

Б.Н.Маймур, В.И.Петренко, А.Т.Лебедь, С.В.Ващенко

**ВЫБОР И РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАЛКОВОГО БРИКЕТНОГО
ПРЕССА С ЗАДАННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ**

Разработан алгоритм выбора и расчета конструктивных и энергосиловых параметров валкового пресса с заданной производительностью. Продемонстрирована работа алгоритма. Выполнены расчеты энергосиловых, технических и технологических параметров, выбраны конструктивные решения пресса для шихт с конкретными физико–механическими свойствами.

валковый пресс, конструктивные параметры, производительность, шихта, расчет

Состояние вопроса и постановка задачи. Представленная в работе [1] методология выбора методов и средств повышения эффективности работы валковых прессов может быть использована уже на стадии проектирования оборудования для определения его технических характеристик, выбора рациональных конструктивных и компоновочных решений, обеспечивающих достижение необходимой производительности и получение брикетов требуемого качества. На базе разработанной методологии был составлен алгоритм расчета энергосиловых и конструктивных параметров, на основе которого выполняются конструкторские разработки пресса. В составе алгоритма использованы экспериментально установленные зависимости и теоретически полученные аналитические выражения, отражающие взаимосвязи между физико–механическими свойствами брикетируемого материала и параметрами уплотнения, технологическими, энергосиловыми и конструктивными характеристиками прессового оборудования.

Структура алгоритма предусматривает возможность реализовать каждое из направлений повышения производительности пресса независимо друг от друга, переходить последовательно от одного направления к другому, осуществлять различные их комбинации и сочетания. Создание на основе этого алгоритма программного продукта позволит при конструкторских разработках валкового пресса для каждого вида прессуемого материала максимально использовать все возможности повышения производительности при соблюдении требований к качеству брикетов. По мере распространения технологии брикетирования на предприятиях различных отраслей – металлургической, горнодобывающей, огнеупорной и др. расширяется номенклатура прессуемых материалов, имеющих значительные отличия по свойствам. Брикетируемый материал и его характеристики являются исходной посылкой при пользовании алгоритмом (рис.1).

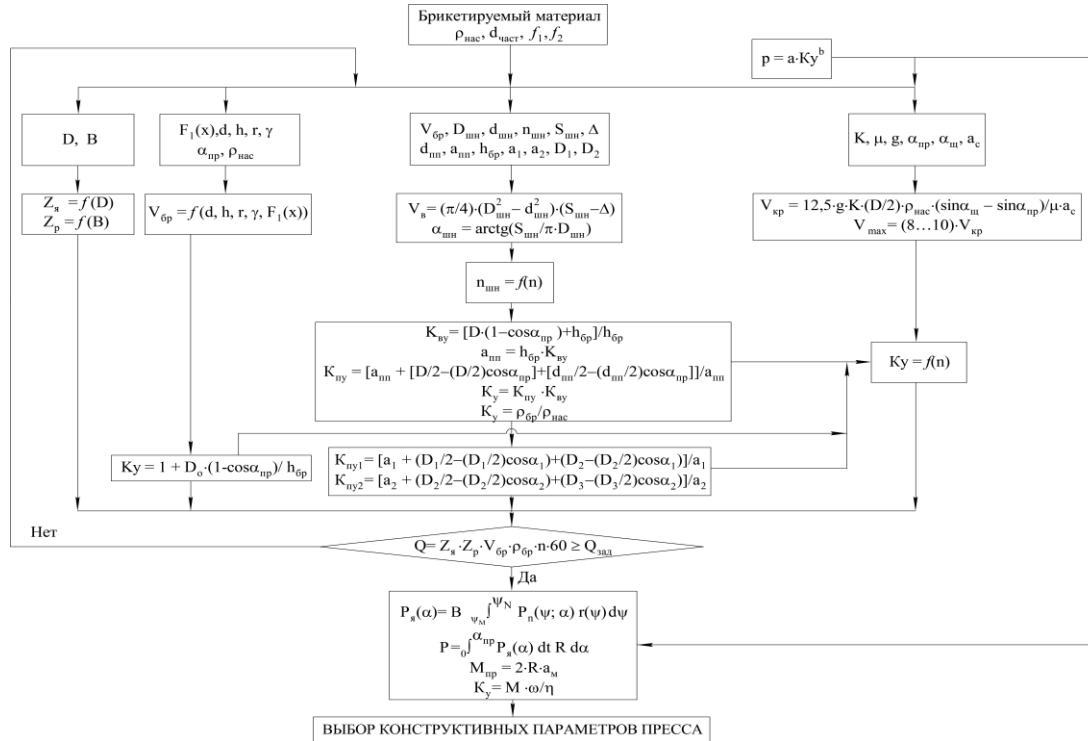


Рис. 1. Алгоритм выбора рациональных путей повышения производительности валкового пресса

