

УДК 624.131.437«3/7»

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян

Методика определения ползучести одномерного уплотнения  
 набухающих глинистых грунтов при начальной  
 природной влажности

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Г. И. Тер-Степаняном 26/V 1982)

В наиболее простейшем случае ползучие свойства набухающих глинистых грунтов при одномерной деформации (без возможности бокового расширения) с учетом влияния дополнительного увлажнения можно определить из двух семейств экспериментальных кривых (рис. 1), полученных испытанием образцов-близнецов при двух крайних характерных значениях начальной влажности — при природной влажности  $w_0$  (рис. 1, а) и после водонасыщения  $w_s$  (рис. 1, б) под арретир при различных значениях нормальных напряжений <sup>(1)</sup>.

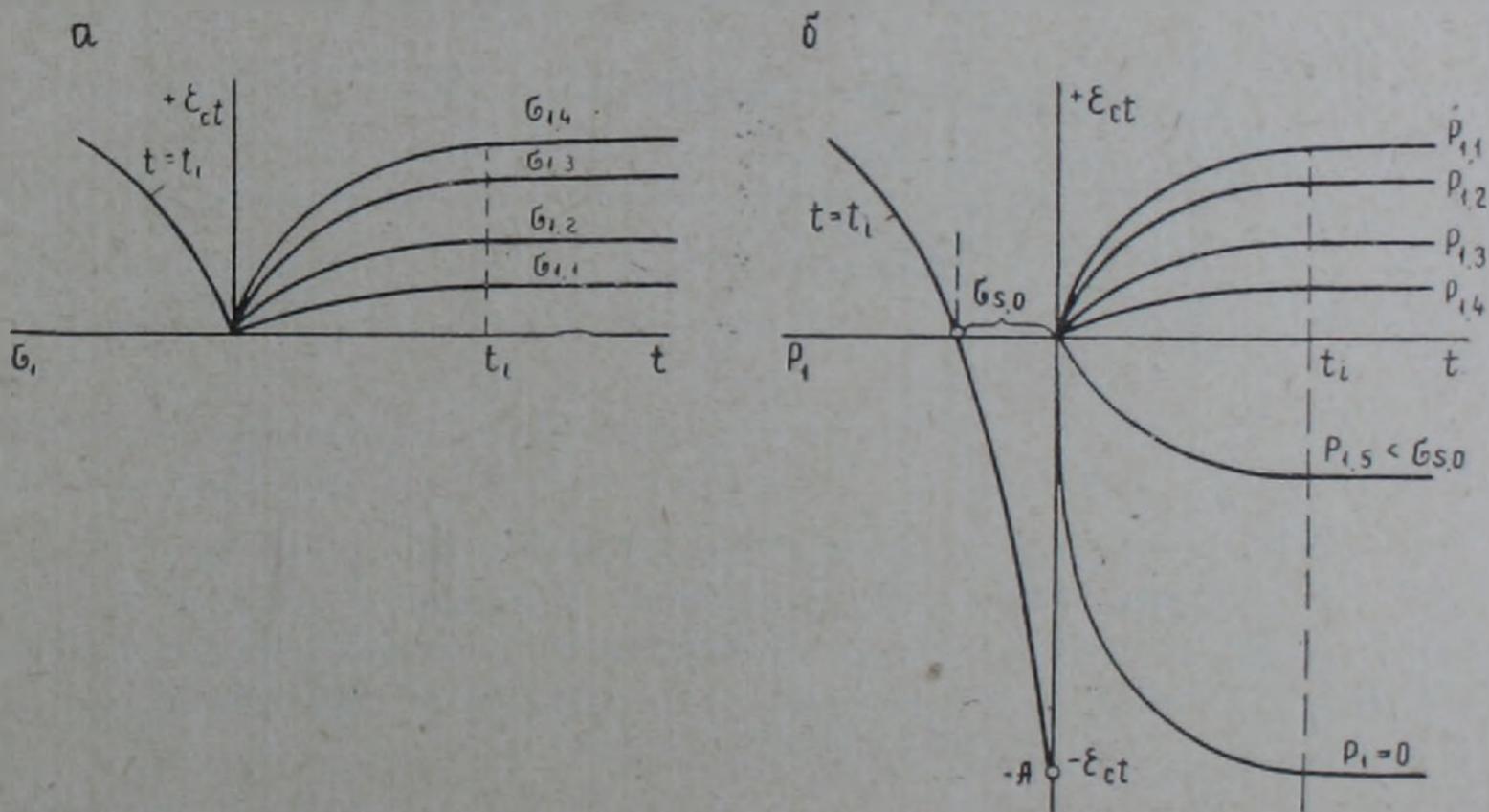


Рис. 1. Схемы семейств экспериментальных кривых ползучести набухающего грунта при испытании образцов с начальной природной влажностью (а) и после водонасыщения под арретир (б):  $+\epsilon_{ct}$  и  $-\epsilon_{ct}$  — деформации ползучести при уплотнении и разуплотнении (набухании) соответственно

