

*Е.Н. БАРЧАН*, ОАО “Головной специализированный конструкторско-технологический институт” (г. Мариуполь), *Т.Р. ПОЛИЩУК*, ОАО “Азовобщемаш” (г. Мариуполь), *А.В. ГРАБОВСКИЙ*, НТУ „ХПИ”

## **РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ „ВЫБИВНАЯ МАШИНА – ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА”**

У статті наведені розрахунково-експериментальні дослідження відпрацьованої піщано-глинистої суміші. Отриманий критерій руйнування суміші. Приведені результати дозволять уточнити змінні механічні характеристики відливки в землі.

Computational and experimental researches of the waste sandy-argillaceous mixture are presented in the article. The criterion of mixture destruction is got. The obtained results will allow to specify variable mechanical characteristics of moulding in a clod.

**Введение.** В настоящее время в научно-технической литературе все работы, посвященные исследованию процесса отделения формовочной смеси от отливок, „навязывают” свой закон изменения механических и физико-механических характеристик системы „отливка – отработанная смесь” [1-3]. В литературе практически нет работ, посвящённых исследованию закона изменения их жесткостных и демпфирующих характеристик. Однако для уточнения достоверности результатов исследований процесса извлечения отливок из земли на выбивных решетках, и определения напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов самих решеток-грохотов, необходимо учитывать характеристики исследованной системы „выбивная машина – ком с отливкой” [4].

Для решения этой задачи в работе предлагается создание схемы расчёта и определение критерия разрушения, которому будет подчиняться поведение земляной формовочной смеси, по результатам эксперимента.

**Постановка задачи.** В статье предлагается учёт механических характеристик песчано-глинистой смеси при исследовании процесса отделения смеси от отливок на инерционной выбивной машине с дебалансными вибровозбудителями. Исследуется НДС образцов, вырезанных из отработанной смеси, после заливки в неё металла. Для этого необходимо провести численное исследование и верифицировать результаты на экспериментальных исследованиях. По полученным результатам в дальнейшем предлагается вывести наиболее достоверный критерий разрушения, который поможет определить закон, по которому меняются механические характеристики для системы „отливка – отработанная смесь”.

Также в работе предлагается исследовать напряженно-деформированное состояние системы „отливка – отработанная смесь”, и провести анализ напряжений в отливке при воздействии усилием на запеченную смесь.

При расчёте запеченной формовочной смеси на прочность проводится два типа расчётно-экспериментальных исследования:

- нагружение вырезанного образца нормальным давлением по верхней плоскости и ограничением на ней 2-х других степеней свободы, с жёстким закреплением с противоположной стороны (рис. 1, а), для определения распределения сжимающих напряжений в образце;

- нагружение образца нормальным давлением на половине верхней поверхности и ограничением 2-х других степеней свободы, и жёстким закреплением симметричной относительно центра цилиндра половины грани с противоположной стороны (рис. 1, б), для определения касательных напряжений на срез.

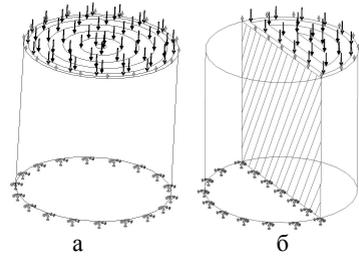


Рис. 1 Схемы нагружения исследуемого образца смеси: а – сжатие образца; б – поперечный сдвиг

**Численное моделирование НДС отработанной смеси.** Расчёт напряженно-деформированного состояния исследуемых образцов проводится при помощи метода конечных элементов (МКЭ). В представленном исследовании расчёты проведены в программе ANSYS.

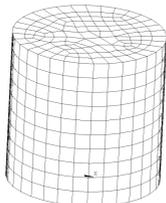


Рис. 2 МКЭ модель исследуемого образца

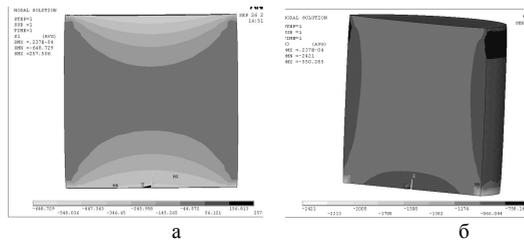


Рис. 3 Распределение главных напряжений  $\sigma_1$  (а) и  $\sigma_3$  (б) при сжатии

На рис. 2 представлена конечно-элементная модель вырезанного образца из формовочной смеси. Тип элементов, которыми разбивалась модель – SOLID186, общее число элементов – 1230. В качестве результатов исследования приводятся картины распределения главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  (рис. 3).

На рис. 4 представлены результаты распределения максимальных касательных напряжений и главных напряжений  $\sigma_1$ , которые получены при численном моделировании испытания образца земли на срез.

