

УДК 622.272.633:622.02:539.2/.8

Васильев Д.Л., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Поляков Ю.Е., магистр
(ИГТМ НАН Украины)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫБРОСООПАСНЫХ ПЛАСТОВ

Васильев Д.Л., канд. техн. наук, ст. науч. співр.,
Поляков Ю.Є., магістр
(ІГТМ НАН України)

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПЛАСТІВ

Vasilyev D.L., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
Polyakov Yu.E., M.S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

METHOD FOR DETERMINING THE INDICES OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF OUTBURST SEAMS

Аннотация. В данной статье рассматривались показатели физико-механических свойств выбросоопасных пластов, при их экспериментальном изучении, путём определения предела сопротивления сдвигу против напластования и по напластованию, коэффициента внутреннего трения угля и контактного трения между пластом и породами кровли. Все работы проводились на экспериментальном стенде, для определения вышеуказанных параметров по разработанной методике определения показателей физико-механических свойств выбросоопасных пластов, суть которой состоит в определении зависимости сдвигающего разрушающего усилия от нормальной сжимающей нагрузки. В основе положенных экспериментов рассматривались образцы из разрабатываемых пластов i'_3 и k_2^H , которые являются наиболее выбросоопасными в ПАО «Краснодонуголь».

Установлено, что значения коэффициента и угла внутреннего трения проб угля пласта i'_3 ПАО «Краснодонуголь» составляют вдоль напластования $\mu=1,1$ и $\rho = 48^\circ$ соответственно, перпендикулярно напластованию $\mu=1,0$ и $\rho = 45^\circ$, предел сопротивления сдвигу вдоль напластования – $k_n=0,3-0,4$ МПа, перпендикулярно напластованию – 1,4-1,8 МПа. А для пласта k_2^H по напластованию и против напластования составляют $\mu=0,82-0,85$ и $\rho = 39-40^\circ$ соответственно, предел сопротивления угля сдвигу по напластованию составляет 0,5-0,6 МПа, перпендикулярно напластованию – 1,4-1,6 МПа.

Ключевые слова: коэффициент внешнего трения, линия скольжения, фрикционные свойства, сопротивления сдвигу, контактное трение, гидрорыхления.

Актуальность задачи. Данное исследование должно помочь в дальнейшей разработке теоретических основ повышения эффективности гидрорыхления, как способа борьбы с внезапными выбросами угля и газа. Это является необходимым для уменьшения происшествий, связанных с газодинамическими явлениями на шахтах.

Разработка более эффективных параметров гидрорыхления в большей степени зависит от корректного определения физико-механических свойств. В настоящее время, выполняются достаточно широкие исследования по оценке выбросоопасных угольных пластов подвергшихся гидравлической обработки [1-4].

Однако выполненные авторами исследования показывают необходимость дальнейших разработок в данном направлении.

Основное содержание работы. Прежде, чем подойти к разработке теоретических основ расчета разгрузки призабойной части изучим показатели физико-механических свойств выбросоопасных пластов, на которых намечено внедрение этих основ. Из разрабатываемых пластов ПАО «Краснодонуголь» i'_3 и k_2^H являются выбросоопасными. Для расчета параметров разгрузки призабойной части угольных пластов необходимы экспериментальные значения предела сопротивления сдвигу против напластования, коэффициента внутреннего трения угля и контактного трения между пластом и породами непосредственной кровли. Поэтому в процессе проведения горно - экспериментальных работ по сравнительному испытанию статического и гидроимпульсного рыхления проводился отбор проб угля и породы из обрабатываемых забоев пластов i'_3 и k_2^H ПАО «Краснодонуголь». Эти пробы предварительно готовились в ИГТМ НАНУ и отвозились в Таврический национальный университет (ТНУ), где вед. научн. сотр., канд. физ.-мат. наук Ю.А. Костандовым и инж. В.С. Медведевым подвергались дальнейшей обработке и проводились определения показателей физико-механических свойств [6] согласно методике. Производилось определение углов внешнего трения пар уголь-уголь из проб угля выбросоопасного пласта i'_3 . Поскольку методика не предусматривала определение предела прочности сдвига горных пород, была разработана дополнительная методика [7]. Полученные в ТНУ экспериментальные данные были обработаны. Результаты определения зависимости сдвигающего усилия F_c от нормальной сжимающей нагрузки P_n для контактирующих пар уголь-уголь приведены на рис. 1.

