

BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 1991-3494
Volume 5, Number 5(2014), 43 – 51

UDC 622.271.33:624.131.537

LABORATORY TESTING OF PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SOFT OVERBURDEN ROCKS

B.R. Rakishev¹, S.K.Moldabayev¹, N. N. Ruban², O.S. Kovrov²

¹Kazakh National Technical University named after K.I.Satpaev,
²National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine

Key words: shear strength of soils and rocks, angle of internal friction, specific cohesion, shear device PS-10, Mohr–Coulomb failure criterion, stability of pit walls and waste dumps

Abstract. Determination of physical and mechanical properties of soils and soft overburden rocks is an important element of engineering-geological studies both in development of mineral deposits while surface mining and in the civil engineering. Validated values of such parameters as cohesion, angle of internal friction, which obtained experimentally, determine the stability and reliability of various facilities and technical installations during their construction and operation. The objective of the paper is the laboratory testing of physical and mechanical properties of soils and soft overburden rocks and their shear strength parameters.

Technique. The paper deals with the method of experimental testing of soils and soft overburden rocks by shear strength method using mono-plane shear device PS–10 with a fixed cut plane. Monolithic undisturbed soil samples were selected from the pit walls of the Maikubenskiy opencast colliery (Republic of Kazakhstan). When the samples are loaded by critical values of vertical and tangential loads at the operating space of the shearing device, the cartridge shifting occurs and shear deformations at the soil sample are observed as the horizontal cut. Measurement of soil strength properties and shear strength parameters were determined at different values of samples moisture. The values of moisture content in samples were measured with a hydrometer KERN MLB.

Results. Laboratory testing the samples of soft overburden rocks with undisturbed structure and different values of moisture enabled to determine the following physical and mechanical properties: shear strength τ , angle of internal friction ϕ and specific cohesion C .

Originality. As a result of numerous experiments the dependencies of shear strength parameters of soils and soft overburden rocks from the moisture content in relation to the Maikubenskiy opencast colliery are obtained. It allowed to establish patterns of relationship between physical and mechanical properties of soft rocks and the degree of their moisture saturation.

Practical implementation. Application of reliable experimental data obtained from the shear tests for soils and soft rocks allows to use them for assessment of the stability of natural slopes and man-made and bulk rock massifs, as well as civil engineering objects.

УДК 622.271.33:624.131.537

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЯГКИХ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД

Б.Р. Ракишев¹, С.К. Молдабаев¹, Н.Н.Рубан², А.С. Ковров²

¹Казахский национальный технический университет им.К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан,
²Национальный горный университет, Днепропетровск, Украина

Ключевые слова: сопротивление грунтов и пород срезу, угол внутреннего трения, удельное сцепление, срезной прибор ПС –10, критерий прочности Кулона-Мора, устойчивость бортов карьеров и отвалов.

Аннотация. В статье в соответствии с планом НИР по проекту №753 МОН ГФ.13. «Многофакторный анализ устойчивости высоких внутренних отвалов на основе численных геомеханических моделей в условиях полого-наклонного и наклонного основания» выполнены лабораторные исследования физико-механических характеристик мягких вскрышных пород, которые использованы при решении поставленных проектом задач. Определение физико-механических характеристик грунтов и мягких вскрышных пород является важным элементом инженерно-геологических изысканий как при освоении месторождений полезных ископаемых открытым способом, так и в процессе гражданского строительства. Достоверные значения таких величин как сцепление, угол внутреннего трения, полученных экспериментальным путем, предопределяют устойчивость и надежность разнообразных сооружений и технических объектов в процессе их строительства и эксплуатации.

Целью работы является лабораторное определение физико-механических характеристик грунтов и мягких вскрышных пород и их сопротивление сдвигу.

Методика. В статье описана методика экспериментальных испытаний грунтов и мягких вскрышных пород на сдвиг с использованием одноплоскостного срезного прибора ПС–10 с фиксированной плоскостью среза. Монолитные образцы грунта ненарушенного сложения были отобраны с рабочих бортов угольного разреза Майкубенский (Республика Казахстан). При критическом нагружении образцов вертикальной и касательной нагрузкой в рабочем пространстве прибора происходит сдвижение гильзы, а в грунте наблюдаются сдвиговые деформации в виде горизонтального среза. Измерение прочностных характеристик грунта и сопротивление сдвигу определялось при различных значениях влажности образцов. Влагонасыщение образцов измерялось с помощью влагомера KERN MLB.

