

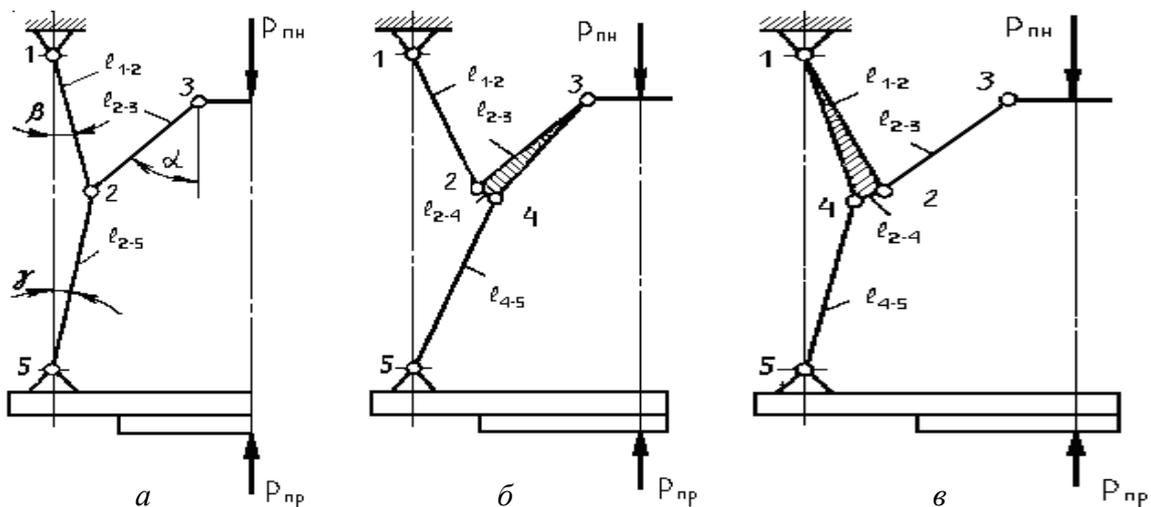
Днепродзержинский государственный технический университет

### АНАЛИЗ ПРЕССОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ РЫЧАЖНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

**Введение.** Формовочные машины и автоматы с рычажным прессовым механизмом получили широкое распространение в литейном производстве. Для эффективного использования таких машин необходимо правильно выбрать их конструктивные и технологические параметры. Аналитический расчет параметров сложен, поэтому целесообразно использовать метод компьютерного моделирования с помощью пакета программ «Euler», разработанного под руководством одного из авторов данной статьи [1].

**Постановка задачи.** Целью работы является анализ процесса прессования литейных форм рычажными механизмами, что позволит оптимизировать их работу.

**Результаты работы.** Схемы различных рычажных прессовых механизмов формовочных машин приведены на рис.1 [2].



*a* – без эксцентрика; *б* – с эксцентриком на звене 2-3; *в* – с эксцентриком на звене 1-2

Рисунок 1 – Схемы рычажных прессовых механизмов

Механизм состоит из жестких звеньев, соединенных шарнирами. Шарнир 1 закреплен на станине формовочной машины, шарнир 5 – на прессовой плите, шарнир 3 соединен с траверсой, которая перемещается вертикально при помощи пневмоцилиндра. Точно так же устроена и правая половина механизма. В простейшем механизме звенья 1-2, 2-3 и 2-5 соединены одним шарниром. Скорость  $v_5$  перемещения прессовой плиты отличается от скорости  $v_3$  траверсы. Отношению сил, действующих на прессовую плиту со стороны шарнира 5 и на шарнир 3 со стороны траверсы, называют коэффициентом  $\eta$  усиления механизма; он равен отношению скоростей точек 3 и 5:

$$\eta = \frac{v_3}{v_5} = \frac{F_5}{F_3}.$$

Важнейшей особенностью механизма является то, что при равномерном движении точки 3 вниз скорость точки 5 не остается постоянной, а постепенно уменьшается. При этом увеличивается коэффициент усиления и давление прессования в соответствии

с ростом сопротивления прессуемой смеси. Дойдя до своего нижнего положения, прессовая плита останавливается и начинает подниматься, хотя точка 3 продолжает перемещаться вниз. Вблизи нижнего положения прессовой плиты коэффициент усиления неограниченно возрастает.

