

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

С. Р. Месчян

**Влияние уплотняющей нагрузки на деформативные свойства
 глинистых грунтов при сдвиге**

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном 17. III 1960)

В нашей работе ⁽¹⁾, посвященной исследованию деформативных свойств глинистых грунтов, было показано, что для описания процесса деформирования их при сдвиге могут быть использованы уравнения теории упруго-ползучего тела Г. Н. Маслова—Н. Х. Арутюняна ^(2, 3). В работе был рассмотрен случай, когда все испытанные образцы обладали одинаковыми физико-механическими свойствами ⁽⁴⁾ к началу их испытания.

В силу того, что физико-механические свойства грунтов по тем или иным причинам подвергаются изменениям, учет изменчивости свойств материала является необходимым.

Учитывая то положение ⁽⁵⁾, что сопротивление сдвигу глинистых нецементированных грунтов определяется в основном их плотностью и что при монотонном увеличении уплотняющей нагрузки плотность грунта однозначно определяется величиной нормального напряжения и сопротивление грунта сдвигу определяется напряженным состоянием (применительно к испытанию на сдвиг напряжением P), при исследовании влияния нормального напряжения на деформативные свойства связного грунта при сдвиге, уплотняющая нагрузка P была принята как интегральный показатель состояния материала.

Таким образом, для исследования влияния плотности грунта на его деформативные свойства при сдвиге было необходимо испытать несколько серий образцов при разных значениях уплотняющих нагрузок. При этом состояние (плотность) каждой серии определяется величиной уплотняющей нагрузки P .

Для решения поставленной задачи, нами были исследованы два различных грунта. Причем, из каждого грунта испытывались по шесть серий образцов при трех значениях уплотняющей нагрузки $P = 1, 2$ и 4 кг/см^2 . Как и прежде ⁽¹⁾, в каждой серии испытывались 16 образцов при двух значениях их высоты—35 и 15 мм. Опыты проводились на одноплоскостных срезных приборах Н. Н. Маслова.

Для описания процесса деформирования при сдвиге использованы зависимости теории упруго-ползучего тела Г. Н. Маслова—Н. Х. Арутюняна ^(2, 3).

В соответствии с указанной теорией, деформации сдвига разбивались на мгновенные и на деформации ползучести:

$$\gamma(t) = \gamma_{\text{мгн.}} + \gamma_{\text{полз.}}(t), \quad (1)$$

где: $\gamma(t)$ — полная деформация сдвига к моменту времени t .

Рассмотрим результаты экспериментального исследования зависимости между напряжениями и мгновенными деформациями.

Для исследования влияния уплотняющей нагрузки на зависимость между напряжениями и мгновенными деформациями были испытаны три серии образцов одного и того же грунта при трех значениях уплотняющей нагрузки. Зависимость между напряжениями и мгновенными деформациями определялась методикой последовательного ступенчатого нагружения образцов-близнецов одинаковыми нагрузками, приложенными через одинаковые интервалы времени (10 минут) с фиксацией величин мгновенных деформаций. Во избежание ошибок, которые обычно проявляются в начале испытаний по тем или иным причинам, начальный участок этой зависимости, который соответствовал напряжению сдвига $q = 0,1 - 0,25 \text{ кг/см}^2$, не рассматривался.

На графиках фиг. 1 приведены результаты экспериментального исследования зависимости между напряжениями и мгновенными деформациями глины (лаб. № 4—57), при трех значениях уплотняющих нагрузок. Данные об основных физических свойствах грунта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Лаб. № грунта	Удельный вес в $г/см^3$	Пределы пластичности		
		Граница текучности	Граница пластичн.	Число пла- стичности
4—57	2,70	41,2	23,2	18,0