На основании результатов предварительных опытов автором было установлено, что уплотнение во времени набухающих глинистых грунтов, испытанных при начальной природной влажности (рис. 1, а) и после замачивания под арретир (рис. 1, б), при равных эффективных давлениях  $\sigma_1 = p_1 - \sigma_{s,0}$  практически одинаково. Здесь  $p_1$  — сумма нормального напряжения и давления свободного набухания  $p_1 = \sigma_1 + \sigma_{s,0}$ .

Чтобы проверить сказанное выше, проведено несколько серий испытаний образцов природного сложения глинистых грунтов, основные сведения о физических свойствах которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ грунта	№ скважины	Глубина отбора, м	$w_0$	$\rho_s$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\sigma_{s,0}$ , МПа
1	6315-В	8,6	0,39	2770	1830	0,177
2	6315-А	10,2	0,30	2760	1950	0,20
3	6315-Б	8,2	0,30	2765	1880	0,08

Грунты № 1 и 2 испытаны при шестикратной повторности опытов под действием двух ступеней эффективного напряжения, а грунт № 3—под действием пяти ступеней эффективного давления. В последнем случае повторность опытов девяти- (при  $w = w_0$ ) и трехкратная (при  $w = w_s$ ). Как было отмечено, опыты проведены при двух значениях начальной влажности с замером давления свободного набухания  $\sigma_{s,0}$  (см. табл. 1) по методу компенсации деформаций (2).

Результаты испытания грунтов рассмотрим в отдельности.

1. Серия образцов природной влажности грунта № 1 испытана под действием двух ступеней уплотняющего давления (рис. 2). Две

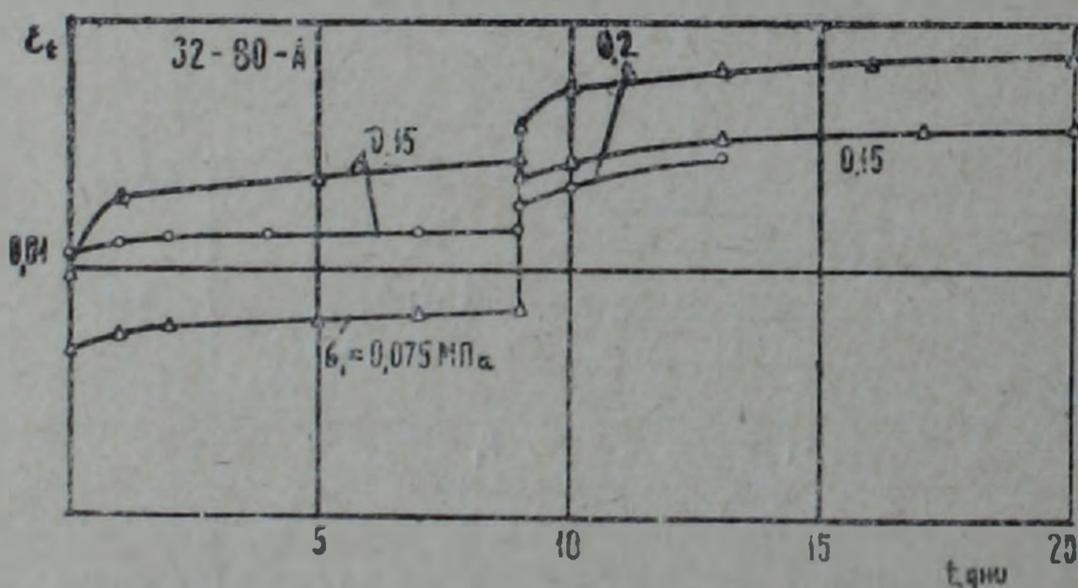


Рис. 2. Кривые ползучести грунта № 1, определенные под действием ступенчато-возрастающих эффективных давлений при начальной природной влажности (сплошная линия с кружками) и после водонасыщения под арретир (сплошные линии с треугольниками)

серии образцов после водонасыщения под арретир и стабилизации давления свободного набухания испытаны под действием двух различных эффективных напряжений (вначале 0,075 и 0,15, а затем 0,15 и 0,2 МПа соответственно).

