



<https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj18-01-037>

DOI: 10.30888/2663-5712.2023-18-01-037

УДК 621.878.6

## RESEARCH OF THE APPLICATION OF COMPOSITE MATERIAL IN METAL CONSTRUCTION OF WORKING EQUIPMENT OF THE SCRAPER

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ У МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ СКРЕПЕРА

**Spilnyk M. / Спільник М.**

*Ph. D., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6990-1382

**Dakhno O. / Дахно О.**

*Ph. D., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6916-4327

**Uzhelovskyi A. / Ужеловський А.**

*Ph. D., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-7665-8085

*Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,  
Dnipro, Architect Oleh Petrov str, 24, a, 49600  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,  
Дніпро, вул. Архітектора Олега Петрова, 24,а, 49600*

**Анотація.** Трубобетонні конструкції знайшли широке застосування в світовій будівельній практиці завдяки своїм позитивним якостям. Трубобетон у машинобудуванні та його механічні властивості також набули актуальності останнім часом. У процесі роботи скрепера тягова рама сприймає розтягуюче зусилля та згинаючий момент. Під дією таких навантажень тягова рама почне змінювати свою початкову геометричну форму, що може спричинити руйнування конструкції. На основі проведеного аналізу отримані епюри напружень, епюри переміщень, епюри деформацій досліджуваних елементів. Проведений аналіз епюр металокопункції тягової рами скрепера із заповнювачем у вигляді бетону з армуючими домішками, при використанні заповнювача по усьому об'єму порожнини дозволяє збільшити міцність конструкції на 20...25%, зменшити металоємність до 20%, а також сприяє зменшенню напружень та деформацій конструкції, що підвищує тривалість роботи обладнання.

**Ключові слова:** напруження, заповнювач, композитний матеріал, тягова рама, міцність конструкції.

#### **Вступ.**

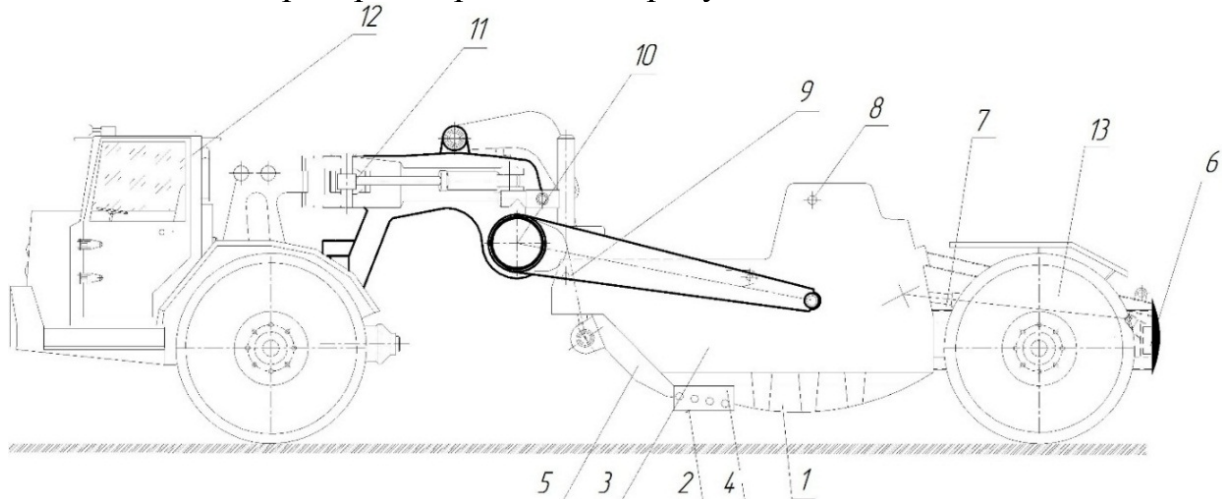
Трубобетонні конструкції знайшли широке застосування в світовій будівельній практиці завдяки своїм позитивним якостям [1,2,3,4]. Трубобетон у машинобудуванні та його механічні властивості також набули актуальності останнім часом [5,6,7,8,9,10,11].

Дослідження конструкції землерийно-транспортних машин, які мають робоче обладнання зі металевої труби на стиск та кручення при заповненні бетоном з різноманітними домішками потребують вивчення.

**Основний текст.** У процесі роботи скрепера тягова рама сприймає розтягуюче зусилля та згинаючий момент (рисунок 1). Під дією таких навантажень тягова рама почне змінювати свою початкову геометричну форму, що може спричинити руйнування конструкції. Вигляд тягової рами, який



встановлений на скрепері, зображений на рисунок 2.



