

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчан

Исследование влияния высоты образца на
деформативные свойства связных водонасыщенных
грунтов

В связи с новыми представлениями о природе деформирования связных водонасыщенных грунтов, введенными в науку за последнее время [1], в течение последних пяти лет был опубликован ряд теоретических [2, 3] и экспериментальных работ [4, 5, 6, 7], посвященных решению задач уплотнения с учетом ползучести скелета грунта и экспериментальному исследованию их деформативных свойств с учетом фактора времени.

Работы автора настоящих строк [4, 5, 6], посвященные вопросу установления основных закономерностей деформации ползучести скелета связного грунта при его сжатии в условиях отсутствия бокового расширения, выполнены в целях учета ползучести скелета в задачах уплотнения. Поэтому при выполнении экспериментальных работ были использованы образцы одинаковой толщины (10 или 20 мм), не затрагивая вопроса о влиянии высоты образца грунта на их деформативные свойства.

Для определения закономерностей ползучести скелета грунта в указанных работах пользовались водонасыщенными образцами, в деформациях которых, помимо фактора вязкого перемещения структурных элементов и частиц грунта друг относительно друга, участвовал и фактор выжимания воды из его пор. Однако полагали, что доля влияния фильтрационных явлений в процессе деформирования образцов небольшой толщины (10–20 мм) незначительна и ею можно пренебречь.

В целях, как проверки принятой нами методики экспериментального определения закономерностей ползучести скелета связных грунтов путем испытания водонасыщенных образцов небольшой толщины, так и для изучения природы деформирования их во времени, нами в 1957–1958 гг. была выполнена настоящая работа по исследованию влияния размеров, в частности высоты, образцов на их деформативные свойства, некоторые основные положения и выводы которой были кратко изложены в работе [8].

Исследованию влияния высоты образца на деформативные свойства грунтов посвящена также работа [9].

Известно [10], что процесс деформирования слоев связного водонасыщенного грунта различной толщины при сжатии, в зависимости от его консистенции, может идти как в соответствии с теорией фильтрационной консолидации, так и в соответствии с законом деформирования твердых тел, обладающих свойством ползучести, когда фильтрационные явления не оказывают никакого влияния на продолжительность деформирования, когда этот процесс протекает только за счет ползучести скелета.

Соотношение между продолжительностью сжатия T_w и t_w слоев различной толщины H и h в общем случае можно выразить зависимостью [10]:

$$T_w = t_w \left(\frac{H}{h} \right)^n, \quad (1)$$

где H — мощность слоя, для которого ведется определение;

T_w — время, необходимое для уплотнения данного слоя под нагрузкой P до достижения влажности w ;

h — мощность меньшего слоя, время уплотнения которого известно;

t — время уплотнения меньшего слоя под той же нагрузкой до той же влажности w ;

n — показатель консистенции, зависящей от физико-механических свойств грунта.

В случае протекания процесса уплотнения в соответствии с теорией фильтрационной консолидации, когда ролью ползучести скелета грунта можно пренебречь, показатель $n=2$ (продолжительность сжатия слоев различной толщины прямо пропорциональна квадрату толщины этих слоев), а в случае же, когда этот процесс протекает только за счет ползучести скелета $n=0$, т. е.

$$T_w = t_w, \quad (2)$$

откуда следует, что, при отсутствии влияния фильтрационных явлений, длительность деформирования не зависит от высоты образца.

Таким образом, критерием, определяющим применимость той или иной схемы деформирования к связным водонасыщенным грунтам, могут служить результаты определения продолжительности деформирования образцов различной толщины при их испытании одинаковыми нагрузками [8, 10].

Принимая во внимание вышеизложенное, для проверки принятой нами методики определения, характеристик ползучести скелета грунта, необходимо сопоставить результаты определения развивающихся во времени, деформаций образцов различной толщины. Если окажется, что длительность и скорости деформирования образцов различной толщины равны между собой, то это будет означать, что высота образца не играет роли и процесс деформирования протекает за счет ползучести скелета грунта [8].

Основываясь на эти же рассуждения, можно установить границу и продолжительность влияния как явления выжимания воды из пор, так и ползучести скелета грунта.

Для исследования влияния высоты образца на явления деформирования связных водонасыщенных грунтов нарушенной структуры нами были испытаны образцы высотой 10, 20 и 60 мм.

Учитывая то обстоятельство, что при испытании образцов на сжатие в условиях отсутствия бокового расширения, боковое трение о стенки грунтового кольца может повлиять на их деформацию, специально было исследовано влияние бокового трения при испытании образцов разной толщины.

Были испытаны образцы следующих размеров: 1) высотой 60 мм, диаметром 70 мм; 2) высотой 60 мм, диаметром 210 мм. Для испытания образцов диаметром 70 мм были использованы компрессионные приборы нашей конструкции [6], для испытания же образцов диаметром 210 мм были использованы большие компрессионные приборы аналогичной конструкции. Испытание проводилось при одностороннем движении отжимаемой воды (снизу вверх).

Рассмотрим результаты испытания образцов пылеватого суглинка нарушенной структуры, основные данные о физических свойствах которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Лаб. № грунта	Мех. состав			Удельн. вес в г/см ³	Пределы пластичности		
	фракции в мм в %				граница текучести	граница пластичности	число пластич- ности
	>0,05	0,05—0,005	<0,005				
2-57	21,8	67,4	10,8	2,66	31,3	18,6	12,7

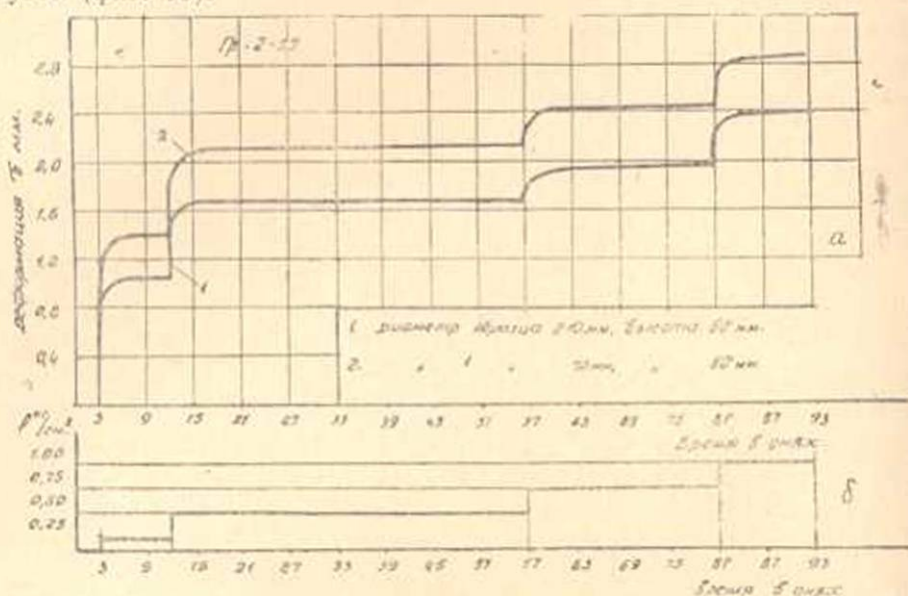
Для определения влияния бокового трения попарно испытывались четыре образца нагрузками, приложенными ступенями по 0,125 и 0,25 кг/см² с выдерживанием их под этими ступенями от 9 до 44 дней.

В табл. 2 приведены основные данные о физических свойствах как образцов указанных выше размеров, так и образцов высотой 20 мм, диаметром 70 мм.