На этом же рисунке представлены линии тренда для экспериментально определенных точек указанных зависимостей, их уравнение в виде $F_c = bP_n$. В качестве b следует понимать удвоенный коэффициент внешнего трения:

$$b = 2f_k = \frac{F_c}{P_n}. \text{ Величина достоверности аппроксимации } R^2 \text{ при этом для пары}$$

уголь-уголь составляет 0,97 при доверительной вероятности 0,95. Из этого следует, что в исследуемом диапазоне нагрузок зависимость сдвигающего усилия от нормальной сжимающей нагрузки можно считать линейной.

Таким образом, значения коэффициента внешнего трения для контактирующей пары уголь-уголь, отобранной из проб угля пласта i'_3 , составляет $f_k = 0,45$. Наряду с этим были проведены эксперименты по определению показателей фрикционных свойств пласта k_2^H . На рис. 2 приведены результаты определены внешнего трения пары уголь-уголь и пары уголь-песчанистый сланец.

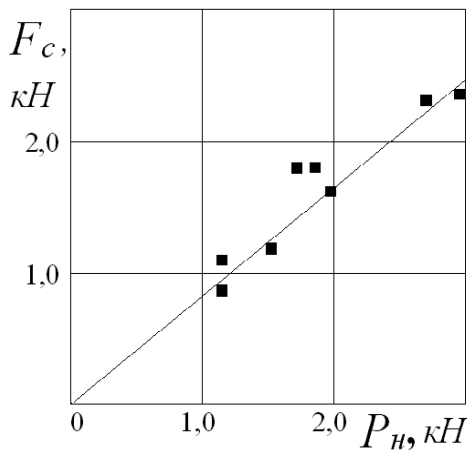


Рисунок 1 - Зависимость сдвигающего усилия F_c от нормальной сжимающей нагрузки P_n для контактирующей пары уголь-уголь

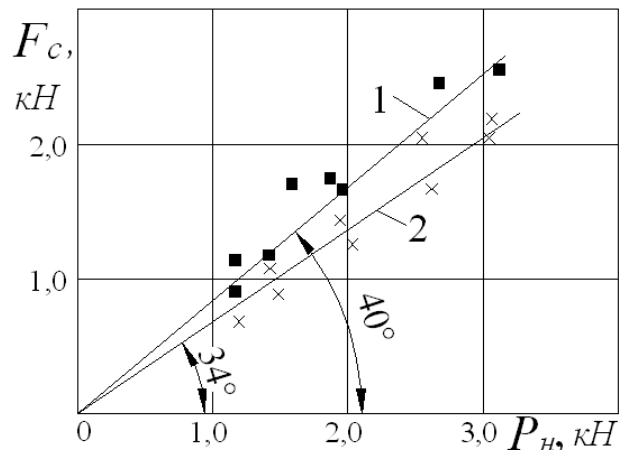


Рисунок 2 – Зависимости сдвигающего усилия F_c от нормальной сжимающей нагрузки P_n для контактирующих пар уголь-уголь (1) и уголь-порода (2) для образца угля шахтопласта k_2^H

Коэффициенты внешнего трения для пары уголь-уголь составляет 0,4-0,41, для пары уголь-песчанистый сланец – 0,33-0,35 (рис. 3).

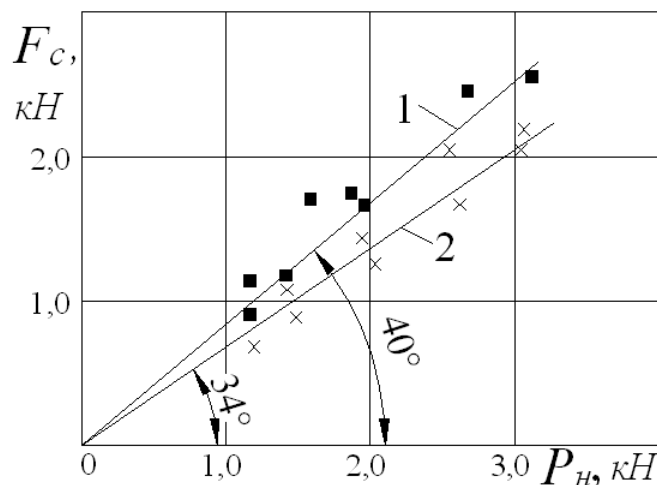


Рисунок 3 – Зависимости сдвигающего усилия F_c от нормальной сжимающей нагрузки P_n для контактирующих пар уголь-уголь (1) и уголь-порода (2) для образца угля пласта k_2^H

Так же можно отметить, что не было получено снижения коэффициента внешнего трения, как это имело место для габбро и мрамора. Анализ данных других исследователей [4] показывает, что для многих пород наблюдается не только падение, но и возрастание и стабилизация коэффициента внешнего трения от нормальной нагрузки.

