

Сопротивление грунтов вдавливанию в зависимости от механического состава.

Диаграммы на особых листах.

В. В. Охотин.

Сопротивление грунта механическим воздействиям на него в большой степени зависит от количества находящейся в нем влаги. С другой стороны, разные грунты при одном и том же количестве влаги ведут себя различно. Изучение условий, от которых зависит сопротивление грунта образованию деформаций, помогает решению практического вопроса об улучшении грунтовых дорог.

Первые опыты в этом направлении описаны в статье Лубны-Герцыка ¹⁾. Эти опыты имеют ориентировочный характер, в виду отсутствия в то время точного измерительного прибора. Позднее инж. Иванов, Н. Н., ²⁾ изучал отношение к вдавливанию грунтов с хороших и плохих дорожных участков. На основании своих опытов инж. Иванов, Н. Н., пришел к заключению, что плохие грунты иногда оказывают большее сопротивление вдавливанию, чем хорошие, и что пригодность грунта характеризуется только той частью кривой, которая соответствует водоудерживающей способности или молекулярной влагоемкости грунта. Но в каком случае эта часть кривой указывает на хорошую или плохую службу грунта в полотне дороги, вопрос этот остался открытым.

В виду того, что естественные грунты являются очень сложными по составу, то очень трудно определить, какие составные части и в какой мере обуславливают сопротивление грунта в целом. Поэтому нами были произведены опыты на вдавливание с отдельными фракциями и их различными комбинациями.

Так как предварительная подготовка образца имеет существенное значение для результатов опыта, то было необходимо изучить влияние

¹⁾ Сборник Цумт'а № 13 1926 г. Лубны-Герцык, К. И. О лабораторных исследованиях песчано-глинистых смесей.

²⁾ Ibidem Иванов, Н. Н. К вопросу о постановке механических испытаний грунтов.

предварительной утрамбовки на исследуемый образец. По сообщению в Исследовательском Бюро ЦУМТ'а инженера Пашкова, Л. В., утрамбовка, повторенная несколько раз, дает большее уплотнение грунта, чем утрамбовка, произведенная только один раз. Его опыты нами были повторены.

Взята была смесь, состоящая из 80% фракции крупного песка 2—1 мм и 20% Глуховского каолина. Эта смесь вручную накладывалась в цилиндрическую формочку, сечением 12 кв. см и высотой в 2,5 см, и затем один раз утрамбовывалась путем надавливания груза в 80 кг, что дает 6,6 кг на 1 кв. см. На приготовленной таким образом смеси изучалось влияние на сжатие повторных утрамбовок тем же грузом, при чем воздействие груза на грунт продолжалось каждый раз 2—3 секунды. Величины сжатия грунта приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1.

Число последовательных утрамбовок	5	3	4	—	—	—	Влажность смеси 4,9%
Сжатие грунта, в мм	0,1	0,05	0	—	—	—	
Число последовательных утрамбовок	5	5	5	10	25	15	10,5%
Сжатие грунта, в мм	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	
Число последовательных утрамбовок	5	5	5	6	8	5	16,75%
Сжатие грунта, в мм	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0	

Из таблицы видно, что при влажности в 4,9% сжатие прекратилось после повторения утрамбовки 9 раз. При влажности же в 10,5% после повторения утрамбовки 15 раз величина сжатия уменьшилась в два раза по сравнению с величинами, полученными от первых утрамбовок, но грунт давал еще некоторое сжатие и после того, как он был утрамбован 65 раз. При влажности в 16,75% приращение величины сжатия с увеличением числа утрамбовок уменьшалось постепенно и прекратилось после повторения ее 29 раз.

В дальнейших опытах утрамбовка повторялась 16 раз, так как при этих условиях расхождение между параллельными определениями

в большинстве случаев не превышало 5%. Но нужно отметить, что если утрамбовку повторять более 16 раз, то это вызывает значительное повышение сопротивления грунта вдавливанию. Так вышеупомянутая смесь при влажности в 10,5%, утрамбованная 16 раз, деформировалась на 2,5 мм нагрузкой в 27 кг; утрамбованная же 65 раз деформировалась на ту же величину нагрузкой в 37 кг, т. е. сопротивление возросло почти на 40%. В этом опыте, как и во всех последующих, вдавливание осуществлялось цилиндрическим штампом площадью в 1 кв. см.

На приборе инж. Лубны-Герцыка, на котором были произведены все опыты, нагрузка осуществляется подачей струи воды. Если струю дать непрерывную, то деформация отстает от нагрузки. Чтобы избежать этого, ток воды прекращался каждый раз, как нагрузка увеличивалась на 5 кг, и новое количество воды давалось только тогда, когда грунт переставал деформироваться от данной нагрузки.

Сопротивление фракций вдавливанию.

Сопротивление фракций вдавливанию было изучено на крупном песке (диам. 2—1 мм), на мелком (диам. 0,25—0,05 мм), на пыли (диам. 0,05—0,01 мм) и на глине. Глиной служит Глуховский каолин и искусственно полученная из разных грунтов фракция < 0,005 мм. Зависимость сопротивления вдавливанию фракций от их диаметра и количества в них влаги видна из кривых диаграммы № 1.

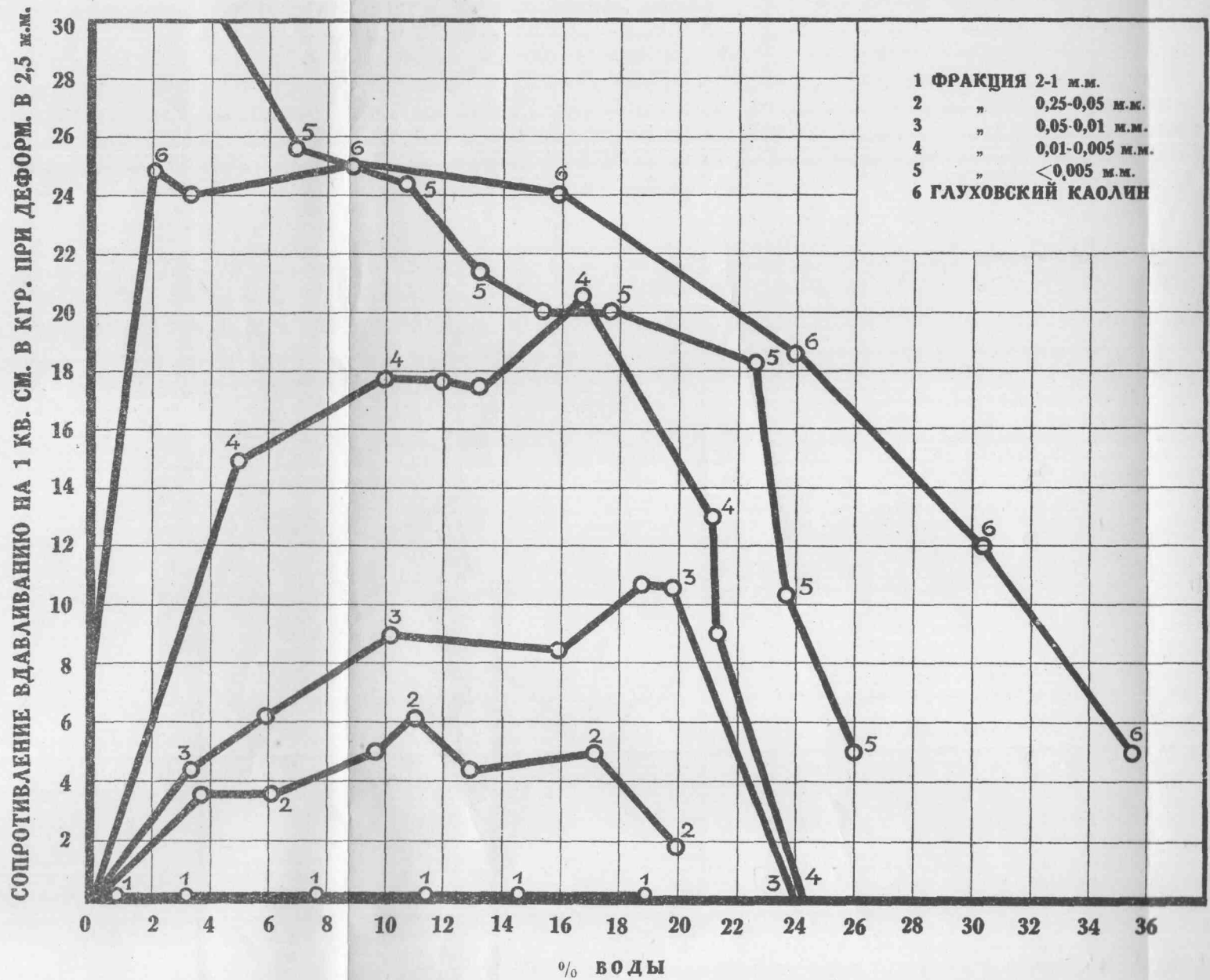
Кривые фракций меньшего диаметра являются объемлющими линиями по отношению к кривым фракций большего диаметра, и, следовательно, интервал влажности, в котором фракция оказывает сопротивление вдавливанию, растет с уменьшением размеров фракции.

