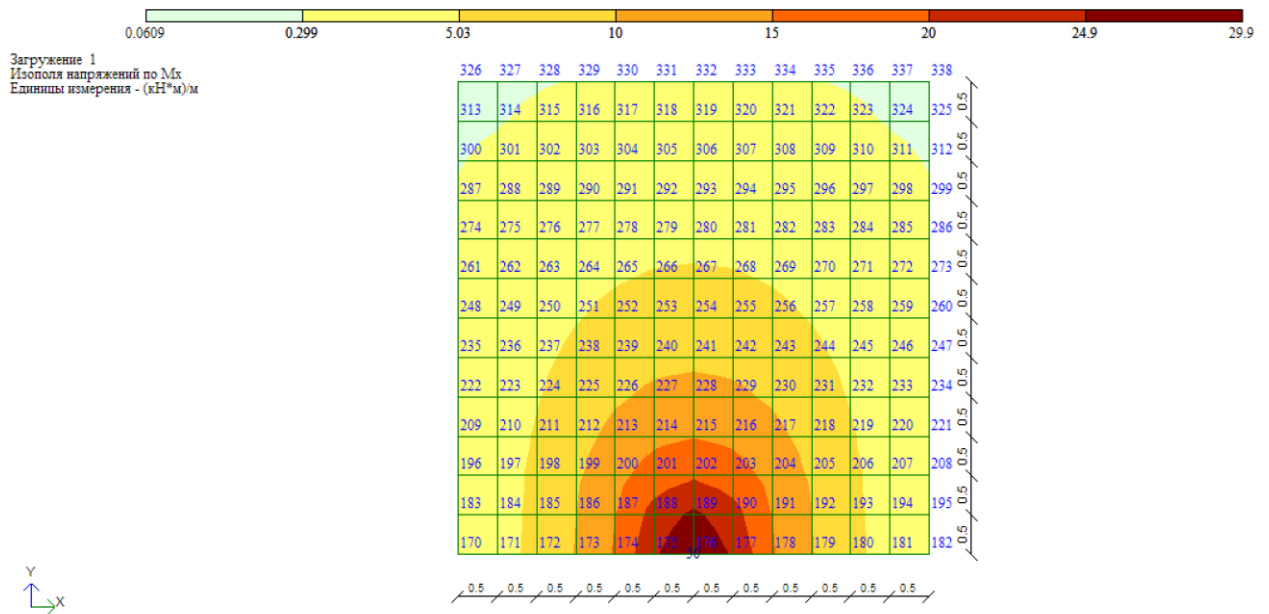


Рис. 2.10. Результати скінченно-елементного розрахунку для тонкої квадратної пластини під дією зосередженого навантаження прикладеного посередині незакріпленої сторони

4) Тонка квадратна пластинка ($a=b$) під дією навантаження, рівномірно розподіленого вздовж незакріпленої сторони (рис. 2.11).

Розрахунок навантаження для плоскої задачі (крок триангуляції 0,5 м):

$$P^* = \frac{qa\delta}{30} = \frac{16 \cdot 6 \cdot 0,2}{30} = 0,64 \text{ (кН / м)},$$

- для середнього вузла скінченно-елементної моделі $P^*=0,32$ кН;
- для крайнього вузла скінченно-елементної моделі $P^*=0,16$ кН.

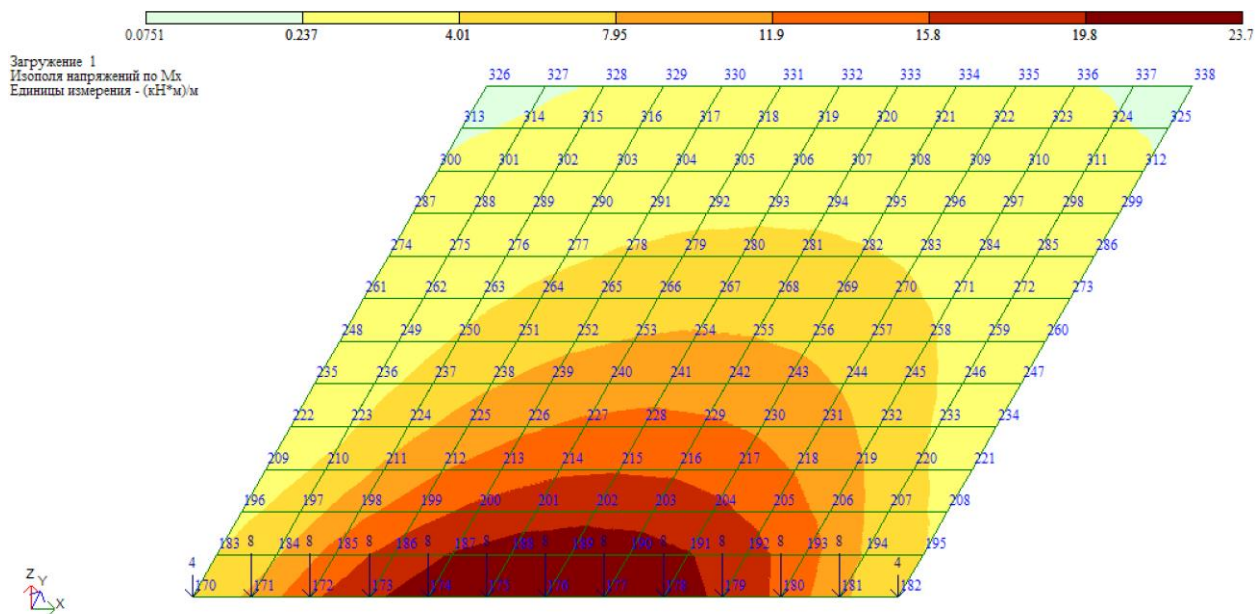


Рис. 2.10. Результати скінченно-елементного розрахунку для тонкої квадратної пластини під дією навантаження, рівномірно розподіленого вздовж незакріпленої сторони

Результати скінченно-елементного розрахунку (див. рис. 2.6-2.10) наведено у табл. 2.3. У табл. 2.3 наведено нормальні напруження для пластини, що було визначено за формулою теорії пружності:

$$\sigma_{\max} = \frac{6M_{\max}}{b},$$

де M_{\max} – максимальний згинальний момент у пластині, визначений у ПК ЛІРА-САПР.

Таблиця 2.3

Результати тестового скінченно-елементного розрахунку

| № | Плоска задача: максимальне напруження, кПа | | Максимальне нормальне напруження у пластині, кПа | | |
|---|--|------------------|---|--|-------------------|
| | Аналітична формула | ПК ЛІРА- САПР | ПК ЛІРА-САПР | За формулою пластинчастої аналогії | Розбіжність, % |
| | | | | | |
| 1 | -9,60 | -9,60 | 4528,1 | 4758,2 | 5,1 |
| 2 | -3,33 | -3,33 | 3834,2 | 3985,9 | 4,0 |
| 3 | -1,67 | -1,67 | 4485,2 | 4798,0 | 6,5 |
| 4 | -3,20 | -3,20 | 3553,4 | 3894,4 | 8,8 |

Кількість рівнянь методу скінченних елементів для плоскої задачі теорії пружності та тонкої квадратної пластини під дією різних видів навантаження наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Порівняння кількості рівнянь

| Задача | Кількість рівнянь МСЕ |
|--|------------------------------|
| Плоска задача теорії пружності | 334 |
| Задача згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена, під дією різних видів навантаження: | |
| 1 | 734 |
| 2 | 734 |
| 3 | 734 |
| 4 | 734 |

Кількість рівнянь методу скінченних елементів для плоскої задачі теорії пружності менше на 54,7%, ніж для задачі згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, під дією різних видів навантажень. Таким чином, швидкість рішення плоскої задачі теорії пружності методом скінченних елементів є на 120% більшою, ніж рішення задачі згину тонкої квадратної пластини. Як результат, замість рішення задачі згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, можна розв'язати плоску задачу теорії пружності і потім отримати нормальне напруження у тонкій квадратній пластині, що працює на згин, за допомогою використання коефіцієнтів аналогії.

Висновки до розділу 2

1. Використання аналогії між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини зменшує обсяг та час розрахунків монолітних залізобетонних плит перекриття багатоповерхових каркасних будівель.

2. Отримано формули для визначення коефіцієнтів аналогії.

3. Встановлено зв'язок між навантаженням у плоскій задачі теорії пружності та навантаженнями, що діють на тонку квадратну пластину, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною.

4. Отримано коефіцієнтом “пластинчатої аналогії x ”.

5. Отримано коефіцієнт “пластинчатої аналогії y ”.

6. Отримано другий коефіцієнт “пластинчатої аналогії” для тонкої квадратної пластини під дією навантаження, рівномірно розподіленого вздовж незакріпленої сторони.

7. Виконано скінченно-елементне моделювання тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною.

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКУ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ

3.1. Проектування багатопверхового монолітно-каркасного будинку

Запроектована будівля на 19 поверхів та в плані має по крайніх осях має розміри 33.3×20.4 м. Навколо будівлі встановлюється водонепроникна бетонна відмостка шириною 1 м.

Забезпечення просторової міцності будівлі

Просторова жорсткість і стійкість будівлі забезпечена монолітними колонами, плитами перекриття із балками перекриття.

Фундаменти

Фундамент прийнятий пальовий з ростверком із бетону С20/25. Нижня відмітка ростверку розташована на відмітці -3.000. Під ростверки влаштовується бетонна підготовка товщиною 100 мм. Розміри ростверку залежать від його марки.

Стіни і перегородки

Несучі стіни виконані із монолітного залізобетону товщиною 380 мм. Зовнішні стіни виконані із керамічної цегли товщиною 120 мм, теплоізоляційного шару товщиною 30 мм та облицювальної штукатурки товщиною 10 мм. Внутрішні перегородки виконані із керамічної цегли товщиною 120 мм. У приміщеннях особистої гігієни стіни оздоблені плиткою.

Несучі елементи каркасу

Основними несучими елементами каркасу є колони суцільного перерізу, плити перекриття товщиною 200 мм із ребрами по осях колон товщиною 300 мм.

Колони – монолітні залізобетонні стержні змінного перерізу виконані із марки бетону С20/25.

Ригелі – монолітні балки, що входять до плити перекриття, тим самим виключають продавлювання плити перекриття колонами.

Покрівля та перекриття

Покриття запроектовано із монолітної плити (200 мм) на яку укладається: пароізоляційна плівка $p = 0.2 \text{ кґ/м}^3$ (5 мм), теплоізоляція у вигляді Техноніколь Carbon Eco пінополістирол (100 мм) $p = 284 \text{ кґ/м}^3$, гідроізоляція Уніфлекс ЕКП 4,9 сланець сірий $p = 4 \text{ кґ/м}^3$ (15 мм) .

Перекриття виконано із монолітної залізобетонної плити товщиною 200 мм.

Стеля виконана у вигляді підвісної: листи з гіпсокартону кріпляться до каркасу з металевого профілю прикріпленого в свою чергу до несучих конструкцій будівлі, в технічних приміщеннях підвалу – вирівнюваний шар цементного розчину.

Вікна та двері

Вікна запроектовані пластиковими з подвійним склопакетом, розміри вікон – 2500×2500 мм.

Двері на шляху евакуації відкриваються назовні. Конструкція дверей всередині будівлі прийнята так, щоб вони не заважали пересуванню людей (розміри 2100×900 мм). Вхідні двері запроектовані в вигляді обертових (проти часової стрілки) для облегшення входу в будівлю великої кількості людей.

Санітарно-технічне та інженерне обладнання

Спроектвана будівля оснащена сучасними санітарно-технічними та інженерними системами. Будівля включає систему опалення, трубопроводи холодної та гарячої води, каналізаційні пристрої. Будівля обладнана електричними та інтернет-мережами. Забезпечено підключення цих інженерно-технічних систем до прилеглих мереж міського водопостачання, газопостачання, енергопостачання.

Будівля має штучну вентиляційну та природну вентиляцію у ванних кімнатах через вентиляційні канали.

3.2. Розрахунок багатоповерхового монолітно-каркасного будинку

Перед створенням та розрахунком будівлі потрібно взяти свою схему відповідно до варіанту. Після форматування і невеликого редагування схеми в програмі AutoCAD, схема імпортується в програму Компонька. Там відбувається побудова тривимірної моделі будівлі і подальший розрахунок.

3.2.1 Аналіз ґрунтової основи ділянки під будівництво

В першу чергу перед створенням моделі будівлі в програмі Компонька було створено модель ґрунту згідно з завданням.

Абсолютні відмітки поверхні землі змінюються від 103.4 м до 108.5 м. В геологічній будові території забудови до глибини 19.7 м беруть сухі не водоносні ґрунти участь. Гідрогеологічні умови території забудови характеризуються наявністю підземних вод в супіску жовтчасто-сірому пластичному та піску дрібному щільному, що утворюють постійний водоносний горизонт. Абсолютні відмітки рівня підземних вод у різних частинах території забудови коливаються від 30 до 2.1 м. Задані шари ґрунту показані на Рис. 3.1

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|----|-------|--------|------------------|------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------|------------|------------|-------------|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Номер | Усл. | Наименование | Цвет | Модуль | Коефициент | Удельный | Коефициент | Природная | Показатель | Вода | Коефициент | Удельное | Угол |
| 3 | ИГЭ | обозн. | грунта | | деформации, | Пуассона | вес грунта, | перехода | влажность, | текучести | | пористости | сцепление, | внутреннего |
| 4 | | | | | тс/м**2 | | тс/м**3 | ко 2 модулю | доли | | | | тс/м**2 | трения, ° |
| 5 | | | | | | | | деформации | | | | | | |
| 6 | 1 | | Супісок (насіпни | | 1550 | 0.3 | 1.8 | 5 | 0.2 | 0.2 | | 0.67 | 1.5 | 24 |
| 7 | 2 | | Суглинок середн | | 2100 | 0.3 | 1.7 | 5 | 0.19 | 0.75 | | 0.75 | 1.9 | 21 |
| 8 | 3 | | Глина бура напі | | 2100 | 0.35 | 1.85 | 5 | 0.24 | 0.75 | | 0.73 | 3.3 | 17 |
| 9 | 4 | | Супісок жовтув | | 900 | 0.3 | 2 | 5 | 0.23 | 1.05 W | | 0.7 | 0.9 | 19 |
| 10 | 5 | | Пісок дрібний щі | | 3400 | 0.3 | 1.8 | 5 | 0.05 | 0 W | | 0.5 | 3.1 | 30 |

Рис. 3.1. Таблиця шарів ґрунту

Після створення шарів ґрунту були задані сведловини та їх параметри. Схема розташування сведловин та розріз масиву ґрунту показано на рис. 3.2. та рис .3.3. відповідно.

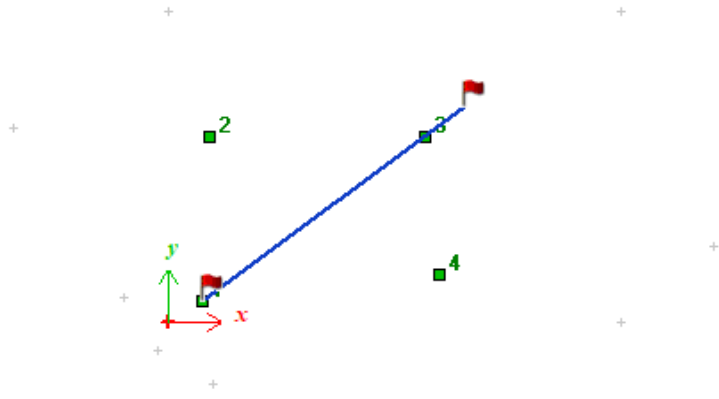


Рис. 3.2. Схема розташування свердловин

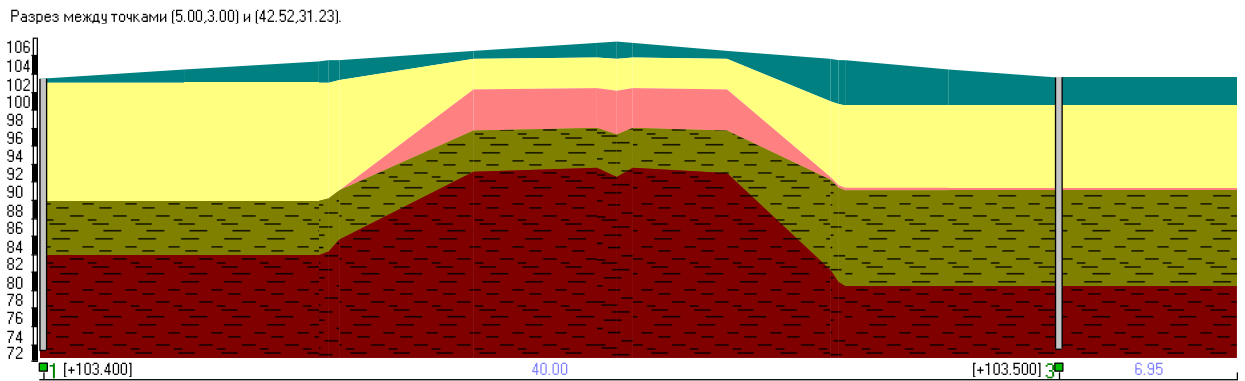


Рис. 3.3. Розріз ґрунту між свердловинами 1 та 3

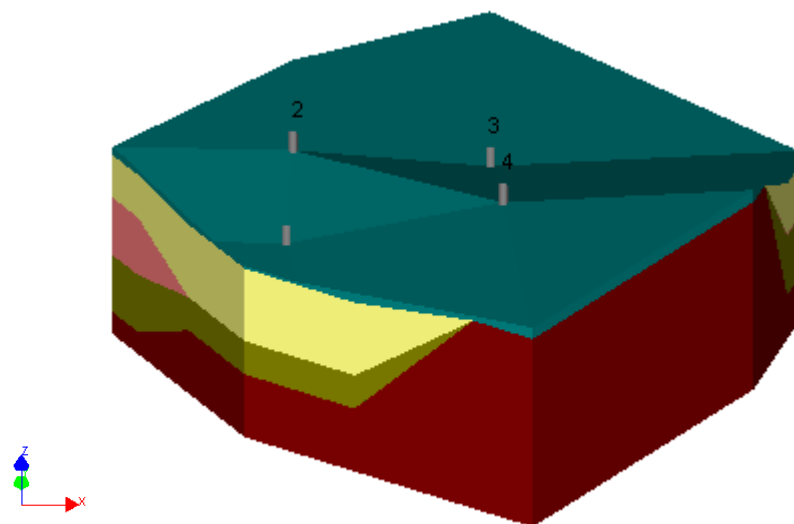


Рис. 3.4. Тривимірна модель ґрунтової основи

Після створення моделі ґрунту вона зберігається для подальшого використання в програмі Компоновка.

3.2.2 Збір навантажень на перекриття типового поверху та покриття

Збір навантажень для перекриття виконувався в програмі Компоновка. Спочатку було задано параметри плити перекриття: товщина 200 мм, постійне навантаження – 0.3 тс/м², тимчасове довготривале навантаження – 0.035 тс/м², тимчасове короткочасне навантаження – 0.15 тс/м².

Також було додатково задано навантаження на плиту перекриття в ліфтовому холі: тимчасове довготривале навантаження – 0.065 тс/м², тимчасове короткочасне навантаження – 0.15 тс/м². Також було додано навантаження на балкони, лоджії та еркери. Значення навантажень для довготривалого і короткочасного відповідно дорівнюють: 0.05 тс/м² та 0.5 тс/м².

