

Подземные воды водоносного горизонта четвертичных отложений, являясь в исследуемом районе практически единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения, загрязняются сточными водами в основном из пруда-испарителя ЗАО «Укратапнафта» и в меньшей степени – хвостохранилища Полтавского ГОКа.

Вредные компоненты (нефтепродукты и фенолы), обнаруженные в эксплуатируемых населением колодцах и скважинах, негативно отражаются на здоровье людей. Источники водоснабжения становятся непригодными для последующего использования (с. Кириленики и другие).

Список литературы

1. Антонесян Е.С., Гаргано В.Р. и др. Отчет о результатах работ по изучению режима подземных вод и контроль за их охраной, госучету и ведению ГВК за 1980-1982 гг. по Полтавской, Сумской и Харьковской областям. – Харьков, 1983. – 298 с.
2. Оттич В.А. Отчет о работе, выполненной на участке противодиффузионной завесы. – Харьков: Гидросталь, 1968. – 192 с.

3. Ежегодный отчет о научно-исследовательской работе по теме: № 67-29 «Исследование противодиффузионной завесы пруда-отстойника-испарителя п/я А-7462» / Гнедин К.В., Котляров А.С., Бескорвайный В.Ф. и др. – Харьков, 1967-1976. – 168 с.

4. Исследование влияния проток пруда-испарителя Кременчугского нефтеперерабатывающего завода на грунтовые воды и водоемы: Отчет. – УЗПИ. – Харьков, 1977-1979. – 342 с.

5. Усов Г.В., Юхименко В.И. Отчет о поисково-оценочных работах на минеральные воды в районе г. Кременчуга и с. Гуньки Полтавской области, проведенной Кременчугской ГРЭ в 1977-1980 гг. – Д., 1980. – 298 с.

6. Башмакова И.М., Исаев Г.В. Отчет о результатах работ по организации наблюдательной сети и режимных наблюдений в районах деятельности горно-рудных предприятий с целью разработки мероприятий по предотвращению подтопления застроенных территорий и охраны окружающей среды от загрязнения за 1978-1981 гг. (Кременчугский гидропост, ПГОК). – Кременчуг, 1981. – 228 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.Є. Колесником 16.12.09

УДК 539.3:624.071:624.04

© Д.Е. Прусов, 2010

Д.Е. Прусов

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГЛИБОКОГО КОТЛОВАНУ В УМОВАХ ТІСНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

Проведено чисельний аналіз впливу глибокого котловану в умовах тісної міської забудови на основі методології визначення напружено-деформованого стану захисних конструкцій, фундаментів і конструкцій прилеглих будівель і споруд.

Проведен численний аналіз впливання глибокого котлована в умовах щільної городської застройки на основі методології визначення напружено-деформованого стану огорожуючих конструкцій глибоких котлованів, фундаментів і конструкцій прилеглих будівель і споруд.

Numerical analysis of deep excavation influence into compact urban planning has realized on the basis of methodology of stress-strain state determination of ditches fence constructions, foundation and constructions of building.

Проблеми проектування об'єктів будівництва в умовах щільної забудови пов'язані з комплексом необхідних заходів із забезпечення безпеки будівництва, з подальшим моніторингом, який передбачає натурні спостереження технічного стану об'єкта будівництва, прилеглої забудови, інженерно-геологічної та екологічної ситуації на прилеглий території та стабілізаційним періодом експлуатації об'єкта. Зазначений комплекс заходів передбачає інженерні вишукування ділянки будівництва в умовах щільної забудови для розробки проектних рішень і методів будівництва об'єкта, які забезпечують збереження експлуатаційних якостей прилеглих об'єктів і дотримання вимог техногенної безпеки.

При проектуванні об'єкта будівництва в умовах тісної забудови необхідно вибирати об'ємно-планувальні і конструктивні рішення з урахуванням впливу глибоких котлованів та заглиблених споруд на існуючі будівлі і споруди та передбачати гарантовану надійність захисних конструкцій для утримання стін котловану, а влаштування фундаментів нового об'єкта проектується з урахуванням їх впливу на напружений стан основ існуючих об'єктів та забезпечення можливості їх додаткового осідання.

Аналіз останніх досліджень свідчить, що міцність будинків і споруд залежить від характеристик міцності ґрунтової основи та комплексу причин і чинників, що здатні впливати на їх зміну. Ґрунти, як

правило, являють собою складні дисперсні системи, фізико-механічні характеристики яких можуть змінюватися під впливом різних причин та чинників. Одними з визначальних чинників, що впливають на конструктивну схему конструкції укріплень, економічність прийнятих проектних рішень є величини деформацій ґрунту в основах споруд, що розташовані неподалік [1-4].