Таблица 2

№ опытов	Размеры образцов		Удельный вес в г/см ³	Объемный вес в г/см ³	Влажность в %	Кoeffиц. влагоусти
	высота в мм	диаметр в мм				
2/57	20	70	2,66	1,83	34,4	0,96
2/58	20	70	2,66	1,82	34,4	0,97
2/55	60	70	2,66	1,81	34,4	0,98
2/56	60	70	2,66	1,80	34,4	0,99
2/59	60	210	2,66	1,80	34,4	0,99
2/60	60	210	2,66	1,79	34,4	1,00

Для сравнения результатов испытания образцов толщиной 60 мм, диаметрами 70 и 210 мм на фиг. 1а приведены кривые полных деформаций в зависимости от времени и ступенчато-приложенных нагрузок (фиг. 1б).



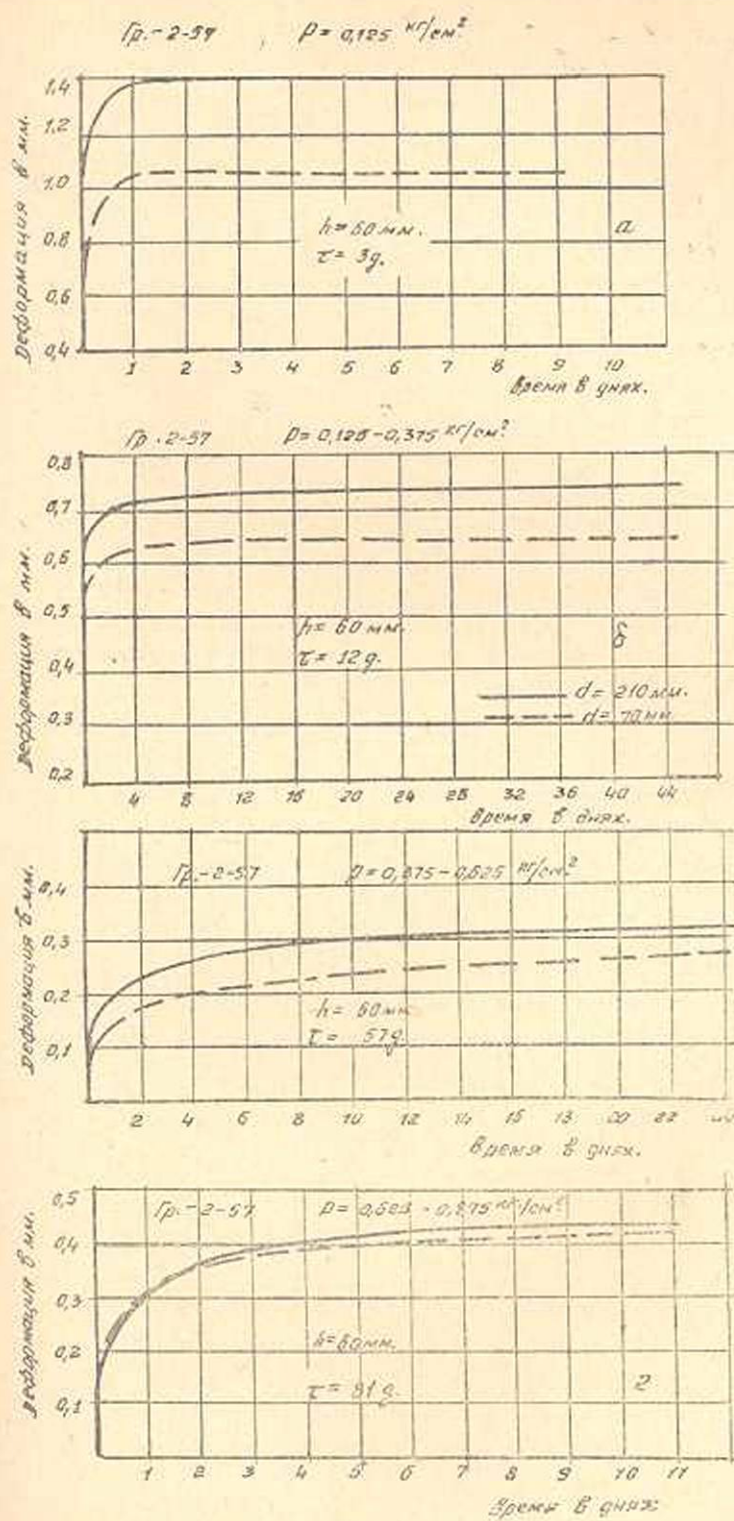
Фиг. 1.

Из указанного графика следует, что, несмотря на одинаковые значения высоты образцов, ввиду влияния бокового трения, при их сжатии имеет место существенное расхождение между указанными выше кривыми, достигающее при первой ступени нагрузки до 30%.

Если теперь рассмотреть результаты этих опытов для каждой ступени нагрузки в отдельности (фиг. 2), то нетрудно будет прийти к выводу, что существующее расхождение между кривыми деформации во времени указанных выше образцов при переходе от одной ступени нагрузки к другой постепенно уменьшается, и, при четвертой ступени нагрузки, достигает незначительной величины.

Указанное обстоятельство, по-видимому, можно объяснить тем, что коэффициент бокового давления не является постоянной величиной и что он уменьшается по мере уплотнения грунта. Отсюда приходим к выводу, что при определении влияния высоты образца на деформативные свойства грунтов нарушенной структуры, во избежание влияния бокового трения, желательно, а для грунтов текучей консистенции необходимо, пользоваться образцами с постоянным значением отношения диаметра к их высоте.

Учитывая вышеизложенное, для сравнения полученных результатов испытания образцов высотой 20 и 60 мм, пользовались приборами с диаметром грунтовых колец 70 и 210 мм; что же касается образцов высотой 10 и 20 мм, то в этом случае пользовались при-



Фиг. 2.

борами с диаметром грунтовых колец 70 мм. Хотя в последнем случае не соблюдается необходимое условие, но, как мы увидим ниже, это не вносит существенного различия в значениях деформаций.

В целях исследования влияния высоты образца на деформативные свойства связных водонасыщенных образцов грунта нарушенной структуры, были использованы: 1) суглинок из Ахтинского района Армянской ССР (лаб. № 2—57), 2) глина из Ахтинского района Армянской ССР (лаб. № 4—57), 3) диатомитовый грунт из Сисианского района Армянской ССР (лаб. № 5—57), 4) Часов-ярская глина (лаб. № 6—57), 5) Ново-швейцарская глина (лаб. № 7—57).

Некоторые основные физические свойства перечисленных выше грунтов приведены в табл. 1 и 3.

В табл. 2 и 3 приведены основные данные о физических свойствах образцов испытанных грунтов.

В общей сложности было испытано 46 образцов, причем образцы грунтов за № 2—57 и 6—57 исследованы при значениях их высот $h = 10, 20$ и 60 мм. Образцы толщиной 20 и 60 мм испытывались только при одностороннем движении отжимаемой воды (снизу вверх), а при $h = 20$ мм — как при одностороннем, так и двухстороннем движениях отжимаемой воды.

На фиг. 3, 4, 5 и 6 приведены графики кривых относительных деформаций грунта во времени, определенных испытанием образцов различной толщины при четырех „возрастах“, соответствующих четырем ступеням нагрузок, в интервале времени от одного до 24 часов; на фиг. 8, 9, 10, 11 и 12 приведены эти же графики в интервалах времени от 5 до 55 дней, а на фиг. 1, 7 — схемы их загрузки.

Для определения влияния высоты образца на процесс его деформирования, сопоставим кривые относительных деформаций, полученные испытанием образцов $h = 10, 20$ и 60 мм при одностороннем движении отжимаемой воды (фиг. 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 и 12).

