

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

БАНАХ Віктор Аркадійович

УДК 624.04:69.071.15

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ БЕЗКАРКАСНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ
З ПІДВАЛИНАМИ В ГРУНТОВИХ УМОВАХ ЗАПОРІЗЬКОГО РЕГІОНУ

Спеціальність 05.23.01 - Будівельні конструкції,
будівлі та споруди

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1992

024

Робота виконана в лабораторії розрахунку будівель Зонального науково-дослідного інституту типового та експериментального проектування житлових та суспільних будівель, м.Київ.



00388129 (V)

Науковий керівник:

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
О.О. ДИХСВІЧНИЙ

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук,
професор С.М. КЛЕПІКОВ
кандидат технічних наук,
доцент В.Д. КРІПАК

Ведуча організація:

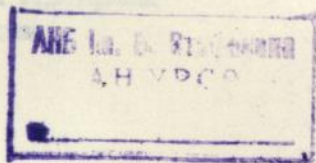
Діпроцивільпромбуд

Захист відбудеться "13" листопада 1992 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої ради К 068.05.04 Київського інженерно-будівельного інституту / 252037, м.Київ, Повітрофлотський проспект, 31 / у залі засідань Ради інституту.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту.

Автореферат розіслано "12" жовтня 1992 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради,
кандидат технічних наук,
доцент



Г.Й. Мельниченко Г.Й. МЕЛЬНИЧЕНКО

Актуальність теми. У зв'язку з масовим характером будівництва безкаркасних житлових будівель у складних інженерно-геологічних умовах з'явилась потреба розраховувати будівлі в цілому з урахуванням взаємодії конструкцій з нерівномірно деформованими підвалинами. При цьому для регіонів, до числа яких належить і Запорізький, де є кілька видів нерівномірно деформованих підвалин, треба створити єдину методику розрахунку такої взаємодії на засадах розрахункових моделей, які адекватно описують роботу системи "будівля - підвалина", а застосування ЕОМ дозволить розраховувати ці складні просторові системи з урахуванням фізичних особливостей їх деформування.

Нині важливим питанням є вибір моделі будівлі при її розрахунку на нерівномірні деформації підвалин. Так, наприклад, застосування найпростіших розрахункових моделей не дає можливості вірогідно оцінити розподіл зусиль в елементах будівель. В той же час, використання найбільш розповсюджених просторових моделей методу кінцевих елементів обмежується можливостями ЕОМ, що викликає необхідність значного спрощення цих моделей; це, в свою чергу, здатне викликати похибки в результатах розрахунку.

Таким чином, особливої актуальності набуває створення досить вірогідної і не дуже трудомісткої методики розрахунку взаємодії безкаркасних житлових будівель з підвалинами в умовах вимушених деформацій останніх.

Метою дисертаційної роботи є розробка універсальної методики розрахунку взаємодії багатопверхових безкаркасних будівель з нерівномірно деформованими підвалинами для ґрунтових умов Запорізького регіону, а також пропозицій по застосуванню цієї методики в інженерних розрахунках.

Для реалізації цієї мети були вирішені такі задачі:

- розробка методики, алгоритмів і програми розрахунку взаємодії багатопверхових безкаркасних будівель з нерівномірно деформованими підвалинами;
- побудування розрахункових моделей такої взаємодії та дослідження сфери їх застосування;
- розробка пропозицій по урахуванню взаємодії системи "будівля - підвалина" в інженерних розрахунках.

На захист автор вносить:

- запропоновані моделі взаємодії багатоповерхових безкаркасних будівель з нерівномірно деформованими підвалинами;
- методику розрахунку будівель в умовах нерівномірних деформацій підвалів;
- практичне застосування результатів дисертаційної роботи.

Наукова новизна роботи полягає в запропонованих моделях взаємодії безкаркасних житлових будівель з нерівномірно деформованими підвалинами, а також в розробленій методиці врахування реальної жорсткості будівлі.

Практична цінність роботи полягає в пропозиціях по врахуванню сумісної роботи багатоповерхових безкаркасних будівель з підвалинами в складних інженерно-геологічних умовах. Ці пропозиції подані у вигляді методичних рекомендацій.

