

ВЫВОДЫ

Обобщая проведенное макросейсмическое обследование и анализируя характер имеющихся последствий Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года на архитектурные и надгробные памятники, находящиеся в эпицентральной зоне, можно отметить, что характер землетрясения в г. Гюмри был гораздо сложнее, чем в других районах. Такой сложный характер разрушений архитектурных и надгробных памятников свидетельствует о том, что спектр землетрясения в г. Гюмри был очень широкий и охватывал строения с широким диапазоном собственных частот, как жестких, так и гибких.

Массовые обследования архитектурных и надгробных памятников в эпицентральной зоне Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года показали, что одной из причин увеличения сейсмического эффекта в г. Гюмри явилось то, что очаг землетрясения менял свое направление, сначала рядом с г. Спитаком, а потом ближе к г. Гюмри. Под воздействием меняющихся сейсмических сил в г. Гюмри инерционные силы достигли максимума, а здания и сооружения испытывали пространственное воздействие, в частности кручение, что явилось причиной повреждений и разрушений многочисленных строений с разными конструктивными решениями.

Институт геофизики и
инженерной сейсмологии НАН РА

Поступила 31.07.1990

Известия НАН РА. Науки о Земле. XI.VI, 1993, № 2, 56 — 59

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С.Г. АЙРОЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СДВИГОВ ПОЛЗУЧЕСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ МЕТОДОМ ОДНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КРИВОЙ

Определение параметров сдвигов ползучести глинистых грунтов вообще, вязкости в частности связано с большими трудностями. Это объясняется тем, что при применении классической методики испытания образцов на ползучесть сильно неоднородных глинистых грунтов часто невозможно установить четкие закономерности их деформирования.

Сдвиговую ползучесть глинистого грунта $\gamma(t)$ по классической методике определяют, исходя из раздельного описания семейств кривых — затухающих деформаций и течения с постоянной скоростью.

В этом случае $\gamma(t)$ выражение записывают в следующем виде

$$\begin{aligned}\gamma(t) &= \omega_d(t) f(\tau/\tau_{f,sl}) + \{(\tau - \tau_p)/\tau_{f,sl}\} K_{\gamma,sl} = \\ &= \omega_d(t) f(\tau/\tau_{f,sl}) + \{(\tau - \tau_p)/\tau_{f,sl}\} (1/\eta_{v,sl})\end{aligned}\quad (1)$$

где первые члены правых частей определяют затухающиеся, а вторые установившиеся ползучесть (течение); $\omega_d(t)$ — мера затухающей ползучести грунта при сдвиге, $f(\tau/\tau_{f,sl})$ — функция уровней касательного напряжения затухающей ползучести, τ_p — порог ползучести; $\tau_{f,sl}$ — стандартное

сопротивление сдвигу, $K_{\eta,0}$ — коэффициент относительной скорости течения при $(\tau - \tau_{pr})/\tau_{f,sl} = 1$; t — время, $\eta_{v,0}$ — относительный коэффициент вязкости.

Исходя из необходимости уменьшения количества испытываемых образцов — близнецов достаточно однородных грунтов, проф. С.Р.Месчаном [1] был разработан и внедрен в лабораторную практику простой метод определения параметров сдвиговой ползучести, получивший название метода испытания двух образцов. Этот метод имеет широкое использование в определении параметра сдвиговой ползучести с учетом изменяемости температуры, влажности, вибрационных воздействий и т.д.

Смысл метода заключается в том, что один из двух образцов испытывается под действием некоторого постоянного, а второй — под действием ступенчато возрастающего во времени касательного напряжения. Результаты испытания первого образца используются для определения параметров меры сдвиговой ползучести $\omega(t)$, а второго — для определения функции уровня касательного напряжения $f(\tau/\tau_{f,sl})$. Имея меру сдвиговой ползучести и функцию уровня касательного напряжения и предполагая существования подобия между кривыми сдвиговой ползучести по соотношению $\gamma(t) = \omega(t)f(\tau/\tau_{f,sl})$, строят кривые ползучести для различных постоянных значений уровня касательного напряжения.