Результаты. Лабораторные испытания образцов мягких вскрышных пород ненарушенного сложения и с различными значениями влажности позволили определить физико-механические характеристики: сопротивление пород срезу τ , угол внутреннего трения ϕ и удельное сцепление C .

Научная новизна. В результате многочисленных экспериментов получены зависимости сопротивления грунтов и мягких вскрышных пород сдвигу в зависимости от их влажности применительно к условиям угольного разреза Майкубенский, что позволило установить закономерности изменения физико-механических характеристик грунтов от степени их влагонасыщения.

Практическая значимость. Применение достоверных экспериментальных данных сопротивления грунтов и пород сдвигу позволяет использовать их для оценки устойчивости природных склонов, техногенных и насыпных массивов пород, а также объектов гражданского строительства.

Введение. Экспериментальные исследования физико-механических характеристик мягких вскрышных пород являются важной составляющей частью инженерно-геологических изысканий при оценке устойчивости бортов карьеров и отвалов. Такими породами обычно являются светло-желтые лессовые суглинки, желто-бурые плотные суглинки, супеси и другие инженерно-геологические элементы [1].

Методы лабораторного исследования свойств грунтов не учитывают особенности макроструктуры, специфику его естественного строения и залегания, а также характер распределения в нем неоднородностей и включений. Однако, результаты лабораторных испытаний пород могут быть использованы для оценки устойчивости природных склонов и техногенных откосов, прогнозирования несущей способности или осадки грунтовых оснований с определенным приближением. Наиболее важными параметрами грунтов, являются: угол внутреннего трения, сцепление и модуль деформации, которые позволяют дать полную инженерную оценку основанию с учетом его физических свойств. Одним из широко применяемых в практике инженерно-геологических исследований слабых грунтов является метод одноплоскостного среза, реализованный в срезном приборе ПС–10.

Формулирование целей и постановка задач. Целью работы является лабораторные исследования прочностных свойств верхних слоев суглинков для горно-геологических условий угольного разреза Майкубенский. В рамках работы поставлены следующие задачи: 1) определить значения сцепления, угла внутреннего трения и сопротивления сдвигу для покрывающих пород, представленных светло-желтыми лессовыми суглинками и желто-бурыми суглинками с использованием одноплоскостного срезного прибора ПС–10; 2) исследовать зависимость прочностных свойств суглинков от степени их влагонасыщения.

Методология определения прочностных характеристик мягких вскрышных пород. Сопротивление грунта сдвигу является их важнейшим прочностным свойством, знание которого необходимо для решения разнообразных инженерно-геологических задач. Под действием

некоторой внешней нагрузки в определенных зонах грунта связи между частицами разрушаются, и происходит смещение (сдвиг) одних частиц относительно других – грунт приобретает способность неограниченно деформироваться под данной нагрузкой. Разрушение массива грунта происходит в виде перемещения одной части массива относительно другой (оползание откоса, выпор грунта из-под сооружения и т. п.). Сопротивление грунтов сдвигу в определенном диапазоне давлений (от десятых долей до целых единиц МПа) может быть выражено линейной зависимостью, установленной К. Кулоном еще в 1773 г.:

$$\tau_{пр} = \sigma \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (1)$$

где $\tau_{пр}$ – предельное сдвигающее напряжение и σ – нормальное давление, Па; $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент внутреннего трения; φ – угол внутреннего трения; C – сцепление, Па [2].

Величины φ и C являются параметрами зависимости сопротивления грунта сдвигу, которые необходимы для инженерных расчетов прочности и устойчивости массива грунтов и мягких вскрышных пород, а также их давления на конструкции и сооружения.

Характер деформации образцов грунта зависит как от конструкции приборов, так и от условий их нагружения. Для определения прочностных характеристик суглинков использован прибор ПС – 10 переносной, предназначенный для полевых и стационарных испытаний глинистых и органоминеральных грунтов на сдвиг (определения угла внутреннего трения и сцепления грунта); по принципу действия – односрезный (рис. 1,а). Прибор рассчитан на следующие значения предельных удельных давлений: горизонтальное – не более 6 кгс/см²; вертикальное – не более 6,5 кгс/см². Объем грунтоотборной гильзы – не более 50 см³. Методика проведения лабораторных испытаний регламентирована ГОСТ 121248-96 [3].

Сопротивление грунта срезу определяют как предельное среднее касательное напряжение, при котором образец грунта срезается по фиксированной плоскости при заданном нормальном напряжении. Для определения σ и φ проводилось не менее трех испытаний при различных значениях нормального напряжения.

С целью выполнения серий экспериментальных испытаний на сдвиг в условиях угольного разреза Майкубенский были отобраны монолитные образцы пород ненарушенного сложения при сохранении природного гранулометрического состава в соответствии с ГОСТ 12071-84 [4].