Розроблено методику, алгоритми та програмне забезпечення для розв'язання задач взаємодії будівель з підвалинами в складних умовах будівництва. Методика і алгоритми знайшли застосування в планових дослідженнях КиївЗНДІЕПу.

Запропоновану в роботі методику можна застосувати для вирішення широкого кола завдань, пов'язаних з дослідженням роботи будівельних конструкцій та споруд, які зводяться в умовах нерівномірно деформованих підвалів.

Впровадження результатів роботи. Узагальнення досвіду будівництва і експлуатації цивільних будівель в умовах просадочних ґрунтів Запорізького регіону використано КиївЗНДІЕПом та комбінатом "Запоріжжитлобуд" при проведенні обстежень і захисті будівель від деформацій просадки.

Запропоновані в роботі методика і алгоритм розрахунку були застосовані у розрахунках і дослідженні напружено-деформованого стану елементів великопанельних житлових будівель при нерівномірних осіданнях свайних фундаментів в умовах просадочних ґрунтів м.Волгодонська.

Розроблені в розвиток діючих будівельних норм і правил "Методические рекомендации по применению программы расчета взаимодействия зданий и сооружений с нелинейно деформируемым основанием" і програма СПЛЕНД для ЕОМ ЕС і СМ, а також для ПЕОМ IBM PC/XT/AT,

дозволяють автоматизувати розрахунок для самих різноманітних ґрунтових ситуацій та видів нерівномірних деформацій підвалин, пов'язаних з просадкою та підроботкою.

Загальний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи склав 100,0 тис. карбованців у цінах 1990 року.

Апробація роботи. Результати роботи доповідались:

- на ХУ науково-виробничій регіональній нараді-семінарі "Автоматизація проектування и исследований железобетонных конструкций многоэтажных зданий", Львів, 1989 р.;

- на республіканській науково-технічній конференції "Перспективи развития монолитного домостроения в Украинской ССР", Одеса, 1989 р.;

- на республіканській науково-технічній конференції "Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформаций, и их внедрение в строительную практику", Полтава, 1989 р.

Публікації. За матеріалами виконаних досліджень опубліковано 8 друкованих праць.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, закінчення, списку літератури /148 найменувань/, додатків. Матеріал викладений на 114 сторінках друкованого тексту, містить 58 малюнків і 4 таблиці.

У в с т у п і до дисертаційної роботи обґрунтовується актуальність теми, викладена загальна характеристика роботи, її мета, наукова новизна, практична цінність та основні положення, які автор виносить на захист.

Перший розділ присвячений сучасному стану питання урахування ґрунтових умов при розрахунках конструкцій будівлі, застосуванню розрахункових моделей підвалин при наявності складних інженерно-геологічних умов.

Нині більше половини всього цивільного будівництва на Україні ведеться на майданчиках зі складними умовами будівництва. В Середньому Придніпров'ї переважають лесові просадочні ґрунти, що займають до 96% території Запорізького регіону, інженерно-геологічні особливості якої обумовлені специфікою ряду ґрунтових та

гідрогеологічних факторів, а саме, наявністю:

- значної товщі лесових просадочних ґрунтів і, як результат, в основному II типом ґрунтових умов по просадочності;
- різких перепадань рівня ґрунтових вод навіть у межах території одного району;
- великої площі намівних піщаних підвалин, де намів здійснювався на слабкі заплавні ґрунти;
- гірничої підроботки в місцях інтенсивного житлового будівництва.

Таким чином, за своїми ґрунтовими умовами Запорізький регіон належить до числа територій з комплексом складних для будівництва умов.

Всі ґрунти, розглянуті в цій роботі, можна віднести до типу нерівномірно деформованих підвалин. Найбільш детально властивості та умови роботи просадочних ґрунтів вивчені в роботах Ю.М.Абелєва, М.Ю.Абелєва, В.І.Крутова, С.М.Клепікова та інших вчених. Установлено, що для вірогідного прогнозу напружено-деформованого стану будівлі велике значення має використана розрахункова схема ґрунтового масиву. В роботах С.М.Клепікова, Б.О.Косицина були запропоновані та проаналізовані такі моделі. Я.Д.Гільманом запропонований метод розрахунку деформацій просадки з урахуванням зміни напружено-деформованого стану лесової підвалини при її зволоженні.

