

В. Д. ПЕТРЕНКО, О. Л. ТЮТЬКІН, М. В. ХАРАТЯН (ДПТ),
В. І. ПЕТРЕНКО (Укрметротунельбуд)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ СТАНЦІЙ ОДНОСКЛЕПІНЧАСТНОГО ТИПУ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ

В статті наведені результати порівняльного аналізу напруженого стану стандартної односклепінчастої станції мілкового закладення та модифікованої конструкції для наскрізної проходки.

Ключові слова: станція метрополітену, наскрізна проходка, модифікована конструкція

Однією з важливих переваг метрополітену є можливість економити міську центральних районів, що історично склалися, та районів з архітектурними пам'ятками. Станції на генеральній схемі ліній метрополітену розміщують з урахуванням існуючого й перспективного планування міста і його наземної транспортної системи в місцях найбільшого пасажиропотоку, якими є площі, перехрестя, залізничні, річкові й автобусні вокзали, стадіони, парки, промислові комплекси тощо. Станції розташовують також на пересіченнях або в місцях сполучення ліній метрополітену між собою та із залізницями [1, 2].

Тенденція зростання протяжності ліній мілкового закладення на мережі вітчизняних і зарубіжних метрополітенів обумовлена їх певними перевагами в порівнянні з лініями глибокого закладення. Так, вартість ліній мілкового закладення у відносно сприятливих гідрогеологічних умовах в середньому в два рази менше, ніж ліній глибокого [2].

Техніко-економічні переваги ліній мілкового закладення і значні зручності в експлуатації відкривають широку перспективу їх розвитку в мережі як існуючих, так і знову споруджуваних метрополітенів. Аналіз досвіду будівництва метрополітенів показує, що частка ліній мілкового закладення в загальній протяжності підземних транспортних магістралей переважної більшості міст суттєво збільшується.

Однією з прогресивних технологій будівництва метрополітену мілкового закладення, який на даний момент розвитку метрополітенів в Україні найбільш поширений, є наскрізна проходка [2], сутністю якої є те, що процеси будівництва станції мілкового закладення і перегінного тунелю, який до неї підходить і відходить від неї, зв'язуються один з одним. Тобто при будівництві пускової ділянки, що складається з комплексу «перегін – станція мілкового закладення – перегін», при використанні щитової

проходки можна застосувати наскрізну проходку.

Складністю наскрізної проходки є те, що доводиться враховувати темп створення перегінного тунелю і в межах станції споруджувати модифіковану станцію – так звану станцію напівзакритого способу.

Для того щоб найбільш повно використати концепцію наскрізної проходки, при будівництві Київського метрополітену виконані деякі її модифікації. Так будівництво станції та перегонів, які з нею межують, взагалі не пов'язано. Це призводить до того, що спеціальні типи станцій для напівзакритого способу [1] можуть не застосовуватися.

Однак стандартні станції односклепінчастого типу все ж модифікуються. Причиною цього є те, що перегін щита в межах станції все ж здійснюється в будь-якому випадку, навіть якщо вона вже побудована. Це потребує збільшення підйому станції за рахунок вставок заввишки 2 м в стіни, щоб габарити щита при його пересуванні чітко вписувалися в габарити станції нового типу.

Обґрунтуванням нової конструкції є порівняння старої і модифікованої конструкцій з визначенням напруженого стану і з'ясуванням ступеня впливу вертикальних вставок. Якщо такий вплив не є негативним, то дана конструкція може бути оптимізована. Порівняльний аналіз двох конструкцій є комплексним, так як виконується на спектр статичних і рухомих навантажень.

Метою наданої науково-дослідної роботи є порівняльний аналіз напруженого стану моделі станції для наскрізної проходки із стандартною станцією, для чого в моделях відтворено половину конструкцій односклепінчастих станцій (рис. 1) в програмному комплексі SCAD [3, 4]. Всі інші геометричні параметри станційної конструкції є незмінними.

