

УДК 621.878.5

А. Я. СПИЛЬНИК, канд. техн. наук, М. А. СПИЛЬНИК, аспирант.

Государственное высшее учебное заведение

«Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

Г.Г. ШЛОМЧАК докт. техн. наук.

Государственная национальная металлургическая академия Украины

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАДНЕЙ СТЕНКИ СКРЕПЕРА ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.

Актуальность вопроса. В настоящее время в связи с повышением объемов земляных работ увеличились и объемы производства машин для этих работ. Особо следует отметить расширение типоразмерных рядов машин, применение новых конструкций, повышение вместимости ковша, увеличения эффективности разгрузки, надежности и производительности, а также снижения металло и энергоемкости.

Целью настоящей работы является разработка ковша скрепера с оптимизацией процесса разгрузки и на его основе создания новой конструкции рабочего органа – задней стенки.

Достижение этой цели требует решения задач: создания эффективной физической модели процесса разгрузки скрепера; изучения на модели характера взаимодействия подсистемы «грунт – рабочий орган» и на этой основе создание эффективного рабочего процесса разгрузки и новой конструкции задней стенки [1, 2].

Физическая модель процесса разгрузки скрепера

1. Критерии подобия.

Без заметных погрешностей моделирование процесса работы конструкции ковша скрепера можно выполнить в плоском варианте, принимая, что по ширине ковш заполняется одинаково.

Рассматриваемая модель процесса представляет собой продольное главное сечение ковша скрепера, в котором днище имеет цилиндрическую форму, задняя стенка выполнена в виде маятника, с шарнирным верхним креплением, передняя заслонка с боковым шарнирным креплением.

На рис. 1 приведена принципиальная схема скрепера с задней стенкой 5, радиусом изгиба R_1 , шарнирным её креплением в точке 4, рабочим радиусом R_2 с координатами крепления b и h .

Для определения критериев моделирования выпишем параметры, характеризующие процесс с разделением их по размерностям на подсистемы.

1. Геометрические параметры : R_1, R_2, h, b , [м].

где R_1 – радиус задней стенки;

R_2 – радиус днища ковша;

h – высота подвеса шарнира задней стенки;

b – расстояние между шарнирами передней заслонки и задней стенки.

2. Параметры, характеризующие упругие свойства материала задней стенки и грунтовой среды: E_{zc}, E_{gp} ,

где, E_{zc} – модуль упругости материала задней стенки модели;

E_{gp} – модуль упругости грунта и модели.

Таким образом, процесс можно охарактеризовать следующим списком первичных независимых параметров : $R_1, R_2, h, b, E_{zc}, E_{gp}$. (1)

Применив пи теорему [3], с учетом выбора в качестве геометрического масштаба R_2 , и реологического – E_{gp} , получим следующую систему критериев подобия :

$$\Pi_1 = \frac{R_1}{R_2} = \text{idem}; \Pi_2 = \frac{h}{R_2} = \text{idem}; \Pi_3 = \frac{b}{R_2} = \text{idem}; \Pi_4 = \frac{E_{zc}}{E_{gp}} = \text{idem}. \quad (2)$$

Критерии геометрического подобия $\Pi_1 - \Pi_3$, как правило, соблюдаются точно. Однако, наряду с соблюдением геометрического подобия должно выполняться и равенство относительных упругих характеристик материалов, моделирующих заднюю стенку и среду грунта. Т.е., должно выполняться условие:

$$\Pi_4 = \frac{E_{zc}}{E_{gp}} = \text{idem} \text{ *т.е.} \frac{E_{zc.n}}{E_{gp.n}} = \frac{E_{zc.m}}{E_{gp.m}}. \quad (3)$$

Определение критерия Π_4 при использовании в качестве материала задней стенки конструкционной стали, с модулем упругости $E=2 \cdot 10^5$ МПа, (натура) и модулем упругости грунта $E=108$ МПа [4], получим :

$$\Pi_4 = 2 \cdot 10^5 / 108 = 1852 .$$

Для моделирования поляризационно-оптическим методом используют прозрачные низко модульные оптически чувствительные материалы - эпоксидные смолы, оргстекло, ОНС и др. В данной работе использовали в качестве материала для модели задней стенки отвержденную эпоксидную смолу марки ЭД -16, имеющую модуль упругости