На плиту верхнього поверху та технічного поверху було додано снігове навантаження, яке вираховувалось за формулою:

$$S_p = (0.4S_0 - \bar{S})C \quad (3.1)$$

де $\bar{S} = 160 \text{ Па} = 0.016 \text{ тс/м}^2$; $C = 1$; S_0 – характеристичне значення снігового навантаження, що для м. Донецьк дорівнює 1600 Па.

Отже, довготривале снігове навантаження на плиту покриття дорівнює 0.048 тс/м².

Короткочасне снігове навантаження розраховується за формулою:

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C \quad (3.2)$$

Отже, короткочасне снігове навантаження на плиту покриття дорівнює 0.16 тс/м^2 .

Вітрові навантаження задавалися згідно з завданням, відповідно до вітрового району будівництва.

Сейсмічні навантаження задаються аналогічно з вітровими.

3.2.3. Модель будинку у програмі «КОМПОНОВКА»

Побудова моделі будівлі виконується на основі схеми отриманої з програми AutoCAD. Спочатку створюється типовий поверх, додаються перегородки та задаються навантаження. Потім цей поверх копіюється на потрібну кількість поверхів, відповідно до завдання (в моєму випадку 19 поверх). В кінці додається технічний поверх, висота якого 2.8 м.



Рис. 3.5. Тривимірна модель будівлі з двох видів

Після виконання проектування, програмними засобами створюється скінченно-елементна модель будівлі, на основі якої виконується обрахунок.

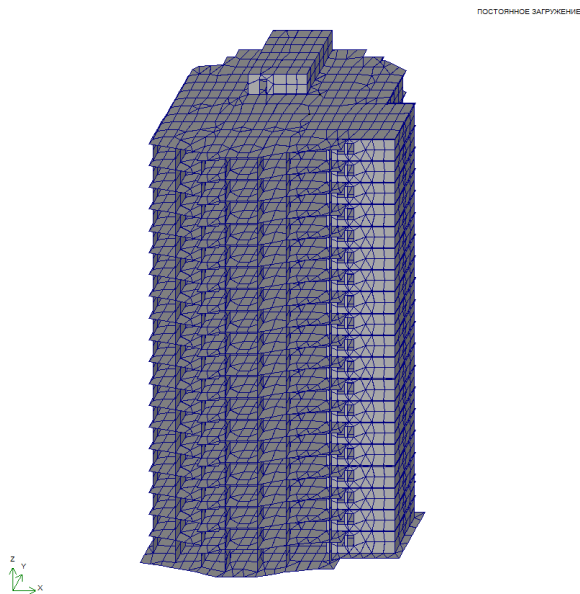


Рис. 3.6. Скінченно-елементна модель будівлі

3.2.4. Результати розрахунку у програмі «КОМПОНОВКА»

Після розрахунку будівлі в програмі Компонівка відбувається перегляд та аналіз результатів розрахунку, а саме епюр зусиль, мозаїок переміщень та напружень.

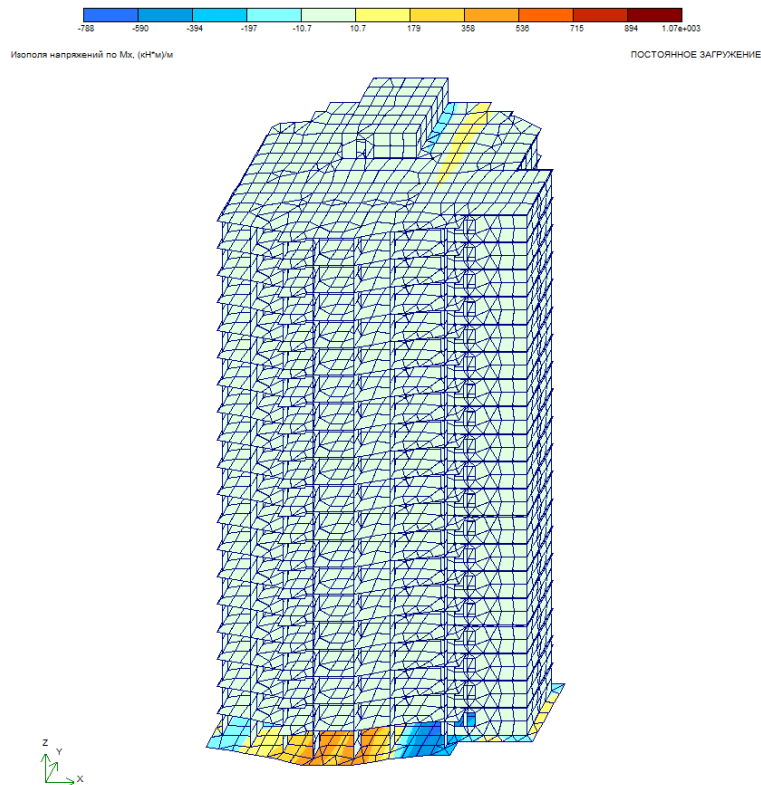


Рис 3.7. Ізополя напруження в будівлі по M_x

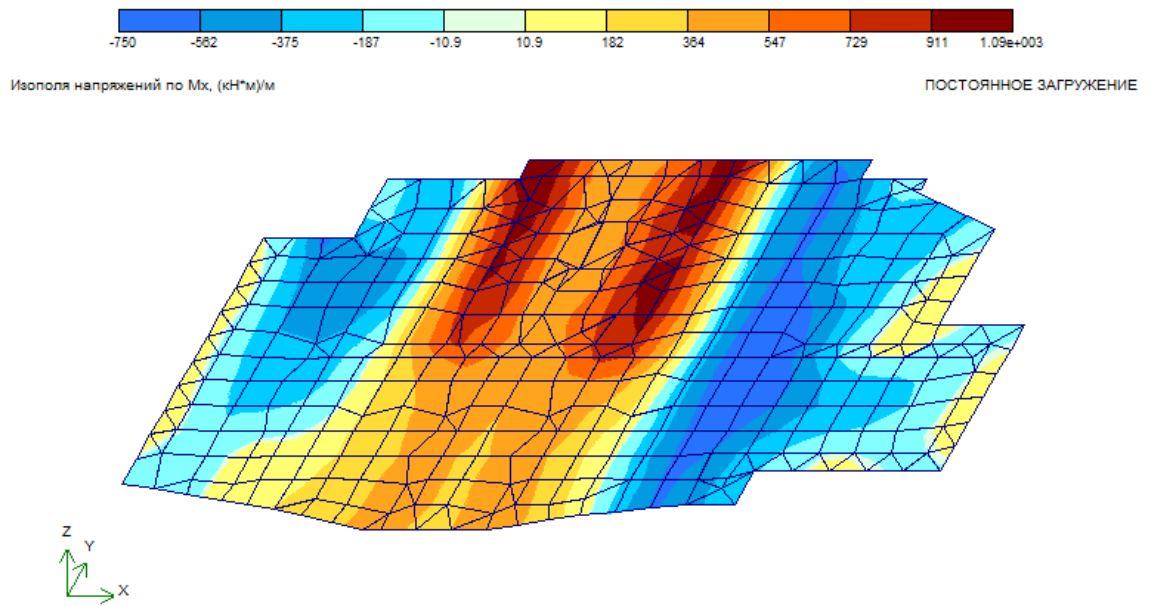


Рис 3.8. Изополю напряження в фундаментній плиті по M_x

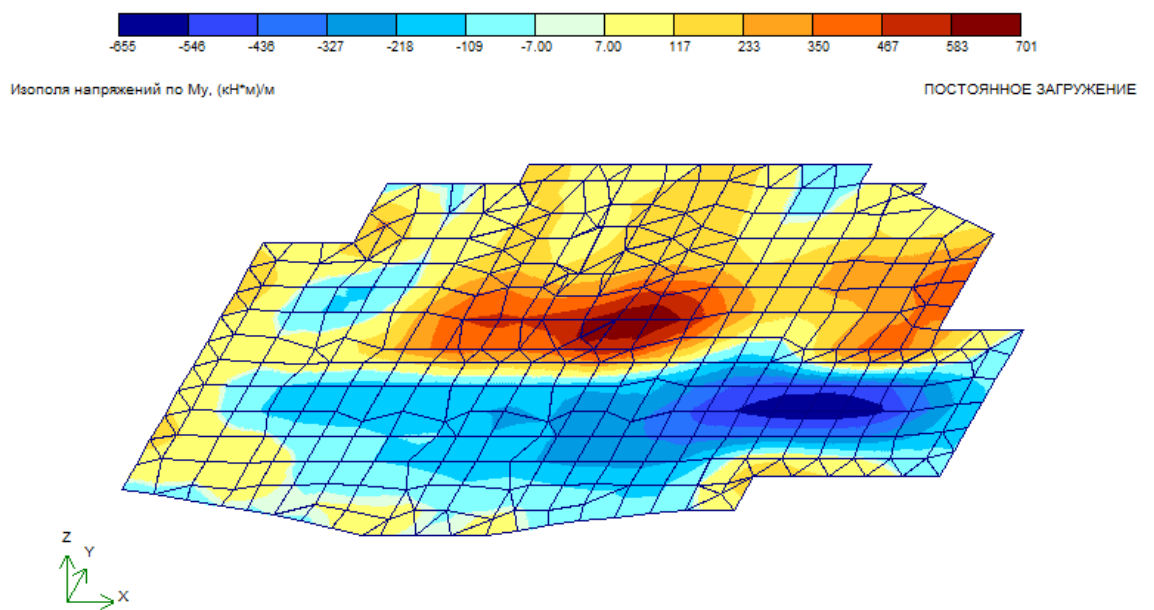


Рис 3.9. Изополю напряження в фундаментній плиті по M_y

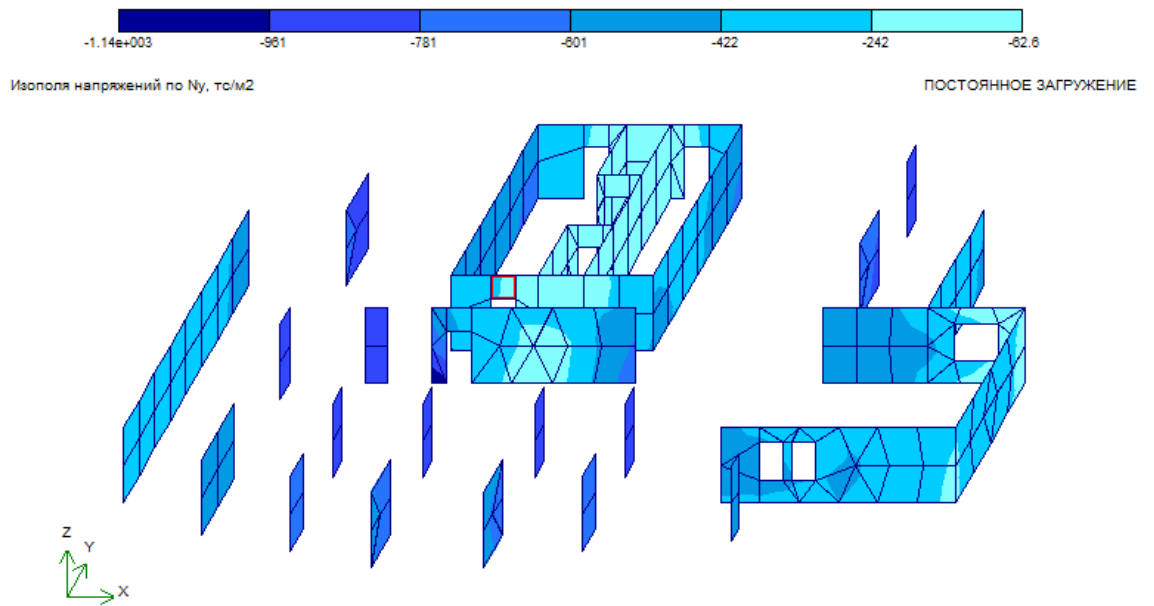


Рис 3.10. Изополя напряження в несучих стінах першого поверху по N_y

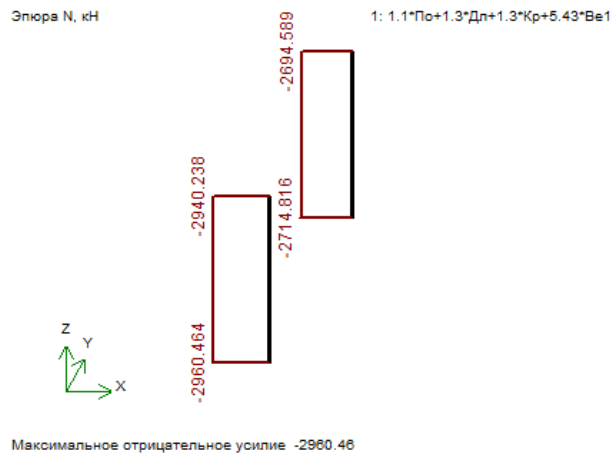


Рис 3.11. Епюри повздовжніх зусиль N в колонах першого поверху

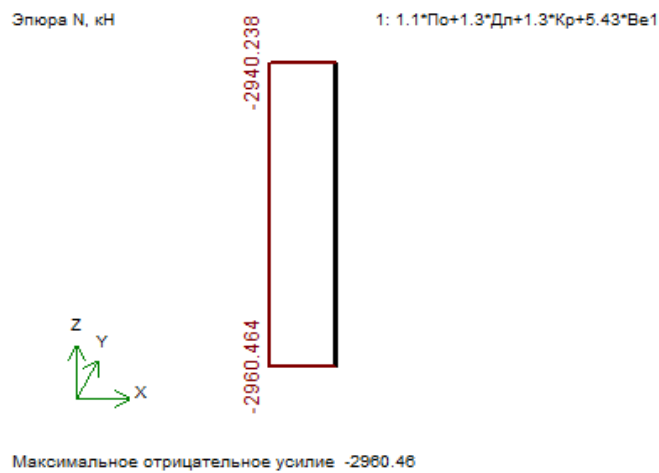


Рис 3.12. Епюра повздовжніх зусиль N в колоні 1_1 першого поверху по першому сполученню зусиль

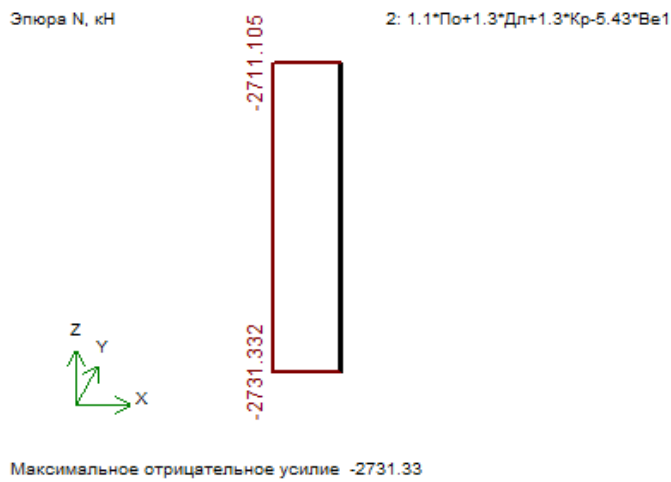


Рис 3.13. Епюра повздовжніх зусиль N в колоні 1_1 першого поверху по другому сполученню зусиль

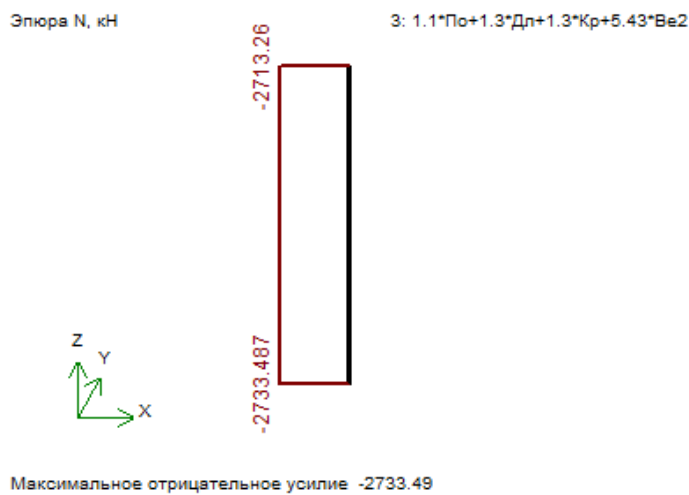


Рис 3.14. Епюра повздовжніх зусиль N в колоні 1_1 першого поверху по третьому сполученню зусиль

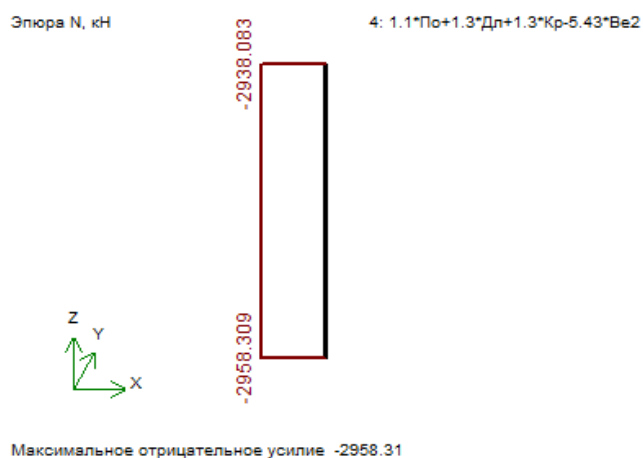


Рис 3.15. Епюра повздовжніх зусиль N в колоні 1_1 першого поверху по четвертому сполученню зусиль

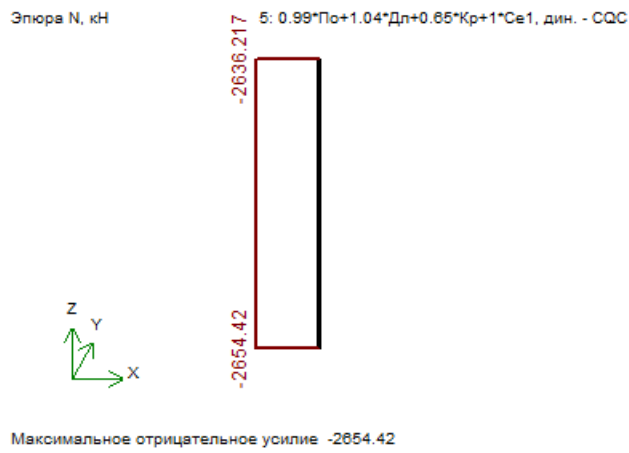


Рис 3.16. Епюра повздовжніх зусиль N в колоні 1_1 першого поверху по п'ятому сполученню зусиль

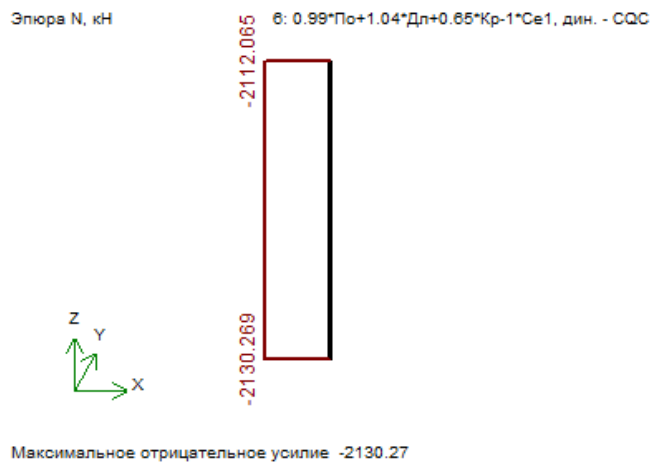


Рис 3.17. Епюра повздовжніх зусиль N в колоні 1_1 першого поверху по шостому сполученню зусиль