Если взять на кривых максимальные сопротивления вдавливанию каждой фракции, то, как видно из таблицы 2, это сопротивление увеличивается с уменьшением диаметра фракции.

Т а б л и ц а 2.

Диаметр фракции, в мм.	Максимальное сопротивление вдавливанию.	Увеличение (+) или уменьше- ние (-) макси- мального сопроти- вления по сравне- нию с предыдущей фракцией.
2—1	0	—
0,25—0,05	6,2	+6,2
0,05—0,01	10,7	+4,5
0,01—0,005	20,5	+9,8
< 0,005	30,0	+9,5

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВАНИЮ ФРАКЦИИ



Отложив на абсциссе фракции, а на ординате максимальные сопротивления их, рост сопротивления вдавливанию изобразится линией, представленной на диаграмме № 2.

Сопротивление вдавливанию смесей из двух фракций.

Смеси из двух фракций были такие:

1. Крупный песок (2—1 мм) и глина, 2. Мелкий песок (0,25—0,05) и глина. 3. Пыль (0,05—0,01 мм) и глина. В качестве глины брался Глуховский каолин 3 сорта, представляющий собой одну из самых пластичных и тонко-частичных глин. Механический анализ его по методу Сабанина приведен в таблице 3.

Т а б л и ц а 3.

Диаметр частиц, в мм	>0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	< 0,001
Количество, в % %	—	0,55	1,95	6,80	2,07	88,63

Смеси крупного песка с каолином составлены были так, что количество каолина в них последовательно равнялось 5, 10, 15, 20 и 30%.

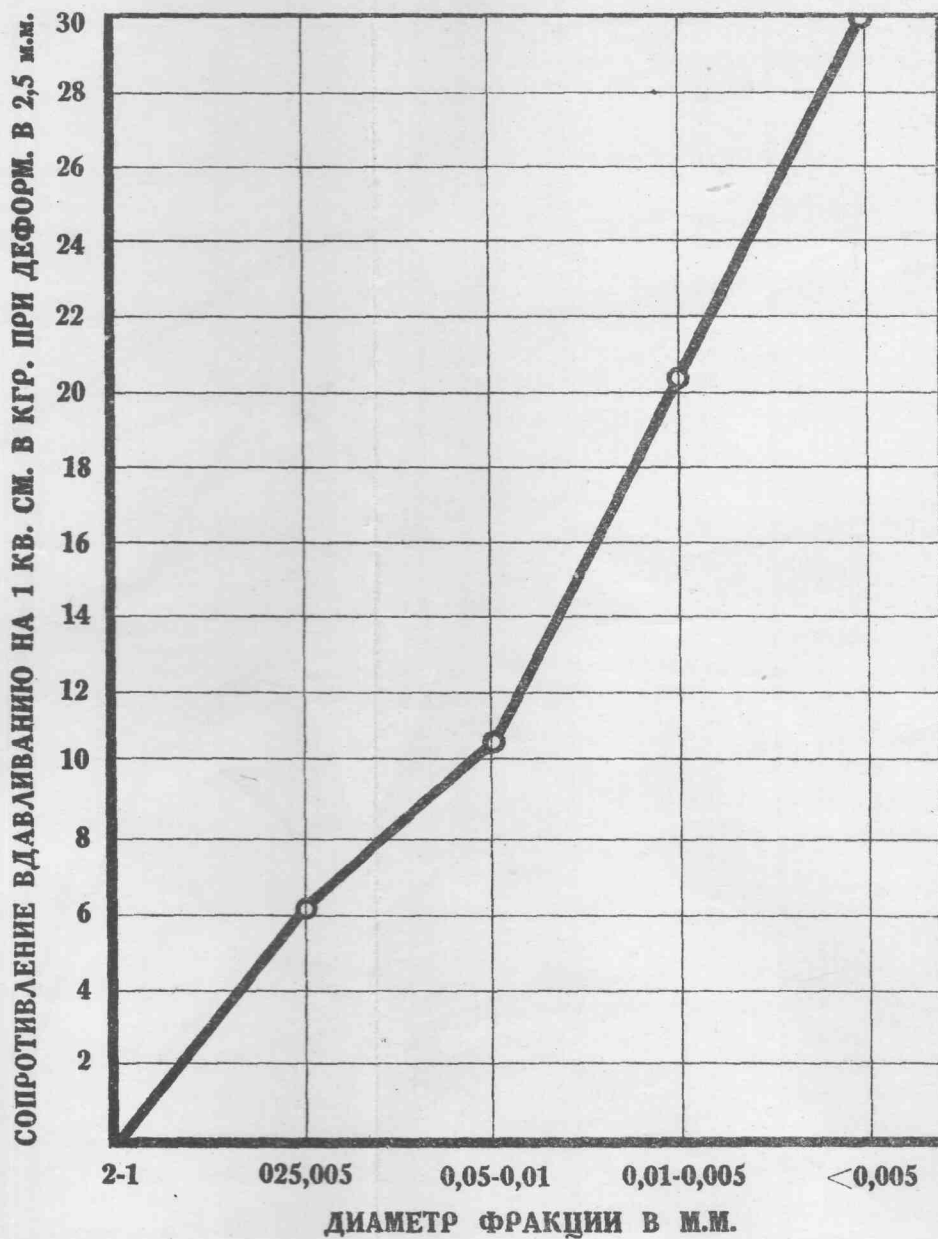
Результаты опытов представлены в виде кривых диаграммы № 3.