Размеры монолитных образцов 100x100x100 мм. Количество отобранных образцов – 3 монолита для каждой литологической разности, отобранные в разных точках карьера.

Образцы верхних вскрышных пород, представленные светло-желтыми и желто-бурыми суглинками, отбирались на участках, подвергшихся оползневым процессам. Для отбора монолитов использована специальная клиновидная лопата. С целью сохранения природной влажности для упаковки образцов горных пород использованы полиэтиленовые пакеты и специальные пластмассовые емкости с герметически закрывающимися крышками. Места соединения крышки с тарой покрывался двойным слоем изоляционной ленты.

Испытания образцов суглинков с целью определения их физико-механических характеристик проводили в лабораторных условиях на приборе одноплоскостного среза ПС-10 при нормальных давлениях 0,1, 0,2 и 0,3 МПа. Сущность метода неконсолидированно-дренированного сдвига в срезном приборе ПС-10 заключается в разрушении образца грунта с образованием фиксированной плоскости среза путем сдвига одной части образца относительно другой его части при одновременном его нагружении нормальной и касательной нагрузкой относительно плоскости среза (рис. 1). Определялись следующие характеристики: сопротивление пород срезу τ , угол внутреннего трения φ и удельное сцепление C .

Для определения сопротивления сдвигу использованы образцы в форме цилиндра диаметром 56 мм и высотой 20 мм, отобранные компрессионными гильзами. Затем образцы перекладывались с обеих сторон листками фильтровальной бумаги и помещались в станину прибора.

Порядок выполнения эксперимента следующий. При помощи крепежного устройства нижняя часть прибора надежно закрепляется. На режущую заостренную часть гильзы надевается направляющий цилиндр приспособления для перемещения образцов грунта в прибор и при помощи поршня-выталкивателя образец грунта перемещается в прибор. По верхней и нижней плоскостям образца грунта предварительно прокладываются листки фильтровальной бумаги.

Освобожденную от грунта гильзу снимают, устанавливают на место верхнюю часть прибора, плотно прижимают к поверхности грунта поршень и закрепляют его винтом.

К образцу прикладывают сначала вертикальную, сжимающую нагрузку, а потом горизонтальную, сдвигающую. Если испытание проводят только с целью получения показателей сопротивления сдвигу, то заданную расчетную величину вертикальной нагрузки прикладывают к испытываемому образцу сразу, в один прием, независимо от ее величины.