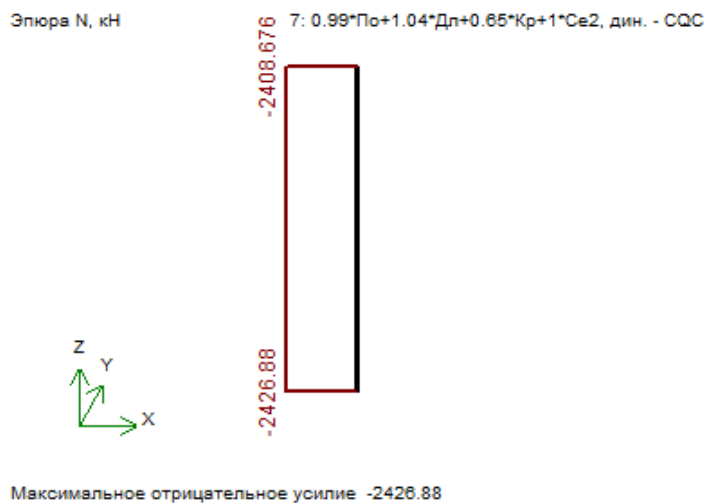


Рис 3.18. Епюра повздовжніх зусиль N в колоні 1_1 першого поверху по сьомому сполученню зусиль

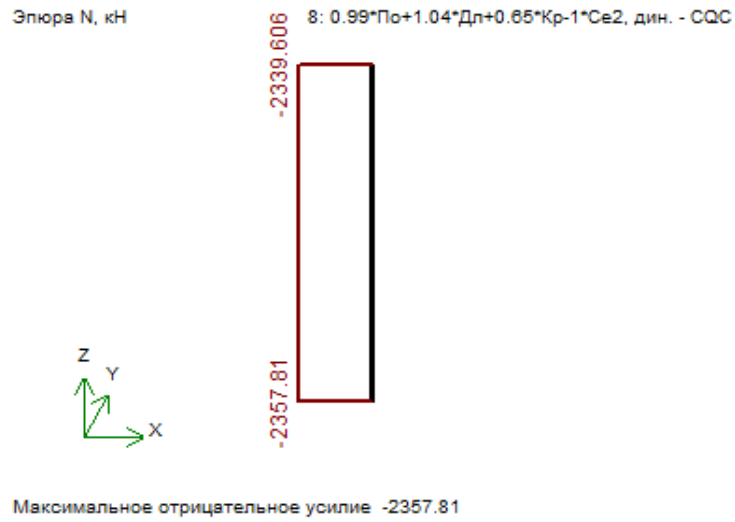


Рис 3.19. Елюра повздовжніх зусиль N в колоні 1_1 першого поверху по восьмому сполученню зусиль

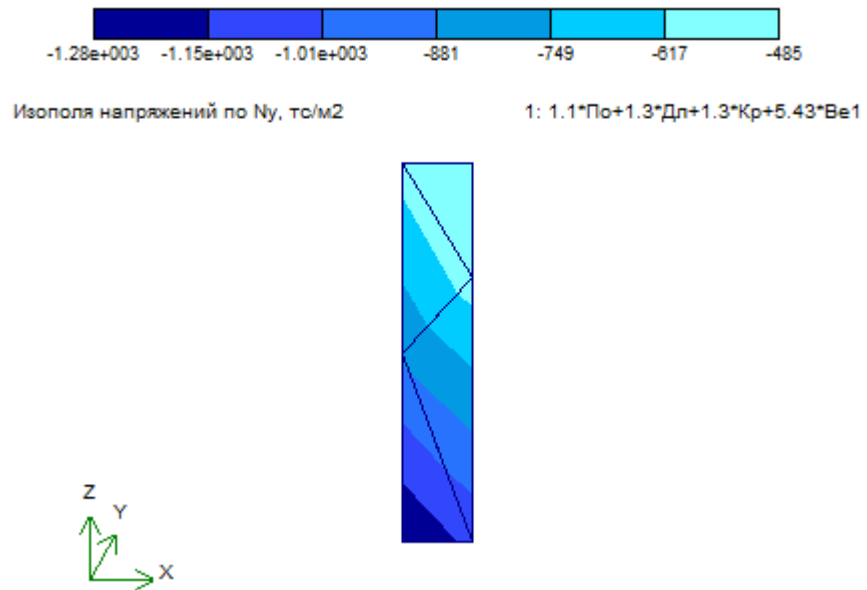


Рис 3.20. Изополя напряжень по N_y в несучій стіні першого поверху по першому сполученню зусиль

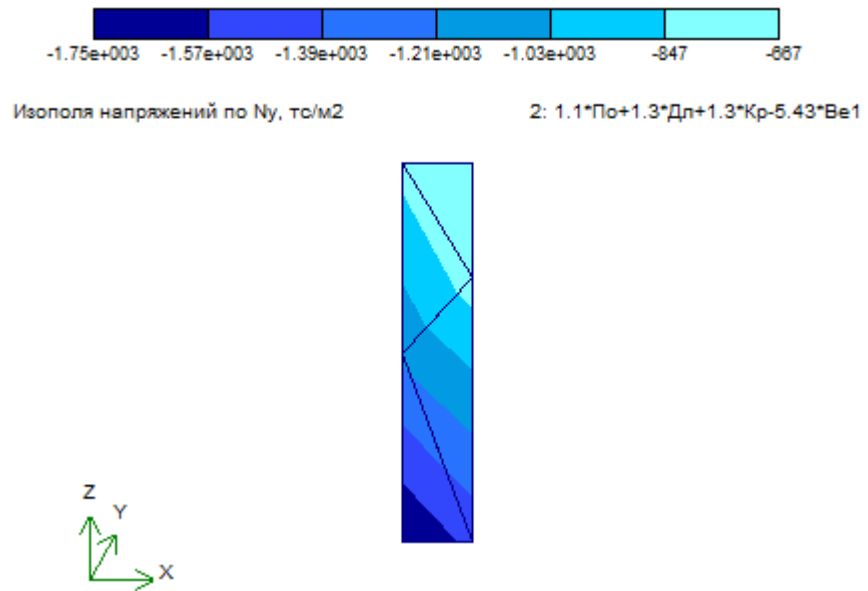


Рис 3.21. Изополю напряжень по N_y в несучій стіні першого поверху по другому сполученню зусиль

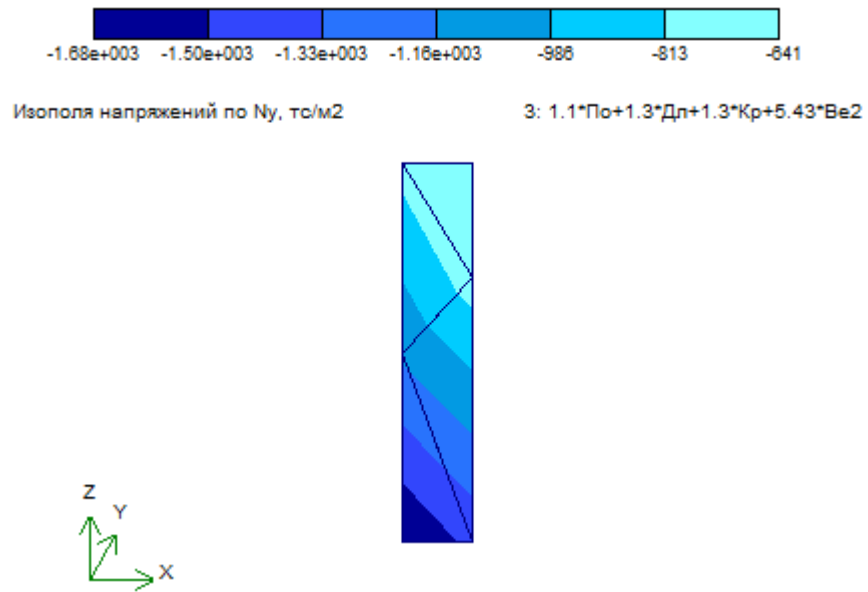


Рис 3.22. Изополю напряжень по N_y в несучій стіні першого поверху по третьому сполученню зусиль

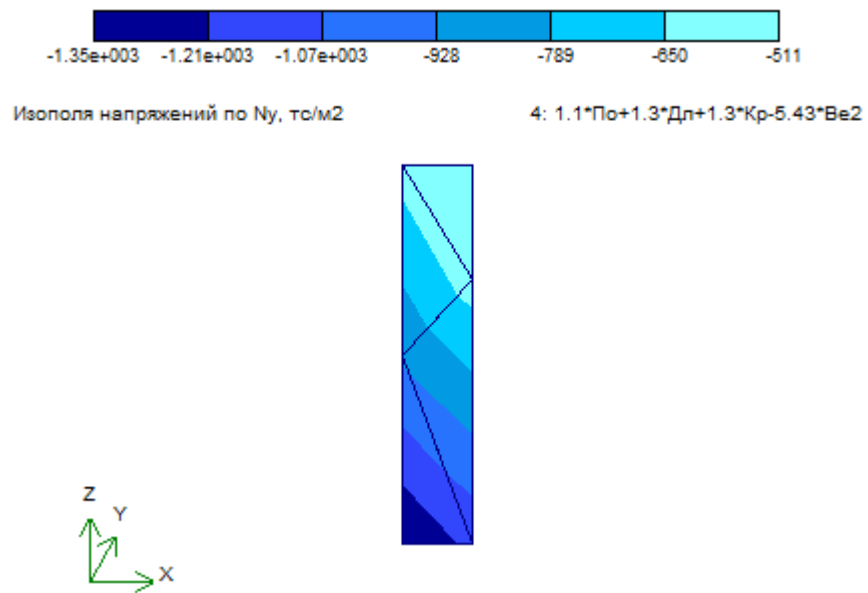


Рис 3.23. Изополя напряжень по N_y в несучій стіні першого поверху по четвертому сполученню зусиль

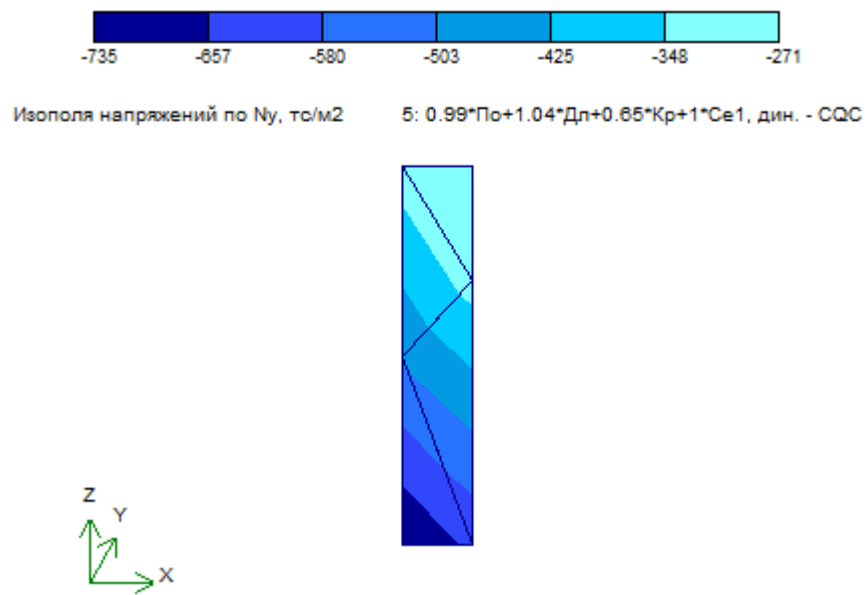


Рис 3.24. Изополя напряжень по N_y в несучій стіні першого поверху по п'ятому сполученню зусиль

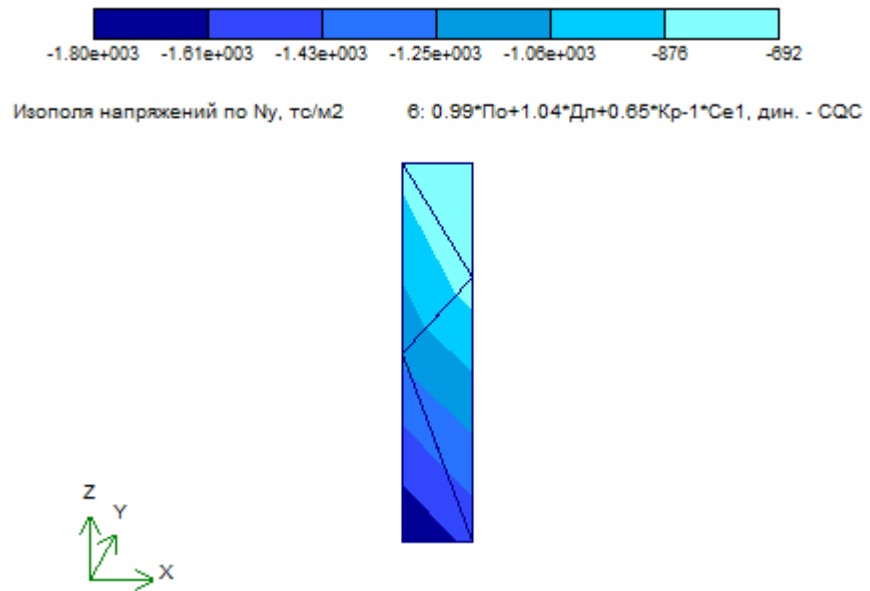


Рис 3.25. Изополю напряжень по N_y в несучій стіні першого поверху по шостому сполученню зусиль

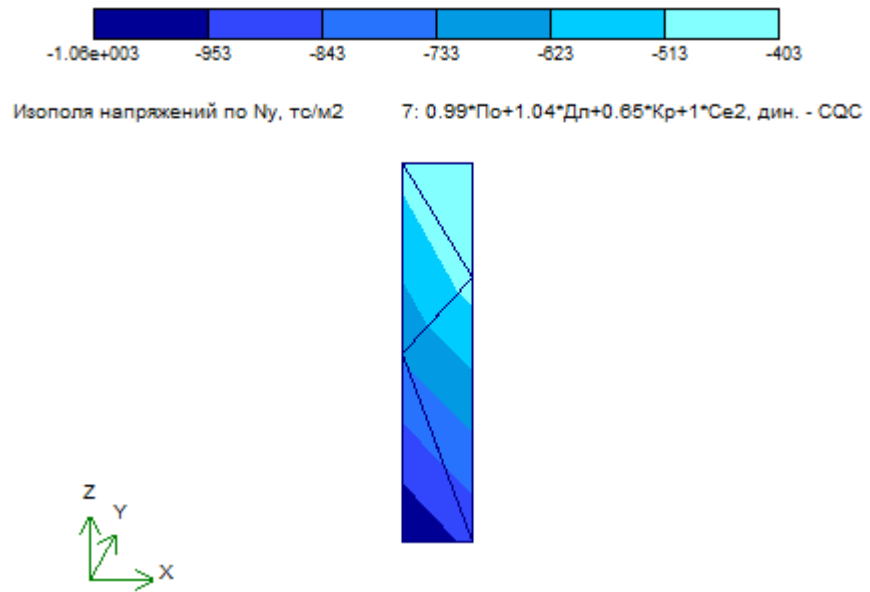


Рис 3.26. Изополю напряжень по N_y в несучій стіні першого поверху по сьомому сполученню зусиль

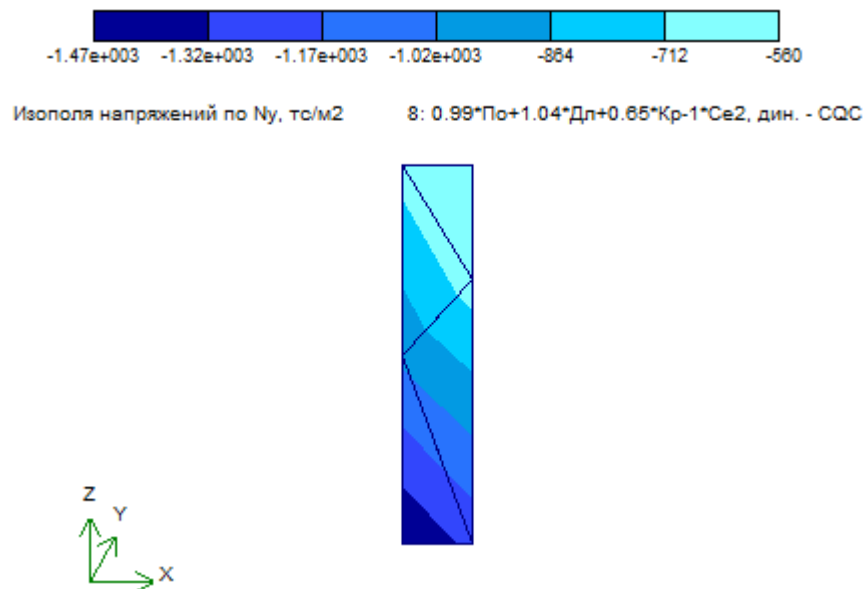


Рис 3.27. Ізополя напружень по N_y в несучій стіні першого поверху по восьмому сполученню зусиль

3.3. Ефективність методу аналогії для розрахунку плит перекриття

Використання аналогії між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, буде зменшувати кількість рівнянь методу скінченних елементів при розрахунку багатоповерхового будинку із монолітними залізобетонними перекриттями [28].

Оскільки будівля, окрім плит перекриття, має стіни та колони, то корисним буде принцип фрагментації.

Під фрагментацією будемо розуміти виділення з конструкції певної її частини в цілях подальшого включення в розрахункову схему тільки цієї виділеної частини конструкції, званої фрагментом. В нашому випадку фрагментом є плита перекриття. Ми будемо аналізувати наступну двоетапну процедуру [26]:

- нехтуючи локальними особливостями конструктивного рішення, будується розрахункова схема повної конструкції в першому наближенні,

яка дає можливість оцінити напружено-деформований стан об'єкта в цілому, і виконується її розрахунок;

- виділяється фрагмент конструкції, до цього фрагменту прикладаються сили, безпосередньо прикладені до виділеної частини конструкції. Повна межа фрагмента Γ утворюється об'єднанням двох частин: $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2$, де Γ_1 -частина кордону фрагмента (яка може бути і нульовою), що є одночасно і кордоном повної розрахункової схеми, тоді як Γ_2 - частина кордону фрагмента, утворена при його виділенні з повною конструкції і не є кордоном повної конструкції.

Крайові умови фрагмента на кордоні Γ_1 , успадковують відповідні крайові умови повної конструкції на тому ж кордоні. Що стосується крайових умов на Γ_2 , то тут можливі наступні три варіанти: постановка статичних крайових умов на Γ_2 , постановка кінематичних крайових умов на Γ_2 , постановка змішаних крайових умов на Γ_2 [28].

