

Л. А. Хмара, д. т. н., проф., М. А. Спільник, асп.

Ключові слова: скрепер, задні стінки ковша скрепера, розвантаження, дослідження, напружений стан

Постановка проблеми. Сучасні вимоги до металоконструкції будівельних і дорожніх машин повинні відповідати потребам міцності й економічності. Збільшення потужності, зміна форм робочих органів для зменшення металоємності конструкції, заміна більш дешевими матеріалами без втрат несучої властивості та інших фізико-механічних характеристик є особливо актуальними [1].

Аналіз публікацій. Аналіз конструктивних особливостей вдосконалення ковша скрепера показує тенденцію, спрямовану на підвищення ефективності заповнення ковша. При цьому не розглядається проблема з розвантаження ґрунту з ковша скрепера, яка також вимагає додаткових енерговитрат. Підвищення ефективності процесу розвантаження може бути досягнуто за рахунок удосконалення форми елементів ковша, конструкції.

Метою роботи є визначення напружень, які виникають на задніх стінках ковша скрепера в процесі розвантаження в умовах зміни висоти кріплення приводу гідроциліндра.

Досягнення цієї мети вимагає:

- розробити моделі та провести експериментальні дослідження з навантаження моделей задніх стінок ковша скрепера в умовах зміни висоти кріплення приводу гідроциліндра;
- визначити раціональні параметри задньої стінки ковша скрепера.

Виклад матеріалу. За основу взято фізичну модель самохідного скрепера ДЗ-357 [2].

Кріплення приводу задньої стінки ковша скрепера змінювалось по її висоті ($\frac{H_1}{H_{3c}} = 0,06$; $\frac{H_2}{H_{3c}} = 0,2$;

$\frac{H_3}{H_{3c}} = 0,35$; $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$) (рис. 1),

де H_1, H_2, H_3, H_4 – висота кріплення гідроциліндра до задньої стінки; H_{3c} – висота задньої стінки.

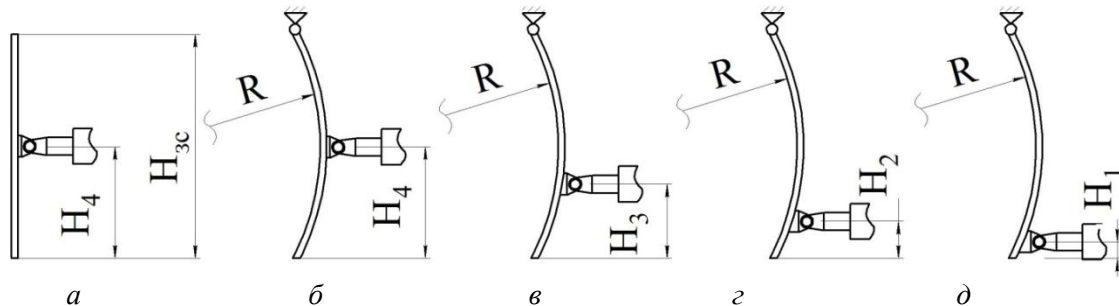
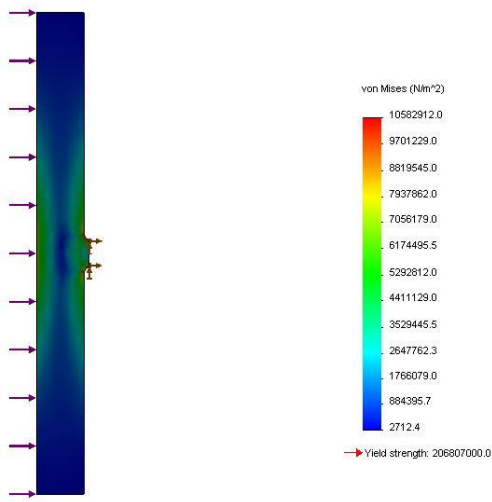
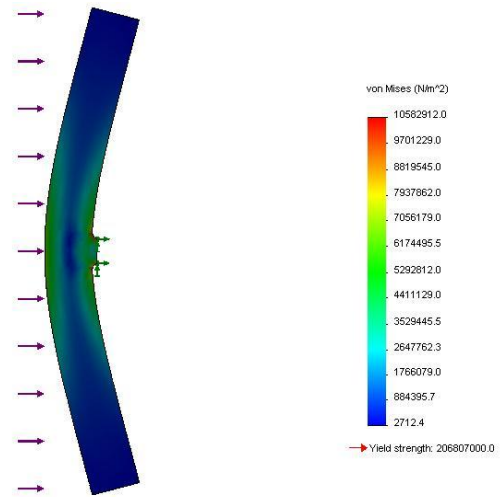


Рис. 1. Моделі задніх стінок ковша скрепера:

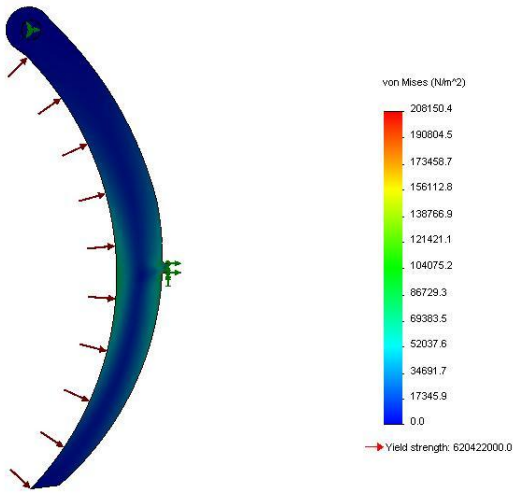
а – традиційна задня стінка; б, в, г, д – задні стінки ковшів скрепера з напівкруглим днищем



