

Мамбеталиев Т.С.

ФОРМАЛАР КОШУНДУЛАРДЫН ИМПУЛЬСТУУ ЖҮКТӨӨДӨГҮ ТЫГЫЗДОО ПРОЦЕССИНИН БИР ӨЛЧӨМДҮҮ МОДЕЛИ

Мамбеталиев Т.С.

ОДНОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНОГО УПЛОТНЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ФОРМ

T.S. Mambetaliev

THE ONE-DIMENSIONAL MODEL OF COMPACTING A MOLDING MIXTURE UNDER THE IMPULSIVE LOADING

УДК: 621.744.45

Формалар кошундууларынын тыгыздоосу деп чоң (конгломераттардын ортосундагы) жана кичинекей (кумдардын ортосундагы) көндөйлөрдүн көлөмдөрүнүн кичиреши деп түшүнөбүз. Ушул процесстерди импульстуну түрдөгү нарузкалар өткөндөө изилдөө бир нече себептерден татаал болуп табылат. Негизгиси – процесс өтө тез (миллисекундаларда) өтөт жана деформациялык параметрлери өзгөрүп турат. Теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн негизинде формалар кошундууларындагы импульстуну нарузкада болгон тыгыздоо процесстерди моделдөө төмөндө каралат.

***Негизги сөздөр:** формалар кошундуулары, кум негизиндеги формалардын тыгыздоосу, тыгыздоо процесстерди моделдөө, импульстуну нарузка.*

Уплотнение формовочной смеси рассматривается как процесс уменьшения объема опор между частицами и конгломератами частиц кварцевого песка, покрытых слоем связующего. Исследование этого вопроса при импульсных методах уплотнения затруднено, прежде всего, быстротечностью процесса (миллисекунды) и изменением деформационных характеристик формовочной смеси в процессе уплотнения. Ниже представлен подход к моделированию процесса импульсного уплотнения песчаных форм на базе экспериментальных и теоретических исследований.

***Ключевые слова:** формовочная смесь, уплотнение песчаных форм, моделирование процесса уплотнения, импульсное нагружение.*

The compacting of molding mixture is considered as process of volume diminution of the pore between conglomerates and pore between particles themselves. Researches of this processes has difficulties because we have a transience process (milliseconds) and changing the deformation behaviors during compacting process. Based on these researches and practical data the following paper is presented simulation technique of molding mixture under the impulsive loading.

***Key words:** molding mixture, compacting of sand mold, mold compacting simulation, impulsive loading.*

Введение

Модернизация существующего и создание нового формовочного оборудования на базе импульс-

ных методов требует проведения экспериментально-теоретических исследований, а также дорогостоящих опытно-промышленных испытаний. Одним из эффективных путей решения вышеуказанной проблемы является создание систем моделирования процесса импульсного уплотнения формовочных смесей, которые позволят обоснованно выбрать оптимальные параметры и режимы процесса. Сложность динамических процессов в уплотняемой форме и отсутствие достоверных данных по характеру и изменению параметров в процессе уплотнения предопределило разработку специальной методики и проведение экспериментальных исследований [1-4]. Результаты этих исследований позволили подтвердить существующие гипотезы о процессе импульсного уплотнения, а также получить новые данные, дополняющие существующие знания. Это, прежде всего, подтверждение волнового характера распространения нагрузок и развития деформаций в уплотняемой формовочной смеси. Установлены также характер и параметры изменений деформационных характеристик формовочной смеси (модуля упругости, параметра вязкости и параметра переукладки) в процессе уплотнения.

Моделирование процесса импульсного уплотнения формовочных смесей

Рассматривается одномерная модель процесса уплотнения, схема которой представлена на рисунке 1. Согласно механизму уплотнения [1-5] для рассматриваемого процесса принято, что распространение нагрузок в волне сжатия формовочной смеси осуществляется посредством передачи сил через контакты между частицами и конгломератами частиц песка. При исключении фильтрационных процессов и влияния температуры на физико-механическое поведение формовочной смеси, течение формовочной смеси за фронтом волны сжатия описывается уравнениями сохранения импульса в виде:

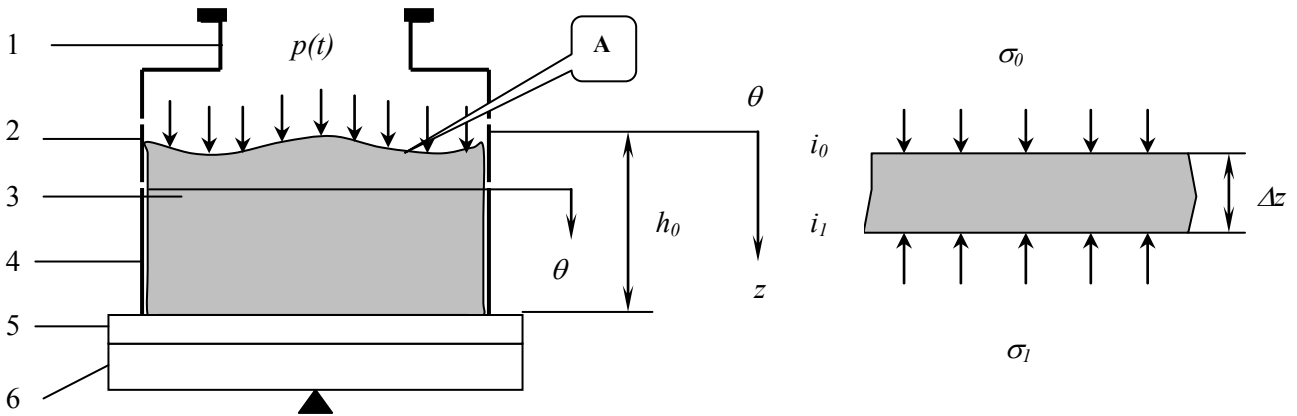


Рис. 1. Схема моделирования: 1 – камера сгорания; 2 – наполнительная рамка; 3 – формовочная смесь; 4 – опока; 5 – модельная плита (без модели); 6 – стол (основание машины); $p(t)$ – внешнее давление, $i = 0 \dots n$ – слой смеси; θ – скорость распространения волны сжатия, h_0 – начальная высота засыпки формовочной смеси. A – площадь сжатия.

$$\rho_0 \frac{\partial v}{\partial t} - \frac{\partial \sigma}{\partial z} = 0 \qquad \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} - \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \qquad (1)$$

где ρ_0 – начальная плотность слоя формовочной смеси, v – скорость частиц слоя формовочной смеси, σ – нормальные осредненные напряжения, являющиеся суммой нормальных средних напряжений, действующих на верхних и нижних границах слоя формовочной смеси, ε – деформация слоя формовочной смеси, t – время.

Формовочная смесь принята линейной вязкопластической средой, механическая модель деформирования которой представлена на рисунке 2. Тогда система уравнений 1 дополняется нижеследующей комбинацией зависимостей между напряжениями и деформациями:

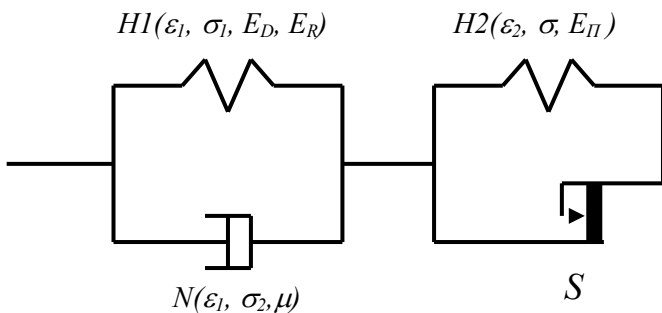


Рис. 2. Реологическая модель формовочной смеси: $H1$, $H2$ – тела Гука; N – вязкое тело Ньютона; S – стопор.

Напряжения упругости

$$\sigma_1 = E_D * \varepsilon_1, \qquad \text{при нагрузке и } \sigma_2 = E_R * \varepsilon_1 \text{ при разгрузке,} \qquad (2)$$

где E_D , E_R – динамические модули упругости при нагрузке и разгрузке, ε_1 – упругая (вязкая) деформация.

Напряжение вязкого сопротивления

$$\sigma_2 = \mu * \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}, \qquad (3)$$

где μ – параметр вязкости.