Кривые этой диаграммы и всех других имеют одну общую черту. В сухом состоянии они оказывают сопротивление вдавливанию малое, при увеличении количества воды до некоторого предела сопротивление растет и потом снова падает. Малое сопротивление грунта в сухом состоянии получалось от того, что высушенный образец брался в рыхлом состоянии, потом уже утрамбовывался. Другой результат получается, если утрамбовать грунт, несколько смоченный, потом высушить и тогда уже испытать на вдавливание. Так, смесь из 90% крупного песка и 10% Глуховского каолина в первом случае деформировалась на 2,5 мм нагрузкой в 11 кг, а во втором случае нагрузкой в 50 кг. В этих опытах, как и во всех последующих, брался грунт рыхлый и потом утрамбовывался при той же влажности, при которой он испытывался и на сопротивление вдавливанию.

Это наблюдение приводит к заключению, что так как утрамбовка сухого грунта мало увеличивает его сопротивление вдавливанию, то следовательно и укатку дорог нужно производить тогда, когда они находятся во влажном состоянии.

Диагр. № 2.

МАКСИМАЛЬНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ФРАКЦИИ



При рассмотрении кривых диаграммы № 3 видно, что интервал влажности, при которой смесь оказывает сопротивление вдавливанию, растет с увеличением в смеси каолина до 20⁰/₀, а при дальнейшем увеличении количества глины до 30⁰/₀ снова уменьшается.

Максимальные сопротивления вдавливанию смесей, приведенные на таблице 4, показывают, что при увеличении в смеси каолина от 5 до 20⁰/₀ пропорционально растет и сопротивление вдавливанию. Дальнейшая же прибавка уменьшает сопротивление вдавливанию и приближает ее к величине сопротивления чистого каолина.

Т а б л и ц а 4.

Количество в % каолина в смеси.	Максимальное сопротивление, в кг на 1 кв. см.	Увеличение (+) или уменьше- ние (-) сопро- тивления по срав- нению с предыду- щей смесью.
0	0	—
5	4,5	+ 4,5
10	11,0	+ 6,5
15	15,7	+ 4,7
20	25,7	+10,0
30	24,0	— 1,7
100	25,0	+ 1,0

Изменение максимального сопротивления с изменением количества каолина в смесях наглядно видно из 1-ой кривой диаграммы № 4.

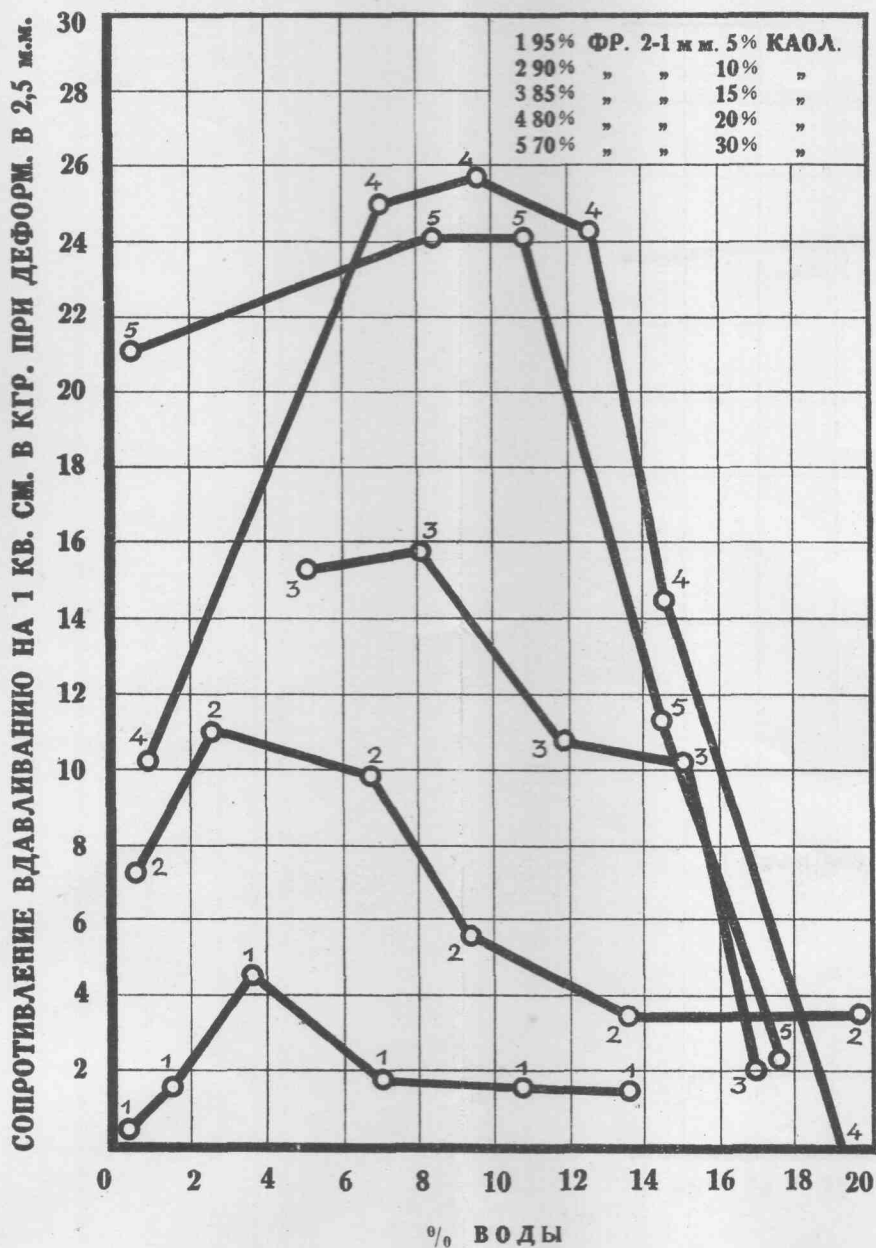
Смеси из мелкого песка и каолина. В смесях мелкого песка с каолином количество последнего равнялось 5, 10, 15, 20, 30 и 40⁰/₀.

Результаты сопротивления вдавливанию этих смесей представлены на диаграмме № 5. Как видно из диаграммы, общий характер изменения сопротивления тот же, что и смесей крупного песка с каолином, но есть некоторые и отличия.

Интервал влажности, при которой смесь тверда, при 5⁰/₀ каолина большой, при 10% он значительно падает, а затем снова увеличивается с ростом количества каолина до 20%. При 30% он несколько меньше, а при 40% таков же, как и при 20%.