В последующем из образцов этого угля проводилось определение предела сопротивления угля сдвигу, коэффициентов и углов внутреннего трения [1,3]. Суть методики состоит в определении зависимости сдвигающего разрушающе-

го усилия от нормальной сжимающей нагрузки. Для этого стенд (рис. 4 и рис. 5) был оснащен соответствующим оборудованием и измерительной аппаратурой.

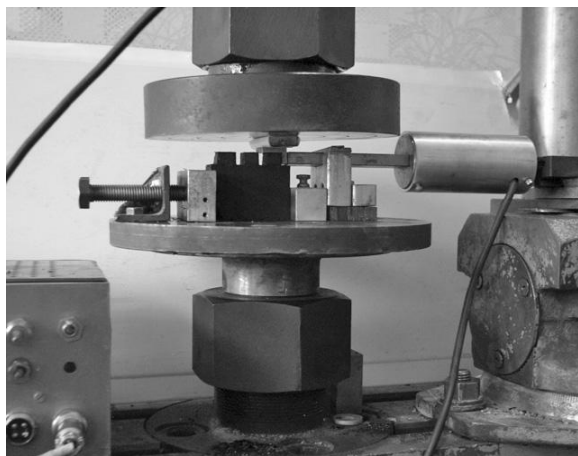


Рисунок 4 – Стенд для определения зависимости сдвигающего разрушающего усилия от нормальной сжимающей нагрузки

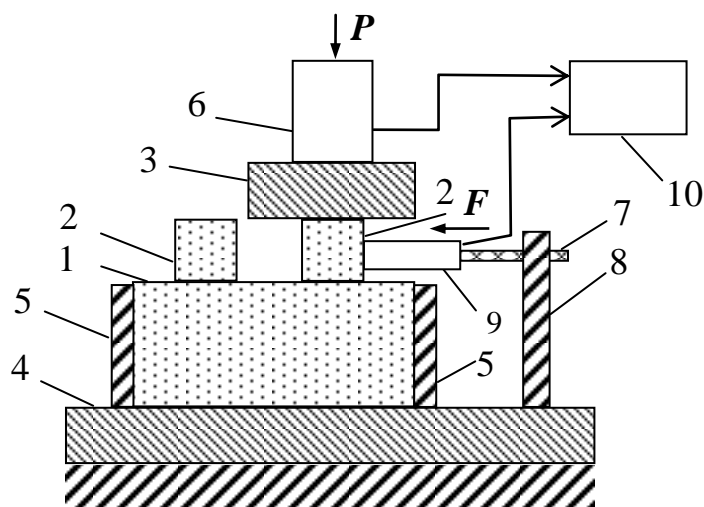


Рисунок 5 – Схема стенда определения зависимости сдвигающего разрушающего усилия от нормальной сжимающей нагрузки

Методика определения показателей угла состоит в изготовлении из проб угля выбороопасного пласта i_3 ПАО «Краснодонуголь» образцов в виде прямоугольных параллелепипедов размером от 30x45x20 мм до 45x55x25 мм с выступами на одной из его узких граней. При этом выступы выполнены также в виде прямоугольных параллелепипедов размером - 10x12x12 мм. Фотография одного из образцов, предназначенного для определения угла внутреннего внешнего трения, представлена на рис.6.

Образец (см. рис.6) располагают между плоскими поверхностями двух стальных плит пресса (рис. 5) так, что первая плита пресса 3 соприкасается с одним из двух выступов, а вторая плита 4 - с противоположной ему гранью образца. Боковые грани образца 1 соприкасаются с упорами 5, жестко закрепленными относительно второй плиты пресса 4.

Через упругий элемент 6 с тензометрическим мостом осуществляют одноосное сжатие образца с выступом силой P_n . Вращая винт 7 в опоре 8, жестко закрепленной относительно второй плиты 4, через упругий элемент 9 с тензометрическим мостом воздействуют на выступ 2 образца 1 сдвигающей нагрузкой F_c , ортогональной силе P_n . Сигналы от тензометрических мостов упругих элементов 6 и 9 подают в регистрирующее устройство 10, в качестве которого использовался аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) АДА1292А и устройство памяти компьютера. При этом результат регистрации изменяющихся во времени величин P_n и F_c отображается в реальном времени на мониторе компьютера в виде графиков. Сдвигающую нагрузку F_c увеличивают вращением винта 7 до значения F_c , при котором происходит разрушение сдвигом первого

выступа 2 относительно образца и которое определяют по излому кривой F_c (рис. 7).

