
ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 621.744.43+519.682.2

Абдулов А. Р.

ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ РАБОТЫ ПРЕССОВЫХ МАШИН ПУТЕМ ПОСТРОЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ В ПРИЛОЖЕНИЯХ С ГРАФИЧЕСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ

Одним из самых известных и наиболее часто применяемым способом формообразования является уплотнение прессованием. Широкое распространение этот метод получил благодаря своим преимуществам, основными из которых являются простота и бесшумность процесса уплотнения, возможность варьирования величины давления прессования в зависимости от габаритов уплотняемых опок, низкая энергозатратность и возможность автоматизации процесса. Главным недостатком прессования является то, что в ходе процесса уплотнения плотность формовочной смеси по объему опоки распределяется неравномерно. В настоящее время прессование как самостоятельный способ формообразования в производстве применяется редко. Более актуальным на сегодняшний момент является комбинация прессования с другими способами уплотнения, такими как встряхивание, пескострельный способ, импульсное уплотнение и др. В данном случае симбиоз различных способов уплотнения приводит к тому, что околослойные области в полости формы уплотняются вышеперечисленными вспомогательными способами, а прессование несет основную силовую нагрузку. Одним из примеров применения прессования в комбинации с другим способом уплотнения, реализованным в современном формообразующих установках является Сейатцу-процесс. В работах [1, 2] подробно рассмотрены преимущества данного способа уплотнения, основными из которых является равномерное распределение плотности набивки полуформ, применение недорогих компонентов смеси, высокая производительность процесса уплотнения и т. д. Вместе с тем, вопросы, связанные с эффективностью работы прессовых механизмов в современных установках остаются актуальными.

Целью настоящей работы стал анализ параметров, влияющих на эффективность работы прессовых механизмов, а также изучение возможности автоматизации данного анализа.

Основным показателем эффективности работы прессового механизма является отношение работы сжатого воздуха, затраченного на чистое прессование, к работе сил трения, возникающих в процессе прессования [3]. Определить это отношение удобнее всего путем построения индикаторных диаграмм прессового механизма.

Индикаторная диаграмма идеального прессового механизма (рис. 1) строится в координатах $P-S$, где S (м) – ход прессового поршня, P (кПа) – давление в прессовом поршне. По площади индикаторной диаграммы и по ее форме можно судить о величине полезно затраченной работы, а также определить характер неисправностей в данной машине.

Для обычного прессового механизма с верхним прессованием, неподвижной плоской прессовой колодкой и перемещающимся вверх прессовым поршнем с полезной нагрузкой в табл. 1 описаны характерные точки на индикаторной диаграмме.

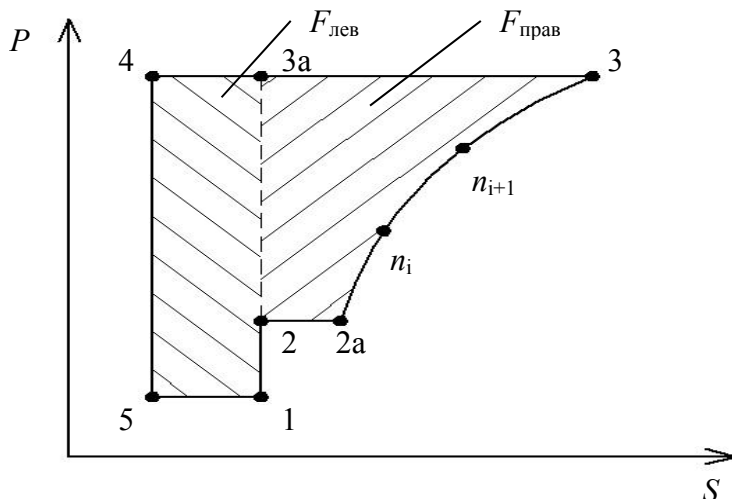


Рис. 1. Индикаторная диаграмма прессового механизма [3]

Таблица 1

Характерные точки на диаграмме и их координаты

Номер точки	Координаты точек для машины модели 226		Описание точки
	Ход поршня, м	Давление в поршне, кПа	
1	$S_1 = 0,050$	$P_1 = 111,790$	Начало подъема поршня
2	$S_2 = 0,060$	$P_2 = 111,790$	Высота подъема поршня, при которой выбирается зазор между наполнительной рамкой и прессовой колодкой
2а	$S_{2a} = 0,060$	$P_{2a} = 111,796$	Начало внедрения прессовой колодки в объем наполнительной рамки
n_i	$S_{ni} = 0,105$	$P_{ni} = 114,150$	Промежуточные точки, которые определяют характер кривой линии на участке 2, а–3, соответствующей изменению давления воздуха при его движении вверх
3	$S_3 = 0,180$	$P_3 = 115,400$	Окончание процесса прессования, после которого вся смесь из наполнительной рамки переместилась в объем опоки
4	$S_4 = 0,180$	$P_4 = 107,000$	Окончание выпуска воздуха из цилиндра и начало опускания поршня
5	$S_5 = 0,050$	$P_1 = 107,000$	Опускание поршня в исходное положение.