$E=3 \cdot 10^3$ МПа. Тогда, используя уравнение (3), в виде $[\frac{E_{zc}}{E_{gp}}]_m = [\frac{E_{zc}}{E_{gp}}]$ находим модуль

упругости материала модели грунтовой среды:

$$[E_{zp}]_M = [E_{zc}]_M \frac{[E_{zp}]_H}{[E_{cm}]_H} = 3 \cdot 10^3 \cdot 108 / 2 \cdot 10^5.$$

Анализ литературных источников показывает, что такие значения могут соответствовать различным маркам резины ($E_{рез} = 1...10$ МПа) [6].

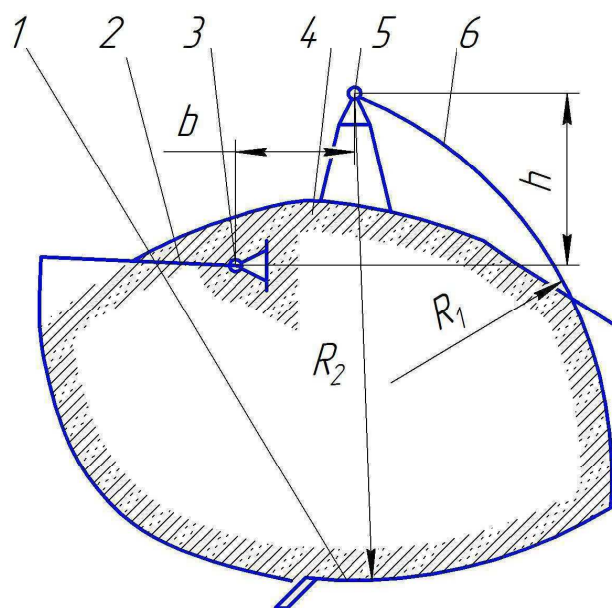


Рис. 1. Схема плоской модели (продольный разрез ковша скрепера) 1–дно ковша, 2 - передняя заслонка, 3 - шарнир крепления передней заслонки, 4- грунтовая среда, 5 - шарнир крепления задней стенки, 6 - задняя стенка.

2. Оптически чувствительный материал для модели задней стенки

На точность решения задач поляризационно-оптическим методом с применением органических материалов на основе эпоксидных смол существенное влияние оказывает краевой эффект времени, т.е. напряжение, возникающее со временем по контуру моделей из-за изменения свойств чувствительного органического материала. По мнению многих авторов полностью устранить его не удастся, задача может сводиться только к уменьшению его величины. С этой целью был подобран химический состав композиции и разработана

технология его полимеризации [6].

Состав композита в весовых частях:

- эпоксидная смола ЭД -16 – 100 в.ч.;
- метилтетрагидрофталевый ангидрид (отвердитель) – 58 в.ч.4;
- дибутилфталат (пластификатор) – 1 в.ч.4;
- диметиланилин (ускоритель) – 0.1 в.ч.

Полученный в виде пластин материал отличается практически нулевым эффектом времени за весь период проведения исследований.

3. Оптически чувствительный материал для моделирования грунтовой среды

Для решения поставленной задачи необходимо было получить материал с приближающимся по модулю упругости к расчетному. Кроме того, он должен быть прочным и прозрачным. Поставленной цели отвечала эластомерная композиция, состоящая из двух компонентов: олигомерного изопренового каучука с концевыми гидрозидными группами марки СКИ-ГО с концентрацией гидрозидных групп 4,0 % и молекулярной массой

2000. В качестве структурирующего агента использован кристаллический метафенилен-бисмалеинимид (МФБМ), температура плавления которого равна 201°C.

Материал характеризуется незначительной усадкой в процессе синтеза, обладает высокой оптической чувствительностью, однако отличается некоторой нелинейностью оптической постоянной двойного лучепреломления.

