

СЕРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ВЫП. 1

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕНИЯ И СЦЕПЛЕНИЯ
В ГРУНТАХ

B. V. Охотин и Г. Ф. Богданов

Устойчивость земляных масс в первую очередь определяется наличием в них трения и сцепления. Поэтому правильное определение этих свойств имеет большое значение, оно дает возможность подойти к решению вопроса об оползнях, рассчитать рациональную конструкцию подпорных стенок и т. п. Для определения трения и сцепления в грунтах существует ряд приборов, и этим вопросом занимались много, однако отдельные факторы, влияющие на результаты, выяснены еще не в достаточной степени.

Коэффициент внутреннего трения и сцепления в грунтах рассчитывается по формуле Кулона:

$$\tau = P \operatorname{tg} \varphi + c,$$

где τ — сдвигающее усилие в $\text{кг}/\text{см}^2$,

P — вертикальная нагрузка в $\text{кг}/\text{см}^2$,

$\operatorname{tg} \varphi$ — коэффициент внутреннего трения,

c — величина сцепления в $\text{кг}/\text{см}^2$.

Основными требованиями существующих методик по определению коэффициента трения и сцепления являются:

1) грунт предварительно увлажняют до состояния полного насыщения водой;

2) грунт перед опытом на сдвиг компрессионно уплотняют под вертикальной нагрузкой, при которой будет осуществляться опыт;

3) испытание на сдвиг проводят при двух-трех вертикальных нагрузках;

4) горизонтальная нагрузка, обеспечивающая сдвиг грунта, увеличивается непрерывно и постепенно.

Эти положения не дают достаточно ясных указаний для проведения опыта.

Нами были проведены работы по выяснению степени влияния отдельных факторов на результаты испытания.

Влияние условий приложения горизонтальной нагрузки (τ). Большим числом проведенных испытаний установлено, что сдвигающие усилия τ зависят от условий приложения нагрузки; это подтверждается и литературными данными. При быстром увеличении сдвигающих усилий величина, при которой осуществляется сдвиг грунта, всегда бывает больше, чем при медленном росте. Это явление может быть объяснено тем, что при быстром росте нагрузки напряжения, вызываемые в грунте, не успевают распределиться по всей площади сдвига, концентрируясь в местах приложения, благодаря чему на всей плоскости сдвига напряжения будут меньше тех, которые способны вызвать сдвиг, и для компенсации неравномерного распределения напряжения требуется дополнительная сила.

Медленность увеличения горизонтальной нагрузки неизбежно удлиняет испытание. Для установления рационального режима приложения сдвигающего усилия, чтобы получать достоверные результаты при возможно минимальной затрате времени, были поставлены специальные опыты. Опыты производились в приборе Цытовича.

Перед опытом грунт, избыточно увлажненный, компрессионно уплотнялся до затухания деформаций и только после этого подвергался испытанию на сдвиг.

Горизонтальная сдвигающая нагрузка давалась ступенями, которые составляли доли от приложенной вертикальной нагрузки. Каждая новая ступень осуществлялась через пять минут после того, как деформация после предыдущей ступени полностью прекращалась. За величину сдвигающего усилия принималась нагрузка, которая вызывала быстрое нарастание деформаций без увеличения нагрузки.

Результаты испытаний сведены в табл. 1.

Как видно из полученных результатов, величина сдвигающего усилия существенным образом зависит от ступени горизонтальной нагрузки, при этом для различных по гранулометрическому составу разностей грунтов не в одинаковой степени. В то же время при анализе полученных данных можно установить, что сдвигающие усилия в опытах с числом ступеней 7—15 и больше мало разнятся по каждому грунту между собой.

Поэтому с достаточной для практических целей точностью можно остановиться на числе ступеней при сдвиге, близком 7—9.

ТАБЛИЦА 1

Супесь тяжелая пылеватая	Суглинок легкий		Глина		$\sigma_{\text{норм.}}$ кг/см ²	$\sigma_{\text{норм.}}$ кг/см ²	$\sigma_{\text{норм.}}$ кг/см ²	$\sigma_{\text{норм.}}$ кг/см ²
	Среднее	Среднее	Среднее	Среднее				
0,2	3	1,6	4	19,3	22,5	22,5	23,0	22,0
0,1	2	1,4	8	19,0	22,2	21,4	22,7	20,0
0,05	2	1,35	14	19,6	22,0	21,4	22,7	20,0
0,03	2	"	"	3	4	5	7	5
0,2	3	1,2	7	20,1	22,7	23,0	22,7	22,7
0,1	2	1,1	12	19,7	22,8	21,7	22,7	22,7
0,05	2	"	"	3	3	6	10	10
0,03	2	"	"	0,5	1	0,5	1	1
0,2	3	0,9	10	19,5	22,0	23,0	22,0	22,0
0,1	2	0,7	14	20,4	22,5	23,0	23,0	23,0
0,05	2	"	"	3	6	3	10	10
0,03	2	"	"	0,4	10	0,5	22,0	22,0
0,2	3	0,9	10	19,5	22,0	23,0	22,0	22,0
0,1	2	0,7	14	20,4	22,5	23,0	23,0	23,0
0,05	2	"	"	3	6	3	10	10
0,03	2	"	"	0,4	10	0,5	22,0	22,0

Соответственно этому числу ступеней для связных и несвязных грунтов, при разных вертикальных нагрузках каждая ступень будет определяться согласно табл. 2.

ТАБЛИЦА 2

Вертикальная нагрузка при срезе в кг/см ²	Величина ступени сдвигающего усилия в долях от вертикальной нагрузки	
	сыпучие грунты	связные грунты
2	0,1	0,05
1	0,2	0,1
0,5	0,2	0,1

Определение величины сцепления c . Величина сцепления по уравнению Кулона, при испытании на сдвиг при разных вертикальных нагрузках, принимается постоянной.

По существующей методике определения коэффициента внутреннего трения ($\operatorname{tg} \varphi$) и сцепления (c), все опыты ведутся при плотностях и влажностях грунта, соответствующих вертикальным нагрузкам при сдвиге, т. е. если сдвиг в опыте осуществляется при вертикальных нагрузках 3 и 1 кг/см², то при предварительном компрессионном уплотнении он в первом случае был под нагрузкой 3 кг/см², во втором—1 кг/см².

Однако при такой подготовке грунтов на срез нельзя ожидать одинаковой величины сцепления. Для доказательства этого положения были взяты грунты и компрессионно уплотнены разными нагрузками. Но во время опыта на срез грунты не загружались вертикальной нагрузкой. При таких условиях, очевидно, сопротивление срезу определялось исключительно сцеплением в грунтах.

Результаты испытаний приведены в табл. 3.

В таблице приведены средние данные из трех определений. Как и следовало ожидать, величина c не остается постоянной, она увеличивается с увеличением нагрузки, т. е. с уменьшением влажности и с увеличением плотности образца грунта. Последнее объясняется тем, что отдельные частицы грунта сближаются и толщина пленки воды между ними уменьшается, вследствие чего связность увеличивается. Если же сцепление будет величиной переменной, то это повлечет за собой неправильное определение угла внутреннего трения, если брать в основу расчета закон Кулона.

Для того чтобы в опыте при сдвигах под разными вертикальными нагрузками величина сцепления оставалась постоянной, нужно предварительное компрессионное уплотнение

ТАБЛИЦА 3

Наименование грунта	Вертикальная нагрузка при компрессионном уплотнении в кг/см ²					
	0,5		1,0		2,0	
	Сдвигающее усилие в кг/см ²	Влажность в %	Сдвигающее усилие в кг/см ²	Влажность в %	Сдвигающее усилие в кг/см ²	Влажность в %
Средний пылеватый сульвинок	0,075	19,0	0,160	18,0	0,212	16,1
Глина	0,10	27,0	0,16	26,2	0,20	25,0

ние грунта производить под одной и той же нагрузкой, а именно под максимальной, при которой ведется испытание. Так, например, если сдвиг производится под вертикальными нагрузками в 3 и 2 кг/см², то грунт предварительно должен быть уплотнен компрессионно нагрузкой 3 кг/см².

Все дальнейшие опыты по определению $\operatorname{tg} \varphi$ и c проводились соответственно указанному положению.

На рис. 1 приводятся для сравнения данные по определению $\operatorname{tg} \varphi$ и c грунта, полученные по существующей методике—уплотнение разными нагрузками—и по измененной уплотнение одной нагрузкой.

Как видно из графика, коэффициент внутреннего трения, если грунт компрессионно уплотняется под разными нагрузками, равен тангенсу угла в 16° , при условии же предварительного уплотнения одной нагрузкой он равен тангенсу угла в 10° .

Таким образом, коэффициент трения при испытаниях с подготовкой по существующей методике является завышенным.

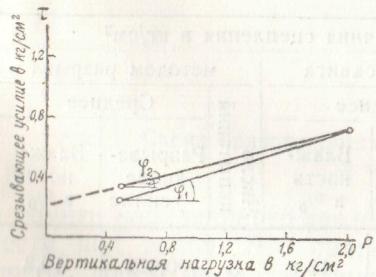


Рис. 1 График определения коэффициента трения для глин.

Не совпадают между собой и величины сцепления, если их приравнивать отрезку, отсекаемому на ординате. Для того чтобы установить, определяет ли отсекаемый по закону Кулона отрезок ординаты величину сцепления, последняя

ТАБЛИЦА 4

Наименование грунта	Величина сцепления в кг/см ²		
	по ординате	по срезу без вертикальной нагрузки	по срезу с вертикальной нагрузкой
Суглинок легкий	0,25 0,30 0,40	0,08 0,06 0,10	
Суглинок средний	0,30 0,25	0,20 0,04	
Суглинок тяжелый	0,08 0,30	0,06 0,10	

была определена непосредственно по сдвигу без вертикальной нагрузки и по сопротивлению разрыву.

Результаты испытания сведены в таблицах 4 и 5.

ТАБЛИЦА 5

Наименование грунта	Уплотнение в кг/см ²	Величина сцепления в кг/см ²					
		методом сдвига		методом разрыва		Число испытаний	Среднее срезывающее усилие
		Число испытаний	Среднее срезывающее усилие	Число испытаний	Среднее разрывающее усилие		
Средний пылеватый суглинок	0,5	3	0,075	19,1	3	0,079	19,8
	1,0	4	0,160	18,2	3	0,136	17,7
	0,5	3	0,115	27,0	3	0,130	26,8
Глина	1,0	3	0,165	25,3	3	0,10	25,5
	2,0	3	0,200	25,1	3	0,135	24,0

Как видно из сравнения приведенных данных, величины сцепления, полученные методом сдвига без вертикальной нагрузки, всегда получались меньше, чем сцепление по отрезку ординаты.

Испытания на разрыв производились на специально сконструированном Богдановым приборе (рис. 2).

Площадь разрыва равнялась 6 см², грунт предварительно компрессионно уплотнялся, так же как и при испытаниях на срез.

Как видно из табл. 5, величины сцепления, полученные методом разрыва и среза без вертикальных нагрузок, близки. Однако при разрыве, при одинаковых влажностях, они несколько ниже.

Влияние капиллярного давления на результаты испытания. По требованиям существующей методики, опыты на сдвиг должны проводиться при устранении

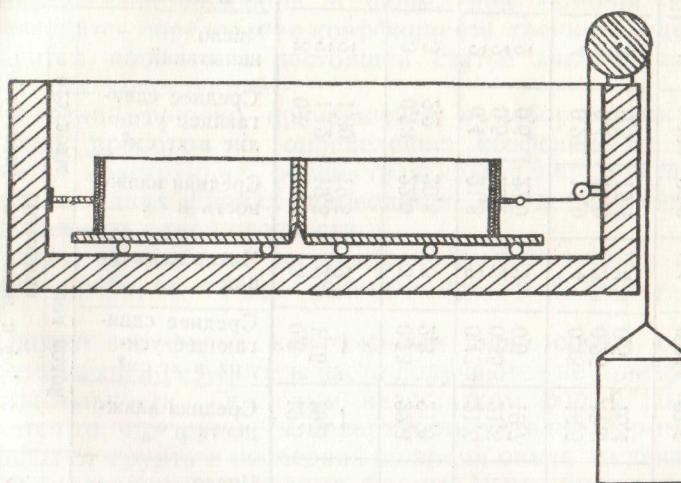


Рис. 2. Схема прибора Богданова для определения сцепления в грунтах.

в грунте капиллярного давления, для чего следует испытание вести под водой. Это сильно усложняет постановку испытания. Нами были поставлены опыты с целью выявить степень влияния указанного фактора.

Опыты на сдвиг проводились в формах Цытовича с двухплоскостным сдвигом и в формах Богданова с одноплоскостным сдвигом.

Испытания проводились без затопления образца водой и под водой. Результаты испытания сведены в табл. 6.

Определения, обозначенные в таблице порядковыми номерами 1, 2, 3, проведены при предварительном компрессионном уплотнении одной нагрузкой, равной 2 кг/см², определения под номерами 4, 5 предварительно уплотнялись той же нагрузкой, при которой осуществлялся срез.

По материалам, приведенным в табл. 6, не замечается

какого-либо уменьшения величины срезывающего усилия при устранении сил капиллярного давления. Результаты получились аналогичные как при срезе двухплоскостном, так и при одноплоскостном.

Отсюда можно сделать вывод, что испытание на срез можно проводить без затопления грунта водой, особенно для тех случаев, когда грунт в естественных условиях работает без возможности его затопления.

Влияние формы на результаты испытания. В литературе с достаточной полнотой даны критические характеристики приборов и форм, при помощи которых производится определение коэффициента трения и сцепления в грунтах, поэтому в настоящей статье мы не разбираем отдельных конструкций.

Основной, широко привившейся в лабораториях конструкцией приборов по определению коэффициента трения является конструкция, осуществляющая сдвиг грунта. Сдвиг грунта в одних формах проводится по двум плоскостям, в других — по одной плоскости.

Одним из наиболее распространенных во многих лабораториях приборов следует считать прибор и форму Цытовича.

Однако эта форма, как показали наши опыты, обладает недостатками, и результаты часто получаются не отвечающими действительности. Основным недостатком формы Цытовича является то, что трущиеся поверхности деталей формы не защищены от грунта и последний во время опыта заклинивается между подвижными деталями формы. Часто бывает так, что вместо усилия, вызывающего сдвиг грунта, фактически измеряется сила, которая вызывает раздробление отдельных минеральных зерен, заклинившихся между деталями формы.

Изложенное подтверждается материалом, собранным при сопоставлении результатов испытания на сдвиг, проведенных в форме Цытовича и в форме, предложенной Богдановым.

Материал по сопоставлению характера кривых и величин сопротивления сдвигу представлен на рис. 3, 4.

При рассмотрении приведенных данных можно отметить, что результаты, полученные с помощью формы Цытовича, сильно завышены, что может быть объяснено, как указывалось выше, тем, что здесь фактически фиксируется усилие, не вызывающее сдвига грунта, а разрушающее отдельные зерна грунта, попавшие между подвижными металлическими частями формы. Это подтверждается тем, что самый характер кривых деформации, полученный в форме Цытовича, прямолинеен почти до самого момента сдвига, и здесь кривая как бы обрывается, в то время как кривая дефор-

ТАБЛИЦА 6

№ по порядку	Наименование грунта	Двухплоскостной сдвиг в форме Цытовича				Одноплоскостной сдвиг в форме Богданова						
		без воды	под водой	без воды	под водой	без воды	под водой	без воды	под водой			
1	Супесь тяжелая пылеватая	0,5 1,0 2,0	3 2 2	0,8 1,12 1,30	19,3 19,8 19,5	3 2 2	0,8 1,15 —	19,5 19,3 —	3 0,4 —	20,4 — —	3 0,4 —	20,0 — —
2	Супесь легкая пылеватая	0,5 2,0	3 3	0,73 2,2	22,0 20,8	3 3	0,73 2,3	22,3 21,0	3 1,1	19,0 19,4	3 3	0,225 0,7 21,5
3	Суглинок легкий	0,5 1,0 2,0	2 2 2	0,4 0,5 0,6	21,8 22,1 22,0	2 2 2	0,47 0,45 0,6	21,6 21,8 19,7	2 0,5 2	0,35 — —	22,6 — —	— — —
4	Средний суглинок	0,5 1,0 2,0	4 3 4	0,27 0,4 0,5	18,0 16,0 15,4	4 3 4	0,38 0,25 0,5	16,5 17,0 16,4	3 — —	0,125 — —	18,3 — —	3 — —
5	Тяжелый суглинок	0,5 1,0 2,0	4 3 4	0,260 0,37 0,7	26,0 27,0 25,0	4 3 4	0,244 0,43 0,65	27,5 26,0 25,0	4 — 0,7	0,15 — 25,0	27,0 — 2	— — 0,75

мации при сдвиге в форме Богданова имеет постоянно возрастающее нарастание деформаций до момента среза.

Последнее положение следует считать более близким к условиям нормального взаимодействия между нагрузками и деформациями. Все сказанное относится к супесчаным и пылеватым грунтам. На грунтах глинистых расхождение значительно меньше и даже не имеет места, но все же опыты на форме Цытовича требуют везде нескольких повтор-

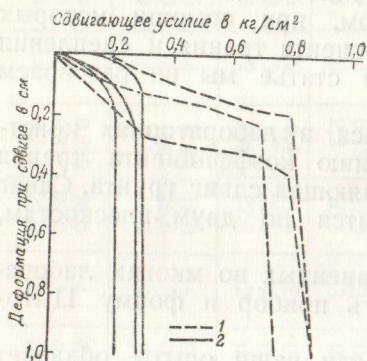


Рис. 3. Деформации при сдвиге (супесь легкая, пылеватая): 1—испытание на приборе Цытовича, 2—испытание на приборе Богданова.

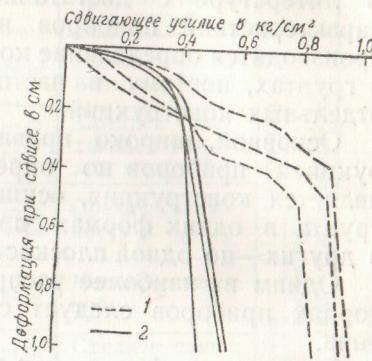


Рис. 4. Деформация при сдвиге (супесь тяжелая): 1—испытание на приборе Цытовича, 2—испытание на приборе Богданова.

ных срезов, так как и здесь не исключена возможность попадания отдельных зерен грунта между подвижными деталями формы.

Во вновь сконструированной форме Богданов устранил возможность загрязнения трущихся металлических поверхностей формы грунтом. Трение между деталями формы сведено к минимуму, что, с одной стороны, достигнуто введением шарикоподшипника, а с другой, уменьшением площади трущихся поверхностей. Форма имеет приспособление, при помощи которого расстояние между режущим краем цилиндра и гребенки может регулироваться. Форма обеспечена приспособлением, устраняющим возможность набухания грунта.

Таким образом, форму Цытовича и подобные ей, с незащищенными от засорения грунтом поверхностями подвижных деталей, при испытании супесчаных и пылеватых грунтов применять нельзя. Указанные формы могут быть использованы только при испытании глин.

Выбор величины сдвигающего усилия. Величина сдвигающего усилия определяется неодинаково. Одними принимается за эту величину конечное усилие, при котором срезается грунт, другими— усилие, при котором нарушается пропорциональность между величиной деформации и прилагаемой нагрузкой, которые наносятся на кривую зависимости деформации от сдвигающего усилия.

Нами были поставлены опыты на легком пылеватом суглинике с фиксацией сдвигов внутри грунта при равных сдвигающих нагрузках. Форма прибора наполнялась грунтом нарушенного сложения и в него вставлялись вертикально поставленные окрашенные столбики из того же грунта. В каждую форму вставлялись три столбика (толщиной 1,5—2 см) в переднюю часть, среднюю и заднюю. Затем грунт уплотнялся и подвергался испытанию на срез. Таких образцов в отдельных формах было изготовлено несколько. Все образцы были заготовлены при одной и той же влажности и уплотнены одинаково. Первый образец был испытан на срез, для чего была приложена нагрузка в 0,2 кг/см², которая действовала до тех пор, пока в грунте не прекращались деформации. После этого момента грунт выдерживался под данной нагрузкой еще пять минут. Ко второму образцу было приложено срезающее усилие в 0,4 кг/см², к третьему—0,6 кг/см² и т. д. К последнему образцу была приложена нагрузка, вызвавшая срез грунта. Все нагрузки давались, как и первая, ступенями в 0,2 кг/см², после затухания деформаций от предыдущей.

Деформации, имевшие место от нагрузок, были нанесены на кривую. Затем все грунты были разрезаны по линии вставленных столбиков. При этом оказалось, что в тех образцах, где пропорциональность между деформацией и нагрузкой имела место, вставленные столбики сохраняли свое первоначальное положение. В тех же образцах, где эта пропорциональность была превзойдена, верхняя часть столбика была заметно смещена по отношению к нижней, так как во всей плоскости скольжения грунта произошли заметные сдвиги. Вначале эти сдвиги были в виде искривления столбиков, а при больших нагрузках верхняя часть столбика перемещалась относительно нижней на 1—2 мм.

Выбор срезающего усилия по максимальной его величине при сдвиге или по пределу пропорциональности мало отражается на коэффициенте внутреннего трения, но резко изменяет величину сцепления, если ее определять как отрезок ординаты, так как при расчете по максимальной величине сдвигающего усилия линия при определении угла сдвига располагается значительно выше, чем при расчете по пре-

делу пропорциональности. В последнем случае сцепление иногда меньше в два раза.

Определение трения и сцепления при влажностях, меньших нижнего предела пластиичности. Рядом опытов при испытании на сдвиг грунтов при влажностях, меньших нижнего предела пластиичности, и при оптимальном их уплотнении было установлено, что сдвигающее усилие в несколько раз больше вертикальной нагрузки, и при этих условиях скорее происходит не сдвиг, а скол

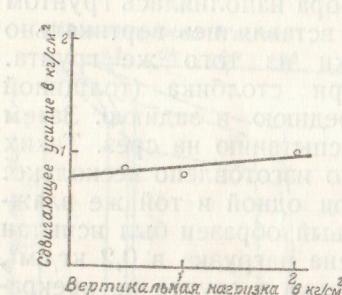


Рис. 5. Суглинок средний пылеватый при влажности 20,5%.

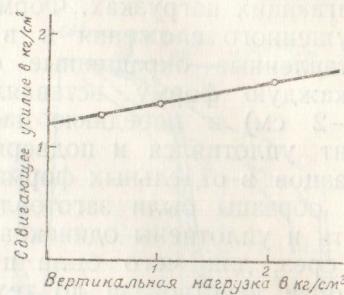


Рис. 5а. Оптимальная смесь при влажности 9%.

грунта. Некоторые результаты подобного рода приведены на рис. 5 и 5а.

Подобные же результаты получаются и при испытаниях грунтов с ненарушенным сложением.

На основании проделанных опытов полагаем, что при испытании на срез грунтов при влажностях, меньших нижнего предела пластиичности, выделять сцепление и трение не представляется возможным и можно получить только характеристику общего суммарного сопротивления сдвига.

Прибор на трение и сцепление. Одним из авторов настоящей статьи, Г. Ф. Богдановым, был сконструирован прибор для определения коэффициента трения в грунтах (рис. 6).

На металлической плате 1 установлены две стойки 2, на которых крепятся кронштейны, служащие направляющими для шпинделей 3, рычагов 4. Рычаги 4 при помощи подвижной опоры 5 крепятся на плате 1. При помощи рычагов 4 осуществляют вертикальную нагрузку на грунт в форме. Непосредственно под шпиндели устанавливается форма на сдвиг 6. Форму крепят к плате двумя болтами.

Горизонтальное сдвигающее усилие осуществлено при помощи рычагов 7, на концах которых на ленте с крючком

подвешивается ведро 8. Рычаги 4 на концах имеют подвески для размещения гирь.

Обе системы рычагов уравновешены противовесами 9. Рычаги 7 соединяются с формой 6 измерительным прибором, фиксирующим деформации сдвига от нагрузки или при помощи тягового приспособления.

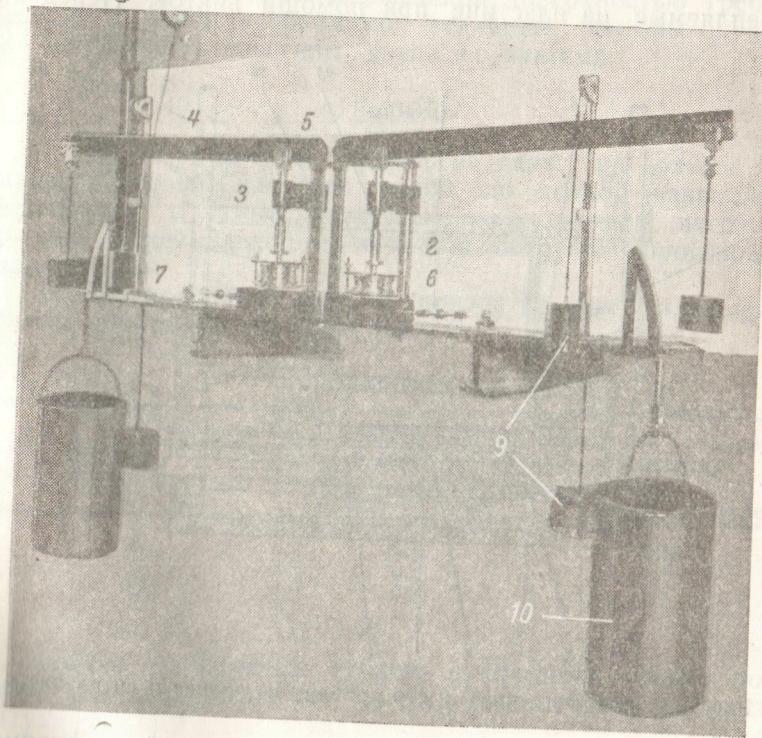


Рис. 6. Прибор Богданова для определения трения и сцепления в грунтах.

Форма на сдвиг грунта.

Форма состоит из коробки 1, на дне которой вмонтированы шарикоподшипники 2. На шарикоподшипниках свободно лежит металлическая пластина.

В пластину спереди ввернут стержень 3, который проходит через переднюю стенку коробки. В задней стенке коробки имеется установочный винт для приведения пластины в начальное положение.

Пластина 4 в центре с поверхности на глубину 4 мм

имеет выточку диаметром, соответствующим диаметру резака, и отводную трубку 5 для питания грунта водой или для удаления из грунта воды, отжимаемой компрессионно.

На дно выточки уложен вкладыш 6 со сквозными отверстиями и рифленой поверхностью. На пластине вдоль ее бортов укреплена ванна 7. Внутри ванны, поверх пластины, спереди и сзади резака уложены зажимные секторы 8, закрепляемые на пластине при помощи винтов. Передний

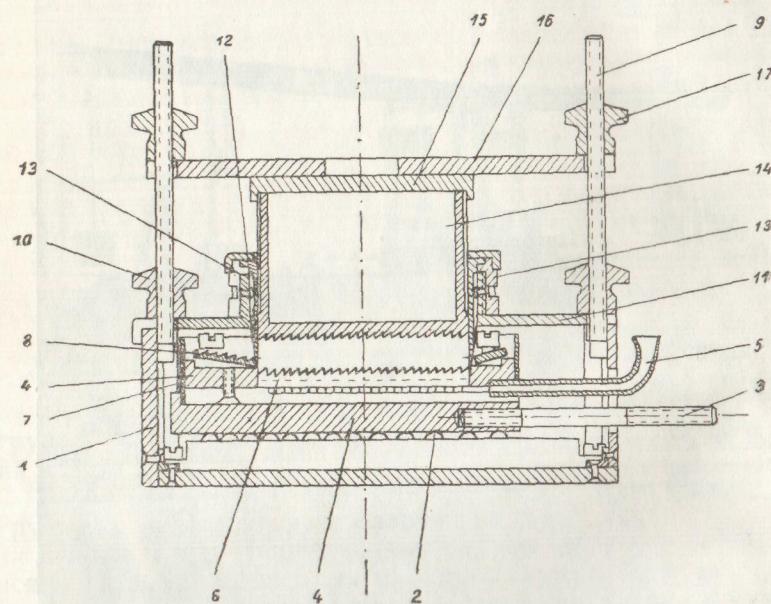


Рис. 7. Форма Богданова к его прибору на трение и сцепление.

сектор имеет гладкую поверхность, задний — рифленую. Секторы служат обоймой для грунта в форме после поднятия резака и определяют плоскость сдвига.

При помощи болтов 9 и барашков 10 коробку сверху покрывают крышкой 11, которая служит направляющей для резака 12. На крышке навернута подъемная гайка 13, которая верхней плоскостью упирается в плечики резака. Поворотом гайки осуществляется подъем резака над пластиной и секторами. Каждая четверть оборота гайки соответствует подъему резака на 1 мм. В резак вводится полый с дырчатым дном поршень. Поршень 14 сверху покрыт крышкой 15. Для закрепления поршня в любом положении по высоте и устранении возможности перемещения поршня вверх пор-

шень 14 покрывают пластиной 16 и при помощи барашков 17 закрепляют в любом положении.

В начальном положении, когда производится предварительное уплотнение грунта в форме, резак должен быть заглублен в тело гребенки до дна выточки.

Перед опытом на сдвиг, после того как форма установлена на приборе и скреплена рычагом, вращением гайки между резаком и верхней рифленой поверхностью гребенки создается зазор необходимой величины, секторы опускают на поверхность пластины, крепя их винтами.

ВЫВОДЫ

1. При исследовании грунта на сдвиг, он должен быть предварительно насыщен водой до полной капиллярной влажности и затем компрессионно уплотнен нагрузкой, равной максимальной из тех, под которыми производится срез грунта.

2. При испытании на срез горизонтальное усилие прилагается ступенями согласно табл. 7.

ТАБЛИЦА 7.

Вертикальная нагрузка при сдвиге в кг/см ²	Величина ступени сдвигающего усилия в долях от вертикальной нагрузки	
	Грунты несвязные	Грунты связные
2	0,1	0,05
1	0,2	0,1
0,5	0,2	0,1

Каждая последующая ступень прилагается только после того, как деформации от предыдущей ступени полностью затухнут.

3. Величина сцепления в грунтах наиболее точно определяется методом разрыва. Можно определить эту величину и испытанием грунта на срез без приложения вертикальной нагрузки.

Величина сцепления, определенная методом экстраполирования по отрезку ординаты, является сильно завышенной.

4. Испытание на сдвиг грунтов песчаных, супесчаных и пылеватых должно производиться в таких формах, в которых устранена возможность засорения грунтом трущихся поверхностей формы (например форма Богданова). Формы, в которых имеется непосредственный контакт грунта с трущимися поверхностями (формы Пузыревского, Цытовича),

могут применяться только при испытаниях глинистых грунтов и обязательно с контролем.

5. Результаты испытания грунта на сдвиг получаются одинаковыми, когда опыт ведется с заливанием грунта водой и без воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цытович Н. А. Механика грунтов, 1940.

2. Иванов Н. Н., Охотин В. В. Дорожное почвоведение и механика грунтов, 1934.