МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій

АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА на тему:

«Розрахунок залізобетонних конструкцій з урахуванням історії навантаження та монтажу»

Виконав: студент Синиця М.О.

Група ПЦБ-55 факультет будівельний спеціальність 7.092101 «Промислове та цивільне будівництво»

| Завідуючий кафедрою залізобетонних |
|---------------------------------------|
| та кам'яних конструкцій, д.т.н. наук, |
| професор |

(підпис)

Барашиков А.Я.

Науковий керівник, к.т.н., доцент

(підпис)

Скорук Л.М.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Декан будівельного факультету к.т.н., доц. Іванченко Г.М.

«___» ____ 2012 p.

Завдання на виконання атестаційної магістерської роботи

Синиця Максим Олександрович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Тема АМР:

Розрахунок залізобетонних конструкцій з урахуванням історії навантаження та монтажу

Затверджена наказом ректора від «___» ____ 2012 р. № _____

1. Вихідні дані по роботи:

нормативні документи

ЗМІСТ РОБОТИ

2. Зміст пояснювальної записки:

аналіз літературних джерел, теоретична частина, практичні розрахунки, висновки, література

3. Перелік графічного матеріалу

графічне представлення (плакати) основних результатів досліджень та креслення рішень прикладних задач

4. Календарний план виконання робіт:

| № п/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|----------|--|--|----------|
| 1 | Аналіз літературних джерел | 16.02.12 - 29.02.11 | 10% |
| 2 | Теоретична частина | 01.03.12 - 10.04.11 | 40% |
| 3 | Практичні розрахунки | 11.04.11 - 30.04.11 | 40% |
| 4 | Висновки, література | 01.05.11 - 14.05.12 | 10% |

5. Дата видачі завдання ______ <u>16 лютого 2012 р. ____</u>

6. Термін здачі магістрантом закінченого роботи <u>14 травня 2012 р.</u>

| Завідуючий кафедрою залізобетонних та кам'яних конструкцій, л.т.н. наук. | | |
|--|----------|----------------|
| професор | | Барашиков А.Я. |
| | (підпис) | 1 |
| Науковий керівник | | Скорук Л.М. |
| | (підпис) | |
| Консультанти | | Скорук Л.М. |
| | (підпис) | |
| Магістрант | | Синиця М.О. |
| | (підпис) | |

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Декан будівельного факультету к.т.н., доц. Іванченко Г.М.

«___» ____ 2012 p.

Індивідуальний план навчання

| Синиця Макси | м Олександрович | |
|--|------------------------|-------|
| (прізвище, ім | м'я, по-батькові) | |
| 1. Зарахований наказом ректора КНУБА № спеціальність 709.2101 «Промислове та цивільне | від е будівництво». | р. на |
| Термін навчання з | по | |
| 2. Науковий керівник: к.т.н., доцент Скорук Л.М | I. | |
| 3. Тема наукових досліджень: | | |
| | | |
| 4. Наукові консультанти: | | |
| | | |
| 5. План навчальної роботи: | | |

| № п/п | Назва дисципліни і види робіт | Форма звітності | Примітки |
|----------|---|--------------------|----------|
| 1 | Основи наукових досліджень | залік | |
| 2 | Педагогіка вищої школи | залік | |
| 3 | Наукова іноземна мова | залік | |
| 4 | Ліцензування і патентування | залік | |
| 5 | Вища освіта України і болонський процес | залік | |
| 6 | | | |

Науковий керівник і тема наукового дослідження затверджена рішенням Ради будівельного факультету №_____ від _____

Примітки:

| Завідуючий кафедрою залізобетонних та кам'яних конструкцій, д.т.н. наук, професор | | Барашиков А.Я. |
|---|----------|----------------|
| | (підпис) | 1 |
| Науковий керівник | | Скорук Л.М. |
| | (підпис) | |
| Магістрант | | Синиця М.О. |
| • | (підпис) | |

Розрахунково-графічна записка: <u>80</u> сторінок, <u>60</u> рисунків, <u>12</u> таблиць та <u>14</u> посилань.

Ключові слова: режим монтаж, стадія монтажу, напруженодеформований стан, історія навантаження, армування.

В роботі проведено ряд порівняльних розрахунків для ілюстрації необхідності врахування історії завантаження будівля та процесу монтажу під час зведення конструкцій. Виконаний аналіз отриманих даних та порівняння результатів різних методів розрахунку

Робота виконана на кафедрі «Залізобетонні та кам'яні конструкції» (завідуючий кафедрою, проф., док. техн. наук Барашиков А. Я.) факультету промислове та цивільне будівництво Київського національного університету будівництва та архітектури.

| | | | | | | A |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|---|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Зміст 2.1. Основні нормативні документи, необхідні при проектуванні......9 2.2. Основні поняття та терміни 10 2.3. Основні положення по розрахунку з урахуванням історії зведення та монтажу 13 2.4. Огляд САПР, що використовуються в будівництві згідно діючих норм проектування......14 3. Реалізація розрахунку залізобетонних конструкцій з урахуванням історії навантаження та монтажу в обчислювальному комплексі Structure CAD 16 3.1. Підготовка даних для проектування 19 3.2. Аналіз результатів...... 24 Список використаної літератури...... 79

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1. Вступ

Врахування історії зведення конструкцій (монтаж) в наш час досить часто стає темою обговорення на конференціях, в журналах, на форумах. Це спровоковано тим, що реальна робота конструкції від початку зведення до здачі в експлуатацію відрізняється від тої, що була передбачена проектом. Напружено-деформований стан несучих конструкцій при проектуванні визначають з використанням остаточної схеми будівлі, тобто, з параметрами, якими вона буде наділена після здачі в експлуатацію. Це обумовлено припущенням, що традиційна розрахункова схема дозволяє визначити найбільш небезпечний стан несучої системи всієї будівлі завдяки врахуванню всієї її маси, а також експлуатаційних навантажень, які на стадії зведення відсутні.

Процес фактичного створення складної системи в загальному випадку є багатоетапним і тісно пов'язаний з послідовністю виконуваних операцій по збірці системи. При цьому в тому чи іншому порядку можуть виконуватися роботи по установці і видаленню деяких елементів системи, встановлення або видалення баластних вантажів, регулювання довжин тих чи інших елементів, зміни стану деяких зв'язків і т.п. [1].

Неперервне збільшення потужностей обчислювальної техніки, і сучасні фундаментальні методи будівельної механіки (метод кінцевих елементів, методи вирішення геометрично та фізично нелінійних задач, задач нелінійної динаміки та ін..) створюють можливості для моделювання усього життєвого циклу конструкцій. Якщо раніше, у до комп'ютерний період, інженер конструктор оперував з розрахунковими схемами і по суті в його задачі входило визначення напружено-деформованого стану конструкції (НДС), то зараз є можливість виконати комп'ютерне моделювання багатьох процесів:

- процес зведення, коли НДС визначається для всіх послідовно змінюваних конструктивних схем, відповідних етапах зведення, і модель зведеної конструкції «зберігає пам'ять» про історію її зведення;

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

- процес завантаження, коли, наприклад, для залізобетонних конструкцій є можливість простежити початкові стадії лінійно-пружної роботи конструкції;

- реологічні процеси зміни НДС конструкції при тривалому навантаженні, пов'язані з повзучістю і зміною властивостей матеріалів у часі;

- динамічні процеси, в тому числі для нелінійних систем, коли моделювання в часі динамічної дії (на основі методів прямого інтегрування) дає можливість простежити включення і виключення односторонніх зв'язків, розкриття і закриття тріщин і багато інших ефектів;

- процеси «пристосовності» конструкції при «форс-мажорних» аварійних ситуаціях, коли при раптовому виході з ладу одного або декількох елементів конструкція намагається пристосуватися до нової ситуації, змінивши (іноді за рахунок втрати експлуатаційних якостей) свою первісну конструктивну схему, але не допустивши руйнування всієї споруди [2].

Сьогодні актуальність врахування історії зведення конструкцій виходить абсолютно на новий рівень, адже поверховість будівництва з кожним днем збільшується, геометрія споруд набуває небачених конфігурацій, мостобудування (де процес монтажу має особливий вплив на напруженодеформований стан) розвивається і ускладнюється, і тому принципово нові підходи до розрахунку об'єктів, нові методи пошуку реальної роботи конструкцій стають дедалі необхіднішими в сучасному проектуванні. Проте у той же час існує проблема нерозуміння пересічними інженерами-конструкторами основних принципів реалізації цього процесу і моделювання його за допомогою ЕОМ. Пояснення і ілюстрація необхідності врахування історії зведення та монтажу при розрахунку залізобетонних конструкцій і є основним завданням даної роботи.

Аварії пов'язані, як правило, із зусиллями, що діють в монтажній стадії на конструктивні системи і мають значне відхилення від нормативних вимог, а також дефектами, що виникають при виготовленні, транспортуванні та монтажі.

| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

Розвиток теорій і методів розрахунку залізобетону, що враховують доексплуатаційну стадію роботи, призводить в певних випадках до певного ускладнення, оскільки охоплюється значна кількість фізичних явищ, що виникають при роботі залізобетонного елемента під навантаженням. Однак деяке ускладнення методів розрахунку з надлишком компенсується підвищенням надійності роботи конструкції.

Тему врахування історії зведення конструкцій описано в статтях А.И. Сапожникова, С.М. Григоршева [3], Убийвовк А.В. [4], Назарова Ю.П., Симбіркина В.Н., Городецького А.С. [2], Завьялової О.Б. [5], а також доклад Кабанцева О.В. на конференції SCAD [6].

| | | | | | | Арь |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. Огляд літератури

Відмінність між розрахунком з урахуванням процесу зведення (монтаж) та стандартним лінійним розрахунком полягає у різному підході та осмисленні напружено-деформованого стану конструкції. Визначальним фактором є те, що будівля, як система поєднаних елементів, не виникає одразу з нічого, а з'являється поступово, етап за етапом, поверх за поверхом. А отже, і навантаження до елементів прикладаються поступово, накопичуючись, та перерозподіляючись. При такому баченні процесу зведення конструкції постало питання в достовірності результатів розрахунків «багатоетапних» споруд і необхідності коригування цих результатів. Для цього в більшості сучасних програмних комплексах передбачений так званий режим «монтаж», який дає змогу оцінити напружено-деформований стан системи з урахуванням стадійності її зведення та виконати більш точне проектування елементів залізобетонних конструкцій.

В книзі Пельмутера А.В., Сливкера В.И. «Расчетные модели сооружений и возможность их анализа» [1] детально розкривається суть процесу монтаж та витікаюча з нього так звана генетична нелінійність. Зокрема представлений набір елементарних операцій, послідовність яких дає можливість виконати всі необхідні перетворення розрахункової схеми для визначення НДС в процесі монтажу і створення попереднього напруження системи. Виділення таких елементарних операцій, може бути виконано різними способами. Наведений нижче набір операцій характеризується тим, що з кожною з них пов'язується, по можливості, найбільш проста дія по перетворенню рівнянь розв'язку методу переміщень або за визначенням НДС.

1) Навантаження системи відомим впливом, що представляє собою набір заданих навантажень, дислокацій і температурних впливів (рис. 2.1).

2) Навантажування системи невідомим навантаженням (керуючий вплив) – ця операція не відрізняється принципово від розглянутої вище, однак той факт, що значення керуючого параметра поки не відомо, змушує ви-

| | | | | | | А |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|---|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

конати розрахунок не на певну величину навантаження, а на його одиничне значення.



Рис.2.1 Навантаження системи відомим впливом 3) *Монтаж ненапруженої зовнішньої в'язі* у вузлі системи, яка забороняє зміну певного переміщення або повороту (рис.2.2).



Рис.2.2 Монтаж ненапруженої в'язі

4) Демонтаж зовнішньої в'язі (рис.2.3). В даному випадку змінюється

не тільки розрахункова схема, але і НДС.



Рис.2.3 Демонтаж зовнішньої в'язі

5) Монтаж елемента можливий без напруження і з попереднім на-

пруженням (останнє може бути виконано різними способами).

| | | | | | | Арк. |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | , |

6) Вилучення з системи елемента або суперелемента пов'язано не тільки зі зміною розрахункової схеми, а й з необхідністю врахування зміни НДС.

7) Установка внутрішньої в'язі забороняє зміну певного взаємного переміщення між вузлом системи і кінцевим перерізом,що примикає до вузла елементу (наприклад, при перетворенні шарнірного сполучення в жорстке забороняється зміна взаємного кута, повороту).

8) Видалення внутрішньої в'язі є окремим випадком операції «видалення із системи елементу».

9) Контроль параметрів НДС необхідний у тих випадках, коли в створенні напруження беруть участь невідомі керуючі параметри.

Більш детально ці операції описані – див. [1, с.330-с.336].

| | | | | | | A |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|---|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

8

2.1 Основні нормативні документи, необхідні при проектуванні

Врахування історії зведення будівель та процесу монтажу, та рекомендації, як такі, відсутні в нормативних документах. Проте згідно з положенням *1.6* ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [7] : «**1.6** Розрахунки за граничними станами конструкції в цілому, а також окремих її елементів необхідно, як правило, виконувати для всіх стадій: виготовлення, транспортування, *зведення та експлуатації*; при цьому розрахункові схеми повинні відповідати *реальній роботі конструкцій* та прийнятим конструктивним рішенням»,- бачимо, що державні стандарти України чітко визначають необхідність створення таких розрахункових схем, що дають можливість прослідкувати зміни, змоделювати та, врешті-решт, запроектувати конструкцію з огляду на реальну роботу (поведінку) конструкції.

Проектування залізобетонних елементів (підбір перерізів, арматури) при врахуванні історії зведення та монтажу відбувається за тими ж правилами що і для стандартного лінійного розрахунку тому правила прописані в ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону»[7], ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення»[8], ДБН В.1.2-2:2006. «СНББ. Навантаження і впливи. Норми проектування»[9], та ін..