**Рисунок 1. Загальний вигляд тягової рами, встановленої на скрепері**  
 1 – ківш; 2 – ніж; 3 – бокова стінка; 4 – підрізаючий ніж; 5 – передня заслінка;  
 6 – буфер; 7 – гідроциліндр; 8 – шарнір кріплення задньої стінки;  
 9 – гідроциліндр передньої заслінки; 10 – тягова рама; 11 – гідроциліндр повороту; 12 – тягач

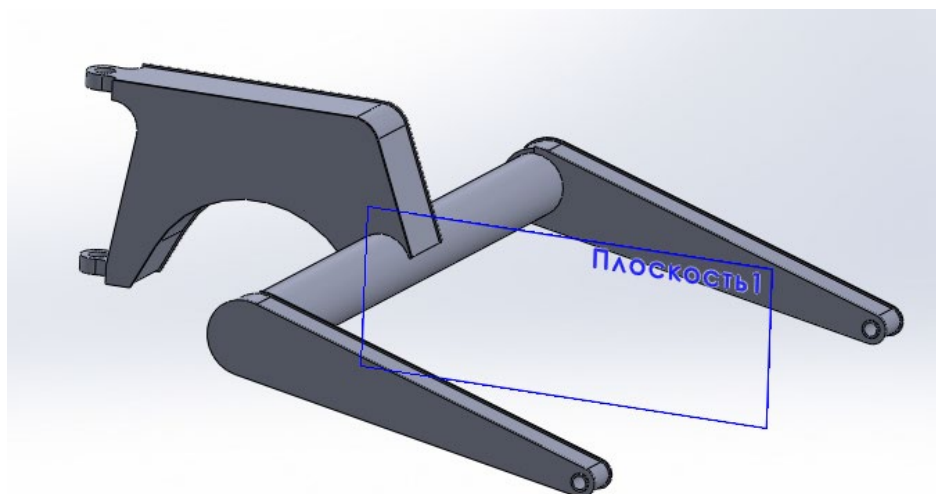


а



б

**Рисунок 2. Тягова рама, яка встановлена на скрепері**  
 а – тягова рама скрепера Caterpillar; б – тягова рама скрепера Komatsu



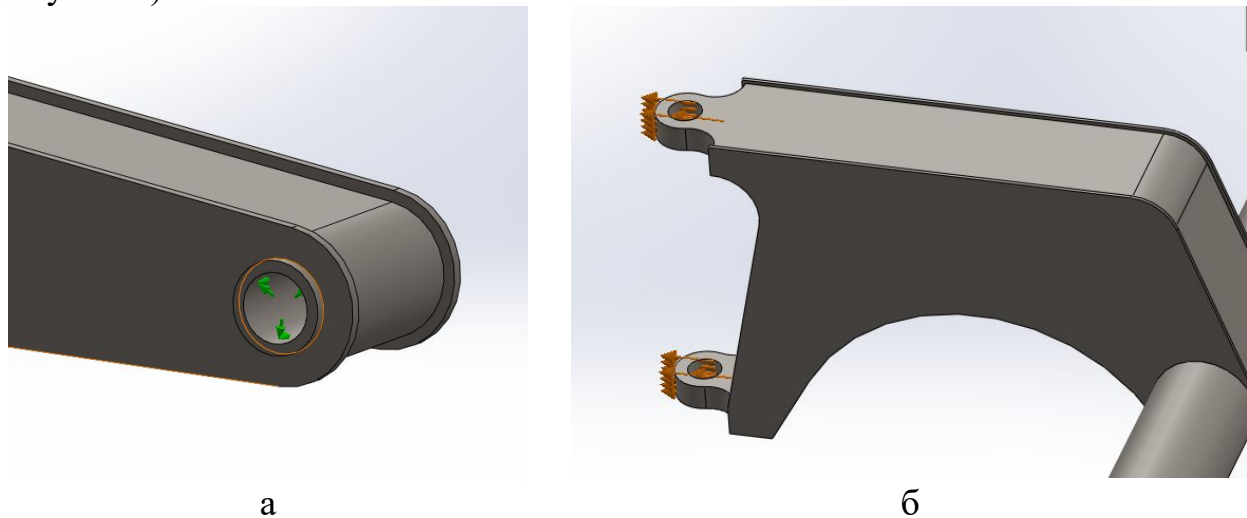
**Рисунок 3. Об'ємна модель тягової рами скрепера**



За основу для дослідження взята модель тягової рами скрепера Caterpillar 613 (рисунок 3) з тяговим зусиллям базової машини у 60 кН. Також були задані початкові умови: матеріал – вуглецева сталь; діючі навантаження:  $P_{01}=300\text{кН}$ .