Полное напряжение в рассматриваемом слое смеси

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 \qquad (4)$$

$$\text{равно также } \sigma = \varepsilon_2 * E_P, \qquad (5)$$

где E_P – параметр переукладки.

Полная деформация рассматриваемого слоя смеси

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \qquad (6)$$

Таким образом, математическое описание процесса уплотнения формовочной смеси, которое было принято базовым для дальнейших исследований, представляет собой систему исходных уравнений 1 - 6.

Начальными условиями этой системы являются

$$\sigma(t=0) = 0, \quad s(t=0) = 0, \quad v(t=0) = 0, \qquad (7)$$

где s , v – перемещения и скорости границ слоя формовочной смеси,

Граничными условиями приняты:

На свободной поверхности уплотняемой формы

$$\sigma(z=0) = p(t), \qquad (8)$$

где $p(t)$ – давление газо-воздушной смеси над свободной поверхностью формы.

На модельной плите

$$S(z=h_0) = s_M(t),$$

$$v(z=h_0) = v_M(t), \quad (9)$$

где $v_M(t)$, $s_M(t)$ - скорости и перемещения модельной плиты со столом.

Для решения системы уравнений 1-9 и проведения расчетно-теоретических исследований процесса импульсного уплотнения формовочных смесей разработана программа моделирования в среде DELPHI 5, главная форма которой представлена на рисунке 3. Предварительные исследования модели показали удовлетворительное отражение реального поведения формовочной смеси при импульсном нагружении, полученного при экспериментальных и практических исследованиях. Примеры расчета процесса уплотнения для промышленной формовочной машины (машина газоимпульсной формовки фирмы Georg Fisher DISA AG с размером опок 800 x 600 x 240) представлены на рисунках 4 - 6.

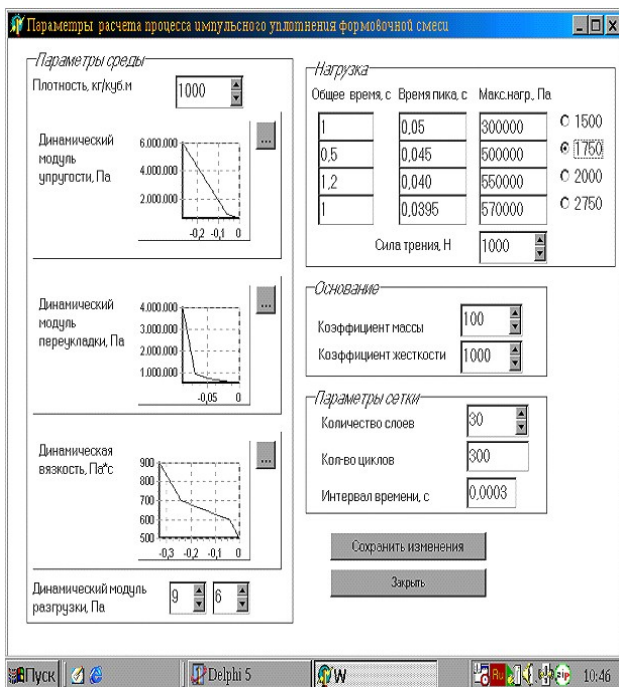


Рис. 3. Главная форма программы моделирования процесса импульсного уплотнения песчаных форм.