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

2.2 Основні положення по розрахунку з урахуванням історії зведення та монтажу

У стадії монтажу робота в'язевого каркаса зі сприйняття та передачі горизонтальних зусиль істотно відрізняється від прийнятої в період експлуатації, коли замонолічені диски перекриттів забезпечують однакове зміщення усіх в'язевих елементів, колон і розподіл зусиль пропорційно їх жорсткості. Незамонолічені перекриття не утворюють в стадії монтажу жорстких дисків, і, якщо не поставлені тимчасові інвентарні зв'язки, горизонтальні зусилля між вертикальними рамами каркаса розподіляються інакше.

У зв'язку з деформативністю диска перекриття в площині в стадії монтажу відбувається нерівномірний перерозподіл зусиль між вертикальними елементами.

Всі розрахунки, пов'язані з монтажем системи і з процесом створення попереднього напруження, як правило, виконуються в припущенні справедливості звичайних припущень лінійної будівельної механіки для кожного етапу монтажу. Проте, в цілому, за рахунок зміни розрахункової схеми при переході від етапу до етапу, задача є нелінійною. Така нелінійність, обумовлена історією створення системи, названа *генетичною не лінійністю* [1].

Для кожної стадії монтажу можна використовувати будь-який з класичних методів будівельної механіки, але, з урахуванням специфіки багатоетапного розрахунку, корисно представити ці методи у формі, де відображається змінність системи. Для дозвільних рівнянь методу переміщень, наприклад, будемо писати:

$$K_r \cdot \Delta Z_r = \Delta f_r, \qquad (1)$$

де K_r – матриця жорсткості системи на *r*-тому етапі, а ΔZ_r і Δf_r – вектори додаткових переміщень і додаткових наведених вузлових навантажень, що відносяться до *r*-ого етапу відповідно. Знаючи ΔZ_r , можна визначити збільшення зусиль і отримати накопичені на всіх *r* етапах значення переміщень Z_r і зусиль *s_r*.

| | | | | | | Арк |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

$$Z_r = Z_{r-1} + \Delta Z_r, \qquad (2)$$

$$s_r = s_{r-1} + \Delta s_r. \tag{3}$$

Таке поетапне підсумовування компонентів НДС необхідно проводити в силу зазначеної вище властивості пам'яті системи. Співвідношення (2) і (3) доречно називати *законами успадкування монтажних станів конструкції*. Одночасне виконання лінійних співвідношень (1) і законів спадкування (2) – (3) як раз і породжує генетичну нелінійність задачі [10].

Зрозуміло, що для впливів, що відносяться до різних стадій одного і того ж етапу монтажу, діють звичайні лінійні закони механіки – за раніше наведеною термінологічною домовленості розрахункова схема конструкції змінюється тільки при переході до наступного монтажного етапу. У цьому зв'язку під приростами ΔZ_r і Δs_r слід розуміти накопичення переміщень і зусиль, що відбулося від моменту завершення останньої стадії попереднього етапу монтажу. Однак для спрощення, щоб не вводити подвійних нумерацій етапів і стадій, будемо вважати, що на кожному етапі є лише одна монтажна стадія. Таке припущення насправді не є обмеженням, оскільки завжди можна формально збільшити кількість етапів до загальної кількості стадій.

Ще раз підкреслимо, що в деяких випадках частина навантажень діє тільки в рамках *r*-ого етапу монтажу, і при переході до наступних етапів знімається. Така ситуація типова, наприклад, для навісного монтажу конструкції, коли вага кранового устаткування враховується при формуванні вектора Δf_r з розташуванням кранів, відповідних саме цьому етапу. При переході до наступного (*r*+1)-ому етапу монтажу вектор вузлових навантажень формується з урахуванням нового положення кранового обладнання, але при цьому потрібно пам'ятати про необхідність докладання на (*r*+1)-му етапі і негативних кранових навантажень, що анулюють їх вплив на систему, пов'язану з попереднім етапом. Якщо цього не зробити, то закони спадкування (2) і (3) не будуть працювати.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Результати розрахунку можуть значно відрізнятися від звичних, коли система передбачається створеною одразу в повному обсязі, і лише потім до неї починають прикладати зовнішні навантаження.

Необхідність обліку послідовності монтажу можна проілюструвати на простому прикладі розрахунку двопрогонної триповерхової рами. При монтажі кожного поверху ригель приєднується до стійок шарнірно і несе при цьому навантаження 2,0 т / м. Потім вузли приєднання ригелів омонолічуються і ригелі довантажуються вагою плит перекриття, які створюють додаткове навантаження 2,0 т / м. Так монтуються всі поверхи (рис.2.2.1)

Послідовний розрахунок конструкції на стадіях монтажу *a*) ... *f*) і сумування отриманих результатів дає епюру згинальних моментів, представлену у лівій частині рис.2.2.2. Для порівняння справа приведена епюра моментів, яка була б отримана в повністю готовій системі, якби до її ригелів було б



прикладено навантаження 4,0 т /м [10].



Рис.2.2.2 Епюри моментів в рамі

Рис.2.2.1 Монтажний стан плоскої рами

| | | | | | | Арк |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.3. Основні поняття та терміни

Режим Монтаж – режим в програмних комплексах призначений для моделювання поведінки конструкції (визначення її напружено-деформованого стану) в процесі зведення.

Стадія монтажу – це етап у створенні будівлі чи розрахункової схеми для неї до складу якої входять елементи, які відносяться тільки до цього етапу; відносяться до цього етапу, наступних та попередніх; навантаження, які діють лише на цьому етапі чи на цьому етапі, наступних та попередніх.

Генетична нелінійність – нелінійність, що обумовлена етапністю (історією) створення системи.

Накопичуване (базове) завантаження – завантаження, яке діє на кожній стадії монтажу і враховується в розрахункових сполученнях зусиль як постійне навантаження.

Незалежні завантаження – завантаження до яких відноситься корисне навантаження, вітер сніг, сейсміка на інші і вони можуть діяти як на результуючу схему, так і на різних стадіях монтажу.

| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

2.4. Огляд САПР, що використовуються для розрахунків в будівництві згідно діючих норм

Завдяки високій пристосованості МКЕ до можливостей сучасної обчислювальної техніки в даний час існує безліч найрізноманітніших за своїм спрямуванням і за своїми можливостями обчислювальних комплексів, що реалізують метод кінцевих елементів.

Виконання поглиблених чисельних досліджень збільшує можливість суворого обліку різних, часто вельми істотних, конструктивних особливостей даного об'єкту у використовуваних кінцево-елементних моделях. Звичайно, скорочення часу обчислень, як і раніше продовжує відігравати важливу роль, змушуючи вводити певні спрощення в розрахункову схему. Це пов'язано з тим, що ресурси як використовуваної програми, так і ПЕОМ обмежені, але не це визначає якість розрахунків. Основна увага переноситься тепер на побудову найбільш адекватних розрахункових схем, на максимальне наближення математичної моделі до реальної конструкції.

SCAD Office – програмний комплекс нового покоління – дозволяє проводити розрахунок та проектування сталевих і залізобетонних конструкцій. До складу комплексу входять універсальна програма кінцево-елементного аналізу SCAD, а також ряд функціонально незалежних проектно-розрахункових і допоміжних програм. Програма SCAD призначена для розрахунку споруди в цілому. Інші проектно-розрахункові програми орієнтовані на виконання детальних перевірочних розрахунків несучих будівельних конструкцій (окремих балок, колон, плит) відповідно до діючих норм.

Комплекс SCAD – інтегрована система міцнісного аналізу і проектування конструкцій на основі методу кінцевих елементів. Він включає в себе високопродуктивний процесор, що дозволяє вирішувати завдання великої розмірності (сотні тисяч ступенів свободи) у лінійній і геометрично нелінійній постановці, модулі аналізу стійкості, формування розрахункових сполучень зусиль, перевірки напруженого стану елементів конструкцій з різних теорій міцності, визначення зусиль взаємодії фрагмента з рештою конструк-

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ції, обчислення зусиль і переміщень від комбінацій завантаження, побудови амплітудно-частотних характеристик, модулі підбору арматури в елементах залізобетонних конструкцій, а також перевірки та підбору металевих конструкцій. Система передбачає, крім статичних розрахунків, розгляд різних видів динамічних дій - таких як сейсміка, пульсація вітрового навантаження, гармонійні коливання, імпульс, удар. В SCAD реалізована розвинена бібліотека кінцевих елементів для моделювання стрижневих, пластинчастих, твердотільних і комбінованих конструкцій, також реалізований режим варіації моделей для спільного аналізу декількох варіантів розрахункової схеми.

Графічні засоби формування розрахункових схем включають набір параметричних прототипів конструкцій, дозволяють автоматично згенерувати сітку кінцевих елементів на площині, задати опису фізико-механічних властивостей матеріалів, умов обпирання і примикання, а також навантажень. Передбачена можливість складання розрахункових моделей з різних схем, а також широкий вибір засобів графічного контролю всіх характеристик схеми. Результати розрахунку можуть експортуватися в редактор MS Word або електронні таблиці MS Excel, а також виводяться у вигляді деформованої схеми та схеми прогинів, колірної і цифрової індикації значень переміщень у вузлах, а також ізополей і ізоліній переміщень для пластинчастих і об'ємних елементів. Докладніше опис - див в [10 с.5-с.19].

В якості розрахункового комплексу використаного в даній роботі обрано SCAD Office, через його доступність, розповсюдження, відповідності СНиП та ГОСТ.

SCAD Office сертифікований на відповідність ДСТУ ISO / IEC 9126-93, ГОСТ 2819589, ГОСТ Р ИСО 9127-94, РД 50-34.698-90. Відповідність СНиП підтверджено сертифікатом Держбуду Росії та Федеральним наглядом Росії з ядерної та радіаційної безпеки.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |
|------|------|----------|--------|------|--|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

3. Реалізація розрахунку залізобетонних конструкцій з урахуванням історії навантаження та монтажу в обчислювальному комплексі Structure CAD

У версії SCAD Office 11.3 був реалізований *режим «Монтаж»* або моделювання процесу зведення споруди. В режимі передбачена можливість установки і видалення деяких елементів системи, установки або видалення баластних вантажів, регулювання довжин елементів, зміни стану зв'язків і т.п. У комплексі реалізована можливість задання вихідних даних, тобто опису процесу монтажу в режимі графічного діалогу.

Режим Монтаж призначений для моделювання поведінки конструкції (визначення її напружено-деформованого стану) в процесі зведення. Процес зведення споруди і, відповідно розрахунок, розбивається на декілька етапів (стадій монтажу). Розрахунок кожного наступного етапу виконується з урахуванням напружено-деформованого стану конструкції, визначеного за результатами розрахунку попередніх етапів. При переході від однієї стадії до іншої в програмі передбачена можливість включення та виключення з моделі елементів конструкції, облік різного виду статичних і динамічних навантажень, зміну модуля пружності матеріалу, умов примикання і спирання. За результатами розрахунку можуть бути отримані розрахункові сполучення зусиль, комбінації завантаження, виконано підбір арматури в елементах залізобетонних конструкцій, а також перевірка і підбір перерізів прокатних профілів в елементах сталевих конструкцій [10].

В режимі Монтаж розрізняють два види завантажень – накопичуване (базове) і незалежні.

Накопичуване завантаження може бути тільки одне, воно діє на кожній стадії монтажу і враховується в РСУ як постійне навантаження. До складу накопичуваного навантаження входять навантаження від власної ваги, сюди ж можуть включатися навантаження від складування в процесі монтажу матеріалів і т. п.

| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | Γ |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|---|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

^{4рк.} 16 *Незалежні завантаження*, до яких відносяться корисне навантаження, вітер, сейсміка та інші динамічні впливи, можуть діяти як на результуючу конструкцію, так і на різних етапах монтажу. В РСУ вони виступають як самостійні завантаження і можуть мати будь-який тип. Необхідно пам'ятати, що до кожного незалежного завантаження буде автоматично додано базове завантаження. Тобто, якщо базове завантаження - власна вага, то відповідно снігове навантаження буде дорівнювати «сніг + власна вага».

Підготовка даних про завантаженість передбачає наступне:

- всі базові навантаження, що діють на одній стадії, заздалегідь об'єднані в одне завантаження (наявність такого завантаження обов'язково) і, якщо це необхідно, в ряд груп навантажень. Наприклад, якщо елементи конструкції виконані з різних матеріалів з різними коефіцієнтами надійності за навантаженням (залізобетон, сталь і т.п.), то можна власну вагу сталевих конструкцій представити у вигляді завантаження, а інших - у вигляді груп навантажень з відповідними коефіцієнтами;

- незалежні навантаження, що діють на кожній стадії монтажу, об'єднуються в завантаження. Використання груп навантажень для незалежних завантаження не передбачені;

- при наявності навантажень певного виду, що діють на всю (результуючу) схему, наприклад, власну вагу, вони можуть бути задані у вигляді одного завантаження. На кожній стадії монтажу будуть автоматично враховані тільки ті навантаження з цього завантаження, які включені до існуючих на даній стадії елементах і вузлів.

Розрахункові сполучення зусиль для режиму *Монтаж* можуть бути сформовані з використанням постпроцесора РСУ, що має індекс «Новий». У цьому постпроцесорі, при призначенні взаємозв'язку завантаженнь необхідно враховувати наступне:

- завантаження, що діють на різних стадіях монтажу, автоматично оголошуються взаємовиключними. При цьому в таблиці взаємного виключення однойменного діалогового вікна це не відображається;

| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|--|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- логіку взаємодії всіх завантажень, що діють на одній стадії монтажу, задає користувач. При цьому накопичуване(базове) завантажені завжди має статус постійного;

- для всіх інших навантажень (крім базового) при формуванні РСУ враховується тільки та їх частина, на яку ці завантаження були змінені шляхом складання з базовим.