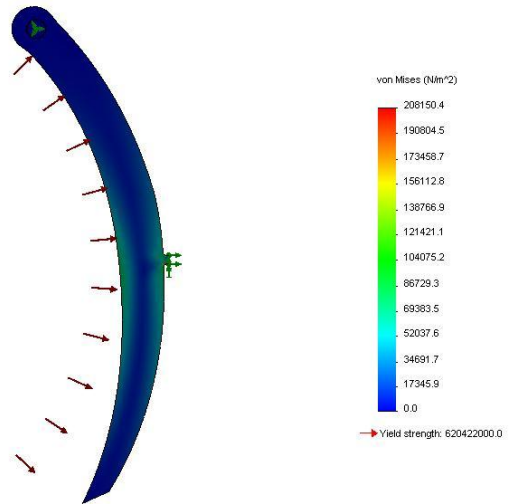
a



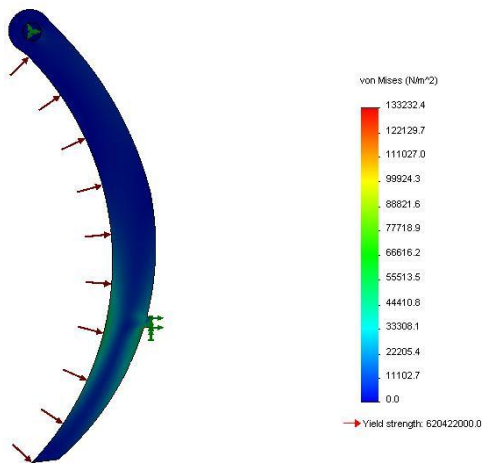
b



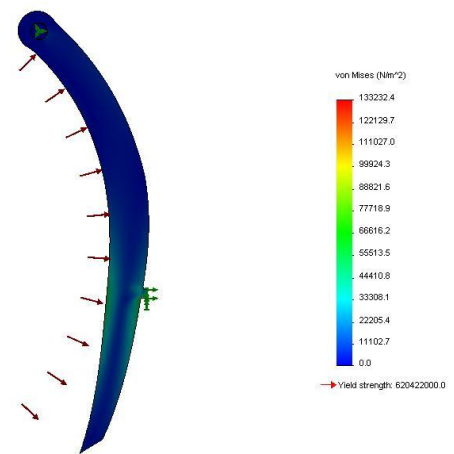
c



d



e



f

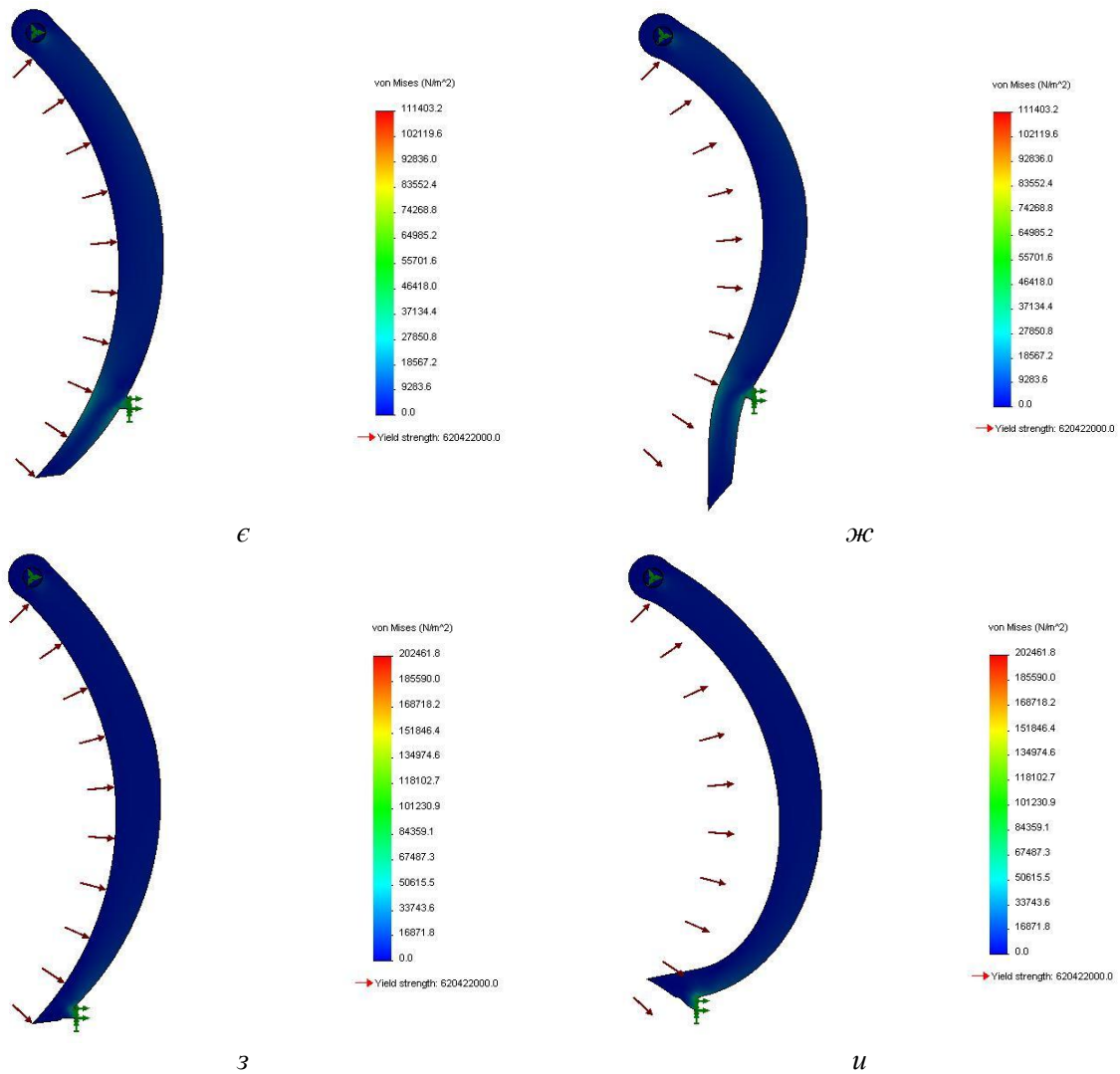


Рис. 2. Епюри напружень і деформацій, які виникають на задніх стінках ковшів скрепера:
 а, в, д, е, з – епюри напружень; б, г, е, ж, и – деформації задніх стінок під дією
 навантаження; а, б – $\frac{H_4}{H_{3c}}$; в, г – $\frac{H_4}{H_{3c}}$; д, е – $\frac{H_3}{H_{3c}}$; е, ж – $\frac{H_2}{H_{3c}}$; з, и – $\frac{H_1}{H_{3c}}$

Визначення раціональних геометричних форм металоконструкції робочого обладнання будівельних і дорожніх машин на основі показників міцності із застосуванням програмного забезпечення CAD Solid Works Simulation актуальне у даний час. Для проведення досліджень на міцність у системі CAD Solid Works Simulation були задані початкові умови: розміри задніх стінок – $L = 90$ мм (довжина стінки); $B = 9$ мм (ширина стінки); для ковша скрепера із задньою маятниковою стінкою $L = 90$ мм; $B = 9$ мм; $R = 61$ мм (радіус задньої маятнкової стінки); матеріал – легована сталь.

У системі CAD Solid Works Simulation використовується метод кінцевих елементів – числовий метод розв’язання задач прикладної фізики. На підставі проведеного аналізу отримано епюри напруження (рис. 2, а, в, д, е, з) й епюри деформації досліджуваних елементів (рис. 2, б, г, е, ж, и).

