

УДК 621.878.2

ВИЗНАЧЕННЯ ЗГИНАЛЬНИХ МОМЕНТІВ ТА НАПРУЖЕНЬ У ПЕРЕРІЗАХ ТЯГОВОЇ РАМИ СКРЕПЕРА

М. В. Назаренко¹, В. В. Панфілов², М. М. Балака³

¹студент групи БМО-21, e-mail: nazarenko_mv@knuba.edu.ua

²студент групи БМО-21, e-mail: panfilov_vv@knuba.edu.ua

³доцент кафедри будівельних машин, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua

^{1,2,3}Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. У роботі представлено методику визначення згинальних моментів та напружень у заданих перерізах тягової рами скрепера, що виникатимуть при експлуатації на об'єктах дорожнього будівництва. Побудовано епюри згинальних моментів у вертикальній площині для навантаженого стану конструкції тягової рами скрепера.

Ключові слова: згинальний момент, навантаження, тягова рама, скрепер.

DETERMINATION OF BENDING MOMENTS AND STRESSES IN SCRAPER TRACTION FRAME SECTIONS

Mykhailo Nazarenko¹, Vladyslav Panfilov², Maksym Balaka³

¹Student of BMO-21 group, e-mail: nazarenko_mv@knuba.edu.ua

²Student of BMO-21 group, e-mail: panfilov_vv@knuba.edu.ua

³Associate Professor of Construction Machines Department, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua

^{1,2,3}Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. The determination methodology of bending moments and stresses in given sections of the scraper traction frame is presented in the paper, which will arise for operation on road construction sites. Bending moment diagrams in the vertical plane for the loaded state of the scraper traction frame structure were constructed.

Keywords: bending moment, load, traction frame, scraper.

Вступ. Самохідні скрепери найбільш повно поєднують властивості тягових та транспортних будівельних машин, які дозволяють досягти високих техніко-економічних показників виконання земляних робіт. Так, рекомендованою граничною дальністю транспортування ґрунту скреперами залежно від місткості ковша є $8 \text{ м}^3 - 1\,500 \text{ м}$, $10 \text{ м}^3 - 2\,000 \text{ м}$, $15 \text{ м}^3 - 3\,000 \text{ м}$, $25 \text{ м}^3 - 5\,000 \text{ м}$ [1]. Скрепери застосовуються при спорудженні земляних насипів та виїмок, плануванні будівельних майданчиків. У порівнянні з іншими машинами для земляних робіт скрепери, особливо самохідні, мають ряд переваг [2–4]: здійснюють тонкошарове різання ґрунту, що дозволяє механізувати невеликі планувальні роботи за заданими мітками; можуть пошарово відсипати ґрунт для зведення насипів, дамб чи гребель з ущільненням цих шарів колесами скреперів; знижують вартість розробки, транспортування та укладання ґрунту в насипи у порівнянні з виконанням цих робіт одноківшевими екскаваторами і автосамоскидами.

Слід зауважити, що робочі операції скрепер виконує під час руху по бездоріжжю чи примітивно підготовленим ґрунтовим поверхням, вид та стан яких суттєво впливає на надійність самохідної машини та її конструктивних елементів, у тому числі колісного ходового обладнання [5–7]. При цьому швидкість руху скрепера знижується оператором через неприпустимий за комфортними відчуттями рівень коливань, що виникають на його робочому місці. Разом з тим, для підтримання максимально можливих для скрепера швидкостей транспортування ґрунту і зворотного холостого ходу раз на дві зміни роботи автогрейдером профілюється скреперна дорога.

Особливістю металоконструкцій вузлів скрепера є використання спеціальних штампованих профілів та автоматичного зварювання, що значно зменшує вагу машини [2, 8]. Частина ваги конструкції скрепера та ґрунту, який знаходиться в ковші, завантажує тягач, збільшуючи цим з'єднувальну вагу агрегату. Водночас слід враховувати як зусилля, що діють на елементи конструкції [9], так і згинальні моменти у заданих перерізах тягової рами скрепера для надійної роботи на об'єктах дорожнього будівництва.

Мета роботи полягає у визначенні згинальних моментів та напружень у заданих перерізах тягової рами скрепера, перевірці на міцність перерізів та зварних з'єднань для навантаженого стану робочого обладнання.