Якщо на Γ_2 ставляться статичні крайові умови, то це означає, що до даної кордоні фрагмента прикладаються в якості зовнішніх сил зусилля взаємодії між фрагментом і відкинутої частиною повної конструкції - реакції, отримані при відкиданні решті частини конструкції. Якщо на Γ_2 ставляться кінематичні крайові умови, то ця межа повністю закріплюється від всіх зміщень, а зовнішні впливи на фрагмент поповнюються заданими на Γ_2 переміщеннями, величини яких визначені раніше з розрахунку загрубленню розрахункової схеми. При змішаних крайових умовах вздовж кордону фрагмента Γ_2 прикладаються частково силові, частково - кінематичні зовнішні воздействия [26].

Далі фрагмент розраховується з використанням більш детальної розрахункової схеми, і з отриманого таким чином рішення використовується та частина, яка відноситься до точок, розташованих на деякій відстані від меж фрагмента.

Такий підхід узгоджується з практикою вибору серії розрахункових схем для аналізу різних особливостей поведінки конструкції, але він

вимагає певної інтуїції і досвіду для виключення небезпеки, пов'язаної з наявністю неусувною похибки рішення затрубленого завдання. Представлений нижче аналіз можливого походження похибки повинен полегшити вибір рішень для розраховувача.

Зупинимося спочатку на разі постановки чисто статичних крайових умов на кордоні Γ_2 .

При розрахунку фрагмента вздовж кордону Γ_2 в якості крайових умов задаються зусилля взаємодії між фрагментом і відкидаємо частину конструкції (для спрощення міркувань, будемо вважати, що мова йде про плоску задачу теорії пружності), тобто в якості нормальних p^n і дотичних p^t до Γ_2 зовнішніх для фрагмента сил покладемо [26]

$$p^n(s) = \sigma^{ij} n_i n_j, p^t(s) = \sigma^{ij} n_i t_j$$

де σ^{ij} - компоненти тензора напружень в точках кордону Γ_2 , n_i - компоненти одиничного вектора зовнішньої нормалі до границі Γ_2 (зовнішньої для фрагмента), t_j -компоненти одиничного дотичного до Γ_2 вектора (тут мається на увазі, як зазвичай, підсумовування по повторюваним індексам).

Якщо в якості тензора σ взяти тензор напружень σ з точного рішення повною завдання, то тоді при розрахунку фрагмента яким завгодно методом похибка аналізу фрагмента буде визначатися виключно похибкою обраного методу розрахунку - в нашому випадку це буде похибка, що наводиться методом скінченних елементів на сітці кроком h . Однак, тензор нам невідомий, тому при постановці статичних крайових умов на Γ_2 замість σ в приймається його наближення, в якості яких береться рішення повної задачі на крупній сітці H , тобто покладається $\sigma = \sigma_H$. У результаті вже в постановку задачі розрахунку фрагмента вноситься фатальна похибка у вигляді «шуму» по статичним крайовим умовам на Γ_2 [26, 28]

$$\Delta p^n(S) = (\sigma_*^{ij} - \sigma_H^{ij})n_i n_j, \Delta p'(S) = (\sigma_*^{ij} - \sigma_H^{ij})n_i t_j$$

Оскільки виділення фрагмента здійснюється по лініях розрізу повної конструкції (це $i \in \Gamma_2$), де не передбачаються високі градієнти на напруженого стану i , отже, точність рішення в околиці Γ_2 на грубій сітці досить висока, то шум в крайових умовах буде незначним і мало вплине на рішення для фрагмента [26].

Для спрощення міркувань обмежимося випадком, коли Γ_2 являє собою замкнутий контур, при цьому виділяється фрагмент не закріплений від жорстких зсувів. Оскільки контурні зусилля P_* так само як і зусилля P_H врівноважують всю зовнішню навантаження, що припадає на виділений фрагмент, то звідси випливає, що компоненти «шумових» контурних сил $\Delta p^n(s)$ і $\Delta p'(s)$ задовольняють однорідним рівнянням рівноваги. Інакше кажучи, шум на контурі виділеного фрагмента самоуравновешен. Але самоуравноваженості шуму в крайових умовах у цілому на контурі Γ_2 мало, нам хотілося б обґрунтувати його самоуравновешенність і в локальному сенсі.

З теорії методу скінченних елементів відомо, що помилки в напругах в межах сіткового розміру H змінюють знак (звідси, до речі кажучи, слід існування особливих точок напруги, званих точками Барлоу). Якщо тепер розкласти шумові зусилля в ряд Фур'є вздовж контуру Γ_2 , то нескладно здогадатися, що головним членом у цьому розкладанні буде гармоніка з довжиною напівхвилі порядку H . А ця гармоніка якраз і є самоуравновешеною навантаженням із зоною локальної самоврівноваженості протяжністю $2H$ [25-28].

З усього сказаного вище випливає, що при розрахунку фрагмента існує прикордонна до Γ_2 зона, напружений стан в якій чутливо реагує на похибки в напруженому стані всієї конструкції, визначеному на грубій сітці. На достатньому видаленні від цієї зони, скажімо, на відстані δ від кордону Γ_2 , впливом цієї похибки можна знехтувати.

Успішна реалізація методу скінченних елементів, як і будь-якого числового методу, завжди буде пов'язана з досягненнями в проблемі вирішення систем рівнянь високих порядків. Та й сама поява електронних обчислювальних машин пояснено необхідністю вирішення систем з декількох десятків лінійних рівнянь для проблем ядерної фізики.

Історія проблеми вирішення систем рівнянь високих порядків в системі відображає весь драматизм численних помилок і знахідок фахівців на шляху реалізації чисельних методів розв'язання задач механіки і, звичайно, в першу чергу метод скінченних елементів [28].

В кінці 50-х рр. ХХ ст. з'явилися перші програми, які вирішували кілька десятків лінійних рівнянь за кількахвилин (тоді був реалізований метод Гауса, та й зараз метод винятків - це практично основа всіх численних модифікацій) і здавалося, що проблема закрита, так як порівняння проводилися з можливостями ручного рахунку. Дослідним шляхом було виявлено, що фахівець на клавішних автоматах з хорошою організацією перевірок може вирішити систему до 18 рівнянь. Для цього було потрібно декілька днів, а подальше збільшення кількості рівнянь призводило практично до неможливості їх вирішення через непереборного наростаючого каскаду помилок (людський фактор!).

Ейфорія швидко пройшла, так як з'явилися алгоритми складання рівнянь, і відразу ж з'явилася необхідність вирішення систем з декількох тисяч рівнянь. Для тих часів це була величезна, вражаюча враження фахівців величина, а для слабких електронних обчислювальних машин того часу це вже стало проблемою.

Відразу ж з'явилися прийоми для зменшення кількості обчислень в першу чергу використання симетрії, (прерогатива варіаційних методів) і стрічкової структури матриці.

Спочатку мінімізація ширини стрічки досягалася за рахунок використання різних рекомендацій за «ручної» нумерації вузлів. Наприклад, у випадку «витагнутої» конструкції нумерацію доцільно проводити послідовно по вузькій смузі. Потім при появі автоматичної триангуляції почали використовувати методи дозволяють проводити автоматично мінімізацію ширини стрічки.

Багато робіт було присвячено використанню специфіки апаратної реалізації арифметичних дій метод обходу нулів, заснованих на заміну у ряді випадків арифметичних операцій більш швидкими «логічними», мінімізація звернень до зовнішньої пам'яті, заснована на груповому виключення невідомих і т.п. Зараз, коли часто використовуються комп'ютерні моделі конструкцій, що включають більше 1 млн. невідомих переміщень з'явилася нова проблема подолання поганої обумовленості матриці.

Для зменшення впливу поганої обумовленості існує кілька прийомів: вибір сприятливої форми скінченних елементів, виключення елементів з дуже великою або дуже маленькою жорсткостями порівняно з більшістю прийнятих елементів, послідовність нумерації вузлів. Так відомо, що при локалізованій області вузлів з накладеними зв'язками, вузли цієї області слід нумерувати останніми, тобто проводити нумерацію вузлів починаючи з найбільш слабкою (в сенсі жорсткостей із зв'язків) до більш жорсткої.

В даний час є багато прямих і ітераційних методів рішення систем лінійних рівнянь високих порядків (профільні, фронтальні, багато фронтальних, багатосіткових, агрегатні) в тій чи іншій мірі спрямованих на подолання проблеми поганої обумовленості матриці і великих витрат часу. Всі ці методи можна розділити на прямі (заздалегідь відомо кількість обчислень, але невідомо яка точність буде досягнута) ітераційні (задається точність, яку треба досягти, але невідомо кількість обчислень для

досягнення цієї точності і взагалі немає гарантії, що ця точність буде досягнута).

Практично всі прямі методи засновані на методі виключення Гауса. Загальною ідеєю більшості ітераційних методів для вирішення рівнянь $Ku = P$ є побудова деякої позитивно певної матриці B .

У матриці B , на кожному кроці вирішується лінійна система рівнянь $BV_n = H - Ku_n$, по знайденому V_n , визначається u_{n+1} . Матриця B , повинна бути такою, щоб система $Bv = Q$ вирішувалася значно швидше вихідної.

У певному сенсі прикладом таких методів може служити метод Зейделя, добре відомий і застосовувався досить часто в до комп'ютерному періоді. Для методу Зейделя матриця B представляється діагональною складеною з діагональних членів матриці K , а $U_{n+1} = V_n + U_n$. Процес продовжується до тих пір, поки значення вектора V_n , буде лежати в межах заданої точності.

Для промислових програм дають можливість розрахувати конструкцію на багато завантажень або побудувати і дослідити «нелінійні» комп'ютерні моделі, безумовно, краще прямі методи, так як вони припускають одержання триангульованої матриці, а потім швидку обробку прямим і зворотним ходом численних стовпців вільних членів.

Для деяких нелінійних задач застосування методу Біргера (спрощений метод Ньютона) зумовлює кілька сотень прямих і зворотних ходів для стовпців вільних членів. Звичайно, в цих випадках ітераційні методи мало придатні [28].

Серед прямих методів, безумовно, виділяються своєю доцільністю сучасні методи вирішення розріджених матриць і класичний метод суперелементів [28].

У табл. 3.1 наведено кількість невідомих методу скінченних елементів при розрахунку плити перекриття у програмі ПЛИТА з кроком триангуляції 0,5 м та при розрахунку цієї ж конструкції у вигляді плоскої задачі теорії пружності.

Таблиця 3.1

Кількість невідомих для плити перекриття

| Задача | Кількість невідомих |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Плити перекриття (програма ПЛИТА) | 13351 |
| Плоска задача теорії пружності | 5548 |

У випадку плоскої задачі кількість невідомих на 58,4% менша (див. табл. 3.1).

У табл. 3.2 наведено загальну кількість невідомих методу скінченних елементів при розрахунку будівлі з кроком триангуляції для плит та стін 0,5 м у програмі КОМПОНОВКА та при розрахунку будівлі із виділенням монолітних залізобетонних плит перекриття в окремі фрагменти, які розраховуються у вигляді плоскої задачі теорії пружності.

Кількість невідомих методу скінченних елементів для варіанту розрахунку розрахунку будівлі із виділенням монолітних залізобетонних плит перекриття в окремі фрагменти, які розраховуються у вигляді плоскої задачі теорії пружності, визначалася за формулою:

$$N = N_K - nN_{sl} + n_1N_P,$$

де N_K - загальна кількість невідомих методу скінченних елементів при розрахунку будівлі з кроком триангуляції для плит та стін 0,5 м у програмі КОМПОНОВКА; n - кількість поверхів; N_{sl} - кількість невідомих методу

скінченних елементів при розрахунку монолітної залізобетонної плити перекриття в програмі ПЛИТА; n_1 – кількість типів плит перекриття відповідно до геометрії та/або прикладених навантажень; N_p - кількість невідомих методу скінченних елементів при розрахунку монолітної залізобетонної плити перекриття у вигляді плоскої задачі теорії пружності.

$$N = 314473 - 16 \times 13351 + 1 \times 5548 = 106405.$$

Таблиця 3.2

Кількість невідомих для будівлі

| Задача | Кількість невідомих |
|--|---------------------|
| Будівля (програма КОМПОНОВКА) | 314473 |
| Будівля (програма КОМПОНОВКА – плити виділені у суперелементи) | 131408 |
| Будівля (плити перекриття – фрагменти плоскої задачі теорії пружності) | 106405 |

При виділенні плит перекриття в окремі фрагменти, які розраховуються у вигляді плоскої задачі теорії пружності, загальна кількість невідомих зменшується на 58,2% у порівнянні з розрахунком у програмі КОМПОНОВКА та на 19% у порівнянні з розрахунком у програмі КОМПОНОВКА (плити виділені у суперелементи).

3.4. Технологія будівництва монолітно-каркасного будинку

Згідно з нормами тривалості будівництво об'єкта здійснюється у два періоди: підготовчий та основний.

До початку основних будівельно-монтажних робіт на будівництві необхідно провести підготовчі роботи, які включатимуть:

- вакансія будівельного майданчика для подальших робіт підготовчого періоду (розчищення території, знесення існуючих будівель тощо);

- видалення родючого шару ґрунту, зберігання його у спеціально відведених місцях для подальшого використання для меліорації земель при озелененні та озелененні;

- вертикальне планування будівельного майданчика;

- дренажування в необхідних випадках (штучне дренажування) рівня підземних вод;

- прокладка нових інженерних мереж;

- місця підключення тимчасових інженерних мереж до існуючих мереж із зазначенням джерел забезпечення будівельного майданчика електроенергією, водою, освітленням, протипожежним водопостачанням, засобами пожежогасіння, сигналізації та зв'язку з інженерних мереж, необхідних на період будівництва;

- облаштування постійних та тимчасових внутрішніх доріг, під'їздів.

- будівництво доріг, які будуть використовуватися як тимчасові, повинно забезпечувати рух будівельної техніки та транспортування максимальної ваги та габаритів будівельних навантажень;

- огороження будівельного майданчика з організацією контрольно-пропускного пункту;

- розміщення тимчасових (інвентарних) будівель та споруд виробничого, допоміжного, санітарно-побутового та громадського призначення, облаштування складських приміщень та приміщень для матеріалів, конструкцій та обладнання;

- майданчики агрегатного складання конструкцій;

3.4.1. Організаційно - технологічна схема будівництва підприємства

Організаційно-технологічна схема будівництва базується на потоковому методі організації будівництва.

- Планується застосовувати комбіновану схему розвитку спеціалізованих потоків:

- земляні роботи (видалення родючого шару ґрунту та влаштування інженерних мереж);

- забивання палів;

- облаштування монолітних фундаментів та їх засипка;

- зведення надземної частини: облаштування колон, встановлення перекриття та покриття конструкцій, сходових клітин;

- монтаж покрівлі;

- виконання внутрішніх інженерних та електромонтажних робіт;

- оздоблювальні роботи;

- благоустрій території;

- У підготовчий період необхідно виконати вишукувальні геодезичні роботи відповідно до СНиП 3.01.03-84.

3.4.2 Підготовка будівельного виробництва

До початку підготовчих робіт на об'єкті Замовник повинен отримати дозвіл на виконання цих робіт від Державного архітектурно-будівельного контролю, подати Будгенплан та належним чином оформлені документи, необхідні для його повного використання (якщо інше не передбачено договором).

Приступати до роботи дозволяється після підготовчих робіт, а саме:

- тимчасове огороження будівельного майданчика (охоронне, захисне та сигналізаційне);
- забезпечення споруди пожежним водопостачанням, засобами пожежогасіння та зв'язку;
- встановлення приміщень для побутових та складських потреб. Завершення підготовчих робіт в обсязі, що забезпечує будівництво об'єкта, має бути підтверджено Актом, складеним замовником та підрядником та представниками Державного нагляду за охороною праці за формою, наведеною в ДБН А.3.1-5: 2009 " Організація будівельного виробництва "
- . - встановлення тимчасової огорожі навколо будівель;
- встановлення тимчасових мереж електропостачання та водопостачання.
- розробити ПВР;

3.4.3. Організація будівельного майданчика

- Організація будівельного майданчика та робочих місць повинна забезпечувати безпеку праці на всіх етапах робіт.
- На будівельному майданчику необхідно розмістити відповідними знаками та вписати небезпечні ділянки для робітників.
- Весь будівельний майданчик обгороджений суцільною огорожею заввишки 2-2,5 м (Схема представлена на кошторисному плані)
- Під'їзди до будівель повинні мати суцільні дерев'яні дахи на всю ширину входу та на відстані не менше 2 м від стіни будинку.
- Усі робочі місця та проходи до них на висоті 1,3 м і більше повинні бути огорожені тимчасовою огорожею.

- Місця виробництва робіт повинні бути забезпечені плакатами із заходами безпеки, що відповідають даному виду робіт;

- Проїзди, проїзди, місця зберігання будівельних матеріалів та виробництва робіт повинні бути очищені від будівельного сміття, взимку

- від снігу.

- У закладі необхідно виділити приміщення або місце для аптечок з ліками та надання першої допомоги постраждалим.

- Зони небезпеки повинні бути позначені знаками безпеки та написами встановленої форми.

- Захисні бар'єри повинні бути встановлені в зонах постійних небезпечних виробничих факторів, а також зони потенційно небезпечних виробничих факторів.

- сигнальні бар'єри або знаки безпеки.

- Будівельний майданчик обгороджений існуючим парканом, щоб виключити доступ сторонніх осіб. Конструкція огорожень повинна відповідати вимогам ГОСТ 23407-78 "Огорожі інвентарні будівельні майданчики та майданчики виробництва будівельно-монтажних робіт". Огородження в місцях масового проходу людей потрібно обладнати безперервним захисним піком.

- Будівельний майданчик, робочі місця, під'їзні шляхи та підходи до них у темний час доби повинні бути освітлені відповідно до вимог ГОСТ 12.1.046-85 "ДСТБ. Будівництво. Норми освітлення будівельних майданчиків". Освітленість повинна бути рівномірною, без сліпучого впливу освітлювальних приладів на робітників. Виконання робіт у неосвітлених приміщеннях не дозволяється.

Підключення тимчасового живлення здійснюється від лінії електропередачі 0,4 кВ. У місці підключення (в межах будівельного майданчика) встановлюється вхідно-розподільний пристрій для обліку електроенергії, спожитої під час проведення будівельно-монтажних робіт. Прокладання мереж та з'єднань повинно відповідати вимогам ДСТУ Б А.3.2-13: 2011 "Будівництво. Електрична безпека".

- Біля входу на будівельний майданчик повинна бути встановлена схема руху транспорту. Швидкість руху транспортних засобів поблизу місця роботи не повинна перевищувати 10 км / год на прямих ділянках та 5 км / год - на поворотах.

- При від'їзді від об'єкта автотранспорту передбачена платформа для чищення (миття) коліс. - Заходи з електробезпеки на будівельному майданчику, робочих майданчиках та робочих місцях виконувати відповідно до вимог ГОСТ 12.1.013-78.

- Межі зон небезпеки поблизу місць рухомих частин та робочих органів машин визначаються відстанню 5 м, якщо інших вимог немає в паспорті виробника.

- Ширина проходів до робочих місць і робочих місць повинна бути не менше 0,6 м, а висота проходів при освітленні - не менше 1,8 м.

Для тимчасового водопостачання будівельного майданчика для техніко-технологічних потреб планується прокласти тимчасовий водопровід від проектованої свердловини до місць встановлення споживачів технічної води. Для побутових потреб планується побудувати окрему тимчасову систему водопостачання від артезіанської свердловини, яка призначена до місць встановлення тимчасових побутових приміщень.