Дослідження моделей проводилося за допомогою сучасного програмного забезпечення CAD Solid Works.

Для отримання об'єктивних результатів розглянуті схеми, які пояснюють методику прикладення сил, як з боку скрепера, так і з боку ковша, у разі зіткнення його з неподоланою перешкодою (сила, яка діє на кріплення до тягача, на провусини, яка направлена під кутом та провусини кріплення до ковша) (рисунок 4).



а

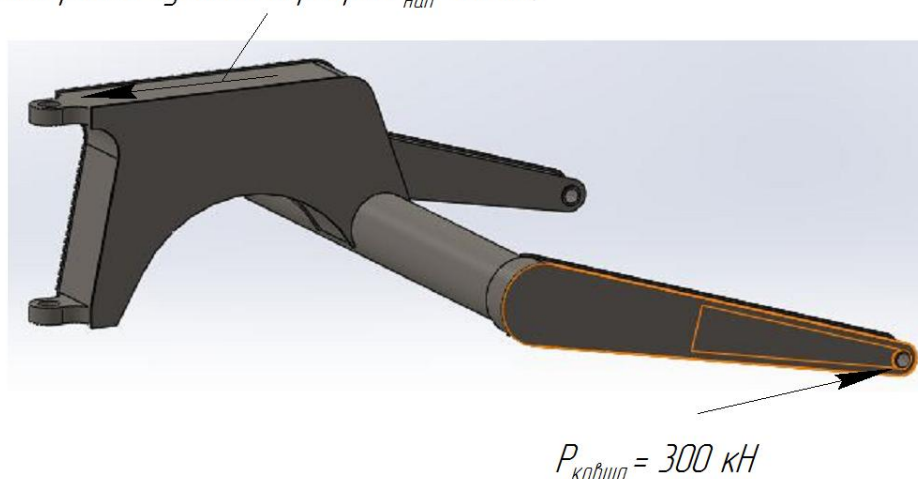
б

**Рисунок 4. Схема закріплення тягової рами для проведення дослідження напружено-деформованого стану**

*а – схема дії сили на циліндричну грань зі сторони ковша; б - схема закріплення тягової рами зі сторони тягача*

У результаті прикладення сил до провусин на тяговій рамі була складена загальна схема дослідження, яка представлена на рисунок 5.

*Шарнірне кріплення тягової рами скрепера до тягача  
(дія напірного зусилля скрепера  $P_{\text{нап}}=60\text{кН}$ )*