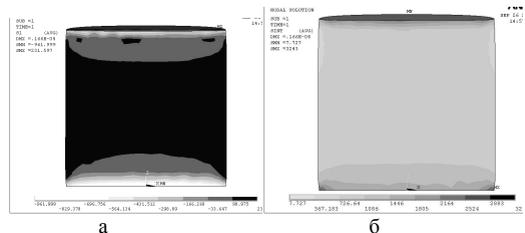


Рис. 4 Распределение главных напряжений  $\sigma_1$  (а) и максимальных касательных напряжений (б) при сдвиге

**Экспериментальное исследование разрушения отработанной смеси.**

Испытаниям подвергали комки оборотной смеси, имеющие температуру от 20°С (холодные) до 102°С (горячие). Из комков смеси выпиливали пробы размером 44,3×44,3×50 мм, имеющих сечение  $1963 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , идентичных площади поперечного сечения цилиндрических образцов Ø 50 мм и высотой 50 мм. Эти размеры образцов оборотной смеси выбрали из тех соображений, чтобы при испытаниях физико-механических свойств на приборах мод. LRГ и 04116 могли определить прочностные характеристики без корректировки их значений. Шкалы приборов проградуированы на прочностное значение при поперечном сечении образцов  $S = 19,63 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  (при сжатии) и  $S = 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  (при срезе).

При исследовании определяли: температуру смеси, влажность, массу образцов, прочность на сжатие и прочность на срез. Применяли следующие приборы: при определении влажности – весы ВЛТ-200 и прибор мод. 062М; для определения массы образцов – весы ВЛТ-200; при определении прочности на сжатие и срез холодных и горячих образцов – приборы мод. LRГ и 04116.

Таблица

Физико-механические свойства оборотной смеси, полученные при экспериментальных исследованиях

№	Температура, $T^{\circ}, C$	Влажность W, %	$M_{omp}$	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\sigma_{срез}$ , МПа
1	-	2,5	-	0,093	0,028
2	-	3,0	-	0,058	0,021
3	28	1,4	150,2	0,21	0,059
4	29	1,7	152,3	0,19	0,051
5	20	1,5	149,6	0,11	0,025
6	26	1,9	153,1	0,2	0,053
7	25	1,5	156,3-155,3	0,2-0,27	0,071-0,062
8	21	2,0-2,2	155,4-147,3	0,13	0,051-0,052
9	27	1,7	155,3	0,18	0,062-0,063
10	22	-	-	0,19	0,028-0,032
11	-	1,5	-	0,16	0,103-0,104
12	49	1,6	151,0	0,23	0,066
13	83	0,3	152,8	0,41-0,45	>0,132
14.	71	0,9	150,6	0,19	0,094-0,068
15.	58	1,5-1,7	135,1	0,26	0,073-0,072
16	102	1,0	148,8	0,41	>0,132
17	65	0,36	155,8	>0,63	>0,132
18	98	0,2	153,0	0,48	>0,132
19	98	0,25	147,0	0,57	>0,132

Анализ физико-механических свойств испытываемых образцов, приведенный в таблице, показывает, что прочности образцов оборотной смеси на сжатие и срез находятся в зависимости от влажности и температуры прогрева смеси.

При влажности образцов смеси от 1,4% до 2,2% после их охлаждения до  $20 \div 32^{\circ}C$  прочность на сжатие находится в пределах  $0,11 \div 0,21$  МПа.

При влажности  $2,5 \div 3,0$  % прочность образцов на сжатие и срез составляет соответственно  $0,028 \div 0,021$  МПа. Смеси с температурой более  $65^{\circ}C$  и влажностью  $<0,36\%$  обладают более высокой прочностью на сжатие-срез, составляющей соответственно от 0,26 до 0,57 МПа. Эти смеси более интенсивно прогреваются при охлаждении отливок в форме, что приводит к снижению влажности и увеличению спекаемости. Для их разрушения требуется в 2 ÷ 3 раза большее усилие.

Как видно из расчётно-экспериментальных исследований в качестве критерия разрушения можно принять двойное условие:  $|\sigma_3| < [\sigma_{сж}]$   $|\tau_{max}| < [\sigma_{срез}]$ , которое в процессе дальнейших исследований нуждается в уточнении. Первое из условий соответствует преобладанию напряжений сжатия, второе – среза. В качестве „эквивалентного” напряжения можно принять  $\sigma_{эв} = \alpha|\tau_{max}| + \gamma|\sigma_3|$ , весовые коэффициенты  $\alpha, \gamma$  в котором можно определить из дальнейших экспериментов. Тогда можно установить точность критерия  $\sigma_{эв} < [\sigma]$ , где  $[\sigma]$  определяется на некотором массиве ( $\alpha, \gamma$ ). При этом предполагается, что растягивающие напряжения в объеме земляной смеси малы или отсутствуют.