Сопоставление данных, полученных испытанием образцов при начальной природной влажности (на рис. 2 отмечены кружочками) и после водонасыщения под арретир (отмечены треугольниками) под действием равных эффективных давлений, показывает, что их расхождение не превышает 20%. В то же время абсолютные значения отмеченных расхождений не превышают 15% деформаций ползучес-

ти грунта, обладающего природной влажностью, при его испытании под действием напряжения, равного давлению свободного набухания.

2. Испытаны две серии образцов грунта № 2 под действием двух последовательно приложенных равных ступеней эффективного давления — при начальной природной влажности (на рис. 3 кривая ползу-

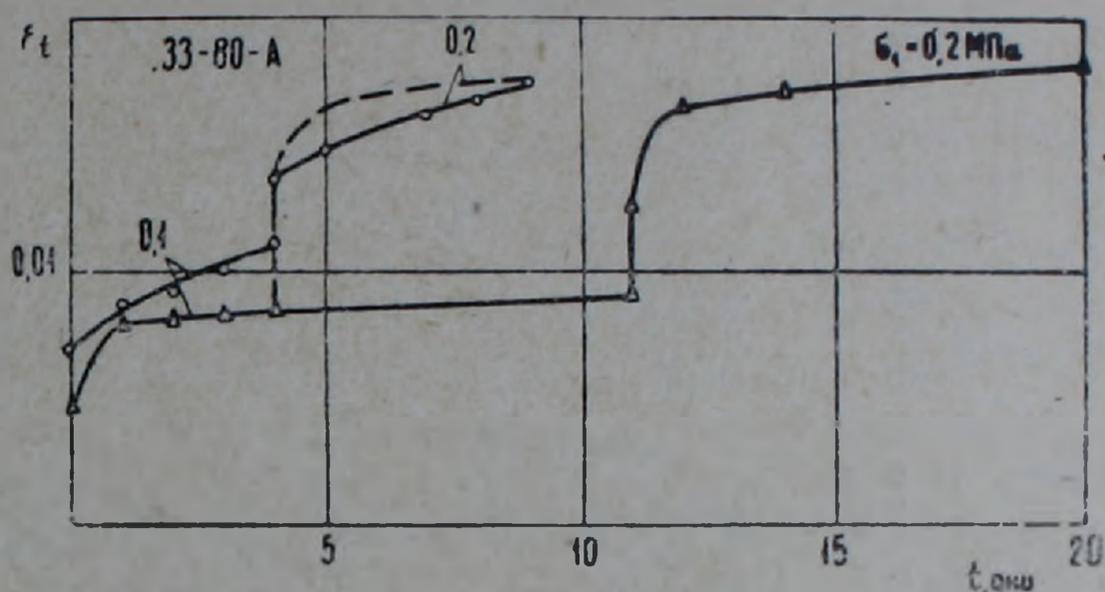


Рис. 3. Кривые ползучести грунта № 2, определенные под действием ступенчато-возрастающих эффективных давлений при начальной природной влажности (сплошные линии с кружками) и после водонасыщения под арретир (сплошные линии с треугольниками). Штриховой линией показана смещенная влево кривая ползучести, полученная при испытании образцов после водонасыщения под арретир под действием второй ступени напряжения

чести отмечена кружочками) и после водонасыщения под арретир. Здесь в отличие от рассмотренного выше случая, во избежание испарения влаги из образцов, обладающих природной влажностью, длительность испытания несколько сокращена.

Как видно на рис. 3, кривые ползучести, полученные при равных значениях эффективного давления, независимо от начальной влажности практически совпадают.

3. Результаты испытания образцов грунта № 3 приведены в табл. 2 и на рис. 4, где сплошной линией показана кривая ползучести образцов, испытанных при начальной природной влажности. Эти результаты подтверждают приведенные выше опытные данные. Однако следует отметить, что они справедливы только при испытании тонких водонасыщенных образцов при двустороннем отжатии поровой воды, когда можно считать, что уплотнение грунта обусловлено только фактором ползучести скелета <sup>(2)</sup>.