Складність процесів та значна кількість чинників, що виникають в природній основі при влаштуванні укріплень недостатньо враховуються в розрахунках. Деформації захисних конструкцій, явища суфозії, випору, порушення стійкості та ін. призводять до зміни структури властивостей ґрунту та зниження механічної їх міцності. Все це є одними з основних чинників, що викликають аварійні руйнування конструкцій будівель і споруд [5].

У спорудах огорожі котлованів одним з визначальних чинників, що впливають на їхню конструктивну схему і на економічність прийнятих проектних рішень, є горизонтальний тиск ґрунту на огорожу, величини деформацій ґрунту в основах споруд, що розташовані неподалік від межі котловану, які на сьогоднішній день для складних інженерно-геологічних умов вивчені недостатньо. Отже проблема визначення впливу комплексу чинників на прилеглу забудову залишається актуальною і її вирішення є пріоритетним завданням.

Створення й розвиток ефективних методів розрахунку і досліджень будівельних конструкцій, що найбільш повно враховують специфіку взаємодії з ґрунтовим півпростором, а також впливу неоднорідних включень порід з різними фізико-механічними характеристиками в ґрунтовій основі, та встановлення залежностей за визначенням деформованого стану конструкцій на основі математичного моделювання з використанням автоматизованих засобів досліджень і проектування є актуальною і важливою прикладною задачею.

Метою статті є чисельний аналіз впливу глибокого котловану в умовах тісної міської забудови на основі розгляду основних питань впливу глибоких котлованів на прилеглу забудову.

Розглядається задача аналізу напружено-деформованого стану елементів конструкцій, що огорожують котловани сумісно з прилеглим ґрунтовим масивом. Розрахункова модель складає суцільний неоднорідний ґрунтовий півпростір з елементами включення залізобетонної стінки в ґрунті (набір суцільно буронабивних паль) та фундаментів прилеглих забудов.

Врахування впливу слабого прошарку ґрунтів на величину тиску і напружено-деформований стан (НДС) елементів конструкцій, що огорожують глибокі котловани, проаналізовано на базі реального об'єкта. Інженерно-геологічний розріз по одному з елементів конструкції котловану показано на рис. 1.

Геологічний розріз має шарувату структуру. Для спрощення досліджень окремі інженерно-геологічні елементи (ІГЕ), які мають близькі фізико-механічні характеристики ґрунтів, зведені в один шар. Нижче

наведені дані для осереднених характеристик ґрунтів. Верхній шар (ІГЕ 1-2) – насипний ґрунт, супісок твердий товщиною $h = 1,2$ м з характеристиками: $E = 12$ МПа, $\rho = 0,0168$ МН/м³, $\nu = 0,3$, нижче знаходиться (ІГЕ-2а) супісок лесовидний ($h = 5,2$ м, $E = 11$ МПа, $\rho = 0,0164$ МН/м³, $\nu = 0,3$), (ІГЕ-3-5а) – пісок дрібний середньої щільності ($h = 3,8$ м, $E = 25$ МПа, $\rho = 0,0169$ МН/м³, $\nu = 0,3$), (ІГЕ-3а) – супісок з включенням гумусу, пластичний ($h = 2,8$ м, $E = 5$ МПа, $\rho = 0,0171$ МН/м³, $\nu = 0,4$), (ІГЕ-6) – пісок дрібний щільний ($h = 5,2$ м, $E = 35$ МПа, $\rho = 0,0182$ МН/м³, $\nu = 0,35$), (ІГЕ-7-9) – пісок грубий, середньої щільності, ($h = 4,8$ м, $E = 35$ МПа, $\rho = 0,0201$ Н/м³, $\nu = 0,3$). Слабким шаром є (ІГЕ-3а) – супісок з включенням гумусу, пластичний, товщиною $h = 2,8$ м.