Матеріал і результат досліджень. За розрахункове для тягової рами приймаємо положення, що відповідає початку виймання з ґрунту повністю завантаженого ковша скрепера наприкінці процесу копання [8].

Визначаємо згинальний момент в місці з'єднання хобота скреперного обладнання з базовим тягачем, у точці K (рис. 1):

$$M_K^{верх} = R_{D1} \cdot c; \quad M_K^{нижн} = R_{C1} \cdot b_3; \quad M_K = M_K^{верх} + M_K^{нижн}. \quad (1)$$

Таке з'єднання забезпечує свободу взаємних поворотів скреперного обладнання та базового тягача у двох площинах. У перерізі $I-I$ арки хобота згинальний момент утворюють сили R_{C1} , R_{D1} та R_{III} :

$$M_{I-I} = R_{C1} \cdot c_1 - R_{D1} (c_1 - c - b_3) + R_{III} \cdot a_1. \quad (2)$$

Для визначення величини згинального моменту в перерізі $II-II$ поперечної балки розглянемо епюру згинальних моментів в горизонтальній площині (рис. 2). При цьому зусилля X_1 має від'ємне значення, тоді епюра згинальних моментів приймає наступного вигляду, де $l \cdot X_1$, а кінцеві епюри згинальних моментів містять $a_1 + l \cdot X_1$; $a_2 + l \cdot X_1$; $a_3 + l \cdot X_1$.

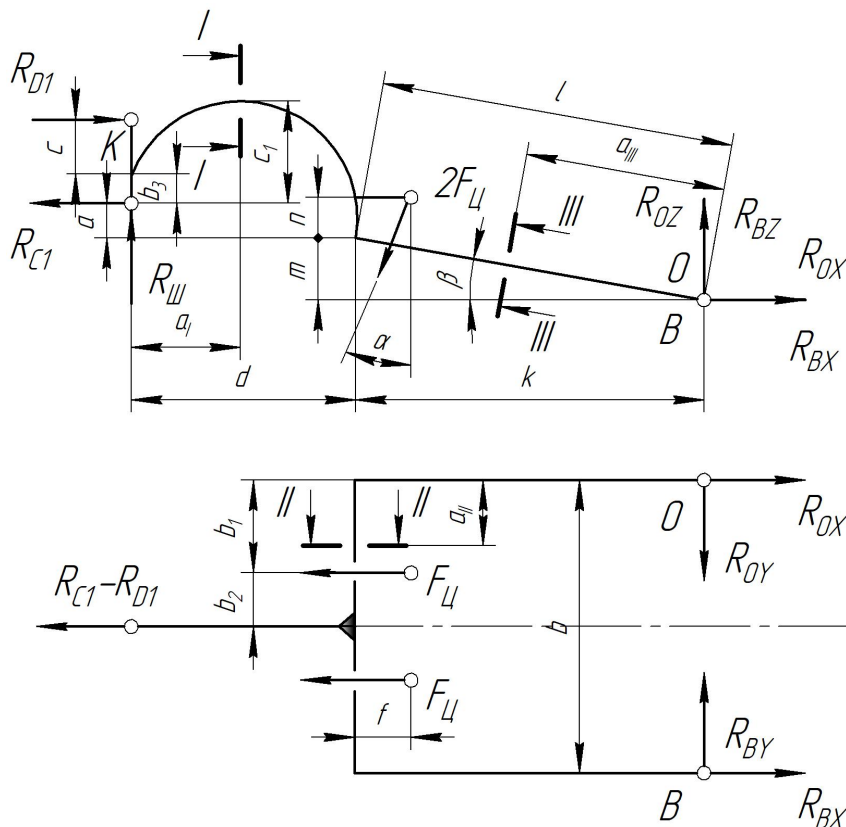


Рис. 1. – Схема для визначення згинальних моментів у перерізах тягової рами скрепера

Згинальний момент у перерізі $II-II$ дорівнюватиме значенню NP . Для визначення величини NP розглядається два прямокутних трикутника PON і BOC (див. рис. 2), подібних між собою внаслідок однакових кутів.