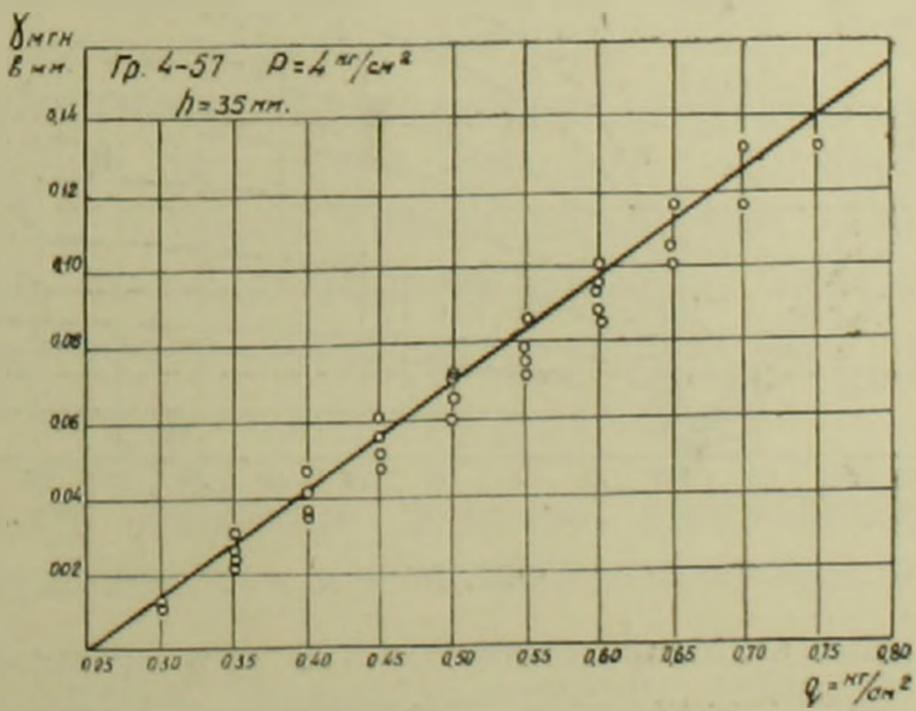
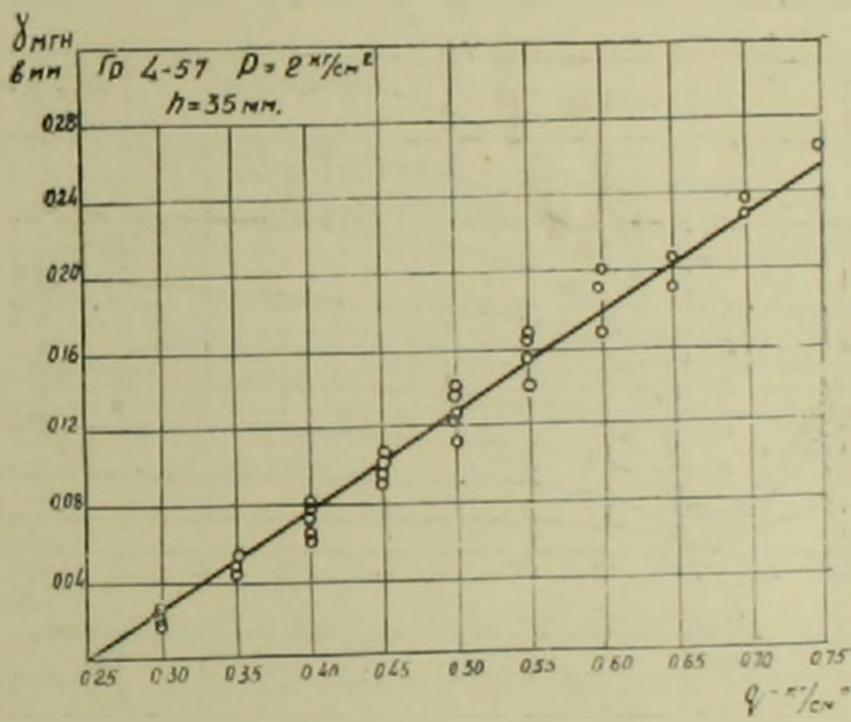
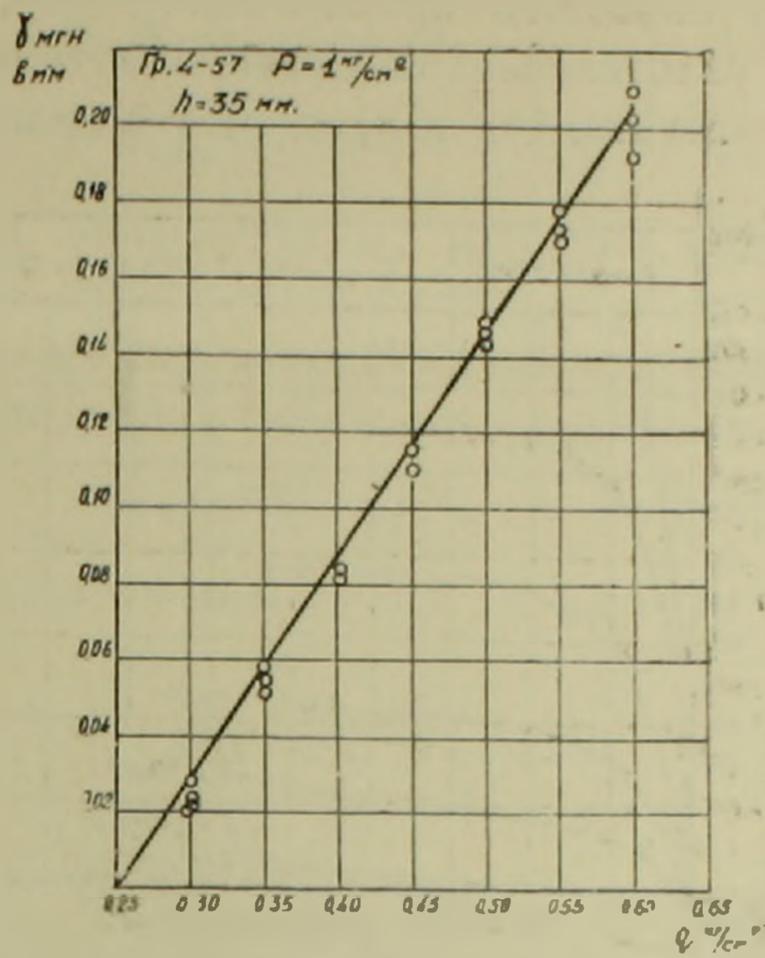
Результаты приведенных экспериментов еще раз подтверждают тот наш вывод (1), что связь между напряжениями и мгновенными деформациями в рассматриваемых интервалах напряжений и деформаций (2 м.м) можно считать линейной независимо от плотности грунта.