На час свердловин передбачається використовувати імпортовану воду з автоцистерн. Розведення тимчасового водопостачання на будівельному майданчику здійснюється за допомогою сталевих водогазопровідних труб

D50, прокладених у землю на глибині нижче рівня сезонного промерзання ґрунту, що становить від 1,0 м до 1,2 м залежно від складу ґрунту та водонасиченості.

Вода скидається з колісних шайб у дренажну свердловину (вигрібну яму). У міру заповнення свердловини вона відкачується вакуумним стовбуром.

Місця стоянки колісних кранів, обшиті збірним з.б. плити згідно з кресленням на загальному плані Буд і переставити автокран в процесі монтажу конструкцій каркаса.

3.4.4. Ведення монтажних робіт

Виконання БМР основного періоду рекомендується здійснювати трьома циклами:

1. Роботи нульового циклу.
2. Спорудження надземної частини споруд.
3. Впорядкування території.

Підготовчі роботи технологічно пов'язані з загальним потоком основних БМР об'єкту, забезпечують необхідний фронт робіт будівельним підрозділам, їх зв'язку в будівельному потоці, забезпечують застосування найбільш прогресивних методів виконання робіт: поточності, технологічно - можливого суміщення виконання окремих видів робіт, комплексної механізації робіт.

3.4.5. Земляні роботи

Земляні роботи дозволяється проводити лише після проведення підготовчих робіт:

- визначення ґрунтових кар'єрів і резервів, а також постійних та тимчасових відвалів;

- зняття і складування родючого шару ґрунту;

- відведення поверхневих вод;

- виконання геодезичних розбивочних робіт по винесенню в натуру проекту земляних споруд і встановлення відповідних розбивних знаків.

Місце розробки котловану повинно бути зачищено від стоку поверхневих вод шляхом влаштування до початку робіт тимчасових або постійних водовідвідних заходів (обгородження обвалуванням, водовідвідні канали з нагірної сторони, влаштування планування, яке б забезпечило водовідвід тощо).

Земляні роботи починаються з рекультивації рослинного шару, включаючи зняття рослинного шару товщиною 20 см бульдозером Д-686, завантаження ґрунту котловану екскаватором ЕО-3322 в автосамоскид МАЗ-503Б та вивіз в відвал для наступного його використання на упорядкування території по закінченню будівництва. В важкодоступних місцях ґрунт розробляється вручну. Зачищення дна котловану та траншей проводити вручну перед влаштуванням фундаментів.

Зворотне засипання котловану проводиться відразу після закінчення робіт по влаштуванню фундаментів бульдозером ДЗ-42. Пазухи засипають ґрунтом оптимальної вологості. Ущільнення зв'язних ґрунтів і обернених засипок необхідно виконувати пошарово катками на пневматичних шинах ТР-4.

При цьому кожний ущільнюючий прохід повинен перекривати слід попереднього на 0,1-0,2 м.

3.4.6. Вказівки по влаштуванню фундаментів по пальях

До початку виробництва викликати на місце представників існуючих інженерних комунікацій та виконати їх вказівки по охороні або переносу цих комунікацій.

Земляні, палебойні монтажні роботи виконувати тільки після прийняття всіх заходів по запобіганню нещасних випадків, які можуть відбутися внаслідок пошкодження інженерних комунікацій.

До початку робіт виконати зрізку родючого шару ґрунту в межах споруди та зберегти його для рекультивації в подальшому.

Проектом передбачається влаштування пальового поля під стіни та колони з забивних залізобетонних паль.

Для забезпечення стійкості основи при пересуванні копра перед забивкою паль виконати тимчасові шляхи зі дорожніх плит. Відхилення паль від їх проектного положення в плані не повинно перевищувати:

- а) поперек осі пальового ряду - 6 см;
- б) вздовж осі - 9,0 см;
- в) для крайніх паль куца - 6 см

Контроль за планово-висотною розбивкою паль, фактичним положенням паль. Процесом забивки має вести технічний нагляд.

При всьому процесі виконання пальового поля має вестися відповідна технічна документація (акти, журнали робіт та випробувань тощо).

Остаточне приймання пальового поля має відбутися в присутності представника проектної організації замовника, технагляду та підрядника, про що скласти відповідний акт.

Необхідно виконати випробування паль.

Відповідно до вимог чинних норм першими потрібно забивати контрольні палі. При забиванні цих палей виконувати реєстрацію кількості ударів на кожний метр занурення. На останньому метрі занурення палі виконуються заміри відмов не менше ніж по трьох послідовних залагах з точністю до 1 м. За відмову, що відповідає розрахунковій слід прийняти мінімальне значення середніх відмов вирахованих окремо.

Паля яка не дала розрахункової відмови, має бути контрольною добита після її "відпочинку" в ґрунті. Якщо відмова палі після "відпочинку" буде перевищувати розрахункову, викликати на місце представника проектною організацією для прийняття рішення.

Максимально необхідна енергія удару - 4350 кгс/м. Рекомендується застосування трубчатих дизель молотів С949. Під ростверки влаштувати бетонну підготовку товщиною 100мм з бетону кл.В7.5 по ущільненому ґрунті.

3.4.7. Виконання монолітних робіт

(ростверки, бетонна підлога, перекриття).

Монолітні конструкції необхідно виконати в наступній послідовності:

- опалубка і роботи пов'язані з її влаштуванням повинні виконуватися згідно з вимогами.

- при армуванні плити необхідно керуватися вказівками. Арматурна сталь надходить на будівельний майданчик окремими стрижнями. Армування виконується окремими стержнями за допомогою в'язального дроту.

- перед бетонуванням опалубка повинна бути очищена від сміття та бруду, арматура – від іржі. Щілини опалубки повинні бути зароблені, а поверхня змочена. Спускання бетонної суміші не повинна бути вищою за 2 м.

При вкладанні бетонної суміші необхідно дотримуватися наступних правил:

- під час бетонування стан опалубки повинен знаходитися під неперервним наглядом;

- бетон, який вклали в жарку сонячну погоду, необхідно терміново накрити;

- під час дощу бетонна суміш повинна бути захищена від попадання води;

- в місцях, де арматура і опалубка перешкоджають ущільненню бетонної суміші вібраторами, її необхідно додатково ущільнювати штикуванням;

- в процесі бетонування та по закінченню його приймають міри, які б попередили зціплення з бетоном пробок та елементів тимчасових кріплень.

При бетонуванні конструкцій необхідно вести записи в журналах бетонних робіт.

Бетонування проводити механізованим способом за допомогою кранів, бадьями об'ємом 0,5-0,75м³ з пошаровим ущільненням глибинними вібраторами.

До початку бетонування підлоги прийняти інженерні мережі (під підлогою) по акту.

3.4.8.Монтаж металевих і збірних конструкцій

Монтаж металевих і збірних конструкцій здійснювати краном КТА-25. Всі елементи конструкцій необхідно постачати безпосередньо на місце будови поступово, по мірі потреби. Складати їх потрібно безпосередньо біля місць монтажу. Постачати ці елементи потрібно в тій послідовності, в якій вони будуть монтуватися.

Монтаж металевих і збірних конструкцій складається з наступних основних процесів:

- підготовка конструкції до піднімання;
- стропування;
- підняття і встановлення;
- тимчасове закріплення;
- вивіряння і остаточне закріплення.

Підготовлюючи до підняття конструкцію очищують від бруду, снігу, льоду, а закладні деталі від іржі.

Перевіряють розміри елемента, який монтується, а також наявність всіх необхідних рисок, вірність і надійність стропування. Конструкції оснащують монтажними навісними риштуваннями, сходами і розчалками.

Стропування і підняття конструкцій необхідно проводити із дотриманням наступних правил:

- при стропуванні елементів конструкцій сталевими канатами під останні в місцях обхвату необхідно встановлювати підкладки для того, щоб уникнути ушкодження бетону і канату;

- при підніманні необхідно застосовувати інвентарні балансировочні траверси, які допомагають виключити перенапругу елементів які монтуються і висмикування стропувальних петель;

- стропування конструкцій необхідно проводити інвентарними стропами або спеціальними захватними пристроями з автоматичними пристосуваннями, які дозволяють проводити розстроповування з кабіни крану або робочого місця монтажника.

Піднімати елементи конструкцій і переміщати їх до місця встановлення необхідно плавно, без ривків, розгойдування, обертання, з застосуванням відтяжок. Піднімання конструкцій необхідно здійснювати в два прийоми: спочатку на висоту 20-30 см, після перевірки надійності стропування здійснюють подальше підіймання.

Елементи конструкцій необхідно встановити зразу в проектне положення по осям з вивірянням по рисках без поштовху і ударів по раніше змонтованим елементам. Наведення елементів на проектні осі, необхідно проводити з допомогою монтажного механізму. Якщо неможливо виконати цю операцію монтажним механізмом, допускається виконувати для цього відтяжки і домкрати.

Встановлені елементи конструкцій до їх звільнення від захватів і стропів надійно закріплюють тимчасовими або постійними зв'язками кріплення.

Перед остаточним закріпленням встановлених конструкцій перевіряють розміщення їх в плані по висоті і вірність підготовки стиків під зварювання і заробляння, результати перевірки оформляють актом з участю представника замовника, генерального підрядника і організації, яка монтує. До акту прикладають схему замірів геометричного положення конструкцій.

Антикорозійний захист закладних деталей та зварних швів виконується в процесі монтажу.

Монтаж конструкцій проводять з додержанням наступних вимог:

- послідовності монтажу, яка б забезпечувала стійкість і геометричну незмінність змонтованої частини споруди на всіх стадіях монтажу і міцність монтажних з'єднань;
- комплектність установки конструкцій кожної ділянки споруди;

- безпеки монтажних, загально-будівельних та спеціальних робіт на об'єкті з врахуванням їх проведення по сумісному графіку.

- Монтаж технологічного обладнання (підйомники) проводиться після влаштування каркасу споруди субпідрядною організацією.

3.4.9. Кладка внутрішніх стін

До початку кладки в межах захватки виконати інструментальну перевірку горизонтальності й відміток нижче розміщених конструкцій на відповідність проектним відміткам, уточнити горизонтальну розмітку осей несучих конструкцій, розмітку прорізів та ніш.

По висоті кладку в межах поверху розбивають на три яруси. Кладка I ярусу ведеться з перекриття, а II і III яруси - із риштування в межах кожного ярусу спочатку ведеться кладка кутів і виступаючих частин будинку (холодних комор, пілястр). Прямі ділянки стін викладають під шнур натягнений між кутовими частинами споруди.

Після зведення I ярусу бригада переходить працювати на другу захватку Підготовка риштувань і матеріалів для кладки II ярусу виконується в другу зміну Кладка II ярусу ведеться в тій же послідовності, що і кладка I ярусу Додатково, при будіванні II ярусу монтують допоміжні сходові площадки і сходові марші. Кладка III ярусу ведеться після підготовки риштувань і матеріалів аналогічно кладці I-II ярусів. Додатково при будіванні III ярусу монтують перемички над прорізом.

При багаторядній перев'язки швів укладання тичкових рядів під опорні частини балок прогонів, плит перекриття й балконів є обов'язковим. При однорядній перев'язці швів допускається обпирання збірних конструкцій на ложкові ряди кладки горизонтальні і вертикальні шви кладки повинні бути заповнені розчином.

Розчини на об'єкт повинні доставляти до початку їх схоплення. Розмолочування схоплених розчинів не допускається. В випадку розшарування розчину під час перевезення його необхідно старанно перемішувати на місці робіт. Розчин доставляти на об'єкт в спеціально обладнаних машинах, через які виключається його витікання під час перевезення і завантаження в бункери, які мають пристрій для механічного перемішування. Блоки доставляють на об'єкт транспортними засобами, обладнанням і пристосуванням, які забезпечують безперебійну подачу їх на робоче місце.

Спорудження конструкцій із блоків необхідно проводити з додержанням наступних вимог:

- мурування стін в місцях взаємних перехрещень необхідно виконувати одночасно;

- в випадках змушених розривів мурування повинно виконуватися в виді похилої або вертикальної штраби. У вертикальні штраби необхідно закладати сталеві зв'язки з арматури діаметром до 8 мм на відстані до 2 м по висоті мурування, а також в рівні кожного перекриття:

- борозни, ніши, монтажні прорізи і отвори в муруванні повинні виконуватися в процесі зведення конструкцій;

- вертикальність меж кутів і горизонтальність рядів кладки повинні перевірятися не менше ніж 2 рази в кожному ярусі кладки через 0,5:0.6 м; товщина горизонтальних швів повинна бути не менше 10 і не більше 15 мм. Середня товщина горизонтальних швів в межах поверху приймається 12 мм;

- товщина вертикальних швів повинна бути в межах 8:15 мм Середня товщина 10 мм;

- різниця в висоті спорудженої кладки на суміжних захватках не повинна бути вищою висоти поверху;

- при кладці використовувати інвентарні трубчасті риштування.

3.4.10.Опоряджувальні роботи

Опоряджувальні роботи, які включають в себе тинькування, облицювання, малярні, скляні являються завершальними в загальному комплексі будівельних робіт і найбільш трудомісткими. Зниження трудомісткості опоряджувальних робіт в першу чергу повинно здійснюватися за рахунок передових методів організації робіт, максимальної механізації і дотримання технології виробництва цих робіт, максимального підвищення заводської готовності, а також застосування високоефективних матеріалів.

До початку виконання опоряджувальних робіт на об'єкті повинні бути закінчені роботи по:

- заробляння місць стикування віконних, балконних і дверних блоків з елементами огорожі, а також встановлення підвіконня - влаштування підготовки під чисті підлоги;

- влаштування гідроізоляції перекриття і стяжок під підлоги в санвузлах;

- влаштування гідроізоляції підлог;

- прокладання всіх комунікацій і їх заробляння;

- монтаж мереж електрозабезпечення, телефонізації, радіофікації і телебачення;

- зашклення світових прорізів, облицювання або тинькування стін в тому числі в місцях встановлення опалювальних приборів, газу, водопроводу і каналізації до початку їх монтажу.

Для опоряджувальних робіт застосовувати розчинонасоси, затиральні машини, електрофарбопульти, пістолети-розпилювачі. Фарбувальні матеріали постачати на об'єкт в готовому вигляді.

3.4.11.Прокладання інженерних мереж

Перед прокладанням інженерних мереж виконати розбивку трас прокладання. В місцях перетину інженерних мереж, які прокладаються, з існуючими підземними комунікаціями встановити спеціальні знаки - металеві штирі або дерев'яні кілки, які прив'язані до постійних орієнтирів (будівель, споруд). На місце розриву існуючих комунікацій викликати представників експлуатаційних організацій. Комунікації відкрити вручну за допомогою лопат, без застосування ударних інструментів. Місця відкриття огородити і встановити знаки, які вказують на призначення відкритих комунікацій.

Після розбивки трас прокладання комунікацій розмітити контури траншей (кілками, крейдою, чи вапном). Ділянки прокладання комунікацій огородити та позначити знаками безпеки.

Траншеї розробляють механізованим способом за допомогою екскаватора із зворотною лопатою. Грунт з траншей виймають у відвал. Грунт у відвалі розміщують із сторони можливого притоку води. Другу сторону траншеї залишають вільною і використовують для складування матеріалів, розташування будівельних машин, під їзду автотранспорту, виконання будівельно-монтажних робіт. Між верхньою бровкою траншеї і відвалом ґрунту залишають вільний прохід шириною не менше 0,5 м. При перетині дороги із твердим покриттям матеріали розбирання дорожнього покриття і бортове каміння складають окремо з метою повторного використання при відновленні покриття дороги.

Роботи по розкопуванню і прокладанню інженерних мереж починають з понижених ділянок трас. Воду, яка поступає, видаляють відкритим водовідливом за допомогою насосів.

При розробці траншей, відкриті підземні комунікації, які перетинають траншеї, підвішують на перекладинах, а при потребі застосовують дерев'яні жолоби.

Траншеї розробляють без порушення природної структури ґрунту в основі. Тому при механічній розробці ґрунту з дна траншей не доробляють 15 см ґрунту.

Траншеї, розроблені в місцях облаштованих територій і доріг засипають ґрунтом з обов'язковим його ущільненням. Ґрунт ущільнюють ручними чи електричними трамбовками, а також іншими ущільнюючими машинами.

Висновки до розділу 3

1. Використання аналогії між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонких квадратних пластин зменшує обсяг та час розрахунків плит перекриття будівель.

2. Запроектовано 19-поверховий житловий будинок за допомогою програмного забезпечення MONOMAKH-SAPR.

3. При виділенні плит перекриття в окремі фрагменти, які розраховуються у вигляді плоскої задачі теорії пружності, загальна кількість невідомих зменшується на 58,2% у порівнянні з розрахунком у програмі КОМПОНОВКА та на 19% у порівнянні з розрахунком у програмі КОМПОНОВКА (плити виділені у суперелементи).

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час будівництва на будівельних майданчиків необхідно вживати заходи для запобігання впливу на робітників та населення прилеглої до будівельної ділянки небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Якщо є можливість впливати на такі фактори, необхідно розробити та впровадити заходи відповідно до вимог цих Норм, інших нормативних документів, нормативно-правових актів.

Вимоги до заходів щодо забезпечення праці повинні бути зазначені в проектно-технологічній документації - проекти будівельної організації - ПОБ, проекти робіт - ПВР. Не виконують будівельно-монтажні роботи без ПВР.

4.1. Небезпечні та шкідливі чинники при будівництві житлової будівлі з адміністративними приміщеннями

Небезпечні (спричиняють травми) та шкідливі (що спричиняють хвороби) виробничі фактори можуть впливати на людину в процесі її роботи.

Шкідливий виробничий фактор - виробничий фактор, вплив якого на працівника за певних умов призводить до хвороби або зниження працездатності.

Небезпечний фактор виробництва - фактор виробництва, вплив якого на працівника за певних умов призводить до травми або іншого раптового погіршення стану здоров'я.

Шкідливі виробничі фактори, залежно від інтенсивності та тривалості впливу, можуть стати небезпечними.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за природою дії на наступні групи: фізичні; хімічні; біологічні; психофізіологічні.

- Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на наступні:
 - рухомі машини та механізми;
 - рухомі частини виробничого обладнання;
 - підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
 - підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
 - підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
 - підвищений рівень шуму на робочому місці;
 - підвищений рівень вібрації;
 - підвищений рівень інфразвукових коливань;
 - підвищений рівень ультразвуку;
 - підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різка зміна;
 - підвищена або знижена вологість повітря;
 - підвищена або знижена рухливість повітря;
 - підвищена або знижена іонізація повітря;
 - підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні;
 - підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може -відбутися через тіло людини;
 - підвищений рівень статичної електрики;

- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена напруженість електричного поля;
- підвищена напруженість магнітного поля;
- відсутність або нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- знижена контрастність;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетової радіації;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- гострі кромки , задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно землі (підлоги);

• Хімічно небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за характером впливу на організм людини на:

- токсичні;
- дратівливі;
- сенсibiliзуючий;
- канцерогенність;
- мутагенні;
- що впливають на репродуктивну функцію;
- по шляху проникнення в організм людини через:

- Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори включають такі біологічні об'єкти:

- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, найпростіші) і продукти їх життєдіяльності;

- мікроорганізми (рослини і тварини).

- Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори за характером дії поділяються на такі :

- фізичні перевантаження (підрозділяються на статичні та динамічні);

- нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження; перенапруження аналізаторів; монотонність праці; емоційні перевантаження).