На рис.1 использованы следующие обозначения : Q – производительность пресса; D – диаметр прессующего валька; B – ширина бочки прессующего валька; D_0 – приведенный диаметр валков; $Zя$ – количество ячеек в одном ряду по длине окружности валька; $Zр$ – количество рядов по ширине бочки валька; n – частота вращения валков; d, h, r, γ – параметры конфигурации формирующих элементов; $F_1(x)$ – функция, описывающая контур формирующего элемента в координатах xOy ; $\rho_{нас}$ – насыпная плотность материала; $\rho_{бр}$ – плотность брикета; $V_{бр}$ – объем брикета; $h_{бр}$ – высота брикета; $\alpha_{пр}$ – угол прессования; K_y – коэффициент уплотнения; $V_{кр}$ – критическая скорость; V_{max} – максимальная скорость; K – коэффициент проницаемости; μ – коэффициент вязкости газа (воздуха); $d_{част}$ – диаметр частицы материала; g – ускорение силы тяжести (свободного падения); $\alpha_{ш}$ – угол подачи; a_c – толщина слоя материала в направлении наименьшего сопротивления фильтрации в бункерном устройстве; $D_{шн}$ и $d_{шн}$ – соответственно наружный и внутренний диаметр шнека; $S_{шн}$ – шаг шнека; Δ – толщина лопасти шнека; $n_{шн}$ – частота вращения валков шнека; $K_{пв}$ – коэффициент уплотнения в подпрессовщике; $K_{вв}$ – коэффициент уплотнения в прессующих вальках; h_l – толщина ленты, выходящей из валков пресса; $a_{шн}$ – зазор между валками подпрессовщика; D_1, D_2, D_3 – диаметр прессующих валков для 1, 2, 3 стадий; a_1, a_2, a_3 – зазоры между валками на 1, 2, 3 стадиях; $K_{п1}, K_{п2}$ – коэффициент уплотнения на стадии 1 и 2.

Изложение основных результатов исследования

Учитывая направленность деятельности и специализацию Института и его партнеров – предприятий горно–металлургического комплекса, наиболее востребованными и перспективными для переработки методом брикетирования являются мелкофракционные материалы, относящиеся к сырьевым ресурсам и промышленным отходам. Для демонстрации работы представленного алгоритма были выбраны существенно отличающиеся по физико–механическим свойствам шихты: отсев SiMn с 3,5% органического связующего (ОС) и коксовая мелочь (КМ) с 10% лигносульфоната технического (ЛСТ).

Как видно из рис.1, исходными данными являются физико–механические характеристики материала (насыпная плотность $\rho_{нас}$, размер частиц, $d_{част}$ и др.). Задается производительность пресса $Q_{зад}$ и плотность брикета $\rho_{бр}$. Для удобства расчетов плотность брикетов $\rho_{бр}$ может быть выражена через коэффициент уплотнения K_y . В реальных условиях по требованию заказчика–потребителя могут вводиться дополнительные условия по размерам и форме брикетов. Следует также учитывать технические возможности предприятия–изготовителя пресса по диаметру валков и др.

Значения Q и $\rho_{бр}$, полученные в результате выполнения предусмотренных алгоритмом операций, сравниваются с заданными. Если эти значения меньше заданных, то схемой алгоритма предусмотрено изменение исходных условий решаемой задачи и использование других возможностей, предусмотренных схемой, а затем повторение расчета. В случае достижения заданных значений Q и $\rho_{бр}$ выполняются расчеты энергосило-

вых параметров и принимаются конструктивные схемы пресса. После определения силовых нагрузок осуществляются прочностные расчеты узлов и элементов пресса и выбираются их конструктивные размеры.