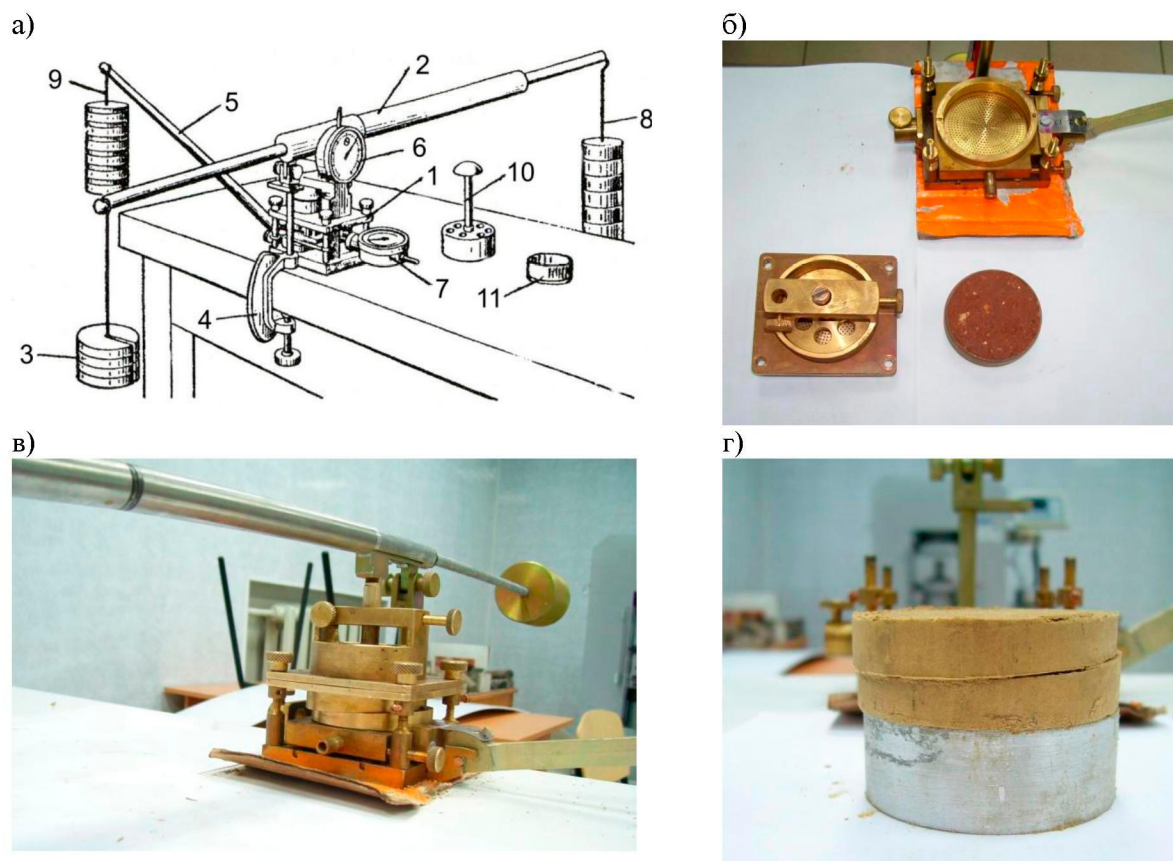


Рис. 1. Использование срезного прибора ПС-10 для испытания образцов грунта на сдвиг [5]:

а) общий вид прибора ПС-10; б) подготовка образца к испытанию;

в) нагружение модели; г) образец породы после испытания;

1 – основная часть прибора; 2 – рычажная система для вертикальной нагрузки с подвесками для грузов; 3 – противовес рычажной системы 2; 4 – трубочина для крепления прибора и рычажной системы 2; 5 – рычаг для горизонтальной нагрузки с подвеской и грузами; 6 – индикатор вертикальных перемещений поршня; 7 – индикатор горизонтальных перемещений нижней каретки; 8 – грузовой подвес вертикальной нагрузки; 9 – грузовой подвес горизонтальной нагрузки; 10 – приспособление для перемещения образца грунта из гильзы в прибор; 11 – грунтоотборная гильза [5].

На образец грунта передают сразу в одну ступень нормальное давление P , при котором будет производиться срез образца. Сразу после передачи нормальной нагрузки приводят в действие механизм для создания касательной нагрузки и производят срез образца грунта не более чем через 2 мин с момента приложения нормальной нагрузки.

При передаче касательной нагрузки ступенями их значения не должны превышать 10 % значения нормального давления, при котором производится срез и приложение ступеней должно следовать через каждые 10-15 с.

По измеренным в процессе испытания значениям касательной и нормальной нагрузок вычисляют касательные и нормальные напряжения τ и σ , МПа, по формулам:

$$\tau = \frac{T}{A}, \quad 2)$$

$$\sigma = \frac{P}{A}, \quad (3)$$

где T и P – соответственно касательная и нормальная силы к плоскости среза, кг, A - площадь среза, см².

На основании проведенных испытаний вычисляются основные параметры сдвига: угол внутреннего трения и сцепление. Результаты испытаний представляются в виде графика зависимости между давлением и сопротивлением сдвигу (2). На горизонтальной оси откладываются вертикальные нагрузки P , на вертикальной оси - соответствующие им величины сдвигающих усилий T . Прямая $АСВ$, проведенная через точки, соответствующие результатам параллельно испытанным образцам грунта, представляет собой линию сдвигающих напряжений. Угол наклона этой прямой к оси абсцисс образует угол внутреннего трения ϕ , а отрезок, отсекаемый прямой сдвига на оси ординат - величину сцепления C .

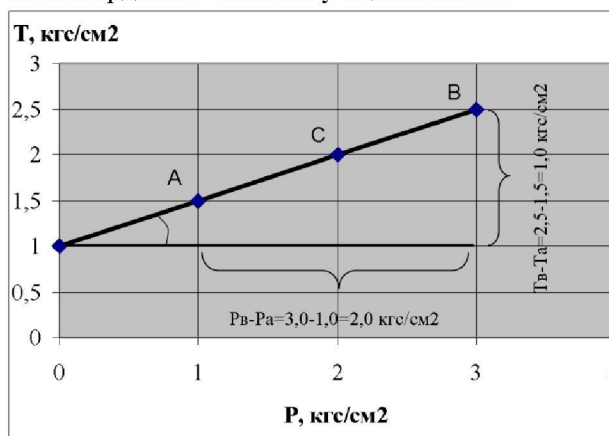


Рис. 2. График зависимости между давлением и сопротивлением сдвиг

Вычисляют эти характеристики по следующим формулам:

– коэффициент внутреннего трения

$$tg\phi = \frac{T_B - T_A}{P_B - P_A}, \quad (4)$$

– сцепления

$$c = T_B - P_A \cdot tg\phi, \quad (5)$$

На рис. 4,5 представлены графики зависимостей образцов пород на сдвиг.