Комплексне вивчення намівних ґрунтів виконується з 1978 року. Значний вклад у дослідження їх властивостей внесли В.В.Добровольський, І.Я.Русинов, П.Д.Лобасов. Вплив слабого шару на роботу двохшарової підвалини вивчався П.А.Коноваловим. Результати спостережень за осіданням споруд на намівних підвалинах узагальнені в працях С.Ф.Винокурова та А.С.Карамішева.

І.М.Вілковим дано вирішення з використанням моделі, яка відповідає підвалині, де пісок намівається на слабкий ґрунт. В роботі Н.С.Никифорової ця задача доведена до практичного використання. Крім цього, нею досліджена розподільна властивість неоднорідних намівних підвалин і виявлено, що умовам їх роботи найбільш відповідає модель лінійно деформованого середовища.

Характер деформацій поверхні ґрунту в умовах підробляємих територій та їх параметри детально викладені в роботах Г.Кратча, Б.О.Косицина, М.С.Метелюка, Д.Д.Сергєєва, О.І.Юшина та інших ав-

торів. Питання врахування особливостей при розрахунку будівель і споруд, збудованих в умовах гірничої підроботки, розкриті в працях Б.О.Косицина.

Велике значення для отримання вірогідного напружено-деформованого стану елементів будівлі, зведеної в умовах гірничої підроботки, має обґрунтований вибір розрахункової схеми підвалини. У зв'язку з цим у працях вказаних авторів пропонуються методики визначення параметрів розрахункових моделей підвалин будівель, зведених на підроблених територіях.

Проведений аналіз впливу різних ґрунтових умов на верхню будівлю дає можливість зробити висновок про те, що такий вплив можна звести до деформаційного впливу підвалини на споруду, який з часом змінюється поступово /просадочна воронка, мульда при підроботці/ або стрибкоподібно /уступ при підроботці/. Це дає можливість узагальнити задачу взаємодії будівель і споруд з нерівномірно деформованими підвалинами та створити єдиний алгоритм розрахунку такої системи.

Проаналізовані також особливості житлового будівництва в Запорізькому регіоні та стан житлового фонду. Це дозволило зробити висновок, що деформування зазнають будівлі, зведені як на природній підвалині, так і з використанням захисних заходів. Таким чином виникає необхідність більш ретельного урахування факторів, які впливають на напружено-деформований стан конструкцій будівель, що безпосередньо пов'язано з вибором розрахункової моделі взаємодії споруди з підвалиною.

На основі проведеного аналізу сформульовані мета і задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі розроблена методика урахування ґрунтових умов при розрахунку взаємодії будівель і споруд з нерівномірно деформованими підвалинами.

Розрахунок взаємодії споруди з підвалиною в загальному випадку потребує урахування однобічного зв'язку в площині контакту, нелінійного характеру наростаючих деформацій ґрунту при лінійному законі його розвантаження, послідовного характеру наростання вимушених деформацій підвалини, а також особливостей досліджуваної споруди. В процесі розвитку вимушених деформацій підвалини внаслідок виключення розтягнутих зв'язків змінюється розрахункова схема си-

стеми. У зв'язку з цим виникає необхідність створення спеціального апарату для розрахунку взаємодії будівель та споруд з підвалинами.

Розв'язання деяких задач, пов'язаних з розрахунком безкаркасних будівель з урахуванням нерівномірних деформацій підвалин, були запропоновані В.І.Лішаком, Д.М.Соболєвим, П.П.Шагінін. С.М.Клепиковим був розроблений метод розрахунку, де розглядається довільно завантажена балка, яка лежить на анізотропній пружній підвалині, стисливість якої змінюється по довжині балки за довільним законом.

Відомий також підхід до розрахунку системи "будівля - підвалина", при якому підвалина моделюється набором вертикальних умовно пружних стержнів. Жорсткості цих стержнів визначаються на підготовчому етапі розрахунку і моделюють як вимушені деформації підвалини, так і нелінійні властивості ґрунту при даному рівні навантаження.

