

2. Коровкин П.П, Асимптотические свойства положительных методов суммирования рядов Фурье. – УМН, 1960, т.15, №1(19), С. 207–212.
3. Коровкин П.П. Линейные операторы и теория приближения. – М.: Физматгиз, 1959. – 211 с.
4. Баскаков В.А. О порядке приближения дифференцируемых функций линейными положительными операторами. – В сб.: Теория приближения функций, Труды Международной конференции по теории приближения функций, Калуга 1975, С. 28–31.
5. Баскаков В.А., Теляковский С.А. О приближении дифференцируемых функций суммами Фейера. – Мат. заметки, 1982, т.32, вып. 2, С. 129–141.
6. Лигун А.А. О точных константах приближения дифференцируемых периодических функций. – Мат. заметки, 1973, т.14, №1, С. 21–30.

Поступила в редколлегию 22.02.2013

УДК 539.375 : 622.35

ЛУГОВИЙ П.З., д.т.н., професор, гол.н.с.  
ПРОКОПЕНКО Н.Я. к. т. н., ст.н.с.  
ГОЛОВКО К.Г., к. фіз.-мат. н., н. с.

Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України

## МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНОГО КЛИНОВОГО ЕЛЕМЕНТУ УДАРНОГО МЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

**Вступ.** Не зважаючи на позитивні сторони вибухової відбійки блоків і руйнування негабаритів, питома вага технологій видобутку каменю з використанням механічних засобів зростає, що зумовлено наступними недоліками вибухової технології: вибух в значній мірі порушує монолітність породи, що приводить до зменшення виходу готової продукції з  $1\text{м}^3$  блоку, особливо при виготовленні тонких плит; вибухова технологія відноситься до процесів підвищеної небезпеки; обов'язкова наявність спеціально підготовлених кадрів для проведення вибухових робіт; зупинка роботи кар'єру для виводу людей і механізмів з небезпечної зони, що призводить до втрат робочого часу. Тому поширюється застосування буроклинового механічного обладнання, яке створює ударні навантаження на шпури при розколу негабаритів та видобутку кам'яних блоків [1]. З допомогою експериментального моделювання проведемо дослідження способів керування динамічними навантаженнями шпурів з допомогою ударних клинових елементів.

Експериментальна методика. В якості клинового елемента використаємо сталевий циліндр 1 з конічною заточкою в  $13^\circ 25'$  на торці (Рис. 1). Циліндр 1 конічним торцем жорстко закріплюється в отворі діаметром  $d = 0,016\text{м}$  перпендикулярно до пластини з органічного скла 2 [2]. В цьому випадку навантажувальний клиновий елемент 1 виконує роль вісесиметричного клину, кут конусності якого  $\alpha = 13^\circ 25'$ .

На елемент 1 в якості направляючої одівається тонка алюмінієва циліндрична трубка 3. Завдяки цій направляючій можна створювати ударні навантаження на торець клинового елемента 1 паралельно до його вісі. Ударні вісесиметричні навантаження створювалися з допомогою скидання по направляючій 3 сталевий циліндру вагою  $t_1 = 0,145\text{кг}$ . На відстані  $0,020\text{м}$  від центра отвору по радіальній лінії відколу був наклеєний тензорезистор марки КТД 7Б для реєстрації радіальних деформацій  $\varepsilon_r^0$  в часові. Сигнал від нього подавався на один із променів двохпроменевого осцилографа з пам'яттю GDS

- 806S ~ 8. Циліндр скидався з висоти  $h_1 = 0,235\text{м}$ , з осцилограми Рис. 2 видно, що навантаження на пластину носить ударний характер. Так як елемент 1 виготовлений із сталі, модуль

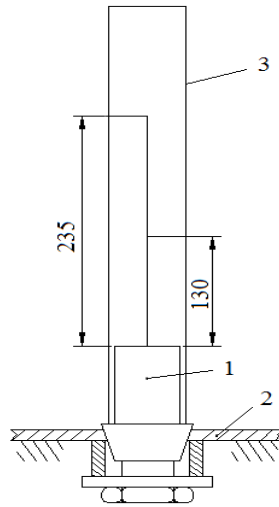


Рисунок 1

пружності якої в 400 разів більший за модуль пружності органічного скла, то можна вважати, що елемент 1 працює, як абсолютно жорстке тіло.