Исследование процесса прессования проводили методом численного эксперимента на компьютерной модели (без учета сил трения). Выбрали два виртуальных механизма. Первый из них без эксцентрика (рис.1, а), длина всех звеньев одинакова и равна 500 мм.

На рис.2 показана кривая изменения коэффициента усиления, рассчитанная программой «Euler». Координата плиты отложена от ее нижнего положения.

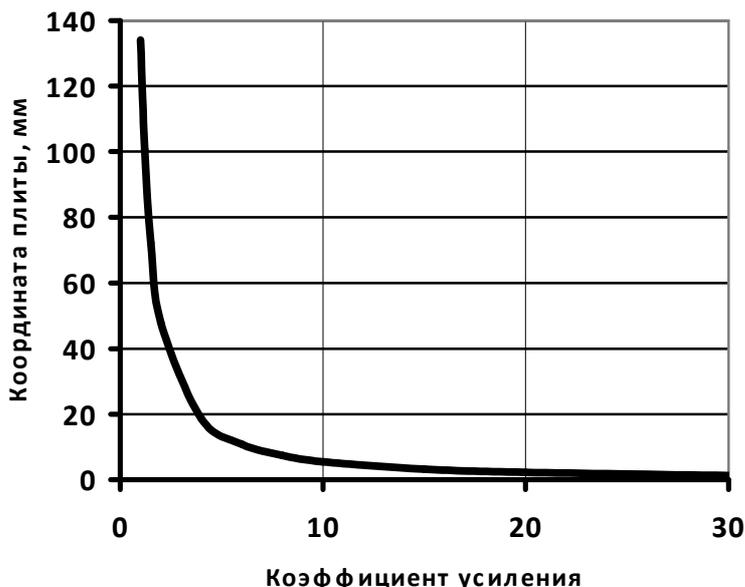


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента усиления от координаты прессовой плиты для механизма без эксцентрика

Зададимся оптимальным коэффициентом усиления  $\eta_0=10$  и оптимальной плотностью уплотненной смеси  $\delta_0 = 1650 \text{ кг/м}^3$ . Пользуясь формулой ДГТУ [3], найдем давление прессования, необходимое для получения заданной плотности смеси

$$p_{i\delta} = \left( \frac{200}{1860 - \delta} - 0,23 \right)^2.$$

Для получения оптимальной плотности необходимо  $p_0 = 0,52 \text{ МПа}$ . Такое давление прессования должен развивать механизм при  $\eta_0 = 10$ . Давление при других значениях  $\eta$  находим из очевидного соотношения

$$p_{i\delta} = \delta_0 \frac{\eta}{\eta_0}.$$

Для данного примера  $p_{np}=0,052\eta$ .

Каждому давлению прессования соответствует определенная максимальная плотность смеси, которая может быть достигнута при данном положении плиты. Назовем эту плотность потенциальной. Снова используя формулу ДГТУ, построим кривую зависимости потенциальной плотности от высоты слоя смеси над поверхностью модельной плиты. Зададимся высотой опоки  $H_0=300 \text{ мм}$  и расположим ее таким образом, чтобы заданная потенциальная плотность смеси соответствовала верхнему краю опоки

(без модели). По результатам расчета на компьютере, если верхнему уровню опоки соответствует  $\eta_0 = 10$ , то нижнее положение плиты находится на 5,5 мм ниже верхней плоскости опоки. Полученная кривая приведена на рис.3.