Рассматривая графики фиг. 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 и 12, замечаем, что в самом начале нагружения, в период влияния выжимания воды из пор грунта, имеет место некоторое расхождение между кривыми, определенными испытанием образцов $h = 10, 20$ и 60 мм, т. е. деформации образцов толщиной 60 мм протекают медленнее, чем деформации образцов толщиной 20 мм, и соответственно деформации образцов $h = 20$ мм протекают медленнее, чем образцов $h = 10$ мм. Однако, указанное расхождение в течение времени, по мере падения избыточных напоров в поровой воде, уменьшается и, в зависимости от точности выполнения опытов, кривые деформации или сливаются в одну или идут параллельно друг другу.

Ясно, что начиная с того момента, когда эти кривые сливаются или идут параллельно друг другу (что говорит об одинаковой скорости деформирования образцов), явления выжимания воды из пор грунта больше не влияют на процесс деформирования, и деформации образцов протекают только за счет ползучести скелета [8].

Таблица 3

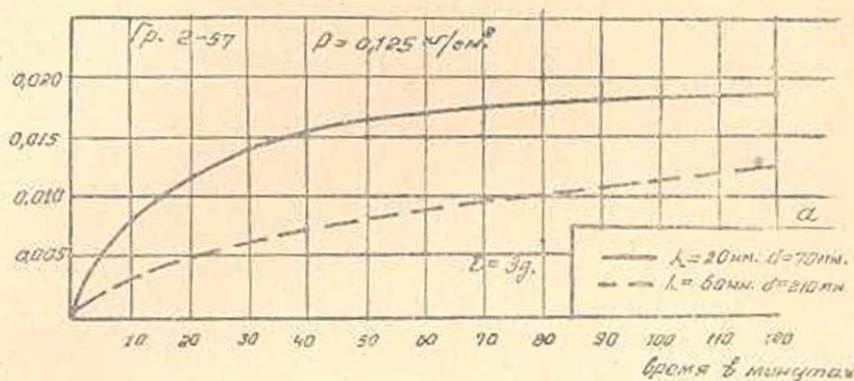
№№ опытов	Размеры образцов		Колич. испытан. образцов	Удельн. вес в г/см ³	Объем- ный вес в г/см ³	Влаж- ность в %	Пределы пластичности		
	высота в мм	диаметр в мм					граница текуч.	граница пластич- ности	число пластич- ности
Грунт № 4—57 (Ахтинская глина)									
4 162—164	60	210	3	2,70	1,74	40,8	41,2	23,2	18,0
4 165—167	20	70	3		1,80	40,8			
4 168—170	10	70	3		1,81	40,8			
4 171—173	20	70	3*		1,79	40,8			
Грунт № 5—57 (Диатомитовый грунт)									
5 132—134	60	210	3	2,59	1,56	56,9	58,10	32,23	25,87
5 135—137	20	70	3		1,61	56,9			
5 138—140	10	70	3		1,66	56,9			
5 141—143	20	70	3*		1,62	56,9			
Грунт № 6—57 (Часов-ярская глина)									
6 84—85	60	210	2	2,65	1,59	57,25	59,07	21,20	37,87
6 88—89	20	70	2		1,60	57,25			
Грунт № 7—57 (Новошвейцарская глина)									
7 180—182	60	210	3	2,63	1,54	61,45	64,37	30,45	33,92
7 183—185	20	70	3		1,58	61,45			
7 186—188	10	70	3		1,59	61,45			
7 189—191	20	70	3*		1,58	61,45			

* Образцы испытывались при двухстороннем движении отжимаемой воды.

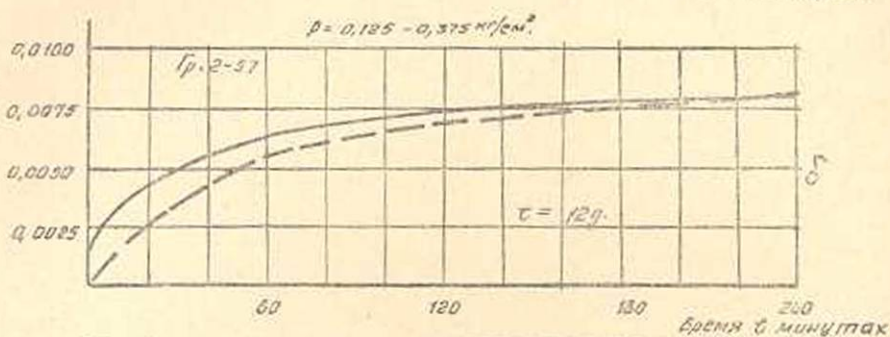
Значения продолжительности влияния фильтрационных явлений исследованных нами грунтов в зависимости от высоты сравниваемых образцов и ступеней нагрузок приведены в табл. 4.

Из графиков фиг. 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11 и 12 и данных, приведенных в табл. 4 о продолжительности влияния фактора фильтрации на процесс деформирования образцов грунта следует, что указанная продолжительность меняется, как в зависимости от высоты сравни-

