

Остапенко М.А., Нестеров Н.А. (ДонНТУ)

### УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРИБОР И МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУРОГО УГЛЯ

*Разработан и испытан универсальный прибор который обеспечивает проведение комплексных исследований физико механических свойств бурого угля и других зернистых и сыпучих материалов. Прибор имеет более высокую точность за счет регистрации и учета сил трения испытуемого сыпучего материала о стенки матрицы. Рассмотрена методика комплексного исследования физико механических свойств бурого угля.*

Требования к повышению точности исследования физико-механических свойств бурых углей оказывают определяющее влияние на повышение качества проектирования и надежности при эксплуатации оборудования стадии подготовки углей к термической и химико-технологической переработке.

Вышеизложенное, а также отсутствие стандартных приборов высокой точности послужило основанием для проведения настоящей работы, в которой учтены рекомендации известных разработок [1, 2].

В основу разработки прибора положены следующие требования: простота конструкции универсальность высокая точность.

Указывая на универсальность, учитывается возможность разностороннего использования прибора: изучение сопротивления внутреннему и внешнему сдвигу определение коэффициента бокового давления изучение компрессионных свойств.

При разработке конструкции прибора принималось во внимание разнообразие методов измерения сопротивления материалов внутреннему сдвигу, из которых можно выделить три группы [3]: сдвиг по одной или двум заранее фиксированным плоскостям раздавливание образца при одноосном или трехосном сжатии определение сопротивления сдвигу по углу естественного откоса.

Первый способ наиболее полно соответствует условиям передвижения бурого угля в герметичном канале из камеры полуконусования в камеру газификации под воздействием механических устройств [4].

Второй способ широко используется при исследовании сопротивления грунтов, а третий при исследовании поведения сыпучих материалов в устройствах для их открытого хранения или открытого транспортирования ленточными и скребковыми конвейерами.

Способы первой группы, в свою очередь, могут быть разделены на две подгруппы: способы поперечного (прямого) сдвига способы кольцевого сдвига.

Наиболее простыми по конструкции приборами для поперечного сдвига являются односрезные приборы. Это послужило основанием для принятия их в качестве прототипа.

Недостатком существующих односрезных приборов для изучения внутреннего сдвига является низкая точность измерения усилия нормального к плоскости сдвига. Уменьшение влияния не учитываемых сил трения исследуемого материала о стенки матрицы достигается путем увеличения диаметра матрицы. При этом увеличиваются габариты прибора, ограничивается диапазон исследований, что связано с трудностью создания

больших нагрузок нагрузка неравномерно распределяется по плоскости сдвига, что в свою очередь, снижает точность прибора.

Подобного рода недостаток присущ также приборам для изучения сопротивления внешнему сдвигу [5] и приборам для компрессионных испытаний сыпучих материалов [6].

Указанные недостатки устранены в универсальном приборе, который разработан на кафедре машин и аппаратов химических производств ДонНТУ. Прибор позволяет проведение комплексных исследований физико-механических свойств бурого угля и других зернистых и сыпучих материалов.

На рисунке 1 приводится схема настройки прибора для исследования сопротивления бурого угля внутреннему сдвигу.

Показателями сопротивления внутреннему сдвигу являются: коэффициент внутреннего трения начальное удельное сопротивление сдвигу.

Прибор монтируется на опорной плите 1 и содержит нижнюю матрицу 17, установленную на тележку 15, верхнюю матрицу 13 с фланцем 12, который устанавливается на силоизмерители 2 и 14. Для регулирования зазора между нижней матрицей 17 и верхней матрицей 13 в резьбовые отверстия фланца 12 установлены винты 4 и 10, упирающиеся в силоизмерители 2 и 14. Для предотвращения перекоса верхней матрицы 13 к фланцу 12 крепятся втулки 3 и 11, скользящие по направляющим стойкам 5 и 9. Усилие на пуансон 8 и материал 16 создается винтом 6 и измеряется динамометром 7. Силы трения материала о стенки верхней матрицы регистрируются силоизмерителями 2 и 14 и учитываются при определении среднего напряжения нормального к плоскости сдвига. Усилие сдвига создается механизмом, исполнительным звеном которого является шток 21 винтового редуктора 22. Усилие сдвига измеряется динамометром 20, который крепится к тяге 19 нижней матрицы 17. Расположение тяги 19 должно быть таким, чтобы линия действия усилия сдвига лежала в плоскости сдвига [7]. Для регистрации перемещения нижней матрицы 17 к опорной плите 1 крепится микрометрический индикатор 18 часового типа.