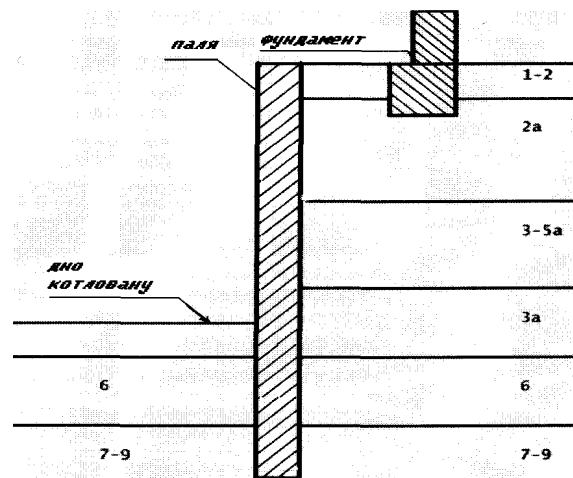


Рис. 1. Розрахункова схема елемента конструкції, що огорожує котлован

Кут внутрішнього тертя за даними лабораторних досліджень (φ) близький до нуля, а питоме зчеплення не перевищує 0,5 КПа.

Котлован влаштовується під багатоповерховий житловий будинок. Поблизу котловану, закріплення стінок якого виконано буронабивними пальами діаметром 0,82 м, розташовано житловий п'ятиповерховий будинок, побудований на стрічкових фундаментах глибиною 1,5 м.

Розрахунок плоскодеформованого стану ґрунту і елементів конструкцій проведено чисельним моделюванням за моментною схемою методу скінченних елементів. Для цього використана дискретна скінченно-елементна модель, яка наведена на рис. 2. Дискретна модель побудована з використанням симетрії уздовж вертикальної подовжньої площини, що проходить через центр котловану шириною 20 м і моделює елемент захисної конструкції діаметром 0,82 м, елементи фундаментів існуючого будинку і шари ґрунту. Скінченно-елементна модель має регулярну сіткову область з розмірами по сіткових координатах S_2 , S_3 відповідно $M_2 = 31$; $M_3 = 31$.

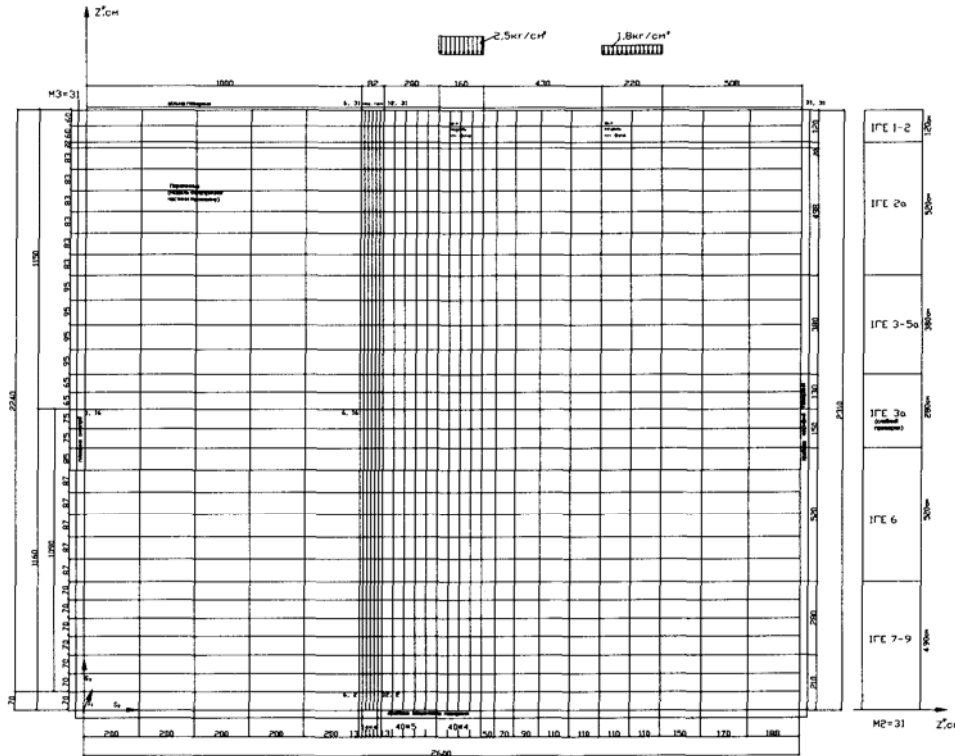


Рис. 2. Розрахункова схема задачі ґрунтового півпростору у плоскій постановці

Область котловану в топологічній структурі наведеної розрахункової схеми моделюється порожниною із сітковими параметрами S_2, S_3 у межах відповідно 1-6 і 16-31 (рис. 2). Елемент конструкції із залізобетонних паль моделюється вставкою у межах сіткових координат по $S_2 - 6 - 12$ і по $S_3 - 2 - 31$ з 6-ма елементами по ширині залізобетонної вставки з приведеними жорсткостями подовжньою $E_{пр}I_{пр} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ МНм}^2$ і згинальною $-E_{пр}F_{пр} = 3,026 \cdot 10^4 \text{ МНм}^2$.