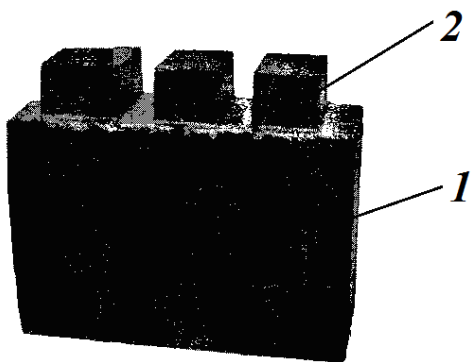


Рисунок 6 – Угольный образец для определения предела сопротивления угля сдвигу и угла внутреннего трения

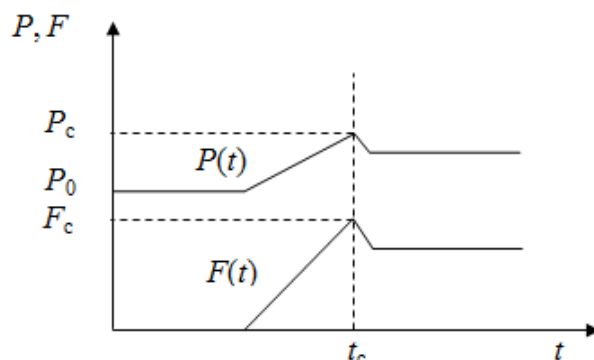


Рисунок 7 – Изменение во времени t сжимающей $P(t)$ и сдвигающей $F(t)$ нагрузок

Затем определяют соответствующее этому моменту времени значение силы P_n , которое превышает первоначальную силу сжатия за счет действия на образец нагрузки F_c . После этого устанавливают значения F_c и P_n , соответствующие разрушению образца, состоящего в сдвиге второго (третьего и т.д.) выступа 2 относительно образца.

Тарировка упругих элементов 6 и 9 (рис. 5) с тензометрами производилась на прессе УН-7 в комплексе с регистрирующими устройствами. Для выбранной схемы нагружения можно записать

$$F_c = F_0 + \mu P_n + f_k P_n, \quad (1)$$

где $F_0 = k_n \cdot S_b$, -сила сдвига при $P_n=0$; (2)

где k_n – предел сопротивления сдвигу; S_b – горизонтальная площадь выступа на образце; μ - коэффициент его внутреннего трения; f_k - коэффициент внешнего трения образца по плите 3 (см. рис. 5).

Тогда

$$\mu = \frac{F_c + F_0}{P_n} - f'_k \quad (3)$$

и угол внутреннего трения $\rho = \arctg \mu$.

Для снижения влияния величины внешнего трения на величину коэффициента внутреннего трения и уменьшения погрешности его определения между образцом и плитой пресса 3 устанавливались, как показано на рис. 5, стальной уголок и фторопластовая пластина толщиной 0,1 мм. Это позволило снизить величину f_k на величину $f'_k = 0,036$, равного коэффициенту внешнего трения фторопласта относительно стали, и тем самым существенно уменьшить влия-

ние внешнего трения выступа по стали плиты на формирование НДС образца. Результаты замеров представлены на рисунке 8.

На рис. 8 представлены также линии тренда для соответствующих зависимостей в виде уравнения $F_c = bP_n + F_0$, где в качестве b следует понимать сумму коэффициентов внутреннего μ и внешнего трения. Здесь следует для пары сталь-фторопласт принять $f'_k = 0,07$.

Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных линейных зависимостей (рис. 8) при доверительной вероятности 0,95 по коэффициенту корреляции составляла 0,94. Из этого следует, что в исследуемом диапазоне нагрузок зависимости разрушающего сдвигающего усилия от нормальной сжимающей нагрузки можно считать линейными. Из перерасчета следует, что значения коэффициента и угла внутреннего трения проб угля пласта i'_3 ПАО «Краснодонуголь» составляют вдоль напластования $\mu = 1,1$ и $\rho = 48^\circ$ соответственно, перпендикулярно напластованию $\mu = 1,0$ и $\rho = 45^\circ$, предел сопротивления сдвигу вдоль напластования – $k_n = 0,3-0,4$ МПа, перпендикулярно напластованию – 1,4-1,8 МПа, который определяется по формуле (2) при $P_n = 0$. Было проведено определение предела сопротивления сдвигу и коэффициентов внутреннего трения по напластованию и перпендикулярно напластованию образца из угля пласта k_2^H (рис. 9).