При исследовании внешнего сдвига к нижней матрице 17 крепится образец с исследуемой твердой поверхностью, обращенной в сторону верхней матрицы 13. Бурый уголь заполняет только верхнюю матрицу. Винтами 4 и 10 регулируется зазор между верхней матрицей и исследуемой поверхностью.

При исследовании компрессионных свойств бурого угля нижняя матрица 17 и тележка 15 удаляются, а на их место устанавливается неподвижный пуансон, входящий в верхнюю матрицу 13. Перемещение пуансона 8 и матрицы 13 под нагрузкой регистрируется микрометрическими индикаторами часового типа.

### **Методика определения коэффициента внутреннего трения бурого угля**

Различают медленный сдвиг и быстрый сдвиг [8].

При медленном сдвиге сдвигающую силу увеличивают только после прекращения деформации сдвига, вызванной предыдущей ступенью этой силы. При быстром сдвиге увеличение сдвигающей силы производят быстро, не ожидая прекращения деформаций.

Медленный сдвиг соответствует условиям работы грунтов под сооружениями и широко применяется при исследовании сопротивления сдвига грунтов.

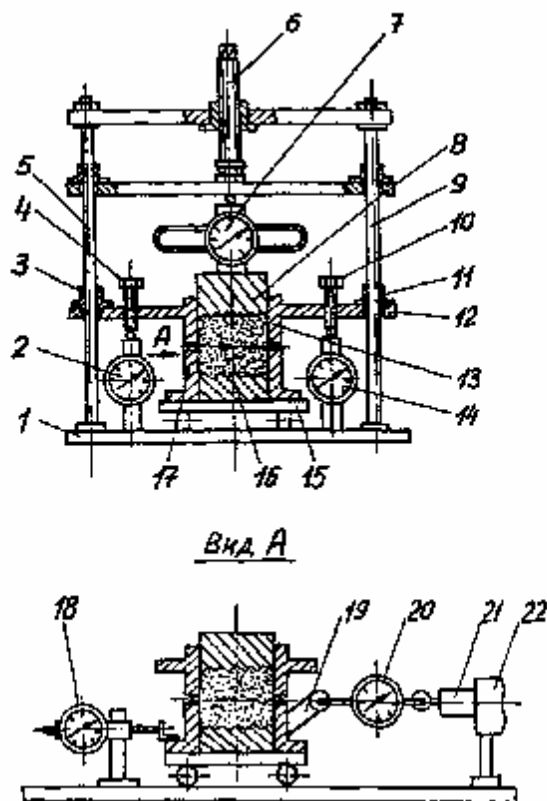


Рис. . Схема настройки прибора при определении коэффициента внутреннего трения бурого угля.

Быстрый сдвиг более полно соответствует поведению сыпучего материала в машинах и аппаратах для его переработки и поэтому применен в рассматриваемом приборе (скорость приложения сдвигающей нагрузки составляет 0,001 м/с).

Исследование сопротивления внутреннему сдвигу проводится в следующей последовательности: а) тележка 15 устанавливается так, чтобы оси нижней матрицы 17 и верхней матрицы 13 совпадали б) винты 4 и 10 выкручиваются до тех пор, пока верхняя матрица 13 не опустится на нижнюю матрицу 17 в) нижняя матрица 17 и верхняя матрица 13 заполняются бурым углем г) устанавливается пуансон 8 и динамометр 7. Вращением винта 6 создается необходимое усилие на пуансон 8 д) устанавливается динамометр 20 для измерения усилия сдвига е) устанавливается зазор между нижней матрицей 17 и верхней матрицей 13 путем одновременного вращения винтов 4 и 10 до упора с силоизмерителями 2 и 14 величина зазора между матрицами должна быть большей, чем максимальный размер частиц исследуемого бурого угля ж) снимаются показания динамометра 7, регистрирующего усилие, приложенное к пуансону 8, и показания силоизмерителей 2 и 14, регистрирующих силы трения исследуемого материала о стенки верхней матрицы 13 и) включается механизм перемещения нижней матрицы и производится сдвиг, при котором динамометром 20 регистрируется максимальное усилие, предшествующее сдвигу к) определяется среднее напряжение нормальное к плоскости сдвига по формуле