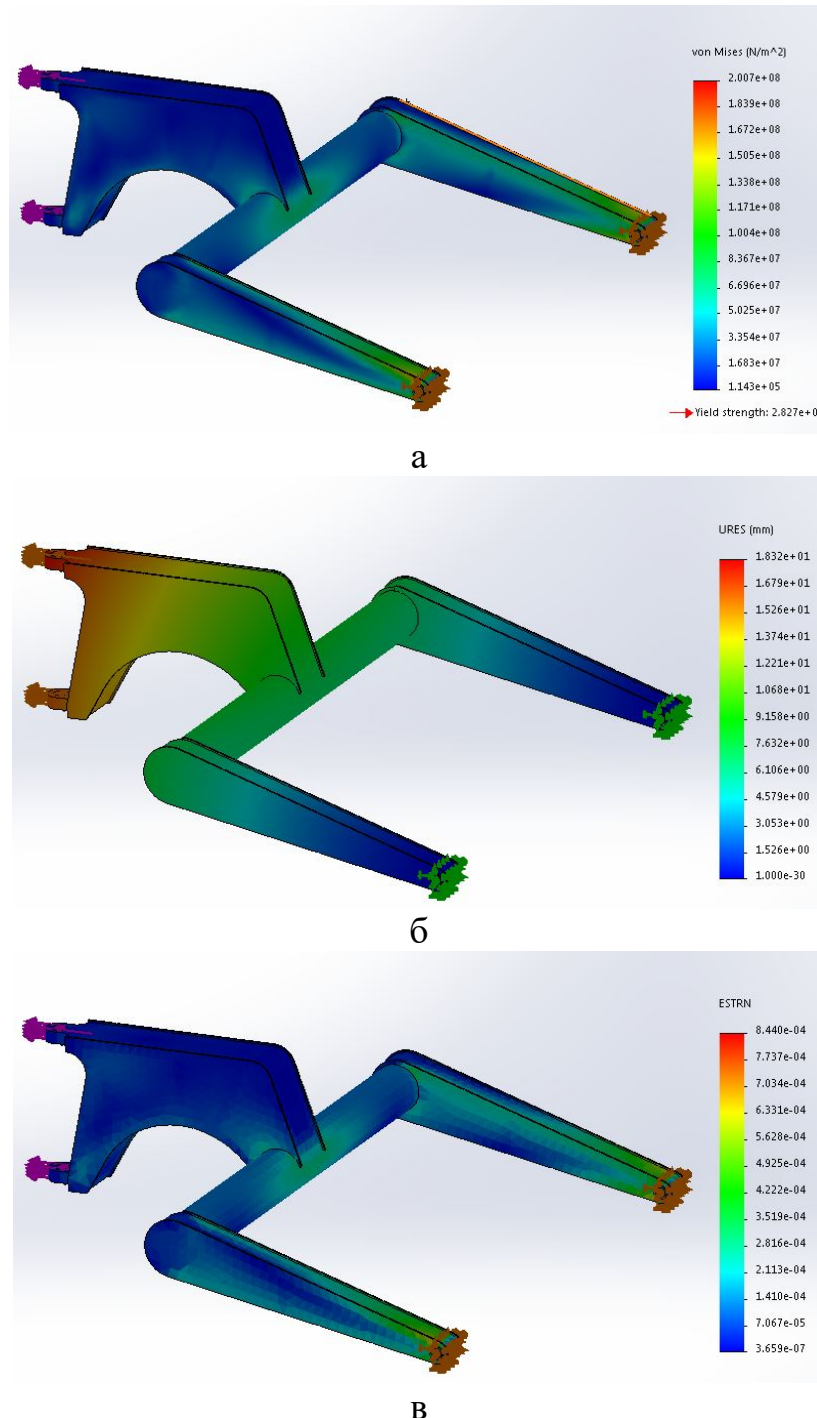


$P_{\text{ковша}} = 300\text{кН}$

**Рисунок 5. Узагальнена схема дії сил на тягову раму скрепера**



На основі проведеного аналізу отримані епюри напружень, епюри переміщень, епюри деформацій досліджуваних елементів (рисунок б).



**Рисунок б. Епюри досліджень напружено-деформованого стану тягової рами скрепера**

*а – еюра напруження; б – еюра переміщення; в – еюра деформації*

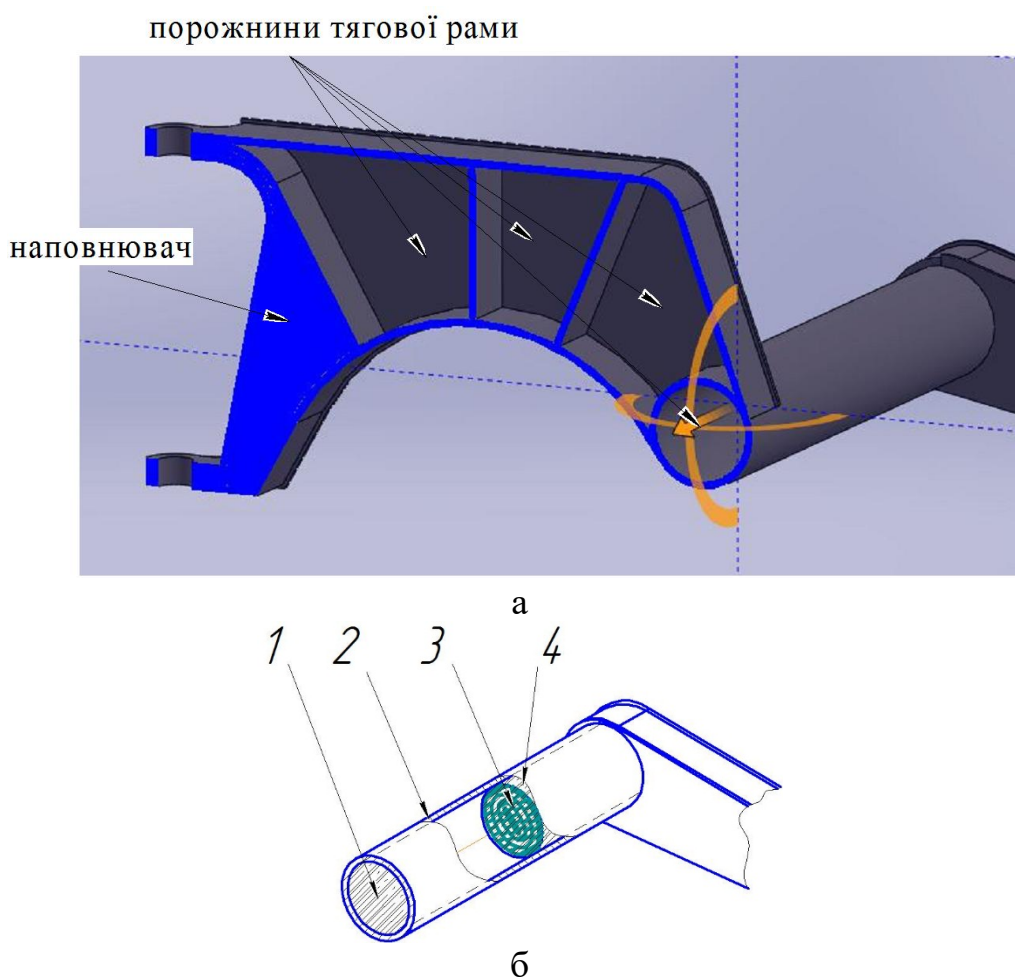
Проведені дослідження показали, що традиційна конструкція тягової рами потребує удосконалення. Шляхом вирішення даної проблеми може бути використання композитного матеріалу у порожнинах робочого обладнання, наприклад: бетон з армуючими елементами; бетон з домішками.