У перерізі III–III поздовжньої балки згинальний момент утворюють реакції R_{Ox} та R_{Oz} в місці кріплення тягової рами до стінки ковша:

$$M_{III-III} = R_{Ox} \cdot a_{III} \sin \beta + R_{Oz} \cdot a_{III} \cos \beta. \quad (3)$$

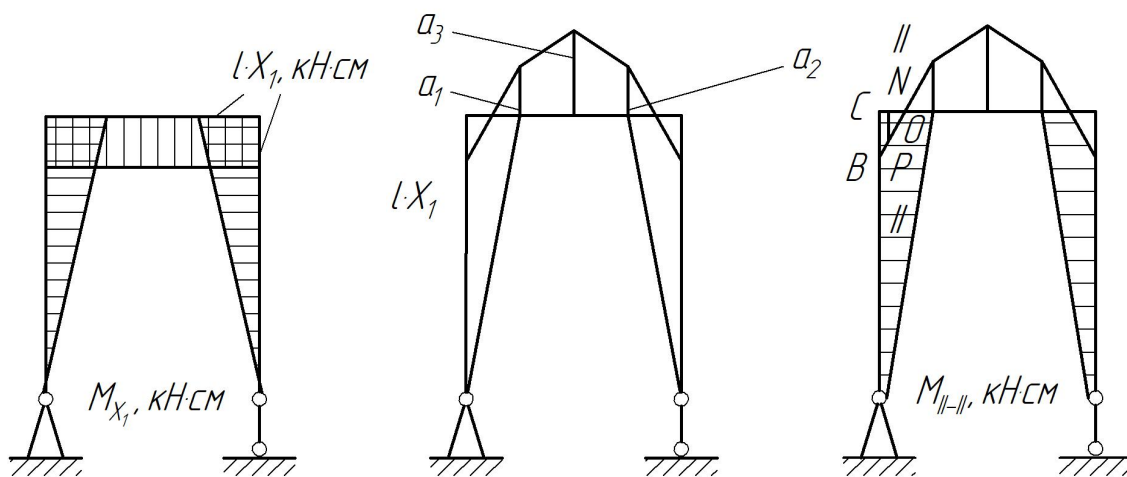


Рис. 2. – Епюри згинальних моментів у перерізі II–II тягової рами

Для наочного уявлення навантаженого стану конструкції тягової рами скрепера здійснюємо побудову епюри згинальних моментів у вертикальній площині (рис. 3), використовуючи вихідні дані для розрахунку [9].

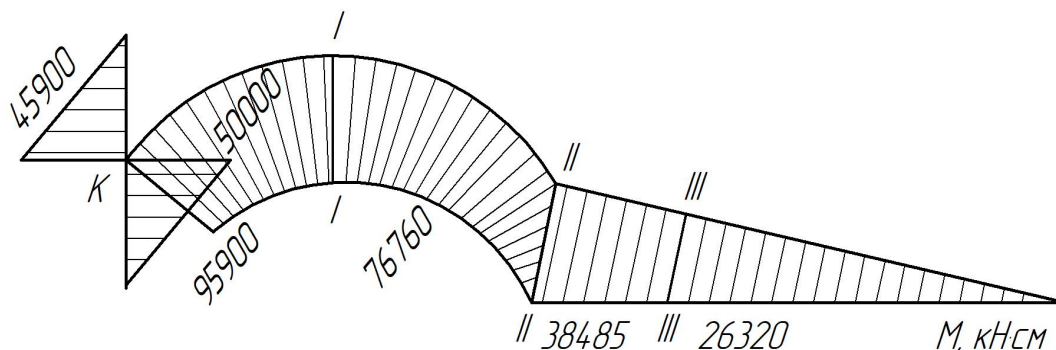


Рис. 3. – Епюра згинальних моментів у вертикальній площині

Сумарне нормальне напруження в точках перерізу I–I від дії розтяжного зусилля N і згинального моменту M_{I-I} у вертикальній площині знаходимо як для криволінійного стрижня [10].