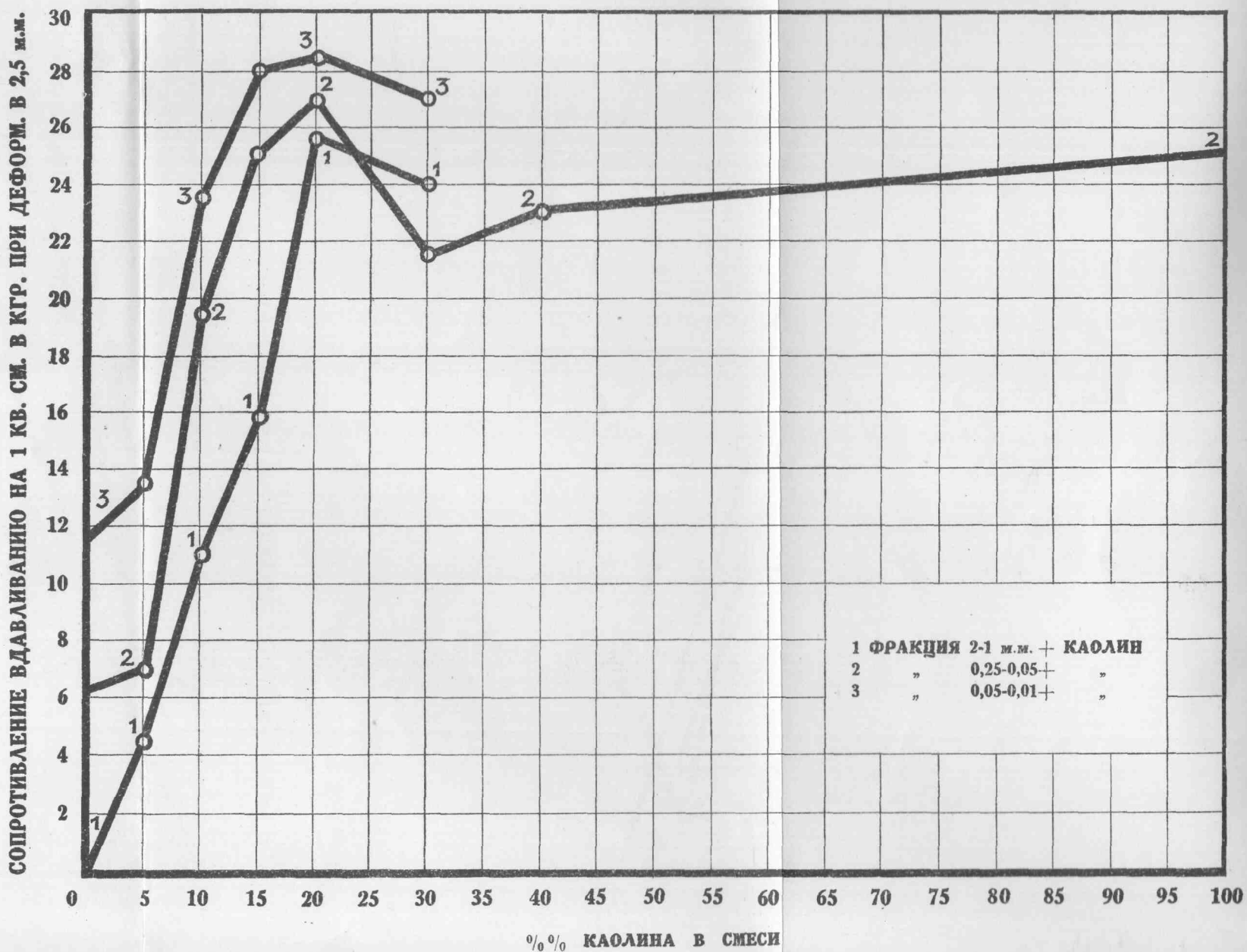
Диагр. № 3.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВАНИЮ СМЕСЕЙ КРУПНОГО ПЕСКА (2-1 м.м.) И ГЛУХОВСКОГО КАОЛИНА



Диagr. № 4.

МАКСИМАЛЬНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ ИЗ 2-х ФРАКЦИЙ ВДАВЛИВАНИЮ



Изменение максимального сопротивления смесей приводится в таблице 5.

Т а б л и ц а 5.

%% содержание каолина в смеси.	Максимальное сопротивление смеси, в кг на 1 кв. см.	Увеличение (+) или уменьше- ние (-) по срав- нению с преды- дущей смесью.
0	6,2	—
5	7,0	+ 0,8
10	19,4	+12,4
15	25,0	+ 5,6
20	27,0	+ 2,0
30	21,5	- 5,5
40	23,0	+ 1,5
100	25,0	+ 2,0

Как видно из этой таблицы, увеличение сопротивления, как и в смесях крупного песка с каолином, растет при увеличении каолина до 20%. При этом количестве находится оптимум сопротивления, дальнейшие прибавки вызывают уменьшение сопротивления. Отличие состоит во-первых, в том, что в то время как в смесях с крупным песком увеличение сопротивления растет равномерно с изменением количества каолина от 5 до 20%, здесь наибольшее увеличение наблюдается при изменении количества каолина от 5 до 15%, следующая прибавка в 5% вызывает увеличение только на 2 кг; во-вторых, наблюдается более резкое падение сопротивления при прибавках каолина свыше 20%, а именно оно падает на 5,5 кг, тогда как в смесях с крупным песком уменьшение сопротивления равно 1,7 кг.

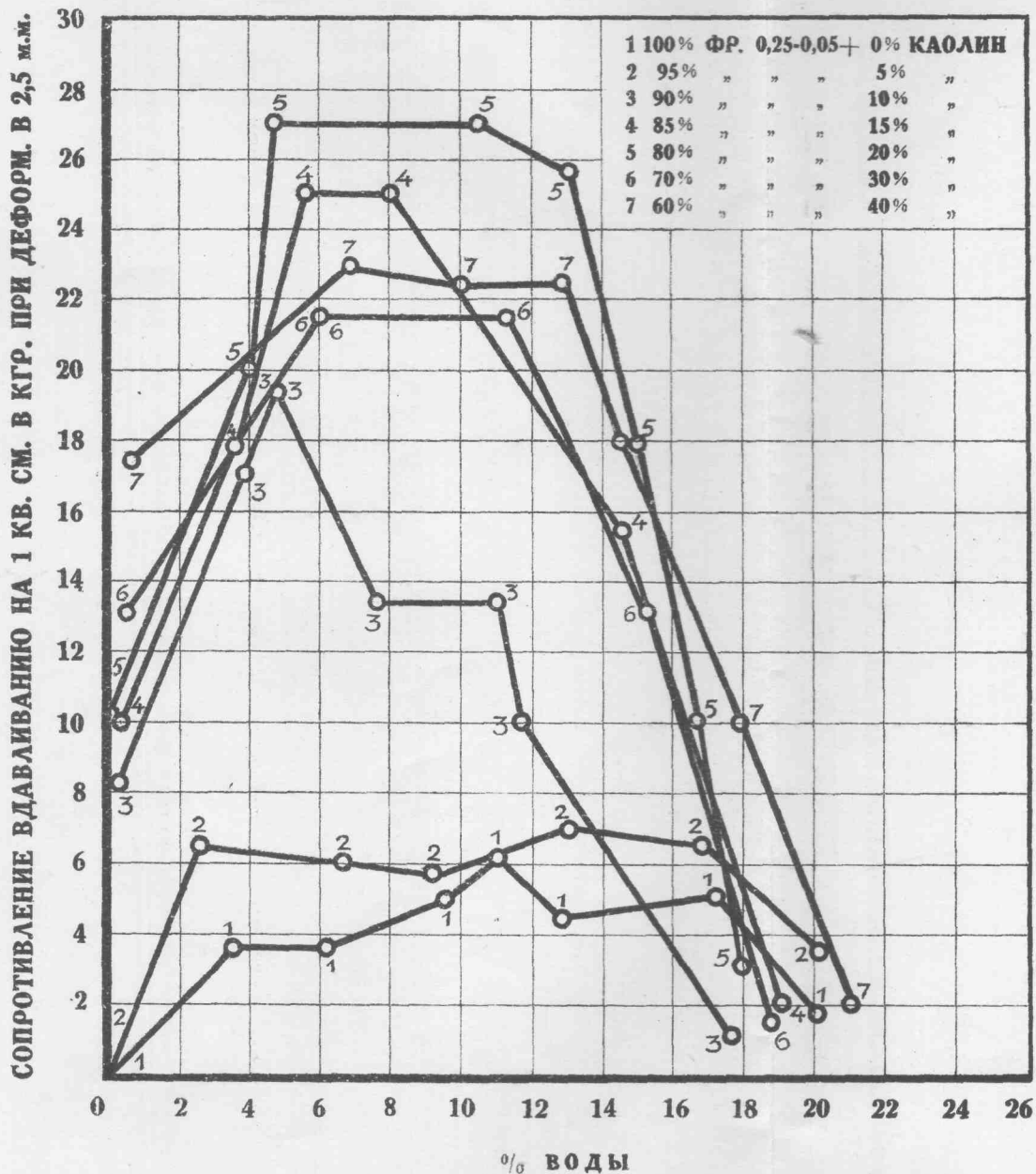
Изменение максимальных сопротивлений с изменением количества каолина наглядно представляет кривая 2 диаграммы № 4.