Для определения зависимости между напряжениями и деформациями ползучести, как и ранее (1), мы пользовались методом испытания образцов близнецов ступенчато-приложенными нагрузками. При этом, для определения деформации ползучести для некоторой нагруз-

ки q_n , суммировались приращения деформации $\gamma_{\text{полз.}}(t) = \sum_{i=1}^n \Delta_i \gamma(t)$, со-

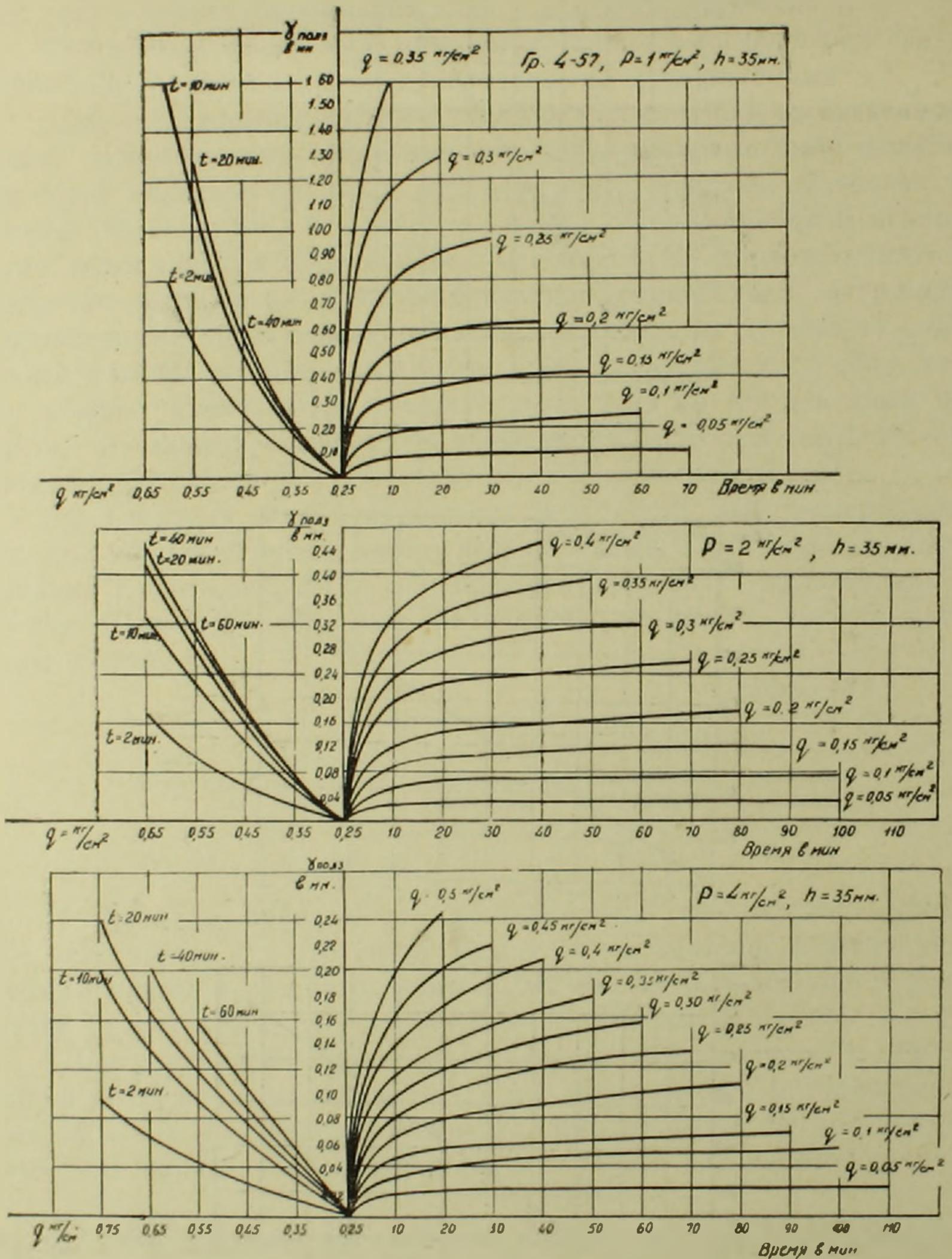
ответствующие приращениям нагрузок $\Delta_i q$.