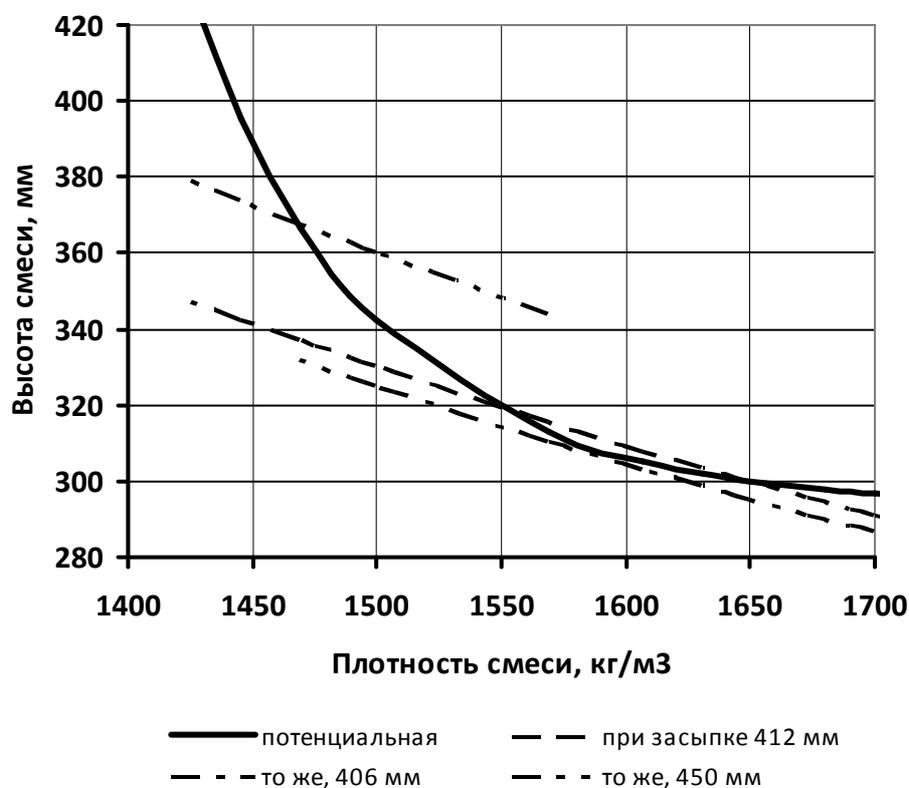


Рисунок 3 – Зависимость плотности смеси от высоты ее слоя для механизма без эксцентрика

Действительная плотность смеси  $\delta_k$  после прессования зависит от высоты  $h_3$  слоя смеси после засыпки в опоку, конечной высоты слоя смеси  $h_k$  и ее плотности  $\delta_3$  при засыпке:

$$\delta_e = \delta_\zeta \frac{h_\zeta}{h_e}. \quad (1)$$

Из формулы следует: чтобы получить заданную плотность  $1650 \text{ кг/м}^3$  при  $\delta_3 = 1200 \text{ кг/м}^3$  и конечной высоте слоя  $300 \text{ мм}$ , надо засыпать смесь на высоту  $412,5 \text{ мм}$ . Кривые изменения действительной плотности от высоты смеси при различных уровнях засыпки показана на рис.3. В процессе прессования прессовая плита будет двигаться вниз, до тех пор пока потенциальная плотность будет превышать действительную. Когда они сравняются, плита остановится сопротивлением смеси и прессование закончится. Как видно, кривые потенциальной и действительной плотности при данной высоте засыпки действительно пересекаются в заданной точке  $a$ , однако получить заданную плотность не удастся: прессовая плита остановится значительно выше, в точке  $b$ , что соответствует конечной плотности  $1560 \text{ кг/м}^3$  и конечной высоте  $318 \text{ мм}$ . Форма будет недоуплотненной.