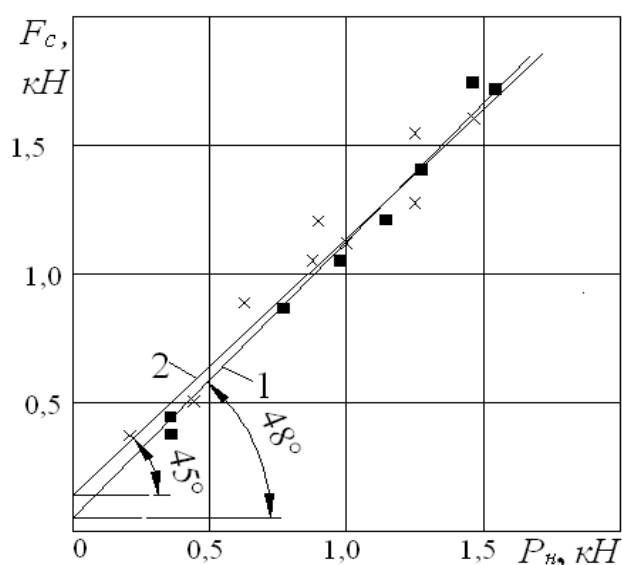


Рисунок 8 – Зависимости сдвигающего разрушающего усилия F_c от нормальной сжимающей нагрузки P_n по напластованию (1) и перпендикулярно напластованию (2) для проб угля пласта i'_3

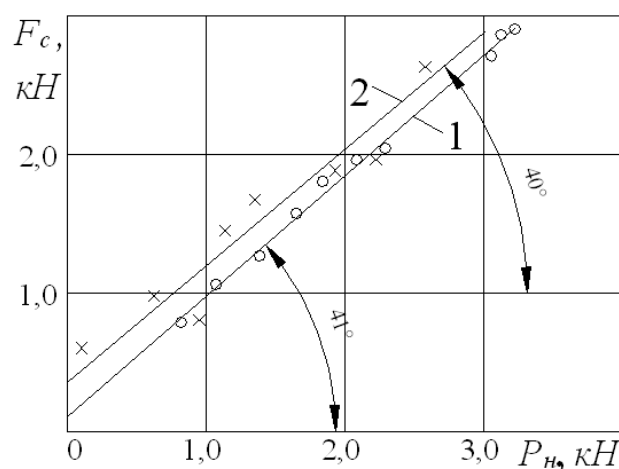


Рисунок 9 – Зависимости сдвигающего разрушающего усилия F_c от нормальной сжимающей нагрузки P_n по напластованию (1) и перпендикулярно напластованию (2) для образца угля пласта k_2^H

Величина достоверности R^2 аппроксимации экспериментальных данных линейной зависимостью, указанная на рис. 9, составляла 0,92, при доверительной вероятности 0,95, коэффициент корреляции – 0,95. Из этого следует, что в ис-

следуемом диапазоне нагрузок зависимости разрушающего сдвигающего усилия от нормальной сжимающей нагрузки можно считать линейными.

Таким образом, значения коэффициента и угла внутреннего трения проб угля из пласта k_2^H по напластованию и против напластования составляют $\mu=0,82 - 0,85$ и $\rho = 39-40^\circ$ соответственно, предел сопротивления угля сдвигу по напластованию составляет 0,5-0,6 МПа, перпендикулярно напластованию – 1,4-1,6 МПа. Судя по численным значениям, более крепкие угли принадлежат пласту i_3' . Поэтому расчет проведем по этому пласту, так как он труднее подвергается разгрузке при гидрорыхлении.

Важно отметить еще одну особенность – правомерность применения разработанных методов расчета параметров предельного состояния пород к трещиноватому угольному пласту. В книге [8] приводится закономерность изменения относительной прочности трещиноватых пород к прочности монолитной породы от угла наклона трещин к направлению сжатия (рис. 10).

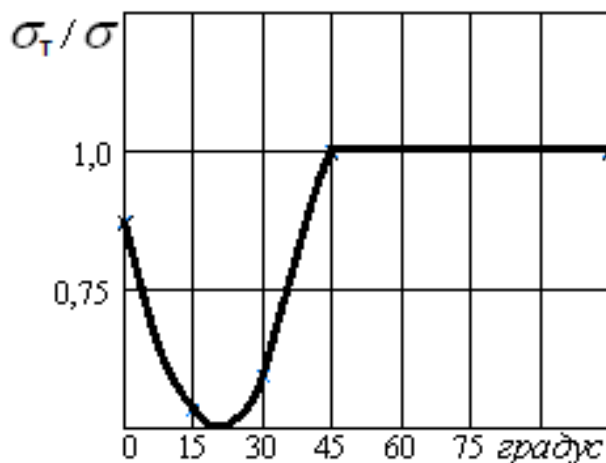


Рисунок 10 - Экспериментальные исследования изменения относительной прочности трещиноватых пород к прочности монолитной породы от угла наклона трещин к направлению сжатия

Из этого рисунка можно прийти к выводу, что напластование пологих угольных пластов с углом падения до 45° не влияет на их прочность, что свидетельствует о возможности применения к этим пластам разработанных методов предельного состояния горных пород.

