

4) увімкнути та налаштувати Pressure Advance з використанням калібрувальної моделі.

5) здійснити тонке налаштування в слайсері: Combing, Coasting, Travel Speed.

При підборі оптимальних параметрів друку потрібно змінювати один параметр за раз. Якщо змінювати кілька налаштувань одночасно, неможливо зрозуміти, що саме вплинуло на результат та в якій мірі.

Література

1. <https://www.creality.com/blog/3d-print-stringing>
2. <https://www.thingiverse.com/thing:4149643>
3. https://www.orcaslicer.com/wiki/calibration/temp_calib.html
4. https://www.orcaslicer.com/wiki/calibration/pressure_advance_calib.html

Науковий консультант: Єгоров П. А., доц. каф. деталей машин та ТММ

Мусієнко Іван Ігорович, студент гр. Д-11-25,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗІСТАВЛЕННЯ ПЛОСКИХ ПРОЄКЦІЙ ДОВІЛЬНОЇ ПРОСТОРОВОЇ СИСТЕМИ СИЛ ПРИ РОЗРАХУНКУ СТІЙКОСТІ ДОРОЖНЬОЇ ОПОРИ РМГ-4

Анотація. У роботі розглядається статична стійкість консольної металеві Г-подібної дорожньої опори типу РМГ-4. Побудовано розрахункову модель, яка враховує сумісну дію вертикальних гравітаційних та горизонтальних аеродинамічних навантажень. З метою інженерного спрощення просторову задачу зведено до двох ортогональних плоских задач. Здійснено розрахунок перекидних моментів відносно жорсткого защемлення з подальшим визначенням коефіцієнта запасу стійкості фундаменту.

Ключові слова: теоретична механіка, дорожня опора, розрахункова модель, умови рівноваги, перекидний момент, просторова система сил, метод суперпозиції.

Вступ

Забезпечення надійності дорожньої інфраструктури є критичним фактором безпеки на магістралях. Консольні металеві Г-подібні опори (типу РМГ), які широко застосовуються для розміщення систем відеофіксації та електронних табло, є складними просторовими системами з асиметричним розподілом мас. В умовах реальної експлуатації на відкритих трасах (наприклад, М-03 у Харківській області) вони зазнають сумісної дії ваги та інтенсивних вітрових навантажень.

Для забезпечення інженерної наочності на етапі ескізного проектування, доцільним є перехід від складної матричної просторової моделі до розв'язання системи через плоскі проєкції [3, 4].

Мета роботи

Метою роботи є побудова розрахункової моделі Г-подібної опори РМГ-4, визначення опорних реакцій методом розбиття просторової системи на дві ортогональні плоскі задачі статички та аналіз запасу стійкості фундаменту проти перекидання.

Теоретичні основи та розрахункова модель

Об'єктом дослідження обрано типову рамну консольну опору РМГ-4 (конфігурація без великогабаритного інформаційного щита, адаптована під системи відеофіксації). Конструкція складається з вертикальної стійки ($H = 6,05$ м) та горизонтальної ґратчастої просторової ферми ($L = 4,5$ м) [2]. Для врахування маси зварних швів, електродів та підготовки торців, розрахункову масу ферми збільшено за допомогою коефіцієнта $k_{зв} = 1,25$.

Гравітаційні сили (спрямовані вертикально вниз) становлять:

G_1 (Стійка): маса 137 кг. Сила $G_1 = 1344$ Н.

G_2 (Ферма): маса $239,4 \cdot 1,25 = 299$ кг. Сила $G_2 = 2935$ Н.

Згідно з нормативними документами [1], розрахунковий швидкісний напір вітру для відкритої місцевості Харківської області становить $q = 473$ Па. Вітрове навантаження діє перпендикулярно до площини рами і розбивається на дві складові ($F_w = C_x \cdot A \cdot q$):

F_{w1} (Вітер на стійку): коефіцієнт обдуву циліндра $C_{x1} = 0,3$. Сила $F_{w1} = 136$ Н.