В смесях из пыли и каолина количество каолина последовательно также равнялось 5, 10, 15, 20 и 30%. Данные сопротивления этих смесей приводятся на диаграмме № 6.

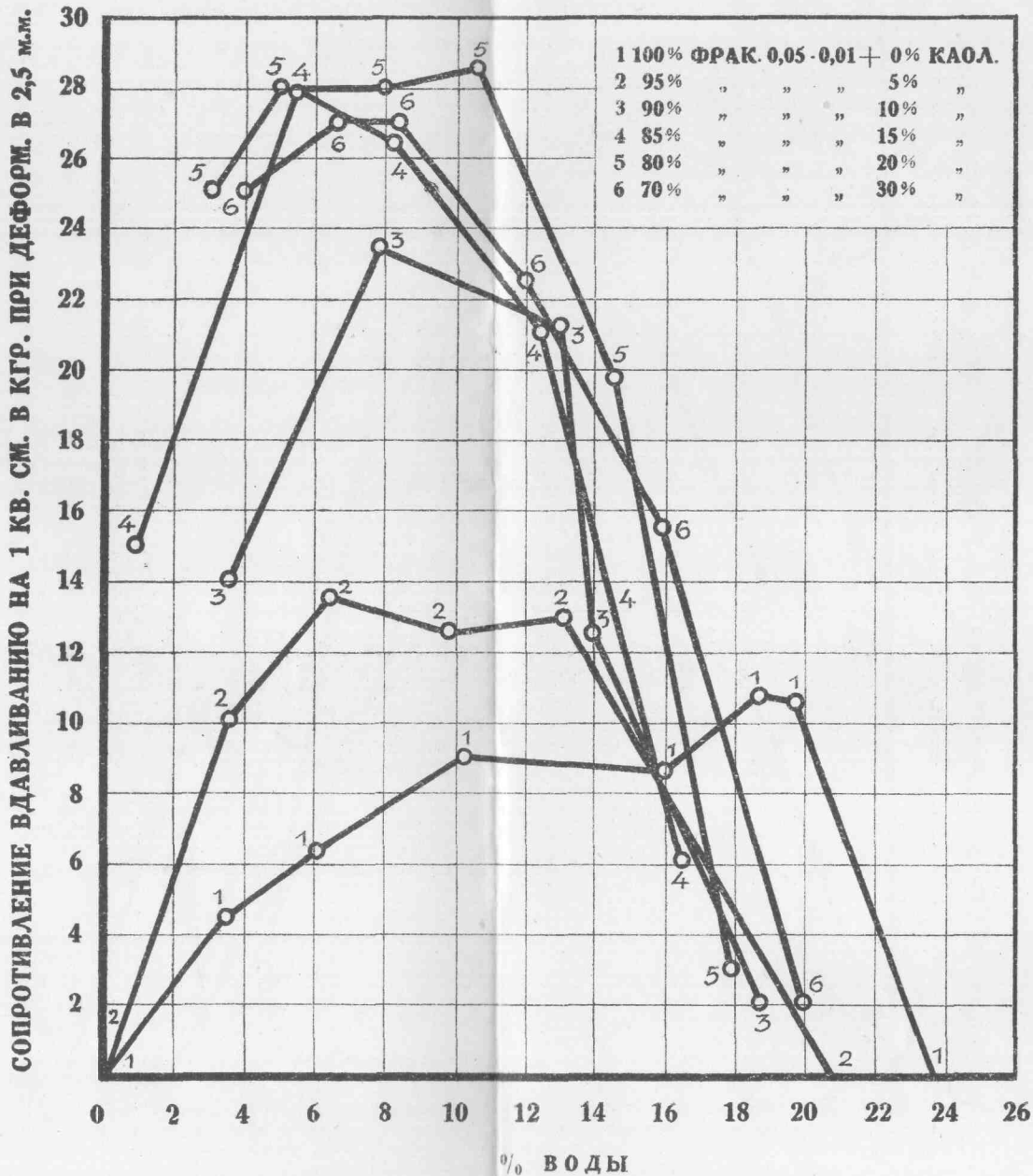
Кривые этих смесей по характеру тождественны с кривыми смесей мелкого песка и каолина (см. диагр. № 5).

Диагр. № 5.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВАНИЮ СМЕСЕЙ ИЗ МЕЛКОГО ПЕСКА (0,25-0,05) И ГЛУХОВСК. КАОЛИНА



**СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВАНИЮ СМЕСЕЙ ПЫЛИ
(0,05 - 0,01 м.м.) И КАОЛИНА**



Интервал влажности, при которой смесь оказывает сопротивление вдавлыванию, изменяется так: чистая пыль имеет наибольший интервал; прибавка к ней 5% каолина значительно его уменьшает. Смеси с 10 и 15% каолина имеют тот же интервал, как и смесь с 5%. При увеличении количества каолина до 20% интервал увеличивается, снова падая, как и в смесях мелкого песка, при увеличении его в смеси до 30%.

Изменение максимальных сопротивлений смесями представлено в таблице 6.

Т а б л и ц а 6.

каолина в смеси.	Максимальное сопротивление, в кг на 1 кв. см.	Увеличение (+) или уменьшение (—) по сравнению с предыдущей смесью.
0	11,7	—
5	13,5	+ 1,8
10	23,5	+10,0
15	28,0	+ 4,5
20	28,5	+ 0,5
30	27,0	— 1,5
100	25,0	— 2,0

Сопротивление вдавлыванию, как видно из таблицы, быстро растет с увеличением количества каолина от 5 до 10% и несколько замедляется при увеличении его от 10 до 15%, дальнейшая прибавка 5% увеличивает сопротивление очень мало, только на 0,5 кг. Следующая прибавка в 10 % вызывает, как и в предыдущих смесях, уменьшение сопротивления. Таким образом оптимум сопротивления в этих смесях лежит при 20% каолина; впрочем и при 15% оптимум практически уже достигнут.