Решения задач о предельном состоянии тел с учетом внутреннего и внешнего трения, требует экспериментального обоснования и проверки. Это необходимо для возможности корректной постановки и проверки решения фундаментальных задач определяющих коэффициенты трения заданных пар материалов в тех же условиях и на тех же сериях образцов, которые используются при исследовании их предельного состояния.

В связи с этим были проведены исследования по определению зависимостей максимального касательного контактного напряжения τ_k от величины сжимающей нагрузки [9-10]. Согласно этому образец, (рис. 11), изготовленный из ис-

следуемого материала в виде прямоугольного параллелепипеда размерами 50 x 50 x 20 мм, располагали между плоскими поверхностями двух стальных плит 2 (см. рис.11) и подвергали одноосному сжатию силой N между этими плитами. Сжатие осуществляли с помощью испытательной машины УМЭ-10ТМ через упругий элемент 3 с тензометрическим мостом. Величину сжатия доводили до значения N_0 . После этого на образец 1 воздействовали сдвигающей нагрузкой F , ортогональной силе N за счет вращения винта 4 в опоре 5, жестко закрепленной относительно плиты 2. Воздействие осуществляли через упругий элемент 6 с тензометрическим мостом. Сигналы от тензометрических мостов упругих элементов 3 и 6 подаются в регистрирующее устройство 7, представляющее собой аналогово–цифровой преобразователь ADA-1292 и устройство памяти компьютера. При этом результат регистрации изменяющихся во времени t величин $N(t)$ и $F(t)$ отображается в реальном времени на мониторе компьютера в виде графиков. Сдвигающую нагрузку $F(t)$ увеличивали до значения $F_c(t_c)$, при котором происходил сдвиг образца относительно плит 2, определяемого по излому кривой $F(t)$. Затем устанавливали соответствующее этому моменту времени t_c значение силы реакции $N_c(t_c)$, которое превышало первоначальную силу сжатия N_0 за счет действия на образец нагрузки $F_c(t_c)$. Коэффициент контактного трения определяли по формуле

$$f_k = \frac{F_c(t_c)}{2N_c(t_c)}. \quad (4)$$

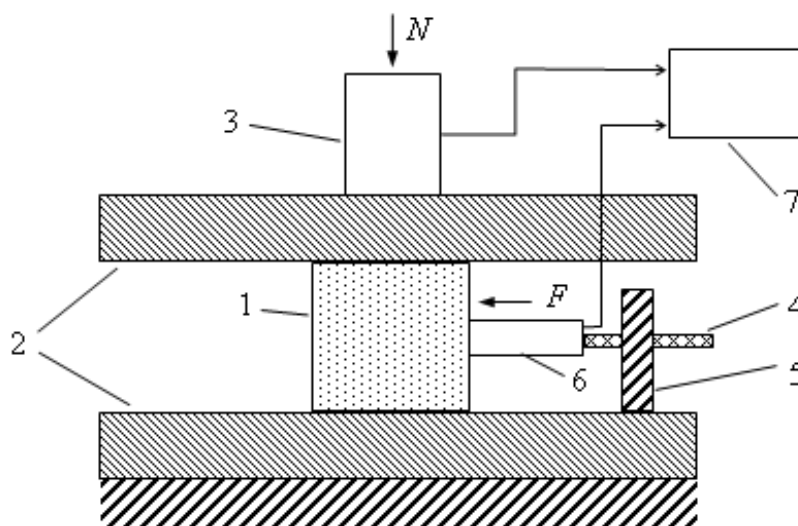


Рисунок 11 – Схема определения зависимости сдвигающих усилий F_c от нормальной нагрузки N_c

В формуле (4) коэффициент 2 в знаменателе учитывает то, что сдвигающая сила F приложена к двум поверхностям образца, контактирующим с плитами нагружающего устройства.

При необходимости изучения зависимости сдвигающей нагрузки от нормальной при контакте образца с иными, нежели сталь, материалами, достаточно к стальным плитам приклеить пластины из интересующих материалов и сжатие

образца осуществляют между ними.

Выводы.

Решение рассмотренной выше задачи, как и многих других задач о предельном состоянии тел с учетом внутреннего и внешнего трения, требует экспериментального обоснования и проверки. Это связано с установлением, как параметров предельного состояния нагружаемых тел, так и влияния условий нагружения на проявление трения в формировании их напряженно-деформированного состояния. Из этого следует необходимость решения конкретной задачи: экспериментального определения зависимостей максимального касательного контактного напряжения и коэффициента внешнего (контактного) трения от величины нормальной нагрузки.