Існує певна залежність між шкідливими та небезпечними факторами виробництва. У багатьох випадках наявність шкідливих факторів сприяє прояву травмонебезпечних факторів. Наприклад, надмірна вологість у виробничому приміщенні та наявність струмопровідного пилу (шкідливі фактори) збільшують ризик ураження електричним струмом (небезпечний фактор).

Рівні впливу на робітників шкідливих виробничих факторів нормуються на допустимі рівні, значення яких зазначені у відповідних стандартах системи стандартів безпеки праці та санітарно-гігієнічних правилах.

1. ГДК (гранично-допустима концентрація) - встановлений безпечний рівень речовини в повітрі робочої зони (можливо в ґрунті, воді, снігу) дотримання якого дозволяє зберегти здоров'я працівника протягом робочої зміни, нормального виробничого стажу і з виходу на пенсію. Не передається негативний наслідок на наступні покоління.

2. ПДУ (гранично-допустимий рівень) - характеристика, яка застосовується до фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів - це граничне значення величини шкідливого виробничого фактора, вплив якого при щоденній регламентованій тривалості протягом усього трудового стажу не призводить до зниження працездатності й захворювання як в період трудової діяльності, так і до захворювання в наступний період життя [27].

Шкідливі умови праці - це умови праці, що характеризуються наявністю шкідливих виробничих факторів, що перевищують гігієнічні нормативи і що роблять несприятливий вплив на організм працюючого або його потомство.

Непрямі небезпеки впливають на людину не відразу. Наприклад, корозія металів не представляє безпосередньої загрози для людини. Але в результаті міцність деталей, конструкцій, машин, конструкцій зменшується. За відсутності заходів захисту вони призводять до аварій, створюючи безпосередню небезпеку.

Серед різних робочих місць є робочі місця з високим ризиком (і цілі професії). Сюди входять всі роботи, пов'язані з кранами, балонами високого тиску, джерелом живлення високої напруги.

Складність роботи - характеристика трудового процесу, яка відображає переважне навантаження на опорно-руховий апарат і функціональні системи (серцево-судинну, дихальну та ін.), забезпечують її діяльність.

Напруженість праці - характеристика трудового процесу, відображає переважне навантаження на центральну нервову систему.

Принцип диференціації умов праці та природи передбачає ступінь відхилення параметрів виробничого середовища та трудового процесу від

діючих гігієнічних норм та вплив на функціональний стан та здоров'я працівників.

Виділяють три класи умов праці та природи:

I клас - Оптимальні умови і характер праці, при яких виключено несприятливий вплив на здоров'я працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, створюються передумови для збереження високого рівня працездатності (відсутність або відповідність рівням, прийнятим як безпечних для населення).

II клас - Допустимі умови і характер праці, при яких рівень небезпечних і шкідливих виробничих факторів не перевищує встановлених гігієнічних нормативів на робочих місцях, а можливі функціональні зміни, викликані трудовим процесом, відновлюються під час регламентованого відпочинку протягом робочого дня або домашнього відпочинку до початку наступної зміни і не надають несприятливої дії в найближчому і віддаленому періоді на стан здоров'я працюючих і їх потомство.

III клас - Шкідливі і небезпечні умови і характер праці, при яких внаслідок порушення санітарних норм і правил можливо вплив небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища в значеннях, що перевищують гігієнічні нормативи, і психофізіологічних факторів трудової діяльності, що викликають функціональні зміни організму, які можуть призвести до стійкого зниження працездатності або порушення здоров'я працюючих [29].

Класифікація не включає роботи, що виконуються в екстремальних умовах, при яких сукупність умов і характеру праці створюють високий ризик виникнення важких форм гострих професійних уражень, каліцтв, загрозу для життя. Ступінь ризику при екстремальних умовах праці не може бути охарактеризована кількісними показниками шкідливості, безпеки, тяжкості і напруженості праці.

Виробниче освітлення

Для забезпечення проведення робіт у нічний час доби повинно бути влаштоване штучне освітлення з вимогами [8]:

Висота підвісу світильників над рівнем робочого майданчика не нижче 2,5 м. При неможливості виконання цієї вимоги – напруга в освітлюваній мережі повинна бути не більше 72 В.

Створене штучне освітлення повинно становити:

Робочої ділянки – не менше 25 лк;

Площі складування – 10лк;

Під'їзні шляхи – 1 лк;

Загальне освітлення – 2 лк.

Вимоги безпеки під час виконання робіт

- Переносити чи перевозити інструмент слід із захищенням гострих частин чохлами або іншими засобами.
- Рубати, клепати, пробивати отвори і виконувати інші роботи, за яких можливі відлітання часточок металу, цегли чи бетону, необхідно з використанням захисних окулярів зі склом, що не б'ється.
- Роботу на висоті виконувати тільки з інвентарних засобів підмоцнування, які пройшли чергові випробування.
- Виконувати роботи на висоті в умовах підвищеної небезпеки (на відкритих кабельних естакадах без огорож, над необгородженими отворами) треба тільки за нарядом-допуском із застосуванням страхувального пояса.

- Роботу з одночасним підтримуванням лотків, коробів, світильників слід виконувати з риштувань, підмостків чи драбин з полицками, обгороджених поручнями. Під час роботи на висоті інструмент і дрібні деталі слід тримати в індивідуальних сумках (спецжилетах і пасках).

У залежності від категорії приміщення за ступенями безпеки ураження електричним струмом слід застосовувати ручні електричні інструменти таких класів:

1. Інструменти класу I - під час експлуатації в умовах виробництва з використанням засобів індивідуального захисту (діелектричні рукавички, калоші, килимки тощо).

2. Працюють інструментами класів II та III тільки без застосування діелектричних засобів захисту.

Інструментом I класу виконувати роботу без застосування індивідуальних засобів у таких випадках:

- якщо тільки один інструмент живиться від розподільного трансформатора;

- інструмент отримує живлення від автономної двигун-генераторної установки або від перетворювача частоти з розділеними котушками;

- інструмент отримує живлення через захисно-вимикальний пристрій.

Не експлуатують інструмент, які не захищені від дії крапель, або бризок і не мають розпізнавальних знаків, на відкритих майданчиках під час дощу, або снігу.

Працювати ручним інструментом ударної, або ударно-свердлильної дії слід у м'яких рукавицях з подвійною підкладкою з боку долоні.

Не використовувати масу тіла для допоміжного тиску на ручний інструмент.

Під'єднання допоміжного обладнання (трансформаторів, перетворювачів частоти, захисно-вимикальних пристроїв та ін.) до мережі та від'єднання його повинно виконуватись персоналом експлуатаційної організації.

Електромонтажник виконує вмикання та вимикання установки комутаційними апаратами.

У разі зникнення напруги в електричній мережі, або при заклинюванні частин, що обертаються, слід негайно вимкнути інструмент.

У перервах, після закінчення роботи, при змащуванні, чищенні, інструменту необхідно його вимкнути.

Під час транспортування інструменту в межах підприємства (об'єкта) слід запобігати її пошкодженню.

Не допускається перевозити інструмент разом з металевими деталями, виробами тощо.

Свердлити отвори та пробивати борозни в стінах, панелях перекриття, у яких розміщена захована електропроводка, а також виконувати інші роботи, коли може бути пошкоджена ізоляція електричних проводів та установок, слід після від'єднання цих дротів та установок від джерел живлення.

Роботи, під час яких можуть бути пошкоджені приховані санітарно-технічні трубопроводи, слід виконувати після їх перекриття.

4.2. Організація та технічні заходи по усуненню небезпечних та шкідливих чинників при будівництві

При виникненні хоча б однієї з таких несправностей потрібно негайно припинити роботу:

- пошкодження штепсельного з'єднання, кабеля або його захисної трубки;
- пошкодження кришки щіткотримача;
- нечітке спрацьовування вимикача;
- іскріння щіток на колекторі з появою колового вогню на його поверхні;
- витікання мастила з редуктора або вентиляційних каналів;
- поява диму або запаху від горіння ізоляції;
- поява незвичайного шуму, стукоту та вібрації;
- поломки або появи тріщин у корпусі, ручці та захисній огорожі;
- пошкодження робочого інструменту.

Роботи з використанням пневматичних інструментів

Дії які не припустимі під час виконання електромонтажних робіт ручними пневмомашинами:

- залишати без догляду машину, приєднану до повітропроводу;
- передавати машину іншим особам;
- знімати з ручної машини противібраційний захист,

- шумоглушники, захисні кожухи обертових частин;
- прибирати руками стружку чи ошурки з робочого органу;
- переносити машини, тримаючи їх за шланг;
- працювати на приставних драбинах.

Обов'язки кранівника під час роботи крана

1) Оператор крану не допускає сторонніх осіб до крана, а також передавати управління краном кому-небудь без дозволу особи, відповідальної за підтримку кранів у належному стані.

2) У разі раптового відключення електроенергії або зупинки крана з інших причин, кранівник повинен встановити рульове колесо або ручки контролера в нульове положення і вимкнути перемикач у кабіні.

Якщо в цьому випадку вантаж залишається у піднятому положенні, кранівник зобов'язаний викликати працівника, відповідального за безпечну роботу з кранами, за допомогою стропальника або іншого робітника, а за його наявності опустити вантаж ручним гальмуванням. У цьому випадку до прибуття зазначеної особи кранівник повинен вжити заходів щодо запобігання проходу людей під піднятим вантажем.

3) Оператору крану не дозволяється змінювати виліт стріли крана в той момент, коли вантаж задіяний або прив'язаний, або коли він звільнений.

4) Здійснювати комбінацію рухів (операцій) краном можна лише точно дотримуючись інструкцій, які містяться в інструкції виробника з монтажу та експлуатації крана, при цьому не допускається одночасне включення механізмів .

5) Кран підходить до кінцевих вимикачів лише на повільній швидкості. Використання кінцевих вимикачів як робочих органів для вимкнення електродвигунів не використовується.

6) Не доречно оператору крану відключати запобіжні пристрої (обмежувачі навантаження або моменту, висота підйому гачка, підйом і опускання стріли, рух, механізм обертання; індикатор вантажопідйомності, анемометр тощо), гальмівні контактори, електромагніти, сигналізація, сигналізація також виконувати кранові роботи у разі їх бездіяльності або несправності.

7) Якщо необхідно перемістити вантаж над підлогою, під якою розташовані виробничі, житлові або офісні приміщення, де знаходяться люди, кранівник може приступити до роботи лише після отримання письмового замовлення від керівництва компанії, ознайомлення з безпечним транспортуванням та під безпосередній нагляд за працівником, відповідальним за безпечну роботу з кранами.

8) Не допускається піднімати, опускати і переміщувати вантаж, поки люди знаходяться під вантажем; у випадках, коли, виходячи з виробничих умов, переміщення товарів над людьми неминуче, це може бути дозволено лише з письмового дозволу керівництва підприємства, виданого кранівнику, Піднімаючи та переміщуючи вантаж, кранівник повинен керуватися такими вимогами:

9) При завантаженні та розвантаженні до них вагонів та причепів, залізничних платформ та піввагонів, робота крана дозволяється лише за відсутності людей на транспортних засобах, у чому кранівник повинен заздалегідь переконатися;

10) Гак підйомного механізму повинен бути встановлений над вантажем так, щоб при піднятті вантажу виключався косий натяг вантажного троса;

11) Піднімаючи вантаж з вагою, близькою до допустимої для цієї стріли вантажопідйомності, необхідно попередньо підняти його на висоту не більше 200-300 мм, щоб забезпечити стійкість крана і гальм.

12) Вантажі, які переміщуються у горизонтальному напрямку, необхідно попередньо підняти на висоту 0,5 м вище за предмети, що зустрічаються на шляху.

13) При підйманні вантажу відстань між обіймою гака та блоками на стрілі повинна бути не менше 0,5 м.

14) Укладання і розвантаження вантажу повинні здійснюватися рівномірно, без порушення встановлених для складання вантажів габаритів і без захарашування проходів;

15) Перед підйманням вантажу з колодязя, траншеї або котловану, а також перед опусканням вантажу в них, кранівник повинен попередньо пересвідчитися, опустивши порожній (ненавантажений) гак, в тому, що при його нижчому положенні на барабані лебідки залишається не менше, ніж 1,5 витка канату, не враховуючи витків, що знаходяться під затискним пристроєм;

16) Уважно стежити за канатами; у випадку спадання їх із барабана або блоків, утворення петель, виявлення пошкоджень канатів необхідно припинити роботу крана;

17) При підйманні та опусканні вантажу, що знаходиться поблизу стіни, колони, штабеля, залізничного вагону, автомашини, верстата або іншого устаткування кранівник повинен попередньо пересвідчитися у відсутності стропальників або інших людей між вантажем, що підіймається, та вказаними частинами будинку, транспортними засобами, обладнанням, а також у неможливості черкання стрілою або вантажем, що підіймається, за стіни, колони, вагони тощо. Укладання вантажів повинно виконуватися без порушення рівноваги напіввагонів, вагонеток, платформ;

18) При одночасній роботі декількох баштових кранів на одній колії, щоб уникнути зіткнення, необхідно зберігати відстань між кранами або підвішеними вантажами не менше, ніж 5 метрів. Кранівники повинні попереджувати один одного сигналами про наближення свого крана;

19) Кранівнику забороняється вмикати механізми крана, коли на частині, що повертається, або біля механізмів перебувають люди, крім випадків огляду крана особою, відповідальною за утримання вантажопідіймальних кранів в справному стані, слюсарями або електромонтерами, які його ремонтують; за такого огляду кранівник може вмикати механізми крана лише за їх сигналами.

20) Якщо під час роботи крана виникне аварія або нещасний випадок, кранівник зобов'язаний негайно зупинити кран і довести до відома працівника, відповідального за безпечне проведення робіт вантажопідіймальними кранами, а також сповістити особу, відповідальну за утримання вантажопідіймального крана в справному стані.

21) При виникненні пожежі на крані кранівник повинен негайно вимкнути струм на крані й почати гасити пожежу, одночасно викликавши за допомогою одного із членів бригади, яка обслуговує кран, пожежну охорону.

22) Кранівнику забороняється залишати на майданчиках та механізмах крана інструменти, деталі та інші сторонні предмети.

4.2.1. Розрахунок блискавкозахисту об'єкта.

Розраховуємо одиночного стрижневого блискавковідводу для захисту 19 поверхового монолітного будинку житлового призначення, який проектується в м. Харків. Будівля відноситься до III категорії блискавкозахисту.

Розміри будинку:

- довжина $L = 33.3$ м;

- ширина $S = 20.4$ м;

- висота $h_x = 60.4$ м.

Спершу визначимо очікувану кількість уражень блискавкою будівель та споруд без блискавкозахисту за рік за формулою (4.1). Оскільки будівля розташована в Харківській області, то, середньорічна кількість ударів блискавки в 1 км² поверхні землі залежно від інтенсивності грозової діяльності складає $= 7$.

Тоді:

$$\begin{aligned} N &= [(S + 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) - 7.7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6} = \\ &= [(20.4 + 6 \cdot 60.4) \cdot (33.3 + 6 \cdot 60.4) - 7.7 \cdot 60.4^2] \cdot 5.5 \cdot 10^{-6} = \quad (4.1) \\ &= [382.8 \cdot 395.7 - 28090.832] \cdot 5.5 \cdot 10^{-6} = 0.678 < 1; \end{aligned}$$

Зона захисту одиночного стрижневого блискавковідводу висотою h являє собою круговий конус, вершина якого знаходиться на висоті $h_0 < h$. На рівні землі зона захисту утворює коло радіусом r_0 . Горизонтальний перетин зони захисту на висоті будинку, що захищається, h_x являє собою коло радіусом r_x (рис. 4.1).

Для зони типу Б висота $h < 150$ м одиночного стрижневого блискавковідводу за відомих значень $h_x = 60.4$ м і r_x може бути визначена за формулою:

$$h = \frac{r_x + 1.63 \cdot h_x}{1.5} = \frac{9 + 1.63 \cdot 60.4}{1.5} \approx 71.6 \text{ м}; \quad (4.2)$$

Зона захисту має наступні розміри:

$$h_0 = 0.92 \cdot h = 0.92 \cdot 71.6 \approx 65.9 \text{ м}; \quad (4.3)$$

$$r_0 = 1.5 \cdot h = 1.5 \cdot 71.6 \approx 107.4 \text{ м}; \quad (4.4)$$

$$r_x = 1.5 \cdot (h - h_x / 0.92) = 1.5 \cdot (71.6 - 60.4 / 0.92) \approx 9 \text{ м}. \quad (4.5)$$

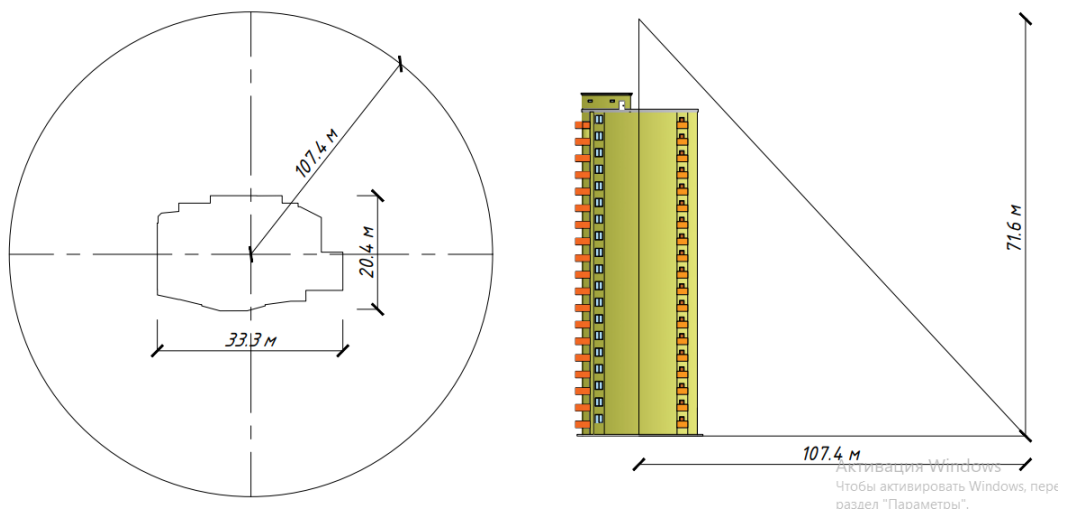


Рис. 4.1. Зона захисту блискавкозахисту

Визначення інших нормованих параметрів:

1. Блискавкоприймач вибираємо сталевий прут діаметром 15 мм (перетин 177мм^2 100мм^2).
2. Струмівідвід вибираємо сталеве коло діаметром 6 мм.
3. Улаштуємо штучний заземлювач, який складається вертикальних круглих електродів, об'єднаних горизонтальним круглим електродом;

Заходи щодо захисту від вторинних проявів блискавки і заносу високого потенціалу:

- заземлити всі металеві частини електроустаткування через контур захисного заземлення;
- усередині будинку між трубопроводами й іншими протяжними металевими конструкціями в місцях зближення на відстань менше 10 см виконати металеві перемички;
- у фланцевих з'єднаннях забезпечити нормальне затягування не менше 4-х болтів на кожен фланець.