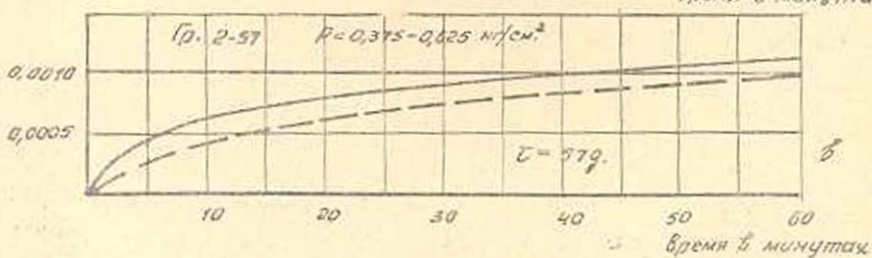
Относительная деформация



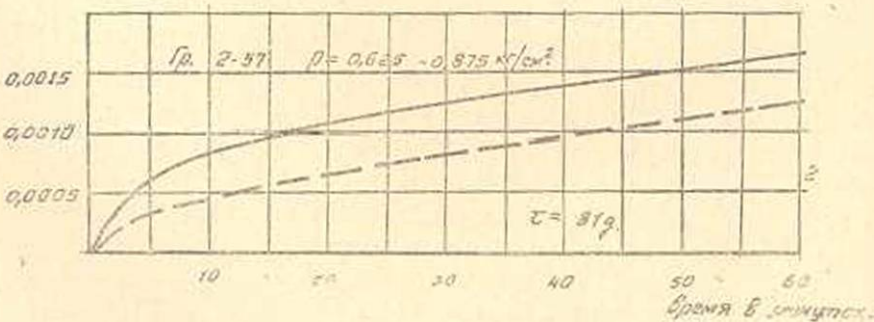
Относительная деформация



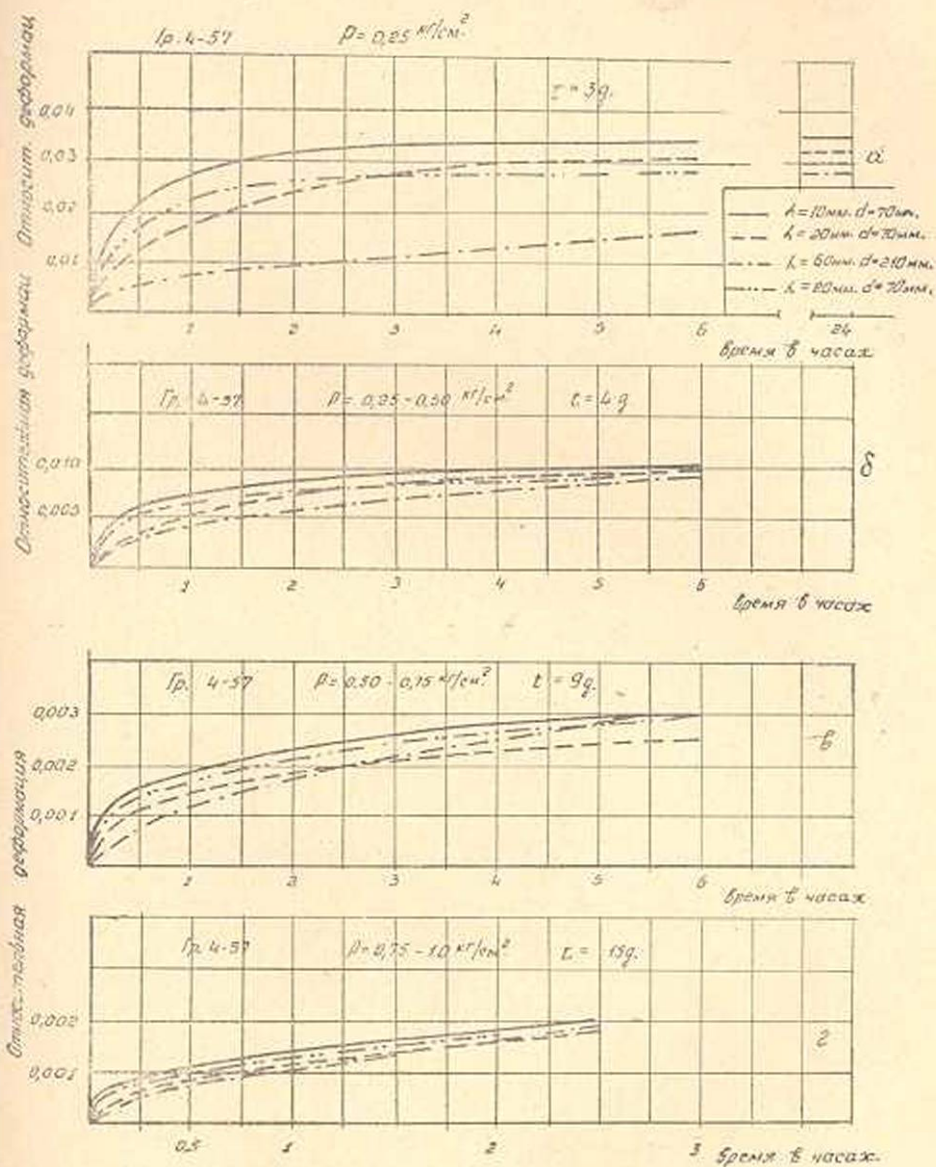
Относительная деформация