Після аналізу отриманих епюр, прийшли до висновку, що тягова рама скрепера традиційної конструкції є достатньо матеріалоемна.

Аналізуючи роботи [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11] прийшли до висновку, що використання трубобетонного елемента, при роботі у сталевій трубі в умовах об'ємного напруженого стану, збільшить міцність бетону, завдяки чому можна припустити, що конструктивні елементи з трубобетону матимуть безперечні технічні та економічні переваги (рисунок 7).



**Рисунок 7. Об'ємна модель тягової рами скрепера**

*а – розріз арки-хобота моделі тягової рами з наповнювачем у порожнині;*

*б – труба тягової рами у розрізі;*

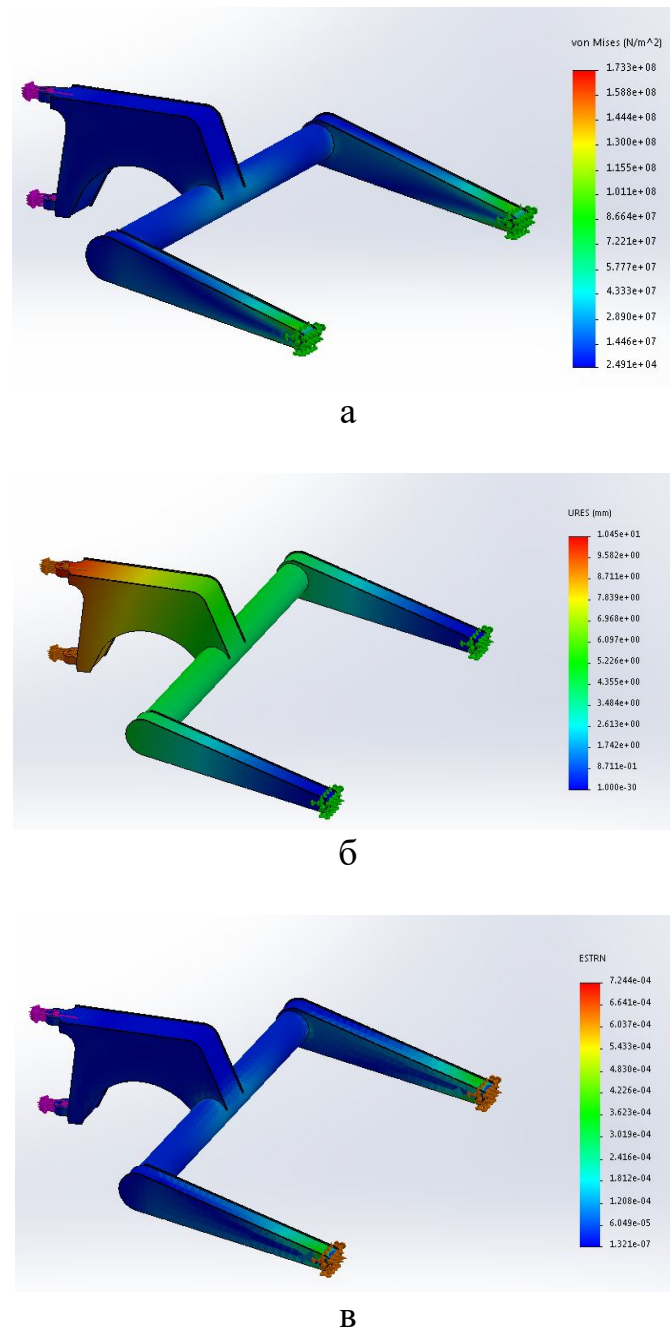
*1 – наповнювач; 2 – труба тягової рами скрепера; 3 – армуючі елементи;*