Изменение максимальных сопротивлений с изменением каолина наглядно изображает кривая 3 диаграммы № 4.

Сравнивая результаты вдавлывания смесей из двух фракций, можно прийти к следующим заключениям:

1. Сопротивление вдавлыванию при одном и том же количестве каолина увеличивается с уменьшением диаметра частичек песчанистой фракции.

2. Оптимум сопротивления вдавливанию наблюдается во всех смесях при 20% каолина.

3. Чем мельче песчанистая фракция, тем быстрее сопротивление вдавливанию приближается к оптимальному. Так, в смесях пыли и каолина при 15% последнего сопротивление вдавливанию только на 0,5 кг. меньше оптимального; в смесях мелкого песка и каолина оно меньше на 2 кг.; а в смесях крупного песка с каолином оно меньше уже на 10 кг.

Смеси из трех фракций.

Смеси из трех фракций были взяты в таких комбинациях, которые обнаружили наибольшее сопротивление раздавливанию сухих кубиков ¹⁾.

Смеси из крупного песка, мелкого и каолина. Первая смесь была составлена из крупного песка, мелкого и каолина. В ней отношение крупного песка к мелкому всегда равнялось 1:3, количество же каолина изменялось и последовательно составляло 5, 10, 15 и 20% всей смеси.

Сопротивление вдавливанию этих смесей дано на диагр. № 7.

Как видно из диаграммы, интервал влажности, в котором смесь тверда, постепенно увеличивается с увеличением % каолина.

Величины максимальных сопротивлений смесей приведены в таблице 7.

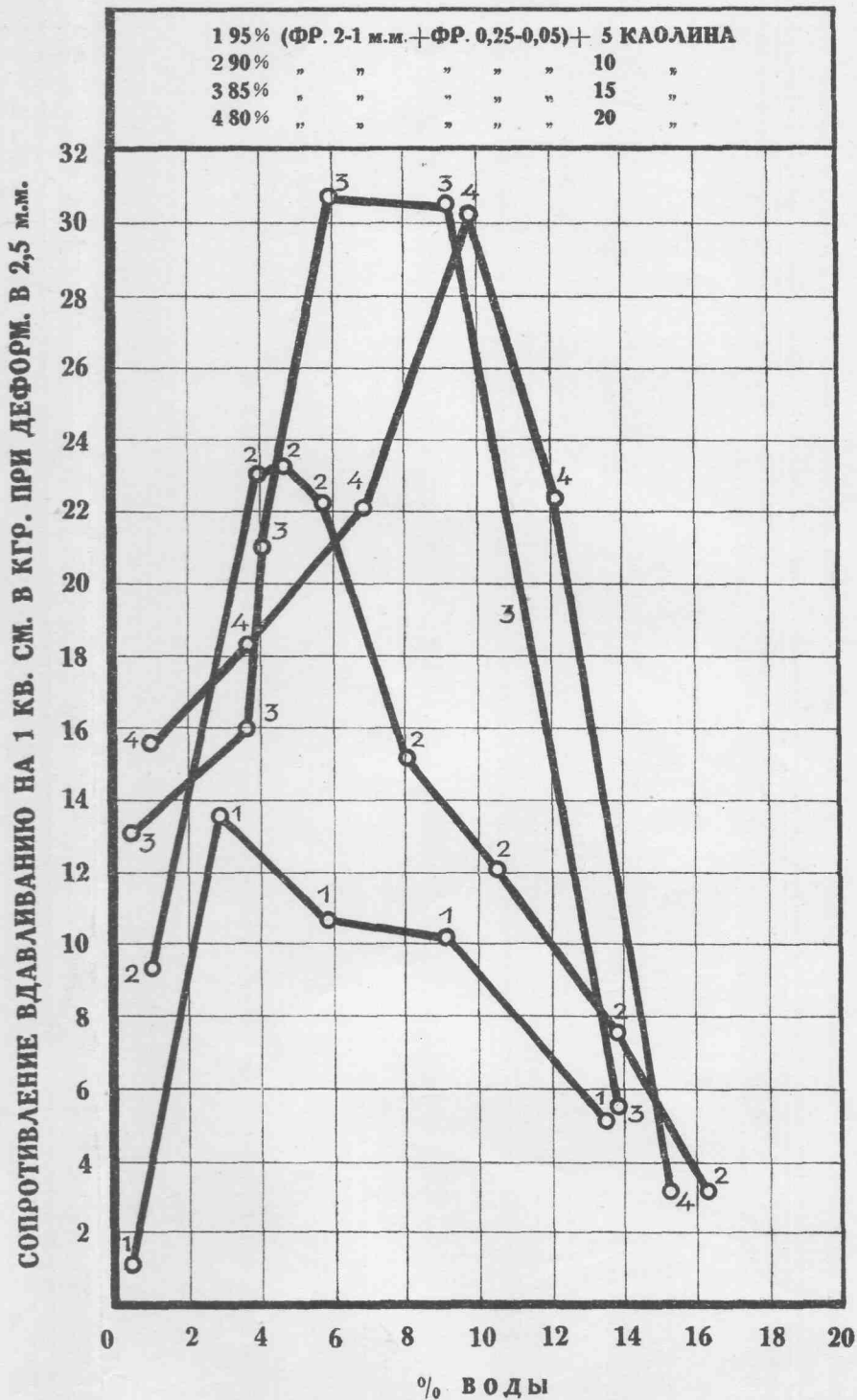
Т а б л и ц а 7.

%, каолина в смеси.	Максимальное сопротивление, в кг на 1 кв. см.	Увеличение (+) или уменьше- ние (-) по срав- нению с преды- дущей смесью.
5	13,5	—
10	23,2	+ 9,7
15	30,7	+ 7,5
20	30,2	- 0,5

¹⁾ Сборник Цумт'а № 13. Проф. Земятченский.—К вопросу о физико-механических свойствах грунтов.

Диагр. № 7.

**СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВАНИЮ СМЕСЕЙ ФРАКЦИЙ
ПЕСКА 2-1 м.м. и 0,25-0,05 мм. ВЗЯТЫХ В ОТНО-
ШЕНИИ 1:3 и КАОЛИНА**



Как видно из таблицы, максимальные сопротивления растут с увеличением количества каолина от 5 до 15%, достигая при 15% наибольшей величины. Дальнейшая прибавка 5% вызывает некоторое уменьшение.

Наглядно изменение максимальных сопротивлений представляет кривая 1 диаграммы № 8.

Смеси крупного
песка, пыли
и каолина.

В смесях крупного песка, пыли и каолина отношение крупного песка к пыли равнялось 1 : 1. Количество же каолина составляло 5, 10, 15, 20 и 30% смеси.

Сопротивления вдавливанию этих смесей видны на диаграмме № 9. Из диаграммы видно, что интервал влажности, в котором смесь тверда, при изменении количества каолина от 5 до 15% не изменяется, некоторое увеличение его наблюдается при последующих прибавках.

Изменение максимальных сопротивлений этих смесей дается в таблице 8. Максимальное сопротивление вдавливанию при 5% каолина в смеси имеет такую большую величину, какой не наблюда-

Т а б л и ц а 8.