Таблица 1
Таблица показателей основных физических свойств грунтов

Лаб. N грунта	$\frac{г/см^3}{\rho}$	$\frac{г/с^3}{\rho_s}$	W_0	Пределы пластичности			МПа
				WL	WP	IP	$\sigma_{sw,0}$
60—85	1,75	2,74	0,407	1,08	0,416	0,665	0,0588
61—85	1,92	2,76	0,310	0,462	0,290	0,172	0,0250

В случае, когда образцы обладают значительной неоднородностью, рассмотренные выше методы не могут быть применены, так как вырезка из одного монолита грунта образцов с близкими физико-механическими свойствами практически невозможна. В целях упрощения методики определения параметров сдвиговой ползучести для структурно-неоднородных глинистых грунтов природного сложения целесообразно воспользоваться способом испытания образцов

под действием ступенчато — возрастающего уровня касательного напряжения, т.е. методом одной кривой. С целью разработки такой методики исследованы две разновидности бентонитовых глин Куйбышевского участка железнодорожной линии Раздан—Иджеван (Армения) под лабораторными номерами 60—85 и 61—85 (табл. 1).

Для исключения высыхания образцов, и избежания сложной процедуры герметиза-

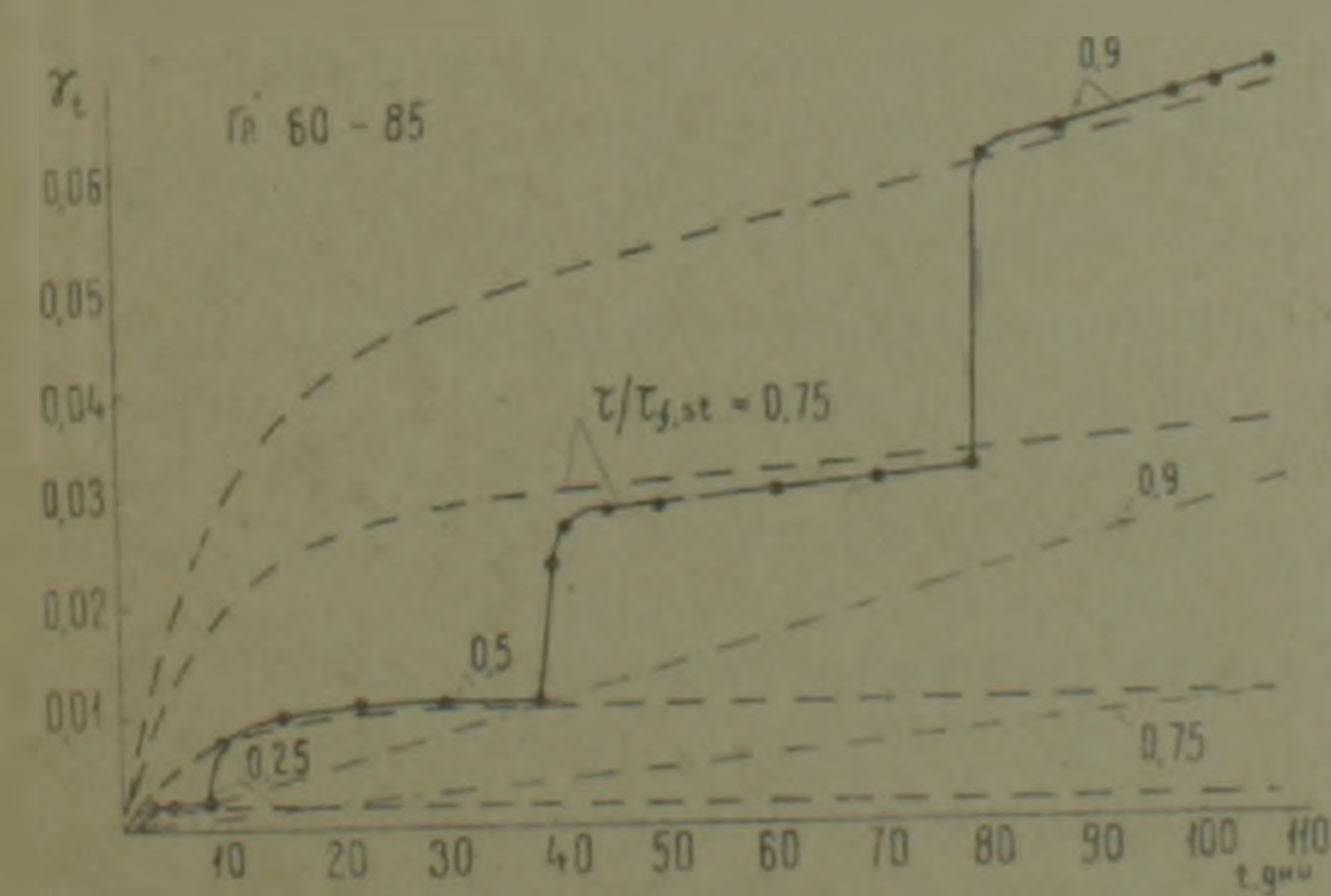


Рис. 1 Экспериментальные кривые сдвиговой ползучести при ступенчато — возрастающем уровне касательного напряжения (сплошная линия) и кривые, построенные по выражению (5) (штриховая линия)