Отримані епюри показують, що найменше напруження виникає на задній стінці $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$ (192886 Н / м^2) (рис. 2, в). Однак, аналізуючи епюри деформації досліджуваних елементів (рис. 2, г, е, ж, и) задньої маятнкової стінки в умовах зміни місця прикладання зусиль гідроциліндра, встановили, що найменші деформації виникають у разі розташуванні гідроциліндра $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$ (табл.).

Таблиця

Результати статистичного дослідження у CAD Solid Works Simulation

№ п/п	Тип задньої стінки	Напруження, Н/м ²		Деформація, мм	
		min	max	min	max
1	2	3	4	5	6
1	Град	24.4757	94 758,4	0	4,00042
2	$\frac{H_1}{H_{зс}} = 0,06$	0	202 462	0	5,14015
3	$\frac{H_2}{H_{зс}} = 0,2;$	0	111 403	0	9,42388
4	$\frac{H_3}{H_{зс}} = 0,35$	0	133 232	0	5,37323
5	$\frac{H_4}{H_{зс}} = 0,5$	0	192 886	0	1,28361

Оскільки розробники системи CAD Solid Works Simulation рекомендують перевірити результати розрахунків іншим методом, задні стінки ковша скрепера перевірені поляризаційно-оптичним методом.

Експериментальні дослідження з навантаження моделей задніх стінок ковшів скреперів проводились із використанням методу наближеного фізичного моделювання робочих процесів землерийно-транспортних машин [3; 4]. Для моделювання робочих процесів землерийно-транспортних машин поляризаційно-оптичним методом використано прозорі низькомодульні оптично чутливі матеріали – епоксидні смоли, оргскло, ОНБ та ін. У даній роботі використано як матеріал для моделі задніх стінок затверділу епоксидну смолу марки ЕД-16 [5]. Для моделювання ґрунтового середовища використано еластомірну композицію, яка складається із двох компонентів: олігомірного ізопренового каучуку з кінцевими гідрозидними групами марки СКІ-ГО з концентрацією гідрозидних груп 4,0 % і молекулярною масою 2 000 [6].