Підбір арматури в елементах залізобетонних конструкцій може бути виконаний як за результатами розрахунку всієї споруди в цілому, так і для окремих стадій монтажу.

Аналіз результатів розрахунку в режимі *Монтаж* виконується в графічному постпроцесорі по тим же правилам, що і для стандартної моделі. Для кожного завантаження в списку завантажених додатково до параметрів, описаним раніше, вказується номер стадії монтажу

| | | | | | | Ap |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 1 |

3.1. Підготовка даних для розрахунку

Розрахункова схема може бути підготовлена заздалегідь у вигляді стандартного проекту (розширення файлу .*spr*) або сформована безпосередньо в *режимі Монтаж* (файл проекту з розширенням .*mpr*). При необхідності коригування геометрії і характеристик елементів і вузлів розрахункової схеми можна провести в *режимі Монтаж* аналогічно стандартному режиму підготовки даних.

| Новый проект | - | $\overline{\mathbf{X}}$ | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Наименование | NONAME | Нормы проектирования | | | | | | |
| Организация | Максим | Eurocode 🚺 | | | | | | |
| Объект | | СНГ | | | | | | |
| 🔿 Стандарт | | France | | | | | | |
| 🔿 Вариация м | юделей | | | | | | | |
| 💿 Монтаж | Загрузить проект | | | | | | | |
| | Единицы измерения | | | | | | | |
| ОК Отмена Справка | | | | | | | | |
| Тип схемы 5 - Система общего вида | | | | | | | | |

Рис. 3.1.1 Діалогове вікно Новий проект (маркер Монтаж активований)

Якщо розрахункова схема була створена заздалегідь у вигляді стандартного проекту, то її вибір виконується в діалоговому вікні *Открытие проекта SCAD* після натискання кнопки *Загрузить проект* (рис.3.1.1). Після того, як стандартний проект обраний його необхідно зберегти як проект режиму Монтаж. Для цього слід натиснути кнопку ОК в діалоговому вікні *Новый проект* і в стандартному вікні *Открытие проекта SCAD* вказати ім'я файлу з моделлю монтажу (розширення *.mpr*).

Слід пам'ятати, що файл режиму Монтаж повинен мати ім'я, відмінне від імені стандартного файлу. В іншому випадку може виникнути ситуація, при якій файли з результатами розрахунку стандартної задачі та задачі, що

| | | | | | | Арк |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |

моделює процес монтажу, будуть мати однакове ім'я, а значить одна задача в процесі розрахунку буде заміщувати результати іншої.

Можливе зворотне перетворення з формату *.mpr* в формат *.spr*. В цьому випадку в стандартній моделі будуть враховані всі елементи, умови примикання і спирання, а також навантаження, описані на стадії монтажу, що копіюється.

Інструментальна панель *режиму Монтаж* з'являється тільки при завантаженні проекту з розширенням *.mpr*. при цьому в інструментальній панелі *Назначение* блокуються кнопки кнопки задання в'язей та коефіцієнтів постелі (включаючи зв'язок з програмою *КРОСС*)

Інструментальна панель має наступний набір кнопок:

- Ініціалізація нової стадії монтажу;
- Коригування параметрів настройки стадії монтажу;
- Видалення стадії монтажу;
- **—** Додати елементи на поточній стадії монтажу;
- Видалити елементи на поточній стадії монтажу;
- **Ке** Змінити модулі пружності для поточної стадії монтажу;
- Призначити / видалити / змінити в'язі на поточній стадії монтажу;
- Призначити/змінити коефіцієнти постелі на поточній стадії;
 - 🗂 Призначити/змінити об'єднання переміщень;
- Формування списку завантажень;
- Зберегти інформацію про поточну стадію монтажу;
- Зберегти інформацію про поточний етап як окрему задачу;
- Підтвердити і скинути встановлену операцію.

| | | | | | | Арк. |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | -• |

Кнопки інструментальної панелі стають доступними в міру задання відповідних даних для стадії монтажу. Зверніть увагу на піктограми в кнопках. Стрілка вниз означає завдання нової стадії монтажу або додавання елементів, а стрілка вгору - відповідно, їх видалення.

Для створення чергової стадії монтажу рекомендується наступний порядок дій:

 натиснути кнопку , після чого відкривається діалогове вікно *Стадия монтажа* (рис.3.1.2). Ввести найменування стадії і, при необхідності виконання розрахунків по деформованої схемою, активізувати відповідний маркер;

| Стадия монтаж | a | |
|----------------|-----------------|----|
| Наименование | Вторая стадия | |
| 🔽 Учет деформи | ированной схемы | |
| Отмена | | OK |



- натиснути кнопку елементи, які включаються на поточній стадії, після чого натиснути

кнопку 🐹 ;

чого натиснути кнопку

- Якщо на поточному етапі змінюється модуль пружності будь-яких

елементів, то слід натиснути **Ке** ввести в діалоговому вікні *Модуль упругости* значення коефіцієнта до модуля пружності, заданому при описі характеристик жорсткості елементів, вибрати на схемі елементи

| | | | | | | Ap |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 2 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

або групи елементів, у яких змінюється модуль, і натиснути кноп-

ку 🐹

якщо на поточному етапі змінюються в'язі у вузлах, то натиснути кнопку i виконати операцію по встановленню чи видаленню в'язей в обраних вузлах;

 Натиснути кнопку із задати в діалоговому вікні Формирование загружений базове (накопичуване) завантаженя, включаючи, якщо це необхідно, групи навантажень з відповідними коефіцієнтами, а також незалежні завантаженні, що діють на поточній стадії монтажу;

Після виконання перерахованих вище дій слід натиснути кнопку в результаті чого поточна стадія буде зафіксована. При необхідності поточний стан розрахункової схеми може бути збережений у вигляді стандартної

задачі - вазі файл *spr*, не пов'язаний з режимом монтажу).

Необхідно пам'ятати, що при створенні нового проекту для *режиму Монтаж* перша стадія монтажу буде створена автоматично з нульовим числом включених елементів. Ім'я першій стадії необхідно буде задати додатково.

Після ініціалізації стадії монтажу і натиснення кнопки *Формування завантаження* (рис. 3.1.3), з'являється діалогове вікно, яке включає три списки. Лівий список містить повний перелік всіх завантажених і груп навантажень, сформованих на момент ініціалізації поточної стадії. У правий верхній список, оформлений у вигляді таблиці, з лівого списку переноситься завантажені, яке є накопичуваними (нагадаємо, що наявність такого завантаження обов'язково), а також групи навантажень з відповідними коефіцієнтами. У нижній список переносяться незалежні завантаження, що діють на поточній стадії монтажу.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

| | Загружения | | Нака | апливаемое загружение | |
|----|------------------------------|-------------|------|------------------------------|------------|
| 1 | Постоянное | | | Имя загружения или группы | Коэффициен |
| 2 | Полезное | Toform () | | Загружение | |
| 3 | Ветер против Ү | Доодвите >> | 1 | Постоянное | |
| 4 | Ветер по Ү | (Llanger L | | Группы | |
| 5 | Ветер по Х | (Кадалить | - 7 | от грунта на подпорную стену | 1.15 |
| 6 | Ветер против Х | | | | |
| 7 | Снег | | Нези | ависимые засружения | |
| | Группы | | | Има езголжения | |
| 1 | Пол (цементная+плитка) | | 2 | Имя загружения Полезное | |
| 2 | перегородки | | 2 | Reten protus Y | |
| 3 | стены по периметру | | 1 | Beten no Y | |
| 4 | снег норм | | 5 | Beten no X | |
| 5 | полезное 0,2 | Добавить >> | 6 | Ветер против Х | |
| 6 | собственный вес | | 7 | Снег | |
| 7 | от грунта на подпорную стену | << Удалить | ſ | Choi | |
| 8 | Ветер против Ү | | | | |
| 9 | Ветер по Ү | | | | |
| 10 | Ветер по Х | | | | |
| 11 | ветер против Х | | | | |
| | | | | | |

Рис.3.1.3 Діалогове вікно Формирование загружений

Для перенесення завантаження (групи навантажень) в праві таблиці слід відзначити його в лівій таблиці і натиснути відповідну кнопку *Додати*. Якщо операція перенесення була виконана помилково, то зазначене в правому списку завантажені або група можуть бути видалені натисканням однойменної кнопки.

Якщо вводяться групи навантажень, то значення коефіцієнтів записуються у відповідному стовпці таблиці. Як накопичувані, так і незалежні завантаження завжди мають коефіцієнт рівний 1.

Остання стадія монтажу розглядається як експлуатаційна, тобто на цій стадії в якості незалежних включаються всі ті завантаження, які зазвичай діють на готову споруду. Сюди відносяться корисні навантаження, сніг, вітер, динамічні навантаження, характерні для будівель і споруд такого типу, і т. п.

| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСІ | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|--|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.2. Аналіз результатів

Аналіз результатів розрахунку в режимі Монтаж виконується в графічному постпроцесорі по тим же правилам, що і для стандартної моделі. Для кожного завантаження в списку завантажених додатково до параметрів, описаним раніше, вказується номер стадії монтажу (рис. 3.2.1).

Після вибору зі списку завантаження в інструментальних панелях постпроцесора рядка з найменуванням потрібної стадії монтажу зображення розрахункової схеми змінюється таким чином, що в робочому полі залишаються тільки ті елементи, які присутні в схемі на поточному стадії(рис.3.2.2).

Слід пам'ятати, що значення факторів для незалежного завантаження будуть відображатися з урахуванням того, що їх величина сформована за формулою «незалежне + базове».

| | L1, стадия монтажа 1, за 💌 1.000 💌 |
|---|--|
| ł | L1, стадия монтажа 1, загр.1 - "базовое" |
| | L2, стадия монтажа 1, загр.2 - "Полезное" |
| ł | L3, стадия монтажа 2, загр.1 - "базовое" |
| | L4, стадия монтажа 2, загр.2 - "Полезное" |
| | L5, стадия монтажа 3, загр.1 - "базовое" |
| | L6, стадия монтажа 3, загр.2 - "Полезное" |
| | L7, стадия монтажа 3, загр.3 - "Ветер против Y" |
| | L8, стадия монтажа 3, загр.4 - "Ветер по Y" |
| | L9, стадия монтажа 3, загр.5 - "Ветер по X" |
| | L10, стадия монтажа 3, загр.6 - "Ветер против X" |
| | L11, стадия монтажа 4, загр.1 - "базовое" |
| | L12, стадия монтажа 4, загр.2 - "Полезное" |
| | L13, стадия монтажа 4, загр.3 - "Ветер против Y" |
| | L14, стадия монтажа 4, загр.4 - "Ветер по Y" |
| | L15, стадия монтажа 4, загр.5 - "Ветер по X" |
| Ì | L16, стадия монтажа 4, загр.6 - "Ветер против X" |
| j | 117. сталия монтажа 5. заго 1. "базовое" |

Рис.3.2.1 Список завантажень



^{Арк.} 24

4. Загальна ідея проведених досліджень 4.1. Мета досліджень

Метою дослідження є встановлення впливу різних режимів розрахунку на результати визначення напружено-деформованого стану і армування залізобетонних конструкції та порівняння цих результатів.

Об'єктом дослідження в даній роботі виступають горизонтальні та вертикальні несучі конструкції багатоповерхової будівлі; стандартний режим розрахунку з використанням остаточної схеми будівлі; режим "монтаж", що враховує історію навантаження та зведення конструкції.

Предметом дослідження є напружено-деформований стан конструкцій та результати армування при різних режимах розрахунку.

Методи дослідження полягають в аналізі та порівнянні результатів визначення напружено-деформованого стану та армування конструкцій при різних режимах розрахунку. Дослідження базуються на чисельних експериментах з використанням сучасних ЕОМ.

Відповідно до поставленої мети сформульовані наступні задачі досліджень:

- порівняти процеси створення розрахункових схем при стандартному статичному розрахунку остаточної схеми будівлі та при розрахунку з урахуванням багатоетапного процесу створення системи (режим монтаж);
- порівняти результати визначення напружено-деформованого стану конструкції при використання різних режимів розрахунку;
- порівняти результати армування елементів при різних режимах розрахунку;
- дослідити ефект «підвісу» при статичному розрахунку конструкцій різного виду;

- розробка рекомендацій, щодо розрахунку з урахуванням історії навантаження та монтажу конструкцій.

| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | Ap |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|----|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | полетновальна записка | 25 |

В роботі передбачено проведення двох груп чисельних експериментів та порівняльний аналіз результатів розрахунку. В процесі виконання експерименту встановлюється загальний вплив методу розрахунку на визначення напружено-деформованого стану конструкції, ілюструється недосконалість стандартного підходу до розрахунку багатоповерхових споруд.

| | | | | | | Арк. |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.2. Експериментальна модель та методи досліджень

Для вирішення поставлених задач на основі одного архітектурнопланувального рішення створено дві однакові схеми багатоповерхової будівлі з жорстким верхнім поверхом з такими параметрами:

- Каркасно-монолітна конструктивна схема:
 - о вертикальні несучі конструкції колони, пілони;
 - о горизонтальні плити перекриття;
 - о жорсткий верхній поверх;
 - о підпірна стіна в осях 1-4, Г-А;
 - о сходова клітина.
- Крок тріангуляції елементів 1м.

Побудова розрахункової схеми виконується за допомогою графічних можливостей формування розрахункової схеми в середовищі Structure CAD. Досліджувані моделі розглядались без урахування спільної роботи «будівляоснова».

