ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ГРУНТЫ

МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ НА СРЕЗ В СКВАЖИНАХ И В МАССИВЕ

ГОСТ 21719—80

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
Москва

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ГРУНТЫ

МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ НА СРЕЗ В СКВАЖИНАХ И В МАССИВЕ

ГОСТ 21719—80

Издание официальное

МОСКВА — 1980

РАЗРАБОТАН
Производственным и научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям в строительстве Госстроя СССР
Научно-исследовательским институтом оснований и подземных сооружений им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР

ИСПОЛНИТЕЛИ

Л. С. Амарян, д-р техн. наук (руководитель темы); **А. В. Васильев**, канд. геол.-минер. наук; **А. Я. Рубинштейн**, канд. геол.-минер. наук; **Э. Р. Черняк**, канд. геол.-минер. наук; **Л. Г. Мариупольский**, канд. техн. наук; **А. Н. Скачко**, канд. техн. наук; **А. А. Шерман**; **Л. Е. Темкин**; **Е. Н. Хрусталев**; **Ю. Ф. Якимов**; **В. Б. Швец**, д-р техн. наук.

ВНЕСЕН Производственным и научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям в строительстве Госстроя СССР

Зам. директора **В. В. Баулин**

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 23 мая 1980 г. № 74

УДК 624.131.377 : 006.354 Группа Ж39

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ГРУНТЫ

Методы полевых испытаний на срез в скважинах и в массиве

Soils. In-situ methods of shearing test in boreholes and in massiv

ГОСТ 21719—80

Взамен ГОСТ 21719—76

Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 23 мая 1980 г. № 74 срок введения установлен

с 01.01 1981 г.

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на песчаные и глинистые грунты, в том числе с примесью растительных остатков, заторфованные торфы и илы, и устанавливает методы полевых испытаний грунтов на срез в скважинах и массиве при исследованиях их для строительства.

Стандарт не распространяется на грунты: пески гравелистые и независимо от гранулометрического (зернового) состава плотные и насыщенные водой; глинистые твердой консистенции; глинистые с крупнообломочными включениями размерами более 10 мм и размерами 2—10 мм в количестве (по массе) более 15%; песчаные и глинистые в мерзлом состоянии.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Испытания грунта на срез в скважинах и массиве следует производить для определения прочностных характеристик, показателя структурной прочности грунта при срезе $П_{стр}$ и характера пространственной изменчивости сопротивления грунта срезу.

Примечание. Определения основных терминов, применяемых в настоящем стандарте, приведены в справочном приложении 1.

1.2. Выбор методов полевых испытаний на срез в скважинах и массиве следует производить в соответствии с табл. 1.

Схемы испытания грунта на срез в скважинах и массиве приведены в обязательном приложении 2.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

© Издательство стандартов, 1980

Таблица 1

Метод полевых испытаний	Условия применения метода				
	Гидрогеологические условия	Место проведения испытания	Диаметр скважины, мм	Глубина испытания, м	Вид и состояние грунта
Вращательный срез	Выше и ниже уровня грунтовых вод	Ниже забоя буровой скважины	Св. 76	0,5—20	Глинистые грунты с показателем консистенции $J_L > 0{,}50$, в том числе с примесью растительных остатков, заторфованные, торфы и илы, с крупнообломочными включениями размерами 2—10 мм в количестве (по массе) менее 15%
То же	То же	В массиве	—	0,3—20	Глинистые грунты с показателем консистенции $J_L > 1$, в том числе с примесью растительных остатков, заторфованные, торфы и илы, с крупнообломочными включениями размерами 2—10 мм в количестве (по массе) менее 15%
Кольцевой срез	Выше уровня грунтовых вод	В стенках буровой скважины	108—146	0,5—10	Глинистые грунты с показателем консистенции $0 \leqslant J_L \leqslant 0{,}75$, в том числе с примесью растительных остатков, заторфованные, с крупнообломочными включениями размерами 2—10 мм в количестве (по массе) менее 15%
Поступательный срез	Выше уровня грунтовых вод	В стенках буровой скважины	108—146	0,5—20	Песчаные — пески крупные, средней крупности, мелкие и пылеватые, средней плотности и рыхлые, маловлажные и влажные

Продолжение табл. 1

Метод полевых испытаний	Условия применения метода				
	Гидрогеологические условия	Место проведения испытания	Диаметр скважины, мм	Глубина испытания, м	Вид и состояние грунта
Поступательный срез	Выше уровня грунтовых вод	В стенках буровой скважины	108—146	0,5—20	Глинистые — с показателем консистенции $0 \leqslant J_L \leqslant 0{,}75$, в том числе с примесью растительных остатков, заторфованные, с крупнообломочными включениями размерами 2—10 мм в количестве (по массе) менее 15%

1.3. На отметке испытания грунта на срез в скважинах должны быть отобраны образцы и в лабораторных условиях определены состав и физические характеристики: гранулометрический (зерновой) состав — по ГОСТ 12536—79, влажность — по ГОСТ 5180—75, плотность минеральной части грунта (удельный вес) — по ГОСТ 5181—78, объемная масса (объемный вес) — по ГОСТ 5182—78, влажность на границах раскатывания и текучести — по ГОСТ 5183—77, а также вычислены объемная масса (объемный вес) скелета грунта, коэффициент пористости, степень влажности, число пластичности и показатель консистенции.

1.4. Толщина однородного слоя грунта, предназначенного для испытания на срез в скважинах и массиве, должна быть не менее 1,5 высоты рабочего наконечника.

1.5. Промежуток времени между окончанием проходки опытной скважины и началом испытания грунта на срез выше уровня грунтовых вод не должен превышать 2 ч, ниже уровня грунтовых вод — 30 мин.

2. МЕТОД ВРАЩАТЕЛЬНОГО СРЕЗА

2.1. Испытания грунтов методом вращательного среза следует производить для определения сопротивления грунта срезу τ в МПа (кгс/см^2), удельного сцепления C в МПа (кгс/см^2), показателя структурной прочности грунта при срезе $П_{стр}$ и характера пространственной изменчивости сопротивления грунта срезу τ в МПа (кгс/см^2).