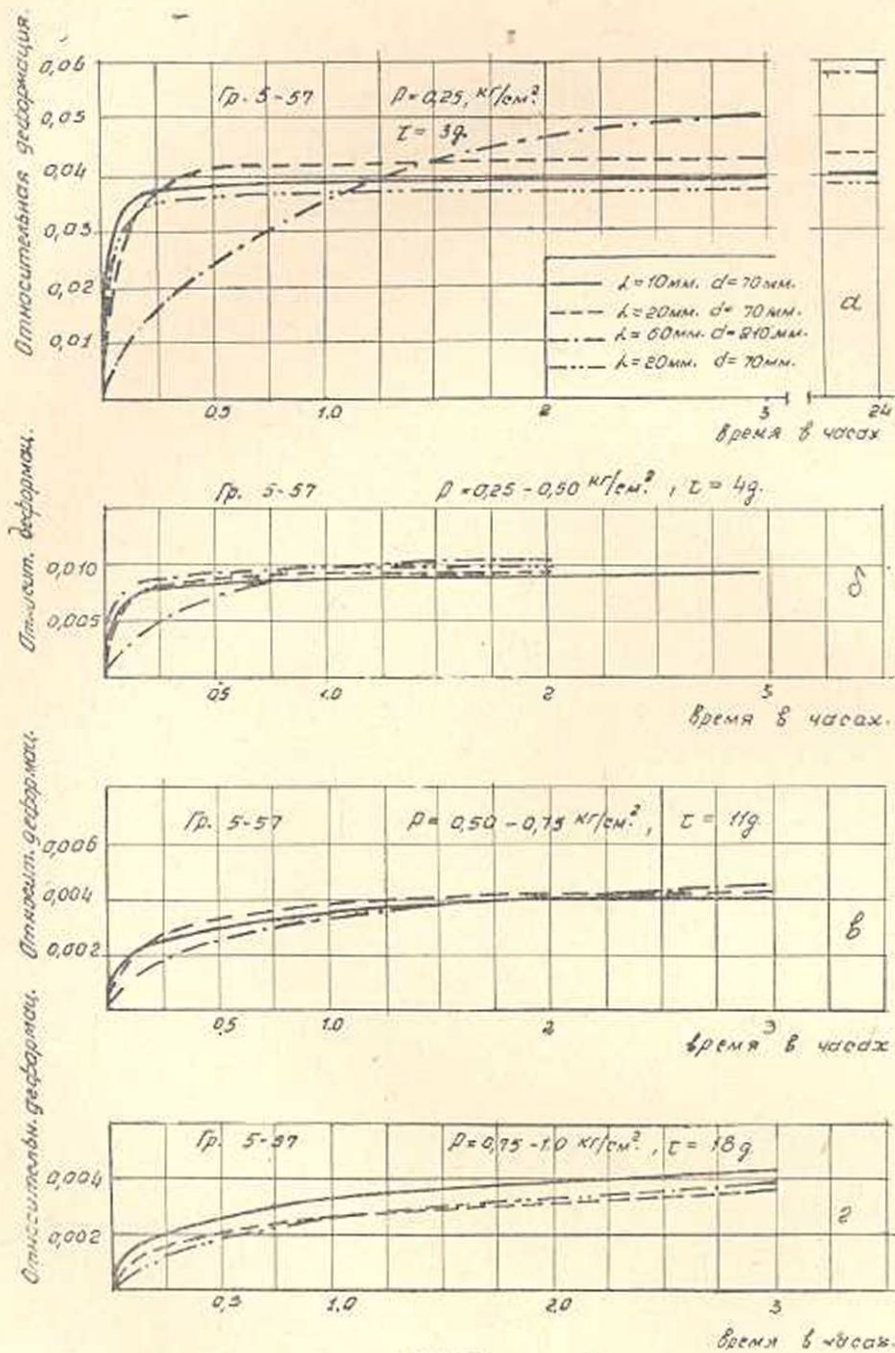
Относительная деформация

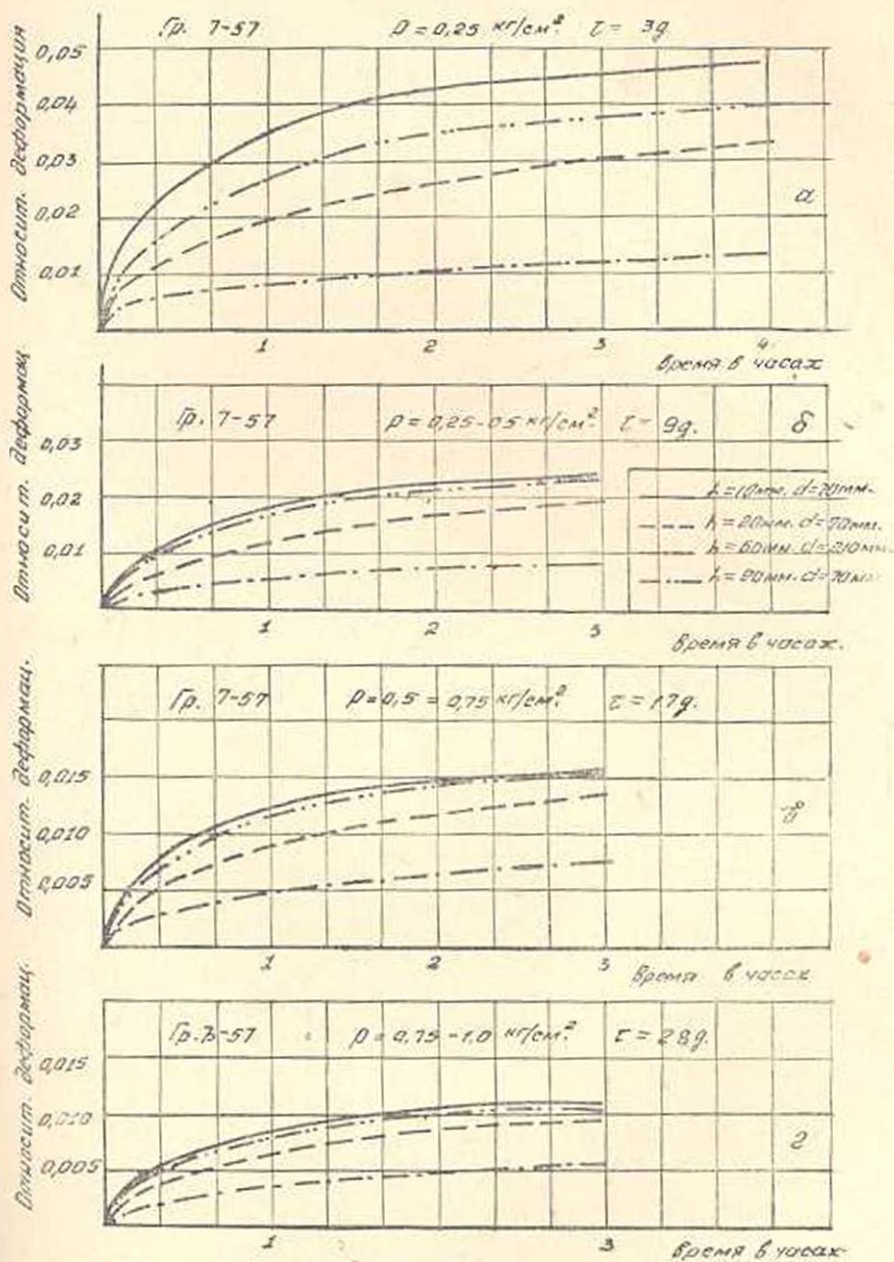


Фиг. 3.

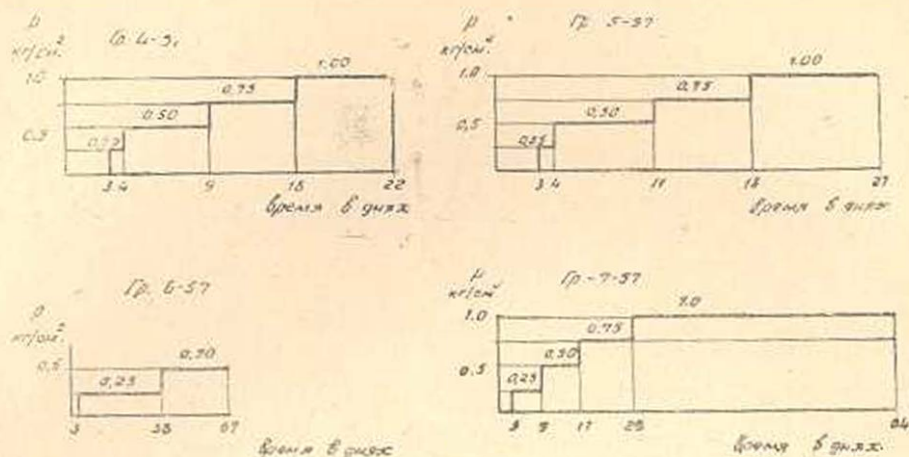


Фиг. 7.





Фиг. 6.



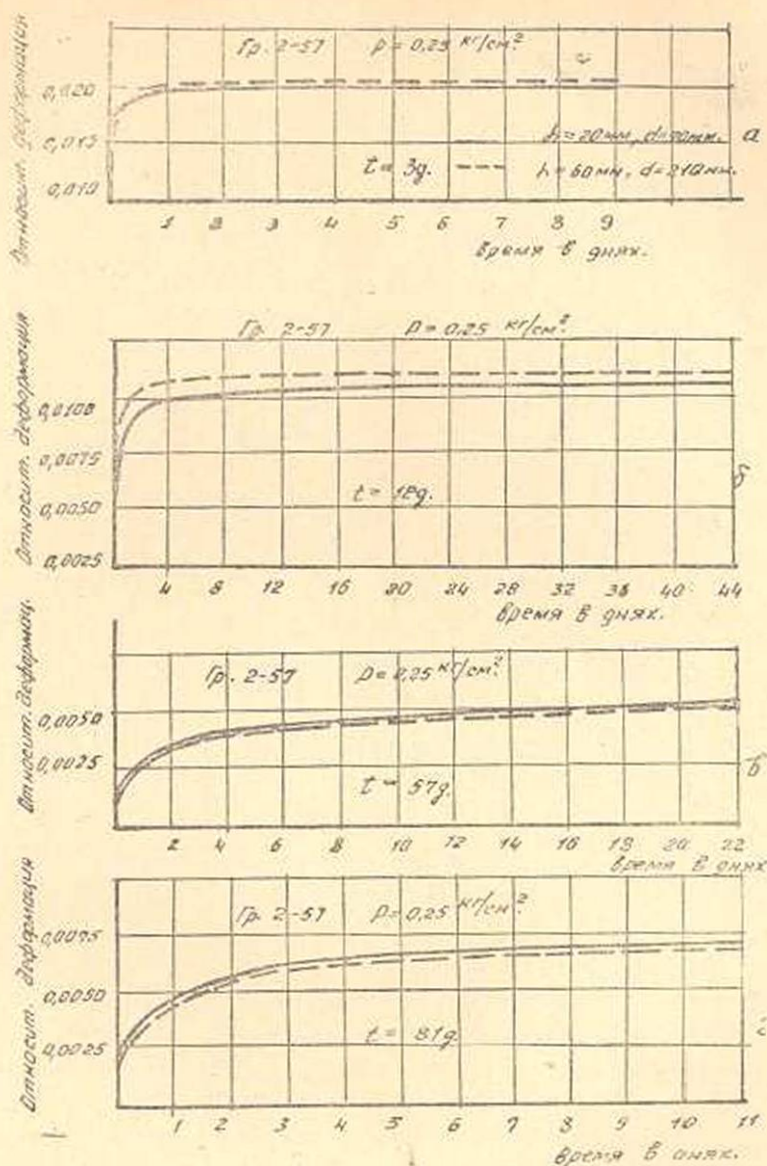
Фиг. 7.