*4 – бетон*

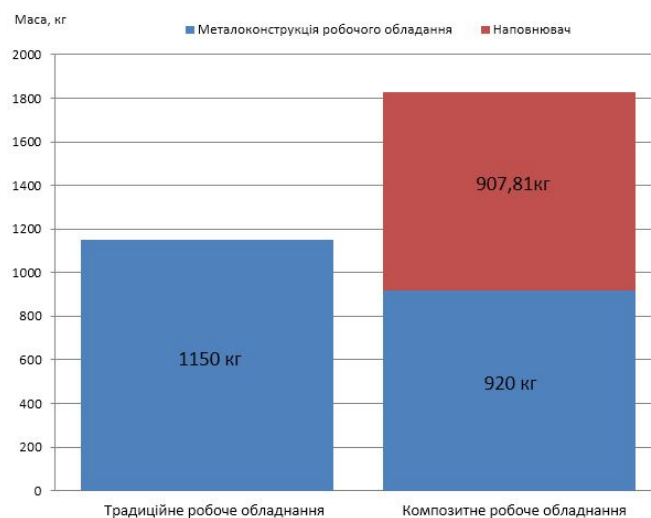
Перевагою даного метода є зменшення металоємності (рисунок 9, 10) та збільшення міцності металоконструкції (рисунок 11...15) є відносно проста технологія його виготовлення. У роботах, які присвячені дослідженню трубобетону, відмічено, що металева конструкція є лише опалубкою при роботі елементу і починає працювати як обойма при стадії близькій до руйнування бетону. Руйнування відбувається при значних поздовжніх деформаціях.



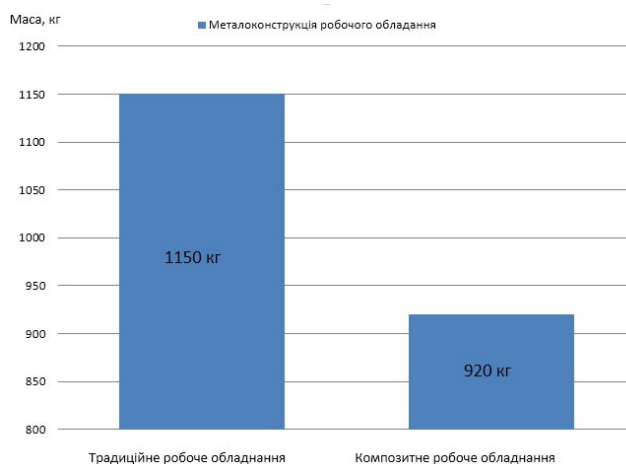
Руйнування коротких трубобетонних елементів при осьовому стиску відбувається внаслідок локальної втрати стійкості – короткохвильової форми випирання, коли в якомусь місці конструкції утворюються гофри – вм'ятини й випуклості. Це свідчить про те, що трубобетон сприймає об'ємний напружений стан на всіх стадіях роботи та руйнується в результаті досягнення поперечними деформаціями граничних значень як у трубі, так і в бетоні [9, 10,11].



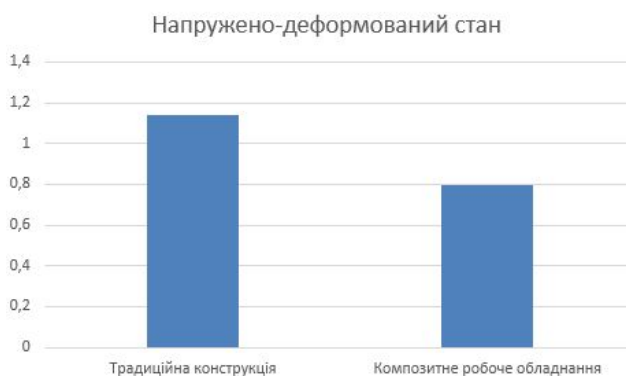
**Рисунок 8. Епюри досліджень напружено-деформованого стану тягової рами скрепера з наповнювачем**  
*а – еюра напруження; б – еюра переміщення; в – еюра деформації*