2.2. Аппаратура

2.2.1. Для испытания грунтов методом вращательного среза необходимо применять установки, состоящие из следующего основного оборудования:

крыльчатки;

штанг;

устройств для создания и измерения крутящего момента.

Для испытания грунта в массиве эти установки надлежит дополнить устройствами для отключения крыльчатки от штанг, позволяющими измерять трение штанг о грунт при неподвижной крыльчатке.

2.2.2. Конструкции установок должны обеспечивать:

погружение крыльчатки в грунт ниже забоя опытной скважины или массив;

фиксирование штанг на заданной глубине, исключающего самопроизвольное вертикальное перемещение крыльчатки и штанг в процессе испытания грунта на срез;

передачу крутящего момента на крыльчатку;

измерение максимального и установившегося крутящих моментов;

тарировку устройства для измерения крутящего момента.

2.2.3. В зависимости от вида и состояния грунта необходимо использовать следующие типы крыльчаток:

малую — при испытаниях глинистых грунтов тугопластичной и мягкопластичной консистенции, в том числе с примесью растительных остатков, заторфованных, с крупнообломочными включениями размерами 2—10 мм в количестве (по массе) менее 15%;

среднюю — при испытаниях глинистых грунтов мягко- и текучепластичной консистенции, в том числе с примесью растительных остатков, заторфованных, уплотненных торфов, с крупнообломочными включениями размерами 2—10 мм в количестве (по массе) менее 15%;

большую — при испытаниях глинистых грунтов текучей и текучепластичной консистенции, в том числе заторфованных, торфов и илов (без крупнообломочных включений).

2.2.4. Аппаратура для испытания грунта методом вращательного среза должна отвечать основным требованиям, изложенным в табл. 2.

Таблица 2

Состав аппаратуры и ее характеристика	Основные параметры аппаратуры		
	Тип крыльчатки		
	малая	средняя	большая
1. Крыльчатки размерами, мм:			
высота	120	150	200
ширина (диаметр)	60	75	100
толщина лопасти	2	2,5	3

Продолжение табл. 2

Состав аппаратуры и ее характеристика	Основные параметры аппаратуры		
	Тип крыльчатки		
	малая	средняя	большая
2. Постоянная крыльчатки B (справочное приложение 1), $см^3$	790	1545	3660
3. Штанги размерами, мм:			
наружный диаметр		22—33,5	
длина		500—3000	
4. Устройство для создания крутящего момента:			
максимальный крутящий момент, кН·см (кгс·см), не менее		18(1800)	
5. Устройство для измерения крутящего момента:			
погрешность измерения крутящего момента, кН·см (кгс·см), не менее	0,36(36)	0,18(18)	0,18(18)

2.3. Подготовка к испытанию

2.3.1. Грунты следует испытывать срезными установками, имеющими паспорта и заводские тарировочные таблицы измерительных устройств.

2.3.2. Поверки срезных установок надлежит выполнять согласно паспортам и инструкциям по их эксплуатации, периодически проверяя данные тарирования измерительных устройств.

2.3.3. Поверки срезной установки необходимо выполнять при получении ее с завода и перед выездом на полевые работы, но не реже одного раза в 3 мес, а также после выявления и устранения неисправностей измерительного устройства или замены его деталей. Результаты поверок следует оформлять актами.

2.3.4. При подготовке к испытанию и в период проведения полевых работ периодически, через 15 точек испытаний грунтов, необходимо проверять прямолинейность штанг путем их сборки в звенья длиной 3 м на ровной поверхности. Отклонение звена штанг от прямой линии не должно превышать 5 мм в любой плоскости по всей длине проверяемого звена. Аналогично надлежит проверять сопряжения звеньев штанг между собой.

2.3.5. Перед проведением испытаний следует тарировать устройство для измерения крутящего момента. По результатам тарировки составляют график (таблицу) зависимости крутящего момента M в кН·см (кгс·см) от показаний измерительного устройства N в см и вычисляют постоянную характеристику измерительного устройства n в кН (кгс) по формуле

$$n = \frac{M}{N}. \qquad (1)$$

2.3.6. В интервале от 1,0 м выше отметки испытания грунтов методом вращательного среза до забоя опытные скважины надлежит проходить:

вдавливающим или ударно-канатным (забивным) способом кольцевым забоем с помощью тонкостенного бурового цилиндрического наконечника, нижний режущий край которого имеет внутренний угол заострения 10—15°; внутренний диаметр башмака этого наконечника должен быть на 1—2 мм меньше внутреннего диаметра корпуса, а наружный диаметр башмака — на 2—3 мм больше наружного диаметра корпуса наконечника;

вращательным способом с помощью колонковой трубы, скорость вращения которой не должна превышать 60 об/мин, осевая нагрузка — не более 1000 Н (100 кгс).

При испытании грунтов в массиве крыльчатку и колонну штанг следует погружать вдавливающим способом.

2.3.7. Забой опытной скважины должен быть расположен на 0,4—0,5 м выше отметки испытания грунта методом вращательного среза.

2.3.8. Опытные скважины и точки испытаний грунтов на срез необходимо выносить в натуру геодезическими методами и закреплять на местности временными знаками. Контроль точности планово-высотной привязки скважин и точек должен быть выполнен дважды — до начала и после проведения испытаний.

2.3.9. Площадка для размещения срезной установки должна быть горизонтальной. Размеры площадки необходимо определять с учетом габаритов установки и монтажа аппаратуры, но не менее 0,5×0,5 м.

2.3.10. Вертикальность срезной установки следует проверять по отвесу в процессе подготовки к испытанию.

2.3.11. Грунт в месте испытания на срез в скважине должен быть защищен от проникания поверхностных вод и атмосферных осадков, а в зимнее время — от промерзания.

2.3.12. Подготовленную колонну штанг с крыльчаткой соответствующего типа общей длиной на 0,8—1,2 м больше глубины отметки испытания грунта на срез надлежит опустить в скважину (при испытании грунта на срез в скважине) и плавно вертикально вдавить в грунт с заглублением крыльчатки до отметки испытания. При испытаниях с земной поверхности (в массиве) крыльчатку вдавливают в грунт, применяя в случае необходимости рычаги, домкраты или специальные устройства и постепенно наращивая колонну штанг.