На правых частях графиков фиг. 2 приведены семейства кривых ползучести, соответствующие трем значениям уплотняющих нагрузок $P = 1, 2$ и 4 кг/см^2 . На левых частях этих же графиков приведены кривые зависимости между напряжениями и деформациями ползучести в зависимости от длительности нагружения t .



Фиг. 1.

Как показывают результаты экспериментов, зависимость между напряжениями и деформациями ползучести зависит как от величины уплотняющей нагрузки P , так и от длительности загрузки. Следовательно, при описании семейства кривых ползучести, определенных при разных значениях уплотняющих нагрузок, необходимо учесть как плотность (состояние) грунта, так и продолжительность загрузки.



Фиг. 2

Следует обратить внимание на то, что при небольших значениях P связь между напряжениями и деформациями ползучести явно нелинейная (за исключением небольшого отрезка в начальном участке

кривой), тогда как с увеличением плотности грунта эта зависимость приближается к линейной.

Учитывая нелинейный характер зависимости между напряжениями и деформациями ползучести, для описания семейств кривых ползучести использовано выражение (2) (3):

$$\gamma_{\text{полз.}}(q, P, t) = \omega(t, P) \cdot F(q), \quad (2)$$

где $\omega(t, P)$ — мера ползучести от нагрузки q при уплотняющей нагрузке P кг/см²; $F(q)$ — функция напряжений, учитывающая нелинейность зависимости между напряжениями и деформациями ползучести.

Для меры ползучести использовано выражение (3) (3):