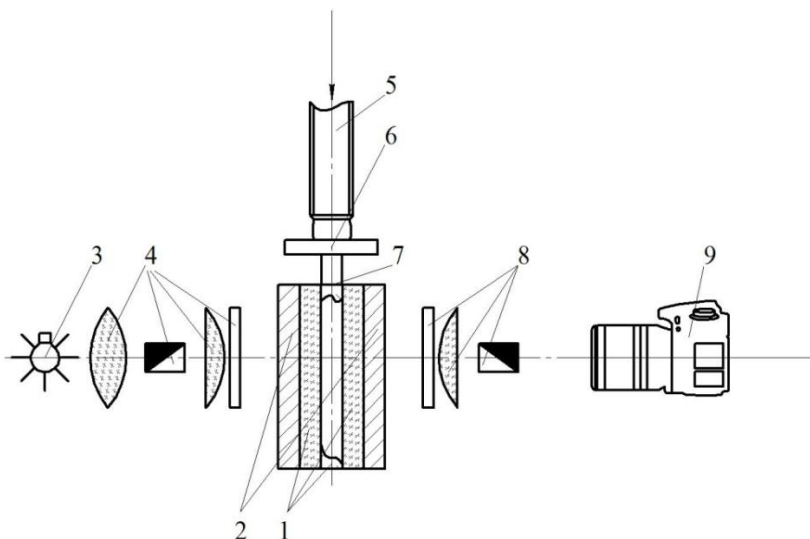


Рис. 3. Схема стенда для дослідження напружень поляризаційно-оптичним методом:
 1 – скляні блоки; 2 – контейнер; 3 – лампа; 4, 8 – вузли поляризатора й аналізатора ППУ-7; 5 – гвинт преса; 6 – прижимна частина преса; 7 – насадка інструмента;
 9 – фотоапарат

Схеми, показані на рисунку 1, реалізовані за допомогою спеціального «прозорого» контейнера, наведеного на рисунку 5. Він складається із двох зовнішніх металевих рам, скріплених калібрувальними болтами. Складені рами мають вигляд вікна для реєстрації картин інтерференції в прохідному світлі. Плоска модель ковша скрепера розташовувалася між скляними пластинами й обмежувалася вставкою з вікном для заповнення модельної ґрунтової маси (гумою) і монтажу навантажувального пристрою. Шарнір задньої стінки і сама модель її також кріпилися між скляними пластинами (рис. 5).

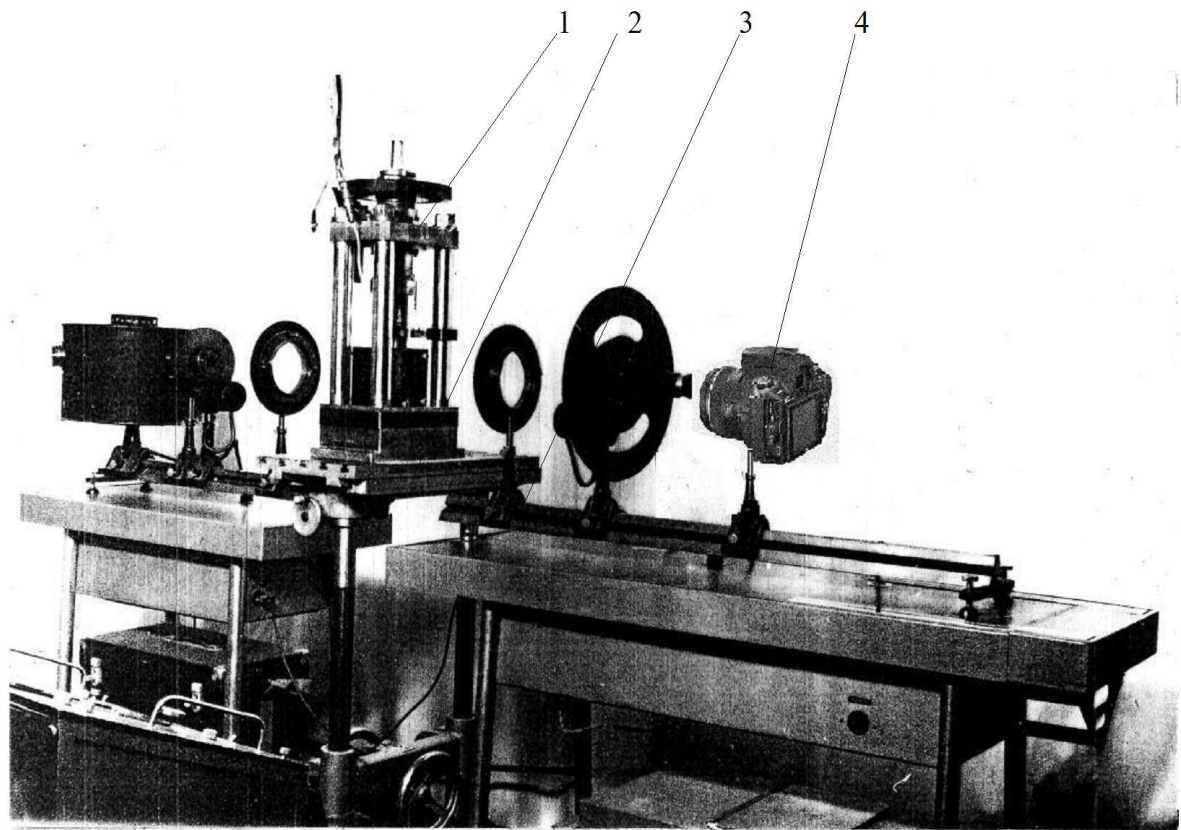


Рис. 4. Загальний вигляд стенда для дослідження напружень поляризаційно-оптичним методом з реєструвальною апаратурою: 1 – лабораторний прес; 2 – стіл ПС-1; 3 – поляризаційно-проекційна установка ППУ-7; 4 – кінокамера Nikon

Контейнер в зборі встановлювався на навантажувальному пресі УП-8, а навантаження проводилося за допомогою реверсора, який входить у комплект преса [7].