Розтяжне зусилля арки хобота визначаємо за виразом

$$N_{I-I} = R_{C1} - R_{D1}. \quad (4)$$

Для зовнішніх волокон напруження визначається за формулою

$$\sigma_H = \frac{N}{F} - \frac{M_{I-I} \cdot z_{I-I}}{S \cdot R_{I-I}}, \quad (5)$$



де F – площа перерізу $l-l$; z_{l-l} – відстань від нейтральної осі до зовнішніх волокон; S – статичний момент, який визначається за формулою $S = F \cdot z_0$, тут z_0 – відстань від центру тяжіння до нейтральної осі.

Проектуючи зварні з'єднання, необхідно забезпечити можливість застосування механізованих засобів зварювання. Катети зварних швів назначаються рівними 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14 або 16 мм. Шви товщиною більше 8 мм є багатопрохідними при ручному зварюванні, а більше 16 мм – при автоматичному та напівавтоматичному зварюванні [8].

При цьому приймаємо менш трудомістке однопрохідне зварювання. Довжину шва вибираємо з умови $4h_{III} \leq l_{III} \leq 50h_{III}$.

Висновки. Представлена методика визначення згинальних моментів та напружень у таких перерізах тягової рами скрепера, як арки хобота, поперечної та поздовжньої балок, у поєднанні з виконанням перевірки на міцність та зварних з'єднань дозволить ще на стадії проектування скреперного обладнання забезпечити надійність конструкції та здатність машини виконувати функції в установлених режимах експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балака М. М., Кім А. О., Міщук Д. О., Ходневич М. М. Особливості робочого циклу і організації скреперних робіт. *Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України: тези доповідей Міжнар. наук.-практ. онлайн конф.* (23–24 верес. 2021 р., м. Київ). К.: НУБіП України, 2021. С. 16–18. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u232/zbirnik_tez.pdf (дата звернення: 07.04.2024).
2. Балака М. М., Педоряка М. В. Сучасні тенденції розвитку скреперного обладнання. *Енергоощадні машини і технології: тези доповідей II Міжнар. наук.-техн. конф.* (29 верес. – 01 жовт. 2015 р., м. Київ). К.: КНУБА, 2015. С. 59.
3. Балака М. М. Тенденції розвитку колісних землерійно-транспортних машин. *Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів: тези доповідей* (6–8 листоп. 2012 р., м. Київ). К.: КНУБА, 2012. Ч. 1. С. 83 – 84.
4. Балака М. М. Дослідження часового фактору зносу протектора шин самохідного скрепера. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків, 2021. Вип. 92, т. 2. С. 116–121. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.92.2.116> (дата звернення: 07.04.2024).
5. Balaka M., Gorbatyuk Ie., Mishchuk D., Prystailo M. Characteristic properties of support surfaces for self-propelled scrapers motion. *Fundamental and applied research in the modern world: Abstracts of the 6th International scientific and practical conference* (January 20–22, 2021). BoScience Publisher. Boston, USA, 2021. Pp. 53–58. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-fundamental-and-applied-research-in-the-modern-world-20-22-yanvaryaya-2021-goda-boston-ssha-arhiv/> (дата звернення: 07.04.2024).
6. Балака М. М. Вплив умов експлуатації на довговічність великогабаритних шин. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків,

2014. Вип. 65–66. С. 79–86. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad_2014_65-66_15 (дата звернення: 07.04.2024).

7. Пелевин Л. Е. Силовое взаимодействие эластичного колеса с деформирующейся опорной средой / Л. Е. Пелевин, М. Н. Балака, Г. А. Аржаев // Интерстроймех-2007: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 11–14 сент. 2007 г. Самара: СГАСУ, 2007. С. 205–209.

8. Горбатюк Є. В., Воляннюк В. О., Терентьев О. О., Свідерський А. Т. Проектування металоконструкцій будівельних машин. К.: Компринт, 2021. 283 с.

9. Побийпеч М. О., Хорошун А. В., Балака М. М. Визначення розрахункових зусиль в елементах тягової рами скрепера. *Інноваційні технології підготовки кадрів для промисловості та транспорту 2023*: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. (28–29 квіт. 2023 р.). Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2023. С. 69–75. URL: <https://okmm.nmu.org.ua/ua/2023/ITPTIT2023.pdf> (дата звернення: 07.04.2024).

10. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів. 2-е вид., допов. і переробл. К.: Вища школа, 2004. 655 с.