°/о каолина в смеси.	Максимальное сопротивление, в кг на 1 кв. см.	Увеличение (+) или уменьше- ние (-) сопроти- вления по срав- нению с преды- дущей смесью.
5	20,5	—
10	28,0	+ 7,0
15	28,5	+ 0,5
20	30,0	+ 1,5
30	30,0	0

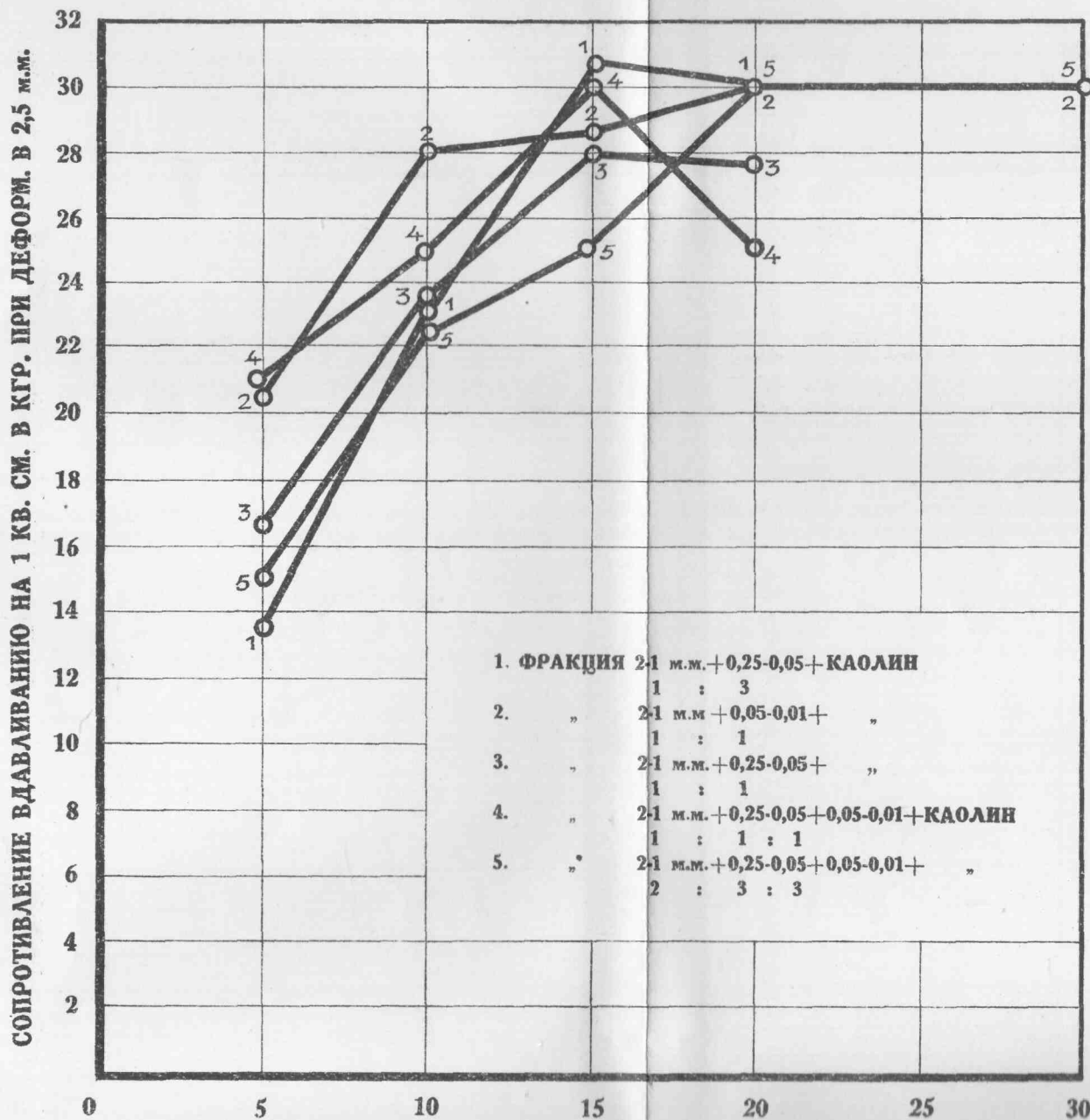
лось ни в одной из предыдущих смесей, а при 10% каолина сопротивление почти достигает оптимальной величины. Следующие прибавки каолина до 15 и до 20% дают увеличение сопротивления очень незначительное.

Зависимость сопротивлений от количества каолина представляет кривая 2 диаграммы № 8.

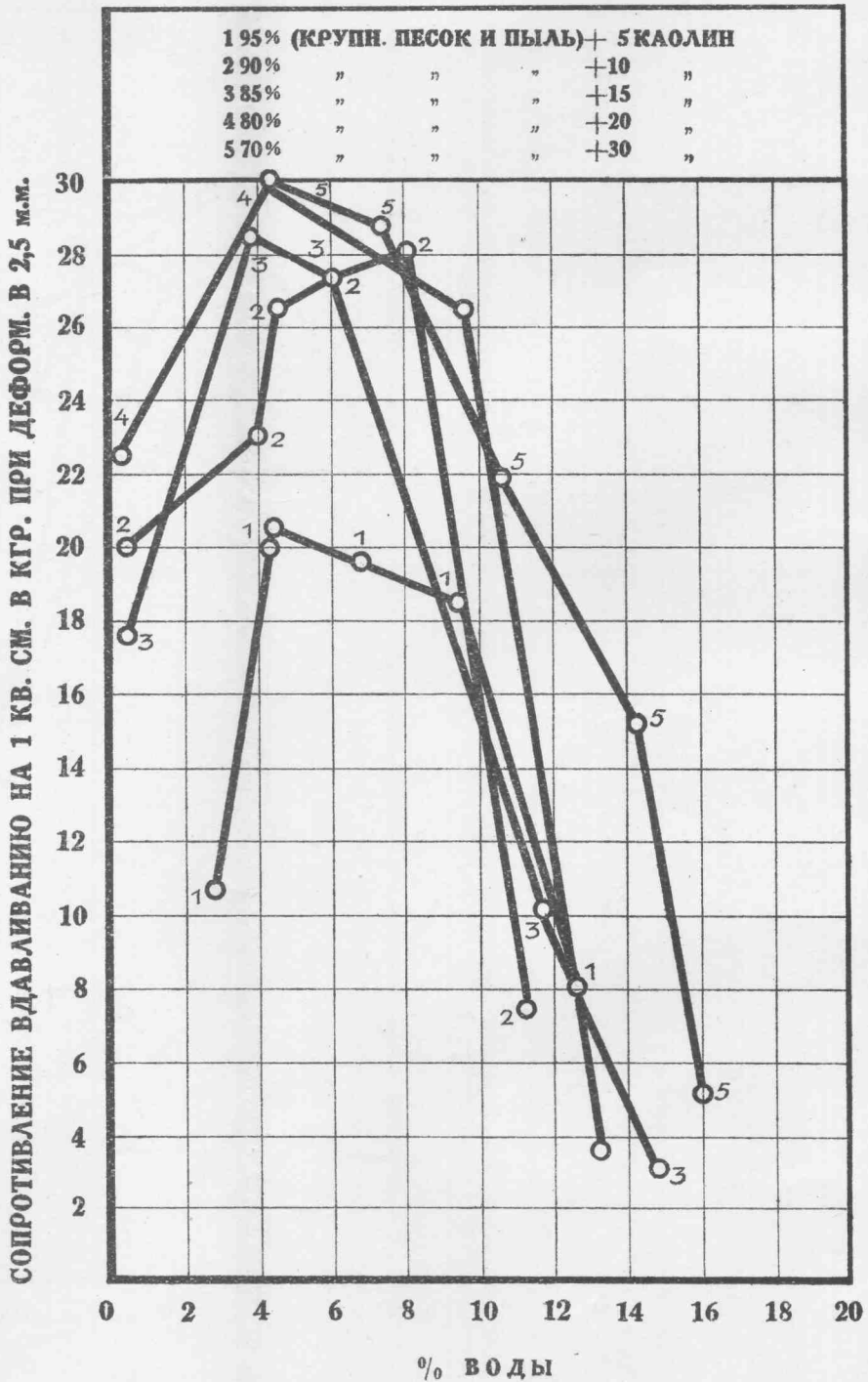
Рассмотренные смеси диаграмм № 7 и № 9 различаются между собой во-первых тем, что в смесях диаграммы № 7 имеется мелкий песок, а в смесях диаграммы № 9 он заменен пылью, и во-вторых тем, что количество крупного песка больше в смесях диаграммы № 9.