На основании изложенного выше уравнение ползучести одномерного уплотнения набухающего глинистого грунта для постоянных напряжений с учетом проявления давления набухания  $\sigma_{s,0}$  при его замачивании (дополнительном увлажнении) можно записать в следующем общем виде:

$$\varepsilon_{ct} = C_c(t) \cdot F(p_1 - \sigma_{s,0}), \quad (1)$$

где  $C_c(t)$  — мера ползучести, т. е. ползучесть при единичном эффективном давлении, равном разности  $\sigma_1 = (p_1 - \sigma_{s,0}) = 1$ ;  $F(p_1 - \sigma_{s,0})$  — функция напряжения, характеризующая нелинейную зависимость между

Длительность испытания	Усредненные значения абсолютных деформаций уплотнения $\Delta h_{ct}$ , мм, при	
	$w = w_0$	$w = w_s$
	$\sigma_1 = 0,05$ МПа	
1 ч	0,126	0,066
1 день	0,156	0,088
2 дня	0,167	0,095
	$\sigma_1 = 0,1$ МПа	
1 ч	0,221	0,171
1 день	0,250	0,209
2 дня	0,267	0,218
	$\sigma_1 = 0,2$ МПа	
1 ч	0,395	0,383
1 день	0,433	0,463
2 дня	0,454	0,478
	$\sigma_1 = 0,3$ МПа	
1 ч	0,560	0,604
1 день	0,607	0,690
2 дня	0,628	0,708
	$\sigma_1 = 0,4$ МПа	
1 ч	0,814	0,802
1 день	0,860	0,890
2 дня	0,882	0,904
3 дня	0,907	0,910

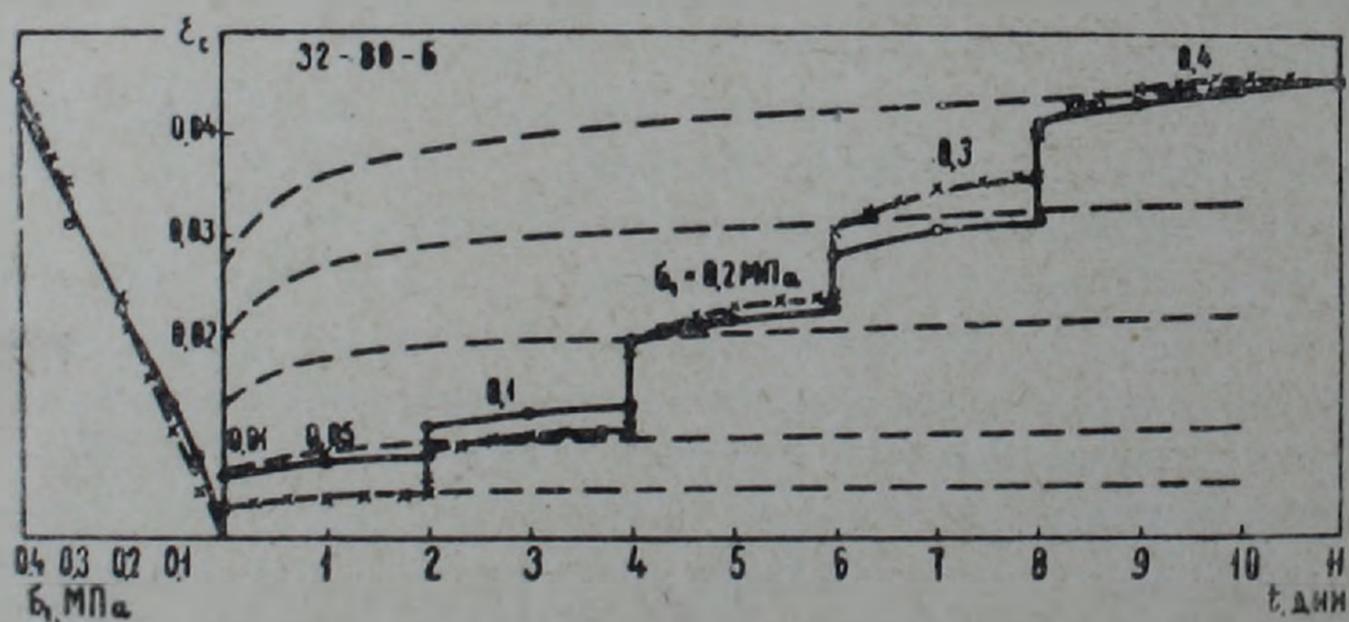


Рис. 4. Кривые ползучести грунта №3, полученные под действием ступенчато-возрастающих эффективных давлений при начальной природной влажности (сплошная линия в правой части рисунка) и после водонасыщения под арретир (штриховая линия с треугольниками). В левой части рисунка показаны кривые зависимости эффективное давление—деформация ползучести, в правой части штриховыми линиями показаны кривые ползучести, построенные по выражению (10)

деформациями ползучести и эффективным давлением (рис. 1, б) и удовлетворяющая условию  $F[(p_1 - \sigma_{s,0}) = 1] = 1$ .