$$\sigma = 4 F_1 - F_2 / \pi d^2 ,$$

где  $F_1$  — усилие, приложенное к пуансону  $F_2$  — силы трения бурого угля о стенки верхней матрицы  $d$  — диаметр верхней и нижней матриц  
л) определяется удельное сопротивление сдвигу

$$\tau = 4(F_3 - F_0) / \pi d^2$$

где  $F_3$  — максимальное усилие, предшествующее сдвигу, измеряемое динамометром 20  $F_0$  — сопротивление холостого перемещения тележки по опорной плите при рабочей нагрузке

м) начальное удельное сопротивление сдвигу  $\tau_0$  определяется по вышеприведенной методике при сдвиге после снятия уплотняющей нагрузки  
н) коэффициент внутреннего трения определяется по формуле

$$f = \tau - \tau_0 / \sigma.$$

### Методика определения коэффициента внешнего трения бурого угля

Определение коэффициента внешнего трения проводится в следующей последовательности: а) тележку устанавливают так, чтобы оси нижней и верхней матриц совпадали б) образец с исследуемой твердой поверхностью крепится к нижней матрице в) винты 4 и 10 выкручивают до тех пор, пока верхняя матрица полностью не опустится на поверхность образца г) верхняя матрица заполняется исследуемым бурым углем д) на бурый уголь в верхней матрице устанавливается пуансон е) на пуансон 8 устанавливается динамометр 7 и вращением винта 6 создается необходимое усилие ж) устанавливается динамометр 20 для измерения усилия сдвига и) устанавливается зазор между верхней матрицей и поверхностью образца одновременным вращением винтов 4 и 10 до упора с силоизмерителями 2 и 14 к) снимаются показания динамометра 7, регистрирующего усилие, приложенное к пуансону 8, и показания силоизмерителей 2 и 14, регистрирующих силы трения исследуемого бурого угля о стенки верхней матрицы 13 л) включается механизм передвижения нижней матрицы и производится сдвиг образца относительно бурого угля м) динамометром 20 регистрируется усилие сдвига н) рассчитывается коэффициент внешнего трения бурого угля при его сдвиге относительно поверхности образца

$$f = (F_3 - F_0) / (F_1 - F_2).$$

### Методика компрессионных испытаний бурого угля

Целью компрессионных исследований является установление зависимости между средним напряжением и относительной деформацией бурого угля в замкнутом объеме.

В представляемом приборе результаты компрессионных исследований позволяют определить комплексный коэффициент — и коэффициент бокового давления .

Компрессионные испытания проводятся в следующей последовательности:

а) винтами 4 и 10 добиваются, чтобы сила тяжести матрицы 13 равномерно распределялась между силоизмерителями 2 и 14 б) после

заполнения матрицы 13 бурым углем устанавливается пуансон 8, динамометр 7 и записываются начальные показания динамометров и индикаторов в) винтом 6 к пуансону 8 прикладывается заданная нагрузка г) после прекращения деформации бурого угля, вызванного приложенной нагрузкой, производится съем показаний динамометра 7, силоизмерителей 2 и 14 и индикаторов д) определяется среднее напряжение на рабочей поверхности пуансона 8, т.е. на поверхности его контакта с бурым углем

$$\sigma_1 = 4F_1 / \pi d^2$$

е) определяется среднее напряжение на поверхности неподвижного пуансона.

$$\sigma_2 = 4(F_1 - F_2) / \pi d^2$$

ж) определяется среднелогарифмическое напряжение по высоте образца

$$\sigma^1 = (\sigma_1 - \sigma_2) / (\sigma_1 / \sigma_2)$$

и) определяется величина комплексного коэффициента из выражения для определения силы трения бурого угля о стенки матрицы 13

$$F_2 = \sigma^1 k \pi d h f,$$

где  $h$  — высота уплотненной массы бурого угля, которая соответствует напряжениям  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ .

$$k f = F_2 / \sigma^1 \pi d h$$

к) определяется коэффициент бокового давления как частное от деления комплексного коэффициента на коэффициент внешнего трения

л) определяется среднее объемное напряжение (шаровой тензор напряжений) при уплотнении сыпучего материала в замкнутом объеме

$$\sigma_{cp} = \sigma^1 (1 + 2k) / 3$$

м) определяется относительная деформация бурого угля

$$\varepsilon = h / h_0,$$

где  $h$  — деформация бурого угля на рассматриваемой стадии нагружения, которая определяется микрометрическими индикаторами часового типа  $h_0$  — начальная высота бурого угля в матрице

н) определяется плотность бурого угля на рассматриваемой стадии нагружения по формуле

$$\rho = \rho_0 / (1 - \varepsilon),$$

где  $\rho_0$  — начальная плотность бурого угля

о) методом наименьших квадратов определяются коэффициенты компрессионной кривой. В узком диапазоне напряжений для данной кривой может быть предложено уравнение

$$\rho = \alpha \sigma_{cp}^{\beta},$$

автором которого является С.П. Веретельник [9].

## Литература

1. Карнаушенко Л.И. Исследование и разработка методик для определения механических свойств сыпучих материалов: Автореф. дис. канд. техн. наук. Кривой Рог, 1970.
2. РД РТМ . Метод выбора оптимального типа питателей, смесителей и измельчителей.
3. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. Основные компоненты грунта и их взаимодействие. М.: Стройиздат, 1973. 375 с.
4. Бутхарейт Л.В., Унгул В.С., Остапенко М.А. и др. Экспериментальные исследования процессов комплексной переработки бурых углей// Уголь Украины, 1996. № 9. С. 9–10.
5. Андрианов Е.И. Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов. М.: Химия, 1982. 255 с.
6. Гольдштейн М.Н., Царьков А.А., Черкасов И.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Транспорт, 1981. 320 с.
7. Клейн Г.К. Строительная механика грунтов. М.: Стройиздат, 1977. 256 с.
8. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. Напряженно-деформативные и прочностные характеристики. М.: Стройиздат, 1979. 304 с.
9. Веретельник С.П. Исследование продвижения шихты в камере непрерывного коксования с разработкой проталкивающего устройства: Автореф. дис. канд. техн. наук.- Москва, 1977.

© Остапенко М А Нестеров Н А

УДК 662.741

**Саранчук В.И.** (ИнФОУ), **Гребенюк А.Ф.** (ДонНТУ), **Власов Г.А.** (АКХЗ), **Чернова О.А., Збыковский Е.И.** (ДонНТУ)

### НОВЫЙ СПОСОБ ОТВОДА КОКСОВОГО ГАЗА

*В результате исследований проведенных на промышленной батарее с двумя газосборниками предложен способ отвода коксового газа применение которого позволит получить коксовый газ с низким содержанием кислорода и смолу с низким содержанием твердых частиц что улучшит технико-экономические показатели коксохимического производства*

Задача эффективного охлаждения и очистки коксового газа является очень актуальной для современного коксохимического производства Украины. Это связано с огромным ресурсным потенциалом коксового газа как химического и энергетического сырья.

Существующие ныне схемы отвода парогазовых продуктов можно разделить по количеству газосборников на схемы с одним и двумя газосборниками.

При использовании двух газосборников коксовый газ из камеры коксования одновременно отводится двумя стояками в соответствующий газосборник, откуда через перекидной газопровод, в общий газопровод, соединяющий коксовую батарею с цехом улавливания [1, 2]. Этот способ имеет некоторые недостатки. Основным является перетекание охлажденного газа из одного газосборника в другой через подсводное пространство из-за возникающей разницы давлений в газосборниках. Не менее значительным недостатком является нарушение теплового и гидравлического режима при забивании форсунок аммиачной воды в колене [3], поскольку это приводит к уменьшению температуры подсводного пространства. Все недостатки приводят к ухудшению качества кокса, а, следовательно, к снижению технико-экономических показателей производства.