У наведеній топологічній схемі різномірність шарів ґрунту враховується введенням відповідних включень в основний шар, за який прийнято шар – ІГА – 3а. Відповідно введені характеристики фундаментів існуючого будинку з урахуванням навантаження на їх перерізі.

Для чисельного розв'язку задачі на ПК використано еволюційний алгоритм рівноважних станів відповідно до зміни розрахункової схеми дискретної моделі розглянутого середовища. Відповідно за технологією будівництва реального об'єкта моделюються стани: 1) взаємодії стінки з паль із ґрунтовым півпростором до розробки котловану; 2) взаємодії стінки з паль з ґрунтовым півпростором при поступовій розробці котловану до проектної позначки.

При чисельних розрахунках задач взаємодії захисної стінки з ґрунтовым півпростором і конструкціями фундаментів існуючої будівлі спостерігається помірна нелінійність поведінки суцільного середовища при наявності слабких прошарків ґрунту. Характер нелінійності, який враховувався в роботі, визначається геометричною нелінійністю при достатньо великих переміщеннях, що зумовлено наявністю слабого шару ґрунту. Фізична нелінійність, що може бути зу-

мовлена пластичними деформаціями і втратою стійкості ґрунтового середовища, у даному прикладі не розглядалася.

Реалізація чисельного дослідження за двома зазначеними станами супроводжувалась ітераційними чисельними процесами: перший за 10 кроків подовження за параметром збурення (навантаження) методом Ньютона-Канторовича протягом 7-9 ітерацій у межах кожного кроку. За результатами цього розрахунку був визначений НДС ґрунтового півпростору і захисної стінки із паль від тиску ґрунту і навантажень від існуючого будинку. Від цього загального навантаження спостерігаються значні переміщення у слабкому шарі ґрунту, під фундаментами існуючого будинку і у межах днища котловану. Вузол 931 по лінії дна майбутнього котловану має найбільше переміщення $U_{931}^3 = -130,8 \text{ мм}$ (рис. 3).

За результатами розрахунку за другим станом, коли утворюється порожнина, спостерігається позитивне переміщення (підйом) дна котловану. Епюра таких переміщень наведена на рис. 3.

Найбільше підняття в центрі котловану + 90,5 мм. За результатами розрахунку за другим станом різко змінюється НДС конструкцій захисної стінки.

Результати розрахунків щодо визначення напружено-деформованого стану елемента конструкції стінки, тобто поперечні переміщення, поздовжні зусилля і згинальні моменти у нормальних перерізах стінки наведені на рис. 4. Максимум дискретної функції $M_N^{3'}$ спостерігається у вузлі № 1065 і становить 1249 кНм. Максимум функції поздовжніх зусиль в еле-

ментах стінки $N_N^{3'3'}$ спостерігається у перерізі п'яти паль і становить $N_{73}^{3'3'}$ -2298,4 кНм. Еюра поперечних переміщень вертикалі стінки змінюється від від'ємного до додатного. Максимум переміщень стінки з паль має місце у верхній точці палі і складає 67,4 мм.

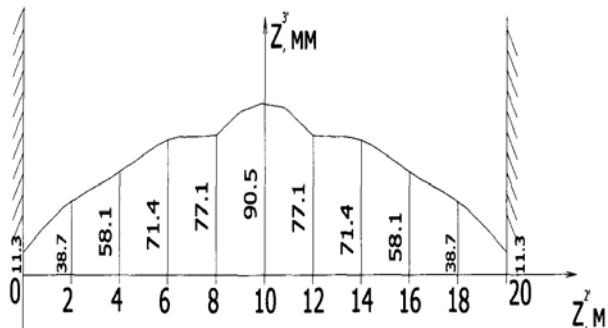


Рис. 3. Еюра переміщень підйому $U_n^{3'}$ днища котловану після повної його розробки