Для определения упругих и оптических свойств материала проводится тарировка материала. Оптическая постоянная определялась на дисковых образцах, отливаемых в специальные формы или вырезаемых из оптически чувствительных пластин с последующей притиркой по круговым шаблонам. Тарировочный образец нагружался в реверсоре универсального прецизионного прессы УП-8 и в зависимости от приложенной нагрузки определялся порядок изохром в центре диска. При указанном составе композиции эластомерный оптически чувствительный материал соответствует $E = 3,6 \text{ МПа}$ [7].

Моделирование процесса заполнения и разгрузки ковша.

Схема, показанная на рис. 1, была реализована с помощью специального "прозрачного контейнера", приведенного на рис. 2. Он состоит из двух наружных металлических



Рис. 2. «Прозрачный» контейнер в сборе.

рам скрепленных калибрующими болтами. Рамы в сборе имеют вид окна для регистрации картин интерференции в проходящем свете. Плоская модель ковша скрепера располагалась между стеклянными пластинами и ограничивалась вставкой с окном для заполнения модельной грунтовой массой (резины) и монтажа нагрузочного устройства. Шарнир задней стенки и сама модель её также крепились между стеклянными пластинами (рис. 2).

Контейнер в сборе устанавливался на нагрузочном прессе УП-8, а нагружение производилось с помощью реверсора входящего в комплект прессы.

Пресс вводился в поле поляризационно-проекционной установки ППУ-7 при помощи подъемного стола ПС-1 конструкции ЛГУ [8].

Общий вид экспериментального комплекса с регистрирующей видео и фотоаппаратурой высокого разрешения показан на рис. 3.

Изохромы регистрировались в монохроматическом свете длиной волны 546,1 мкм в темном (целые порядки полос) и белом поле (половинные порядки полос).

Полученная информация заносилась в компьютер и анализировалась при максимально возможном увеличении на мониторе. Зарисовка увеличенного изображения позволила провести изолинии $\sigma_1 - \sigma_2 = \text{const}$ (изохромы) через точки наиболее развитого оптического эффекта. Порядок полосы устанавливали непосредственным подсчетом увеличивающегося порядка изохром при росте нагрузки от нуля до величины, обеспечивающей максимальноразвитый эффект интерференции [4].

Изохроматическая картина в начале нагружения оказалась простой, т.е. в ней была нулевая полоса, от которой и вели отсчет порядка изохром. Для выявления нулевых полос использовали белый свет. Расшифровка картин интерференции велась по точкам свободного контура.

Для исследований были разработаны модели ковша скрепера с новыми и традиционными конструктивными решениями. Общий вид моделей показан на рис. 4.

Эпюра напряженного состояния традиционной конструкции задней стенки (рис. 4,а) показывает, что со стороны приложения нагрузки от гидроцилиндра она получает напряжения сжатия (рис. 5). Максимальные напряжения сжатия наблюдаются вблизи центра приложения нагрузки. Сторона, воспринимающая давление грунта, подвержена напряжениям растяжения. Максимум находится в центре, однако величина их меньше по сравне-

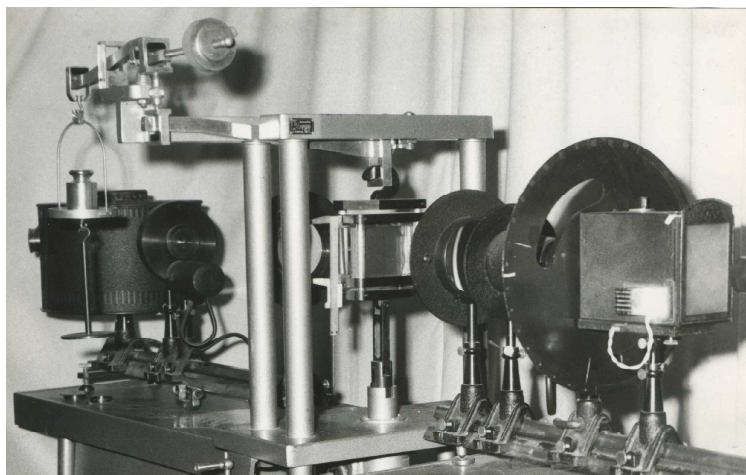


Рис. 3. Общий вид экспериментального комплекса с регистрирующей аппаратурой.