2.3.13. Верх колонны штанг следует соединить с головкой устройства для создания крутящего момента, измерительные приборы защитить от атмосферных осадков.

2.4. Проведение испытаний

2.4.1. Крыльчатку надлежит вращать с угловой скоростью 0,2—0,3 градуса в секунду (0,2—0,3 рад/мин). При этом следует зафиксировать отсчет максимального показания измерительного устройства $N_{макс}$ для определения максимального крутящего момента $M_{макс}$.

Далее для получения установившегося крутящего момента $M_{уст}$ необходимо продолжить вращение крыльчатки с угловой скоростью 2—3 градуса в секунду (2—3 рад/мин) до полной стабилизации значений крутящего момента в процессе 2—3 полных оборотов и зафиксировать установившееся показание измерительного устройства $N_{уст}$.

2.4.2. При испытаниях грунтов в скважинах допускается трение штанг крыльчатки о грунт не учитывать и крутящий момент за счет трения штанг M_0 принимать равным нулю.

2.4.3. При испытаниях грунтов в массиве для получения крутящего момента за счет трения штанг M_0 следует с помощью отключающего устройства отключить крыльчатку от колонны штанг и определить величину N_0 по методике, изложенной в п. 2.4.1 для получения $N_{уст}$.

2.4.4. Испытания в массиве (во избежание больших погрешностей) допускается производить до глубины, где $\frac{M_{уст}-M_0}{M_{уст}} \geqslant 0{,}5$. При $\frac{M_{уст}-M_0}{M_{уст}} < 0{,}5$ испытания необходимо производить в скважинах.

2.4.5. Результаты испытаний следует заносить в «Журнал полевых испытаний грунтов методом вращательного среза» (рекомендуемое приложение 3).

2.4.6. После окончания испытаний грунтов на срез опытную скважину необходимо тампонировать грунтом и закреплять знаком с соответствующей маркировкой.

2.5. Обработка результатов

2.5.1. Обработку результатов испытаний следует выполнять по данным, внесенным в журнал (п. 2.4.5).

2.5.2. Максимальный крутящий момент M_{max}, установившийся крутящий момент $M_{уст}$ и крутящий момент за счет трения штанг M_0 в кН·см (кгс·см) надлежит вычислять на основании исходных данных по формулам:

$$M_{max}=nN_{max}; \quad (2)$$

$$M_{уст}=nN_{уст}; \quad (3)$$

$$M_0=nN_0, \quad (4)$$

где n — постоянная измерительного устройства, определяемая по формуле (1), кН (кгс);

N_{max} — максимальное показание измерительного устройства, см;

$N_{уст}$ — установившееся показание измерительного устройства, см;

N_0 — показание измерительного устройства, характеризующее трение штанг о грунт при отключенной крыльчатке, см.

2.5.3. Максимальное сопротивление грунта срезу τ_{max} и установившееся сопротивление грунта срезу $\tau_{уст}$ в МПа (кгс/см^2) вычисляют по формулам:

$$\tau_{max} = \frac{M_{max} - M_0}{B}; \quad (5)$$

$$\tau_{уст} = \frac{M_{уст} - M_0}{B}, \quad (6)$$

где B — постоянная крыльчатки, определяемая по формуле (1) справочного приложения 1, см^3.

2.5.4. Для глинистых грунтов с $I_L > 1$ в нестабилизированном состоянии определяют по полученным значениям τ_{max} удельное сцепление C в МПа (кгс/см^2), принимая $C = \tau_{max}$ и $\varphi = 0$.

2.5.5. Показатель структурной прочности грунта при срезе $П_{стр}$ надлежит вычислять по формуле

$$П_{стр} = \frac{\tau_{max}}{\tau_{уст}}. \quad (7)$$

Структурную прочность грунта при срезе следует определять по табл. 3.

Таблица 3

Показатель структурной прочности грунта при срезе $П_{стр}$	Структурная прочность грунта при срезе
$П_{стр} = 1$	Отсутствует
$1 < П_{стр} \leqslant 2$	Низкая
$2 < П_{стр} \leqslant 5$	Средняя
$П_{стр} > 5$	Высокая

2.5.6. Характер пространственной изменчивости сопротивления грунта срезу τ в МПа (кгс/см^2) определяют по полученным значениям τ_{max} в соответствии с требованиями ГОСТ 20522—75.

3. МЕТОД КОЛЬЦЕВОГО СРЕЗА

3.1. Испытания грунтов методом кольцевого среза следует производить для определения прочностных характеристик — угла внутреннего трения φ в градусах и удельного сцепления C в МПа (кгс/см^2).

3.2. Значения прочностных характеристик грунта φ и C следует устанавливать по величинам нормального давления p в МПа (кгс/см^2) и сопротивления грунта срезу τ в МПа (кгс/см^2), относящегося к одному инженерно-геологическому элементу (слою) в соответствии с ГОСТ 20522—75, по уравнению

$$\tau = p \cdot \operatorname{tg}\varphi + C. \qquad (8)$$

Величину τ надлежит определять не менее чем при трех различных значениях p для инженерно-геологического элемента (слоя).

3.3. Аппаратура

3.3.1. Для испытания грунта методом кольцевого среза необходимо применять установки, состоящие из следующего основного оборудования:

рабочего наконечника, состоящего из распорного штампа с продольными лопастями;

штанг;

устройств для создания и измерения нормального давления;

устройств для создания и измерения крутящего момента;

приборов для измерения деформаций сжатия и среза грунта.

3.3.2. Аппаратура для испытания грунта методом кольцевого среза должна отвечать основным требованиям, изложенным в табл. 4.

Таблица 4

Состав аппаратуры и ее характеристика	Основные параметры аппаратуры при испытании грунтов методами	
	кольцевого среза	поступательного среза
1. Распорный штамп размерами, мм:		
высота (длина)	200—300	240—320
минимальный диаметр (ширина)	87	87
максимальный диаметр (ширина)	146	146
2. Лопасти размерами, мм:		
толщина	0,5—1	0,5—1
высота (длина)	200—300	20—146
рабочая ширина	10	5—10
3. Расстояние между соседними лопастями по вертикали, мм	—	40
4. Устройство для создания нормального давления; максимальное нормальное давление, МПа (кгс/см^2), не менее	0,6(6)	0,6(6)
5. Устройство для измерения нормального давления; погрешность измерения нормального давления, МПа (кгс/см^2), не менее	0,01(0,1)	0,01(0,1)

Продолжение табл. 4

Состав аппаратуры и ее характеристика	Основные параметры аппаратуры при испытании грунтов методами	
	кольцевого среза	поступательного среза
6. Устройство для создания крутящего момента; максимальный крутящий момент, кН·см (кгс·см), не менее	20(2000)	—
7. Устройство для измерения крутящего момента; погрешность измерения крутящего момента, кН·см (кгс·см), не менее	0,4(40)	—
8. Устройство для создания срезающего давления; максимальное срезающее давление, МПа (кгс/см^2), не менее	—	0,5(5)
9. Устройство для измерения срезающего давления; погрешность измерения срезающего давления, МПа (кгс/см^2), не менее	—	0,01(0,1)
10. Прибор для измерения деформации сжатия грунта; погрешность измерения деформации сжатия грунта, мм, не менее	0,1	0,1
11. Прибор для измерения деформации среза грунта; погрешность измерения деформации среза грунта, мм, не менее	0,1	0,1

3.3.3. Конструкции установок должны обеспечивать:

вдавливание продольных лопастей в грунт;

фиксирование штанг по заданной глубине, исключающее самопроизвольное вертикальное перемещение продольных лопастей и штанг в процессе испытания грунта на срез;

передачу и измерение нормального равномерного давления на распорный штамп;

передачу и измерение ступенчатого или непрерывно возрастающего горизонтального срезающего давления на продольные лопасти;

тарировку измерительных устройств.

3.4. Подготовка к испытанию

3.4.1. Подготовку к испытанию грунта следует производить в соответствии с требованиями пп. 2.3.1—2.3.4; 2.3.8—2.3.11.

3.4.2. Перед проведением испытания грунта методом кольцевого среза необходимо тарировать:

устройство для измерения крутящего момента (в соответствии с требованиями п. 2.3.5);

устройство для измерения нормального давления. По результатам тарировки следует составлять график (таблицу) зависимости нормальной нагрузки p в кН (кгс) от показаний измерительного устройства $N_н$ в атм.

3.4.3. В интервале 1,0 м выше и ниже отметки испытания грунтов опытные скважины необходимо проходить, соблюдая требования п. 2.3.6; при этом наконечник, используемый для проходки скважин вдавливающим или ударно-канатным (забивным) способом кольцевым забоем, должен быть в верхней его части дополнен расширителями для срезания грунта с измеренными свойствами после проходки скважины башмаком наконечника.

3.4.4. Подготовленную колонну штанг с рабочим наконечником общей длиной на 0,8—1,2 м больше глубины отметки испытания следует опустить в скважину, постепенно наращивая эту колонну.

3.4.5. Верх колонны штанг надлежит соединить с головкой устройства для создания крутящего момента, а распорный штамп — с головкой устройства для создания нормального давления.

3.4.6. На установке необходимо смонтировать устройства для измерения нормального давления и крутящего момента, приборы для измерения деформации сжатия и среза грунта. Измерительные приборы надлежит защитить от воздействия атмосферных осадков.

3.4.7. Распорный штамп следует нагружать ступенями нормальных давлений по 0,01—0,02 МПа (0,1—0,2 кгс/см^2) до его соприкосновения со стенками скважины. При этом каждую ступень давления надлежит создавать за 1—2 мин.

Момент соприкосновения распорного штампа со стенками скважины следует устанавливать по показаниям прибора для измерения деформации сжатия грунта. С учетом величины горизонтального перемещения стенок распорного штампа необходимо определить диаметр скважины после предварительного уплотнения грунта D_0 в см.

3.5. Проведение испытания

3.5.1. При толщине инженерно-геологического элемента (слоя) менее 4,5 высоты рабочего наконечника испытания грунта для определения значения φ и C следует производить в нескольких опытных скважинах, расположенных друг от друга на расстоянии 1—3 м.

3.5.2. Испытания грунта в опытных скважинах следует производить при консолидированном или неконсолидированном режимах.

Консолидированный режим испытания необходимо применять для определения прочностных характеристик песков крупных, средней крупности, мелких и пылеватых, средней плотности и рыхлых, маловлажных и влажных, а также глинистых грунтов с показателем консистенции $0 \leqslant J_L \leqslant 0{,}75$ в условиях стабилизированного состояния.

Неконсолидированный режим испытания надлежит применять для определения прочностных характеристик глинистых грунтов с показателем консистенции $J_L > 0{,}50$ при степени влажности $G > 0{,}8$ в условиях нестабилизированного состояния.

3.5.3. При консолидированном режиме испытания сначала следует произвести предварительное уплотнение грунта, а затем — срез грунта в процессе ступенчатого или плавного увеличения срезающего давления.

3.5.4. Предварительное уплотнение грунта в стенках скважины следует производить нормальными давлениями p, при которых в последующем определяют сопротивление грунта срезу τ.

Нормальное давление p следует передавать на грунт последовательно ступенями Δp; величины давления p и их ступеней указаны в табл. 5.

Таблица 5

Вид и состояние грунта	Испытания на глубине, м	Нормальное давление p, МПа (кгс/см²)			Ступени давлений, Δp, МПа (кгс/см²)
		p_1	p_2	p_3	
Песчаные: пески крупные средней плотности и рыхлые; средней крупности средней плотности; мелкие средней плотности. Глинистые с показателем консистенции $0 \leqslant J_L \leqslant 0{,}50$	1—5	0,05(0,5)	0,15(1,5)	0,25(2,5)	0,05(0,5)
	5—10	0,10(1,0)	0,20(2,0)	0,30(3,0)	
	10—20	0,15(1,5)	0,25(2,5)	0,35(3,5)	
Песчаные: пески средней крупности и мелкие рыхлые; пылеватые средней плотности и рыхлые. Глинистые с показателем консистенции $0{,}50 < J_L \leqslant 0{,}75$	1—5	0,05(0,5)	0,10(1,0)	0,15(1,5)	0,0025—0,05 (0,25—0,5)
	5—10	0,05(0,5)	0,15(1,5)	0,25(2,5)	
	10—20	0,10(1,0)	0,20(2,0)	0,30(3,0)	

Каждую ступень давления Δp при предварительном уплотнении необходимо выдерживать не менее:

для песчаных грунтов — 5 мин;

для глинистых грунтов — 30 мин;

конечную ступень — до условной стабилизации деформации сжатия грунта.

За условную стабилизацию деформации сжатия следует принимать приращение осадки грунта, не превышающее 0,1 мм за время, указанное в табл. 6.

В процессе предварительного уплотнения грунта надлежит записывать в журнал испытаний величины деформации сжатия грунта.

Таблица 6

Вид и состояние грунта	Время, мин, условной стабилизации деформации	
	сжатия	среза
Песчаные: пески крупные со степенью влажности $0<G\leqslant 0,8$; средней крупности и мелкие — с $G\leqslant 0,5$	30	1
Песчаные: пески средней крупности и мелкие со степенью влажности $0,5<G\leqslant 0,8$; пылеватые — с $G\leqslant 0,5$. Глинистые с показателем консистенции $0\leqslant J_L\leqslant 0,25$	60	3
Песчаные: пески пылеватые со степенью влажности $0,5<G\leqslant 0,8$. Глинистые с показателем консистенции $0,25<J_L\leqslant 0,75$	120	5

Отсчеты по приборам на каждой ступени давления следует производить:

при испытаниях песчаных грунтов — на промежуточных ступенях Δp в начале и конце ступени, а на конечной ступени давления p через 10 мин в течение первого получаса, через 15 мин в течение второго получаса и далее через 30 мин до условной стабилизации деформации грунта;

при испытаниях глинистых грунтов — на промежуточных ступенях давления Δp через 10 мин, а на конечной ступени давления p через каждые 15 мин в течение первого часа и 30 мин в течение второго часа и далее через 1 ч до условной стабилизации деформации грунта.

3.5.5. При передаче срезающего давления ступенями Δq величина их не должна превышать 10% от величины нормального давления p, при которой производится срез. После передачи ступени давления необходимо не реже чем через каждые 2 мин отмечать в журнале величины деформации среза до их условной стабилизации.

За условную стабилизацию деформации среза надлежит принимать приращение перемещения лопастей в плоскости среза, не превышающее 0,1 мм за время, указанное в табл. 6.

После достижения условной стабилизации деформации среза при данной ступени давления надлежит передавать следующую ступень срезающего давления.

3.5.6. При непрерывном возрастающем срезающем давлении скорость среза должна быть постоянной и соответствовать указанной в табл. 7.

Таблица 7

Вид грунта	Скорость среза, мм/мин
Песчаные	1,0
Глинистые:	
супеси	0,5
суглинки	0,2
глины	0,1

Примечание. При испытаниях с постоянной скоростью среза следует применять приборы с автоматической записью результатов испытаний.

3.5.7. Испытание следует считать законченным, если при приложении очередной ступени срезающего давления происходит резкое (на порядок) уменьшение величины этого давления или общая деформация среза превысит 50 мм.

При проведении среза с постоянной скоростью за окончание испытаний следует принимать момент, когда срезающее давление достигнет максимальной величины, после чего наблюдается некоторое его снижение или когда установлено постоянство значения деформации среза или если общая величина деформации среза превысит 50 мм.

После окончания испытания грунт следует разгрузить и произвести демонтаж аппаратуры.

3.5.8. При неконсолидированном режиме испытаний без предварительного уплотнения необходимо передать сразу в одну ступень нормальные давления p, при которых будет производиться срез грунта. Величины p следует принимать по табл. 5.

3.5.9. Срез грунта при неконсолидированном режиме испытаний надлежит осуществлять за время не более 5 мин, считая с момента окончания приложения нормального давления.

При передаче срезающего давления ступенями, не превышающими 10% нормального давления p, при котором производят срез, приложение ступеней должно следовать через каждые 15—30 с.

При передаче срезающего давления в виде непрерывно возрастающего скорость среза следует принимать в интервале 5—20 мм/мин, так чтобы испытание было закончено в течение указанного времени.

Момент окончания испытания устанавливают в соответствии с указаниями, приведенными в п. 3.5.7.

После окончания испытания грунт следует разгрузить и произвести демонтаж аппаратуры.

3.5.10. Результаты испытаний необходимо заносить в «Журнал полевых испытаний грунтов методом кольцевого среза» (рекомендуемое приложение 4). По окончании испытания следует записать

максимальное показание измерительного устройства $N_{макс}$, которое было зафиксировано в процессе испытания.

3.5.11. После окончания испытаний грунтов необходимо выполнять требования, указанные в п. 2.4.6.

3.6. Обработка результатов

3.6.1. Обработку результатов испытаний надлежит выполнять по данным, внесенным в журнал (п. 3.5.10).

3.6.2. Максимальный крутящий момент M_{max} в кН·см (кгс·см) необходимо вычислять по формуле (2).

3.6.3. Диаметр кольцевой поверхности среза D в см следует вычислять по формуле

$$D=D_0+2m, \tag{9}$$

где D_0 — диаметр скважины после предварительного уплотнения грунта (п. 3.4.7), см;

m — рабочая ширина лопасти (табл. 4), см.

3.6.4. Сопротивление грунта срезу τ в МПа (кгс/см²) при каждом нормальном давлении p в МПа (кгс/см²) необходимо вычислять по формуле

$$\tau = \frac{2M_{max}}{\pi D^2 H}, \tag{10}$$

где M_{max} — максимальный крутящий момент, определяемый по формуле (2), кН·см (кгс·см);

D — диаметр кольцевой поверхности среза, определяемый по формуле (9), см;

H — высота распорного штампа, см.

3.6.5. По величинам сопротивления грунта срезу τ, определенным при различных нормальных давлениях p, следует построить график зависимости $\tau=f(p)$ в соответствии с требованиями ГОСТ 23741—79; при этом необходимо провести прямую линию, занимающую среднее положение между всеми опытными точками.

По графику $\tau=f(p)$ следует производить контроль испытаний. При разбросе опытных данных (точек) относительно прямой линии более чем на 30% от величины среднего значения τ результаты испытаний следует считать неудовлетворительными и испытания надлежит повторить.

Прочностные характеристики грунта — угол внутреннего трения φ в градусах и удельное сцепление C в МПа (кгс/см²) — находят по графику зависимости $\tau=f(p)$. При этом величина C определяется как отрезок, отсекаемый прямой $\tau=f(p)$ на оси ординат, а тангенс угла наклона этой прямой к оси абсцисс есть тангенс угла внутреннего трения φ.

Нормативные и расчетные значения φ и C для каждого инженерно-геологического элемента (слоя) следует устанавливать по ГОСТ 20522—75.

3.6.6. Результаты определения τ и C необходимо выражать с погрешностью 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2), φ—1 градус и регистрировать в журнале испытаний, указывая метод испытания и вид грунта. Результаты определений τ следует сопровождать указаниями величин нормальных давлений p, при которых было получено каждое значение τ. Величины τ, C и φ, полученные при неконсолидированном режиме испытаний, следует обозначать $\tau_н$, $C_н$ и $\varphi_н$.

4. МЕТОД ПОСТУПАТЕЛЬНОГО СРЕЗА

4.1. Испытания грунтов методом поступательного среза следует производить для определения прочностных характеристик — угла внутреннего трения φ в градусах и удельного сцепления C в МПа (кгс/см^2).

4.2. Испытания грунтов методом поступательного среза необходимо осуществлять в соответствии с требованиями п. 3.2.

4.3. Аппаратура

4.3.1. Для испытания грунта методом поступательного среза необходимо применять установки, состоящие из следующего основного оборудования:

рабочего наконечника, состоящего из распорного штампа с поперечными лопастями;

штанг или троса;

устройств для создания и измерения нормального давления;

устройств для создания и измерения срезающего давления;

приборов для измерений деформации сжатия и среза грунта.

4.3.2. Аппаратура для испытаний грунта методом поступательного среза должна отвечать основным требованиям, изложенным в табл. 4.

4.3.3. Конструкции установок должны обеспечивать возможность:

передачи и измерения нормального равномерного давления на распорный штамп;

горизонтального вдавливания поперечных лопастей в стенки буровой скважины;

передачи и измерения ступенчатого или непрерывно возрастающего срезающего давления на поперечные лопасти;

тарировки измерительных устройств.

4.4. Подготовка к испытанию

4.4.1. Подготовку к испытанию грунта методом поступательного среза следует производить в соответствии с требованиями пп. 2.3.1—2.3.4; 2.3.8—2.3.11; 3.4.7.

4.4.2. Перед проведением испытания грунта методом поступательного среза необходимо тарировать устройство для измерения нормального давления. По результатам тарировки надлежит составлять график (таблицу) зависимости нормального давления p в кН (кгс) от показаний измерительного устройства $N_н$ в атм.

4.4.3. Подготовленный рабочий наконечник следует опустить в скважину до отметки испытания.

4.4.4. На установке необходимо смонтировать устройства для измерения нормального и срезающего давления, приборы для измерения деформации сжатия и среза грунта. Измерительные приборы следует защищать от воздействия атмосферных осадков.

4.5. Проведение испытания

4.5.1. Проведение испытания грунта методом поступательного среза следует производить в соответствии с требованиями, приведенными в пп. 3.5.1—3.5.9; 3.5.11.

4.5.2. Результаты испытаний необходимо заносить в «Журнал полевых испытаний грунтов методом поступательного среза» (рекомендуемое приложение 5). По окончании испытания следует записать максимальное сопротивление грунта вертикальному срезу Q, которое было зафиксировано в процессе испытания.

4.6. Обработка результатов

4.6.1. Обработку результатов испытаний следует выполнять по данным, внесенным в журнал (п. 4.5.2).

4.6.2. Обработку результатов испытаний грунтов надлежит осуществлять в соответствии с требованиями, приведенными в пп. 3.6.5 и 3.6.6.

4.6.3. Сопротивление грунта срезу τ в МПа (кгс/см^2) при каждом нормальном давлении p в МПа (кгс/см^2) необходимо вычислять по формуле

$$\tau = \frac{0{,}95\,Q}{F}, \qquad (11)$$

где Q — максимальное сопротивление грунта вертикальному срезу с учетом массы распорного штампа, кН (кгс);

F — площадь поверхности среза, см^2;

0,95 — коэффициент, учитывающий сопротивление грунта перед верхней поперечной лопастью в установке поступательного среза.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термины и обозначения	Определение
Сопротивление грунта срезу (τ)	Показатель сопротивления смещению грунта по периметру лопастей под действием на них давления, при котором происходит срез (разрушение) грунта
Массив грунта	Определенный объем грунта природного состояния, предназначенный для испытания на срез без бурения скважин и проходки горных выработок
Нормальное давление на грунт (p)	Давление на грунт, приложенное перпендикулярно плоскости среза
Угол внутреннего трения грунта (φ)	Показатель трения в грунте, соответствующий углу наклона прямолинейного графика зависимости сопротивления грунта срезу (ордината) от нормального давления (абсцисса) к оси абсцисс
Сцепление грунта удельное (C)	Показатель сцепления в грунте, численно равный начальной положительной ординате прямолинейного графика зависимости сопротивления грунта срезу (ордината) от нормального давления (абсцисса)
Показатель структурной прочности грунта при срезе ($П_{стр}$)	Показатель характера структурных связей в грунте, численно равный отношению величин максимального и установившегося сопротивления грунта срезу
Рабочий наконечник	Наконечник, создающий нормальное давление на грунт при его испытании на срез в стенках скважин, а также обеспечивающий срез грунта при его испытании в скважинах и в массиве
Крыльчатка	Рабочий наконечник, состоящий из четырех тонких прямоугольных продольных лопастей, крестообразно укрепленных на нижнем конце центрально расположенного несущего стержня
Постоянная крыльчатки, (B)	Статический момент B, см^3, цилиндрической поверхности среза относительно оси вращения, вычисляемый по формуле $$B=\frac{\pi d^2}{2}\left(h+\frac{d}{3}\right), \quad (1)$$ где d — диаметр крыльчатки, см; h — высота крыльчатки, см
Метод вращательного среза	Испытание на срез грунта, проводимое в условиях практического отсутствия дренирования путем приложения горизонтальной срезающей (касательной) нагрузки и смещения грунта по цилиндрической поверхности, образуемой вращением крыльчатки ниже забоя скважины или в массиве

Термины и обозначения	Определение
Метод кольцевого среза	Испытание на срез грунта, предварительно уплотненного или неуплотненного нормальным давлением, проводимое путем приложения горизонтальной срезающей (касательной) нагрузки и смещения грунта по цилиндрической поверхности, образуемой в скважине вращением рабочего наконечника с продольными лопастями
Метод поступательного среза	Испытание на срез грунта, предварительно уплотненного или неуплотненного нормальным давлением, проводимое путем приложения вертикальной срезающей (касательной) нагрузки и смещения грунта по боковой поверхности, образуемой в скважине вертикальным перемещением рабочего наконечника с поперечными лопастями
Консолидированный режим испытания грунта на срез	Режим испытания на срез грунта, предварительно уплотненного нормальным давлением, проводимого в условиях дренирования путем повышения срезающей (касательной) нагрузки с такой скоростью, при которой обеспечивается практически полная консолидация грунта
Неконсолидированный режим испытания грунта на срез	Режим испытания на срез грунта (без предварительного уплотнения), проводимого в условиях практического отсутствия дренирования путем приложения нормальной и срезающей (касательной) нагрузок с такой скоростью, при которой обеспечивается практическая неизменность начального состояния грунта

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Обязательное

Схема испытания грунта на срез в скважинах

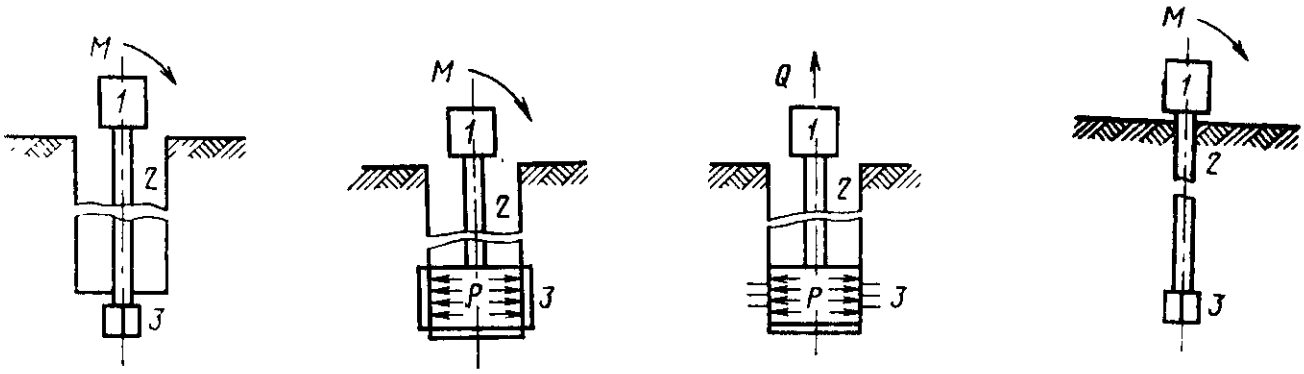
Схема испытания грунта на срез в массиве

а) *Вращательный срез*

б) *Кольцевой срез*

в) *Поступательный срез*

а′) *Вращательный срез*



1 — устройства для создания и измерения: *а* и *а′* — крутящего момента (*M*), *б* — нормального давления (*p*) и крутящего момента (*M*) с приборами для измерения деформации сжатия и среза грунта, *в* — нормального давления (*p*) и максимального сопротивления грунта вертикальному срезу (*Q*) с приборами для измерения деформаций сжатия и среза грунта; *2* — штанги; *3* — рабочие наконечники: *а* и *а′* — крыльчатка; *б* — распорный штамп с продольными лопастями; *в* — распорный штамп с поперечными лопастями.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

ОБЛОЖКА ЖУРНАЛА

(первая страница)

Организация _____

Экспедиция _____

Партия (отряд) _____

Тема (заказ) _____

Объект _____

Участок _____

ЖУРНАЛ № _____
ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ
МЕТОДОМ ВРАЩАТЕЛЬНОГО СРЕЗА

Схема расположения скважины (точки) для испытаний

Абсолютная отметка _____ м

Местоположение _____

Элемент рельефа _____

Начат _____ 19__ г. Окончен _____ 19__ г.

Номер испытания	Дата испытания	Сведения о скважине для испытания				
		Глубина скважины, м	Глубина проведения испытаний, м	Способ		
				проходки	зачистки забоя	погружения крыльчатки в грунт

Технические данные аппаратуры для испытаний

Тип установки	Штанга		Лопасть крыльчатки		
	Длина, м	Диаметр, мм	Высота, мм	Ширина, мм	Толщина, мм

(Страница журнала)

Номер испытания	Отметка испытания на глубине, м	Показания измерительного устройства, см			Крутящие моменты, кН·см (кгс·см)			Удельное сопротивление срезу, МПа (кгс/см²)	
		N_{max}	$N_{уст}$	N_0	M_{max}	$M_{уст}$	M_0	τ_{max}	$\tau_{уст}$

(Последняя страница журнала)

Результаты среза грунта

Номер испытания	Номер скважины (точки)	Отметка испытания на глубине, м	Удельное сопротивление срезу, МПа (кгс/см²)		Удельное сцепление C, МПа (кгс/см²)	Показатель структурной прочности $П_{стр}$	Краткая литологическая характеристика грунта
			τ_{max}	$\tau_{уст}$			

Начальник партии _____
(фамилия, имя, отчество, подпись)

Исполнитель _____
(должность, фамилия, имя, отчество, подпись)

Журнал проверил «____» _____ 19____ г.

_____
(должность, фамилия, имя, отчество, подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Рекомендуемое

ОБЛОЖКА ЖУРНАЛА

(первая страница)

Организация _____

Экспедиция _____

Партия (отряд) _____

Тема (заказ) _____

Объект _____

Участок _____

ЖУРНАЛ № _____

ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ МЕТОДОМ КОЛЬЦЕВОГО СРЕЗА

Скважина № _____

Диаметр скважины, мм _____

Глубина скважины, м _____

Наименование испытываемого грунта и его краткая характеристика _____

_____

Номер испытания _____

Краткие сведения о конструкции установки (номер, тип, механизм передачи нагрузки) _____

Дата испытаний:

Начало _____ Окончание _____

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Распорный штамп:

высота, мм _____

диаметр (сторона), мм _____

Продольная лопасть:

длина, мм _____

ширина, мм _____

толщина, мм _____

Тип и номер устройства для создания нормального давления _____

Тип и номер устройства для создания крутящего момента _____

Тип и номер устройства для измерения нормального давления _____

Тип и номер устройства для измерения крутящего момента _____

Тип и номер измерительных приборов (для измерения деформаций сжатия)

_____

Тип и номер измерительных приборов (для измерения деформаций среза)

_____

Схема расположения скважины для испытаний

а) Результаты предварительного уплотнения грунта

Номер испытания	Отметка испытания на глубине, м	Дата	Время	Интервал времени Δt, ч	Показание устройства для измерения нормального давления, МПа (кгс/см²)	Нормальное давление на грунт p, МПа (кгс/см²)	Показания приборов для измерения деформаций сжатия, мм			Горизонтальное перемещение стенок распорного штампа, мм	Время выдержки $\Sigma\Delta t$, ч	Примечание
							S_1	S_2	$\frac{S_1+S_2}{2}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

б) Результаты среза грунта

Номер испытания	Отметка испытания на глубине, м	Дата	Время	Интервал времени, мин	Нормальное давление при срезе p, МПа, (кгс/см²)	Показание устройства для измерения крутящего момента, N, см	Касательное давление Δq, МПа (кгс/см²)	Показания приборов для измерения деформаций среза, мм			Деформация среза, мм		Максимальный крутящий момент M_{max}, кН·см (кгс/см²)	Сопротивление грунта срезу τ, МПа (кгс/см²)	Примечание
								L_1	L_2	$\frac{L_1+L_2}{2}$	ΔL	$\Sigma\Delta L$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Начальник партии _____
(фамилия, имя, отчество, подпись)

Исполнитель _____
(должность, фамилия, имя, отчество, подпись)

Журнал проверил «____» _____ 19____ г.

_____
(должность, фамилия, имя, отчество, подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Рекомендуемое

ОБЛОЖКА ЖУРНАЛА.

(первая страница)

Организация _____

Экспедиция _____

Партия (отряд) _____

Тема (заказ) _____

Объект _____

Участок _____

ЖУРНАЛ № _____

ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ МЕТОДОМ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО СРЕЗА

Скважина № _____

Диаметр скважины, мм _____

Глубина скважины, м _____

Наименование испытываемого грунта и его характеристика _____

Номер испытания _____

Краткие сведения о конструкции установки (номер, тип, механизм передачи нагрузки) _____

Дата испытаний:

Начало _____ Окончание _____

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Распорный штамп:

высота, мм _____

диаметр (сторона), мм _____

Поперечная лопасть:

длина, мм _____

ширина, мм _____

толщина, мм _____

Тип и номер устройства для создания нормального давления _____

Тип и номер устройства для создания срезающего давления _____

Тип и номер устройства для измерения нормального давления _____

Тип и номер устройства для измерения срезающего давления _____

Тип и номер измерительных приборов (для измерения деформаций сжатия)

_____

Тип и номер измерительных приборов (для измерения деформаций среза)

_____

Схема расположения скважины для испытаний

а) Результаты предварительного уплотнения грунта

Номер испытания	Отметка испытания на глубине, м	Дата	Время	Интервал времени Δt, ч	Показание устройства для измерения нормального давления, МПа (кгс/см²)	Нормальное давление на грунт p, МПа (кгс/см²)	Показания приборов для измерения деформации сжатия, мм			Горизонтальное перемещение стенок распорного штампа, мм		Время выдержки $\Sigma\Delta t$, ч	Примечание
							S_1	S_2	$\frac{S_1+S_2}{2}$	ΔS	$\Sigma\Delta S$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

б) Результаты среза грунта

Номер испытания	Отметка испытания на глубине, м	Дата	Время	Интервал времени, мин	Нормальное давление при срезе p, МПа, (кгс/см²)	Показание устройства для измерения срезающего давления, кН (кгс)	Срезающее давление Δq, МПа (кгс/см²)	Показания приборов для измерения деформаций среза, мм			Деформация среза, мм		Максимальное сопротивление грунта вертикальному срезу Q, кН (кгс)	Сопротивление грунта срезу τ, МПа (кгс/см²)	Примечание
								L_1	L_2	$\frac{L_1+L_2}{2}$	ΔL	$\Sigma\Delta L$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Начальник партии _____
(фамилия, имя, отчество, подпись)

Исполнитель _____
(должность, фамилия, имя, отчество, подпись)

Журнал проверил «____» _____ 19____ г.

_____
(должность, фамилия, имя, отчество, подпись)

Редактор *В. П. Огурцов*
Технический редактор *Л. Б. Семенова*
Корректор *Г. И. Кононенко*

Сдано в наб. 30.07.80 Подп. в печ. 25.09.80 2,0 п. л. 1,88 уч.-изд. л. Тир. 20000 Цена 10 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. 123557, Москва, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1066

gost.e-ecolog.ru