Був обраний метод формування укрупнених моделей за допомогою препроцесора ФОРУМ, після чого елементи, що представлені у вигляді об'ємних об'єктів трансформувались в розрахункову схему, де кожний конструктивний елемент будівлі розбився на кінцеві елементи.

Для двох видів розрахунку загальними є:

- Тип схеми 5 Система загального виду;
- Крок колон/пілонів 7х6м, кількість поверхів 11;
- Зовнішні в'язі закріплення всіх степеней свободи у вузлах колон, пілонів, підпірних стінок у вузлах першого поверху;
- Жорсткісні характеристики елементів:
 - Перекриття бетон В25 (модуль пружності E=3,06х10⁶ т/м², коефіцієнт Пуассона – 0,2, об'ємна вага – 2.5 т/м³, товщина – 0,2м);
 - Колони бетон В25 (модуль пружності Е=3,06х10⁶ т/м², коефіцієнт Пуассона – 0,2, об'ємна вага – 2.5 т/м³), переріз 500х500мм, довжина - 3м;

| | | | | | | Арг |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- Пілони бетон В25 (модуль пружності E=3,06х10⁶ т/м², коефіцієнт Пуассона – 0,2, об'ємна вага – 2.5 т/м³), переріз 1000х400мм, довжина - 3м;
- Підпірні стіни бетон В25 (модуль пружності Е=3,06х10⁶ т/м², коефіцієнт Пуассона 0,2, об'ємна вага 2.5 т/м³), товщина 400мм, висота 6м;
- Сходова клітина бетон В25 (модуль пружності E=3,06х10⁶ т/м², коефіцієнт Пуассона 0,2, об'ємна вага 2.5 т/м³), переріз 500х500мм, довжина 3м;

Загальний алгоритм всіх дослідів є чисельний експеримент. При цьому розрахунок будівлі виконується за допомогою двох різних методів розрахунку: стандартний статичний розрахунок та розрахунок у *режимі Монтаж*.

| | | | | | | Арк. |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

4.3. Опис конструктивної схеми

Вертикальні та горизонтальні несучі конструкції виконані з монолітного бетону. План типового поверху представлений на рис.4.3.1. Розміри перерізу колон – 500х500мм, пілонів – 1000х400мм. Перекриття та покриття монолітні. Огороджуючи конструкції задані у вигляді навантаження. Всі несучі конструкції виконані з важкого бетону В25. Всі типові поверхи мають однакове архітектурно-планувальне рішення. Висота поверху 3м. На останньому поверсі передбачено жорсткий поверх.

Також передбачено два підвальні поверхи з аналогічним архітектурно-планувальним рішенням, підпірні стіни в осях 4-1 та А-Г для сприйняття тиску від ґрунту.



Збір навантажень виконано згідно з ДБН В.1.2-2:2006. «СНББ. Навантаження і впливи. Норми проектування»[9]. Нормативні рівномірнорозподілені навантаження від перекриття: власна вага – 0,5 т/м², вага підлоги – 0,22 т/м², вага перегородок – 0,12 т/м², корисне навантаження від ваги людей та матеріалів – 0,2 т/м² (табл.4.3.1). Вага зовнішніх стін – 1,35 т/м².

Результати кліматичних впливів (сніг, вітер) отримані по результатам розрахунку допоміжної програми системи SCAD Office – BECT [14]. Таблиця 4.3.1 Збір навантаження на 1 м² плити міжповерхового перекриття.

| Вид навантаження | Характеристичне (нормативне) | Коеф. | Граничне (розрахункове) |
|----------------------------------|------------------------------|------------|----------------------------|
| | значення, т/м ² | γ_f | значення, т/м ² |
| Постійне навантаження | | | |
| - вага підлоги в приміщенні; | 0,22 | 1,1 | 0,24 |
| - вага перегородок; | 0,12 | 1,1 | 0,13 |
| - залізобетонна плита перекриття | 0,5 | 1,1 | 0,55 |
| δ=200мм, ρ=2,5 т/м ³ | | | |
| Короткочасне навантаження | | | |
| - навантаження від людей і мате- | 0,2 | 1,2 | 0,24 |
| ріалів | | | |
| Разом: | | | 1,16 |

Окремо задаємо навантаження від зовнішніх стін по периметру на всіх поверхах. Вага зовнішніх стін – 1,35 т/м².

Навантаження від тиску насипного ґрунту на поверхню підпірної стіни приймаємо трикутною з Ртах, що дорівнює:

Pmax= $\rho \cdot H \cdot tg(\varphi_n) = 1.65 \text{ T/M}^3 \cdot 6 \text{M} \cdot tg(40^\circ) = 8,3 \text{ T/M}^2;$

Де ρ =1.65 т/м³ – для насипного піску;

Н=6м – висота двох поверхів;

φ_n=40° – кут внутрішнього тертя ґрунту.

Коефіцієнт γ_f для насипного грунту = 1,15.

Граничне (розрахункове) значення Pmax_p=9,54 т/м² [11].

| | | | | | | Арк. |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

Кліматичні впливи (BECT):

| Вид навантаження | Характеристичне (нормативне) значення, т/м ² | Коеф. <i>ү_f</i> | Граничне (розрахункове) значення, т/м ² |
|-----------------------------|---|-------------------------------|--|
| Короткочасне навантаження | | | |
| - снігове: V сніговий район | 0,163 | 1,4 | 0,23 |

Навантаження від вітру задаємо по результатам розрахунку програми

ВЕСТ вздовж та проти осей Х та Ү:

| Исходны | е данные |
|--|--|
| Ветровой район | 1 |
| Характеристическое значение ветрового | 0,041 T/m ² |
| давления | |
| Тип местности | IV - городские площади, на которых, по крайней мере, 15% поверхности з няты зданиями, имеющими сред- нюю высоту, превышающую 15 м |
| Тип сооружения | Вертикальные и отклоняющиеся от вертикальных не более чем на 15° по- |
| | Окм |
| высота размещения строительного объекта | O RM |
| над уровнем моря | |
| Пара | метры |
| Поверхность | Наветренная поверхность |
| Шаг сканирования | 3 M |
| Коэффициент надежности по предельному | 1,4 |
| расчетному значению у _{fm} | |
| Коэффициент надежности по эксплуатаци- | 1 |
| онному расчетному значению γ_{fe} | |
| | |
| | |

^{Арк.}

| | Skensiyaran | ционное значе- ние (T/м ²) | Предельное значение (Т/м ²) |
|------------------------|---|---|---|
| | 0 | 0,02 | 0,0 |
| | 3 | 0,02 | 0,0 |
| | 6 | 0,022 | 0,0 |
| | 9 | 0.03 | 0.0 |
| 1 | 2 | 0.035 | 0.0 |
| 1 | 5 | 0.039 | 0(|
| 1 | 8 | 0.043 | 0 |
| 2 | 1 | 0.047 | 0 |
| 2 | 4 | 0.049 | 0 |
| 2 | 7 | 0.052 | 0, |
| - | Пап | аметпы | |
| Поверхность | mup | Полветренная | ПОВЕРХНОСТЬ |
| Шаг сканирования | | 3 м | |
| Коэффициент належности | по предельному | 1 4 | |
| расчетному значени | но предельному | 1,1 | |
| Коэффициент належности | по эксплуатаци- | 1 | |
| Онному расчетному | значению Ус. | - | |
| | Sind Terrino / Te | | |
| Н | 27 | | М |
| | | | -4 -3 T/m ² / |
| \Rightarrow | | 2 2 2 2 2 2 2 | |
| | | | |
| Высота (м) | Эксплуата | ционное значе- ние (T/м ²) | Предельное значени (T/м ²) |
| Высота (м) | Эксплуатан | ционное значе- ние (Т/м ²) -0.015 | Предельное значени (T/м ²) -0. |
| Высота (м) | Эксплуатан 0 3 | ционное значе- ние (Т/м ²) -0.015 -0.015 | Предельное значени (T/м ²) -0, -0. |
| Высота (м) | Эксплуатан 0 3 6 | ционное значе- ние (Т/м ²) -0,015 -0,015 -0,017 | Предельное значени (T/м ²) 0, -0, -0. |
| Высота (м) | Эксплуатан 0 3 6 9 | ционное значе- ние (Т/м ²) -0,015 -0,015 -0,017 -0.023 | Предельное значени (T/м ²) -0, -0, -0, -0, -0, |
| Высота (м) | Эксплуатан 0 3 6 9 2 | ционное значе- ние (Т/м ²) -0,015 -0,015 -0,017 -0,023 -0,026 | Предельное значени (T/м ²) -0, -0, -0, -0, -0, -0, |
| Высота (м) | Эксплуатан 0 3 6 9 2 5 | ционное значе- ние (Т/м ²) -0,015 -0,015 -0,017 -0,023 -0,026 -0,029 | Предельное значени (T/м ²) 0, 0, 0, -0, -0, -0, -0, -0, -0, |
| Высота (м) | Эксплуатан 0 3 6 9 2 5 8 | ционное значе- ние (Т/м ²) -0,015 -0,015 -0,015 -0,023 -0,026 -0,029 -0 032 | Предельное значени (T/м ²) 0, 0, 0, 0, 0, 0, -0, -0, - |
| Высота (м) | Эксплуатан 0 3 6 9 2 5 8 1 | ционное значе- ние (Т/м ²) -0,015 -0,015 -0,015 -0,017 -0,023 -0,026 -0,029 -0,032 -0,035 | Предельное значени (T/м ²) 0, 0, 0, 0, -0, -0, -0, -0, -0, |
| Высота (м) | Эксплуатан 0 3 6 9 2 5 8 1 4 | ционное значе- ние (Т/м ²) -0,015 -0,015 -0,015 -0,017 -0,023 -0,026 -0,029 -0,032 -0,035 -0,037 | Предельное значени (T/м ²) -0, -0, -0, -0, -0, -0, -0, -0, -0, -0, |

№ докум.

Підпис Дата

Арк.

Змн.

Арк. 32

4.4. Створення розрахункової схеми в середовищі SCAD4.4.1. Стандартний (лінійний) режим розрахунку

Як зазначалось раніше, розрахунок будівлі буде виконуватись у двох режимах розрахунку: Стандартному лінійному режимі та режимі Монтаж.


При створенні розрахункової схеми (рис. 4.4.1.1) в цих двох режимах існує принципова відмінність. Вона полягає в тому, що режим Монтаж необхідно ділити на так звані стадії монтажу, які створюються по принципу будівництва об'єкта. В противагу цьому, при стандартному розрахунку навантаження прикладаються до результуючої розрахункової схеми всього будинку. При цьому не рідко виникає так званий ефект «підвісу колони» - зусилля розтягу в ситуаціях де таке зусилля апріорі виникати не може.

Для стандартного режиму виконуємо задання завантаження спочатку через групи навантажень з нормативними значеннями з попереднього пункту. В результаті отримуємо список що має вигляд (рис.4.4.1.2):



Рис. 4.4.1.2 Список сформованих груп навантажень

Після цього через діалогове вікно *Сборка загружений из групп нагрузок* виконуємо генерацію завантажень шляхом активування і введення необхідного коефіцієнту надійності по навантаженню згідно з ДБН В.1.2-2:2006 [9]. В результаті отримуємо список що має вигляд (рис.4.4.1.3):

| _ | • |
|---|----------|
| 1(Постоянное) 2(Полезное) 3(Ветер против Y) 4(Ветер по Y) 5(Ветер по X) | гы Загр |
| Б(Ветер против X) 7(Снег) | |

Рис.4.4.1.3 Список сформованих навантажень

Надалі цей список завантаження буде використовуватись також і в режимі монтаж.

| | | | | | | Арк. |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

Вибираємо діалогове вікно *Типи кінцевих елементів* в панелі Назначения де для стержневих кінцевих елементів (колон) обираємо тип кінцевого елемента – *5 Просторовий стержень*, а для усіх пластинчастих елементів обираємо тип кінцевого елемента – *44 4-рикутна КЕ оболонка*. За допомогою фільтру *Типи елементів* контролюємо перетворення.

Не забуваємо контролювати напрям видачі зусиль в пластинчастих елементах за допомогою однойменного фільтру на панелі фільтрів. При необхідності слід скоригувати цей параметр.

Після виконання перевірок і упаковки даних виходимо в Екран управління проектом в якому у вкладці *Специальные исходные данные* необхідно задати додаткові данні по комбінаціям та розрахунковим сполученням зусиль. У діалоговому вікні *Комбинации загружений* задаємо комбінацію з такими коефіцієнтами (дана комбінація умовно приймається найнесприятливішою):

- Постійне завантаження 1,0;
- Корисне завантаження 1,0;
- Сніг 0,8;
- Вітер проти осі Y 0,6.