В качестве выражения меры ползучести можно, в частности, использовать степенное соотношение (2)

$$C_c(t) = A \cdot t^m, \quad (2)$$

а функции напряжения записать в виде

$$F(p_1 - \sigma_{s,0}) = \alpha(p_1 - \sigma_{s,0}) + \beta(p_1 - \sigma_{s,0})^n, \quad (3)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $n$  — определяемые из опыта параметры.

Соотношение (1) с учетом (2) и (3) принимает вид

$$\varepsilon_{ct} = A \cdot t^m [\alpha(p_1 - \sigma_{s,0}) + \beta(p_1 - \sigma_{s,0})^n], \quad (4)$$

из чего следует, что когда: а)  $p_1 = \sigma_{s,0}$ , деформация ползучести грунта равна нулю; б)  $p_1 > \sigma_{s,0}$ , имеет место уплотнение грунта при его замачивании; в)  $\sigma_{s,0} = 0$ ,  $p_1 = \sigma_1$ , имеет место уплотнение грунта при природной влажности; г)  $p_1 < \sigma_{s,0}$ , при замачивании имеет место набухание грунта, величина которого достигает наибольшего значения при  $p_1 = 0$ .

Из соотношения (4) следует, что меры ползучести набухающего глинистого грунта при природной влажности  $w = w_0$  и после замачивания под арретир  $w = w_s$ , определенные под действием единичного эффективного давления, равны. Следовательно они могут быть определены как из испытания грунта при природной влажности, так и после водонасыщения под арретир.

Для приведенного на рис. 3 примера одномерного уплотнения набухающего грунта в двух различных состояниях влажности зависимость между эффективным давлением  $\sigma_1 = p_1 - \sigma_{s,0}$  и деформацией ползучести  $\varepsilon_{ct}$  представлена в виде линейной функции, и для функции напряжения получено следующее выражение:

$$F(p_1 - \sigma_{s,0}) = (10 \cdot p_1 - 10\sigma_{s,0}) = 10 \cdot \sigma_1. \quad (5)$$

Принимая за единичное эффективное давление  $(p_1 - \sigma_{s,0}) = 0,1$  МПа, соотношение (1) с учетом (5) и величины давления свободного набухания  $\sigma_{s,0} = 0,08$  МПа (см. табл. 1) запишем следующим образом:

$$\varepsilon_{ct} = 0,0089 \cdot t^{0,034} \cdot (10 \cdot p_1 - 10 \cdot 0,08). \quad (6)$$

Кривые ползучести одномерного уплотнения для постоянных напряжений  $\sigma_1$ , построенные по соотношению (6) (на рис. 3 показаны штриховыми линиями), достаточно близки к экспериментальным кривым, определенным как при испытании образцов при начальной влажности  $w = w_0$ , так и после водонасыщения под арретир. Это значит, что соотношение (4) является обобщенным выражением, позволяющим по результатам испытания образцов после водонасыщения под арретир и определения давления свободного набухания  $\sigma_{s,0}$  установить ползучие свойства грунта природной влажности.

Սկզբնական բնական խոնավություն ունեցող ուռչող  
կավային գետնահողերի միաչափ խտացման սողքի  
որոշման եղանակ

Հողվածում քննության են առնված ուռչող կավային պետնահողերի միաչափ ձևափոխության հնարավոր դեպքերը, բերված են սկզբնական բնական խոնավություն ունեցող և ծավալային ձևափոխության բացակայության պայմաններում նախնական ջրահագեցումից հետո դրանց խտացման սողքի որոշման արդյունքները: Ցույց է տրված, որ միևնույն  $\sigma_1$  էֆեկտիվ ճնշման դեպքում, որը հավասար է  $\sigma_1 = p_1 - \sigma_{s,0}$  ( $p_1$ -ը — լրիվ ճնշումն է,  $\sigma_{s,0}$ -ն — ազատ ուռչելու ճնշումը), նշված պայմաններում որոշված խտացման սողքի կորերը գործնականորեն համընկնում են:

Ստացված են առնչություններ, որոնք հնարավորություն են ընձեռնում ծավալային ձևափոխության բացակայության պայմաններում նախնական ջրահագեցումից հետո որոշված ազատ ուռչելու ճնշման ( $\sigma_{s,0}$ ) և սողքի խտացման կորերից ստանալ սկզբնական բնական խոնավություն ունեցող գետնահողի սողքի կորերը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<sup>1</sup> С. Р. Месчан, в кн.: Труды третьего Всесоюзного симпозиума по реологии грунтов, Изд-во Ереванского ун-та, 1980. <sup>2</sup> С. Р. Месчан, Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения, М., Недра, 1974.