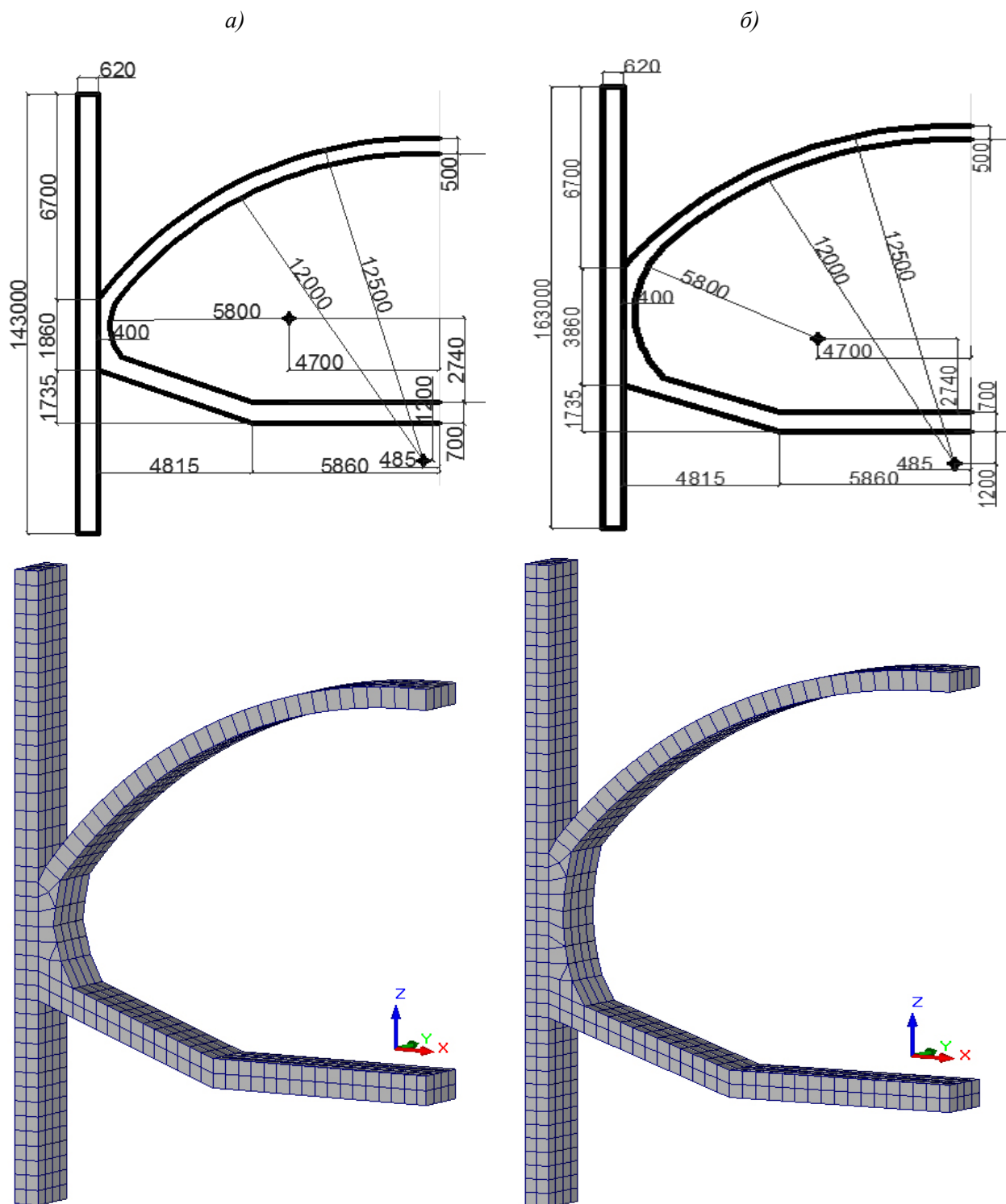


Рис. 1. Схеми та фрагменти СЕ-моделі – конструкції станції із конструкцією «стін в ґрунті»:
а) – стандартної; б) – для наскрізної проходки

Деформаційні характеристики моделі (модуль пружності, коефіцієнт Пуассона): жорсткість 1 (пісок) – модуль пружності $E = 38$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,2$, густина $\rho = 2,0$ т/м³; жорсткість 2 (бетон класу В7,5) – модуль пружності $E = 20000$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,2$, густина $\rho = 2,45$ т/м³; жорсткість 3 (залізобетон на основі бетону класу

В30) – приведений модуль пружності $E = 38500$ МПа, приведений коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,02$, густина $\rho = 2,5$ т/м³.

Розподіл загального напруженого стану моделі (в перерізі під рухомим навантаженням НК-80, рис. 2) можна оцінити як сталий, так як перенапруження виникають на границі системи «станційна конструкція – оточуючий масив».

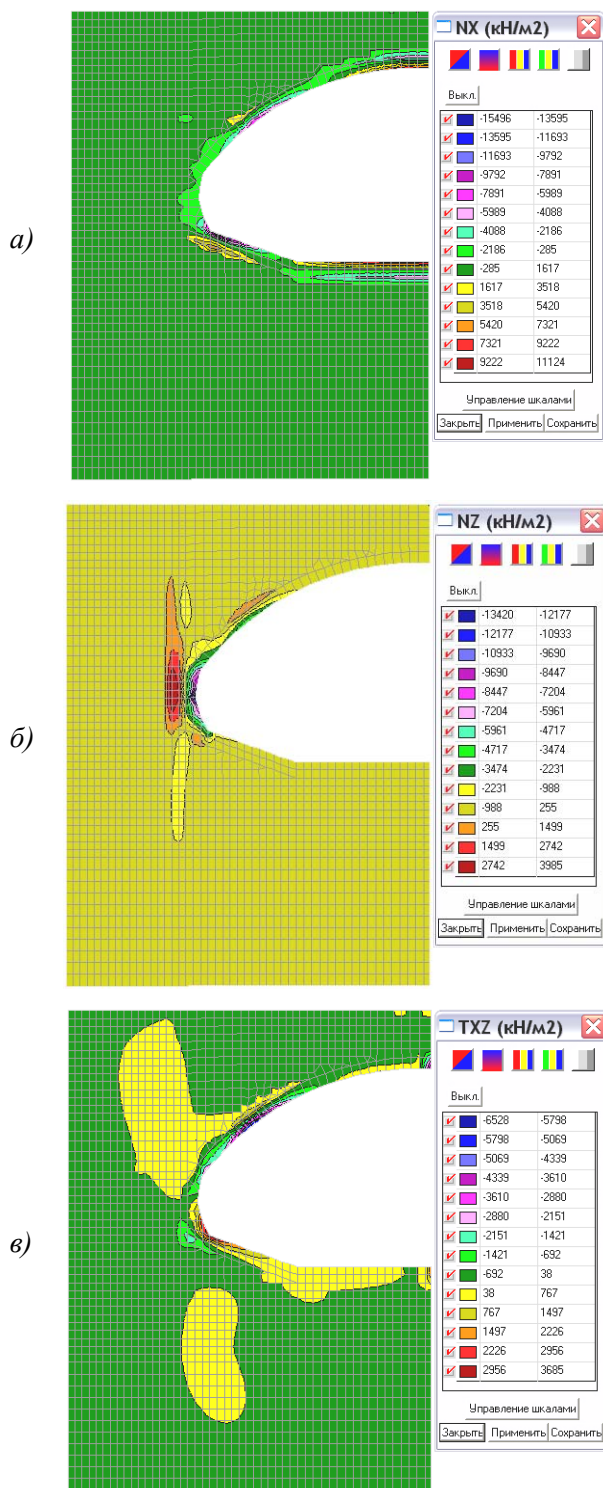


Рис. 2. Ізополя та ізолінії напружень в моделі від власної ваги та навантаження НК-80:
а) – нормальних по осі X ; б) – нормальних по осі Z ; в) – дотичних в площині XZ

Аналізуючи напружений стан в моделі модифікованої станції, слід відмітити, що горизонтальні напруження (див. рис. 2, а) найбільш активно розповсюджуються в шелизі склепіння, в лотковій частині та в місці її переходу в стіну. Перерозподіл напружень в оточуючому масиві

незначний, що пояснюється значною зміною властивостей станційної конструкції та ґрунту.

Вертикальні напруження (див. рис. 2, б) локалізуються в місці приєднання «стіни в ґрунті» до стіни станційної конструкції, що є позитивним моментом, так як підвищення товщини в цьому місці дозволяє прийняти більшу частину навантаження без зменшення міцності. Слід засвідчити, що в верхній точці з'єднання склепіння та станційної стіни, яка має криволінійний обрис для розміщення щита, який буде проходити крізь станцію, знаходиться точка, в якій вертикальні і горизонтальні напруження мають максимальне значення.

Ця точка є найбільш небезпечним концентратором напружень, так як і дотичні напруження в ній мають високі значення (див. рис. 2, в). Розподіл цієї компоненти напружень більш неоднорідний, що пояснюється складним перерізом станційної конструкції, яка має декілька переходів в сполученнях із різним радіусом, а також приєднання до цієї конструкції «стіни в ґрунті». Дотичні напруження в площині XZ активно розподіляються і в самій «стіні в ґрунті» та в місці переходу станційної стіни в лоткову частину.

Характер розвитку напруженого стану у порівнянні із моделлю станції для наскрізної проходки не змінився, також не змінилися точки концентрації для моделі стандартної станції (рис. 3), а для наочного порівняння наведено компоненти напружень для обох моделей (рис. 4).

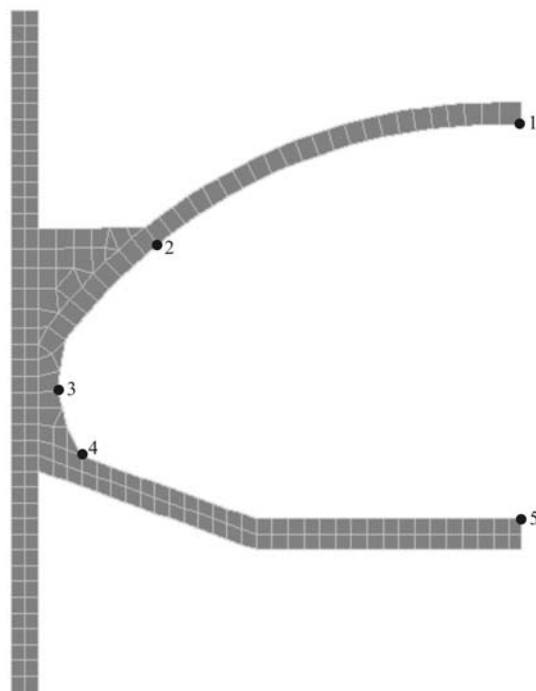


Рис. 3. Схема точок концентрації напружень

Модель для наскрізної проходки

Модель для стандартної станції



Рис. 4. Ізополя та ізолінії напружень в фрагменті моделі від власної ваги та рухомого навантаження НК-80:
а) – нормальних по осі X ; б) – нормальних по осі Z ; в) – дотичних в площині XZ

Для подальшого розрахунку конструкції на міцність, який буде проводитися лише по бето-

ну, тобто на тріщиностійкість, застосуємо формулу четвертої теорії міцності (енергетична).

Еквівалентні напруження в точках концентрації для стандартної конструкції станції: точка 1 – 13,9 МПа (запас міцності – 1,5); точка 2 – 15,8 МПа (запас міцності – 1,33); точка 3 – 12,4 МПа (запас міцності – 1,7); точка 4 – 19,1 МПа (запас міцності – 1,1); точка 5 – 12,6 МПа (запас міцності – 1,4).

Розрахунок за еквівалентними напруженнями модифікованої конструкції свідчить про наступні значення еквівалентних напружень: точка 1 – 11,9 МПа (запас міцності – 1,76); точка 2 – 15,8 МПа (запас міцності – 1,33); точка 3 – 14,8 МПа (запас міцності – 1,41); точка 4 – 18,6 МПа (запас міцності – 1,13); точка 5 – 10,1 МПа (запас міцності – 2,1).

Таким чином відбулися зміни напружень: в точці 3 – збільшилися, в точках 1, 4 та 5 – зменшилися, в точці 2 – залишилися незмінними. Точка 3 розміщується в центральній частині стіни, тому причиною такої картини є вплив збільшення висоти стіни, так як в конструкції для наскрізної проходки вставка висотою 2 метри переносить місце максимального розпору склепіння вище, і він розподіляється не в стіні станції, а в «стіні в ґрунті». Про це свідчить розподіл горизонтальних напружень в точці 3: 0,08 МПа в моделі станції для наскрізної проходки та – 2,18 МПа в моделі стандартної станції.

По роботі можна зробити висновок, що збільшення висоти стіни призводить до значного позитивного перерозподілу горизонтальних напружень, викликаних розпором склепіння. Таким чином, нова конструкція станції в результаті порівняльного аналізу є всебічно обґрунтованою та на відміну від стандартної конструкції має переваги в розвитку напруженого стану на відміну від стандартної конструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фролов, Ю. С. Новая концепция строительства метрополитена на линиях мелкого заложения [Текст] / Ю. С. Фролов, Ю. С. Крук // Подземное пространство мира. – 1993. – № 2. – С. 10-15.
2. Петренко, В. И. Современные технологии строительства метрополитенов в Украине [Текст] / В. И. Петренко, В. Д. Петренко, А. Л. Тютькин. – Д.: Наука і освіта, 2005. – 252 с.
3. Карпиловский, В. С. SCAD для пользователя [Текст] / В. С. Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. В. Перельмутер, М. А. Перельмутер – К.: ВВП «Компас», 2000. – 332 с.
4. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – К.: Сталь, 2002. – 600 с.

Надійшла до редколегії 25.06.2012.

Прийнята до друку 10.07.2012.

В. Д. ПЕТРЕНКО, А. Л. ТЮТЬКИН, М. В. ХАРАТЯН (ДИИТ),
В. И. ПЕТРЕНКО (Укрметротоннельстрой)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СТАНЦИЙ ОДНОСВОДЧАТОГО ТИПА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

В статье приведены результаты сравнительного анализа напряженного состояния стандартной односводчатой станции мелкого заложения и модифицированной конструкции для сквозной проходки.

Ключевые слова: станция метрополитена, сквозная проходка, модифицированная конструкция

V. D. PETRENKO, A. L. TUTKIN, M. V. KHARATYAN (Dniepropetrovsk National University of Railway Transport), V. I. PETRENKO (Ukrmetrotunnelstroy)

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TENSED STATE OF THE ONE-SHIELD TYPE STATION CONSTRUCTIONS OF THE SHALLOW CONTOUR INTERVAL

In the article the results of comparative analysis of the tensed state of the standard one-shield station of shallow contour interval and modified construction for the through driving are resulted.

Keywords: station of underground passage, through driving, modified construction