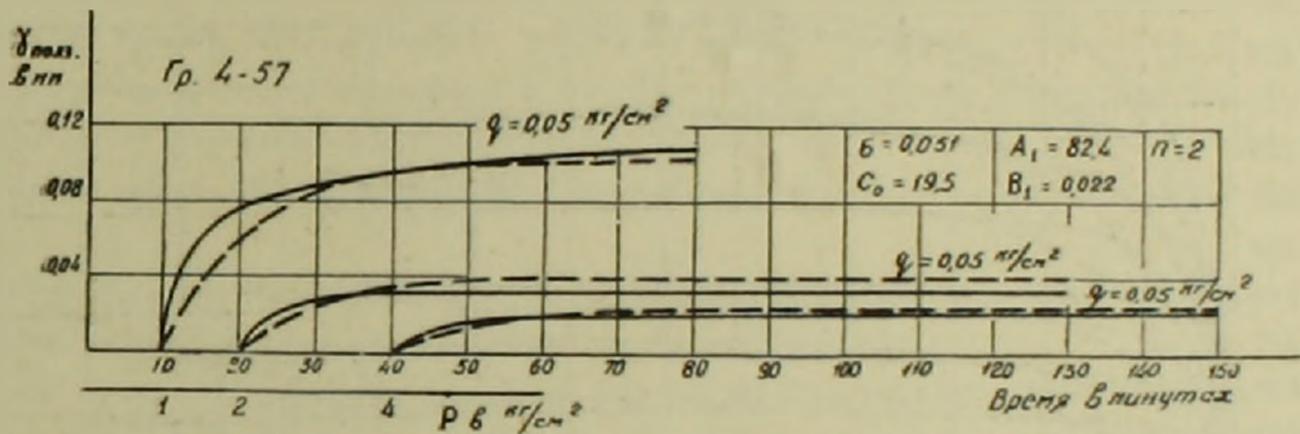
$$\omega(t, P) = \varphi(P) [1 - e^{-\gamma(t-P)}], \quad (3)$$

где $\varphi(P)$ — функция, учитывающая изменение свойств материала, γ — параметр

$$\varphi(P) = C_0 + \frac{A_1}{P^n + B_1}, \quad (4)$$

где C_0 , A_1 , B_1 и n параметры.

На графике фиг. 3 приведены кривые ползучести, соответствующие напряжению сдвига $q = 0,05$ кг/см², определенные при трех разных со-



Фиг. 3.

стояниях грунта. На основании семейства кривых (фиг. 3) определены параметры, входящие в выражение меры ползучести (3) и функции (4). На указанном графике пунктирными линиями показаны кривые, построенные на основании выражений (3) и (4) при соответствующем подборе параметров (значения параметров приведены на графике).