При увеличении высоты засыпки конечная плотность будет уменьшаться, а конечная высота соответственно увеличиваться. Если уменьшать высоту засыпки, плотность будет увеличиваться, а конечная высота уменьшаться, до тех пор пока кривая действительной плотности станет касательной к кривой потенциальной плотности.

Этой точке соответствует  $h_з = 407 \text{ мм}$ ,  $h_к = 309 \text{ мм}$  и  $\delta_к = 1580 \text{ кг/м}^3$ . При дальнейшем, даже незначительном уменьшении высоты засыпки сопротивление смеси уже не остановит движения плиты и она достигнет своего нижнего положения. При этом  $h_к = 294,5 \text{ мм}$  и  $\delta_к = 1658 \text{ кг/м}^3$ .

При дальнейшем уменьшении высоты засыпки плита всегда будет достигать нижнего положения, а плотность смеси соответствовать действительной, рассчитанной по уравнению (1). Зависимость конечной плотности смеси от высоты засыпки для рассматриваемого примера показана на рис.4, а конечной высоты – на рис.5.

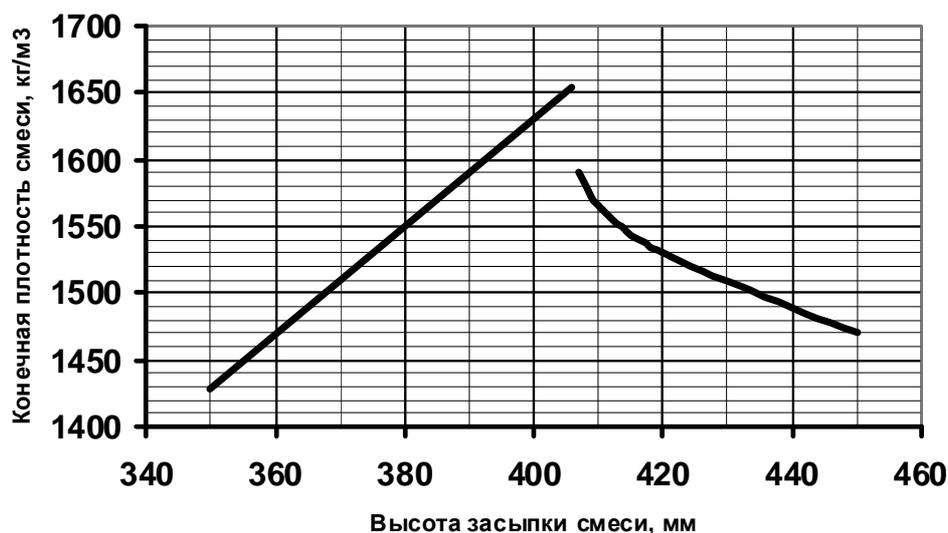


Рисунок 4 – Зависимость конечной плотности смеси от высоты засыпки в опоку для механизма без эксцентрика