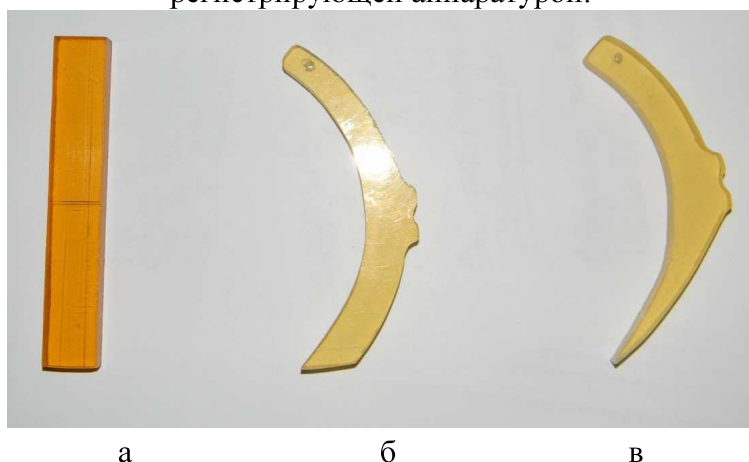


Рис. 4. Общий вид моделей.

нию со сжимающими. Сжимающие достигают 10 порядка а растягивающие только 6 порядка. Такое неравновесное состояние объясняется некоторой компенсацией растягивающих напряжений за счет давления грунта на заднюю стенку.

Эпюра напряженного состояния исследуемого радиусного решения задней стенки (рис. 4, б) показывает совершенно иную картину (рис. 6). Сжимающие напряжения действуют как и в предыдущей модели с тыльной стороны стенки, (со стороны гидроцилиндра), но величина их значительно меньше, они не превышают 6 полос. Следует отметить также, что максимумы напряжений и сжатия и растяжения не находятся в одном сечении. Это выгодно отличает новую конструкцию от его традиционных решений. В нижних точках стенки больших напряжений не наблюдается, что легло в основу разработки стенки новой конструкции с конфигурацией, близкой к равнопрочной. (рис. 4, в).

Модель новой конструкции задней стенки с картиной изохром, полученных на последнем этапе её нагружения приведен на рис. 7. Здесь наглядно иллюстрируется равномерность напряжений вдоль основной рабочей части. Распределение изохром от точки приложения нагрузки Р, создаваемой гидросистемой, до нижней скребковой части контактирующей с днищем, приближается к равномерному.

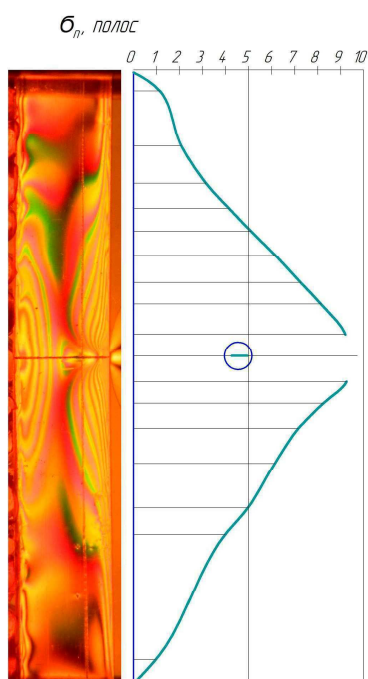


Рис. 5. Картина изохром (полос) и эпюра напряжений в модели задней стенки скрепера традиционной конструкции.