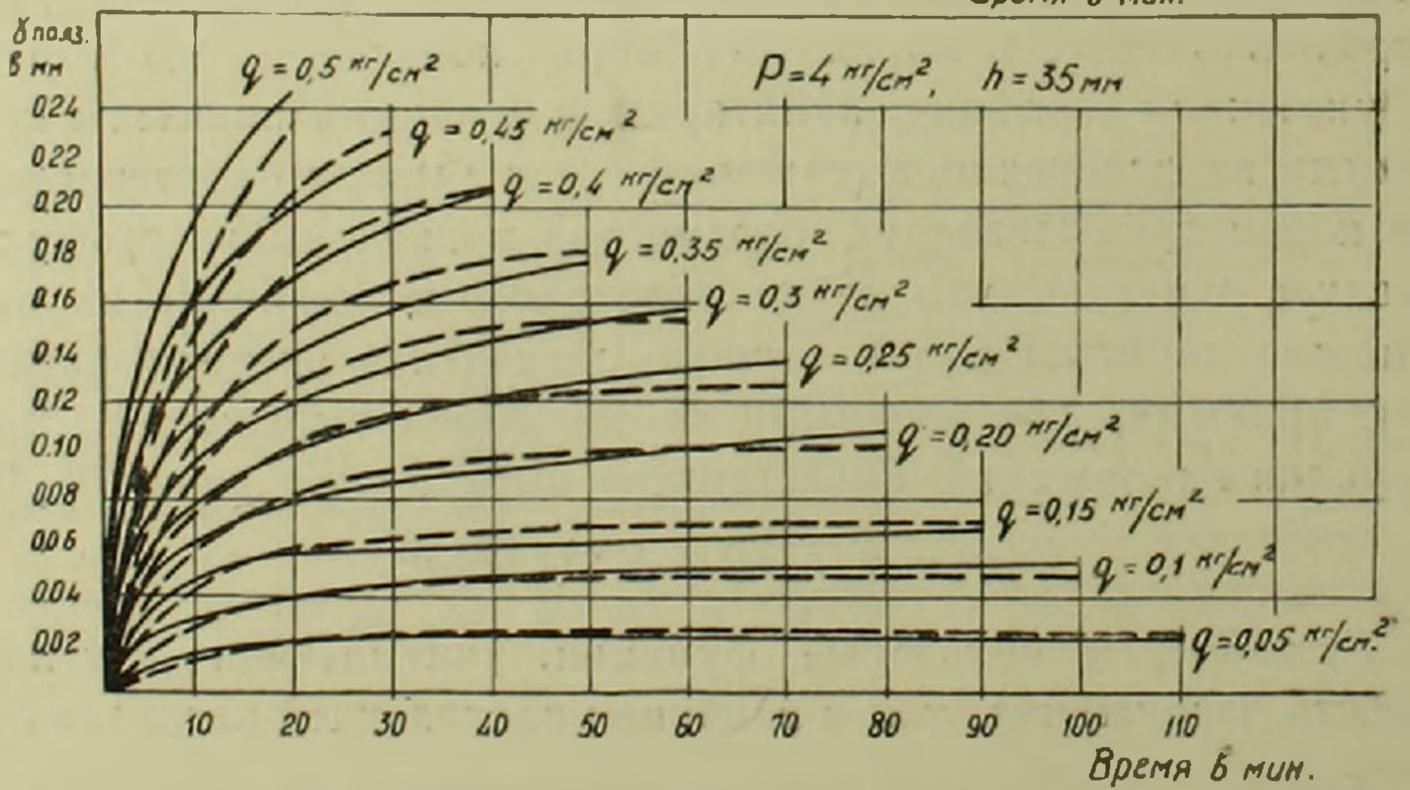
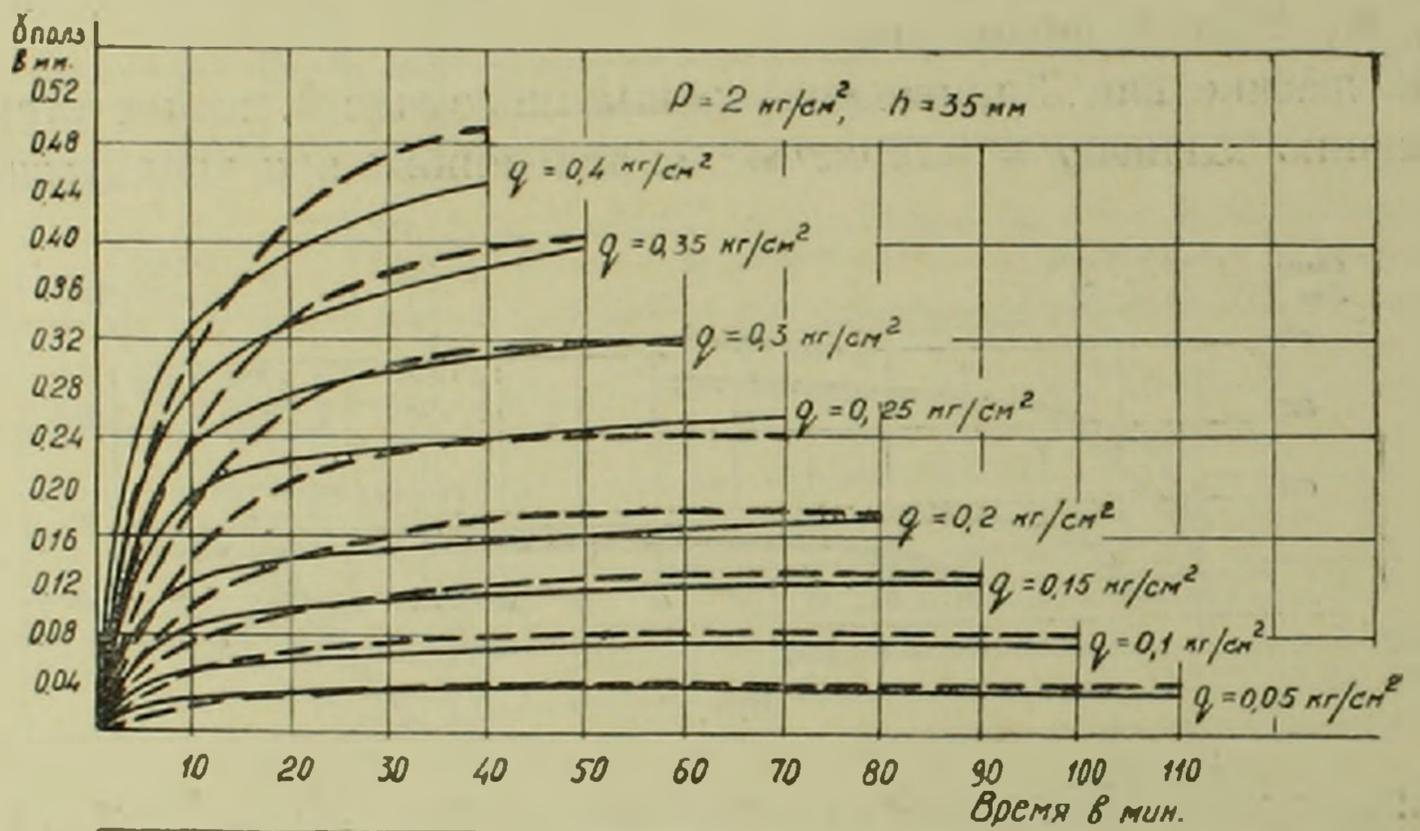
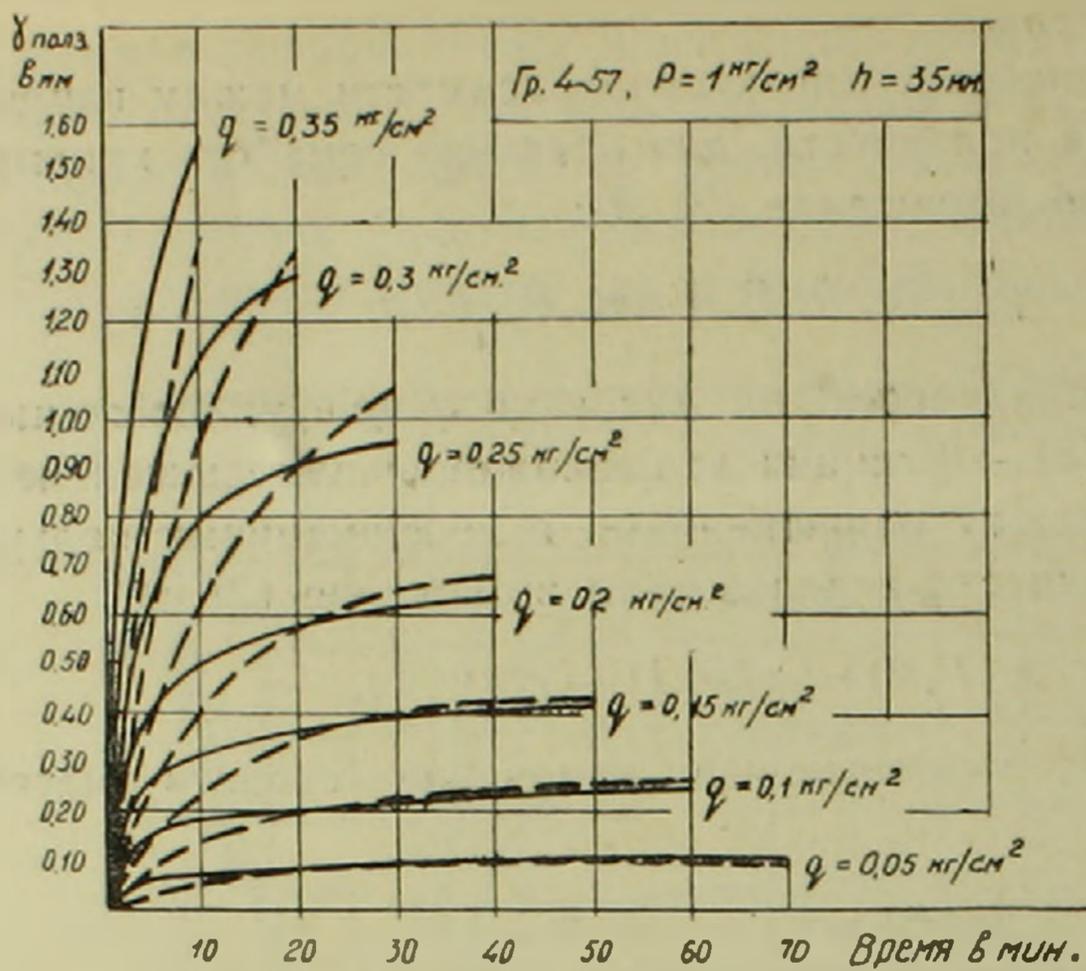
Следует отметить, что путем некоторого осложнения выражения (3) (4) можно добиться более точного совпадения экспериментальных кривых с кривыми, построенными на основании выражений (3) и (4).

Функция напряжений представлена выражением вида (5) (6):

$$F(q) = \alpha(t, P) q + \beta(t, P) q^n, \quad (5)$$

где $\alpha(t, P)$ и $\beta(t, P)$ некоторые функции, учитывающие как продолжительность загрузки, так и влияние уплотняющей нагрузки P , n — параметр.

Описание семейства кривых ползучести данными выше зависимостями хотя и приводит к наилучшим результатам, но они слож-



Фиг. 4.

ны, поэтому в отдельных случаях, в ущерб точности математической интерпретации, эти зависимости можно несколько упростить. В частности, при описании семейств кривых ползучести, приведенных на фиг. 2, мы несколько упростили выражение (5). В этой зависимости функции $\alpha(t, P)$ и $\beta(t, P)$ заменены функциями $\alpha(P)$ и $\beta(P)$, т. е. пренебрежено влиянием продолжительности загрузки.

На графиках фиг. 4 приведено описание (пунктирные линии) кривых ползучести (сплошные линии), построенные на основании зависимостей (2, 3, 4 и 5) с заменой функции $\alpha(t, P)$ и $\beta(t, P)$ функциями $\alpha(P)$ и $\beta(P)$.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ս. Ռ. ՄԵՍԻՅԱՆ

ԽՍՏԱԳՆՈՂ ԲԵՌԻ ԱԳԳԵԳՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԿԱՎԱՅԻՆ ԳՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ՂԵՓՈՐՄԱՏԻՎ ԽԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ ՍԱԽԻՒ ԱՎԱՐՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Հոդվածում բերված է սահքի պայմաններում կավային գրունտների ղեֆորմատիվ հատկութիւնների վրա նրա խտութիւն, սոդայութիւն, էքսպերիմենտալ ուսումնասիրութիւն անդրադրումները:

Հաշի առնելով այն, որ կավային գրունտների սահքի ղեֆորմացիոնը հիմնականում որոշվում է նրանց խտութիւնը և մոնոտոն բեռնվածութիւն ժամանակ գրունտի խտութիւնը միարժեք կերպով որոշվում է նորմալ լարվածութիւն մեծութիւնը, ուսումնասիրված է նորմալ P լարման ագգեցութիւնը հիշյալ գրունտների ղեֆորմատիվ հատկութիւնների վրա, ընդունելով խտացնող (նորմալ) P լարումը՝ որպէս գրունտի խտութիւն ցուցանիշ:

Ուսումնասիրված են երկու տարբեր կավային գրունտներ երեք հասակների և նրմուշների երկու տարբեր 15 և 35 մմ բարձրութիւնների ղեպքում:

Պարզված է, որ՝ 1) անկույտ գրունտի խտութիւնից ակնթարթային ղեֆորմացիաների և սահքի լարումների միջև եղած կապը զժային է մինչև 2 մմ սահքի ղեֆորմացիայի սահմաններում: 2) սահքի լարումների և սոդայի ղեֆորմացիաների կապը կախված է ինչպէս խտացնող (նորմալ) բեռի մեծութիւնից, այնպէս էլ բեռի ազդման տևողութիւնից: 3) ինչքան մեծ է խտութիւնը և խիտ է գրունտը, այնքան սոդայի ղեֆորմացիաների և լարումների միջև եղած կապը մոտենում է զժային օրենքին:

Տարբեր խտութիւն ունեցող գրունտների սոդայի կորերի ընտանիքների նկարագրման համար օգտագործված են սոդայի տեսութիւն առնչութիւնները: Հոդվածում բերված են սոդայի կորերի երեք ընտանիքների նկարագրումը մոտավոր եզանակով, առանց հաշի առնելու ղեֆորմատիվ հատկութիւնների վրա բեռի ազդման տևողութիւնը:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ С. Р. Месчян, ДАН АрмССР, т. XXVIII, № 5 (1959). ² Г. Н. Маслов, Изв. ВНИИГ, т. 28, 1940. ³ Н. Х. Арутюнян, Некоторые вопросы теории ползучести, Изд. технико-теоретической лит-ры, М.—Л., 1952. ⁴ С. Р. Месчян, Изв. АН АрмССР (серия физ.-мат. наук), т. XI, № 4 (1958). ⁵ В. А. Флорин, Основы механики грунтов, т. 1. Гос. Изд-во лит-ры по ст-ву, арх-ре и стройматериалам, Л.—М., 1959. ⁶ П. И. Васильев, Автореферат дисс., Л., 1951.