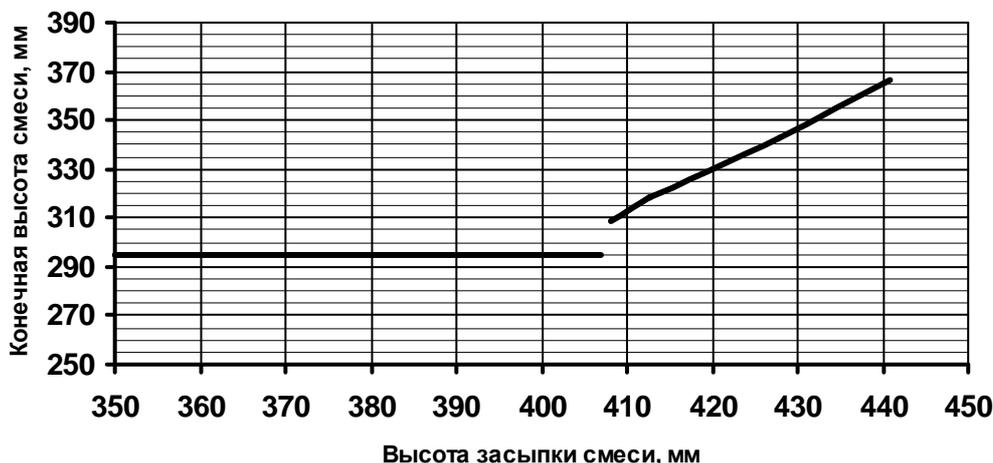


Рисунок 5 – Зависимость конечной высоты смеси от уровня ее засыпки для механизма без эксцентрика

Как видно, для получения стабильной плотности форм в пределах  $1650 \pm 10 \text{ кг/м}^3$  уровень засыпки смеси в опоку необходимо поддерживать в очень узких пределах (менее 10 мм), что практически невозможно. Как при увеличении так и при уменьшении высоты засыпки получают недоуплотненные формы.

Этот недостаток рычажных механизмов без эксцентрика хорошо известен [2]. Он обусловлен слишком быстрым возрастанием коэффициента усиления в конце хода прессовой плиты.

Наиболее распространенным является рычажный прессовый механизм, схема которого показана на рис.1, б. Он имеет эксцентрик на звене 2-3, точки 2 и 4 не совпадают, образуется жесткий треугольник 2-3-4 с небольшим углом  $\varphi$  при вершине 3.

Используя вышеизложенную методику, проанализировали процесс прессования смеси механизмом с эксцентриком:  $l_{2-3} = 577$  мм;  $l_{3-4} = 510$  мм; длина остальных звеньев по 500 мм;  $\varphi = 6^\circ$ .

Характер движения прессовой плиты здесь значительно сложнее. Зависимость коэффициента усиления от координаты плиты показана на рис.б.



Рисунок 6 – Зависимость коэффициента усиления от координаты прессовой плиты для механизма с эксцентриком

Кривая отличается тем, что имеет участок, на котором коэффициент усиления мало зависит от координаты плиты. В данном примере этот участок соответствует  $\eta \approx 8$ . Аналогичную форму имеет кривая потенциальной плотности смеси. Располагая модельную плиту таким образом, чтобы контрлад опоки соответствовал середине участка относительной стабильности, построили графики зависимости плотности смеси и конечной высоты ее слоя от высоты засыпки (рис.7, 8). Из рис. 7 видно, что стабильная плотность смеси, равная  $1650 \pm 10$  кг/м<sup>3</sup>, достигается в довольно широком интервале высот засыпки: от 382 до 440 мм. При этом конечная высота смеси колеблется от 278 мм (на 22 мм ниже уровня контрлада опоки) до 322 мм (на 22 мм выше контрлада). Такие параметры можно считать вполне приемлемыми.

Из рассмотренных примеров видно преимущество рычажных прессовых механизмов с эксцентриком.

Предложенная методика может быть использована для анализа параметров прессования форм с помощью рычажных механизмов различной конструкции.

**Вывод.** Предложена и проиллюстрирована на конкретных примерах методика анализа прессования литейных форм рычажными механизмами с использованием ранее разработанной компьютерной программы «Euler». Методика может быть использована как для существующих формовочных машин, так и при проектировании новых.