При ударі циліндра по навантажувальному елементу 1 максимум

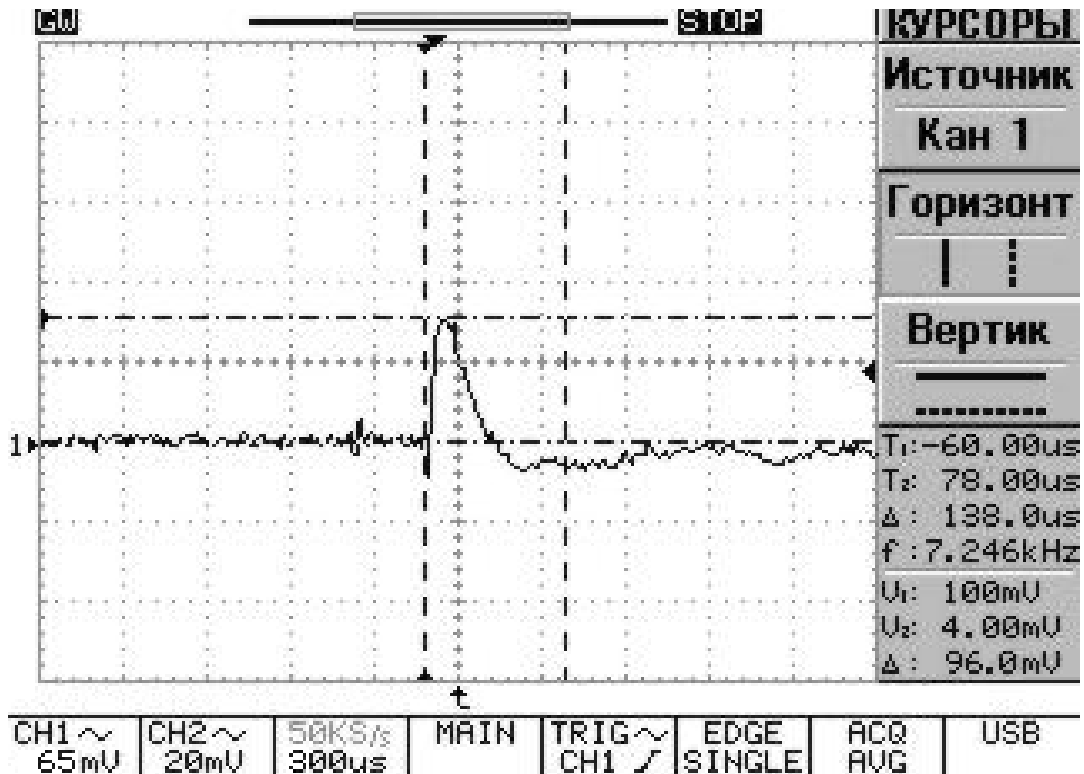


Рисунок 2

$\varepsilon_r^a = 0,32 \cdot 10^{-3}$ , імпульс  $I \approx 44.16$ . Це середні значення експериментальних величин по трьом аналогічним дослідом.

З результатів експериментів слідує, що при підйомі циліндра виконана робота 0,0341 кГм.

Проведемо експеримент по визначенню впливу характеру неосесиметричного динамічного навантаження на шпуровий отвір на деформований стан пластини в тичках лінії відколу. В цьому випадку елемент 1 закріпимо перпендикулярно до пластини 2 з використанням вкладок для створення концентрації динамічних напружень в точках контура отвору, які лежать на лінії відколу. Вкладки виготовлялися з практично нестисливого щільного поліетилену і вставлялися між клиновою частиною елемента 1 і контуром отвору таким чином, щоб в точках лінії відколу були розриви вкладок розміром 0,01м. Ударні навантаження створювалися з допомогою скидання по направляючій 3 сталюого циліндру, як і в попередніх випадках.

При ударі циліндра по елементу 1 з поліетиленовими вкладками, з осцилограми  $\varepsilon_r^d(t)$  (Рис. 3) видно, що навантаження на пластину носить