Удельные значения угла внутреннего трения ϕ и сцепления C при анализе не менее 3-х проб каждой литологической разности, вычислялись по формулам:

$$tg\phi = \frac{n\sum\tau_i\sigma_i - \sum\tau_i\sum\sigma_i}{n\sum(\sigma_i)^2 - (\sum\sigma_i)^2}, \quad (6)$$

$$c = \frac{\sum\tau_i\sum\sigma_i^2 - \sum\sigma_i\sum\tau_i\sigma_i}{n\sum(\sigma_i)^2 - (\sum\sigma_i)^2}, \quad (7)$$

где τ_i - опытные значения сопротивления срезу, определенные при различных значениях σ_i и относящиеся к одному инженерно-геологическому элементу или отдельному монолиту грунта (при $n \geq 3$), n - число испытаний.

Влияние влажности на физико-механические характеристики суглинков. После отбора образцов суглинков ненарушенного сложения в лабораторных условиях определены их физические характеристики в природном состоянии. Характеристики исследуемых грунтов, определенные по ГОСТ 5180-84 [6] сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Физические характеристики природных образцов грунта

Наименование пород	Плотность грунта ρ , г/см ³	Усредненные значения влажности грунта			Пористость, n , %	Коэффициент пористости, e , дол. ед
		природная W , %	на границе раскатывания W_p , %	на границе текучести W_L , %		
Светло-желтый лессовый суглинок	1,48-1,65	9,8	19,23	28,35	41	0,69
Желто-бурый суглинок	1,56-1,7	11,01	21,54	30,79	39,6	0,65

Для приготовления образцов грунта заданной влажности, изначально проводилось замачивание грунта до полного водонасыщения (рис.3, а), затем проводилось постепенное высушивание в муфельной печи при $t = 100 \dots 105^\circ\text{C}$. После высушивания образцы выдерживались в герметизированной оболочке (рис. 3, б) в течение 3 дней с попеременным переворачиванием на разные стороны для равномерного распределения влаги. Степень влажности в образцах тестировалась с помощью влагомера KERN MLB (рис. 3, в).

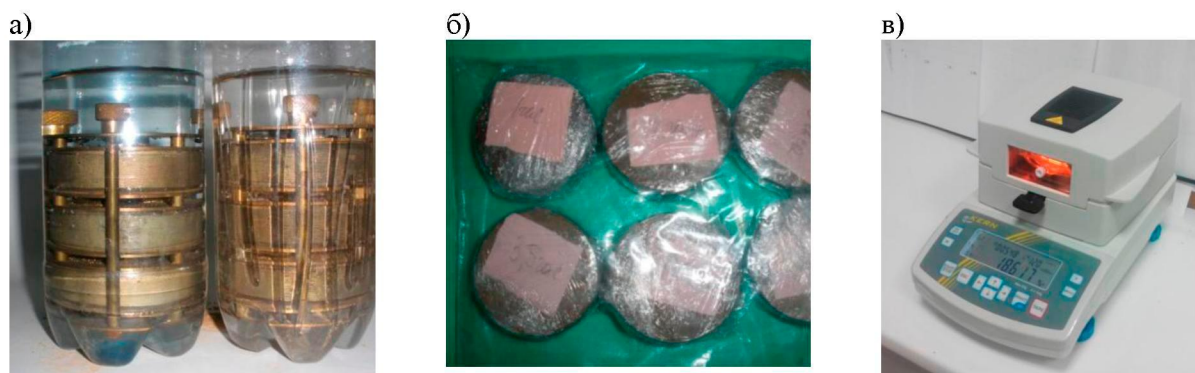


Рис. 3. Подготовка образцов суглинков заданной влажности: а) замачивание образцов в грунтоотборных гильзах; б) выдерживание образцов в герметизированной оболочке после высушивания; в) определение влажности образца грунта с помощью влагомера KERN MLB

Результаты. Получить образцы мягких вскрышных пород ненарушенного сложения заданной влажности с фиксированным шагом является достаточно сложной задачей, поскольку каждый образец обладает набором физико-механических характеристик, которые варьируют в определенном диапазоне согласно вероятностным законам даже в пределах исследуемой территории. Тем не менее, вышеописанная методология замачивания образцов, частичного высушивания и выдержки их в герметичных емкостях позволяет получать образцы с равномерным распределением влаги по всему объему и фиксированным значением. Для определения влажности грунта отбирались пробы от подготовленных образцов в их верхней, нижней и средней части по линии среза. Результаты измерений сведены в табл. 2.