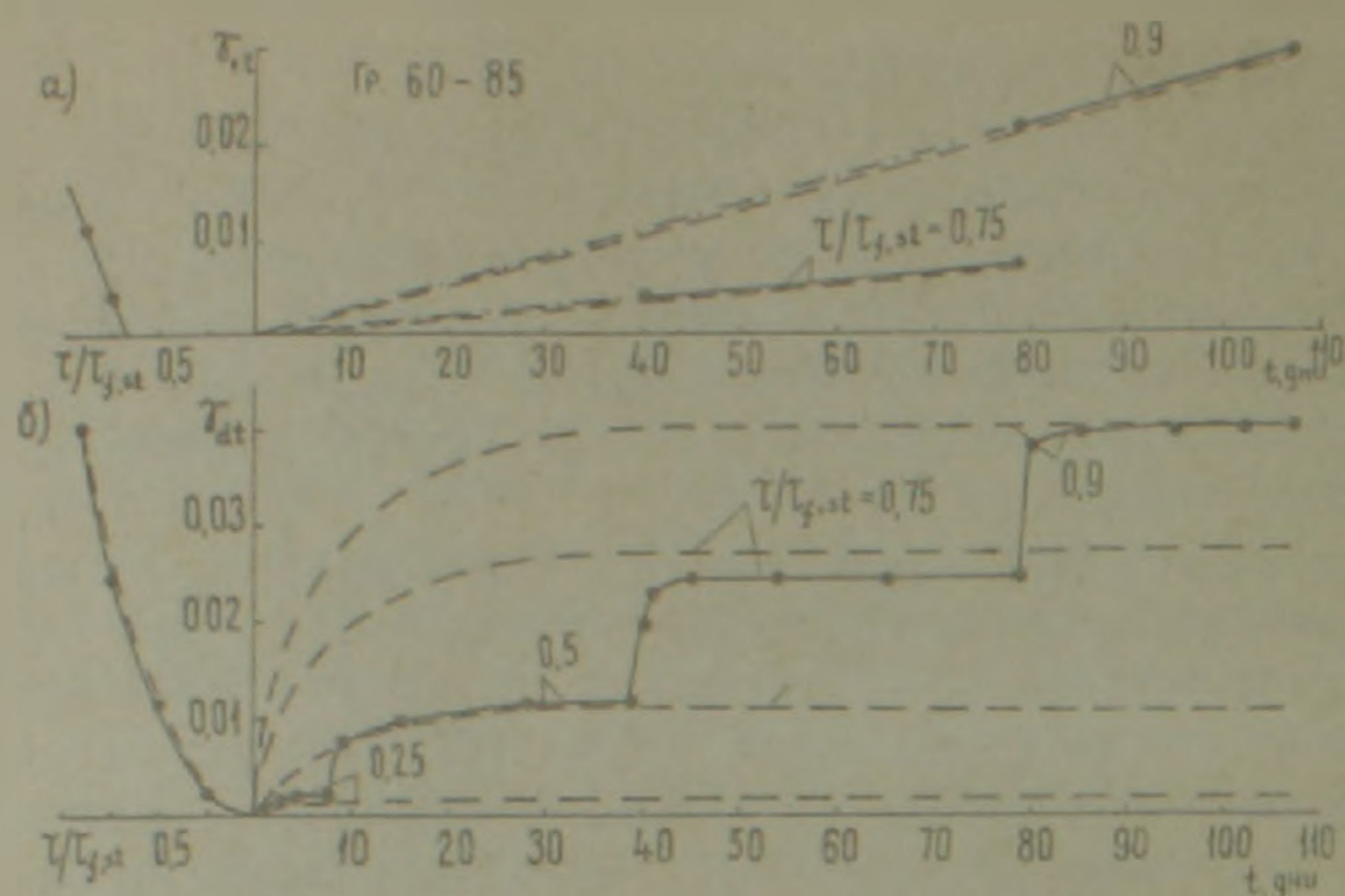


Рис. 2 Семейство кривых течения (а), затухающей ползучести (б), кривые зависимости (сплошные линии) и их аппроксимации (штриховые линии)

толщина — 24 мм. Стандартное сопротивление сдвигу грунта 60—85 определены как при природной влажности, так и в водонасыщенном состоянии — после водонасыщения под арретир (см. табл. 2). Испытания на сдвиговую ползучесть осуществлены под действием ступенчато-возрастающих уровней касательных напряжений $\tau/\tau_{s1} = 0,25; 0,50; 0,75; 0,90$ (рис. 1). Из рис. 1 видно, что при уровнях касательного напряжения $\tau/\tau_{s1} = 0,75$ и $0,90$ деформации сдвиговой ползучести после стадии затухающей ползучести переходит в стадию течения с постоянной скоростью деформирования без какого-либо признака разрушения — наступления стадии прогрессирующего течения.

Таблица 2

Лаб. N грунта	Условия испытания	МПа $\sigma_{zw,0}$	МПа σ_z	МПа P_z	МПа $\tau_{f,s1}$	МПа C_s	МПа $\tau_{sp}/\tau_{f,s1}$
60—85	Без увлажнения	—	0,20 0,30 0,40	0,20 0,30 0,40	0,0703 0,1010 0,1167	0,0249	$\frac{0,238}{3^{0,23}}$
60—85	С увлажнением	0,052 0,0587 0,0531	0,20 0,30 0,40	0,252 0,359 0,453	0,068 0,1029 0,118	0,0263	$\frac{0,299}{12^{0,54}}$

Чтобы применить методику одной экспериментальной кривой для построения указанных двух семейств кривых ползучести и определения параметров ползучести, из начала координатных осей $\gamma(t) — t$ следует проводить прямые, параллельные участку течения кривых ползучести при $\tau/\tau_{s1} = 0,75$ и $0,90$, которые на рис. 1 показаны штрих-пунктирными линиями.

Эти прямые, характеризующие течение грунта при $\tau/\tau_{s1} = 0,75$ и $0,90$ показаны также на рис. 2а в виде семейства кривых течения. На рис. 2б показаны экспериментальные кривые затухающей ползучести деформации, полученные выделением из экспериментальных кривых ползучести (рис. 1) деформации течения — как разность деформаций кривой сдвиговой ползучести и деформации течения, изображенного штрих-пунктирными линиями.

Для аппроксимации затухающей ползучести (рис. 2б) в качестве единичной кривой сдвиговой ползучести принята кривая, определенная при $\tau/\tau_{s1} = 0,5$.