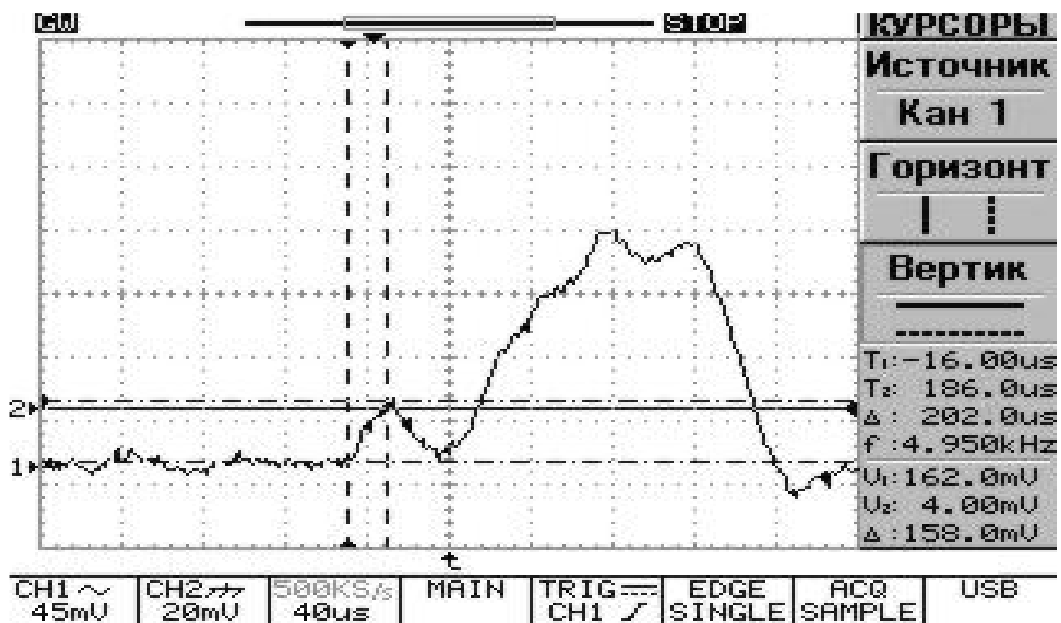


Рисунок 3

імпульсний характер. На початку зафіксованого на осцилограмі імпульсу чітко просліджується проходження ударного навантаження через поліетиленові вкладки і наростання імпульсного навантаження до свого максимуму. Максимальна радіальна динамічна деформація для цього виду навантаження  $\varepsilon_r^d = 0,53 \cdot 10^{-3}$ , а імпульс  $I \approx 107,06$ . Це середні значення експериментальних величин по трьом аналогічним дослідом.

**Висновки.** Аналіз результатів експериментів показує, що завдяки перерозподілу динамічного навантаження на контур шпуру з допомогою поліетиленових вкладок максимум деформацій в точках прогнозованої лінії відколу  $\varepsilon_r^d$  збільшився в 1,66 рази, а імпульс  $I$  збільшився в 2.42 рази при одній і тій же виконаній роботі циліндра. Слід підкреслити, що при перерозподілу динамічних навантажень на контур шпуру з допомогою поліетиленових вкладок для створення концентрації динамічних напружень, підтверджується той факт, що напруження по лінії відколу значно збільшуються (в даному випадку на 66%).

Відмітимо, що коли динамічне навантаження має вісесиметричний характер, то воно рівномірно розподіляється по периметру отвору довжиною  $\pi d = 3,13 \times 0,016 \text{ м} =$

0,05м. У випадку наявності вставок, навантаження рівномірно розподіляється по довжині вкладок. В даному випадку довжина вкладок дорівнює  $0,05\text{м} - 0,02\text{м} = 0,03\text{м}$ . При рівномірному розподілу навантаження від удару циліндра однієї ваги по периметру отвору і по сумарній довжині вкладок відношення інтенсивності навантаження на вкладки до інтенсивності вісесиметричного навантаження на контур отвору буде дорівнювати  $0,05\text{м}/0,03\text{м} = 1,67$ . Порівнюючи експериментальні результати і теоретичний розрахунок можна стверджувати, що для розглядуваного випадку відношення деформації при наявності вкладок в точці запланованого розколу до вісесиметричної деформації практично співпадає з відношенням довжини периметру отвору до довжини вкладок.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Карасёв Ю.Г. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня : [учеб. пособие для студентов высш. учеб. зав.] / Карасёв Ю.Г, Бакка Н.Т. – Санкт–Петербургский горный ин-т. СПб, 1997. – 428с.
2. Луговий П.З. Експериментальне дослідження деформованого стану навколо кругового отвору при його нормальному вісесиметричному статичному навантаженні / П. З. Луговий, К. К. Ткачук, Т. В. Гребенюк // Математичні проблеми технічної механіки: Міжнародна наукова конференція: матеріали конференції (Том 1). – Дніпродзержинськ – Дніпропетровськ, 2012. – С. 28.

Поступила в редколлегию 22.02.2013

УДК 539.3

ОКСЕНЧУК Н.Д.

Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України

### ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ПІВПРОСТОРУ ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ ТЕРМОМЕХАНІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ З ВРАХУВАННЯМ МІКРОСТРУКТУРНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

**Вступ.** Лазерна обробка елементів конструкцій потужними імпульсами або опромінення деталі короткими пучками електронних променів використовуються, зокрема, для зміцнення та очищення поверхні, мікроштампування, мікроформування тощо [1, 2]. Імпульсна обробка є ефективним методом підвищення міцності, зносостійкості та довговічності металевих елементів конструкцій за допомогою утворення областей залишкових стискальних напружень і зміцнення в приповерхневій зоні матеріалу.

В роботі [3] дослідження залишкового напружено-деформованого та мікроструктурного поверхневих шарів тіл проводилось із врахуванням трансформаційних змін об'єму матеріалу. В даній роботі дається оцінка механізмам зміцнення, які виникають при імпульсному термомеханічному навантаженні півпростору. При цьому крім трансформаційних змін об'єму враховується залежність непружних характеристик від фазового складу матеріалу при мікроструктурних перетвореннях (МСП) та зміні температури [4]. В якості матеріалу обирається сталь 35ХМА.

**Постановка задачі.** Постановка задачі для ізотропного матеріалу в системі координат  $Orz\phi$  складається із:

– співвідношень Коші для деформації