Таблица 4

№ пп	Размеры (высота) сравниваемых образцов в мм	Степень нагрузки	Продолжительность влияния фильтрационных явлений в часах				
			Лабораторные номера грунтов				
			2-57	4-57	5-57	6-67	7-57
1	10-20	I	—	4	1	—	>4
2	20-60		12	~24	6	288	120
3	10-20	II	—	2-3	0,5	—	~3
4	20-60		4	~24	2	192	96
5	10-20	III	—	<0,5	0,25	—	~2
6	20-60		0,5	<24	2	—	48
7	10-20	IV	—	<0,5	0,25	—	<1
8	20-60		<0,5	6	0,5	—	40

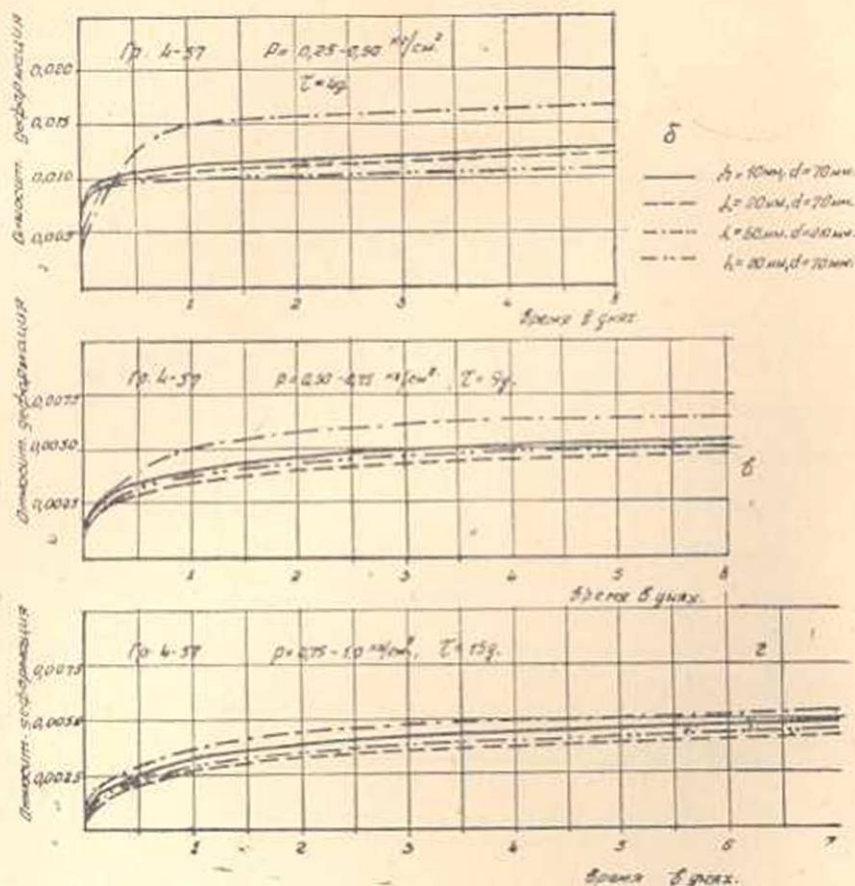
ваемых образцов, так и от свойств грунтов. Если она для образцов высотой 10 и 20 мм (гр. 4-57) равна 4 часам, то для образцов высотой 20 и 60 мм равна 24 часам. Что же касается влияния свойств исследованных грунтов, то сравнивая кривые деформирования образцов высотой 20 и 60 мм, соответствующие первым ступеням нагрузок, замечаем, что продолжительность влияния фильтрационных явлений колеблется от 6 до 288 часов (фиг. 5, 8, 9, 11 и 12). Наибольшее значение, 288 часов, соответствует Часов-ярской глине, обладающей наименьшей водопроницаемостью ($k \approx i \times 10^{-8}$ см/сек). Наименьшее значение длительности действия фактора фильтрации соответствует диатомитовому грунту.

Ясно, что продолжительность действия фактора фильтрации зависит не только от водопроницаемости грунта, но и от значения величины сопротивления между частицами и агрегатами грунта при их перемещении друг относительно друга.



Фиг. 8.

Необходимо обратить внимание еще на то, что по мере перехода от одной ступени нагрузки к другой, за счет уплотнения и повышения сцепления между частицами и агрегатами грунта, период влияния явления выжимания воды из пор на процесс деформирования постепенно уменьшается [8, 9]. Например, если этот период для первой ступени нагрузки грунта 2-57 ($h = 20-60 \text{ мм}$) равен 12 часам, то для второй ступени он равен 4 часам, для третьей и четвертой ступеней нагрузок едва доходит до 30 минут (фиг. 3, табл. 4).

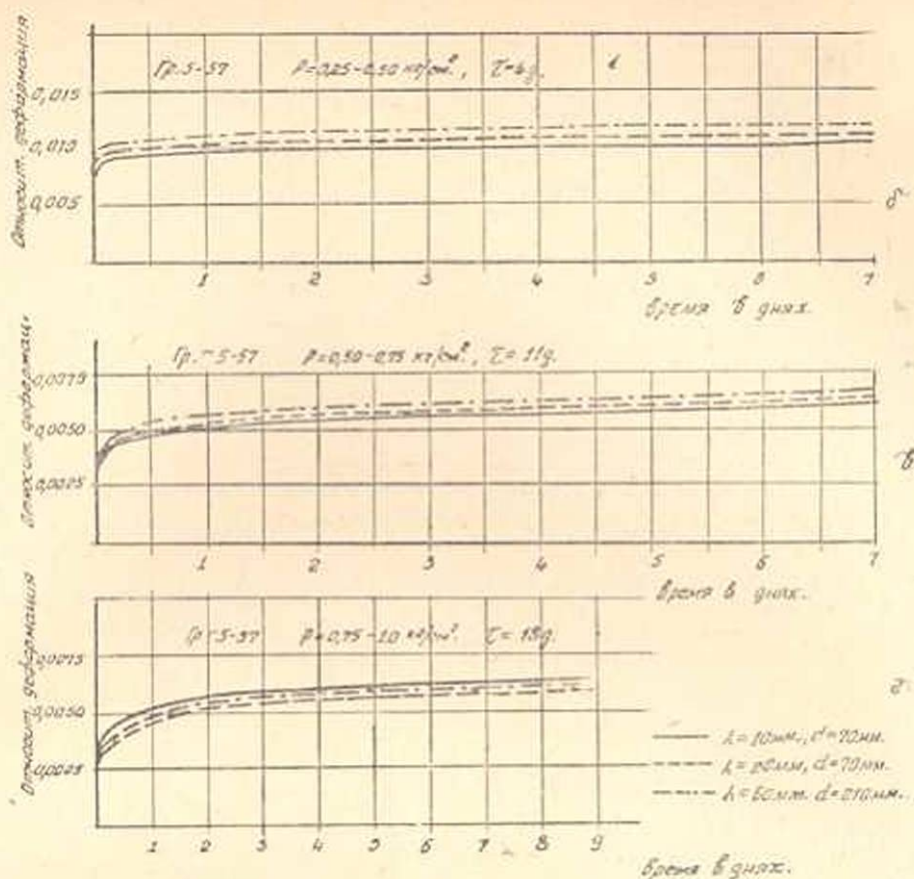


Фиг. 9.

Для определения продолжительности фильтрационного уплотнения и ползучести скелета, С. А. Роза и А. И. Котовым [7] была использована величина изменения избыточного давления воды во времени.

Известно, что, при выполнении экспериментальных работ, в целях исключения влияния неровностей поверхности образцов, обычно, результаты, полученные от первых ступеней нагрузок, не рассматриваются [6]. Кроме того, если учесть то, что наши опыты проведены в условиях одностороннего движения отжимаемой воды из пор, то на основании данных табл. 4 можно прийти к выводу, что для исследованных нами образцов грунтов нарушенной структуры толщиной 10–20 мм, продолжительность влияния фактора фильтрации ограничится величинами порядка 0,25–1 час.