Зважаючи на спільність задачі взаємодії, при якій вплив усіх видів нерівномірно деформованих підвалин на будівлю зводиться до дії нелінійних деформацій, можливий єдиний універсальний підхід до вирішення задачі взаємодії споруди з підвалиною.

Для цього створена розрахункова модель у вигляді штампу на нерівномірно деформованій підвалині, яка дозволяє врахувати реальну конфігурацію підшви фундаментів досліджуваної будівлі і фактичний розподіл навантаження в рівні верху фундаменту.

У найбільш загальному випадку нелінійний зв'язок осідання W з питомим тиском на ґрунт P при зростанні тиску може бути прийнятий у вигляді відомої залежності:

$$P = \frac{F_u \cdot w}{w + \theta} \quad / I /$$

Тут F_u - граничний опір підвалини.

Спільність задачі взагалі і залежності $/I/$ зокрема дозволяє шляхом спеціального добору параметрів використовувати цю залежність і для різноманітних окремих випадків підвалин.

Таким чином, у прийнятому підході може бути враховано широкий діапазон ґрунтових умов і видів вимушених деформацій підвалини. Алгоритм описує найбільш розповсюджені умови - просадочні ґрунти та підробляемі території, однак легко може бути розповсюджений на будь-які інші види нерівномірно деформованих підвалин.

Розглянута задача визначення реактивного опору і деформацій підвалин будівель і споруд, зведених на просадочних ґрунтах та підроблених територіях, для розрахункової моделі будівлі у вигляді абсолютно жорсткого штаму. Конфігурація штаму приймається відповідно структурі підшви фундаментів, яка подається сукупністю елементарних площадок з визначеними координатами центрів. Для вирішення нелінійної задачі взаємодії використовується сполучення методів початкових напружень, крокового і послідовних наближень.

Метод початкових напружень використовується у структурі рівнянь рівноваги, в яких вимушені деформації підвалини перенесені у праву частину рівнянь, кроковий метод – при послідовному нарощуванні розмірів вимушених деформацій підвалини, а метод послідовних наближень – при уточненні напружено-деформованого стану підвалини на кожному кроці. Таким чином може бути врахована передісторія напруженого стану системи.

Розрахунок взаємодії будівлі з підвалиною здійснюється на основі лінеаризованої залежності /I/, причому до розрахунку вводитьсЯ сiчна жорсткiсть пiдвалини, а при зменшеннi тиску на ґрунт /розвантаженнi/ – на основi модуля пружного розвантаження. За невідомі прийняті вертикальні переміщення будівлі та кути її повороту. Шукане рішення впливає тільки із умов рівноваги, тому що підшва абсолютно жорсткої плити при її осіданні залишається плоскою. Розв'язавши систему рівнянь рівноваги відносно прийнятих невідомих, можна знайти положення штаму в результаті впливу вимушених деформацій підвалини.

Алгоритм передбачає послідовне нарощування деформацій підвалин, дозволяючи стежити за зміною напружено-деформованого стану системи. При цьому результати кожного проміжного етапу розрахунку використовуються в якості початкового наближення для наступного етапу, на якому методом ітерацій уточнюються значення сiчної жорсткостi пiдвалини, виключаються розтягнуті зв'язки, враховується лiнійний характер розвантаження, тобто передiсторiя розвитку вимушених деформацій підвалини та поведінки системи.

Запропонований алгоритм реалізовано у вигляді основного блоку програми СПЛЕНД для ЕОМ ЕС та СМ, а також для ПЕОМ ІВМ РС/ХТ/АТ.

За допомогою цієї програми виконані розрахунки великопанельних будівель на природних просадочних підвалинах та на свайних

фундаментах у ґрунтових умовах м.Волгодонська. Особливістю роботи будівель на свайних фундаментах в умовах вимушених деформацій підвалини є велика жорсткість останньої у порівнянні з жорсткістю природних підвалин. Виконані дослідження показали, що абсолютно жорстка модель будівлі в цих умовах виявилась некоректною.

У зв'язку з цим зроблено висновок про необхідність розробки апарату, який дозволить урахувати навіть у простіших моделях реальну жорсткість споруди.

У третьому розділі розглядається питання урахування кінцевої жорсткості будівлі при розрахунку її взаємодії з нелінійно деформованою підвалиною за допомогою матриці жорсткості спеціального вигляду.