4.3. Забезпечення пожежної та вибухової безпека

Відповідальність за стан і організацію протипожежної безпеки на будівельному майданчику покладено на заступника начальника будівельного тресту (управління) по кадрах і побуту або виконавця робіт (виконроба), якщо цей обов'язок покладений на виконроба наказом по тресту. Контроль за додержанням правил і заходів з протипожежної безпеки на будівництві проводять органи Управління Державної пожежної охорони МВС України і члени добровільних протипожежних формувань, які по можливості слід створювати на будівельних об'єктах.

Причинами пожежі можуть бути: несвоєчасне прибирання з робочого місця відходів легкоспалимих матеріалів (стружки, паперу, ганчірки тощо); неправильне зберігання легкозаймистих матеріалів (бензину, оліфи, лаку, олійних фарб тощо); необережне поводження з вогнем у вогненебезпечних місцях; несправність електропроводки та електрообладнання тощо.

Крім запалення пари летких речовин (бензин, ацетон тощо) у певній суміші з повітрям спричинюють вибухи. Вибух може статися внаслідок іскри від вогню, тертя, удару та з інших причин.

За ступенем згоряння всі матеріали і будівельні конструкції поділяють на спалимі, важкоспалимі і неспалимі.

Спалимі матеріали (деревина, толь, картон, лаки, фарби, розчинники) займаються від вогню і продовжують горіти або тліти навіть після усунення джерела вогню.

При організації будівельного майданчика і розміщенні на ньому будівельних матеріалів треба залишати спеціальні проїзди для пожежних машин. Від території будівництва до магістралі прокладають дорогу з твердим покриттям. Для проїзду пожежних машин уздовж будівель понад 18 м завширшки мають бути зроблені проїзди з двох поздовжніх боків, а понад 100 м завширшки - з усіх боків будови. Відстань від краю проїжджої частини до стін будівель не повинна перевищувати 25 м.

Перед початком будівництва будівельний майданчик забезпечують водою. Воду підводять від міської водопровідної мережі і встановлюють один або кілька пожежних гідрантів. Якщо водопровідної мережі немає, то можна користуватись природними водоймами, до яких треба зробити під'їзди для автотранспорту.

Для зберігання легкозаймистих матеріалів на території будівельного майданчика обладнують підземні або напівпідземні склади, в яких водночас може зберігатись не більше ніж 5 м³ цих матеріалів. Лісоматеріали складають лише на відстані від будинку не менше ніж 24 м. Для тимчасового зберігання відходів легкоспалимих матеріалів на території будівництва встановлюють металеві ящики з кришками або викопують спеціальні ями.

На будівельному майданчику обладнують протипожежний пост, на якому знаходяться: щит з протипожежним інструментом (лопатами, ломачами, вогнегасниками тощо), пристрій для подавання тривоги, ящик з піском і бочки з водою.

Палити потрібно на певній відстані від будинку і складів у спеціально обладнаних місцях, де обов'язково встановлюється ящик з піском або бочка з водою.

Кожен робітник до початку роботи на будівництві повинен пройти відповідний інструктаж з протипожежної безпеки, вивчити засоби гасіння пожежі і вміти ними користуватись.

Вогнебезпечні роботи виконують за нарядом-допуском із забезпеченням заходів відповідно до правил протипожежної безпеки.

Паяльну лампу заповнюють тільки тим палим, для роботи з яким вона призначена. Резервуар закривати пробкою не більше ніж на 4 витки різі.

Не розпалюють паяльні лампи і газові пальники безпосередньо під устаткуванням, проводами, кабелями і близько від мастило наповнених апаратів.

Під час роботи з паяльними лампами не рекомендується:

- розпалювати їх за допомогою подання пального через пальник;
- створювати тиск у лампі із застосуванням надлишкових зусиль;
- наближатися із запаленою лампою до легкозаймистих матеріалів та речей;
- наливати та виливати пальне під час роботи лампи;
- розбирати лампу біля вогню;

- знімати пальник до зниження тиску. Знижувати тиск повітря у резервуарі лампи дозволяється за умови погашеної лампи охолодженого пальника.

Застосовують паяльні лампи та газові пальники на територіях відкритих та закритих розподільних пристроїв, а також на підстанціях при умові, що відстань від полум'я до струмопровідних частин напругою до 10 кВ буде не менше 1,5 м, а більше 10 кВ - не менше 3 м.

Під час роботи в колодязях, закритих ємкостях тощо - розпалювати паяльні лампи, ставити балони з пропан-бутаном, розігрівати кабельну масу, мастику і припій тільки зовні колодязя.

На будівельному майданчику слід дотримуватися таких правил пожежної безпеки:

- не палити на робочому місці;
- не залишати на роботі легкозаймисті відходи;
- прибрати робоче місце і вивезти сміття у відведеному місці;
- не розпалювати багаття на робочому місці або поблизу легкозаймистих матеріалів;

- кількість легкозаймистих матеріалів на робочому місці повинна відповідати їх вартості за зміну; в кінці роботи залишки матеріалів слід винести у спеціально відведене для них приміщення;

- випадково витерти на підлозі легкозаймисті матеріали негайно витріть ганчіркою, яку винесіть з приміщення у спеціально відведене для сміття місце;

- починати працювати з електроінструментами або машинами, що працюють на електродвигунах, лише після перевірки ізоляції проводів або кабелів;

- не розміщуйте речовини, які можуть спалахнути від іскри, поблизу працюючих електродвигунів;

- якщо двигун перегрівається через несправність, вимкніть його та повідомте про це майстру;
- потрібно знати будову різних типів вогнегасників і вміти ними користуватися;
- при пожежі особи, які її помітили, повинні негайно: подати пожежну сигналізацію, вдарившись про металевий предмет (шматок рейки, відро, лист сталі тощо); зателефонувати до пожежної частини за телефоном 01; розпочати гасіння пожежі усіма наявними в їх розпорядженні засобами;
- легкозаймисті речовини (газ, олива, бензин тощо) необхідно гасити піском, пінним вогнегасником типу ОНР-10. Якщо полум'я мало, на нього слід кинути сталевий лист, халат або інший предмет, щоб повітря не потрапляло у вогонь. Інші горючі матеріали (дошки, стружка, папір тощо) можна гасити водою, вогнегасниками та піском;
- розпочати переміщення легкозаймистих матеріалів, що знаходяться поблизу вогню, на безпечну відстань;
- негайно повідомити про пожежу майстра, майстра чи майстра.

4.3.1. Розрахунок колони на вогнестійкість .

Вогнестійкість залізобетонних колон в'язевих каркасів визначена згідно з ДСТУ-Н EN 1992-1-2 . Для цього конструкція має зберігати несучу здатність протягом нормованої тривалості пожежі $t_{fi,req}$. Це означає, що вогнестійкість конструкції $t_{fi,d}$ має бути більшою або дорівнювати нормованій тривалості пожежі, тобто $t_{fi,d} \geq t_{fi,req}$. Колони відповідають таким умовам: - будівля зі в'язями жорсткості; - розрахункова довжина колони під час пожежі: $l_{0,fi} \leq 3$ м або $l_{0,fi} \leq 6$ м; - відстань до осі поздовжньої арматури становить від 25 мм до 80 мм; - процент армування $A_s/A_c < 4\%$.

Розрахункова схема, навантаження і зусилля.

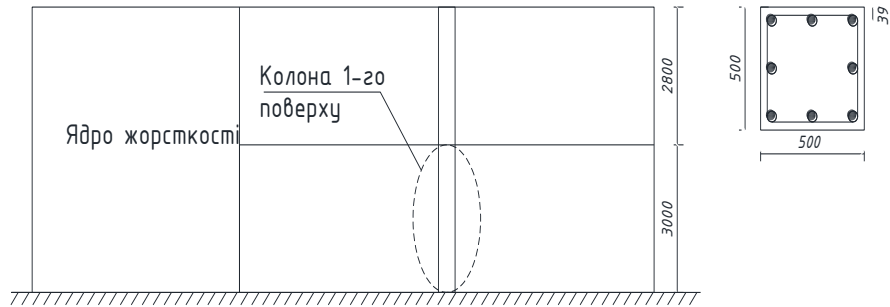


Рис. 4.2. Колона першого поверху будівлі

- Бетон класу C25/30, $f_{ck}=30$ МПа, $\gamma_C=1,5$;
- Армування А400С, $f_{yk}=400$ МПа, $\gamma_S=1,15$
- Межа вогнестійкості - 90 хвилин (R90), стандартний температурний режим, обігрівана з чотирьох сторін
- Клас відповідальності будівлі СС2, категорія відповідальності конструкції – А
- Навантаження $G_k = 595$ кН, $Q_k = 160$ кН, $\psi_2 = 0,35$
- Коефіцієнт зниження розрахункового рівня навантаження під час пожежі μ_{fi} :

$$\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd} = 716,1 / 1599,6 = 0,448$$

- Розрахункове навантаження під час пожежі

$$N_{Ed,fi} = K_{FI}(G_k + \psi_{fi}Q_{k,1}) = 1,1(595 + 0,35 \cdot 160) = 716,1 \text{ кН}$$

- Розрахункова міцність колони за нормальних температур $N_{Rd} = A_c f_{cd} + A_s f_{yd} = 500^2 \cdot 30 / 1,5 + 2324 \cdot 400 / 1,15 = 5808,35$ кН, за умови, що ексцентриситет першого порядку під час пожежі $e = M_{0Ed,fi} / N_{0Ed,fi} = 0$.

- Якщо поперечний переріз армовано більше ніж 4-ма поздовжніми стрижнями – $4\varnothing 22$ ($A_s = 1520$ мм²) та $4\varnothing 16$ ($A_s = 804$ мм²):

$$R = 120 \cdot \left((R_{nfi} + R_{nfi} + R_{nfi} + R_{nfi} + R_{nfi}) / 120 \right)^{1,8} = 120 \cdot \left((37,11 + 14,4 + 50,4 + 45 + 0) / 120 \right)^{1,8} = 172,7 \text{ ххв}$$

$$R_{nfi} = 83 \left[1 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right] = 83 \left[1 - 0,488 \frac{(1 + 0,16)}{(0,85 / 1) + 0,16} \right] = 37,11$$

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}} = \frac{2324 \cdot 400 / 1.15}{500^2 \cdot 30 / 1.5} = 0.16$$

$$R_a = 1.6(a - 30) = 1.6(39 - 30) = 14.4$$

$$R_l = R_a(5 - l_{0fi}) = 14.4(5 - 1.5) = 50.4$$

$$l_{0fi} = l \cdot 0.5 = 3 \cdot 0.5 = 1.5$$

$$R_b = 0.09b' = 0.09 \cdot 500 = 45$$

$$R_n = 0 \text{ для } n = 4 \text{ (тільки кутові стрижні)}$$

- $R = 172.2$ хв отже, клас вогнестійкості R90 забезпечено.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Підготовка до початку будівництва

Будівництво - галузь народного господарства, що забезпечує будівництво та реконструкцію житлових, громадських та промислових будівель та споруд, створює основу для розвитку всіх галузей народного господарства. В його основі лежить будівельна галузь, яка являє собою сукупність підприємств та організацій і здійснюється в природному середовищі, взаємодіє з ним і негативно впливає на нього. Початок третього тисячоліття ознаменувався завершенням формування світової ринкової економіки і одночасно глобальним загостренням технічних, економічних та екологічних проблем суспільства. Людство змушене перейти до ресурсозберігаючого виробництва і керуватися екологічними пріоритетами у взаємодії з природним середовищем.

Завдання та конструктивні програмні дії з охорони навколишнього середовища є невід'ємною частиною проектної роботи, починаючи від загальної схеми переселення в країну, регіон, місто і закінчуючи проектами детального планування окремих елементів міста, реконструкції будівель та споруд . Це вимагає від містобудівника глибоких знань про взаємозв'язок проєктованих об'єктів, їх функціональну та просторову структуру та екологічну ситуацію, що складається на території цих об'єктів.

Таким чином, еколого-економічні аспекти будівництва та архітектури стають актуальними та вимагають стратегічного бачення та врахування екологічної ситуації в усіх елементах міської екосистеми. Запобігання руйнуванню природного середовища, збереження біологічного різноманіття та забезпечення пріоритету екології у всіх видах будівельних робіт.

Будівництво починається з відчуження земель, розчищення територій, зрізання рослинності та земляних робіт. Площа землі, яку можна використовувати для сільськогосподарських потреб, обмежена і майже вичерпана. Під час освоєння будівельних майданчиків руйнується родючий шар ґрунту та рослинності, відбувається кардинальне руйнування біогеоценозів. Верхній родючий шар ґрунту руйнується в районах, які тимчасово використовуються. На жаль, вимоги СНП щодо збереження ґрунту поширюються лише на сільськогосподарські угіддя (вони рекультивуються), оскільки збереження ґрунту збільшує вартість будівництва. Так, при озелененні замість зруйнованого шару із земель ввозиться ґрунт. В результаті земляних робіт щороку розробляються мільярди кубічних метрів ґрунту.

Більша частина розвиненого ґрунту йде на відвали. Розробка та транспортування призводять до забруднення повітря пилом, токсичними вихлопними газами від будівництва, дорожньої техніки та транспорту. Звалища видобутого ґрунту змінюють природний ландшафт, морфологію земної поверхні, сприяють ерозії тощо. Все це створює несприятливі умови для життя людей.

На довкілля впливають також самі будівельні матеріали (радіоактивність, токсичність, пилоутворення), що використовуються в будівництві; будівельна техніка та транспорт; організація та культура виробництва (руйнування шару ґрунту тимчасовими під'їзними шляхами, токсичні викиди від машин та транспорту, шум, вібрація, електромагнітні поля). Крім того, будівництво супроводжується великою кількістю будівельних відходів. Разом зі сміттям більше 1 мільйона тонн металу, 30% скла, до 15% цементу, до 17% цегли перетворюються на битву і йдуть у відходи, а 40% цегли мають певні збитки. На сміттєзвалища за рік відсипається до 2 мільйонів тонн асфальтобетону, що містить до 120 000 тон бітуму, а також піску, гравію та інших матеріалів. Частина відходів

вивозиться на звалища, розташовані навколо міста, частина спалюється на будівельних майданчиках або на звалищах, частина утилізується, що негативно впливає на ґрунт, повітря та водні об'єкти.

Робота на будівельних майданчиках різних об'єктів негативно впливає на навколишнє середовище. Ступінь впливу залежить від виду використовуваних матеріалів, технології будівництва об'єкта, технологічного обладнання будівельного виробництва, типу та якості машин, механізмів та транспортних засобів, типів та потужності двигунів, організації технологічних процесів.

Будівельні машини та обладнання - основа будь-якого технологічного процесу будівництва будівель, споруд, доріг, аеродромів і т. д. Вони виконують роботи, взаємодіють з навколишнім середовищем і негативно впливають на повітря, ґрунт, біосферу, поверхню, підземні води тощо.

До негативних впливів будівельних машин на навколишнє середовище відносяться:

1. Викиди відпрацьованих газів, компоненти яких у залежності від стану відносяться до різних класів небезпеки.

2. У зоні будівництва розміщуються майданчики для зберігання матеріалів, будівельно-шляхових машин і обладнання (БШМіО), іноді паливно-мастильних матеріалів.

3. У процесі роботи трапляється витікання паливно-мастильних матеріалів через несправність БШМіО, недбалість, недисциплінованість і незнання робітників.

4. При русі будівельних машин руйнується шар ґрунту, який практично не відновлюється.

5. Шар ґрунту з будівельних майданчиків, розподільчих смуг тощо виноситься з потоками дощових і талих вод.

6. Влаштовуються стоянки, зупинки, майданчики, з'їзди біля водотоків, скидаються забруднені води, сміття у межах водоохоронних зон.

7. БШМіО чинять на довкілля фізичний вплив, створюють вібрацію, шум, електромагнітні поля.

5.2. Методи і засоби зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище під час будівництва житлового будинку з адміністративними приміщеннями

Під час виконання підготовчих і будівельних робіт із спорудження об'єкта мають бути здійснені заходи щодо захисту навколишнього середовища під час будівництва, передбачені в матеріалах ОВНС у складі проектної документації. Працівників, відповідальних за здійснення цих заходів, призначають організації, що здійснюють будівництво [26]

Будівельно-монтажні роботи із спорудження об'єкта здійснюються із дотриманням вимог чинного законодавства щодо охорони та збереження навколишнього природного середовища, забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення та безпеки прилеглих об'єктів техногенного середовища. Допустимі рівні шуму, вібрації, інфразвуку і низькочастотного шуму в приміщеннях житлових і цивільних будинків та на території, що прилягає до будівельного майданчика, мають відповідати СН 3077, СанПиН 42-120-4948, СН 1304. Санітарно-гігієнічні характеристики повітря робочої зони мають відповідати ГОСТ 12.1.005.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт із застосуванням машин і механізмів здійснюються передбачені у ПВР заходи із забезпечення техногенної і пожежної безпеки, охорони атмосферного повітря, безпечних

умов праці. На робочих місцях, на будівельному майданчику і в навколишньому середовищі забезпечується дотримання регламентованих у ДСН 3.3.6.037, ДСН 3.3.6.039 та ДСН 3.3.6.042 безпечних рівнів звукових та вібраційних навантажень і впливу на мікроклімат від роботи будівельних машин, транспортних засобів, виробничого устаткування, засобів механізації, пристроїв, оснастки, ручних машин та інструменту.

Будівельно-монтажні роботи на територіях з обмеженим режимом господарської діяльності (території та об'єкти природно-заповідного фонду, охоронні зони, прибережні та лісові захисні смуги тощо) здійснюються відповідно до документів, що визначають статус цих територій, законів та кодексів України щодо охорони навколишнього середовища, із дотриманням вимог, що містяться у комплексному висновку державної інвестиційної експертизи проектної документації.

На території об'єктів, що будуються, не допускається не узгоджене у встановленому порядку знесення деревинно-чагарникової рослинності і засипання ґрунтом кореневих шийок і стовбурів дерев і чагарників, що ростуть.

Передбачене затвердженою документацією знесення зелених насаджень компенсується створенням рівновеликих (або більших) та рівноцінних нових насаджень у місцях, визначених відповідними державними органами під час погодження документації (зокрема, згадана компенсація виконується під час озеленення території об'єкта, що будується, та його санітарної зони). Роботи, пов'язані з вирубкою лісу та чагарнику, змінами існуючої акваторії водних об'єктів, освоєнням ділянок природних лук та степів, передбачають їх поступовість, яка дозволяє місцевій фауні своєчасно мігрувати за межі території будівництва.

Не допускається відведення поверхневих стічних вод із території будівельних майданчиків безпосередньо на рельєф, тобто без здійснення

інженерних заходів, що попереджають виникнення осередків техногенної ерозії ґрунтів.

Заходи щодо необхідного очищення і знешкодження стічних вод, що утворюються на будівельному майданчику, передбачаються у ПТД. Під час виконання будівельних та планувальних робіт ґрунтовий покрив (родючий шар ґрунту) за спеціальним дозволом знімають, переносять і складають для подальшого використання під час благоустрою прибудинкової території, рекультивації земель тощо (відповідно до чинного природоохоронного законодавства).

Тимчасові автомобільні дороги та інші під'їзні шляхи влаштовуються з урахуванням вимог щодо запобігання пошкодженню сільськогосподарських угідь та деревинно-чагарникової рослинності.

Під час будівельно-монтажних робіт у зонах житлової забудови відповідно до Закону України "Про охорону атмосферного повітря" вживають заходів із запобігання пилоутворенню і забрудненню атмосферного повітря. Заборонено скидання з будівель відходів без застосування закритих потоків та бункерів-накопичувачів.