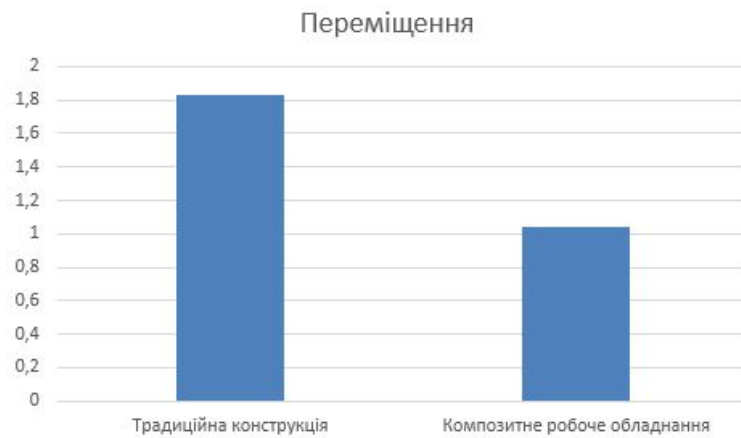
**Рисунок 9. Порівняння показників маси металоко­н­струкції для традиційної тягової рами скрепера та тягової рами скрепера з КОМПОЗИТНИМ ЗАПОВНЮВАЧЕМ**



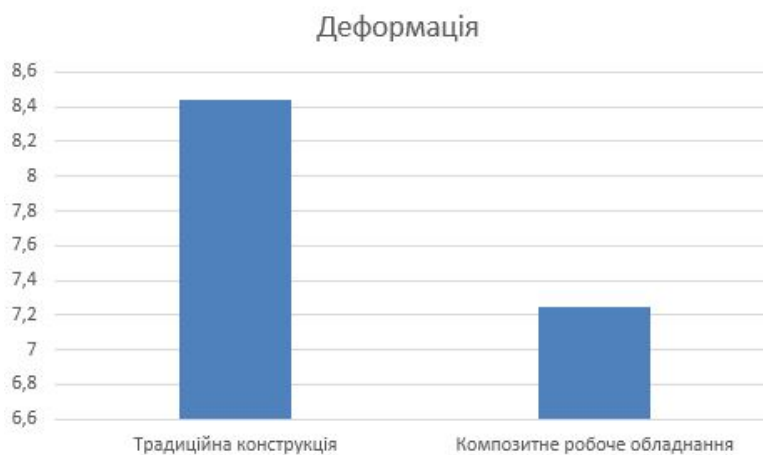
**Рисунок 10. Порівняння показників маси металоко­н­струкції для традиційної тягової рами скрепера та тягової рами скрепера з КОМПОЗИТНИМ ЗАПОВНЮВАЧЕМ**



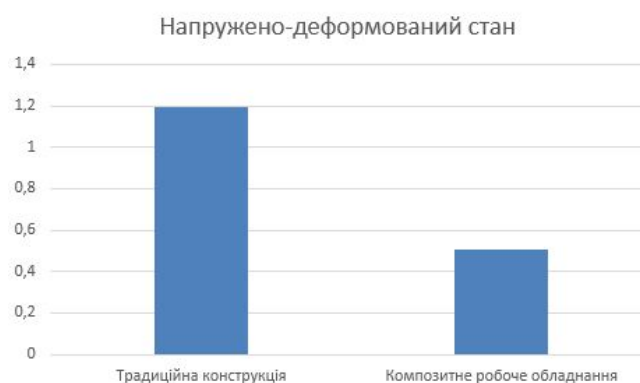
**Рисунок 11. Порівняння показників напружено-деформованого стану для традиційної тягової рами скрепера та тягової рами скрепера з КОМПОЗИТНИМ ЗАПОВНЮВАЧЕМ (розтягування)**



**Рисунок 12. Порівняння показників переміщення для традиційної тягової рами скрепера та тягової рами скрепера з композитним заповнювачем (розтягування)**

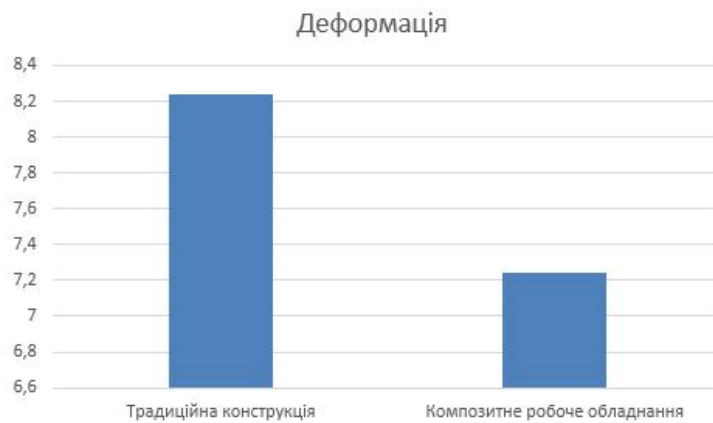


**Рисунок 13. Порівняння показників деформації для традиційної тягової рами скрепера та тягової рами скрепера з композитним заповнювачем (розтягування)**