Багатоповерхова будівля являє собою багатократно статично незначену систему з піддатливими зв'язками між конструктивними елементами. Безпосереднє рішення нелінійної задачі взаємодії будівлі з підвалиною як єдиної системи трудомістке через необхідність залучення ітераційних методів. Якщо вдасться в цій задачі використати деяку компактну форму інформації про жорсткість споруди, то можливе значне спрощення процесу рішення. Такою інформацією про жорсткісні характеристики будівлі є її матриця жорсткості. Доцільно розділити задачу взаємодії на два етапи:

- опис умовно пружної моделі будівлі, результатом якого є матриця жорсткості спеціального вигляду, ступені свободи якої відповідають потрібним на другому етапі вертикальним переміщенням контактуючих з підвалиною вузлів розрахункової моделі;

- власне нелінійна задача розрахунку взаємодії будівлі з підвалиною, яка розв'язується незалежно, з використанням матриці жорсткості споруди, одержаної на першому етапі розрахунку.

При такому підході задача розрахунку взаємодії будівлі та підвалини виявляється незалежною від складності та структури досліджуваної споруди, яка описана матрицею жорсткості.

У матриці жорсткості, елементами якої є реакції у вертикальних зв'язках, уведених у вузли контакту будівлі з підвалиною, від їх одиничних вертикальних зміщень, компактно зосереджена інформація про жорсткісні характеристики конструктивних елементів будівлі, про структуру та порушення регулярності розрахункової моделі.

Матриця жорсткості може бути одержана прямим шляхом, тобто вве-

денням закріплень у вузли моделі споруди, які контактують з підвалиною, та послідовним заданням їм одиничних зміщень. Однак більшість програмних комплексів вимагають для кожного з цих станів зміни розрахункової схеми. Тому зручніше скористатися передбаченою в цих комплексах можливістю одночасного розрахунку системи на ряд силових впливів. При цьому для статично визначеної основної системи, в якій споруду закріплено від вертикальних зміщень у трьох точках, виконується її розрахунок на дію одиничних сил і знаходяться матриця Δ вертикальних переміщень у незакріплених точках контакту і матриця Γ реакцій у зв'язках.

Відомо, що матриця реакцій методу сил є зворотною матриці методу переміщень. У такому випадку G_{22} , яка є матрицею реакцій у точках контакту від одиничних сил, є зворотня матриця Δ вертикальних переміщень, тобто

$$G_{22} = \Delta^{-1}. \quad / 2 /$$

Матрицю реакцій у зв'язках від одиничних переміщень трьох закріплених точок G_{21} можна отримати із матриці Γ реакцій в цих точках від одиничних сил:

$$G_{21} = \Delta^{-1} \Gamma. \quad / 3 /$$

Очевидно, що матриця реакцій у зв'язках від одиничних зміщень інших точок

$$G_{12} = G_{21}^T.$$

І, нарешті, матриця реакцій у зв'язках від їх одиничних зміщень

$$G_{11} = \Gamma^T \Delta^{-1} \Gamma. \quad / 4 /$$

Тоді шукана матриця жорсткості G здобуває вигляд:

$$G = \begin{vmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{vmatrix}. \quad / 5 /$$

Таким чином досягається розділення громіздкої нелінійної за-

дачі на значну лінійну і досить просту нелінійну частину.

Нарешті, матриця жорсткості будівлі при використанні суперелементного підходу методу кінцевих елементів може бути одержана шляхом безпосереднього використання розрахункового апарату цього методу для розглядуваної будівлі в цілому як єдиного суперелементу з кількістю ступенів свободи, відповідаючих кількості вузлів контакту моделі з підвалиною.

Здобуття числових значень матриці жорсткості дозволяє перейти до рішення нелінійної контактної задачі. При цьому у розрахунок уводиться тільки матриця обмеженої розмірності, строго враховуюча реальну структуру та жорсткість будівлі. Підхід, заснований на використанні матриці жорсткості споруди, яка має обмежений порядок, суттєво спрощує задачу, роблячи алгоритм універсальним для будь-яких моделей надземної частини будівлі.