Рассмотрим возможности применения разработанного алгоритма на примере выбора конструктивных решений и характеристик валкового пресса производительностью 30 т/час для условий Никопольского завода ферросплавов. Для условий НЗФ приняты следующие исходные данные:

Производительность пресса	$Q = 30$ т/час;
Состав шихты 95,5% отсева SiMn	+ 3,5% ОС;
Насыпная плотность	$\rho_{\text{нас}} = 2,1$ г/см ³
Характеристики брикета: плотность брикета принята из технологических условий НЗФ –	$\rho_{\text{бр}} = 4,8$ г/см ³ ($K_y = 2,3$)
форма «пельменеобразная»;	
размер, мм	– 33 × 30 × 18;
объем, см ³	– 11.

Для выполнения начального этапа расчетов взяты параметры валкового пресса конструкции ИЧМ, установленного и эксплуатируемого на НЗФ:

диаметр прессующих валков	$D = 648$ мм;
рабочая ширина прессующих валков	$B = 350$ мм.

Наиболее эффективным направлением повышения производительности по представленной схеме является увеличение скорости прессования (частоты вращения валков).

По разработанной методике [2], выполнив необходимые расчеты и определив для указанного состава шихты значения критической скорости $V_{\text{кр}}$ (скорость, при которой начинается снижение плотности спрессованного материала) и максимальной скорости V_{max} (скорость, при которой материал вследствие фильтрации воздуха не уплотняется), строим графическую зависимость коэффициента уплотнения от частоты вращения валков (рис.2).

Как видно из рис. 2, заданный коэффициент уплотнения, соответствующий заданной плотности $\rho_{\text{бр}} = 4,8$ г/см³, может быть получен при частоте вращения валков $n_{\text{кр}} = 5,05$ мин⁻¹ (частота вращения валков, соответствующая критической скорости). При этом производительность пресса будет 11 т/час, что значительно ниже требуемой. Поэтому для достижения заданного значения производительности пресса необходимо использовать другие направления, предусмотренные алгоритмом. Увеличиваем объем брикета путем изменения размеров формирующих элементов.

Для расчета взяты новые характеристики брикетов:

размер, мм	– 40 × 38,5 × 18,5;
объем, см ³	– 22.

Выполненные расчеты показали, что производительность прессы с учетом увеличения объема брикетов составляет 14 т/час.

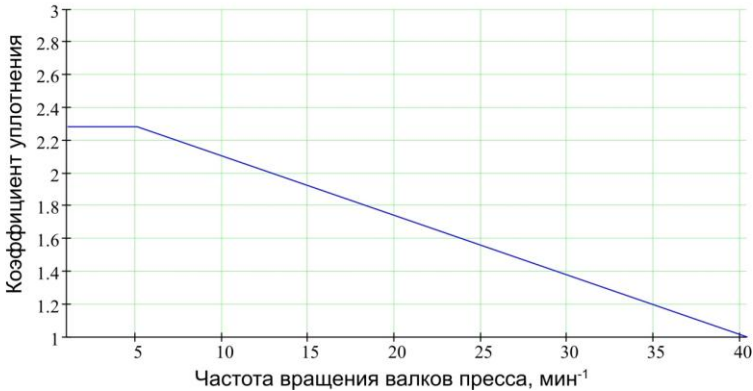


Рис.2. Зависимость коэффициента уплотнения от частоты вращения валков

Полученное значение производительности хоть и выше, чем в предыдущем случае, но не соответствует заданному. Поэтому используем следующее направление повышения производительности – увеличение количества брикетов, производимых за один оборот валков. Для этого необходимо увеличить диаметр и ширину вала.

Для расчета размеры валков выбраны с учетом рационального расположения на них формующих элементов вышеуказанного размера:

диаметр прессующих валков $D = 777$ мм;

рабочая ширина прессующих валков $B = 700$ мм;

Выполнив расчет для увеличенных размеров формующих элементов и измененных параметров прессы, получаем его производительность, равную 30,2 т/час, что соответствует заданному значению.

Выбранные размеры валков отличаются от размеров валков прессы существующей конструкции, особенно ширина, которая возросла в два раза. В связи с этим принимаем новые компоновочные и конструктивные решения рабочих валков и линии привода (рис.3). Особенностью принятого решения является выполнение рабочих валков в виде двух обособленных пар с шириной 350 мм и раздельная подача материала на каждую пару. Такая конструкция вала обусловлена как техническими, так и технологическими условиями. Известно, что размер бункерного устройства (его ширина, определяемая размерами вала) влияет на величину критической скорости прессования [2]. При ширине валков 700 мм, как показывает расчет, значительно снижается критическая скорость и, следовательно, допустимая частота вращения валков. Раздельная подача материала на каждую пару снижает негативное влияние этого фактора, а также улучшает равно-

мерность распределения материала по ширине бочки вала. Кроме того, принятое конструктивное решение позволяет избежать консольных нагрузок, которые могли бы возникнуть при ширине 700 мм и компоновочной схеме, принятой ранее.

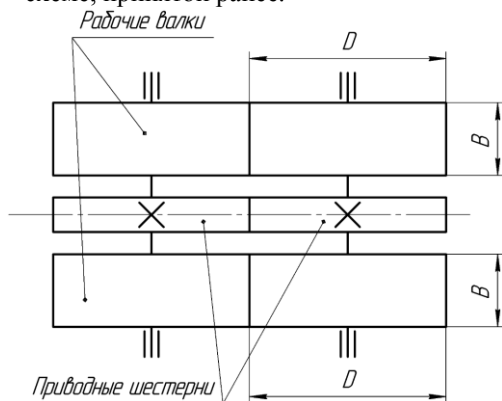


Рис.3. Схема расположения рабочих валков

Произведя аналогичные расчеты для шихты из коксовой мелочи с ЛСТ для выбранных конструктивных решений и параметров пресса, получили производительность 11...12 т/ч, что существенно выше производительности на существующем прессе конструкции ИЧМ. Для увеличения производительности пресса для шихты на основе коксовой мелочи можно согласно алгоритму изменить схему очага деформации за счет применения подпрессовщиков или многостадийного прессования.

Однако в ряде случаев задачу повышения производительности можно решить, используя двухвалковые прессы с предложенными новыми конструкторскими решениями и выбранными параметрами. Из практики брикетирования известно, что на разрыхление материала в зоне прессования вытесняемым воздухом существенное влияние оказывает гранулометрический состав и «связность» шихты, которая определяется свойствами связующего. Так, при прессовании на промышленных прессах конструкции ИЧМ той же коксовой мелочи не на ЛСТ, а на органическом связующем, обеспечивающем наилучшую из всех опробованных связок пластичность и «связность» шихты, допустимый скоростной диапазон увеличивается – кондиционные, с достаточной плотностью брикеты получаются при $n \approx 10 \text{ мин}^{-1}$.

Таким образом, применяя разработанную методологию и созданный на ее основе алгоритм, можно для конкретного материала достигать повышения производительности пресса, используя как конструктивные решения, так и технологические приемы. Для выполнения конструкторских разработок узлов и элементов пресса необходимо определить его энергосиловые характеристики – распорное усилие, момент от сил прессования и потребляемую мощность. Значение распорного усилия является основным показателем при расчете прочностных параметров несущих элементов пресса. Величина суммарного крутящего момента от сил прессования и потребля-

емая мощность оказывают существенное влияние на конструктивное исполнение привода.

С учетом принятых конструктивных решений, выполним расчет энергосиловых параметров по методике, разработанной в ИЧМ [3]. Свойствами материалов определяются не только технологические режимы процесса брикетирования, но и его энергосиловые характеристики, что необходимо учитывать при разработке конструкции валковых прессов. Для расчета использованы экспериментально полученные для тех же шихт зависимости $P = (K_v)$, отражающие влияние свойств материала на силовые параметры процесса:

для SiMn с 3,5 % ОС:

$$p = 1,6799 \times 10^{-2} \times K_v^{10,468}$$

для коксовой мелочи с 3% ОС:

$$p = 3,189 \times K_v^{7,2113}$$

(Для шихты на основе коксовой мелочи расчет энергосиловых характеристик выполним для варианта брикетирования на ОС, т. к. более высокая скорость прессования, которую можно принять в этом случае, повышает требования к приводу пресса).

Результаты расчета для выбранных составов шихт:

96,5% SiMn + 3,5% ОС

– угол начала прессования, $\alpha_{пр}$ 12,1°

– общее распорное усилие прессования, P 1500 кН

– общий крутящий момент, M 30 кНм

– мощность привода, N 35 кВт.

97% КМ + 3% ОС

– угол начала прессования, $\alpha_{пр}$ 15,38°

– общее распорное усилие прессования, P 2041 кН

– общий крутящий момент, M 50,1 кНм

– мощность привода, N 58,4 кВт

– производительность пресса, Q 20 т/час.

При $n = 10 \text{ мин}^{-1}$ пресс обеспечит производительность по брикетам из коксовой мелочи, равную 20 т/ч.

Полученные расчетные результаты использованы при выборе технических показателей, конструктивных решений линии привода и отдельных узлов, компоновочных схем пресса повышенной производительности. Для обеспечения надежности конструкции пресса для прочностных расчетов его узлов приняты максимальные распорное усилие 2300 кН и мощность привода 110 кВт. На их основе, именно с учетом таких значений, разработана техническая документация на изготовление пресса новой конструкции.

Анализ данных, полученных в ИЧМ ранее при изучении характеристик уплотнения широкого круга шихт, их сопротивления сжатию, показывает, что требуемый для их брикетирования на прессе с выбранными размерами

валков диапазон Р и М не выходит за пределы диапазона, полученного в результате приведенных выше расчетов. Производительность пресса, естественно, будет зависеть от вида шихты. Расчетные значения производительности при брикетировании на разработанном прессе ряда металлургических материалов, технологические регламенты на производство брикетов из которых в разное время разрабатывались в ИЧМ, приведены в таблице ($Q_{кр}$ и $Q_{мас}$ – производительности, соответствующие критической частоте вращения валков и максимальной производительности, при которой плотность брикета не выходит за пределы требований технологического регламента).

Таблица. Расчетная производительность пресса при брикетировании различных шихт

№ № пп	Шихта	$\rho_{нас},$ г/см ³	$\rho_{бр},$ г/см ³	$n_{кр},$ МИ Н ⁻¹	$Q_{кр},$, т/ч ас	$n_{доп},$ МИН -1	$Q_{мас},$, т/ча с
1	96,5 SiMn + 3,5 % ОС	2,28	4,8– 4,4	5,7 5	38, 5	10,0	63,0
2	90 % металлошихты (продукт переработки шлака) + 10 % известко- вой пыли	1,72– 1,80	3,1– 2,9	7,0	30, 5	13,5	54,9
3	90 % железорудного концентрата + 2 % ОС + 8 % цемента	1,50– 1,60	3,45– 3,20	6,0	29, 2	11,5	46,0
4	90 % аглодоменного шлама + 10 % цемента	1,0– 1,15	2,4– 2,3	4,9	16, 5	7,75	25,0
5	91 % флюоритового концентрата + 9 % жид- кого стекла	0,88– 0,92	2,18– 2,10	4,2	12, 8	6,4	18,8
6	95,5 % угольной смеси для коксования + 4,5 % мелассы	0,54	1,22– 1,17	2,8	4,8 1	5,1	8,4
7	90 % коксовой мелочи + 10 % ЛСТ	0,49	1,45– 1,21	2,3	4,7	6,2	11,0

Заключение. Таким образом, на примере выбранных шихтовых материалов показано, что разработанный алгоритм позволяют решать поставленную задачу выбора конструктивных решений по созданию высокопроизводительного валкового пресса, предназначенного для брикетирования широкого круга мелкофракционных сырьевых материалов и отходов металлургического производства.

1. *Методология* выбора методов и средств повышения эффективности работы валковых прессов прессах. / Б.Н.Маймур, В.И.Петренко, И.Г.Муравьева, С.В.Ващенко // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб. научн. трудов ИЧМ НАН Украины. – Вып.21.– 2010. –С.322–330.
2. *Исследование* влияния скорости уплотнения на результаты брикетирования мелкофракционных шихт в валковых прессах. / В.А.Носков, К.В.Баюл, Б.Н.Маймур, В.И.Петренко // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2008. – №3. – С.113 – 117
3. *Носков В. А., Петренко В.И.* Методика расчета технологических и энергосиловых параметров брикетирования шихт в валковых прессах // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб. научн. трудов ИЧМ НАН Украины. Вып. 6. – 2003. – С.391 – 400.

*Статья рекомендована к печати
академиком НАН Украины В.И.Большаковым*

Б.М.Маймур, В.І.Петренко, О.Т.Лебідь, С.В.Ващенко

Вибір і розрахунок технічних характеристик та конструктивних параметрів валкового брикетного пресу заданої продуктивності

Розроблено алгоритм вибору і розрахунку конструктивних та енергосилових параметрів валкового пресу заданої продуктивності. Продемонстрована робота алгоритму. Виконані розрахунки енергосилових, технічних і технологічних параметрів, вибрані конструкторські рішення пресу для шихт з конкретними фізико-механічними властивостями.