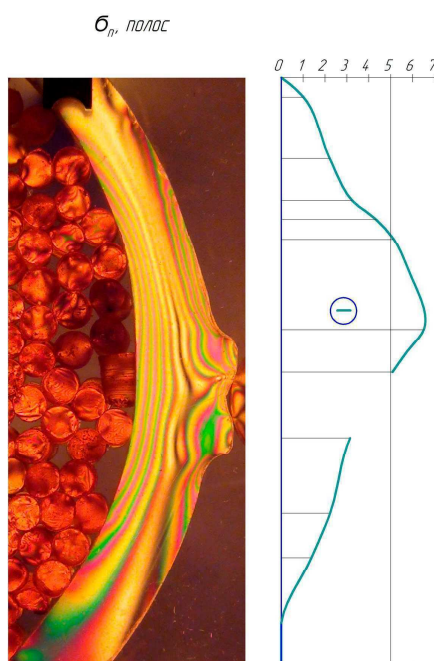


Рис. 6. Картина изохром (полос) и эпюра напряжений в радиусной задней стенке при симметричном выталкивании.

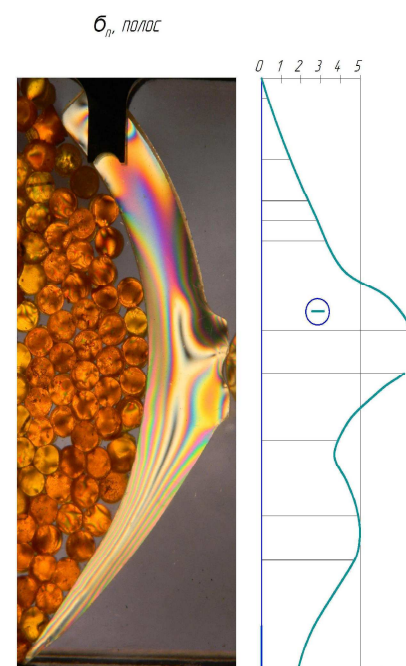


Рис. 7. Картина полос (изохром) в консоли задней стенки скрепера в виде равновеликого сопротивления.

Выводы.

1. Анализ эпюр напряжений поляризационно-оптическим методом показывает, что традиционные конструкции задней стенки скрепера являются устаревшими, с точки зрения конфигурации и прочности.
2. Предлагаемая новая конструкция задней стенки скрепера с более равномерным распределением напряжений, значительно снижает общее напряжение (на 40%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Машины для земляных работ: Навчальний посібник / Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ-Харків. – 2010 -557 с.
2. Патент України на корисну модель «Скреперний ківш» № 48872 МПК E02F 3/64 Бюл №7, 2010.
3. Шломчак Г.Г. Поляризационно-оптическое моделирование в развитие теории, технологии и оборудования обработки металлов давлением// Наукові вісті. Сучасні проблеми металургії. Пластична деформація металів. - Дніпропетровськ, 2005, т 8.- С. 64-75.
4. Зеленин А.Н. и др.. Лабораторный практикум по резанию грунтов. Учебное пособие для студентов инженерно-строительных и автомобильно-дорожных вузов. М., Высш. школа. 1969. 310 с.
5. Шломчак Г.Г. Основи наукових досліджень. Теорія експерименту в обробці металів тиском: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: «Пороги», 2005. – 159 с.
6. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений/ Тр. 5 Всесоюзной конференции. Портнов Б.Б., Ткаченко Н.В. Оптически активный материал на основе эпоксидной смолы ЭД-6, отверждаемый метилтетрагидрофталевым ангидридом. Изд-во ЛГУ, Л.: 1966, С.134-138.
7. Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, С. 313-325.
8. Дзюра Е.А., Волченко Л.М., Лейкин А.Д., Агибалов А.Д., Науменко А.П. Реокинетические исследования синтеза и свойства эластомеров из олигодигидридазидов и имидов ненасыщенных дикарбоновых кислот. ВМСА, 1987, т29, №6, С. 1219-1223.
9. А.С. 844999 СССР, МКИ G01B 11/18 Поляризационно-оптическое устройство для определения напряжений/ Г.Г. Шломчак, В.П. Полухин (СССР) № 2808301/25-28 Заявлено 06.08.79; Оpubл. 07.07.81, Бюл. №25 - 2с.