

К определению пластичности грунтов по методу Земятченского

Пластичность грунтов, в первую очередь, обусловливается их активной поверхностью¹. Так как многие физико-механические свойства связных грунтов, как, например, прилипание, усадка, набухание и др., зависят также от их активной поверхности, то вполне естественно, что по величине пластичности можно судить об этих свойствах. Отсюда понятно, почему для характеристики строительных свойств связных грунтов весьма важным показателем является их пластичность.

Пластичность, являясь важным показателем свойств грунтов, может быть использована только в том случае, если и метод ее определения достаточно точный и объективный.

Из существующих методов наиболее распространенными являются метод Аттерберга и метод проф. П. А. Земятченского. По классификации проф. Земятченского² метод Аттерберга должен быть отнесен к косвенным методам определения пластичности, а метод Земятченского — к прямым.

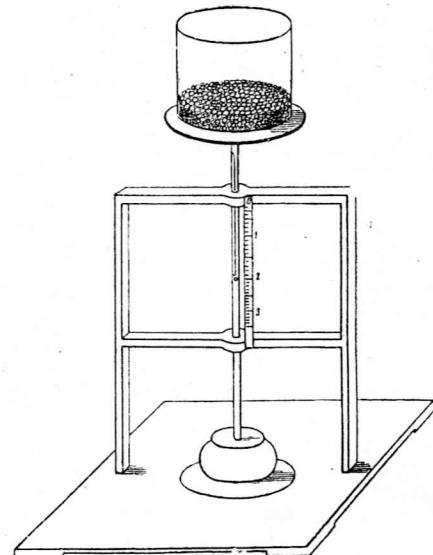
Прямые методы определения пластичности учитывают силу, прилагаемую к материалу, и деформацию, вызываемую этой силой. Метод проф. Земятченского заключается в количественном определении величины деформации грунтов и деформирующей силы. Определение производится на сконструированном проф. Земятченским приборе, который состоит из рамы, укрепленной на основании. Через верхнюю и нижнюю перекладины рамы проходит свободно скользящий стержень, имеющий на нижнем конце маленькую площадку, опирающуюся во время работы на испытуемый образец (см. рисунок).

Верхняя площадка служит для груза. На нижней перекладине рамы, рядом со свободно движущимся стержнем укреплена реека с миллиметровыми делениями, по которой отсчитывается величина сжатия шара до появления на нем первой трещины.

Для испытания берется шар, приготовленный из растертого и просеянного через сито в 1 мм грунта. Грунт замешивается с водой и доводится до рабочего состояния, т. е.

до состояния, в котором грунт остается мягким, способным к обработке, и не прилипает к рукам.

Затем берется часть приготовленной массы в количестве, достаточном для приготовления шара диаметром в 4,5—4,6 см. Шар приготавливается выкатыванием взятого куска грунта между ладонями рук. Испытание производится следующим образом: шар помещают под нижнюю площадку подвижного стержня, в центре, затем начинают насыпать дробь в сосуд, стоящий на верхней площадке. Каждый раз прибавляют по 500 г грунта до тех пор, пока не появится трещина на поверхности шара. При появлении первой трещины отмечают сжатие диаметра и величину нагрузки, вызвавшей данную деформацию. Умножая полученную вертикальную деформацию шара (в см) на нагрузку (в кг), получают «указатель пластичности».



¹ В. В. Охотин. Физические и механические свойства грунтов в зависимости от их минералогического состава и степени дисперсности.

² П. А. Земятченский. Глины. их физические, химические и технические свойства. Труды Керамического института, вып. 7, 1927 г.

Таблица 2

Наименование грунта	% воды		Деформации цилиндров в см	Нагрузка в кг	Указатель пластичности	Примечание
	поверхность	середина				
Часов-Ярская глина	35,38 37,11 41,86 44,66 43,08 42,66 39,26 40,15	40,61 42,92 46,66 57,53 46,97 45,99 42,54 42,28	0,9 0,7 1,3 1,0 1,3 1,3 0,8 1,1	4,985 4,522 4,100 3,185 3,875 4,290 3,952 4,985	4,48 3,16 5,33 3,13 5,03 5,57 3,16 5,32	Кембрийская глина. Нижняя граница текучести 34,0
	34,55 35,14 34,29 27,23 27,75 27,31 30,80 30,49 30,63 33,75 34,17 33,75	34,72 38,79 36,77 28,58 24,48 27,33 31,00 30,58 31,19 34,83 34,29 34,83	0,7 1,0 0,8 0,4 0,4 0,6 0,5 0,5 0,6 0,9 0,4 0,9	2,552 2,556 2,377 6,220 8,115 7,215 4,289 4,280 4,610 3,200 2,085 3,200	1,78 2,56 1,90 2,48 3,24 4,32 2,14 2,14 2,76 2,88 0,83 2,88	

При разработке методики проф. Земятченским были испытаны как шары, так и цилиндры. На основании произведенных опытов проф. Земятченский пришел к выводу, что шары более пригодны по сравнению с цилиндрами, так как метод шаров более чувствителен, дает большую величину деформации, нежели цилиндры, и требует меньших нагрузок при деформации.

Хотя по данным проф. Земятченского шары более пригодны для изучения пластичности, однако, при этом имеют место недостатки, которых легко можно избежать при применении цилиндров. При изготовлении шаров вручную всегда получается разность во влажности между поверхностными слоями шара и его внутренней частью, что может оказаться на результатах. По нашим опытам с шарами, разность во влажности колебалась от 1,13 до 5,81% (см. табл. 1).

Таблица 1

Наименование грунта	% воды		Деформация в см	Нагрузка в кг	Указатель пластичности	Примечание
	на поверхности шара	в середине шара				
Часов-Ярская глина	35,38 37,11 41,86 44,66 43,08 42,66 39,26 40,15	40,61 42,92 46,66 57,53 46,97 45,99 42,54 42,28	0,9 0,7 1,3 1,0 1,3 1,3 0,8 1,1	4,985 4,522 4,100 3,185 3,875 4,290 3,952 4,985	4,48 3,16 5,33 3,13 5,03 5,57 3,16 5,32	

Приложив нагрузку на шар площадь, воспринимающую эту нагрузку, является величиной переменной, все время увеличивающейся и притом неодинаковой у различных грунтов. Допустим, что имеются два грунта, из которых первый дает деформацию в 2 мм и второй — в 5 мм, но груз, при котором образовывается трещина, в обоих случаях равнялся 5 кг. Площадь, воспринимающая нагрузку в момент образования трещины у первого грунта, будет значительно меньше, чем у второго. Вычислив показатель пластичности по существующей методике, будем иметь 1 для первого грунта и 2,5 для второго. Если же отнести нагрузки к единице площади, то отношение показателей пластичности будет не 2,5, а другое, значительно меньшее.

Изготовление цилиндрических образцов возможно механическим путем, что дает возможность получить образцы однородные по влажности.

В своих опытах мы стремились выяснить: 1) насколько изменяется влажность в цилиндрах и 2) какие высота и диаметр цилиндров дают наиболее правильные результаты.

Для выяснения первого вопроса приготавливались цилиндры высотой в 4 см и диаметром в 2,5 см. Грунт для цилиндров подготовлялся так же, как и для шаров, но формовка образцов производилась не вручную, а в специальном металлическом приборе, состоящем из формы — цилиндрической трубы с площадью сечения в 5 см², уплотнителя и вставки — задерживателя. Форма наполнялась грунтом (грунту предварительно придавалась форма цилиндрического стержня), в него вставлялся и уплотнитель и затем грунт под прессом выдерживался в течение 1 мин. под нагрузкой в 5 кг/см². После уплотнения излишки грунта выдавливались из формы и осторожно срезался; после этого задерживатель вынимался из формы и образец выдавливался. Грунт для образца брался в рабочем состоянии. Влажность отдельных замесов колебалась от 27,23 до 34,85%.

Приготовленные образцы были испытаны на пластичность. Разность во влажности между поверхностью и срединой образцов, определенная после испытания, колебалась в пределах от 2,48 до 0,09%. Деформации цилиндров колебались от 0,4 до 1 см; при этом силы, вызывающие эти деформации, изменились от 2,085 до 8,115 кг и указатель пластичности — от 1,78 до 4,32 (см. табл. 2).

Такие колебания указателя пластичности для одного и того же грунта зависели, видимо, от различной влажности отдельных замесов. Нужно указать, что образцы были в рабочем состоянии.

В дальнейшем грунты приготавливались с влажностью, близкой к нижней границе текучести, а затем выдерживались для

более равномерного распределения воды в течение нескольких суток во влажной камере. Только после этого из грунта изготавливались образцы. Повторные испытания таких образцов дали близкие величины указателя пластичности, что видно из табл. 3.

Таблица 3

Наименование грунта	% воды		Деформации цилиндров в см	Нагрузка в кг	Указатель пластичности	Площадь сечения в см ²	Нагрузка на 1 см ²	Указатель пластичности на 1 см ²
	поверхность	середина						
Кембрийская глина	32,07 31,67 31,30 33,54 33,58 34,05 33,75	0,6 0,5 0,6 0,8 0,8 0,9 0,8	4,00 5,00 5,00 3,50 3,50 3,00 3,60	2,4 2,5 3,00 2,80 2,80 2,70 2,80	5 5 5 5 5 5 5	0,8 1,00 1,00 0,70 0,70 0,60 0,70	0,48 0,50 0,60 0,56 0,56 0,54 0,56	

Обычно, для испытания брались цилиндры высотой около 4 см (3,8; 4,0; 4,1 см) с диаметром в 2,5 см. Для выяснения влияния высоты цилиндра и диаметра его на однородность результатов испытаний были взяты образцы в 3, 4, 5, 6 и 7 см высотой и диаметром в 2,5 и 3,5 см. При испытаниях оказалось, что образцы высотой в 6 и 7 см сильно изгибаются уже при небольшой нагрузке. Образцы высотой в 5 см тоже изгибаются при испытаниях, хотя и значительно меньше. Наилучшими для испытаний оказались образцы высотой в 4 см, так как они не изгибаются и были удобны для наблюдения за появлением первых трещин. Образцы с меньшей высотой — в 3 см — были неудобны для наблюдений — нижняя площадка прибора сильно затеняла образец, что мешало наблюдению.

Влияние величины диаметра выяснилось при испытании цилиндров из кембрийской глины с диаметром в 2,5 и 3,5 см. Результаты испытаний сведены в табл. 4.

Таблица 4

% воды	Деформации в см	Нагрузка в кг	Указатель пластичности	Площадь поперечного сечения в см ²	Нагрузка на 1 см ²	Указатель пластичности на 1 см ²
32,44 32,93 31,90 30,69 30,69 30,69 30,69 30,45 31,77 31,77 32,43 32,43	0,7 0,7 6,5 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,6 0,7 0,7	7,5 6,5 6,5 4,5 4,5 5,0 5,0 5,0 4,0 4,0 3,5 4,0	5,25 4,55 5,85 2,7 2,7 2,75 2,75 2,75 2,0 2,4 2,45 2,4	10 10 10 5 5 5 5 5 5 5 5 5	0,75 0,65 0,65 0,90 0,90 1,0 1,0 1,0 0,8 0,8 0,7 0,8	0,525 0,455 0,585 0,54 0,54 0,55 0,55 0,55 0,40 0,48 0,49 0,48

Как видно из табл. 4, влажность образцов во всех случаях, примерно, одна и та же, а колебания не превосходили 1,5%. Если вычислить показатель пластичности обычным методом — умножением всей нагрузки на деформацию, то для цилиндров разной площади поперечного сечения он получается различным (см. графу 4 табл. 4). Если же вычислить его на едини-

Таблица 5

ницу поверхности, то результаты, как видно из этой таблицы (графа 7), между собой близки. Из этого вытекает, что вычисление показателя пластичности возможно только при условии, что площадь, воспринимающая нагрузку, берется одна и та же, чего очень трудно добиться, если форма образцов будет шарообразной.

На основании проделанных опытов можно видеть, что для получения сходных результатов при определении указателя пластичности на цилиндрических образцах необходимо соблюдать следующие условия: 1) влажность образцов при испытании глинистых грунтов должна быть близка к нижней границе текучести, колебания в сторону уменьшения не больше 2%; 2) наиболее пригодная высота цилиндров 4—4,5 см; 3) диаметр цилиндра 2,5—3,5 см (больший диаметр не удобен, так как требует больших нагрузок, которые трудно приложить без применения рычага); 4) нагрузку следует давать медленно и непрерывно; 5) влажность в грунте должна быть распределена равномерно, для чего замешанный с водой грунт выдерживается во влажной камере в течение 2—3 суток.

Кроме глины, были испытаны образцы лессовидного суглинка, суглинка и супеси. Данные этих испытаний сведены в табл. 5.

Как видно из полученных результатов, показатель пластичности для последних двух грунтов близок к тому, который получен и для кембрийской глины, хотя гранулометрический их состав и другие физические свойства различны. Отсюда определение пластичности на цилиндрических образцах даже при соблюдении всех вышеупомянутых предосторожностей не дает возможности установить ясную связь между пластичностью грунтов и другими их физико-механическими свойствами,

Наименование грунта	% воды в образцах при испытании	Деформация цилин-дров в см	Нагрузка в кг	Указатель пласти- чности	Площадь испытыва- емого сечения об- разцов в см ²	Нагрузка на 1 см ²	Указатель пла- стичности на 1 см ²
Лессовидный суглинок	27,35	0,4	5,5	2,2	5	0,44	1,1
	27,36	0,4	5,5	2,2	5	0,44	1,1
	27,05	0,7	6,5	4,55	5	0,91	1,3
	27,05	0,6	6,0	3,60	5	0,72	1,2
	27,64	0,6	6,0	3,60	5	0,72	1,2
Суглинок							
Число пластичности 14,76	32,38	0,7	4,0	2,8	5	0,8	0,56
	32,38	0,7	4,0	2,8	5	0,8	0,56
Нижняя граница теку- чести 34,89	33,04	1,0	4,5	4,5	5	0,9	0,9
	33,04	0,9	4,5	4,5	5	0,9	0,8
Супесь тяжелая							
Число пластичности 7,25	25,69	0,7	3,5	2,45	5	0,7	0,49
	25,69	0,8	3,5	2,8	5	0,7	0,56
Нижняя граница теку- чести 28,89	25,79	0,8	4,0	3,2	5	0,8	0,64
	25,79	0,7	4,0	2,8	5	0,8	0,56
	25,93	0,7	5,0	3,5	5	1,0	0,70

а потому и метод Земятченского надо признать только ориентировочным, далеко уступающим по точности методу Аттерберга.