**Численное моделирование НДС материала отливки в отработанной смеси.** Исследуется НДС материала отливки, находящегося в коме отработанной смеси. Для этого в программном комплексе ANSYS была построена геометрическая модель, показанная на рис. 5. В этой модели материал отливки находится в центре (самый тёмный) и имеет модуль упругости  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па, а материал кома расположен вокруг отливки с модулем упругости, равным  $E = 2,1 \cdot 10^9$  Па. Исследовалось также 2 случая нагружения, схемы которых приведены на рис.1, а, б. Модель разбивалась КЭ SOLID186, и общее число элементов составило 107667. Результаты приведены на рис. 6-9.

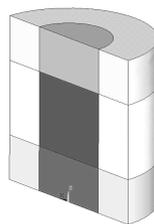


Рис. 5 Геометрическая модель (1/2 модели)

**Заключение.** В статье были проведены численные исследования экспериментального образца вырезанного из кома запеченной оборотной смеси. В результате этих исследований были получены картины напряженно-деформированного состояния. Далее были проведены экспериментальные исследования. В качестве основных результатов экспериментальных исследований были получены прочностные характеристики экспериментального

образца и определены максимальные напряжения в образце, возникающие при его разрушении. Эти данные помогли установить вид критерия разрушения, которому подчиняется этот процесс.

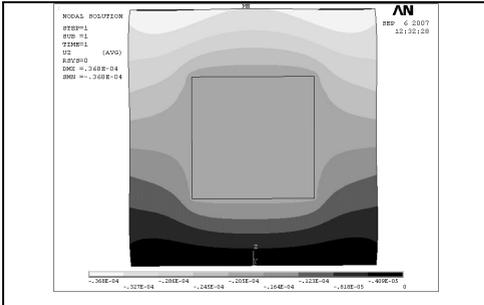


Рис. 6. Осевые перемещения в срединном сечении при сжатии

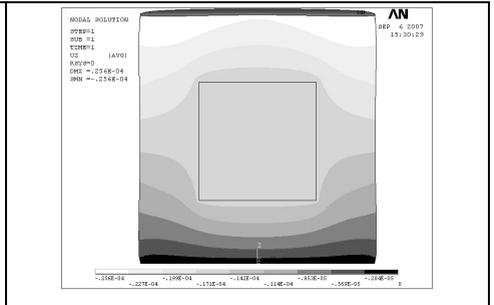


Рис. 7. Осевые перемещения в срединном сечении при сдвиге

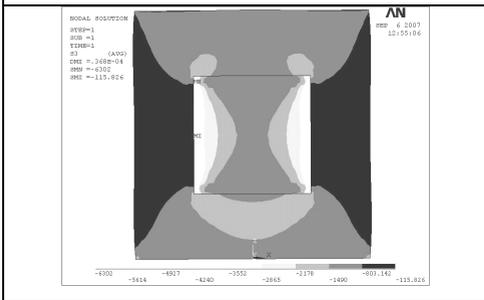


Рис. 8. Главные напряжения  $\sigma_3$  в срединном сечении при сжатии

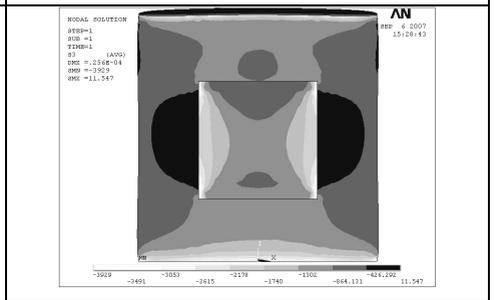


Рис. 9. Главные напряжения  $\sigma_3$  в срединном сечении при сдвиге

Также было проведено исследование напряженно-деформированного состояния материала отливки, находящегося в коме оборотной смеси.

Полученные данные помогут более подробно изучить процесс отделения отливок от песчано-глинистой смеси при моделировании в процессе дальнейших исследований процесса разрушения земляной формы на выбивной машине.

**Список литературы.** 1. Нисонский В.П., Гергея И.И., Козулкевич Р.М., Гуцуляк Ю.В. Математическая модель многосекционных выбивных агрегатов с учётом рассеяния энергии // Проблемы прочности. – 1994. – № 10. – С.30-36. 2. Гергея И.И. Взаимодействие рабочей нагрузки с рабочим органом в ударно-вибрационных машинах // Проблемы прочности. – 1995. – № 4. – С.74-82. 3. Нисонский В.П. Математичне моделювання динамічного режиму роботи віброударних агрегатів з ланцюгово-розгалуженим способом з'єднання твердих тіл // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2006. – № 40. – С.170-177. 4. Барчан Е.Н. Методы, модели и алгоритмы для синтеза параметров выбивной инерционной машины на основе моделирования динамических процессов // Вісник НТУ „ХПІ”. Тематичний випуск „Машинобудівництво і САПР”. – 2007. – №3. – С.3-17.

Поступила в редколлегию 01.10.2007