Площадь индикаторной диаграммы (рис. 2) – это работа, совершенная механизмом и записанная в соответствующем масштабе. По площадям индикаторной диаграммы и по ее форме судят не только о величине полезно затраченной работы, но и о характере неисправностей в данной машине.

Удельная работа прессования кДж/м^2 , выражается площадью $F_{\text{прав}}$:

$$F_{\text{прав}} = (2-2a-3-3a-2) \text{ кДж/м}^2. \tag{1}$$

Удельная работа сил трения определяется площадью:

$$F_{\text{лев}} = (1-3a-4-5-1) \text{ кДж/м}^2. \tag{2}$$

Площадь $F_{\text{прав}}$ может быть определена путём разделения её на простые геометрические фигуры или с использованием специальных компьютерных программ. По отношению работы, затраченной на «чистое» прессование, к общей работе сжатого воздуха можно судить о совершенстве конструкции поршневого механизма. Считается, что качественный прессовый механизм характеризуется выполнением следующего неравенства:

$$\frac{F_{\text{прав}}}{F_{\text{прав}} + F_{\text{лев}}} \geq 0,7. \quad (3)$$

Подробно расчет координат точек на индикаторной диаграмме описан в [3]. В качестве примера опишем принцип расчет координаты точки 1. Как указано в табл. 1 эта точка, имеющая координаты точки S_1 и P_1 , соответствует началу подъема прессового поршня. Значение S_1 (м) рассчитывается следующим образом:

$$S_1 = \frac{V_0}{F_{\text{п}}}, \quad (4)$$

где V_0 – объем вредного пространства прессового цилиндра, м^3 ; $F_{\text{п}}$ – площадь поршня, м^2 .

Значение P_1 (кПа) – это избыточное давление воздуха на поршень, которое должно быть достаточным, чтобы преодолеть силу тяжести поднимаемых частей машины с оснасткой и смесью Q (Н) и силу трения поршня о стенки цилиндра R (Н). Соответственно:

$$P_1 = 100 + \frac{Q + R}{1000 \cdot F_{\text{п}}}. \quad (5)$$

Таким образом, рассчитываются все точки индикаторной диаграммы прессового механизма, и рассчитывается КПД его работы.

В настоящей работе анализ работы прессового механизма был выполнен для формовочной машины модели 226. Основными узлами прессовой машины являются: прессовый цилиндр и прессовый поршень, устройство для протяжки модели из формы, прессовой колодки, закрепленной на поворотной траверсе. К столу машины крепится модельная плита, на которую надевается опока и наполнительная рамка. Принцип работы машины подробно описан в [3].

В табл. 1 представлены результаты расчета координат точек индикаторной диаграммы для формовочной машины модели 226 при уплотнении в опоках с габаритами в свету 460×370 мм песчано-глинистой смеси, имеющей следующий состав: 94 % кварцевого песка, 5 % глины и 1 % воды. По этим точкам была построена индикаторная диаграмма прессового механизма и определен КПД работы машины, который составил 30 %. Низкое значение КПД означает то, что машина модели 226 работает неэффективно. Это свидетельствует о том, что необходимо применять соответствующие меры для повышения КПД машины и для этого необходимо изменять параметры ее работы. Такими параметрами могут быть рабочее давление в прессовом поршне, его площадь, размеры модельно-опочной оснастки и т. д. Изменяя эти параметры и строя индикаторную диаграмму, можно проследить за динамикой изменения КПД и достичь необходимого значения.

Для сокращения доли рутинного труда, связанного с расчетом координат индикаторной диаграммы, могут быть созданы соответствующие приложения с графическим интерфейсом, которые позволят выполнять расчет и визуализировать результаты расчетов на соответствующих графиках.

В настоящей работе для создания подобного приложения была использована современная интегрированная среда разработок программного обеспечения – Microsoft Visual Studio [4]. Visual Studio включает в себя несколько языков программирования, одним из наиболее перспективных и динамически развивающихся является C#. Для расчета координат точек индикаторной диаграммы прессового механизма создается отдельное приложение со своим интерфейсом и программным кодом. На рис. 2 представлен интерфейс программы «Pressovanie».