В свою чергу в діалоговому вікні *PCV(новые)* (рис.4.4.1.4) виконуємо призначення відповідно нормам проектування типи та види завантаження, в результаті чого цим завантаженням автоматично призначаються коефіцієнти надійності.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

| | Имя загружения | Тип загружения | Вид нагрузки | Знакопере мен. | Учас | ствуют в групі | товых опера | циях | Коэф. надежн. | Доля длител. |
|------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|------------------|-----------------|
| | | | | | Объединен ия | Взаимоиск люч. | Сопут | ствия | _ | |
| 1 | L 1 (Постоянное) | Постоян 👻 | Вес бето 🔻 | | | | | | 1,1 | 1,0 |
| 2 | L 2 (Полезное) | Кратковр 👻 | Веслюд 🔻 | | | | | | 1,2 | 0 |
| 3 | L 3 (Ветер проти | Кратковр 👻 | Ветровы 🔻 | | | | | | 1,4 | 0 |
| 4 | L 4 (Ветер по Y) | Кратковр 👻 | Ветровы 🔻 | | | V | | | 1,4 | 0 |
| 5 | L 5 (Ветер по X) | Кратковр 🔻 | Ветровы 🔻 | | | | | | 1,4 | 0 |
| 6 | L 6 (Ветер проти | Кратковр 🔻 | Ветровы 🔻 | | | | | | 1,4 | 0 |
| 7 | L 7 (Снег) | Кратковр 🔻 | Полные 🔻 | | | | | | 1,4 | 0,6 |
| 8 | C 1 ((L1)*1+(L2)*1 | Неактиві 🔻 | • | | | | | | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | Ŀ |
| агру | жения | | | | | | | | | |
| е ма | ГИТ ВХОДИТЬ В СОЧ | етание | | | | | | | | |
| 33 | агружений | | | Шаг просм | ютра напряж | ений в пласти | нах 15 | тр. | адусов | |
| | | Тараметры – | | | Связи загруж | ений | | | | |
| | | Courses | 1 | | | 1 | 1 | | OK L | Справка |

Рис.4.4.1.4 Діалогове вікно РСУ

В цьому ж вікні маркерами в графі *Взаимоисключение* відмічаємо завантаження, що необхідно взаємно виключити, щоб запобігти їх одночасній дії під час розрахунку. В даному випадку таким завантаженнями є 4ри варіанти дії вітрових завантажень. В однойменному діалоговому вікні виконуємо взаємне виключення цих завантажень (рис. 4.4.1.5).

| Взаим | Взаимоисключающие загружения 🛛 🛛 🔀 | | | | | | | | |
|-------|------------------------------------|---|---|---|---|--|--|---|--|
| | | | | | | | | • | |
| | Загружение | 3 | 4 | 5 | 6 | | | _ | |
| 3 | L 3 (Ветер п | | V | V | V | | | | |
| 4 | L 4 (Ветер п | V | | V | 1 | | | | |
| 5 | L 5 (Ветер п | V | V | | 2 | | | | |
| 6 | L 6 (Ветер п | V | V | V | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| • | | | | | | | | ▶ | |
| | | | | | | | | | |
| | ОК Отмена Справка | | | | | | | | |

Рис.4.4.1.5 Діалогове вікно Взаємне виключення завантажень

Після цих основних дій виконуємо *лінійний розрахунок* активізуючи відповідний розділ в пункті *РАСЧЕТ экрана управления проекта* (рис.4.4.1.6).

| | | | | | | Арк. |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 50 |



Рис.4.4.1.6 Екран управління проектом

Аналіз результатів та підготовку списків елементів для підбору армування виконуємо в графічному постпроцесорі.

Підготовку списку елементів для підбору армування виконуємо в однойменному діалоговому вікні в закладці *Группы*. Формування груп виконуємо по стандартним правилам, в результаті чого отримуємо наступний список:

- Колони (1/1);
- Колони (3/3);
- Перекриття;
- Підпірна стіна;
- Монолітний пояс;
- Діафрагма;
- Пілони.

Наявність двох груп Колони зумовлена тим, що в місцях примикання колон до підпірної стіни та монолітного поясу відбулося фрагментування кінцевого елемента «колона» на три елементи довжиною 1 метр. Це призвело до зміни коефіцієнта розрахункової довжини, який необхідно буде ввести додатково безпосередньо перед розрахунком армування в меню *Бетон*. Саме для цього була створена група Колони (3/3) в яку увійшли такі елементи.

Після формування і збереження груп армування переходимо у діалогове вікно Армування в екрані управління проектом (рис.4.4.1.7).

| | | | | | | | Арк. |
|---|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 37 |
| 3 | MH. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 57 |

| аки параметры серг | зис | | | |
|----------------------|------------------------|-----------|--------------|---|
| Характеристики групп | Бетон Армату | ра Резул | ытаты | |
| Создать новую Гр | уппа - аналог 🗍 | . | Имя группы | Колоны (1/1) |
| группу | - | | | < |
| Импорт всех И групп | мпорт одной группы | Спис | ок элементов | 385-388 860-863 1335-1340 1812-1817 2289-2294 2766-2771 3243-3248 3720-3725 4197-4202 4674-4679 5286-5291 5412-5417 |
| Номер группы 1 | • | Сохранить | Удалить | |
| – Расстояние до и т | арматиры | | | |
| A1 = 3,5 ct | A A3 = 0.0 | CM | ? | армирования Стержень 3D 💌 |
| A2 = 3,5 ct | A,4 = 0,0 | CM | | |
| ГО Расчетная длин | a | | | 🔲 Подбор по трещиностойкости |
| в плоскости X1oZ | - [(Ly) | 0,0 | M | |
| в плоскости Х1оУ | (Lz) | 0,0 | M | |
| Г.€. Козффициент ри | асчетной длины | | | Коэффициенты учета сейсмического ——— воздействия |
| в плоскости Х1оZ | | 1,0 | | Нормальные — Наклонные — |
| в плоскости Х1оУ | I (KLz) | 1,0 | | сечения 0,0 сечения 0,0 |
| Случайный эксцен | триситет для 1. (Г) | 0.0 | | Признак статической определимости |
| момента вокруг т | i (cay) | 0,0 | CM | С. Определимая 💿 Неорределимая |
| Сличайный эксцен | триситет ала | | | |

Рис. 4.4.1.7 Діалогове вікно Армування

Імпортувавши усі групи елементів для армування та ввівши необхідні дані, такі як модуль армування, коефіцієнти розрахункової довжини для стержнів, вид та клас бетону, класи повздовжньої та поперечної арматури, необхідність, та дані щодо розрахунку на тріщиностійкість та ін., виконуємо розрахунок армування в елементах, та кінцевий аналіз результатів в графічному постпроцесорі.

| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

4.4.2. Режим Монтаж

Відмінністю створення розрахункової схеми в цьому режимі, як зазначалось раніше, є врахування етапності (історії) зведення об'єкту. Це врахування досягається в результаті ряду дій над кінцевою розрахунковою схемою створеною як безпосередньо в *режимі Монтаж*, так і експортованої з програми ФОРУМ чи інших препроцесорів.

В нашому випадку використовуємо схему, що була створена в попередньому пункті для стандартного розрахунку. Для цього в діалоговому вікні *Новый проект* (рис.4.4.2.1) після активування маркера Монтаж обираємо варіант – *Загрузить проект*.

| Новый проект | | | X |
|---------------|---------------------|----------------|----------------|
| Наименование | NONAME | Нор проекти | омы рования |
| Организация | Максим | Eurocode | |
| Объект | | СНГ | |
| 🔿 Стандарт | | France | |
| 🔘 Вариация м | юделей | | |
| 🖲 Монтаж | Загрузить проект | | |
| | Единицы измерения | USA | |
| ОК | Отмена Справка | | |
| Тип схемы 5 - | Система общего вида | | • |

Рис.4.4.2.1 Діалогове вікно Новый проект

Тут вибираємо проект, що було створено при стандартному розрахунку. Необхідно зауважити, що зберігати новій проект монтажу необхідно з назвою, відмінною від вихідного файлу, щоб результати розрахунків не заміщували одне одного.

Після цих дій у вкладці *Расчетная схема* у вікну *Управління проектом* з'являється додатковий пункт *Монтаж*, в якому і виконуємо остаточну підготовку даних для розрахунку в *режимі Монтаж*.

Для створення стадій монтажу використовуємо рекомендації представленні в літературі «Scad office. Вычислительный комплекс Scad»[10 ст.448].

| | | | | | | Арк |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 39 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 0, |

Натиснувши кнопку *на діалоговому вікні Стадии монтажа* вводимо назву наступної стадії, та позначаємо маркером необхідність Учета девормированой схемы.

Далі виконуємо додавання відповідних елементів на кожну стадію за допомогою кнопки . Після додавання необхідних елементів підтверджуємо свій вибір кнопкою ОК.

Формування завантажень виконується безпосередньо для кожної стадії монтажу в однойменному діалоговому вікні. При цьому в накопичувані завантаження відносимо такі, що діють на кожній стадії, а в незалежні – такі що діють на результуючу схему чи на окремій стадії (вітер, корисне завантаження, сейсміка, сніг та ін..).

Після цих дій за допомогою кнопки **В** зберігаємо інформацію про поточну стадію монтажу.

В результаті отримуємо список з 11 стадій монтажу (рис.4.4.2.2 – рис.4.4.2.4).





| | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИ |
|------|----------|--------|------|-------------------|
| Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

Змн.

зусиль. У діалоговому вікні *Комбинации загружений* задаємо комбінацію з такими коефіцієнтами (дана комбінація умовно приймається найнесприятливішою):

- Корисне завантаження 1,0;
- Сніг 0,8;
- Вітер проти осі Y 0,6.

Тут слід зазначити, що в комбінаціях в режимі монтажу базове завантаження буде додано автоматично до всіх комбінацій (рис.4.4.2.5)

| 52 Е10 Ветер против Х 0 53 Е11 базовое 0 54 Е11 Полезное 1 55 Е11 Ветер против Y 0.6 56 Е11 Ветер по Y 0 57 Е11 Ветер по X 0 58 Е11 Ветер против X 0 59 Е11 Снег 0.8 | | Загружения/Комбинации | Козфф | | |
|---|------------|--|-------|------------|--------------------|
| 53 Е11 базовое 0 3апись комбинаци 54 Е11 Полезное 1 9 55 Е11 Ветер против Ү 0.6 9 56 Е11 Ветер по Ү 0 9 57 Е11 Ветер по Х 0 9 58 Е11 Ветер против Х 0 9 59 Е11 Снег 0.8 • | 52 | Е10 Ветер против Х | 0 | | |
| 54 Е11 Полезное 1 55 Е11 Ветер против Y 0.6 56 Е11 Ветер по Y 0 57 Е11 Ветер по X 0 58 Е11 Ветер против X 0 59 Е11 Снег 0.8 Комбинации загружений | 53 | Е11 базовое | 0 | | Запись комбинации |
| 55 Е11 Ветер против Y 0.6 56 Е11 Ветер по Y 0 57 Е11 Ветер по X 0 58 Е11 Ветер против X 0 59 Е11 Снег 0.8 Комбинации загружений | 54 | Е11 Полезное | 1 | | |
| 56 Е11 Ветер по Y 0 57 Е11 Ветер по X 0 58 Е11 Ветер против X 0 59 Е11 Снег 0.8 Комбинации загружений | 55 | Е11 Ветер против Ү | 0.6 | | |
| 57 Е11 Ветер по Х 0 58 Е11 Ветер против Х 0 59 Е11 Снег 0.8 Комбинации загружений | 56 | Е11 Ветер по Ү | 0 | | Эдаление комоинаці |
| 58 Е11 Ветер против X 0 Новая комбинации 59 Е11 Снег 0.8 — | 57 | Е11 Ветер по Х | 0 | | |
| 59 E11 Cнег 0.8 - Сономпации загружений | 58 | Е11 Ветер против Х | 0 | | Новая комбинация |
| Комбинации загружений | 50 | F11 Cuer | 0.8 | | повая конойнация |
| -(L54)*1+(L55)*0.6+(L53)*0.8 | 59 | Комбинации загруж | сений | • | |
| | 59 (L54 | Комбинации загруж)*1+(L55)*0.6+(L59)*0.8 | сений | - - | |
| | (L54 | Комбинации загруж)*1+(L55)*0.6+(L59)*0.8 | сений | _ | |
| | (L54 | Комбинации загруж)*1+(L55)*0.6+(L59)*0.8 | кений | - | |
| | 59 (L54 | Комбинации загруж)*1+(L55)*0.6+(L59)*0.8 | кений | - | |
| | (L54 | Комбинации загруж)*1+(L55)*0.6+(L59)*0.8 | кений | • | |
| | (L54 | Комбинации загруж)*1+(L55)*0.6+(L59)*0.8 | кений | • | |

Рис. 4.4.2.5 Діалогове вікно Комбінації завантажень в Монтажі

В свою чергу в діалоговому вікні *PCV(новые)* (рис.4.4.2.6) виконуємо призначення відповідно нормам проектування типи та види завантаження, в результаті чого цим завантаженням автоматично призначаються коефіцієнти надійності.

Суттєвою відмінністю у роботі з РСУ в режимі монтаж є те, що сюди вносяться абсолютно всі завантаження, що діють на кожній стадії монтажу схеми. При цьому завантаження, що діють на різних стадіях автоматично

| | | | | | | A |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|---|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 4 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

взаємно виключаються, а однойменні завантаження (вітер, сніг, сейсміка, корисне завантаження (якщо є декілька схем навантаження) та ін..), що діють на одній стадії необхідно взаємно виключити вручну. При цьому користувач сам задає логіку цих виключень.