Была разработана методика по комплексному определению коэффициентов внутреннего и внешнего трения горных пород, значения коэффициента и угла внутреннего трения проб угля пласта i'_3 ПАО «Краснодонуголь» составляют вдоль напластования $\mu=1,1$ и $\rho = 48^\circ$ соответственно, перпендикулярно напластованию $\mu=1,0$ и $\rho = 45^\circ$, предел сопротивления сдвигу вдоль напластования – $k_n=0,3-0,4$ МПа, перпендикулярно напластованию – $1,4-1,8$ МПа. Для возможности корректной постановки и проверки решения фундаментальных задач представляется целесообразным определять коэффициенты трения заданных пар материалов в тех же условиях и на тех же сериях образцов, которые используются при исследовании их предельного состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Numerical investigation of coal and gas outbursts in underground collieries / Т. Xu, С.А. Tang, Т.Н. Yang [et.al.] // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2006. – Vol. 43. – Iss. 6. – P. 905-919.
2. Минеев, С.П. Свойства газонасыщенного угля / С.П. Минеев. – Днепропетровск.: НГУ, 2009. – 219 с.
3. Fairhurst, С.Е. Draft ISMR suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression / С.Е. Fairhurst, J.А. Hudson // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. - 1999. – Vol. 36. – Iss. 3. – P. 279-289.
4. Костандов, Ю.А. О влиянии контактных условий на оценку предельных параметров, модулей упругости и характера разрушения сжимаемых образцов / Ю.А. Костандов // Научный журнал «Физико-технические проблемы полезных ископаемых», Сибирское отделение РАНД, 2016. – С. 82-90.
5. Костандов, Ю. А. Методика экспериментального определения углов внешнего и внутреннего трения образцов угля из выбросоопасных пластов ПАО «Краснодонуголь» / Ю.А. Костандов, В.В. Зберовский. – Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, 2013. – 15 с.
6. Проведение исследований и определение углов трения угля «Шахтоуправления «Молодогвардейское»: отчет о НИР / Таврический национальный университет; рук. Костандов Ю.А. – Симферополь, 2012. – 40 с.
7. Дырда, В.И. Методика экспериментального определения предела прочности сдвигу и угла внутреннего трения горных пород / В.И. Дырда, Д.Л. Васильев. – Днепропетровск: Институт геотехнической механики им. Н. С. Полякова НАН Украины, 2016. – 7 с.
8. Васильев, Д.Л. Математическая модель расчёта пригрузки опорного давления на призабойную часть угольных пластов / Д.Л. Васильев // Збірник наукових праць НГУ / Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», 2014. - № 45. – С. 189-194.
9. Анализ связи между контактными напряжениями при сжатии горных пород / Л.М. Васильев, К.В. Цепков, Д.Л. Васильев [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2009. – Вып. 81. – С. 217-226.

10. Обоснование методов расчета контактных напряжений при сжатии горных пород / Д.Л. Васильев, Ю.М. Ус, Ю.А. Костандов [и др.] // Науковий вісник НГУ. - 2010. - № 9-10. – С. 56-60.

REFERENCES

1. Xu, T., Tang, C.A., Yang, T.H., Zhu, W.C. and Liu, J. (2006), “Numerical investigation of coal and gas outbursts in underground collieries”, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 43, iss. 6, pp. 905-919.
2. Mineev, S.P. (2009), *Svoystva gazonasyschennogo uglya* [Properties of gas-saturated coal], NMU, Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Fairhurst, C.E. and Hudson, J.A. (1999), “Draft ISMR suggested method for the complete stress-strain curve for intact rock in uniaxial compression”, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 36, iss. 3, pp. 279-289.
4. Kostandov, Yu.A. (2016), “On the influence of contact conditions on the evaluation of limiting parameters, elastic module and the nature of fracture of compressible samples”, *Science Magazine «Physical and technical problems of minerals»*, Siberian branch of the RAND, pp.82-90.
5. Kostandov, Yu.A. and Zberovskiy, V.V. (2014), *Metodika eksperimentalnogo opredeleniya uglov vneshnego i vnutrennego treniya obrazcov uglya iz vybrosopasnykh plastov PAO “Krasnodonugol”* [Methodology of experimental determination of the angles of external and internal friction of coal samples from outburst-hazardous layers of PJSC "Krasnodonugol"], V.I. Vernadsky Taurida National University, Simferopol, Ukraine.
6. Kostandov, Yu.A. (2012), *Provedenie issledovaniy i opredelenie uglov treniya uglya «Shakhtoupravleniya «Molodogvardeyskoe»: Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote* [Carrying out studies and determining the angles of coal friction Mine "Molodogvardeyskoye."]: Report on the research work], Taurian National University, Simferopol, Ukraine.
7. Dyrda, V.I. and Vasilyev, D.L. (2016), *Metodika eksperimentalnogo opredeleniya predela prochnosti sdvigu i ugla vnutrennego treniya gornykh porod* [Methodology of experimental determination of the shear strength and the angle of internal friction of rocks], N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics of the NAS of Ukraine, Dnepr, Ukraine.
8. Vasilev, D.L. (2014), “Mathematical model for calculating the pressure load on the bottomhole part of coal seams”, *Scientific Collected Works of NMU*, no. 45, pp. 189-194.
9. Vasilev, L.M., Tsepkov, K.V, Vasilev, D.L. and Kostandov, Yu.A., (2009), “Analysis of the relationship between contact stresses in the compression of rocks”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 81, pp. 217-226.
10. Vasilev, D.L., Us, Yu. A., Kostandov, Yu.A. et al. (2010), “Justification of methods for calculating contact stresses in the compression of rocks”, *Scientific Collected Works of NMU*, no. 9-10, pp. 56-60.