Отже, жорсткість та структура споруди повністю визначені її матрицею жорсткості. Тоді рівняння рівноваги системи має вигляд:

$$GW + kf(w - s) + Q_p = 0. \quad / 6 /$$

Тут G - матриця жорсткості споруди; W - вектор переміщень вузлів контакту споруди з підвалиною; K - діагональна матриця січної жорсткості підвалини; f - діагональна матриця площ; S - вектор осадок; $Q_p = -q$ - вектор нагрузок.

Розв'язуючи цю систему, можна отримати вектор шуканих переміщень:

$$W = (G + kf)^{-1} (q - kfs). \quad / 7 /$$

У побудові алгоритму можна використати і розглянуте вище рішення для моделі безмежної жорсткості. Тому що основна частина осадок будівлі пов'язана з її переміщеннями як абсолютно жорсткого тіла, можна за початковий стан прийняти рішення, одержане при розрахунку штампу абсолютної жорсткості та знайти уточнення, пов'язане з деформаціями споруди, тобто додаткові переміщення:

$$V = (G + kf)^{-1} (q - P). \quad / 8 /$$

Тут P - еюра реактивного опору під штампом.

Таким чином, програма СПЛЕНД, у якій реалізовано алгоритм розрахунку взаємодії з підвалинами будівель з урахуванням їх кінцевої жорсткості, дозволяє отримати уточнені параметри реактивного опору і деформацій ґрунтового масиву та перейти до розрахунку детальної просторової моделі будівлі, скориставшись одним із засобів переходу, наведених у роботі.

Ч е т в е р т и й р о з д і л присвячений розрахунку просторової моделі багатоповерхової безкаркасної будівлі.

Складність розрахунку споруди, яка являє собою багатозв'язкову просторову систему з неперервними зв'язками елементів, призвела до появи найрізноманітніших розрахункових моделей та методів розрахунку, запропонованих В.М.Байковим, П.Ф.Дроздовим, М.І.Додоновим, В.І.Лішаком, Д.М.Подольським та іншими, умови використання яких найчастіше пов'язані з технічними можливостями ЕОМ.

В умовах розв'язуваної задачі великої розмірності найбільш універсальний метод кінцевих елементів не може бути використаний безпосередньо. Вихід може бути в застосуванні суперелементного підходу методу кінцевих елементів. Особливо доцільно використання такого підходу в зв'язку з регулярністю структури багатоповерхових безкаркасних будівель.

Теоретичні основи суперелементного підходу розроблені досить детально в працях О.С.Городецького, С.А.Дмітрієва, В.Ю.Любінського, В.А.Постнова та інших і реалізовані в ряді програмних комплексів. Однак спроби описати досліджувану будівлю з необхідною деталістю однорівневими суперелементами не вдалися через велику розмірність задачі. Отже, виникла необхідність використання багаторівневої системи, в якій суперелементи кожного рівня утворюються складанням суперелементів нижчого рівня.

За суперелементи найнижчого рівня приймаються елементи стін та перекриття одного поверху, які моделюються базисними /бібліотечними/ кінцевими елементами. Матриця жорсткості такого суперелемента відносно ступенів свободи визначених супервузлів контакту із суміжними суперелементами може бути одержана за допомогою методу кінцевих елементів шляхом виключення складових матриці, відповідаючих внутрішнім вузлам суперелементів.

Об'єднуючи суперелементи найнижчого рівня, які відносяться до одного поверху, можна одержати матрицю жорсткості суперелемента

вищого рівня – поверху будівлі. Тут вертикальні стики між стіновими панелями та горизонтальні між плитами перекриття моделюються контактними кінцевими елементами.

Аналогічно, шляхом безпосереднього об'єднання суперелементів наступного рівня, може бути одержана матриця жорсткості будівлі в цілому, яка дозволить виконати її розрахунок.

Переходячи до вирішення задачі про взаємодію будівлі з підвалиною, можна одержати матрицю жорсткості будівлі відносно ступенів свободи, які відповідають вертикальним переміщенням вузлів її контакту з підвалиною. Цей підхід, що використовує багаторівневу ієрархічну систему суперелементів та рекурентну структуру алгоритму, реалізовано за допомогою програмного комплексу РЯД-89.