В цьому ж вікні маркерами в графі *Взаимоисключение* відмічаємо завантаження, що необхідно взаємно виключити, щоб запобігти їх одночасній дії під час розрахунку.

| 34 | Имя агружения | Тип загружения | Вид нагрузки | Знакопере мен. | Учас | твуют в групі | повых опера | циях | Коэф. надежн. | Доля длител. |
|----------------------|------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|------------------|-----------------|
| | | | | | Объединен ия | Взаимоиск люч. | Сопут | ствия | _ | |
| 1 L1 | (Е1 базовое) | Постояні 👻 | Вес бето 🔻 | | | | | | 1,1 | 1,0 |
| 2 L2 | (Е1 Полезное | Кратковр 👻 | Вес люд 🗸 🔻 | | | | | | 1,2 | 0 |
| 3 L3 | (Е2 базовое) | Постояні 👻 | Вес бето 🔻 | | | | | | 1,1 | 1,0 |
| 4 L4 | (Е2 Полезное | Кратковр 👻 | Вес люд 🗸 🔻 | | | | | | 1,2 | 0 |
| 5 L5 | (ЕЗ базовое) | Постоян 👻 | Вес бето 🔻 | | | | | | 1,1 | 1,0 |
| 6 L6 | (ЕЗ Полезное | Кратковр 👻 | Вес люд 🗸 🔻 | | | | | | 1,2 | 0 |
| 7 L7 | (ЕЗ Ветер пр | Кратковр 👻 | Ветровы 👻 | | | | | | 1,4 | 0 |
| 8 L8 | (ЕЗ Ветер по | Кратковр 👻 | Ветровы 👻 | | | | | | 1,4 | 0 |
| 9 L.91 | (ЕЗ Ветер по | Краткові 👻 | Ветровы 👻 | | | M | | | 1.4 | 0 |
| агружен е могут в | ия | етание | | | | | | | | |
| ез загру: | жений | | | Шаг просм | отра напряж | ений в пласти | нах 15 | 🔻 гр. | адусов | |
| | _ _ | Тараметры — | | | Эвязи загруж | ений | | | | |
| | | Список элементов | Унифик | ация | Объединени | е Сопу | тствие | | ОК | Справка |
| | | Гридони | Kon | | Paput tour | | | | | I |

Рис. 4.4.2.6 Розрахункові сполучення зусиль

Виконуємо взаємне виключення вітрових навантажень на кожній стадії між собою. В однойменному діалоговому вікні виконуємо взаємне виключення цих завантажень (рис. 4.4.2.7). Детально – таблиця 4.4.2.1.

| Загружение 7 8 9 10 13 14 15 16 19 20 2 📥 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---|---|---|------|-----|----|----|----|----|-------|----|--|--|
| | загружение | | 8 | э | 10 | 13 | 14 | 10 | 16 | 19 | 20 | 27 | | |
| 7 | L 7 (ЕЗ Вете | | V | V | V | | | | | | | | | |
| 8 | L 8 (ЕЗ Вете | V | | V | V | | | | | | | | | |
| 9 | L 9 (ЕЗ Вете | V | V | | V | | | | | | | | | |
| 10 | L 10 (E3 Ber | V | V | V | | | | | | | | | | |
| 13 | L 13 (E4 Ber | | | | | | V | V | V | | | | | |
| 14 | L 14 (Е4 Вет | | | | | V | | V | V | | | | | |
| 15 | L 15 (E4 Ber | | | | | V | V | | V | | | | | |
| 16 | L 16 (E4 Ber | | | | | V | V | V | | | | | | |
| 19 | L 19 (E5 Ber | | | | | | | | | | V | | | |
| • | | | | | | | | | | | | ٠ | | |
| | пк | | | 0 | тмен | ia. | 1 | | | ſ | 'nnae | жа | | |

Рис. 4.4.2.7 Взаємне виключення завантажень

| | | | | | | Арк. |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

| | | 49 50 51 52 55 56 57 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | • | • | • | • | • | • | • | • | |
|------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--|
| | | 34 37 38 39 40 43 44 45 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | • | • | • | | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | | | | | |
| | вантажень в РСУ. | 21 22 25 26 27 28 31 32 33 | | | | | | | | | • | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | заємного виключення заі | 8 9 10 13 14 15 16 19 20 2 | • | • | • | • | • | ••• | • | • • • | • | • | • | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Таблиця 4.4.2.1. Таблиця в | завантаження | L 7 (ЕЗ ветер против Y) | L 8 (E3 Berep no Y) | L 9 (E3 Berep no X) | L 10 (E3 Berep против X) | L 13 (Е4 ветер против Y) | L 14 (Е4 ветер по Y) | L 15 (Е4 ветер по X) | L 16 (Е4 ветер против X) | L 19 (Е5 ветер против Y) | L 20 (Е5 ветер по Y) | L 21 (Е5 ветер по X) | L 22 (Е5 ветер против X) | L 25 (Еб ветер против Y) | L 26 (Еб ветер по Y) | L 27 (Еб ветер по X) | L 28 (Еб ветер против X) | L 31 (E7 Berep против Y) | L 32 (Е7 ветер по Y) | L 33 (E7 Berep no X) | L 34 (Е7 ветер против X) | L 37 (Е8 ветер против Y) | L 38 (E8 Berep no Y) | L 39 (Е8 ветер по X) | L 40 (E8 Berep против X) | L 43 (Е9 ветер против Y) | L 44 (E9 Berep no Y) | L 45 (E9 Berep IIO X) | L 46 (Е9 ветер против X) | L 49 (E10 Berep moorns Y) | L 50 (Е10 ветер по Y) | L 51 (Е10 ветер по X) | L 52 (E10 Berep moorns X) | L 55 (E11 Berep mporms Y) | L 56 (E11 Berep no Y) | L 57 (Е11 ветер по X) | L 58 (Е11 ветер против X) | |
| Змн. | Арк. | | N | ⊇ Д | OK | VM | | | Пi | 4111 | 1C | Д | [aT | a | | | | | П | 0 | Я | CH | H | IC | 37 | ٩Л | Ы | H | 4 | 37 | 41 | Ił | IC | к | A | | | | |

Арк. 44 Після цих основних дій виконуємо *розрахунок Монтаж* активізуючи відповідний розділ в пункті *PACЧET экрана управления проекта* (рис.4.4.2.8).





Аналіз результатів та підготовку списків елементів для підбору армування виконуємо в графічному постпроцесорі по тим же правилам, що і для стандартного розрахунку. Через те, що групи елементів для підбору арматури були створені при стандартному розрахунку, залишається лише імпортувати їх у відповідному діалоговому вікні в екрані управління проектом, ввівши усі необхідні параметри, що і при стандартному розрахунку.

Остаточний аналіз та порівняння результатів відбудеться у наступному пункті.

| | | | | | ПОЯСНЮ |
|------|------|----------|--------|------|--------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

5. Порівняльний аналіз результатів двох режимів розрахунку

5.1. Аналіз напружено-деформованого стану схем

Аналіз ведеться по одній комбінації завантажень, яка умовно прийнята найнесприятливішою для обох варіантів розрахунку.

Сумарні переміщення. В результаті розрахунку була отримана деформована розрахункова схема. Деформовані схеми суттєво відрізняються при різних режим розрахунку. Так при стандартному розрахунку відбувається суттєве зміщення верху конструкції вздовж осі Ү. При цьому найбільші сумарні переміщення вертикальних несучих конструкцій простежуються в пілонах верхніх поверхів (7,76мм) та в монолітному поясі верхнього поверху. При розрахунку в режимі монтаж деформована схема має прогнозовану форму деформацій. Найбільші сумарні переміщення вертикальних несучих конструкцій простежуються в пілонах в проміжку від 9 до 18 метрів (3,42мм).

Для зручності ілюстрація деформованої схеми виконується для фрагментованої частини в рівні 2 вісі та всієї конструкції (рис.5.1.1 - рис.5.1.4).

Ізополя сумарних переміщень представлені у вигляді конструкції що складається з вертикальних несучих конструкцій.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |
|------|------|----------|--------|------|--|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА





Тут необхідно відмітити, що режим монтаж дає можливість прослідкувати деформації конструкції на всіх етапах будівництва. Так для першого, другого, третього етапів монтажу, визначальним при розрахунку деформацій буде навантаження від бокового тиску ґрунту на підпірну стіну.



Рис. 5.1.6 Ізополя сумарних переміщень 3 стадії режиму Монтаж

Вертикальні переміщення.

З ізополей вертикальних переміщень при стандартному розрахунку (рис.5.1.7) бачимо, що будівля має перекос в площині ZOY. Вертикальні деформації досягають 7.13мм в пілонах та монолітному поясі верхніх поверхів осі А.

При розрахунку в режимі монтаж характер вертикальних деформацій прогнозований, найбільші переміщення виникають в пілонах осей 2,3 (3,78мм) в рівні між позначками +9,000 та +18,000.

| | | | | | | Арк. |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |







Вплив режиму розрахунку на деформації конструкції. За результатами порівняльних розрахунків деформацій бачимо, що переміщення в режиму монтаж співпадають з прогнозованими, у той же час деформації по стандартному розрахунку не відповідають дійсності, виникає перекос будівлі в осі Z0Y, який спровокований підвісом колони до монолітного жорсткого верхнього поверху, про що свідчать суттєві переміщення в пілонах верхнього поверху в осі A.

Порівняння числових значень виконуємо таким чином: порівнюється максимальне переміщення в характерних вузлах верхнього ярусу стандартного розрахунку, з відповідними переміщеннями у цих же вузлах розрахованими в режимі монтаж. Порівняння у табличному вигляді (таблиця 5.1.1).



Цифрами відмічені вузли, переміщення для яких будуть порівнюватись. У той же час в ПК SCAD цим вузлам відповідають наступні номери:

- *1* 4985; *2* 5381;
- *3* 4992; *4* 5388;
- **5** 4999; **6** 5395;
- **7** 5006; **8** 5402.

| | | | | | ПО |
|------|------|----------|--------|------|----|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | _ |

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

| | | | | | Пе | ремещени | ия (комби | нации) | | | | | |
|------|----|--------|-------|--------|--------|----------|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Узел | | У | Κ | 2 | ſ | 2 | Z | U | ſχ | U | ſy | τ | Jz |
| | N⁰ | Ст. | Мон. | Ст. | Мон. | Ст. | Мон. | Ст. | Мон. | Ст. | Мон. | Ст. | Мон. |
| 4985 | 1 | 0,015 | 0,032 | -4,447 | -0,91 | -5,932 | -1,611 | -0,189 | -0,162 | -0,24 | 0,013 | -0,05 | -0,034 |
| 5381 | 2 | -0,422 | -0,02 | -4,943 | -1,089 | -3,616 | -0,977 | 0,391 | 0,218 | 0,287 | 0,166 | 0,08 | 0,034 |
| 4992 | 3 | 0,189 | 0,081 | -4,634 | -1 | -6,949 | -1,968 | 0,149 | -0,061 | -0,147 | -0,043 | 0,007 | -0,002 |
| 5388 | 4 | -0,417 | -0,03 | -4,617 | -1,004 | -0,83 | -0,204 | 0,351 | 0,161 | 0,142 | -0,023 | 0,02 | -0,006 |
| 4999 | 5 | 0,437 | 0,152 | -4,338 | -0,942 | -6,855 | -1,95 | 0,145 | -0,062 | 0,165 | 0,052 | 0,07 | 0,018 |
| 5395 | 6 | -0,467 | -0,04 | -4,318 | -0,946 | -0,884 | -0,226 | 0,353 | 0,169 | -0,166 | 0,006 | 0,06 | 0,022 |
| 5006 | 7 | 0,578 | 0,192 | -3,625 | -0,75 | -5,037 | -1,414 | -0,172 | -0,16 | 0,268 | -0,002 | 0,12 | 0,047 |
| 5402 | 8 | -0,487 | -0,05 | -3,991 | -0,9 | -3,013 | -0,863 | 0,336 | 0,205 | -0,301 | -0,167 | 0,01 | -0,014 |

Таблиця 5.1.1. Порівняння переміщень характерних вузлів.

З результатів порівняння числових значень переміщень бачимо, що відмінність між результатами обчислень між стандартним розрахунком та режимом монтажу в окремих випадках складає 80%. На мою думку такі розходження даних обумовлюються тим, що в стандартному розрахунку при використанні кінцевої схеми і прикладення усіх навантажень одночасно конструкція не здатна проілюструвати адекватні деформації. На це впливає і «підвіс» колони до жорсткого верхнього поверху, в результаті якого виникає зусилля розтягу (описано в аналізі зусиль в конструкції), і неврахування етапності будівництва. В свою чергу при режимі монтаж деформації верхніх поверхів компенсовані за рахунок збільшення довжини колон, стін та пілонів на попередніх етапах формування розрахункової схеми. При цьому в результаті такого розрахунку отримуємо наближену до реальної деформацію як конструкції в цілому так і на окремих етапах.

Після аналізу деформацій розглянемо епюри повздовжніх сил у вертикальних несучих конструкціях – колонах.

Тут виникає наступний казус. При стандартному розрахунку в центральних колонах верхнього поверху з'являється зусилля розтягу. Воно виникає внаслідок «підвісу» колони до жорсткого верхнього поверху. На подолання і цього «ефекту» було створено режим монтаж, який за допомогою врахування етапності будівництва та перерозподілу зусиль видає адекватні значення повздовжніх зусиль в вертикальних стержнях (колони).

Для ілюстрації результатів розрахунку повздовжніх зусиль використовуємо переріз в здовж осі 2 (рис.5.1.13-рис.5.1.14).

| | | | | | | Арк |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 0. |



Рис.5.1.13 Повздовжні зусилля стандартний розрахунок (вісь 2)

Рис. 5.1.14 Повздовжні зусилля режим Монтаж (вісь 2)

Для загального аналізу повздовжніх зусиль в вертикальних несучих конструкціях беремо результати для всіх бти колон, аналізуючи характерні іх перерізи.