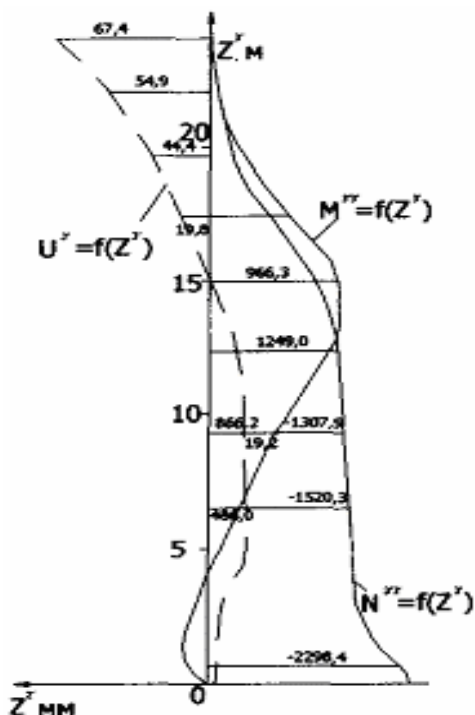


Рис. 4. Еюра переміщень U мм (М 1:1); поздовжніх сил N кН (М 1:33) і згинальних моментів M , кНм (М 1:33) у плоскому елементі захисної стінки з паль

Лінія переміщень підшви фундаментів існуючого будинку за розрахунками у першому рівноважному стані досягає -223,4 мм.

Але такі переміщення еволюційно відбулися з початку будівництва будинку. Після влаштування котловану вказані значення майже не змінилися (в межах ± 10 мм). Таке явище дозволяє стверджувати, що запроектована стінка забезпечить задовільний стан існуючої будови без порушення експлуатаційних вимог. Аналогічно, напружено-деформований стан

грунтового середовища за межами захисної стінки практично не змінився, за винятком концентрації напружень у зонах слабого шару.

Висновки. Аналіз отриманих результатів досліджень в позакритичному стані рівноваги багат шарового грунтового масиву при його взаємодії з захисними конструкціями глибоких котлованів в умовах спорудження нових будівель за наявності поряд розташованих існуючих споруд підтверджує, що розроблені нові співвідношення моделювання ґрунтів з урахуванням впливу поперечної анізотропії та неоднорідності багат шарових систем на основі нелінійної теорії пружності і пластичності з урахуванням критерію текучості на основі розширеного критерію текучості Мізеса дозволяють отримувати достатньо достовірний характер взаємодії ґрунтів з захисними конструкціями котлованів та уточнити величини внутрішніх зусиль в захисних конструкціях при наявності стабілізуючих, укріплюючих та інших елементів; розроблені спеціальні алгоритми, побудовані на методах нелінійного програмування, нелінійної теорії пружності і пластичності, співвідношеннях нелінійної механіки ґрунтів, дозволяють побудувати розрахункові моделі достатньо адекватні фізичним процесам взаємодії ґрунтових насипів, відкосів, масивів, із захисними комбінованими конструкціями, з метою забезпечення уточнених розрахунків стійкості ґрунтових масивів, елементів захисних конструкцій глибоких котлованів, підпірних стін в умовах активного і пасивного тиску ґрунтів насипних дамб і транспортних земляних полотен з урахуванням їх багат шарового армування, споруд каналів для визначення стійкості днища в умовах розвитку граничних пластичних деформацій.

Список літератури

1. Цихановський В.К., Прусов Д.Е. Метод скінченних елементів у задачах дослідження неоднорідного півпростору з урахуванням геометричної і фізичної нелінійності // Опір матеріалів та теорія споруд: Наук.-техн. зб. – Вип. 75. – К., КНУБА. – 2004. – С. 87-98.
2. Баженов В.А., Цихановський В.К., Кислоокій В.М. Метод скінченних елементів у задачах нелінійного деформування тонких та м'яких оболонки. – К.: КНУБА, 2000. – 386 с.
3. Шимановский А.В., Цыхановский В.К. Теория и расчет сильно нелинейных конструкций. – К.: Сталь, 2005. – 432 с.
4. Цихановський В.К., Прусов Д.Е. Методика моделювання елементів покриттів у взаємодії з неоднорідним ґрунтовим півпростором // Опір матеріалів та теорія споруд: Наук.-техн. зб. – Вип. 76. – К., КНУБА. – 2005. – С. 87-98.
5. Інженерний захист та освоєння територій: Довідник / Білеуш А.І, Ніщук В.С, Штекель А.С. та ін. – К.: Основа, 2000. – 433 с.

Рекомендовано до публікації д.б.н. А.І. Горovou 17.11.09