Прес вводився в поле поляризаційно-проекційної установки ППУ-ДМетІ [8] за допомогою підйомного столу ПС-1 конструкції ЛДУ.

Загальний вигляд стенда з реєструвальною відео- та фотоапаратурою з високою роздільною здатністю показаний на рисунку 4.

Ізохромні реєструвались в монохроматичному світлі довжиною хвилі 546,1 мкм у темному (цілі порядки смуг) і білому полі (половинні порядки смуг).



а



б



в

*Рис. 5. «Прозорий» контейнер у зборі:
а – вигляд спереду; б – вигляд збоку; в – аксонометрична проекція*

Отримана інформація заносилась у комп'ютер і аналізувалась за максимально можливого збільшення на моніторі. Збільшене зображення дозволило провести ізолінії σ_n (ізохром) через точки найбільш розвинутого оптичного ефекту. Порядок ізохром установлювали безпосереднім підрахунком зростаючого порядку ізохром за збільшення навантаження від нуля до величини, яка забезпечує максимально розвинений ефект інтерференції (перерозподіл інтенсивності світла в результаті накладення декількох світлових хвиль, супроводжується чергуванням у просторі максимумів і мінімумів інтенсивності).

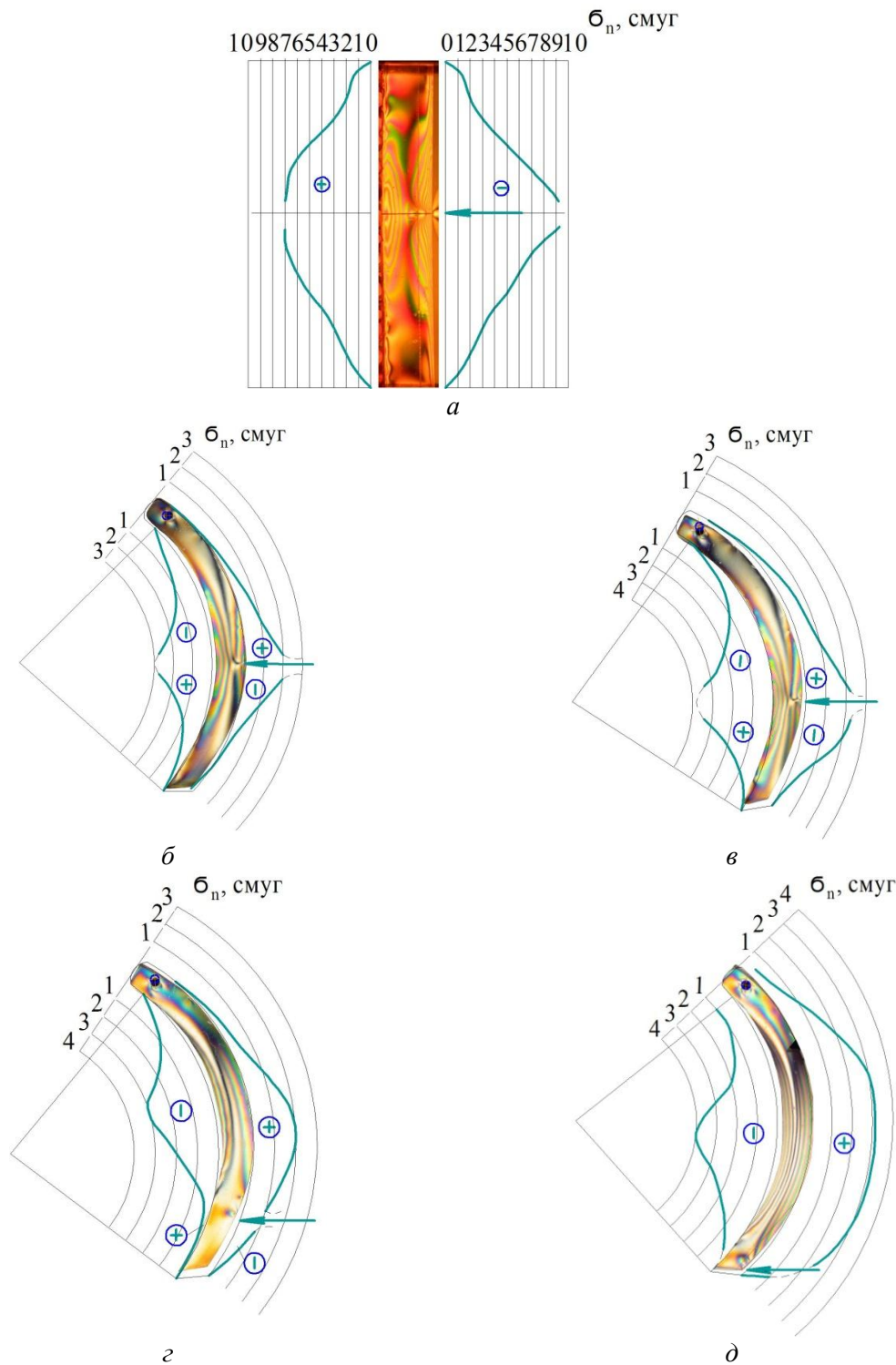
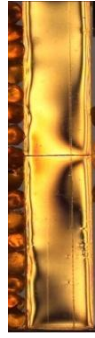