В даному випадку характерними перерізами є колони на рівні -4,500м, +10,500м, +22,500м. в результаті отримуємо 22 досліджуваних елементів, так як в колонах 5 і 6 трьохметрова колона складається з 30х скінченних елементів (рис.5.1.15). Результати зводимо у таблицю 5.1.2.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|



| Ī | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА |
|---|------|----------|--------|------|----------------------|
| | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

Змн.

| | No ane- | Соответствую- | | | Значение | | | | | |
|-------|---------|----------------|-------|----------|----------|----------|----------|---------|--|--|
| № Ко- | мента | щий номер эле- | Сече- | Комбина- | усили | e N, T | усилие | Му, Т∙м | | |
| лони | | мента | ние | ция | станд. | мотнаж | станд. | монтаж | | |
| | 385 | 1 | 2 | 1 | -297,678 | -329,282 | 1,603 | -7,699 | | |
| 1 | 2766 | 2 | 2 | 1 | -138,44 | -168,869 | -0,008 | 3,863 | | |
| | 4674 | 3 | 2 | 1 | -12,108 | -41,846 | -1,551 | 3,771 | | |
| | 388 | 4 | 2 | 1 | -274,94 | -311,711 | 1,446 | 2,377 | | |
| 2 | 2770 | 5 | 2 | 1 | -120,828 | -159,064 | -0,013 | 3,677 | | |
| | 4678 | 6 | 2 | 1 | 0,579 | -37,749 | -1,103 | 3,678 | | |
| | 386 | 7 | 2 | 1 | -348,71 | -450,578 | -0,597 | -1,029 | | |
| 3 | 2767 | 8 | 2 | 1 | -110,651 | -218,061 | -0,001 | -0,862 | | |
| | 4675 | 9 | 2 | 1 | 78,313 | -34,775 | 0,479 | -0,885 | | |
| | 387 | 10 | 2 | 1 | -340,048 | -440,978 | -0,158 | -0,402 | | |
| 4 | 2768 | 11 | 2 | 1 | -110,565 | -217,71 | 2,51E-04 | 0,864 | | |
| | 4676 | 12 | 2 | 1 | 77,126 | -35,153 | -0,522 | 0,867 | | |
| | 5594 | 13 | 2 | 1 | -63,969 | -66,482 | -4,53 | -4,479 | | |
| | 5595 | 14 | 2 | 1 | -64,506 | -67,339 | 3,83 | 3,636 | | |
| 5 | 5596 | 15 | 2 | 1 | -67,391 | -70,693 | -0,576 | -0,863 | | |
| | 2769 | 16 | 2 | 1 | -154,571 | -173,378 | 0,031 | -3,862 | | |
| | 4677 | 17 | 2 | 1 | -26,595 | -45,098 | 1,518 | -3,79 | | |
| | 5615 | 18 | 2 | 1 | -57,025 | -61,937 | -3,933 | -4,051 | | |
| | 5616 | 19 | 2 | 1 | -58,101 | -63,097 | 3,998 | 4,051 | | |
| 6 | 5617 | 20 | 2 | 1 | -61,113 | -66,393 | -0,992 | -0,689 | | |
| | 2771 | 21 | 2 | 1 | -136,431 | -163,408 | 0,036 | -3,678 | | |
| | 4679 | 22 | 2 | 1 | -13,436 | -40,879 | 1,12 | -3,683 | | |

Таблиця 5.1.2 Порівняння зусиль в вертикальних несучих конструкціях

З представлених результатів бачимо, що відмінність між зусиллями, які обраховані різними режимами відрізняються більш ніж суттєво. В елементах центральних колон (4675,4676) зникає повздовжнє розтягуючи зусилля, натомість з'являється стиск, а отже,конструкція працює по наближеній до реальної схемі. Зрозуміло, що дані результати кардинально впливають на армування елементів колон. Максимальне зусилля в елементі №386 змінилось на 23%. В той же час зусилля на середніх поверхах збільшилось майже вдвічі, На крайніх колонах результати відрізняються у межах від 10-30 %. Такі ж відмінності прослідковуються і в згинальних моментах.

В цілому результати свідчать про неправильність обрахування зусиль в вертикальних несучих конструкціях, а отже, і невірність визначення напружено деформованого стану конструкції взагалі.

| | | | | | | Арк |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 57 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 0, |

5.2. Аналіз рекомендованого армування конструкцій

Результати армування порівнюємо для однієї крайньої колони та однієї центральної. На рис.5.1.13 колони номер 1 та 3. В якості досліджуваних перерізів обираємо аналогічні з аналізом зусиль: на рівні -4,500м, +10,500м, +22,500м. Результати порівняння зводимо в таблицю 5.2.1.

Графічний аналіз % симетричного армування колон має наступний вигляд (рис.5.2.1-рис.5.2.2):



^{Арк.} 58

| № ко- | № еле- | Площа ар | омування, 2 | Рекомендовані діаметри арматури (ескіз). | | | | | | |
|-------|--------|----------|----------------|--|--|--|--|--|--|--|
| лони | мента | CN | M ² | Сумарна площа | а армування, см ² | | | | | |
| | | Стандарт | Монтаж | Стандарт | Монтаж | | | | | |
| 1 | 385 | As1=2.91 | As1=6,77 | Ø16 | \$22 \$22 \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ | | | | | |
| | | As2=2.91 | As2=6,77 | | | | | | | |
| | | As3=2.45 | As3=2,82 | 65 12 | 9 12 • • • | | | | | |
| | | As4=2.45 | As4=2,82 | • 0.54 • • | 0.97 | | | | | |
| | | | | g 16 • • • g 16 | g 22 • • • g 22 | | | | | |
| | | | | \mathfrak{s}_{12} $\Sigma \Lambda s = 12.56 \text{ cm}^2$ | $\Sigma \Delta s = 22.56 \text{ cm}^2$ | | | | | |
| | | | | ZAS-12.30 CM | 2A3-22.30 CM | | | | | |
| | 2766 | As1=2,77 | As1=5,17 | Ø12 Ø16 • • • Ø16 | \$18 • • • \$ | | | | | |
| | | As2=2,75 | As2=5,17 | | | | | | | |
| | | As3=2,45 | As3=2,45 | 9 12 9 12 | 112 • 0.71 • 571 | | | | | |
| | | As4=2,45 | As4=2,45 | 0,34 | 0.11 | | | | | |
| | | | | ø16 • • • ø16 | g18 • • • g18 | | | | | |
| | | | | 9 12 | 516 $\Sigma \Lambda s = 16.46 \text{ cm}^2$ | | | | | |
| | | | | ΣAs=12.56 cm ⁻ | 2/13-10.40 CM | | | | | |
| | 4674 | As1=2,45 | As1=4,76 | Ø12 Ø16 | Ø18 Ø18 | | | | | |
| | | As2=2,45 | As2=4,76 | | | | | | | |
| | | As3=2,45 | As3=2,44 | 6 12 . 6 12 | 6 12 | | | | | |
| | | As4=2,45 | As4=2,44 | • 0.54 • 2.2 | 0.71 | | | | | |
| | | | | a 16 a 16 | 6 18 6 18 6 11 | | | | | |
| | | | | 9 12 | \$ 716 \$ 716 | | | | | |
| | | | | $\Sigma As = 12.56 \text{ cm}^2$ | $\Sigma As = 16.46 \text{ cm}^2$ | | | | | |
| 3 | 386 | As1=3,97 | As1=11,9 | \$14 \$20 | \$ 25 \$ 32 | | | | | |
| | | As2=3,97 | As2=11,9 | | | | | | | |
| | | As3=3,97 | As3=11,8 | aria % aria | a 25 | | | | | |
| | | As4=3,97 | As4=11,8 | • 0.81 • 9 914 | 9 23 • 2.23 • 9 2. | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | 9 20 9 14 9 20 | \$ 25 \$ 25 | | | | | |
| | | | | $\Sigma As = 18.72 \text{ cm}^2$ | $\Sigma As = 51.8 \text{ cm}^2$ | | | | | |

Таблиця 5.2.1 Порівняння армування колон при різних режимах розрахунку

| 276 | 57 | As1=2,45 As2=2,45 | As1=2,44 As2=2.44 | ø 16 | • | છ 12 ● | • | Ø 16 | ø 16 | • | ø12 • | • | ø 16 |
|-----|----|----------------------|----------------------|--------------|------|----------------------|---|--------------|-------------|------|---------------------|---|-------------|
| | | As3=2,45 | As3=2,44 | a 12 | | % | | a 12 | છ 12 | | 054 | | છ 12 |
| | | As4=2,45 | As4=2,44 | 19 12 | • | 0.54 | • | 12 | | | 0.34 | • | |
| | | | | ø 16 | • | • ø12 | • | 1 6 | ø 16 | • | • ø12 | • | ø 16 |
| | | | | ΣΑ | s=12 | 2.56 см ² | 2 | | ΣΑ | s=12 | 2.56 cm^2 | | |
| 467 | '5 | As1=4,24 | As1=2,45 | g 25 | | ø 14 | - | Ø 25 | ø 16 | | 9 12 | | Ø 16 |
| | | As2=4,24 | As2=2,45 | | • | • | • | | | • | • | • | |
| | | As3=8,72 | As3=2,45 | | | 96 | | | - 10 | | 96 | | |
| | | As4=8,72 | As4=2,45 | \$ 20 | • | 1.25 | • | 9 720 | 1 2 | • | 0.54 | • | Ø 1: |
| | | | | \$ 25 | • | • Ø14 | • | g 25 | ø 16 | • | • ø12 | • | Ø 1 |
| | | | | ΣΔ | s-28 | 8.99 cm^2 | 2 | | ΣΔ | s—17 | 256 cm^2 | | |

Продовження таблиці 5.2.1

З аналізу армування бачимо, що в цілому результати двох режимів розрахунків кардинально відмінні. Це можна пояснити тим, що в наслідок врахування етапності створення, прикладення навантажень та перерозподілу зусиль в режимі монтаж, повздовжні сили в елементах в основному збільшились, що призвело до необхідності збільшення проценту армування та, відповідно, збільшення діаметрів повздовжньої арматури. Бачимо, що при стандартному розрахунку в елементі 4675 через виникнення зусилля розтягу, процент армування стрімко зростає. В свою чергу при режимі монтаж через компенсацію деформацій внаслідок збільшення довжини колони на попередніх етапах монтажу зусилля розтягу замінюється стиском і загальна площа армування вже зменшується з 28,99см 2 до 12,56см².

В той же час в елементі 386, при режимі монтаж, в наслідок збільшення повздовжніх зусиль процент армування збільшується, так як бетонний переріз вже не забезпечує необхідної міцності. Загальна площа армування збільшується з 18.72 см², при стандартному розрахунку, до 51.8 см² при монтажі. Для ілюстрації використовуємо програму АРБАТ [14], яка дає змогу перевірити опір бетонних перерізів на розрахункові сполучення зусиль, по-

| | | | | | ПОЯСНЮВА |
|------|------|----------|--------|------|----------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

раховані в ПК Scad. Для цього зберігаємо сполучення зусиль для елементу №386 і використовуємо їх в програмі Арбат [14]. В результаті отримуємо графік *Кривые взаимодействия* та такі результати для найнесприятливіших сполучень зусиль:

N = -455,763 T M_y = -0,627 T*M Q_z = -0,26 T M_z = -1,27 T*M Q_y = -0,882 T Коэффициент длительной части 0,813

| Проверено по СНиП | Проверка | Коэффициент ис- пользования |
|-------------------|---|--------------------------------|
| п.п. 3.1-3.5 | Прочность по предельной продольной силе се- чения | 1,533 |
| п.п. 3.24, 3.6 | Продольная сила при учете прогиба при гибко- сти L0/i>14 | 0,197 |
| п.3.30 | Прочность по наклонной полосе между на- клонными трещинами по Qz | 0,003 |
| п.3.30 | Прочность по наклонной полосе между на- клонными трещинами по Qy | 0,01 |
| п.5.3 | Предельная гибкость в плоскости ХоҮ | 0,173 |
| п.5.3 | Предельная гибкость в плоскости ХоZ | 0,173 |

Коэффициент использования 1,533 - Прочность по предельной продольной силе сечения



Тепер робимо перевірку в цій же програмі, проте тепер перевіряємо армований переріз арматурою рекомендованого перерізу.

N = -453,7 T M = -1,406 Т*м Q = -0,26 Т Коэффициент длительной части 0,812

| Проверено по СНиП | Проверка | Коэффициент ис- |
|---------------------------|--|-----------------|
| | | пользования |
| п.п. 3.26,3.28 | Прочность по предельной продольной силе се- | 0,878 |
| | чения | |
| п.п. 3.15-3.20, 3.27-3.28 | Прочность по предельному моменту сечения | 0,981 |
| п.п. 3.24, 3.6 | Продольная сила при учете прогиба при гибко- | 0,1 |
| | сти L0/i>14 | |
| п.3.30 | Прочность по наклонной полосе между на- | 0,003 |
| | клонными трещинами | |
| п.3.31 СНиП, п.3.31 По- | Прочность по наклонной трещине | 0,005 |
| собия к СНиП | - | |
| п.5.3 | Предельная гибкость в плоскости ХоҮ | 0,173 |
| п.5.3 | Предельная гибкость в плоскости ХоZ | 0,173 |

Коэффициент использования 0,981 - Прочность по предельному моменту сечения



Арк.

62

Кривые взаимодействия

В результаті отримуємо переріз, який чинить опір всім зусиллям, що виникають в перерізі даного елемента. Проте визначальним фактором для нього вже є міцніть по граничному моменту перерізу.

У крайній колоні різниця в армуванні не на стільки суттєва, але в цілому процент армування збільшується: у нижній колоні на 44%, а в середній та верхній на 23%.

Далі розглянемо армування плит перекриття.

| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 63 | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|----|--|--|--|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Армування плит перекриття зі зміною режиму розрахунку не зазнає суттєвих змін на нижніх поверхах будівлі. Проте все змінюється на верхніх перекриттях. А саме на позначках +24,000м і +27,000м. (рис.5.2.3 – рис.5.2.10). Спричинено це наявністю жорсткого верхнього поверху, і нерівномірністю деформацій при статичному розрахунку конструкції.









Змн.

Арк

№ докум.

Підпис

Дата

Армування пілонів. Повздовжньою арматурою для пілонів є арматура, яка в програмі формується вздовж осі Ү. Різниця в армуванні між двома розрахунками суттєва. У той же час арматура вздовж осі Х при статичному розрахунку майже відсутня, а при монтажі в деяких випадках досягає значень у 9 см².










Армування при режимі монтажу більш рівномірне, отже, пілони сприймають зусилля майже по всій своїй довжині, а не окремими їх елементами. Це було досягнуто за рахунок рівномірних деформацій, що були компенсовані за рахунок збільшення довжин пілонів на попередніх етапах монтажу.