Незалежно від використаної розрахункової моделі потрібен перехід до розрахунку будівлі, причому можливі різні підходи до описання впливу підвалини на будівлю. Найбільш ефективним вважається підхід, в якому пружні зв'язки уводяться у всі вузли розрахункової моделі, усереднено моделюючи особливості роботи підвалини під різними ділянками будівлі.

З використанням програми СПЛЕНД вирішені задачі про рівновагу будівлі, представленої абсолютно жорстким штампом та вказаною матрицею жорсткості, на нелінійно деформованій підваulinі. Результати цих досліджень свідчать про те, що урахування кінцевої жорсткості споруди вносить істотні корективи у величини параметрів взаємодії. Виконано розрахунок суперелементної моделі будівлі на силові та деформаційні параметри, одержані в результаті першого етапу розрахунку. Таким способом знаходяться компоненти напружень в конструктивних елементах будівлі, які дозволяють виконати їх розрахунок на міцність.

Для перевірки вірогідності запропонованої методики розрахунку було виконано зіставлення результатів розрахунку з результатами відомого натурного експерименту, проведеного в умовах просадочних ґрунтів Придніпровського регіону. Близькість одержаних результатів дає можливість рахувати вірогідність запропонованої методики розрахунку взаємодії системи "багатоповерхова безкаркасна будівля – нерівномірно деформована підвалина" достатньою.

У з а к і н ч е н н і відзначається, що застосування розробленого в запропонованому дослідженні апарату розрахунку взаємодії будівель та споруд з нерівномірно деформованими підвалинами дозволило урахувати реальну жорсткість будівлі і в результаті цього одержати нові кількісні оцінки параметрів цієї взаємодії, а просторова розрахункова модель споруди, збудована на основі алгоритму послідовного нарощування рівня суперелементів, - одержати загальну картину напружено-деформованого стану елементів її конструкцій.

По роботі в цілому зроблені такі висновки :

І. Основними особливостями взаємодії багатоповерхових безкаркасних будівель з підвалинами в складних ґрунтових умовах є:

- характер деформування системи, в якій основна частина осадок будівлі пов'язана з її переміщеннями як абсолютно жорсткого тіла;
- нелінійний зв'язок напружень з деформаціями в ґрунті при навантаженні та лінійний - при розвантаженні;
- необхідність урахування передісторії напружено-деформованого стану системи при розвитку вимушених нелінійних деформацій підвалини;

- зміна розрахункової схеми системи "будівля - підвалина" в процесі деформування ґрунтового масиву за рахунок виключення розтягнутих зв'язків у зоні контакту будівлі з підвалиною;

- велика розмірність задачі, внаслідок чого вважається доцільним поділ процесу розрахунку на два етапи /власне задача взаємодії будівлі з підвалиною та розрахунок моделі будівлі/.

2. Широкий спектр ґрунтових умов у Запорізькому регіоні потребує створення єдиної методики розрахунку системи "будівля - підвалина" для різних видів нерівномірно деформованих підвалін. Для реалізації такого підходу необхідне обґрунтоване визначення розрахункових моделей системи.

3. Використання абсолютно жорстких моделей для розрахунків взаємодії будівлі зі свайними підвалинами небажане внаслідок великої жорсткості останнього. Урахування реальної жорсткості будівлі в цьому випадку необхідне.

4. Для урахування кінцевої жорсткості будівель та споруд при розрахунку їх взаємодії з підвалинами в умовах вимушених деформацій останніх, зручно скористатися матрицею жорсткості споруди, збудованої відносно ступенів свободи, відповідаючих вертикальним переміщенням вузлів моделі, яка містить інформацію про жорсткість та структуру об'єкта. Для одержання матриці жорсткості будівлі пропонується скористатися одним із способів, а саме:

- введенням закріплень у контактуючі з підвалиною вузли моделі будівлі, та послідовним заданням їм одиничних зміщень;

- розрахунком статично визначеної основної системи на одиничні силові дії та отримання матриці жорсткості шляхом нескладних матричних перетворень;

- безпосереднім використанням суперелементного підходу методу кінцевих елементів для будівлі в цілому як єдиного суперелемента з кількістю ступенів свободи, котра відповідає кількості вузлів контакту моделі з підвалиною.