Установлено, что за полчаса высушивания образец теряет приблизительно 4...5% от исходной влажности, что позволило подготовить необходимое количество образцов суглинков заданной влажности для их испытаний на срезном приборе ПС–10.

Таблица 2 – Определение влажности образцов желто-бурых суглинков в процессе их высушивания

Время высушивания образца	Значение влажности образцов W , %			
	в верхней части	средней части по линии среза	в нижней части	среднее значение
через 0,5 часа	26,29	25,95	26,74	26,33
	24,96	24,70	24,84	24,83

	23,91	23,76	24,65	24,11
через 1 час	20,75	21,76	20,90	21,14
	21,76	22,24	20,47	21,49
	20,2	20,87	20,36	20,48
через 1,5 часа	15,16	15,46	15,06	15,23
	14,95	15,99	15,38	15,44
	14,39	14,69	13,34	14,14
через 2 часа	10,3	11,13	10,70	10,71
	9,06	8,78	10,06	9,30
	10,65	11,5	10,57	10,91

Подготовленные образцы с разными значениями влажности подвергались испытаниям на сдвиг по вышеописанной методике, в результате чего получены зависимости между нормальными нагрузками, приложенными к образцу, и его сопротивлением сдвигу (рис. 4). Таким образом, определены прочностные характеристики желто-бурых и светло-желтых лессовых суглинков от влажности. На рис. 5 представлены зависимости сцепления и угла внутреннего трения от влажности образцов пород. Так, для желто-бурых суглинков при заданном диапазоне влажности $W = 11...29\%$ значения сцепления и угла внутреннего трения изменяются в пределах $C = 0,017...0,073$ МПа и $\phi = 14...35^\circ$. Для светло-желтых лессовых суглинков при заданных экспериментально значениях влажности $W = 9,7...35\%$ значения сцепления и угла внутреннего трения варьируют в пределах $C = 0,013...0,033$ МПа и $\phi = 8,5...15,4^\circ$.

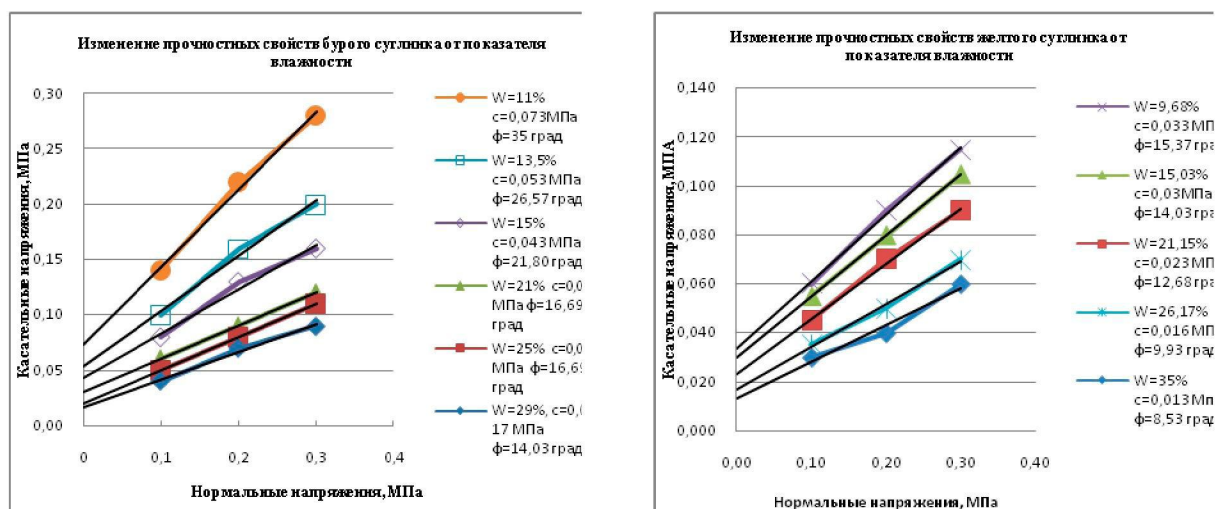


Рис. 4. Изменение прочностных свойств желто-бурого и светло-желтого лессового суглинков от влажности