Далі розглянемо армування підпірної стіни підвалу.

| | | | | | | Арк |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 71 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | , 1 |





В цілому значення % армування стіни підвалу по двом розрахункам не відрізняються, але загальна щільність ізополів армування значно більша при розрахунку в режимі монтаж. Найбільше ж арматури необхідно встановлювати в місці примикання перекриття на відмітці 0,000 в осях А-Г.

При цьому необхідно звернути увагу на те, що розрахункові сполучення зусиль (РСУ), по яким виконують підбір арматури, в даному випадку мають суттєві відмінності при обрахуванні їх при різних режим розрахунку. Через те, що в РСУ при режимі монтаж входять абсолютно всі завантаження, які діють на різних стадіях, з'явилася можливість більш точно відслідкувати і обрахувати внутрішні зусилля, що виникають в елементах стіни підвалу. Для ілюстрації цієї можливості порівняємо РСУ обраховані при різних режимах розрахунку для 911 елементу стіни підвалу (таблиця 5.2.2-5.2.3). Таблиця 5.2.2 РСУ для елемента №911 при стандартному розрахунку

| Элемент | | | A | | | | | | |
|---------|---------|-------|----------|--------|--------|-------|-------|------|---------------------|
| | NX | NY | TXY | MX | MY | MXY | QX | QY | Формула |
| 911 | -624,92 | -6,13 | -21,553 | -4,064 | -0,622 | -0,27 | -5,44 | 0,57 | L1+L2+0.6*L6+0.8*L7 |
| 911 | -630,05 | -5,73 | -24,071 | -4,214 | -0,624 | -0,28 | -5,55 | 0,58 | L1+L2+0.6*L4+0.8*L7 |
| 911 | -629,5 | -5,64 | -24,537 | -4,238 | -0,625 | -0,28 | -5,57 | 0,59 | L1+L2+0.8*L4+0.6*L7 |
| 911 | -617,35 | -5,49 | -24,265 | -4,194 | -0,618 | -0,28 | -5,57 | 0,58 | L1+0.9*L2+0.9*L4 |
| 911 | -550,97 | -5,83 | -17,094 | -3,469 | -0,546 | -0,33 | -5,24 | 0,49 | L1+0.9*L3+0.9*L7 |
| 911 | -618,02 | -6,22 | -20,097 | -4,04 | -0,618 | -0,28 | -5,41 | 0,56 | L1+L2+0.8*L3+0.6*L7 |
| 911 | -621,43 | -6,17 | -20,741 | -4,065 | -0,619 | -0,28 | -5,43 | 0,56 | L1+L2+0.6*L3+0.8*L7 |
| 911 | -622,66 | -6,18 | -21,18 | -4,038 | -0,622 | -0,26 | -5,43 | 0,56 | L1+L2+0.8*L6+0.6*L7 |
| 911 | -617,08 | -5,47 | -24,52 | -4,151 | -0,611 | -0,29 | -5,56 | 0,57 | L1+0.8*L2+L4+0.6*L7 |

Таблиця 5.2.3 РСУ для елемента №911 при режимі монтаж

| CHARLEN | | | | Значени | я | | | | Формала |
|---------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|-------------------------|
| Элемент | NX | NY | TXY | MX | MY | MXY | QX | QY | Формула |
| 911 | -30,619 | -0,573 | 2,035 | -7,759 | -0,034 | -0,187 | -7,225 | 0,263 | L3+L4 |
| 911 | -526,25 | -4,021 | -17,912 | -5,184 | -0,149 | -0,204 | -5,133 | 0,33 | L53+L54+0.6*L58+0.8*L59 |
| 911 | -531,38 | -3,62 | -20,419 | -5,334 | -0,151 | -0,217 | -5,239 | 0,345 | L53+L54+0.6*L56+0.8*L59 |
| 911 | -530,84 | -3,527 | -20,885 | -5,359 | -0,152 | -0,216 | -5,26 | 0,348 | L53+L54+0.8*L56+0.6*L59 |
| 911 | -84,403 | 0,819 | -1,129 | -4,751 | -0,158 | -0,102 | -5,212 | 0,39 | L5+L6 |
| 911 | -452,42 | -3,684 | -13,506 | -4,59 | -0,073 | -0,267 | -4,926 | 0,251 | L53+0.9*L55+0.9*L59 |
| 911 | -519,36 | -4,11 | -16,457 | -5,161 | -0,145 | -0,222 | -5,103 | 0,322 | L53+L54+0.8*L55+0.6*L59 |
| 911 | -522,77 | -4,057 | -17,099 | -5,186 | -0,146 | -0,221 | -5,121 | 0,325 | L53+L54+0.6*L55+0.8*L59 |
| 911 | -524 | -4,063 | -17,542 | -5,158 | -0,15 | -0,198 | -5,118 | 0,328 | L53+L54+0.8*L58+0.6*L59 |
| 911 | -518,43 | -3,357 | -20,876 | -5,272 | -0,139 | -0,224 | -5,247 | 0,338 | L53+0.8*L54+L56+0.6*L59 |
| 911 | -135,63 | 0,191 | -3,181 | -5,374 | -0,146 | -0,145 | -5,57 | 0,392 | L11+L12 |

Як бачимо, при режимі монтаж крім навантажень, які діють на стадії експлуатації (L53-L59), в визначенні РСУ для даного елемента приймають

| | | | | | | Арк |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|-----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 74 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | , . |

участь також і завантаження L3+L4 (друга стадія монтажу), L5+L6 (третя стадія монтажу), L11+L12 (четверта стадія монтажу).

В результаті врахування навантажень з цих стадій програмі вдалось визначити максимальні значення моменту Мх та поперечної сили Qx, які діють на до експлуатаційній стадії, а отже, можуть бути причиною аварій. Відмінність у значеннях при різних режимах розрахунках складає 46% для моменту та 22% для поперечної сили, що є більш ніж суттєвою розбіжністю.

| | | | | | | Арк. | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|--|--|--|--|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

6. Висновки

Відмінність між розрахунком з урахуванням процесу зведення (монтаж) та стандартним лінійним розрахунком полягає у різному підході та осмисленні напружено-деформованого стану конструкції. Визначальним фактором є те, що будівля, як система поєднаних елементів, не виникає одразу з нічого, а з'являється поступово, етап за етапом, поверх за поверхом. А отже, і навантаження до елементів прикладаються поступово, накопичуючись, та перерозподіляючись. При такому баченні процесу зведення конструкції постало питання в достовірності результатів розрахунків «багатоетапних» споруд і необхідності коригування цих результатів. Для цього в більшості сучасних програмних комплексах передбачений так званий режим «монтаж», який дає змогу оцінити напружено-деформований стан системи з урахуванням стадійності її зведення та виконати більш точне проектування елементів залізобетонних конструкцій.

По результатам проведених порівняльних розрахунків в різних режимах ПК Scad робимо наступні висновки.

 Формування розрахункової схеми при режимі монтаж відрізняється від стандартного розрахунку необхідністю опису етапності створення будівлі та введення необхідного набору елементів на відповідну стадію монтажу.
З'являється можливість врахування деформованої схеми конструкції при додаванні нової стадії.

2. Навантаження розрахункової схеми при режимі монтаж необхідно виконувати заздалегідь створеними завантаженнями, проте на кожній стадії необхідно враховувати лише ті завантаження, які на неї будуть діяти. Остання стадія монтажу розглядається як експлуатаційна і до неї мають входити усі елементи і завантаження що діють на схему під час експлуатації. При цьому розрізняються Накопичуване(базове) та Незалежні завантаження. Накопичуване діє на кожній стадії і в його склад найчастіше входить власна вага конструкцій. Незалежні завантаження можуть діяти як на результуючу схему так і на окремих стадіях навантаження.

| | | | | | ΠΟΠ |
|------|------|----------|--------|------|-----|
| | | | | | поя |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

3. Розрахункові сполучення зусиль при режимі монтаж відрізняються від РСУ при стандартному розрахунку тим, що до їх складу входять абсолютно всі завантаження, які діють на кожній стадії монтажу. Це пов'язано з тим, що максимальне значення Сполучення зусиль для окремого елемента може формуватись не за рахунок завантажень, які діють на результуючу схему, а за рахунок, наприклад, завантажень, що діють на окремій стадії монтажу в склад якої входить даний елемент. При цьому необхідно відмітити: завантаження, які діють на окремих стадіях монтажу автоматично взаємно виключаються, а користувачеві необхідно виконати лише взаємне виключення тим завантажень, що діють на одній стадії і яким це взаємне виключення необхідне (вітер, сніг, корисне навантаження, тощо).

4. Деформації конструкції при стандартному розрахунку досягають значних показників, особливо на верхніх поверхах, виникає ефект перекосу будівлі в площині ZOY, деформації в цілому не рівномірні. В наслідок ефекту підвісу колони до жорсткого верхнього поверху з'являється зусилля розтягу на верхніх поверхах внутрішніх колон. При режимі монтаж деформації в цілому мають прогнозований характер. Деформації верхніх поверхів компенсуються за рахунок збільшення довжини колон, стін, пілонів на попередніх поверхів. Деформації рівномірні, в основному у вертикальному напрямі, а основною перевагою режиму монтаж є можливість прослідкувати деформації конструкції на різних етапах будівництва, коли на них діють додаткові завантаження, які не діють на результуючу (експлуатаційну) схему або їх вплив на глобальну схему не є визначальним.

5. Результати розрахунків повздовжніх зусиль у вертикальних несучих конструкціях (колонах) у двох режимах розрахунку мають суттєву відмінність. Так, при статичному розрахунку за рахунок нерівномірних деформацій у внутрішніх колонах на верхніх поверхах виникає зусилля розтягу і тому зусилля до нижніх поверхів доходять значно меншими ніж вони мають бути. При режимі монтаж ефект підвісу колони нівелюється, колони набува-

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ють зусилля стиску, а в колонах нижнього поверху за рахунку врахування деформування схеми та перерозподілу зусиль у елементах значення повздовжньої сили збільшується, у порівнянні зі стандартним розрахунком, на 23% (більше 100 тон).

6. Армування вертикальних несучих конструкцій – колон – напряму залежить від зусиль, що виникають у цих елемента. При стандартному розрахунку найбільший процент армування необхідно було у колонах верхніх поверхів внутрішніх колон для сприйняття розтягуючого зусилля, що виникало у них. Натомість при режимі монтаж, за рахунок перерозподілу зусиль у елементах і збільшенні значення стиску, найбільший процент армування припадає на колони нижніх ярусів, для сприйняття зусилля, яке вже не витримує бетонний переріз колон.

7. Армування вертикальних несучих конструкцій – пілонів – при режимі монтаж набуває більш рівномірного характеру, і збільшується у пілонах в осях 1 та 4 в порівнянні зі стандартним розрахунком, що свідчить про сприйняття зусиль по всій довжині пілонів.

8. Армування горизонтальних несучих конструкцій – плит перекриття – в цілому не відрізняється при розрахунку різними режимами, за виключенням перекриттів верхнього жорсткого поверху, в яких через нерівномірність деформацій при стандартному розрахунку армування збільшується у порівнянні з розрахованим армуванням при режимі монтаж.

9. Армування огороджуючих конструкцій – стіна підвалу. При режимі монтаж, в результаті компенсації довжини стіни на попередніх етапах і перерозподілу зусиль у ній, армування збільшується в порівнянні з стандартним розрахунком, а особливо у рівні нижнього поверху підвалу де армування при стандартному розрахунку взагалі майже відсутнє.

Розрахунок з урахуванням історії навантаження та монтажу дає можливість більш вірно врахувати реальну роботу конструкції під час зведення та її реконструкції.

| | | | | | | Ap |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 78 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Список використаної літератури

- Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. - 4-е изд., перераб. - М.: Изд-во СКАД СОФТ, 2011.– 736 с.
- Назаров Ю.П., Симбиркин В.Н, Городецкий А.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла конструкций// Актуальные проблемы исследований по теории сооружений: Сборник научных статей в двух частях/ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – Ч. 2. – М.: ЦПП, 2009. – С. 204-216.
- Сапожников А.И., Григоршев С.М. Учет последовательности возведения каркасных зданий различной конструктивной схемы / Изв. вузов. Строительство, 2010. – №2.
- Убийвовк А.В. Учет процесса возведения многоэтажных зданий с помощью компенсирующих температурных нагрузок в расчетах конструкций с использованием МКЭ / Науковий вісник будівництва // ХДТУБА. – 2010.
- Завьялова О.Б. Учет последовательности монтажа конструкций при расчете усилий в рамных системах / О.Б. Завьялова // Изв. вузов. Строительство, 2009. – №2.– С.115-122.
- Кабанцев О.В. доклад на тему «Расчетная технология прогноза напряженно-деформированного состояния конструкций с учетом истории возведения и нагружения (технология «Монтаж»)».
- 7. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування».
- ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення».
- 9. ДБН В.1.2-2:2006. «СНББ. Навантаження і впливи. Норми проектування».

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

- Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD – М.: Издательство СКАД СОФТ, 2009. – 656 с.
- Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф.Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. – 3-е изд., перераб. - М: Изд-во СКАД СОФТ, 2011. - 528 с.
- 12. ДБН В.2.1-10-2009. «Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування».
- 13. Залізобетонні конструкції: Підручник / А.Я. Барашиков, Л.М. Буднікова, Л.В. Кузнєцов та ін. ; За ред. А.Я. Барашикова. К.: Вища шк., 1995. 591 с.
- 14. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Микитаренко М.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А., Федоровский В.Г., Юрченко В.В. SCAD Office. Реализация СНиП в проектирующих программах – М.: Издательство СКАД СОФТ, 2007. – 407 с.

| | | | | | | Ар |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|----|
| | | | | | ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА | 8(|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |