

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПІД ПОЇЗДНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

В. С. Андрєєв, к. т. н., доц.

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. академіка В.Лазаряна*

Розрахунок земполотна проводиться із застосуванням методу скінченних елементів за допомогою розрахункового комплексу Structure CAD for Windows, version 7.29 R.3 (SCAD). Модель для розрахунку прийнята просторовою на основі об'ємних скінченних елементів (СЕ) для більшого врахування реальних характеристик об'єкту, що досліджується.

Розроблена просторова модель базується на реальних характеристиках земляного полотна двоколіїної дільниці, які отримані при бурінні та дослідженні параметрів отриманих зразків.

Деформаційні характеристики обрані із таблиць у відповідності із даними звіту про інженерно-геологічне дослідження (вологість, консистенція, число розкачування, число пластичності):

Шар 1 – щебінь брудний, питома вага $\gamma=18,5 \text{ кН/м}^3$, модуль пружності $E=60000 \text{ кН/м}^2$, коефіцієнт Пуассону $\mu=0,3$;

Шар 2 – шлак/пісок жовтий різнозернистий, питома вага $\gamma=17,0 \text{ кН/м}^3$, модуль пружності $E=70000 \text{ кН/м}^2$, коефіцієнт Пуассону $\mu=0,3$;

Шар 3 – суглинок світло-коричневий, питома вага $\gamma=19,0 \text{ кН/м}^3$, модуль пружності $E=39000 \text{ кН/м}^2$, коефіцієнт Пуассону $\mu=0,3$.

Представлений шаруватий масив повторює з незначними відхиленнями реальне земляне полотно, але товщина шарів прийнята постійною, хоча в дійсності вона незначно змінюється.

У ролі навантаження моделі було прийнятий вагон, розподілення ваги та відстань між осями якого надані на рис. 1.

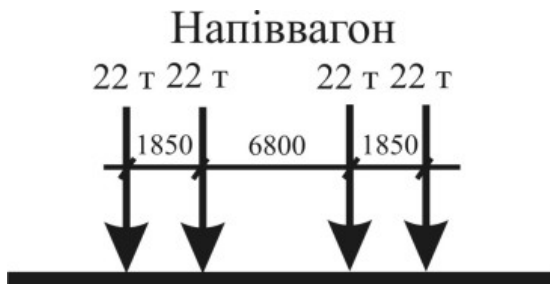


Рис. 1. Схема поїздного навантаження

Було прийнято п'ять схем навантаження СЕ-моделі:

1 схема – напіввагон знаходиться на одному шляху;

2 схема – два напіввагони знаходяться на двох шляхах;

3 схема – навантаження 1-ї схеми з додатком власної ваги земляного полотна;

4 схема – навантаження 2-ї схеми з додатком власної ваги земляного полотна;

5 схема – навантаження схеми лише власною вагою.

5-та схема навантаження надається для контролю переміщень та напружень в моделі, які викликані власною вагою земполотна, та тих же факторів від поїздного навантаження.

На рисунку 2. показано розташування навантажень 1-ї та 2-ї схем на головній площадці насипу. Навантаження на ось вагону розподілене по ширині шпали, на яку воно приходить, причому воно розподілене по 12-ти вузлах СЕ, які входять до геометричного місця розміщення шпали і складає 18,75 кН.

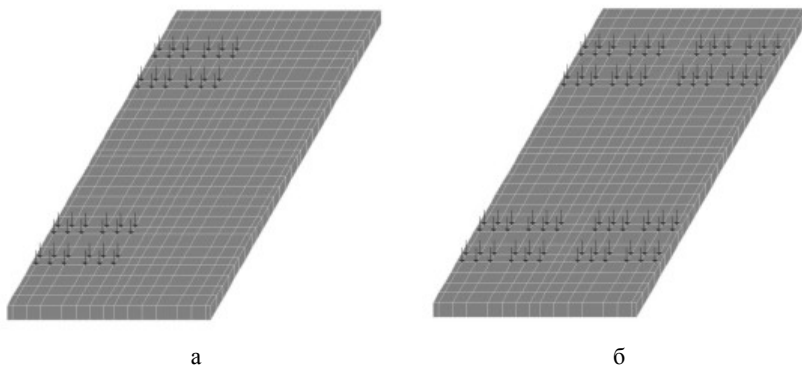


Рис. 2. Розташування навантажень на верхню будову шляху: а – у випадку 1-ї схеми навантаження; б – у випадку 2-ї схеми навантаження.

Усі геометричні розміри та загальні навантаження на модель зберігаються та контролюються у ході виконання розрахунку, що можливе у застосованому розрахунковому комплексі.

Аналіз загальних переміщень по осі Х дає можливість зробити висновок, що у випадку навантаження по 1-й та 3-й схемам (один напіввагон) цей параметр розподіляється дещо неоднорідно. Це характеризується здвигненням ґрунту на поверхні баластного шару у місці другого шару. Кількісно це здвигнення складає 0,26 мм в 1-й схемі та 2,12 мм в 3-й схемі. Слід відзначити, що в 3-й схемі, як вже було сказано вище, значну частину переміщення по осі Х надає дія власної ваги земляного полотна. Тобто 1,86 мм переміщення по осі Х являється частиною загального переміщення, яке викликане власною вагою ґрунту,

що проявляється і в інших випадках навантаження за схемами, в яких приймає участь власна вага ґрунту земполотна. Це можна також бачити на рис. 9, а-г, на якому наведені результати розрахунку земляного полотна без поїздного навантаження тільки під дією власної ваги ґрунту. Користуючись принципом суперпозиції, за яким дію двох навантажень можна замінити сумою дій кожного з них, можна з'ясувати, яку частину займає дія власної ваги, хоча у випадку 1-ї та 3-ї схем це дещо важко, так як поїздне навантаження несиметричне.

Загальний аналіз отриманих результатів свідчить про те, що розрахунок за схемою навантаження, в яку входить власна вага, дозволяє отримати результати хоча і більш відповідні реальним параметрам напружено-деформованого стану (НДС) земляного полотна, проте дія власної ваги на загальну картину розподілу усіх факторів НДС дещо скриває вплив дії навантаження від ваги поїзда. Тому наведені розрахунки треба проводити у такому ж порядку, який наведено вище. Це дозволить відділити вплив двох частин навантаження і надати більш чіткі рекомендації щодо аналізу отриманих результатів.

Неоднорідність переміщення по осі X у випадку 1-ї та 2-ї схем навантаження хоча проявляється досить явно але не носить надто вираженого характеру, який міг би дати змогу в подальшому прогнозувати негативні явища, але розподіл тих же факторів у випадку 3-ї та 4-ї схем більш прийнятний для роботи земляного полотна, хоча кількісно їх значення змінюються в 2-2,2 рази (переміщення по осі X 0,12-0,14 мм в 1-й схемі проти 0,26-0,30 мм в 2-й схемі навантаження). У випадку 3-ї схеми ці ж переміщення відносяться до переміщень 4-ї схеми у 1,02-1,1 рази, що пояснюється дією власної ваги земляного полотна (в 3-й схемі вони складають – 3,12-3,64 мм, в 4-й схемі 3,23-3,37 мм).

Аналіз переміщень по осі Z також свідчить про деяку неоднорідність його фактору у випадку несиметричного прикладення поїздного навантаження. Як видно із рис. 9, б вплив власної ваги достатньо високий, переміщення кількісно складають біля 25 мм, тому при аналізі схем навантажень із його участю, вплив поїздного навантаження дещо скривається. Кількісно переміщення від дії ваги піввагону складає від 1,92 (у випадку одного піввагона, до 2,5 мм (у випадку двох піввагонів). Такі значення дають змогу зробити висновок, що надане земляне полотно має значну деформативність та міцність. Хоча в розрахунку не був врахований фактор динамічності, слід відмітити, що і статичний вплив навантаження досить значний, але шаруватість масиву незначно впливає на розподіл напружень і переміщень, що доводиться достатньо плавним характером ізоляції всіх факторів НДС, відсутністю переламів ізополів на межах розділу шарів, тощо.

Аналіз напружень від власної ваги ґрунтів земполотна доводить, що розрахунок можна вважати достатньо адекватним дійсності, так як їх розподіл

відповідає класичному розподілу напружень від власної ваги ґрунту, з деякою поправкою на шаруватість масиву і невеликий перепад значень їх питомої ваги.

Значний інтерес представляє розподіл напружень по осі Z у випадку 1-ї та 2-ї схем навантаження, так як затухання цього фактору в 1-й схемі відмічається на глибині 4,5-5 м, а 2-ї схемі – на глибині 9,5-10 м. Це свідчить про те, що додаткове навантаження по другій колії підсумовується із навантаженням першої колії та його вплив стає значно більшим, причому кількісно значення найменшої ізолінії залишається тим же (0,55 т/м² в обох випадках). Цей факт свідчить про те, що хоча якісно характер змінюється практично в 2 рази, розподіл напружень кількісно змінюється незначно.

Аналіз 3-ї та 4-ї схеми менш показовий, так як вплив власної ваги значно змінює картину напружень. Слід відмітити, що результати, отримані при розрахунку земполотна при цих схемах навантаження дають змогу зробити висновок, що їх розподіл також підлягає принципу суперпозиції, так як якісно картина напружень змінюється на тій площині, яку займають ізолінії напружень в 1-ї та 2-ї схемах, в яких врахування власної ваги відсутнє. Це доводить той факт, що якісно напруження змінюються лише під навантаженням, це видно із переламів ізоліній, значення яких змінюється також і кількісно. По висоті вплив напружень, викликаних поїздом навантаженням, затухає таким чином, що на глибині 10-11 метрів ізолінії ідентичні ізолініям 5-ї схеми (тільки дія власної ваги). Максимальні напруження в земляному полотні кількісно вкладаються в межі 0,18-0,21 МПа, що являється недостатнім для того, щоб міцність масиву можна було вважати вичерпаною.

Розрахунок земляного полотна на поїздне навантаження, проведений із застосуванням МСЕ, дає змогу отримати усі фактори НДС у ньому, що являється головною метою дослідження стійкості, деформативності та міцності земляного полотна, та дозволяє прогнозувати їх розвиток в подальшому.

Список использованных источников

1. Основы метода конечных элементов. / Большаков В.И., Яценко Е.А., Соссу Г., Лемэр М., Рейнуар Ж. М., Кестенс Ж., Варзес Г., Кормо И. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2000. – 255 с.

2. Глушко В.Т., Виноградов В.В. Разрушение горных пород и прогнозирование проявлений горного давления. – М.: Недра, 1982. – 193 с.

3. SCAD для пользователя / Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А., Трофимчук А.Н. – К.: ВВП «Компас», 2000. – 332 с.