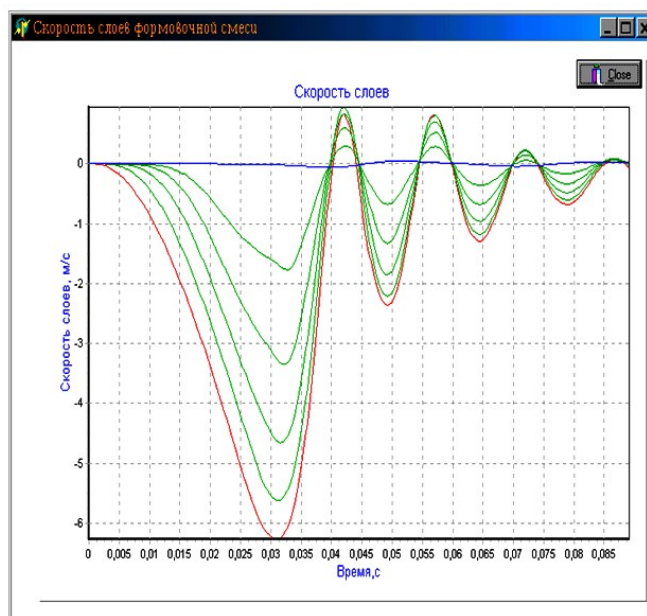


Рис. 4. Расчетные скорости слоев формовочной смеси (машина газоимпульсной формовки фирмы Georg Fisher DISA AG с размером опок 800мм*600мм*240мм).

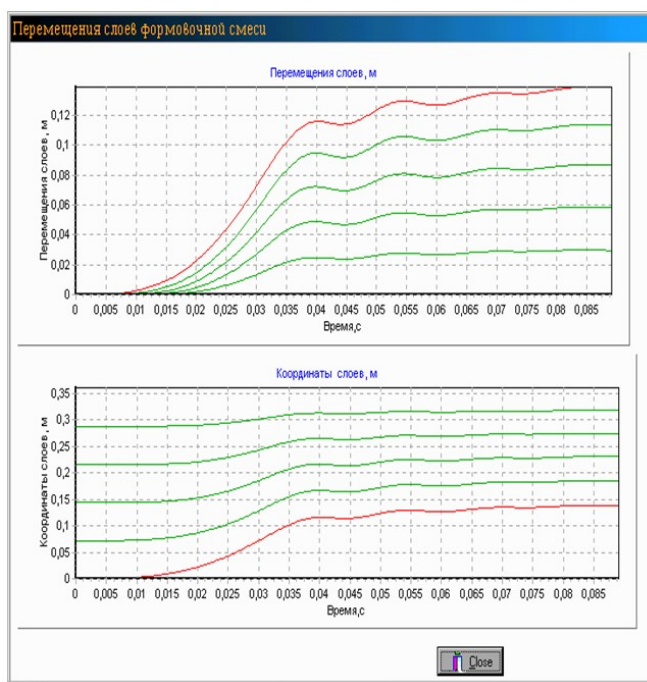


Рис. 5. Расчетные абсолютные перемещения и перемещения координат слоев формовочной смеси (машина газоимпульсной формовки фирмы Georg Fisher DISA AG с размером опок 800мм*600мм*240мм)



Рис. 6. Расчетные значения конечного распределения плотности по высоте формы (машина газоимпульсной формовки фирмы Georg Fisher DISA AG с размером опок 800 мм * 600 мм * 240 мм).

Заключение

На основе проведенных исследований разработана и апробирована программа компьютерного моделирования процесса импульсного уплотнения форм-

мочных смесей SANDCOMPACT 1. Эта программа реализует режимы: «Исследование», «Практические расчеты» и «Демонстрация». Широкий диапазон регулирования основных деформационных характеристик модели позволяет найти условия, обеспечивающие отражение реальных свойств уплотняемой формовочной смеси, а также сформулировать требования к оптимальному уравнению процессом уплотнения.

Литература:

1. Мамбеталиев Т.С. Исследование процесса уплотнения разовых песчаных форм при ударном нагружении. – Труды /МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1981, с.103-127.
2. Mambetaliev T. S., Belikov O. A. Dynamic Processes in the Moulding Sand Mixture under Impact Load and Possibilities of Increasing the Efficiency of Mould Compacting (in Czech), Slevarenstvi, №2, 1990, p. 65-71.
3. Mambetaliev T., Rusin K., Slajs J., Chrast J., Ledl R.: Dynamic of Moulding Sand Mixture in Impulse Moulding (in Czech). Slevarenstvi, 2, 1989, p. 65 – 67.
4. Мамбеталиев Т.С. Экспериментальные исследования газо-импульсного уплотнения разовых песчаных форм. Наука и новые технологии, №3, Бишкек, 2000, с. 64 – 66.
5. Мамбеталиев Т.С. Волновые процессы в формовочной смеси при импульсном нагружении. Наука и новые технологии, №6, 1 Часть, Бишкек, 2000, с. 180 – 183.

Рецензент: к.т.н., доцент Трегубов А.В.