Будівельні відходи і вторинна сировина відповідно до Закону України "Про відходи" вивозяться до місць їх складування або об'єктів поводження з відходами, погоджених із органами місцевої державної адміністрації. Перевезення відходів здійснюється відповідно до правил, встановлених місцевими державними адміністраціями або органами місцевого самоврядування.

За необхідності запобігання впливу шкідливих виробничих чинників, обумовлених виконанням будівельно-монтажних робіт на діючому підприємстві, яке реконструюється, на ділянках робіт, визначених у ПОБ і ПВР, здійснюють додаткові заходи із захисту навколишнього середовища.

У процесі виконання бурових робіт при досягненні водоносних горизонтів вживають заходів із запобігання неорганізованому виліву підземних вод, їх перетоку до більш глибоких водоносних горизонтів, а також проникненню поверхневого стоку у підземні водоносні горизонти. Під час виконання робіт із штучного закріплення слабких ґрунтів вживають заходів із запобігання забрудненню підземних вод нижчих горизонтів.

Попутне видобування природних ресурсів допускається тільки за наявності спеціального дозволу (ліцензії) на користування надрами згідно із Кодексом України про надра, а також проектної документації, погодженої відповідними органами державного нагляду (контролю) і місцевої адміністрації.

Роботи з меліорації земель, створення ставків і водосховищ, ліквідації ярів, балок, боліт і вироблених кар'єрів, які виконуються попутно із будівництвом об'єктів виробничого і житлово-цивільного призначення, можуть виконуватись тільки за наявності відповідної проектної документації, погодженої в установленому порядку із зацікавленими організаціями і органами державного нагляду (контролю).

Роботи з розчищення, днопоглиблення, берегозахист русел і водосховищ, а також на алювії території можуть проводитися лише відповідно до документації, розробленої з урахуванням вимог Водного кодексу України з цих питань, погоджених та затверджених у встановленому порядку.

Підготовчий період будівництва передбачає видалення рослинного шару та очищення будівельного майданчика від сміття, яке потім спеціальними машинами вивозиться на міське сміттєзвалище. Рослинний ґрунт (дерен) зберігається на будівельному майданчику у відведеному місці.

Проектом передбачається зберігання будівельних матеріалів в районі складального крана. Для зберігання сипучих будівельних матеріалів:

цементу, вапна, піску, щебеню, гіпсу та ін. На будівельному майданчику планується побудувати тимчасовий склад, який не допускає розпилення та розповзання матеріалів.

Під час будівництва фундаментів та копання котловану під підвалом передбачається видалення ґрунту, винесеного з котловану за межі будівельного майданчика. Після закладення фундаменту при заповненні паух проектом передбачається доставка ґрунту самоскидами.

Проектом передбачено встановлення пробок на кранах тимчасового водопостачання, а біля доріг передбачено укриття у вигляді дерев'яних тумб від випадкових зіткнень з транспортними засобами. Проект передбачає розміщення постійних кранів у приміщенні. Кімната зачинена в неробочий час.

Для збору будівельних відходів проект передбачає встановлення металевих контейнерів, які по мірі заповнення вивозяться на звалище, з адміністрацією якого укладено договір. У разі великого сміття або дефектних будівельних конструкцій передбачається місце для їх зберігання та подальшого вивезення або вирішується питання про альтернативну утилізацію - наприклад, використання при будівництві допоміжних конструкцій тощо.

При чищенні верхніх поверхів від сміття заборонено викидати сміття через віконні або дверні отвори на будівельному майданчику. Для цього передбачено перевозити сміття вниз за допомогою ліфтів. З нижніх поверхів сміття везуть через лотки. Лотки повинні бути закриті та закріплені.

Завершуючи роботи, будівельна брудна вода та цементне молоко збираються щодня у пересувних відстійниках, а потім вивозяться на спеціальні звалища, що перешкоджають потраплянню забруднень у загальну каналізаційну мережу. Проектом передбачено приєднання об'єкта

до міської каналізації лише після завершення всіх будівельно-монтажних та оздоблювальних робіт.

При нагріванні бітуму ґрунт попередньо ущільнюють під котел, а також використовують добре горючі матеріали, а після завершення робіт забруднений шар видаляють і вивозять на спеціальне сміттєзвалище за договором з адміністрацією .

Заправка бульдозерного екскаватора та іншого обладнання, що працює на рідкому паливі, паливно-мастильних матеріалах, здійснюється на спеціально відведеному місці.

Перед використанням площа заповнення повинна бути ущільнена, а після використання необхідно очистити забруднений ґрунт і вивезти на спеціалізоване сміттєзвалище. Установки відпрацьованої олії необхідно збирати в металеві або пластикові контейнери і доставляти у спеціалізовані пункти збору.

Проектом передбачено відновлення шару ґрунту відразу після будівництва. При цьому використовують рослинний шар, принесений автотранспортом зі спеціальної платформи.

Всі заходи з охорони навколишнього природного середовища передбачені кошторисом, а їх виконання входить у графік роботи.

Проект також передбачає висадку чагарників та іншої рослинності, а також поділ доріжок.

Будівництво та експлуатація проектного об'єкта надасть вплив на компоненти навколишнього природного середовища:

- атмосферне повітря (забрудненість газами, пилом);

- водні ресурси (відведення поверхневих стічних вод з території проєктованого об'єкта, відведення побутових стічних вод в міські каналізаційні мережі);
- земельні ресурси (вилучення ділянки під розміщення проєктованого об'єкта);
- геологічна середу (переміщення ґрунтового шару, виїмка ґрунту з котловану і вивіз його в спеціально відведені місця);
- шумовий вплив (від автотранспорту та будівельних механізмів в період будівництва проєктованого об'єкта);
- утворення відходів (при будівництві - будівельне сміття і тверді побутові відходи від обслуговуючого персоналу, при експлуатації - тверді побутові відходи від мешканців будинку).

Атмосферне повітря:

Основні об'єкти, які надають забруднюючий вплив на атмосферне повітря:

- I. в період будівництва - будівельна техніка та запилювання під час будівельних робіт;
- II. в період експлуатації - автомобільний транспорт.

У період будівництва вплив на атмосферне повітря справляють будівельні машини та механізми, транспортні засоби, що використовуються при будівництві, а також запилювання при виїмці ґрунту з котловану, бульдозерних, навантажувальних роботах і транспортуванні ґрунту. Вплив очікується в невеликих розмірах і на короткий проміжок часу.

Для мінімізації шкідливого впливу на атмосферне повітря в період будівництва житлового будинку рекомендується:

- передбачити одночасну роботу не більше 1-2 механізмів;
- полив території в теплі сонячні дні для зниження запиленості повітря;
- правильна експлуатація двигунів, своєчасна регулювання системи подачі і введення палива;
- проведення контрольних та регулювальних робіт з систем харчування, запалювання і газорозподільному механізмі двигунів, що забезпечить повне згоряння палива і дасть зниження викидів забруднюючих речовин до 10%.

Для мешканців житлового будинку передбачений майданчик для тимчасового розміщення автомобілів. Парковка розрахована на 8 м/місце (4 машини, які виїжджають з території парковки протягом години, 1 машина, що в'їжджає, на територію парковки протягом години).

Розрахунок викидів забруднюючих речовин, що виділяються автомобільним транспортом, а похідний для визначення максимально разового викиду по холодного періоду для місяця із середньомісячною температурою нижче -15°C .

Найбільший внесок у рівень забруднення атмосфери дають автомобілі при прогріванні в зимовий час. Концентрація викидів в житловій зоні становить по оксиду вуглецю - 0,12 часткою ГДК, по решті речовинам не більше 0,05 часткою ГДК.

Експлуатація проектного об'єкта надає вплив на атмосферне повітря в межах допустимих величин і не внесе значних змін в екологічну обстановку району.

Водні ресурси:

Проектований об'єкт розташований поза охоронних зон водних об'єктів. Водопостачання проектованого об'єкта здійснюється від міських мереж водопроводу згідно з технічними умовами на підключення до комунальних систем водопостачання та водовідведення.

Каналізування проектованого об'єкта здійснюється в міську мережу каналізації у відповідності з технічними умовами на підключення до комунальних систем водопостачання і водовідведення, що виключає забруднення підземних вод і ґрунтів.

Обсяг водоспоживання та водовідведення на проектований об'єкт становить 147,60 м³/добу .

З території проектованого об'єкта площею 0,4484 га поверхневі стічні води кількістю 58 м³/добу або 458 м³/рік з концентрацією забруднень по зважених речовинах 500 мг/л, БПКполн 20 мг/л, нафтопродуктам 10 мг/л, відповідно до «Довідкового посібника до СНиП 2.04.03-85 з проектування споруд для очищення стічних вод» відводяться у відповідності з технічними умовами розтіканням на рельєф.

Земельні ресурси та геологічне середовище:

У процесі виконання будівельних робіт і подальшої експлуатації проектованого об'єкта можливо негативний вплив на ґрунт, поверхневі і підземні води:

- порушення або зниження властивостей рослинного шару;
- порушення параметрів поверхневого стоку і гідрогеологічних умов майданчика будівництва та прилеглої території.

Заходи з відновлення (рекультивації) земельної ділянки вирішені шляхом підсипання рослинного ґрунту шаром 15см під газони і квітники, а також 100 % засипки посадкових ям під посадку чагарників і дерев.

При будівництві проектного об'єкта виймається з котловану ґрунт частково буде використаний для зворотної засипки, невикористаний обсяг вивозиться в спеціально відведені місця (резерв міста).

На обраному ділянці присутні малоцінні зелені насадження. Вільна від забудови і покриттів територія буде озеленена газоном, чагарниками, деревами з урахуванням трасування підземних інженерних мереж та дотриманням нормативних розривів до будівель і споруд.

Для виключення можливості забруднення території проектного об'єкта і прилеглих земель проектом передбачено:

- влаштування дорожнього одягу проїздів і тротуарів з покриттям з дрібнозернистого асфальтобетону;
- огороження зон озеленення бордюрами, що виключають змив ґрунту під час зливових дощів на дорожні покриття.

В процесі виконання будівельних робіт буде організовано складування будівельного сміття на спеціально відведеному майданчику з подальшим вивезенням на звалище міста.

Шумовий вплив:

Основним джерелом непостійного шуму, заповнюючи акустичну середу на території проектного об'єкта, буде автотранспорт.

У період будівництва шумовий вплив на найближчу житлову забудову буде надано будівельними механізмами, тому що передбачена одночасна робота не більше 1-2 механізмів і роботи будуть носити тимчасовий характер, шумовий вплив буде в допустимих межах.

Для зниження рівня шумового впливу передбачені наступні заходи:

- застосування раціональної технології ведення робіт, яка зумовлює скорочення тривалості одночасної роботи декількох будівельних і транспортних машин;
- зважаючи на жорсткіші норм до допустимого рівня звукового тиску на території, що безпосередньо прилягає до житлових будинків, встановленому з 7 до 23 годин забороняється працювати у вечірні та нічні години;
- для звукоізоляції двигунів машин застосовувати захисні кожуха і капоти з багатошаровими покриттями з гуми, поролону та ін..

Сміттєвидаляння:

При будівництві та експлуатації проектного об'єкта можливе утворення наступних видів відходів:

Сміттєвидаляння з проектного житлового будинку здійснюється через сміттєпровід.

Відходи від мешканців будинку в кількості 205,5 т/рік (з розрахунку 350-450 кг на 1 людину) будуть складуватися в металеві контейнери в сміттекамери і вивозитися спецавтотранспортом на звалище.

Інсоляція:

Проектований об'єкт має розташування, що дозволяє забезпечити мінімальну безперервну тривалість інсоляції житлових приміщень з боку головного і дворового фасадів не менше 2 годин 10 хвилин в день на 22 березня відповідно до вимог п.9.19 . СНиП 2.07.01-89 .

5.3. Розрахунок освітленості за світловим потоком

Розрахувати загальне освітлення ділянки проведення важливих хімічних реакцій, де норма освітленості під час застосування люмінесцентних ламп (розряд I_r) – 400 лк. Розміри приміщення А = 13,310м; В = 6,375м, Н = 3,9м. Передбачається використовувати світильники типу ШОД з лампами ЛД, висота підвісу над робочою поверхнею h_p = 3,25м, коефіцієнт запасу приймаємо рівним 1,5 аналогічно приміщенням з малим виділенням пилу, диму і кіптяви.

Розрахуємо показник приміщення:

$$\varphi = \frac{AB}{h_p(A+B)} = \frac{13,310 \cdot 6,375}{3,25(13,310+6,375)} = 1,32$$

Подальший розрахунок може зводитись до визначення необхідного світлового потоку однієї лампи, якщо відома кількість світильників і ламп, або визначення кількості світильників і ламп, якщо відомий тип і потужність ламп.

В даному випадку передбачається використовувати світильники ШОД з лампи ЛД 2x80, F_л = 3440 лм, то кількість ламп знайдемо з виразу:

$$n = \frac{E_{II} SkZ}{F_{л} \eta} = \frac{400 \cdot 13,310 \cdot 6,375 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{3440 \cdot 0,59} = 28$$

Кількість світильників N:

$$N = \frac{n}{2} = 14$$

Тоді світильники слід розташовувати рівномірно в 2 ряди по 7 штуки.

Висновки до розділу 5

1. Забруднення атмосферного повітря відбувається від автотранспорту на майданчиках паркування. Постійний внесок у рівень забруднення атмосфери відбувається при в'їзді / виїзді з майданчиків і прогріванні двигунів. Концентрація викидів в житловій зоні становить по оксиду вуглецю - 0,12 часткою ГДК , по решті речовинам не більше 0,05 часткою ГДК.

2. Розмір нормативної санітарно-захисної зони для даного класу споруд не лімітується.

3. Зовнішні джерела шуму при експлуатації проектного об'єкта не дадуть рівня звуку в житловій забудові вище допустимого.

4. Побутові стічні води проектного об'єкта відводяться в міську мережу каналізації у відповідності з технічними умовами на підключення до комунальних систем водопостачання і водовідведення , що виключає забруднення підземних вод і ґрунтів .

5. З території проектного об'єкта площею 0,4484 га поверхневі стічні води кількістю 58 м³/добу або 458 м³/рік з концентрацією забруднень по зважених речовинах 500 мг/л, нафтопродуктам 10 мг/л, відповідно до «Довідкового посібника до СНиП 2.04.03-85 з проектування споруд для очищення стічних вод» відводяться у відповідності з технічними умовами розтіканням на рельєф.

6. Розміщення і орієнтація проектного житлового будинку забезпечує безперервну тривалість інсоляції житлових приміщень і територій не менше 2 годин 10 хвилин в день.

7. На підставі проведених розрахунків та згідно з наведеними заходами з охорони навколишнього природного середовища можна зробити висновок про можливість будівництва житлового будинку та паркувальних

місць і про мінімальний внесок цього об'єкта в зміна сформованої екологічного середовища в даному районі.

ВИСНОВКИ

1. Використання аналогії між плоскою задачею теорії пружності та задачею згину тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною, зменшує обсяг та час розрахунків монолітних залізобетонних плит перекриття багатоповерхових каркасних будівель.

2. Отримано формули для визначення коефіцієнтів аналогії.

3. Встановлено зв'язок між навантаженням у плоскій задачі теорії пружності та навантаженнями, що діють на тонку квадратну пластину, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною.

4. Отримано коефіцієнтом “пластинчатої аналогії x ”.

5. Отримано коефіцієнт “пластинчатої аналогії y ”.

6. Отримано другий коефіцієнт “пластинчатої аналогії” для тонкої квадратної пластини під дією навантаження, рівномірно розподіленого вздовж незакріпленої сторони.

8. Виконано скінченно-елементне моделювання тонкої квадратної пластини, що шарнірно закріплена трьома сторонами і незакріплена четвертою стороною.

9. Запроектовано 19-поверховий житловий будинок за допомогою програмного забезпечення МОНОМАХ-САПР.

10. При виділенні плит перекриття в окремі фрагменти, які розраховуються у вигляді плоскої задачі теорії пружності, загальна кількість невідомих зменшується на 58,2% у порівнянні з розрахунком у програмі КОМПОНОВКА та на 19% у порівнянні з розрахунком у програмі КОМПОНОВКА (плити виділені у суперелементи).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ Б А.2.4-7:2009 Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень.
2. ДБН В. 1.2 - 2: 2006. Навантаження і впливи. - К.: Мінбуд України, 2006.
3. ДБН В.2.2.-9-2006 Громадські будівлі та споруди.
4. ДБН В.2.2-10-2001 Охорона здоров'я.
5. ДБН 360-92 Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень.
6. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
7. ДБН В.2.8-9-98. Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент експлуатація будівельних машин загальні вимоги.
8. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.
9. ДСТУ Б В.2.5-38-2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд.
10. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки адміністративного та побутового призначення.
11. ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва.
12. ДБН В.2.1-10-2009. Основи і фундаменти будівель та споруд.
13. ДСТУ Н.Б.В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.
14. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції.
15. ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.
16. ДБН В.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва.
17. ДБН В.2.6-162:2010 Кам'яні та армокам'яні конструкції.
18. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.

19. ГОСТ 12.1.005. Санітарно-гігієнічні характеристики повітря робочої зони.
20. Бабич В.І., Огороднік В.І., Романюк В.В. Таблиці для проектування будівельних конструкцій. Довідник – Рівне, 1999. – 506с., 394 табл., бібліограф.: 35 назв.
21. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. - М.: Высшая школа, 1968. – 512 с.
22. Блох В.І., Асс І.М. Метод використання аналогії між плоскою задачею теорії пружності і задачею вигину тонких пластин // Доповіді Академії наук Української РСР. – 1950. – № 3. – С. 229-233.
23. Вайнберг Д.В., Вайнберг Е.Д. Пластини, диски, балки-стенки. – Гостехіздат УСССР, 1959. – 1049 с.
24. Горев В. В. Математическое моделирование при расчетах и исследованиях строительных конструкций / В. В. Горев, В. В. Филиппов, Н. Ю. Тезиков. - М. : Высшая школа, 2002. – 206 с.
25. Городецкий А. С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций: учебное пособие / Городецкий А. С., Шмуклер В. С., Бондарев А. В. – Х. : НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.
26. Городецкий А. С. Компьютерные модели конструкций / Городецкий А. С., Евзеров И. Д. – К. : Факт. 2005. – 344 с.
27. Калманок А.С. Строительная механика пластин. – М.: Машстройиздат, 1950. – 303 с.
28. Перельмутер А. В. Расчетные модели сооружения и возможность их анализа /Перельмутер А. В., Сливкер В. И. – К. : Сталь, 2002. - 600 с.
29. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона / [Городецкий А. С., Батрак Л. Г., Городецкий Д. А. и др.] – К. : Факт, 2004. – 106 с.
30. Строительные краны: Справочник / В.П. Станевский, В.Г. Моисеенко и др. – К.: Будівелник. – 1989.

31. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов / Дарков А.В., Шапошников Н.Н. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986.
32. Технология и организация строительного производства: Учебник для техникумов/ Н.Н. Данилов и др. – М.: Стройиздат, 1988.
33. Шагин А.Л. Реконструкция зданий и сооружений. – М.: Высшая школа, 1991.

ДОДАТОК А
КРЕСЛЕННЯ