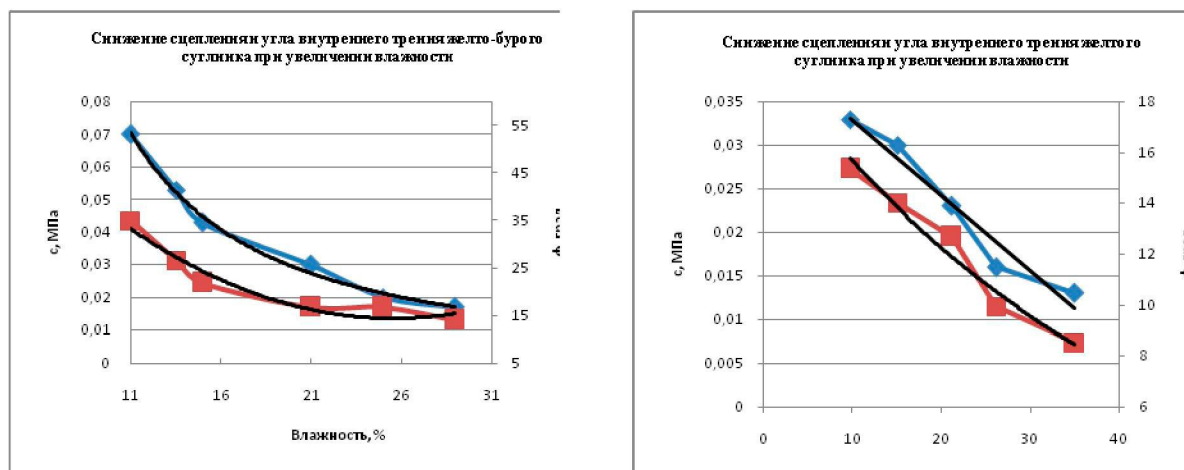


Рис. 5. Зависимости сцепления и угла внутреннего трения желто-бурого (а) и светло-желтого лессового (б) суглинков от влажности

Выводы. Физико-механические свойства грунтов являются важнейшим предметом инженерно-геологических исследований и прогнозов. Они необходимы для расчетов устойчивости и деформируемости массивов грунтов при оценке устойчивости откосов на карьерах и оценке прочности оснований инженерных сооружений и конструкций.

С целью выполнения серий экспериментальных испытаний на сдвиг на угольном разрезе «Майкубенский» были отобраны монолитные образцы пород ненарушенного сложения размерами 100x100x100 мм. В лабораторных условиях выполнена серия испытаний образцов верхних вскрышных пород, представленных светло-желтыми лессовыми суглинками и темно-бурыми суглинками, на одноплоскостном срезном приборе ПС-10 с целью определения физико-механических характеристик: сопротивления пород срезу τ , угла внутреннего трения ϕ и сцепления C .

Полученные экспериментальным путем значения ϕ и C являются важными исходными данными для численного моделирования устойчивости откосов карьеров и отвалов с использованием современных инженерных программ, основанных на методах конечно-элементного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Б.Р. Ракишев, С.К. Молдабаев, Г.К.Саменов, А.Н. Шашенко, А.С. Ковров. Анализ критериев прочности применительно к оценке устойчивости бортов карьеров и отвалов. //Вестник НАН РК, Алматы №5, 2013. с. 20-27.
- [2] Сергеев Е. М. Инженерная геология, изд. 2. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 248 с.
- [3] ГОСТ 121248-96 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости». М., Стройиздат, 1996.
- [4] ГОСТ 12071-84 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов». М., Стройиздат, 1985.
- [5] Прибор ПС-10 для испытаний грунтов на сдвиг в полевых условиях: инструкция по эксплуатации, 1984. – 10 с.
- [6] ГОСТ 5180-84 «Методы лабораторного определения физических характеристик». М., Стройиздат, 1984.

REFERENCES

- [1] 1.B.R. Rakishev, S.K.Moldabayev, G.K.Samenov, O.M. Shashenko, O.S. Kovrov. Analysis of the strength criteria for assessment of open pit walls and waste dumps stability. //The bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Almaty №5, 2013, p.p. 20-27.
- [2] 2.Sergeev E.M. Engineering Geology, Vol. 2. Moscow: Moscow University Press, 1982. – 248 p.
- [3] 3.State standard GOST 121248-96 “Soils. Laboratory methods for determining the strength and deformability. Moscow, Stroiizdat, 1996.
- [4] 4.State standard GOST 12071-84 “Soils. Sampling, packaging, transportation and storage of samples”. Moscow, Stroiizdat, 1985.
- [5] 5.PS-10 equipment for shear testing soils in the field conditions: User manual, 1984. – 10 p.
- [6] 6.State standard GOST 5180-84 “Methods of laboratory testing physical properties”. Moscow, Stroiizdat, 1984.

ЖҰМСАҚ АРШУ ЖЫНЫСТАРЫННЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТХАНАДА ЗЕРТТЕУ**Б.Р. Ракишев¹, С.К. Молдабаев¹, Н.Н.Рубан², А.С. Ковров²**¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы, ²Ұлттық тау-кен университеті, Днепропетровск, Украина)

Тірек сөздер: топрақ пен тау жыныстарын кесу жолындағы кедергілері, ішкі үйкеліс бұрышы, меншікті ілінісу, ПС-10 жоңу құрал-жабдығы, Кулон-Мордың төзімді белгісі (критерий), карьер беткейлерінің және үйінділердің тұрақтылығы.

Андапта. Мақалада ҒЗЖ жоспарына сәйкес ҚР БҒМ қаржыландыратын №753 МОН ҒФ.13. «Жайпақ-көлбеу және көлбеу негізді жағдайларда сандық геомеханикалық моделдердің негізінде биік ішкі үйінділердің тұрақтылығын көпфакторлы талдау» жобасы бойынша оның негізгі есептерін шешу үшін жұмсақ аршу жыныстарынның физика-механикалық сипаттамаларын зертханада зерттеу жүргізілген.

Топырақ және жұмсақ аршу жыныстарынның физико-механикалық сипаттамаларын анықтау пайдалы қазбалар кен орындарын ашық игеруде және азаматтық құрлыс процестерінің негізгі элементері болып табылады. Түрлі ғимараттардың құрлыс және пайдалу кезіндегі тұрақтылығы мен беріктілігі ілінісу, ішкі үйкеліс бұрышымен тығыз байланысты. Олардың нағыз мәнін табу өте қажетті іс.

Жұмыстың мақсаты. Топрақты және жұмсақ аршу жыныстарынның физика-механикалық сипаттамаларын және олардың жылжып-опырлу қарсылықтарын зертханада зерттеу.

Тәсілі. Мақалада топырақ пен жұмсақ аршу жыныстарынның физика-механикалық сипаттамаларын зертханада белгілі жазықтағы тегіс кесрудің ПС-10 құрал-жабдығын қолдана отырып жүргізілген эксперименттердің тәсілі баяндалған. Ол үшін Қазақстан Республикасының Майкөбен көмір орнының жұмыс беткейінен бұзылмаған топырақ қабаттарынан тұтас үлгілері зерттеу жұмыстарын жүргізуге алынған. Құрал-жабдықта тау жыныстар үлгілеріне тік немесе жанаса салмақ түскенде жұмыс істеу орнына жабдық гильзасы жылжып кетіп отырады, сонда топырақтағы горизонтальді кескін түрінде жылжу деформациясы байқалады. Тау жыныстар үлгілерінің төзімділік сипаттамасы мен жылжу кедергісі топрақтың ылғалы әр түрлі кезде өлшеніп анықталған. Қатты ылғалды тау жыныстар үлгілерінің қасиеттері KERN MLB құрал-жабдық көмегімен өлшелген.

Нәтижелері. Зертханада жүргізілген зерттеу жұмыстары арқасында әртүрлі ылғалды жұмсақ аршу жыныстарынның физика-механикалық сипаттамалары анықталған. Олар: τ – тау жыныстарын көсіп алу жолындағы кедергісі, ϕ – ішкі үйкеліс бұрышы және C – меншікті ілінісуі.

Ғылыми жаңалығы. Көптеген тәжірибелер нәтижесінде Қазақстан Республикасының Майкөбен көмір орнының топырақ және жұмсақ аршу жыныстарынның ылғалдылық дәрежесіне байланысты кедергілік қасиетін өзгеруі мөлшері анықталған. Ол жұмсақ жыныстардың физика-механикалық сипаттамалары ылғалдыққа байланысты өзгертін заңдылығын анықтайды.

Тәжірибелік мәні. Топырақтың және тау жыныстардың жылжу кедергісін нақты эксперименттермен табу арқылы табиғи тау бөктерлерінің, техногенді және үйінді массивті жыныстарынның, сонымен қатар азаматтық құрлыс объектілерінің тұрақтылығын бағалауда болады.

Кілт сөздер: топрақ пен тау жыныстарын кесу жолындағы кедергілері, ішкі үйкеліс бұрышы, меншікті ілінісу, ПС-10 жоңу құралы-жабдығы, Кулон-Мордың төзімді белгісі, карьер беткейлерінің және үйінділердің тұрақтылығы.

Поступила 05.08.2014 г.