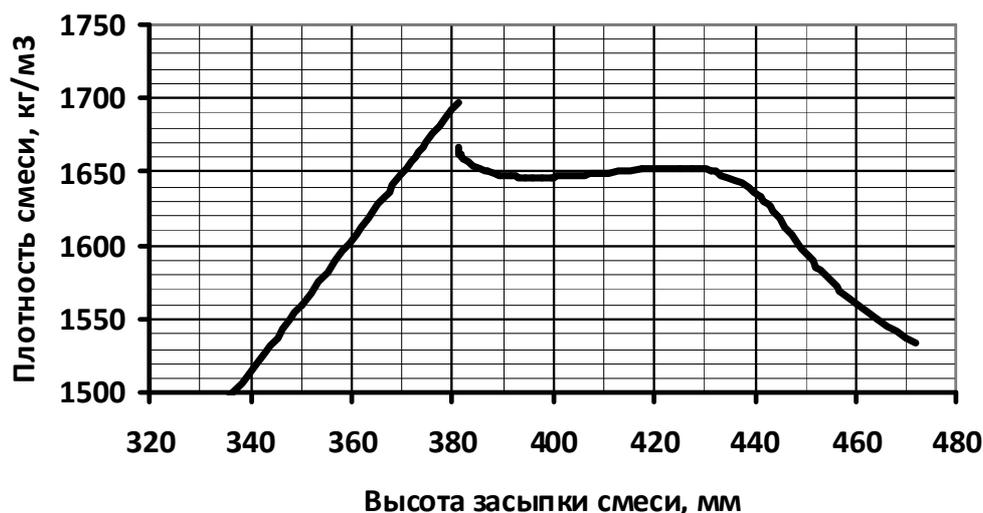


Рисунок 7 – Зависимость конечной плотности смеси от высоты ее засыпки в опоку для механизма с эксцентриком

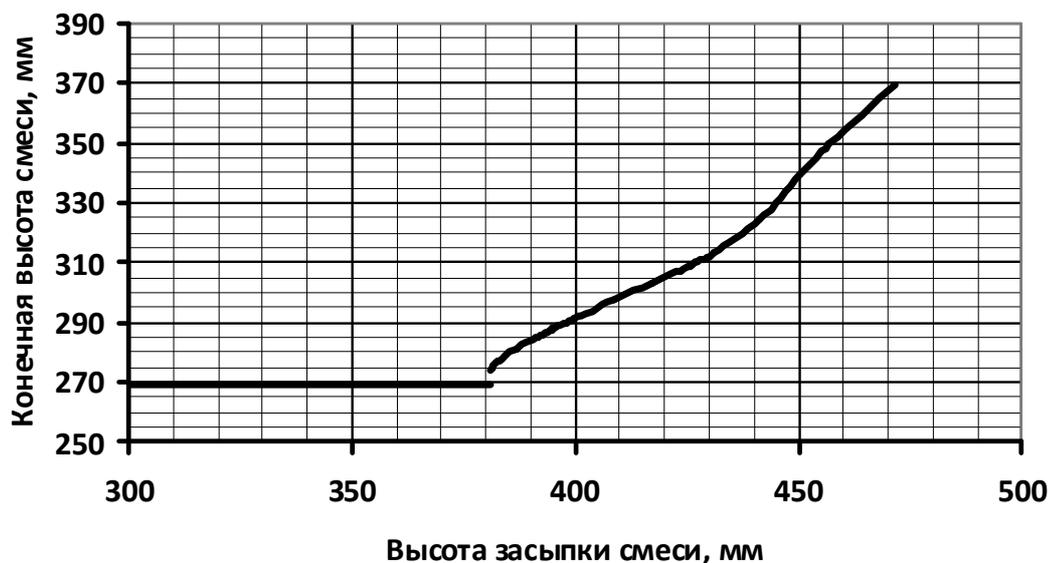


Рисунок 8 – Зависимость конечной высоты смеси от уровня ее засыпки для механизма с эксцентриком

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Могилевцев О.А. Компьютерное моделирование коэффициента усиления рычажной системы прессовых формовочных машин / О.А.Могилевцев, Е.А.Баленко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 6/1. – С.43-47.
2. Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства / Горский А.И. – М.: Машиностроение, 1978. – 551с.
3. Могилевцев О.О. Напівемпіричне рівняння пресування ливарних форм / О.О.Могилевцев, О.С Вихрюк // Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки). – Дніпродзержинськ : ДДТУ. – 2006. – С.44-47.