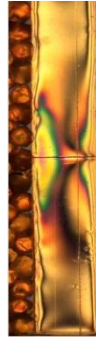
Рис. 6. Isochroms (смуги) й епюри напружень у моделях задніх стінок скрепера:
a – традиційна задня стінка $\frac{H_4}{H_{3c}}$; *б* – $\frac{H_4}{H_{3c}}$; *в* – $\frac{H_3}{H_{3c}}$; *г* – $\frac{H_2}{H_{3c}}$; *д* – $\frac{H_1}{H_{3c}}$ – задні стінки ковзів скреперів із напівкруглим днищем



1

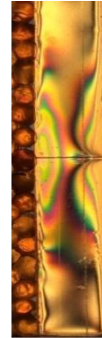


2

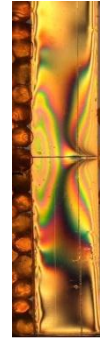


3

a



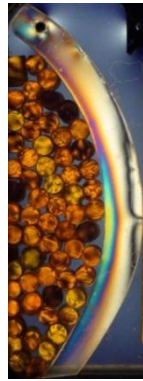
4



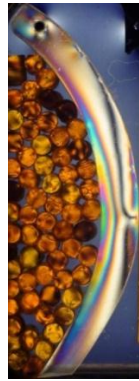
5



1

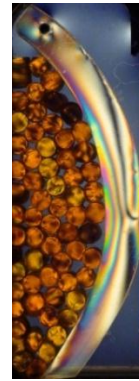


2

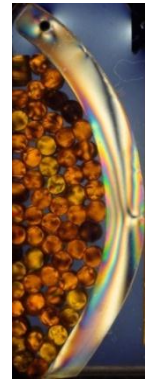


3

b



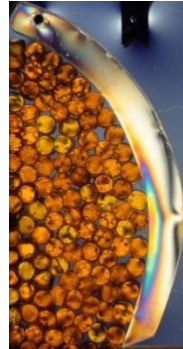
4



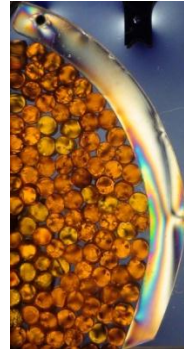
5



1

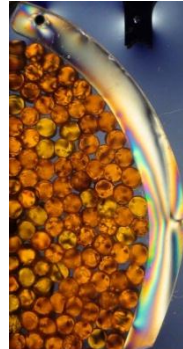


2



3

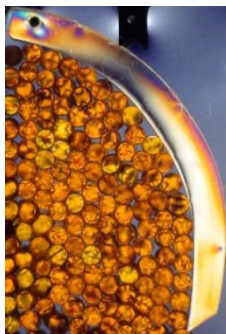
c



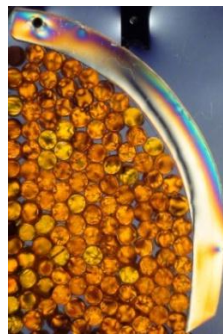
4



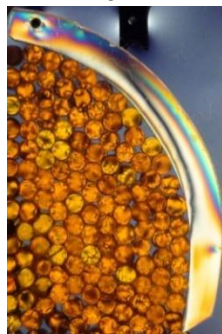
5



1

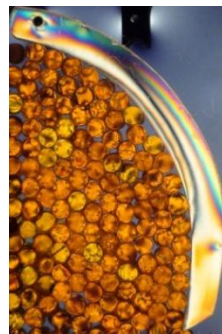


2

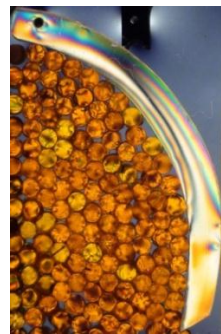


3

d



4



5

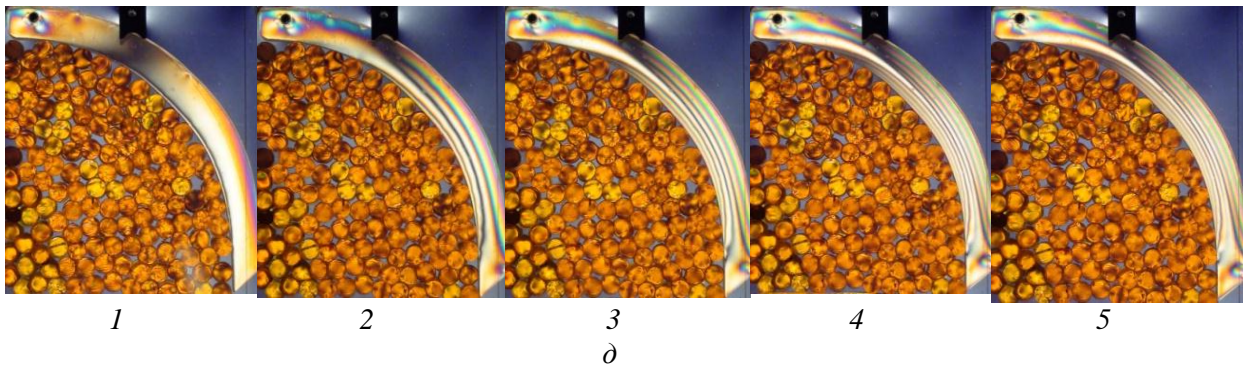


Рис. 7. Фотограми процесу виникнення напружень від навантаження на задніх стінках ковшів скреперів: а – традиційна задня стінка $\frac{H_4}{H_{3c}}$; б – $\frac{H_4}{H_{3c}}$, в – $\frac{H_3}{H_{3c}}$, г – $\frac{H_2}{H_{3c}}$, д – $\frac{H_1}{H_{3c}}$ – задні стінки ковшів скреперів з напівкруглим днищем; 1 – 5 – фотографії напруження задніх стінок ковшів скреперів

Розшифровка картин інтерференції проводилась по точках вільного контуру [9; 10].

Епюра напруженого стану традиційної конструкції задньої стінки (рис. 6, а) показує, що з боку дії навантаження від гідроциліндра задня стінка отримує стиснення. Максимальні напруження стиснення спостерігаються поблизу центру прикладання навантаження. Сторона, яка сприймає тиск ґрунту, схильна до розтягування. Максимум міститься в центрі, проте величина їх менша порівнянно зі стискальними. Стискаючі досягають 10-го порядку, а розтягальні – тільки 7-го порядку. Такий невірноважений стан пояснюється деякою компенсацією розтягуючих напружень за рахунок тиску ґрунту на задню стінку.

Фотограми процесу напружень на задніх стінках ковшів скреперів показані на рисунку 7.

Епюри напруженого стану радіусного рішення задньої стінки в умовах зміни місця прикладання зусиль гідроциліндра (рис. 6, б, в, г, д) показують відмінну картину. Стискальна та розтягальні напруження діють як із тильного боку стінки (з боку гідроциліндра), так і з фронтального, але величина їх значно менша, вони не перевищують 4-ї смуги. Це вигідно відрізняє нову конструкцію від традиційного рішення. Слід зазначити також, що максимумами напружень стиснення і розтягування зростають зі зниженням точки прикладання зусилля гідроциліндра відносно висоти задньої стінки. Отже, найменші напруження виникають у стінці у разі розташування гідроциліндра у співвідношенні $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$ (рис. 6, б).