**Рисунок 14. Порівняння показників напружено-деформованого стану для традиційної тягової рами скрепера та тягової рами скрепера з композитним заповнювачем (стискання)**





**Рисунок 15. Порівняння показників деформації для традиційної тягової рами скрепера та тягової рами скрепера з композитним заповнювачем (стискання)**

### Висновки.

Одним з перспективних напрямків удосконалення конструкції рам скреперів є використання композитних матеріалів. Проведений аналіз епюр металоконструкції тягової рами скрепера із заповнювачем у вигляді бетону з армуючими домішками, при використанні заповнювача по усьому об'єму порожнини дозволяє збільшити міцність конструкції на 20...25%, зменшити металоємність до 20%, а також сприяє зменшенню напружень та деформацій конструкції, що підвищує тривалість роботи обладнання. Виконані розрахунки показали працездатність машини в різних умовах експлуатації. Застосування у конструкціях скреперів композитного матеріалу дозволяє ведення технологічних процесів за допомогою трактора-штовхача або у складі скреперного потягу без суттєвих деформацій тягової рами.

### Література

1. Ефименко В.И. Центрифугированные трубобетонные конструкции / Ефименко В.И. – Кривой Рог: КТУ, 2008 – 257 с.
2. Єфіменко В.І. Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація / Л.І.Стороженко, В.М.Сурдін, В.І.Єфіменко, В.І.Вербицький – Кривий Ріг: КТУ, 2007. – 448 с.
3. Ефименко В.И. Строительные конструкции из стальных труб, заполненных центрифугированным бетоном / Л.И.Стороженко, В.И.Ефименко В.Ф.Пенц – К.: Четверта хвиля, 2001. –144 с.
4. Єфіменко В. І. Несучі конструкції зі сталевих труб, заповнених центрифугованим бетоном: дис. док.техн.наук : 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди / В. І. Єфіменко – Дніпропетровськ, 2009. – 414с.
5. Стороженко Л.И., Ефименко В.И., Плахотный П.И. Изгибаемые конструкции из трубобетона. -К.: «Будівельник», 1994. – 102с.
6. Кикин А.И., Санжаровский Р.С., Труль В.А. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. – М.: Стройиздат, 1974. – 146 с.



7. Стороженко Л.И., Семко А.В., Ефименко В.И. Сталежелезобетонные конструкции. –К.: Четверта хвиля, 1997.– 160 с.

8. Закуренко И.Е. Исследование несущей способности металлоконструкций землеройно-транспортных машин с заполнителями (на примере толкающих брусьев отвала бульдозера): Автореф. дис.. канд. техн. наук. Харьков, 1981. -25 с.

9. Ефименко В.И. Напряженно-деформированное состояние сжатых трубобетонных элементов на основе шлакощелочного бетона при кратковременном действии нагрузки / В.И.Ефименко, А.П.Сухан // Сталезалізобетонні конструкції. Дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – 2004. – Вип. 6. – С.77 – 79.

10. Хмара, Л. А. Інноваційний метод створення елементів робочого обладнання з підвищеною несучою здатністю / Л. А. Хмара, В. О. Талалай // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета : сб. науч. тр. / Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т ; [редкол.: Богомолов В. А. (глав. ред.) и др.]. - Харьков : ХНАДУ, 2014. - Вып. 65-66. - С. 35-39

11. Хмара, Л. А. Исследование прочностных характеристик традиционного и композиционного бульдозерного рабочего оборудования / Л. А. Хмара, В. А. Талалай // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. / Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т; [редкол. Богомолов В. А. (глав. ред.) и др.]. - Х. : ХНАДУ, 2012. - Вып. 57. - С. 43-54.

***Abstract.** Tubular concrete structures are widely used in world construction practice due to their positive qualities. Tubular concrete in mechanical engineering and its mechanical properties have also become relevant recently. During the operation of the scraper, the traction frame perceives a tensile force and a bending moment. Under the influence of such loads, the traction frame will begin to change its initial geometric shape, which can cause the structure to collapse. On the basis of the conducted analysis, stress charts, displacement charts, deformation charts of the studied elements were obtained. The analysis of the metal structure of the scraper traction frame with aggregate in the form of concrete with reinforcing admixtures, when using aggregate over the entire volume of the cavity, allows to increase the strength of the structure by 20...25%, reduce the metal capacity to 20%, and also helps to reduce stresses and deformations of the structure, which increases the duration of equipment operation.*

***Key words:** strain, filler, composite material, traction frame, structural strength.*

Стаття відправлена: 14.03.2023 р.

© Спільник М.А.