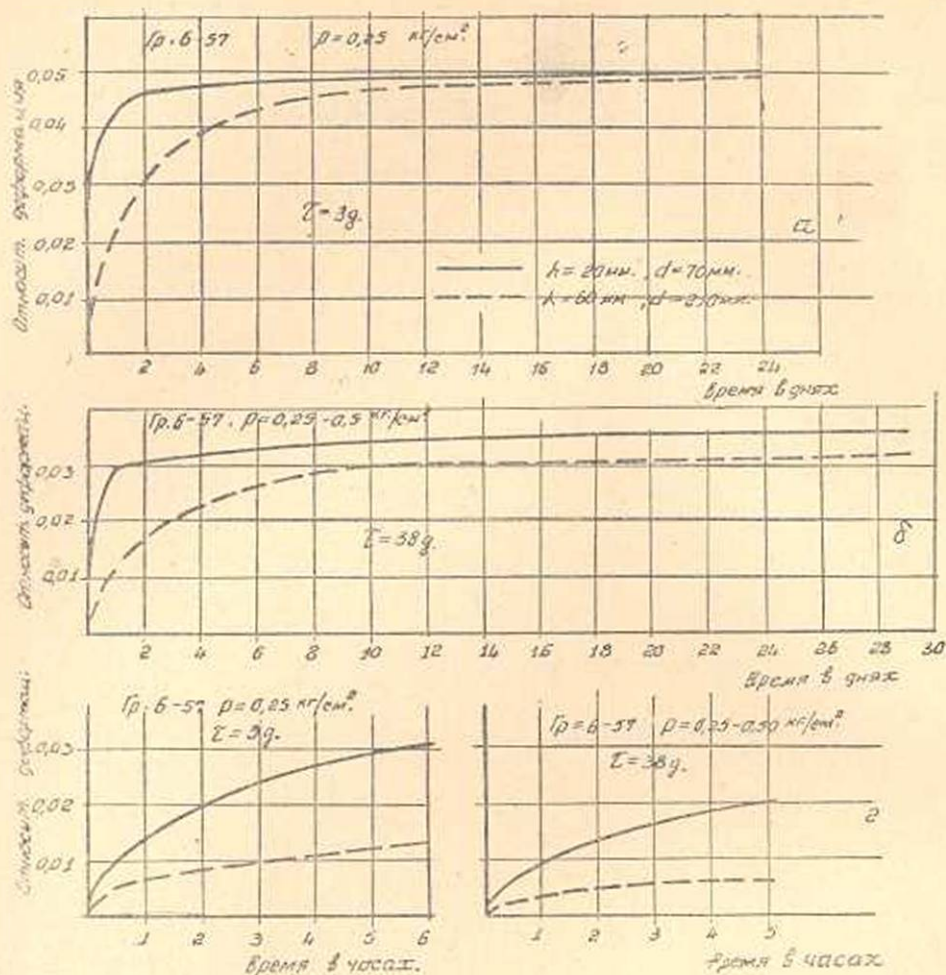
Учитывая вышеизложенное и то обстоятельство, что в указанных интервалах времени (0,25–1 час) расхождение между скоростями деформирования образцов высотой 10 и 20 мм небольшое, влиянием выжимания воды из пор образцов указанных размеров можно пренебречь [8].



Фиг. 10.

Таким образом, для изучения основных закономерностей ползучести скелета грунта нарушенной структуры можно использовать водонасыщенные образцы высотой 10–20 мм. При исследовании глин с малой водопроницаемостью желательно пользоваться образцами высотой 10 мм.

Если теперь сравнить кривые деформации во времени двухсантиметровых образцов, испытанных при двухстороннем движении отжимаемой воды (кривые изображены пунктирными линиями с двумя точками) с кривыми, полученными испытанием образцов высотой 10 мм при одностороннем движении отжимаемой воды (фиг. 4, 5, 6, 9 и 12), заметим, что они настолько близки, что почти во всех случаях накладываются друг на друга. Отсюда следует, что деформирование слоя грунта толщиной $2h$ при двухсторонней фильтрации тождественно с деформированием слоя толщиной h при одностороннем движении отжимаемой воды [11]. Кроме этого, приходим к такому выводу, что боковое трение образцов 10, 20 мм, диаметром 70 мм о стенки грунтовых колец не вносит существенных изменений в значения их относительных деформаций.



Фиг. 11.

Для выяснения вопроса о факторах, действующих в процессе деформирования грунтов в период влияния выжимания воды из пор, в табл. 5 приведены приблизительные значения показателя консистенции n (1), определенные на

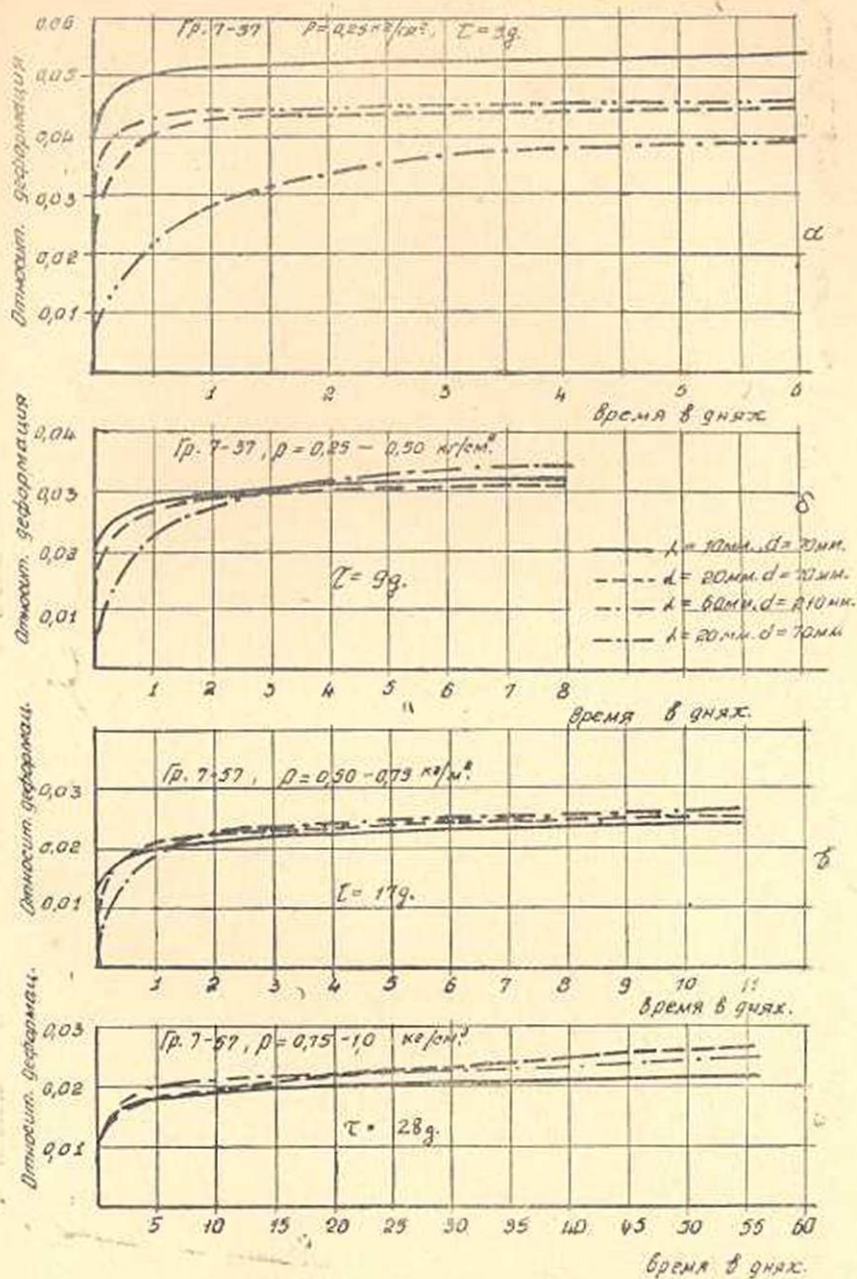
Таблица 5

Ступени нагрузок	Показатель консистенции n			
	Лабораторные №№ грунтов			
	2-57	4-57	6-57	7-57
I	1,4	1,6	2,0	1,6
II	0,4	0,4	2,0	0,6

основании кривых деформации во времени образцов толщиной 20 и 60 мм (фиг. 3, 4, 11 и 12).

Анализируя данные, полученные в табл. 5, замечаем, что показатель консистенции, в зависимости от свойств грунтов, для первых двух ступеней нагрузок

колеблется от 0,4 до 2 (6-57). [Причем только Часов-ярская глина деформируется в соответствии с теорией фильтрационного уплотнения ($n = 2$), а остальные грунты с самого начала процесса уплотнения испытывают влияние как явления фильтрации, так и сопротивления от



Фиг. 12.

перемещений структурных элементов и частиц грунта друг относительно друга (фактор ползучести скелета).

После уплотнения образцов, под действием первых ступеней нагрузок, показатель консистенции сильно уменьшается, что говорит об уменьшении доли влияния фактора фильтрации и увеличении доли влияния фактора ползучести скелета.

Из приведенных в работе [9] опытов, ни в одном случае продолжительность деформирования образцов различной толщины не зависела от квадрата их высоты, т. е. показатель консистенции всегда был меньше двух.

Автор статьи [9] отмечает, что мы при рассмотрении деформативных свойств грунта исходим из различных физических представлений. По-видимому, автор статьи [9] не был знаком с нашими работами [6, 8], поэтому о принятой нами модели глинистого водонасыщенного грунта имеет другое представление.

Институт математики и механики
АН Армянской ССР

Поступила 13 XII 1958

Ս. Ռ. Մեսչյան

ԿԱՊԱԿՑՎԱԾ ԶՐԱՀԱԳԵՑՎԱԾ ԳՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ԴԵՖՈՐՄԱՏԻՎ ՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ ՆՍՈՒՇԻ ԲԱՐՁՐՈՒԹՅԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Համաձայն ֆիլտրացիոն կոնսոլիդացիայի տեսության, տարբեր բարձրություններ ունեցող կապակցված գրունտի շերտերի գեֆորմացիաների տեղաթյուրումները սկզբնապես ժամանակ ուղիղ համեմատական են այդ շերտերի բարձրությունների քառակուսուն: Սակայն, ինչպես ցույց են տալիս փորձերը, տարբեր բարձրություն ունեցող կապակցված գրունտների շերտերի գեֆորմացիաների տեղաթյուրումները որոշ գնալքերում չեն համապատասխանում ֆիլտրացիոն կոնսոլիդացիայի տեսության վերահիշյալ եղբրակացությանը: Հայտնի է, որ վերելում նշվածի պատճառով կմախքի սողքը հաշվի չառնելն է:

Կապակցված գրունտների կմախքի սողքը հաշվի առնելու համար անհրաժեշտ է էքսպերիմենտների միջոցով որոշել կմախքի սողքի հիմնական բնութագրերը: Հաշվի առնելով վերահիշյալի կարևորությունը գրունտների խտացման տեսության խնդիրները լուծելու համար, հոդվածում բերված է սողքի գեֆորմացիաների վրա նմուշների բարձրության ազդեցության ուսումնասիրությունը, որն իր հերթին անմիջականորեն կապված է կապակցված գրունտների կմախքի սողքի որոշման հետ:

Կապակցված գրունտների կմախքի սողքի որոշման մեթոդիկան մշակելու համար օգտագործված է այն փաստը, որ, երբ տարբեր բարձրություններ ունեցող նմուշների գեֆորմացիաների տեղաթյուրումները հալատար են իրար, նմուշների գեֆորմացիաները հիմնականում ընթանում են ի հաշիվ կմախքի սողքի, և ծակոտկենային ջրի հեռացումը, կամ բոլորովին ազդեցություն չունի գեֆորմացիայի տեղաթյուրման վրա, կամ էլ այդ ազդեցությունը շատ փոքր է:

Նախքան տարրեր բարձրություններ ունեցող նմուշների փորձարկման անցնելը, մշակված է տարրեր բարձրություններ ունեցող նմուշների փորձարկման մեթոդիկան և ցույց է տրված, որ կողային շփման ազդեցությունը վերացնելու համար անհրաժեշտ է փորձարկել նման նմուշներ, որոնց բարձրություն հարաբերությունը տրամագծին՝ միևնույնն է:

Հոդվածում ցույց է տրված, որ, երբ փորձարկվող շերտերի բարձրությունները փոքր են (10—20 մմ), ապա այդ դեպքում ծակոտկենային ջրի հեռացման ազդեցությունը նմուշի ղեկորմացիայի տեղումնային վրա՝ շատ փոքր է: Իսկ այդ նշանակում է, որ կապակցված զրուստների կմախքի սողքի բնութագիրը որոշելու համար անհրաժեշտ է օգտվել 10—20 մմ բարձրություն ունեցող նմուշների փորձարկումից:

Հոդվածում բերված է քսպերիմենտների հիման վրա ստացված է, որ փորձարկված հինգ տարբեր զրուստներից միայն մեկն է (Չատով-Յարի կավ), որ խտանում է համաձայն ֆիլտրացիոն կոնսոլիդացիայի տեսության: Մնացած բոլոր դեպքերում է քսպերիմենտների արդյունքները բավականին տարբերվում են վերոհիշյալ տեսության ավյաններից:

Է քսպերիմենտների և ֆիլտրացիոն կոնսոլիդացիայի տեսության արդյունքները իրար հետ համեմատելու համար օգտագործված է զրուստի կոնսիստենցիայի ցուցանիշի (n) մեծությունը:

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов Н. Я. — О природе деформации глинистых пород. Изд. Минречфлота М., 1951.
2. Флорин В. А. — Одномерная задача уплотнения сжимаемой пористой ползучей земляной среды. Изв. АН СССР, ОТН, № 6, 1953.
3. Флорин В. А. — Одномерная задача уплотнения земляной среды с учетом старения, нелинейной ползучести и разрушения структуры. Изв. АН СССР, ОТН № 9, 1953.
4. Месчян С. Р. — К вопросу о ползучести связных грунтов. Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат., естеств. и техн. наук, том VII, № 6, 1954.
5. Месчян С. Р. — К вопросу об описании ползучести связных грунтов нарушенной структуры. ДАН АрмССР, том XXI, № 2, 1955.
6. Месчян С. Р. — О ползучести связного грунта при сжатии в условиях невозможности бокового расширения. Изв. АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, том XI, № 4, 1958.
7. Роза С. А. — О явлениях ползучести скелета в процессе консолидации. Гидростр.-во, № 5, 1956.
8. Месчян С. Р. — О методике экспериментального исследования ползучести скелета связных грунтов. ДАН АрмССР, том XXVI, № 4, 1958.
9. Соколов А. Г. — Вопросы ползучести глинистых водонасыщенных грунтов. Научно-техн. информ. бюлл. Ленингр. политехн. ин-та, № 1—2, 1958.
10. Маслов Н. Н. — Условия устойчивости склонов в гидро-энергетическом строительстве. Госэнергоиздат, М.-Л., 1955.
11. Цытович Н. А. — Механика грунтов. Гос. изд-во литературы по стр-ву и архитектуре, М.-Л., 1951.