Висновки. 1. Аналіз епюр напружень у CAD Solid Works Simulation і поляризаційно-оптичним методом показав, що традиційна конструкція задньої стінки скрепера вимагає удосконалення з точки зору оптимальної конфігурації і міцності.

2. Запропонована нова конструкція задньої стінки скрепера відрізняється більш рівномірним розподілом напружень, знижує загальне напруження на 30 – 40 % за умови розташування гідроциліндра у співвідношенні $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Машины для земляных работ : навч. посіб. / [Л. А. Хмара, С. В. Кравец, В. В. Нічке, Л. В. Назаров та ін.]; за заг. ред. Л. А. Хмари та С. В. Кравця. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків, 2010. – 557 с.
2. Самоходные пневмоколесные скреперы и землевозы / [Д. И. Плешков, С. Ф. Маршак, Э. Г. Ронинсон, В. Г. Соловьев та ін.]. – М. : Машиностроение, 1971. – 267 с.
3. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / В. И. Баловнев. – М. : Машиностроение, 1994. – 432 с.
4. Баловнев В. И. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – М. : Транспорт, 1983. – 183 с.
5. Портнов Б. Б. Оптически активный материал на основе эпоксидной смолы ЭД-6, отверждаемый метилтетрагидрофтальевым ангидридом / Б. Б. Портнов, Н. В. Ткаченко // Труды V Всесоюз. конф. – Л. : ЛГУ, 1966. – С. 134 – 138.

6. Энциклопедия полимеров. – Т. 3. – М., 1977. – С. 313 – 325.
7. А.с. 844999 СССР, МКИ G01B 11/18. Поляризационно-оптическое устройство для определения напряжений / Г. Г. Шломчак, В. П. Полухин (СССР). – № 2808301/25-28 ; заяв. 06.08.79 ; опубл. 07.07.81, Бюл. № 25. – 2 с.
8. Дзюра Е. А. Реокинетические исследования синтеза и свойства эластомеров из олигодиедигидридазидов и имидов ненасыщенных дикарбоновых кислот / Е. А. Дзюра, Л. М. Волченюк и др. // ВМСА. – 1987. – Т. 29. – № 6. – С. 1219 – 1223.
9. Шломчак Г. Г. Основи наукових досліджень. Теорія експерименту в обробці металів тиском : навч. посібник / Г. Г. Шломчак. – Д. : Пороги, 2005. – 159 с.

SUMMARY

Statement of the problem. Current requirements for metal construction and road machines should meet the needs of durability and efficiency. Increased power shift forms of working to reduce metal construction, cheaper replacement for the cost of materials lossless bearing properties and other physical and mechanical properties are particularly relevant [1].

Analysis of publications. An analysis of design features improve scraper shows the trend aimed at increasing the efficiency of filling the bucket. It is not the problem of unloading soil with a scraper , which also requires additional energy. Increasing the efficiency of the discharge can be achieved by improving the shape elements bucket design.

The aim is to determine the stresses that occur on the back wall scraper in the process of unloading in the changing height of about fixing cylinder.