The screenshot shows a software window titled "Расчет индикаторной диаграммы". It is divided into several sections for data entry and calculation:

- Точка 1:** Includes input fields for "Объем вредного пространства, куб. м", "Площадь поршня, кв. м", and "Сила сопротивления подъему поршня, кН". It has a "Расчет координаты точки 1" button and output fields for "S1, м" and "P1, кПа".
- Точка 2:** Includes an input field for "Зазор между наполнительной рамкой и колодкой, м". It has a "Расчет координаты точки 2" button and output fields for "S2, м" and "P2, кПа".
- Точка 2а:** Includes input fields for "Начальная плотность смеси, г/куб. см", "Коэффициент уплотняемости", "Длина", and "Габариты опоки в свету, м" (with a "Ширина" sub-field). It has a "Расчет координаты точки 2а" button and output fields for "S2а, м" and "P2а, кПа".
- Точка 3:** Includes input fields for "Высота наполнительной рамки, м" and "Конечная плотность смеси, г/куб. см". It has a "Расчет координаты точки 3" button and output fields for "S3, м" and "P3, кПа".
- Точка 4:** Includes a "Расчет координаты точки 4" button and output fields for "S4, м" and "P4, кПа".
- Точка 5:** Includes a "Расчет координаты точки 5" button and output fields for "S5, м" and "P5, кПа".
- A separate button labeled "Расчет координат всех точек" is located at the bottom right.

Рис. 2. Интерфейс программы «Pressovanie» для расчета координат индикаторной диаграммы

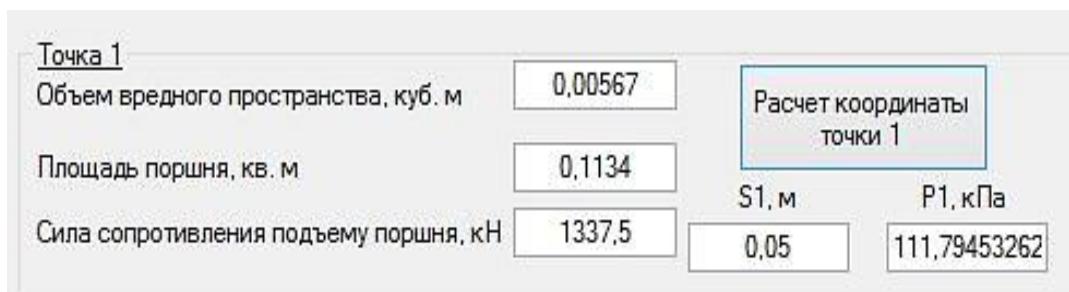
Интерфейс программы настраивается достаточно просто, и туда вносятся все необходимые данные для выполнения соответствующих расчетов. Программный код включает в себя не только обработку событий при нажатии кнопок на приложении, но и формулы, рассчитывающие соответствующие параметры.

Ниже представлен фрагмент кода для расчета координаты точки 1 (табл. 1) с применением выражений (1) и (2):

```
namespace Прессование
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            double V0 = double.Parse(textBox1.Text);
            double Fp = double.Parse(textBox2.Text);
            double Wei = double.Parse(textBox3.Text);
            double S1 = V0 / Fp;
            double P1 = 100 + Wei / (1000*Fp);
            textBox4.Text = S1.ToString();
            textBox5.Text = P1.ToString();
        }
    }
}
```

Командой "button1_click" задається обробка події при натисненні кнопки «Расчет координаты точки 1» (рис. 2). Переменними для расчета S_1 и P_1 являются значения V_0 , F_n и сумма Q и R , которые находятся в выражениях (1) и (2). После расчета значения координат точки 1 появляются в соответствующих строках (рис. 3).



Точка 1			
Объем вредного пространства, куб. м	0,00567	Расчет координаты точки 1	
Площадь поршня, кв. м	0,1134		
Сила сопротивления подъему поршня, кН	1337,5		
		S1, м	P1, кПа
		0,05	111,79453262

Рис. 3. Фрагмент приложения «Pressovanie» для расчета координаты точки 1

Таким образом, разработанное приложение позволяет значительно ускорить процесс расчета координат точек индикаторной диаграммы прессового механизма. Для визуализации результатов расчетов необходима разработка дополнительных приложений, которые позволят строить диаграмму и рассчитывать значение КПД.

ВЫВОДЫ

Индикаторные диаграммы являются эффективным инструментом для анализа работы прессовых механизмов и позволяют оценивать КПД их работы. Для расчета координат диаграммы могут быть использованы разработанные в интегрированных средах разработок приложения с графическим интерфейсом, значительно ускоряющие процесс расчета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приходько О. В. Современные методы формообразования как комбинации классических способов изготовления литейных форм и стержней / О. В. Приходько, В. А. Корсун, А. Р. Абдулов // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2011. – № 1(32). – С. 125–128.
2. Буданов Е. Современное производство по Сейатцу-процессу сложных отливок типа «Корпус электродвигателей» / Е. Буданов // Литейщик России. – 2006. – №12. – С. 11–15.
3. Матвеев И. В. Оборудование литейных цехов: учебное пособие. Ч. 1 / И. В. Матвеев – М.: МГИУ, 2006. – 172 с.
4. Visual Studio. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.visualstudio.com/>