5. Запропонований алгоритм розрахунку взаємодії будівлі кінцевої жорсткості з нерівномірно деформованою підвалиною, реалізований у програмі СПЛЕНД для ЕОМ ЕС та СМ, а також для ПЕОМ ІВМ РС/ХТ/АТ, дозволяє розв'язати задачу розрахунку такої взаємодії і отримати її уточнені параметри.

6. При переході від розрахунку параметрів взаємодії будівлі з підвалиною до розрахунку детальної просторової моделі найбільш коректним є підхід, в якому в усі вузли контакту будівлі з підвалиною уводяться умовно пружні зв'язки з січною жорсткістю, узагальнено моделюючи всі процеси, які проходять у підвалині під спорудою.

7. Найбільш ефективним для розрахунку багатопверхових безкаркасних будівель є використання детальної просторової суперелементної моделі, яка дозволяє одержати повну картину напружено-деформованого стану всіх конструктивних елементів. Для побудови такої моделі доцільно скористатися запропонованим алгоритмом послідовного нарощування рівня суперелементів, який дозволяє ефективно виконати розрахунок просторової моделі будівлі з використанням рекурентних матричних перетворень. Алгоритм реалізовано за допомогою програмного комплексу РЯД-89.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. Марков А.И., Банах В.А. Исследование напряженного состояния бескаркасных панельных зданий с удлиненными отсеками. - Запоріжжя, 1986. - II с. - Депоновано у ВНДІБ, № 6790.

2. Савин В.А., Банах В.А. Особенности жилищного строительства и распространенность типовых проектов жилых домов в г. Запорожье. - Запоріжжя, 1988. - I2 с. - Депоновано у ВНДІБ, № 7947.

3. Методические рекомендации по применению программы расчета взаимодействия зданий и сооружений с нелинейно деформируемым основанием // В.Б.Шевелев, А.А.Дыховичный, А.И.Вишневецкий, В.А.Банах. - Київ: КиївЗНДІЕП, 1989. - 40 с.

4. Банах В.А., Вишневецкий А.И., Дыховичный А.А. К расчету многоэтажных зданий из монолитного железобетона, возводимых в сложных условиях строительства // Здания из монолитного железобетона. - Київ, 1989. - С. 72 - 77.

5. Дыховичный А.А., Банах В.А., Вишневецкий А.И. и др. Анализ расчетных моделей многоэтажных зданий // Автоматизация проектирования и исследований железобетонных конструкций многоэтажных зданий: Тези докладів ХУ науково-виробничої наради-семінару. 21 - 23 вересня 1989 року. - Львів, 1989. - С. 26 - 27.

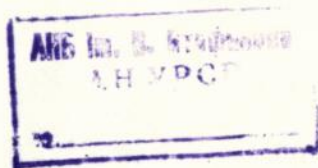
6. Банах В.А., Вишневецкий А.И., Дыховичный А.А. К расчету многоэтажных зданий из монолитного железобетона, возводимых в сложных условиях строительства // Перспективы развития монолитного домостроения в Украинской ССР: Тези докладів республіканської науково-технічної конференції. 4 - 6 жовтня 1989 р. - Одеса, 1989. - С. 13 - 15.

7. Вишневецкий А.И., Банах В.А. Расчет железобетонных конструкций многоэтажных крупнопанельных зданий, возводимых в сложных условиях строительства // Совершенствование железобе-

тонных конструкций, работающих на сложные виды деформаций, и их внедрение в строительную практику: Тези докладів республіканської науково-технічної конференції. 17 - 19 жовтня 1989 року. - Полтава, 1989. - С. 40.

8. Банах В.А. Взаимодействие многоэтажных зданий с нелинейно деформируемым основанием // Конструкции гражданских зданий в сложных инженерно-геологических условиях. - Київ: КиївЗНДІЕП, 1990. - С. 33 - 45.





Формат 60x84 I/I6. Объем I п.л. Заказ № 752. Тираж 100 экз.

ЗИИ. 330600, Запорожье, ГСП-248, проспект Ленина, 226.

Ab 25.821

AB 25.821

AB 25.821