F_{w2} (Вітер на ферму): коефіцієнт ґратчастої конструкції $C_{x2} = 1,0$. Сила $F_{w2} = 1703$ Н.

Приклад розрахунку

Для рівноваги просторової системи сил необхідно і достатньо, щоб суми проєкцій усіх сил на координатні осі та суми моментів відносно цих осей дорівнювали нулю [4, 5]. Жорстке защемлення ідеалізовано у точці A (рівень обрізу фундаменту). Систему досліджено у двох площинах.

У цій площині діють сили ваги G_1 та G_2 . Сума вертикальних сил визначає стискаючу реакцію фундаменту:

$$R_{zA} = G_1 + G_2 = 1344 + 2935 = 4279 \text{ Н} \quad (1)$$

Гравітаційний згинальний момент від асиметрії консолі (оскільки G_1 лежить на осі обертання, її плече дорівнює нулю) становить:

$$M_{Ay}^R = G_2 \cdot 2,25 = 2935 \cdot 2,25 = 6604 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2)$$

Горизонтальні вітрові сили створюють реакцію зсуву:

$$R_{yA} = F_{w1} + F_{w2} = 136 + 1703 = 1839 \text{ Н} \quad (3)$$

Площина ZOХ (Дія гравітації)

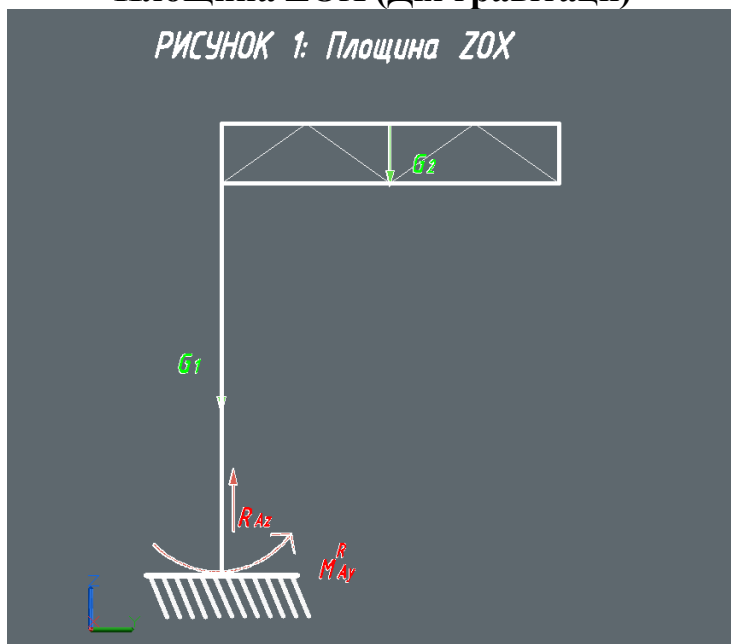


Рис. 1. Розрахункова схема в площині ZOХ

Площина ZOУ (Дія вітру)

