

Т.Л.ПЕТРОСЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ АСИММЕТРИИ ЦИКЛА НА ФОРМЫ И ПЛОЩАДИ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПРИ КОМПРЕССИИ

Одним из важных факторов, влияющих на рассеяние энергии колебаний в материале, является асимметрия цикла напряжения. Важность заключается в том, что во многих случаях материал подвергается нагружению асимметричными циклами, однако число работ, посвященных исследованию этого вопроса, весьма ограничено. Из числа работ, посвященных исследованию рассеяния механической энергии в различных материалах при асимметричном цикле (наличие постоянной составляющей) колебаний, важно отметить работы Е.С.Сорокина [5], Б.К.Карапетяна [2], В.В.Хильчевского [6], Б.Ильясова [1].

По данным Е.С.Сорокина, у древесины коэффициент поглощения практически не зависит от наличия начальной постоянной составляющей напряжения σ_0 , т.е. $\Psi(\sigma_0) = \text{const}$, для стали и железобетона значения Ψ для симметричных циклов выше, чем для асимметричных. Как отмечается в работе [6], с увеличением начальной постоянной составляющей напряжения, площадь петли гистерезиса древесины линейно уменьшается. В.Н.Шашлов, работая со сталями 45 и ЭИ415, наблюдал явно выраженное убывание логарифмического декремента с увеличением степени асимметрии [6]. Б.К.Карапетян пришел к выводу, что с увеличением сжимающих напряжений имеет место значительное уменьшение величины логарифмического декремента затухания колебаний каменной и кирпичной кладки. При вынужденных продольных колебаниях для стали Берстоу [6] обнаружил уменьшение площади петли гистерезиса по мере увеличения степени асимметрии циклов. Исследования В.В.Хильчевского [6] показали качественно различное влияние начальной постоянной составляющей напряжения σ_0 на Ψ . В черных металлах наличие σ_0 приводит к уменьшению декремента затухания, а в цветных металлах — к увеличению. Причем, по данным В.В.Хильчевского, декремент затухания с величиной σ_0 связан линейной зависимостью. Б.Ильясовым показано, что коэффициент поглощения существенно зависит от уровня начального напряженного состояния грунта, а именно — увеличение статического давления на грунт приводит к уменьшению коэффициента поглощения.

Анализ вышеуказанных немногочисленных данных по влиянию степени асимметрии циклов не дает основания считать этот вопрос окончательно решенным. Задачу объяснения физической стороны вопроса усложняет наличие разнозначного влияния на рассеяние энергии в материале постоянной составляющей напряжения.

Вопрос о влиянии начальной постоянной составляющей напряжения на диссипацию энергии имеет исключительно важное значение для грунтов, поскольку, во многих случаях, при распространении колебаний он подвергается нагружению асимметричными циклами. Поэтому с целью установления реальных зависимостей $\sigma - \epsilon$ для водонасыщенных глинистых грунтов (при одномерном деформировании) на участках восходящей и нисходящей ветвей петли гистерезиса (формы петли гистерезиса при различных значениях постоянной составляющей напряжения σ_0) и получения связи между логарифмиче-