ции приборов они уплотнялись под действием $\sigma_z = 0,3 \text{ МПа}$ после водонасыщения под арретир, с определением давления набухания $\sigma_{zw,0}$ (табл. 1).

Испытание уплотненных образцов на сдвиг осуществлялось на приборах М-5 [1] методом кручения. Размеры образцов: диаметр — 101 мм,

Для меры ползучести грунта 60—85 (рис.26) получено следующее выражение:

$$\omega(t, W = 0,407, \tau/\tau_{f,sl} = 0,5) = C_0 [1 - e^{-\lambda}] = 0,0112 [1 - e^{-0,126t}], \quad (2)$$

а для функции уровня касательного напряжения:

$$f(\tau/\tau_{f,sl}) = \alpha_1 (\tau/\tau_{f,sl}) + \beta_1 (\tau/\tau_{f,sl})^{2,025} = 0,4107 (\tau/\tau_{f,sl}) + 4,9107 (\tau/\tau_{f,sl})^{2,025}, \quad (3)$$

удовлетворяющее условию $f(W_0=0,407, \tau/\tau_{f,sl}=0,50)=1$

Для первого члена правой части (1), с учетом (2) и (3), получено следующее выражение:

$$\gamma_d(t) = \omega_d(t) f(\tau/\tau_{f,sl}) = C_0 [1 - e^{-\lambda}] [\alpha_1 (\tau/\tau_{f,sl}) + \beta_1 (\tau/\tau_{f,sl})^{2,025}] = 0,0112 [1 - e^{-0,126t}] [-0,4107 (\tau/\tau_{f,sl}) + 4,9107 (\tau/\tau_{f,sl})^{2,025}], \quad (4)$$

Кривые ползучести, построенные по выражению (4), показаны на рис.26 штриховыми линиями.

Входящие во второй член выражения (1) параметры $K_{\lambda,0}$ и $\eta_{\lambda,0}$ определены из зависимости $\gamma_d(t) = f(\tau/\tau_{f,sl})$ (рис.2а).

Второй член выражения (1) с учетом значения $K_{\lambda,0} = 1,13 \cdot 10^{-3}$ 1/день и $\eta_{\lambda,0} = 882,353$ день записан следующим образом:

$$\{(\tau - \tau_p)/\tau_{f,sl}\} K_{\lambda,0} t = \{(\tau - \tau_p)/\tau_{f,sl}\} (t/\eta_{\lambda,0}) = (t/\tau_{f,sl} - 0,675) 1,13 \cdot 10^{-3} t = (t/\tau_{f,sl} - 0,675) t/882,353, \quad (5)$$

где $t/\tau_{f,sl} = 0,675$ (см. рис.26)

Выражение (1), с учетом (4) и (5), примет следующий вид:

$$\gamma(t) = 0,0112 [1 - e^{-0,126t}] [-0,4107 (\tau/\tau_{f,sl}) + 4,9107 (\tau/\tau_{f,sl})^{2,025}] + 1,13 \cdot 10^{-3} (t/\tau_{f,sl} - 0,675) t/882,353, \quad (6)$$

Семейство кривых ползучести, построенного по выражению (6), показано на рис.1 штриховыми линиями.

Аналогичным образом получены значения коэффициента относительной скорости течения $K_{\lambda,0}$ и коэффициент относительной вязкости $\eta_{\lambda,0}$, а также выражение $\gamma(t)$ для аппроксимации семейства кривых ползучести под лабораторным номером 61—85

$K_{\lambda,0} = 5,0 \cdot 10^{-4}$ 1/день, $\eta_{\lambda,0} = 2000$ день

$$\gamma(t) = 0,00815 [1 - e^{-0,1056t}] [1,9506 (t/\tau_{f,sl}) + 5,567 (t/\tau_{f,sl})^{7,600}] + (t/\tau_{f,sl} - 0,5) t/2000 \quad (7)$$

Автор выражает глубокую благодарность проф. С.Р.Месчану за оказанную помощь при выполнении настоящей работы.

Институт "Еревангидропроект"

Поступила 04.04.1991