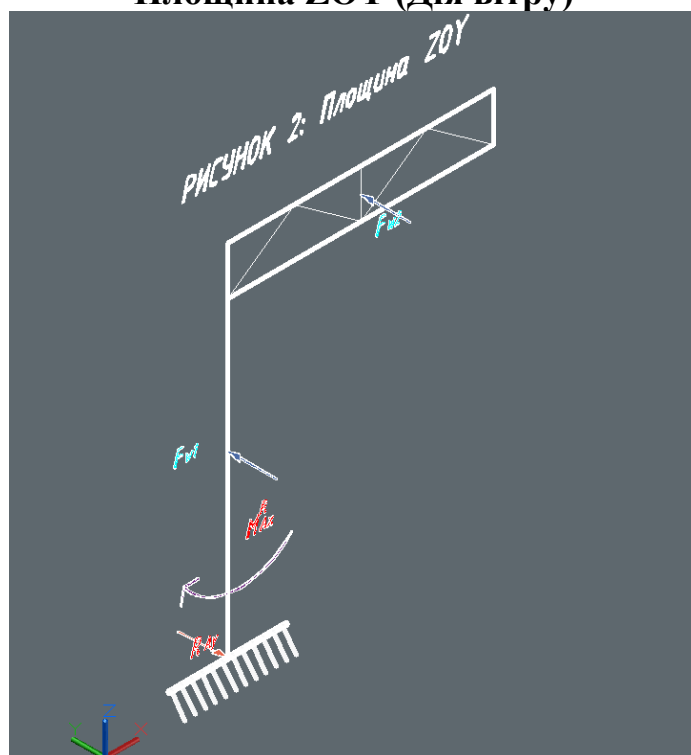


Рис. 2. Розрахункова схема в площині ZOУ

Перекидний момент від вітру визначається рівнянням:

$$M^R_{Ax} = F_{w1} \cdot 3,025 + F_{w2} \cdot 6,05 = 136 \cdot 3,025 + 1703 \cdot 6,05 = 10714 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4)$$

Зведення реакцій та оцінка стійкості

Сумарний перекидний момент (M^R_A), який діє на фундамент, обчислюється як векторна сума двох взаємно перпендикулярних складових:

$$M^R_A = \sqrt{(M^R_{Ax})^2 + (M^R_{Ay})^2} = \sqrt{(10714^2 + 6604^2)} = 12586 \text{ Н}\cdot\text{м} = 12,59 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (5)$$

Для типової опори РМГ-4 застосовується масивний ступінчастий фундамент ФМ-4, гравітаційна утримуюча здатність якого становить $M_{\text{утр}} = 73,1 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Коефіцієнт запасу стійкості становить:

$$K = M_{\text{утр}} / M^R_A = 73,1 / 12,59 = 5,8 \quad (6)$$

Висновки

Побудовано розрахункову модель Г-подібної дорожньої опори, яка наочно демонструє механіку виникнення опорних реакцій. Доведено ефективність методу розбиття просторової системи на дві плоскі задачі статички.

Встановлено, що відсутність суцільного інформаційного щита значно знижує навантаження, забезпечуючи майже шестикратний запас стійкості фундаменту ($K = 5,8$). Такий значний резерв міцності є інженерно обґрунтованим, оскільки він дозволяє у майбутньому безперешкодно модернізувати опору (встановлювати важкі VMS-табло), а також ефективно гасить аеродинамічні удари та вібрації від великогабаритного транспорту, запобігаючи втомному руйнуванню зварних швів. Отримані опорні реакції створюють теоретичне підґрунтя для розрахунку анкерної групи.

Література

1. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінбуд України, 2006. 60 с.
2. Альбом типових рішень конструкцій опор дорожніх знаків на автомобільних дорогах загального користування. АД А.2.4-37641918-001:2015. Київ : ДерждорНДІ, 2015. 117 с.
3. Романенко Л. Г. Теоретична механіка: Навч. посіб. для студ. ВУЗів / Л. Г. Романенко, В. Г. Солодов. 2-е вид. Х.: ХДАДТУ, 2002. 270 с.
4. Міщенко І. В. Теоретична механіка. Частина І. Статика. Кінематика: навчальний посібник / І. В. Міщенко, О. В. Воропай, С. В. Красніков. Х.: ФОП Бровін О.В. 2025. 158 с.
5. Нескреба Е. Є. Методичні вказівки до практичних занять, РГР та СРС з дисципліни «Теоретична механіка», розділ «Статика» для студентів напряму «Будівництво та цивільна інженерія» / Е. Є. Нескреба, О. В. Воропай, В. О. Карпенко. Х.: ХНАДУ, 2025. 124 с.

Науковий консультант: д.т.н., проф. Воропай О. В., зав. каф. деталей машин та теорії механізмів і машин.