Achieving this goal requires solving problems:

- develop model and conduct experimental research on load models rear walls scraper in a changing height mounting over the cylinder;
- determining optimal settings back wall scraper.

Conclusions. 1. Analiz stress diagrams in CAD Solid Works Simulation and polarization- optical method showed that the traditional design of the rear wall scraper requires improvement in terms of optimal configuration and strength.

2. A new design of the rear wall scraper has a more uniform distribution of stresses reduces the overall intensity by 30 – 40 % at the location of the cylinder in the ratio $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$.

REFERENCES

1. Mashini dlya zemlyanikh robit : navch. posib. / [L. A. Hmara, S. V. Kravets, V. V. Nichke, L. V. Nazarov ta in.]; za zag. red. L. A. Hmari ta S. V. Kravtsya. – Rivne – Dnipropetrovsk – Kharkiv, 2010. – 557 s.
2. Samohodnyie pnevmokolesnyie skrepery i zemlevozyi / [D. I. Pleshkov, S. F. Marshak, E. G. Roninson, V. G. Solovov ta in.]. – М. : Mashinostroenie, 1971. – 267 s.
3. Balovnev V. I. Modelirovanie protsessov vzaimodeystviya so sredoy rabochnih organov dorozhno-stroitelnyih mashin : ucheb. posob. dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy / V. I. Balovnev. – М. : Mashinostroenie, 1994. – 432 s.
4. Balovnev V. I. Intensifikatsiya zemlyanyih rabot v dorozhnom stroitelstve/ V. I. Balovnev, L. A. Khmara. – М. : Transport, 1983. – 183 s.
5. Portnov B. B. Opticheski aktivnyiy material na osnove epoksidnoy smolyi ED-6, otverzhaemyiy metiltetragidroftalevyim ангидридом / B. B. Portnov, N. V. Tkachenko // Trudyi V Vsesoyuz. konf. – L. : LGU, 1966. – S. 134 – 138.
6. Entsiklopediya polimerov. – Т. 3. – М., 1977. – S. 313 – 325.
7. А.с. 844999 SSSR, МКИ G01B 11/18. Polyarizatsionno-opticheskoe ustroystvo dlya opredeleniya napryazheniy / G. G. Shlomchak, V. P. Poluhin (SSSR). – № 2808301/25-28 ; заяв. 06.08.79 ; opubl. 07.07.81, Byul. № 25. – 2 s.
8. Dzyura E. A., Volchenok L. M. i dr. Reokineticheskie issledovaniya sinteza i svoystva elastomerov iz oligodiendigidrididazidov i imidov nenasyischennyih dikarbonovyih kislot / E. A. Dzyura, L. M. Volchenok i dr. // VMSA. – 1987. – Т. 29. – № 6. – S. 1219 – 1223.
9. Shlomchak G. G. Osнови naukovih doslIdzhen. TeorIya eksperimentu v obrobtsti metaliv tiskom : navch. posIbник / G. G. Shlomchak. – D. : Porogi, 2005. – 159 s.

УДК 621.878.6

Дослідження напружень у конструкції задньої стінки скрепера / Л. А. Хмара, М. А. Спільник // Вісник Придніпровської державної академії будівництва і архітектури. – Д.: ПДАБА, 2014. – № 2. – С. 4 – 12. – рис. 7. – табл. 1. – Бібліогр.: (9 назв).

Досліджено конструктивні рішення задніх стінок скрепера. Проведені дослідження виконано у CAD Solid Works Simulation напруженого стану задньої стінки та поляризаційно-оптичним методом під моделювання процесу розвантаження ковша. Запропонована нова конструкція задньої стінки скрепера відрізняється більш рівномірним розподілом напружень, знижує загальне напруження на 30 – 40 % за умови розташування гідроциліндра у співвідношенні $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$.

Ключові слова: скрепер, задні стінки ковша скрепера, розвантаження, дослідження, напружений стан.

Исследование напряжений в конструкции задней стенки скрепера / Л. А. Хмара, М. А. Спильник // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2014. – № 2. – С. 4 – 12. – рис. 7. – табл. 1. – Бібліогр.: (9 назв.).

Исследованы конструктивные решения задних стенок скрепера. Проведенные исследования выполнены в CAD Solid Works Simulation напряженного состояния задней стенки и поляризационно-оптическим методом при моделировании процесса разгрузки ковша. Предложенная новая конструкция задней стенки скрепера отличается более равномерным распределением напряжений, снижает общее напряжение на 30 – 40 % при расположения гидроцилиндра в соотношении $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$.

Ключевые слова: скрепер, задние стенки ковша скрепера, разгрузка, исследование, напряженное состояние.

Study designs stresses in the posterior wall scraper / L. Khmara, M. Spilnik // Visnyk of Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture. – D. : PSACEA, 2014. – № 2. – P. 4 – 12. – pic. 7. – tabl. 1. – Bibliogr.: (10 names.).

This paper investigated designs of scrapers rear walls. Past studies performed in CAD Solid Works Simulation stressed state of polarization and the back wall-optical method for modeling the process of discharge bucket. A new design of the rear wall scraper has a more uniform distribution of stresses reduces the overall intensity by 30 – 40 % at the location of the cylinder in the ratio $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$.

Key words: scraper, rear walls of the scraper bucket, unloading, investigation, stress tension.