Об авторах

Васильев Дмитрий Леонидович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, отдел Механики эластомерных конструкций горных машин, Институт геотехнической механики Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, ZoRTFA@mail.ru.

Поляков Юрий Евгеньевич, магистр, младший научный сотрудник в отделе Проблем разрушения горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, ZoRTFA@mail.ru.

About the authors

Vasilyev Dmitriy Leonidovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher in Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, ZoRTFA@mail.ru.

Polyakov Yuriy Yevgenevich, Master of Science (M.S.), Junior Researcher in Department of Rock Breaking Problems, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, ZoRTFA@mail.ru.

Анотація. У даній статті розглядалися показники фізико-механічних властивостей викидонебезпечних пластів, при їх експериментальному вивченні, шляхом визначення межі опору зрушенню проти нашарування і за нашаруванням, коефіцієнта внутрішнього тертя вугілля

і контактної тертя між пластом і породами покрівлі. Всі роботи проводилися на експериментальному стенді, для визначення вищевказаних параметрів за розробленою методикою визначення показників фізико-механічних властивостей викидонебезпечних пластів, суть якої полягає у визначенні залежності зрушуючого руйнівного зусилля від нормального стискаючого навантаження. В основі покладених експериментів розглядалися зразки з розроблюваних і найбільш викидонебезпечних пластів вугілля ПАТ «Краснодонвугілля».

Значення коефіцієнта та кута внутрішнього тертя проб вугілля з пласту i'_3 ПАТ «Краснодонвугілля» складають уздовж нашарування $\mu=1,1$ та $\rho = 48^\circ$ відповідно, перпендикулярно нашарування $\mu=1,0$ и $\rho=45^\circ$, межа опору зсуву уздовж нашарування – $k_n=0,3-0,4$ МПа, перпендикулярно нашаруванню – $1,4-1,8$ МПа. А для пласта k_2^H по нашаруванню та проти нашарування складають $\mu=0,82-0,85$ та $\rho = 39-40^\circ$ відповідно, межа спротиву вугілля зсуву за нашаруванням становить $0,5-0,6$ МПа, перпендикулярно нашаруванню – $1,4-1,6$ МПа.

Ключові слова: коефіцієнт зовнішнього тертя, лінія ковзання, фрикційні властивості, опору зрушенню, контактна тертя, гідро розпушування.

Abstract. The article examined the indicators of physic and mechanical properties of the outburst-hazardous coal seam, at their experimental studying, and by determining the limit of shear resistance against stratification and on stratification, the coefficient of internal friction of coal and contact friction between coal seam formation and rocks formation of the roof. For determine the above parameters by the developed method for determining the parameters of the physic and mechanical properties of the outburst-hazardous coal layers, all the work was carried out at the experimental stand. The method consists in determining the dependence of the shearing stress on the normal compressive load. Experiments are based on consideration of coal samples from the developed coal seams $i'_3; k_2^H$, which are the most outburst-hazardous on PJSC «Krasnodonugol».

Was found that the values of coefficient and angle of internal friction of coal samples from i'_3 coal seam of PJSC «Krasnodonugol» along stratification are $\mu=1,1$ & $\rho = 48^\circ$, perpendicular to stratification are $\mu=1,0$ и $\rho=45^\circ$, and the limit of resistance to shear along stratification are $k_n=0,3-0,4$ МПа, perpendicular to the stratification are $1.4-1.8$ МПа.

For the formation k_2^H along stratification and against stratification is $\mu=0,82-0,85$ & $\rho = 39-40^\circ$, and the limit of resistance to shear along stratification is $0.5-0.6$ МПа, perpendicular to the stratification are $1,4-1,6$ МПа.

Keywords: coefficient of external friction, slip line, frictional properties, shear resistance, contact friction, hydro-loosening.

Статья поступила в редакцию 20.03.2017

Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Минеевым С.П.