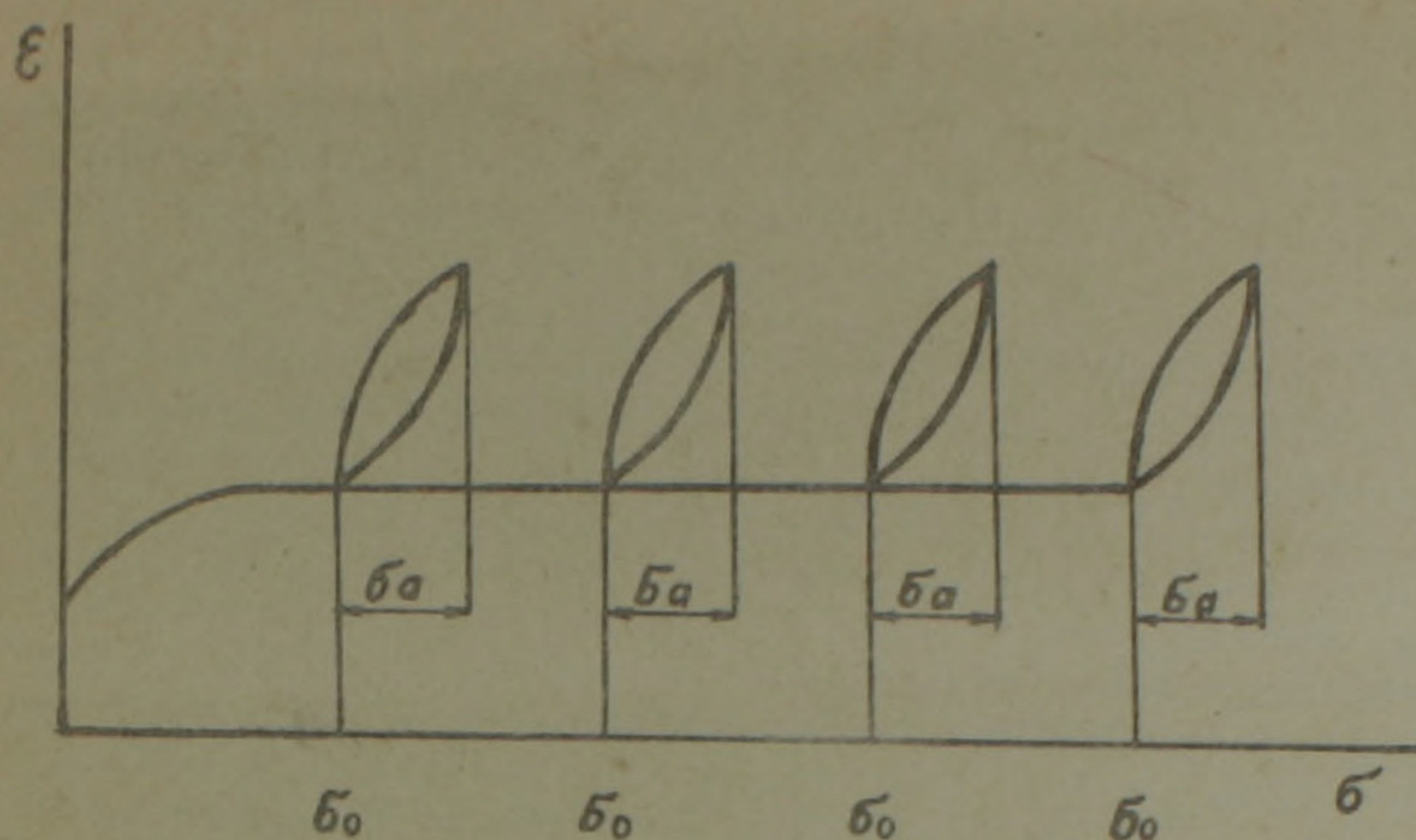


Рис.1. Схема испытаний.

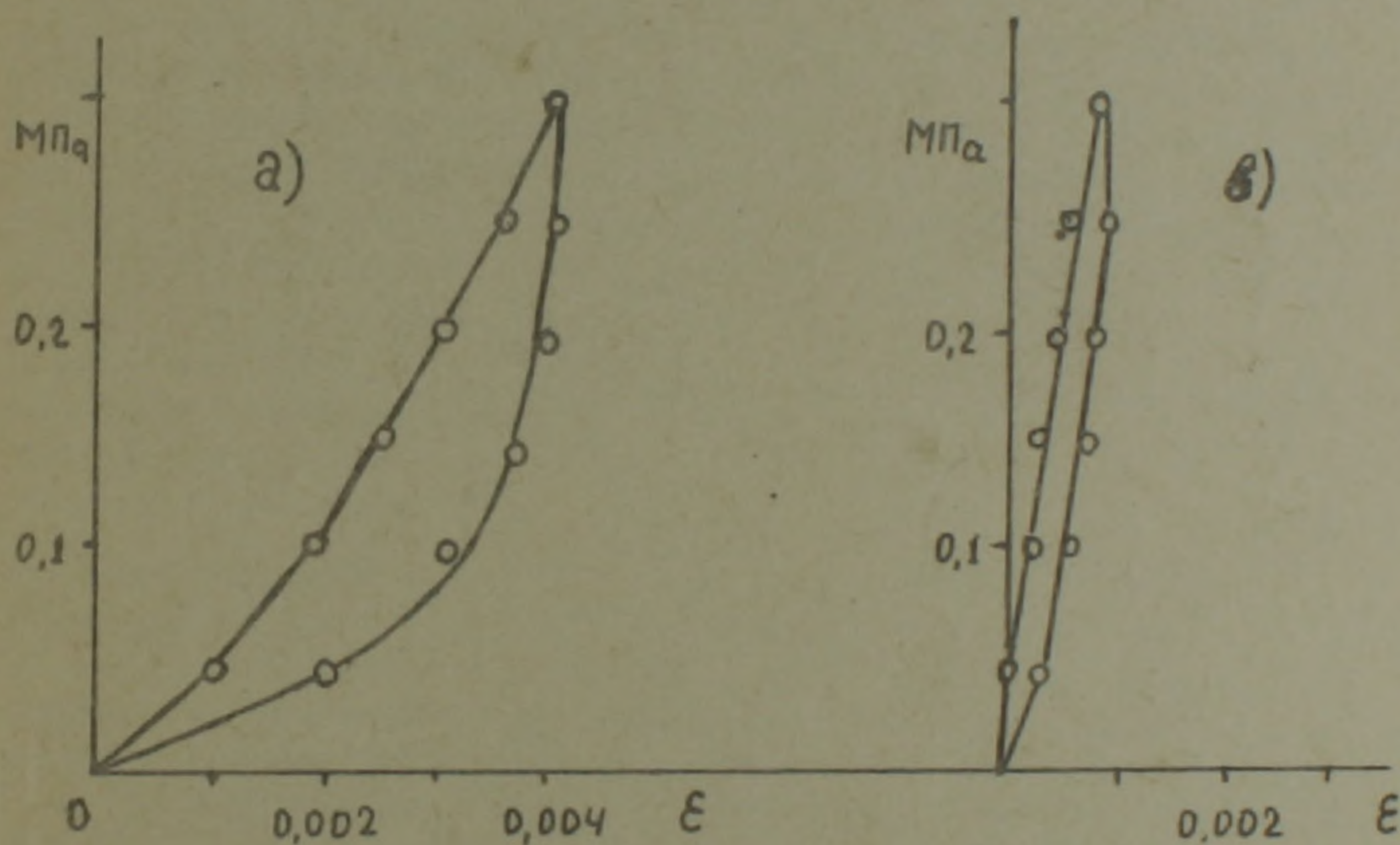


Рис 2. Замкнутые петли десятого цикла нагрузки—разгрузки грунта при компрессии, предварительно уплотненного под давлением $\sigma = 1,0 \text{ МПа}$, при различных значениях σ_0 .

ским декрементом затухания σ (или площадью петли гистерезиса) и степенью асимметрии цикла напряжения выполнена настоящая работа.

Для получения петель гистерезиса в компрессионных проборах М—2 [3] испытаны образцы диаметром $d = 70 \text{ мм}$ и высотой $h = 20 \text{ мм}$. Исследованы три вида глинистых грунтов, физические параметры которых приведены в таблице.

Чтобы при разных значениях начального напряжения σ_0 образцы имели бы практически одинаковые параметры физических свойств (влажность w , плотность ρ , коэффициент пористости e), паста глинистого грунта в компрессионном приборе консолидировалась под давлением $\sigma = 1,0 \text{ МПа}$. После консолидации (затухания деформаций) образцы—близнецы попарно разгру-

жаллись до следующих напряжений: $\sigma_0 = 0,5; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025; 0,00$ МПа (по ветви декомпрессий компрессионной кривой). В таблице приведены параметры физических свойств образцов грунтов, уплотняемых под давлением $\sigma = 1,0$ МПа,

Таблица

Параметры физических образцов грунтов, уплотняемых под давлением $\sigma = 1,0$ МПа, и изменение коэффициента пористости на ветви декомпрессии

	ρ_s г/см ³	W_L	W_p	I_p	W_0	ρ_d г/см ³	e_0	Коэффициенты пористости образцов грунтов при разгрузке под давлением (МПа)					
								0,5	0,2	0,1	0,05	0,025	0,00
Глина	2,760	0,424	0,212	21,2	0,220	1,667	0,578	0,586	0,586	0,597	0,619	0,623	0,635
Суглинки	2,720	0,350	0,190	16,0	0,210	1,691	0,542	0,545	0,570	0,555	0,559	—	0,590
Супесь	2,700	0,186	0,123	6,3	0,150	1,858	0,387	0,372	0,425	0,394	0,414	0,381	0,389

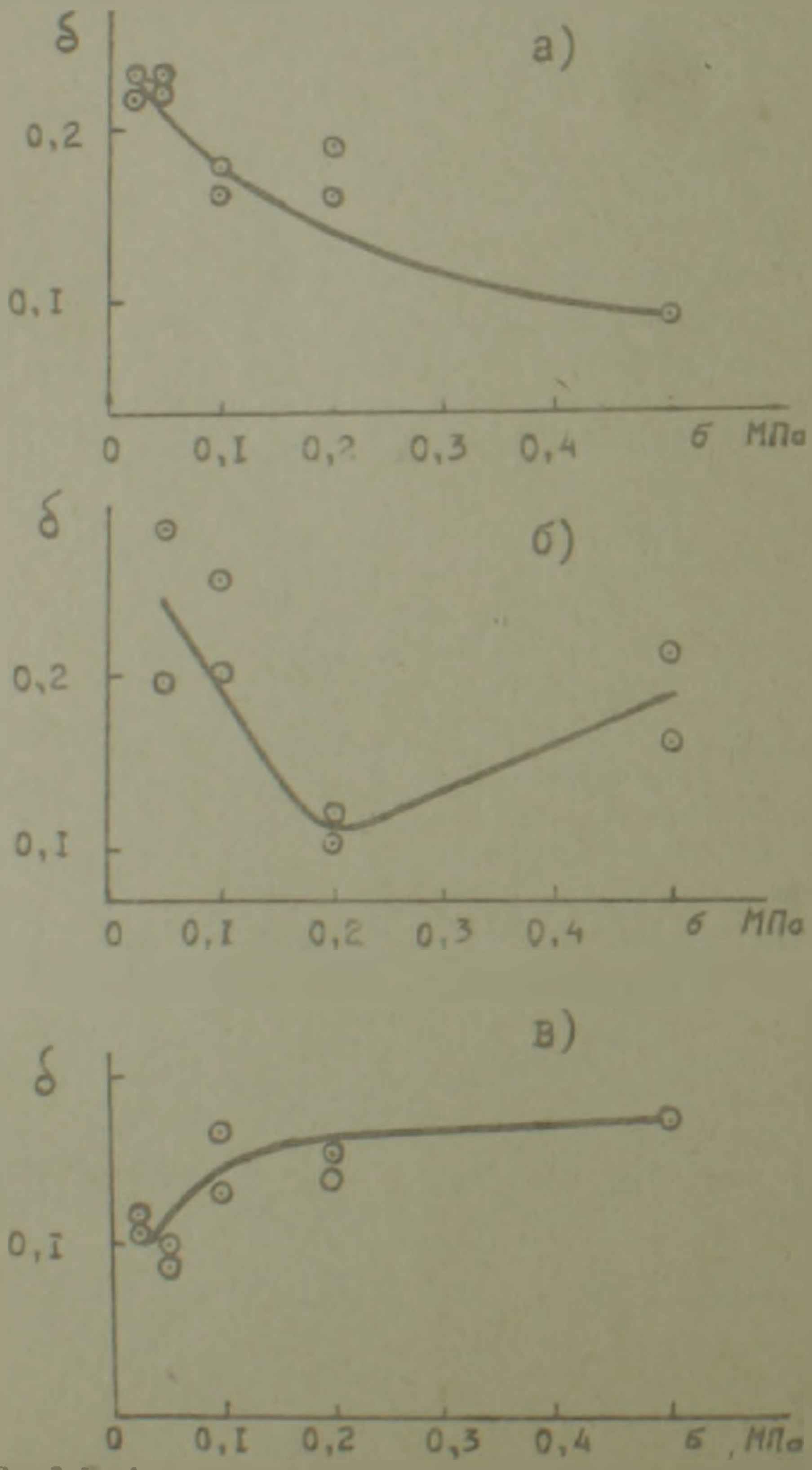


Рис.3. Графики зависимостей $e = e(\sigma_0)$, при различных значениях I_p а) $I_p = 21,2$; б) $I_p = 16,0$, в) $I_p = 6,3$

а также изменение коэффициента пористости e на ветви декомпрессий компрессионной кривой. Изменение коэффициента пористости e образцов составляет около 6%, поэтому можно считать, что были испытаны образцы—близнецы с одинаковыми физическими свойствами.

После затухания деформации под давлением начального напряжения σ_0 , образцы подвергались циклической нагрузке и разгрузке со скоростью $0,05 \text{ МПа} \times 15 \text{ с}$ амплитудой $\sigma_a = 0,3 \text{ МПа}$ (схема методики испытания приведена на рис.1). Опыты показывают, что независимо от степени асимметрии (или величины начального постоянного напряжения σ_0), после нескольких циклов нагрузки и разгрузки образцов, как обычно, заканчивается образование замкнутой петли и устанавливаются определенные зависимо-

сти между напряжениями и деформациями как на восходящей, так и на нисходящей ветвях петли гистерезиса. Ранее было установлено, что при симметричном цикле нагрузки — разгрузки зависимость деформаций ϵ от напряжений σ представляется реологической зависимостью $\sigma = E \epsilon + \nu \epsilon^n$, параметр n которой больше единицы ($n > 1$) на обеих ветвях петель гистерезиса (рис. 2а).

При этом в работе многочисленными опытами установлено, что с увеличением постоянной составляющей σ_0 параметр n восходящей ветви, уменьшаясь, становится меньше единицы. При больших значениях, ветви петель гистерезиса можно представить в виде билинейной зависимости, а площадь петли — в виде параллелограмма (рис. 2б). Получение качественного изменения формы петли упругого гистерезиса при асимметричном цикле напряжения позволяет уточнить пределы применимости полученной нами [4] формулы расчета логарифмического декремента и коэффициента диссипации. Отметим, что полученные соотношения между напряжением σ и деформацией ϵ справедливы для нормально уплотненных глинистых грунтов нарушенного сложения, не обладающих существенной структурной прочностью.

Полученные экспериментальные соотношения $\sigma - \epsilon$ при нагрузке и разгрузке обработаны по методике [4] и для каждого грунта представлены в виде зависимостей логарифмического декремента от постоянной составляющей напряжения σ_0 ($\delta = f(\sigma_0)$), которые приведены на рис. 3. Из приведенных графиков (рис. 3) следует, что для всех испытанных грунтов σ_0 оказывает существенное влияние на величину декремента δ . Опыты показали также качественно различное влияние σ_0 на величину δ : для грунтов с большим числом пластичности I_p σ_0 приводит к уменьшению логарифмического декремента затуханий δ , а для грунтов с малым числом пластичности — к возрастанию.

Институт геологических наук НАН

Поступила 03.07.1991.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильясов Б. Экспериментальное исследование поглощения энергии основанием при колебаниях одиночных опор. — Тр. координационных совещаний по гидротехнике. Вып. 80. Динамические свойства грунтов и сейсмостойкость гидротехнических сооружений. Энергия, 1973, с. 79–83.
2. Карапетян Б. К. Исследование внутреннего трения при свободных поперечных колебаниях. — Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Ереван: ЕрПИ, 1953, 11 с.
3. Месчян С. Р. Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения. М.: Недра, 1974, 192 с.
4. Месчян С. Р., Петросян Т. Л. Применение статического метода определения логарифмического декремента колебаний для грунтов в условиях компрессии. — Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. 42, № 5, 1989, с. 69–74.
5. Сорокин Е. С. К вопросу неупругого сопротивления строительных материалов при колебаниях. — Научное сообщение ЦНИПС, 15. М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1954, 74 с.
6. Хильчевский В. В. Исследование влияния степени асимметрии цикла на затухание крутильных колебаний стержней. — В кн.: Рассеяние энергии при колебаниях упругих систем. Киев: Наукова думка, 1966, с. 142–148.