Имея разницу в механическом составе, эти смеси различаются и величинами сопротивления вдавливанию, особенно при 5 и 10%

**МАКСИМАЛЬНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВДАВЛИВАНИЮ
СМЕСЕЙ ИЗ 3-х и 4-х ФРАКЦИЙ**



СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВАНИЮ СМЕСЕЙ ИЗ КРУПН. ПЕСКА (2-1 м.м.) И ПЫЛИ (0,05-0,01 м.м.) ВЗЯТЫХ В ОТНОШЕН. 1:1 + КАОЛИНА



каолина. Большие величины сопротивления смесей диаграммы № 9 можно объяснить или 1) большим количеством в них крупного песка или 2) свойствами пылеватых частиц. Чтобы выяснить, который из этих двух факторов оказывает влияние на увеличение сопротивления, были составлены смеси, тождественные со смесями диаграммы № 9, только пыль была заменена мелким песком, т. е. приготовлены смеси из крупного песка и мелкого, взятых в отношении 1 : 1 и каолина.

Результаты опытов на вдавливание видны на диаграмме 10.

Сравнивая эти кривые с кривыми диаграммы № 9 видно, что сопротивления вдавлыванию смесей диаграммы № 9 больше. Следовательно прибавка определенного количества пыли к смесям крупного песка и глины увеличивает сопротивление грунта в большей степени, чем прибавка мелкого песка.

Смеси из 4-х фракций.

Из 4-х фракций были испытаны смеси двух составов. В первом случае брался крупный песок, мелкий песок и пыль в отношении 2 : 1 : 1 и к этому скелету последовательно прибавлялось 5, 10, 15 и 20% от всей смеси каолина. Во втором случае отношение крупного песка, мелкого и пыли равнялось 1 : 1,5 : 1,5. Смеси эти были выбраны, как давшие максимальное сопротивление раздавливанию сухих кубиков. Кубики с ребром в 2 см, составленные из этих смесей при содержании 20% каолина, оказали сопротивление раздавливанию 158 кг, тогда как кубик из одного крупного песка с 20% каолина только 58 кг.

Результаты на вдавливание смеси 1-ой видны на

Смеси из крупного
песка, мелкого,
пыли, взятых
в отношении 2 : 1 : 1
и каолина.

диаграмме № 11.

Интервал влажности, при котором смесь оказывает сопротивление вдавлыванию, одинаков при 5 и 10% каолина, при 15 и 20% он несколько меньше.

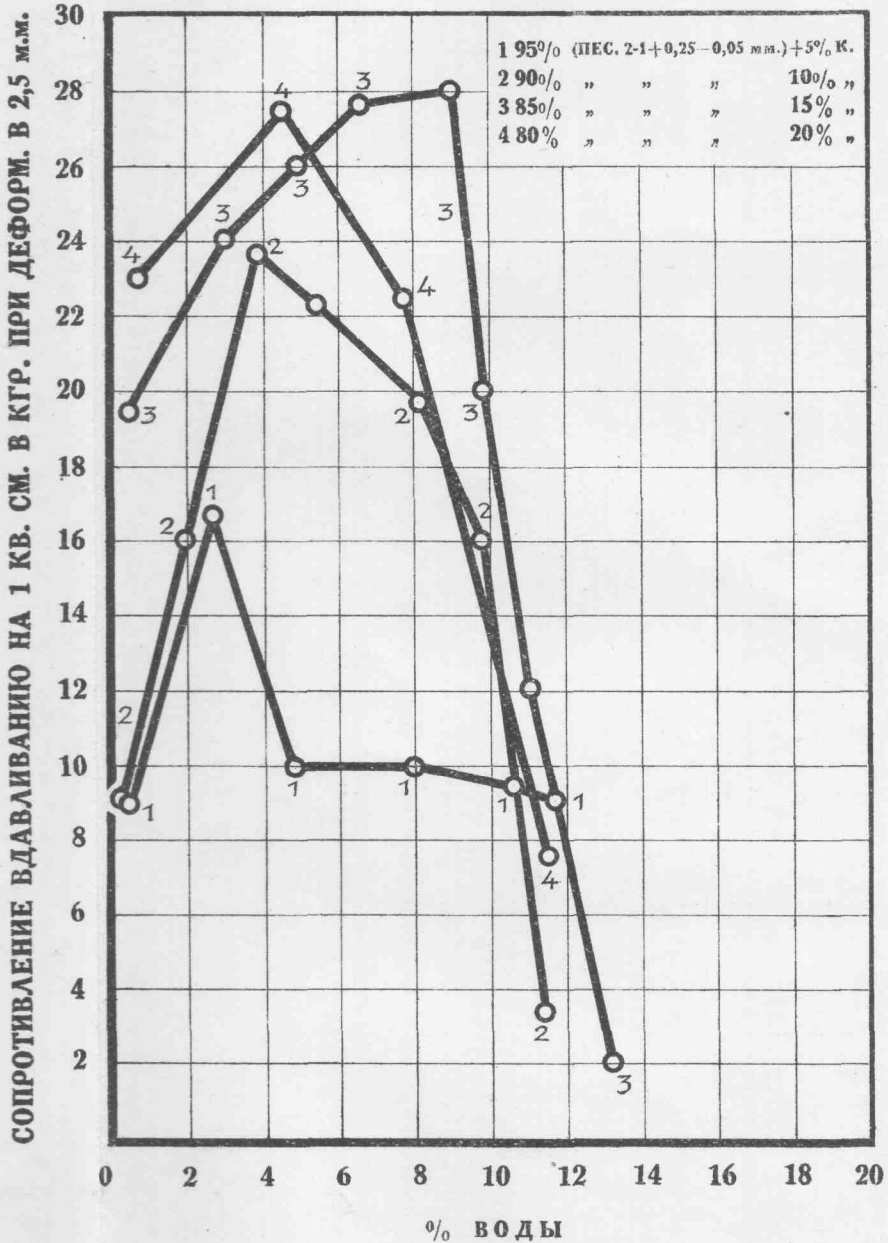
Изменение максимальных сопротивлений приводится в таблице 9.

Таблица 9.

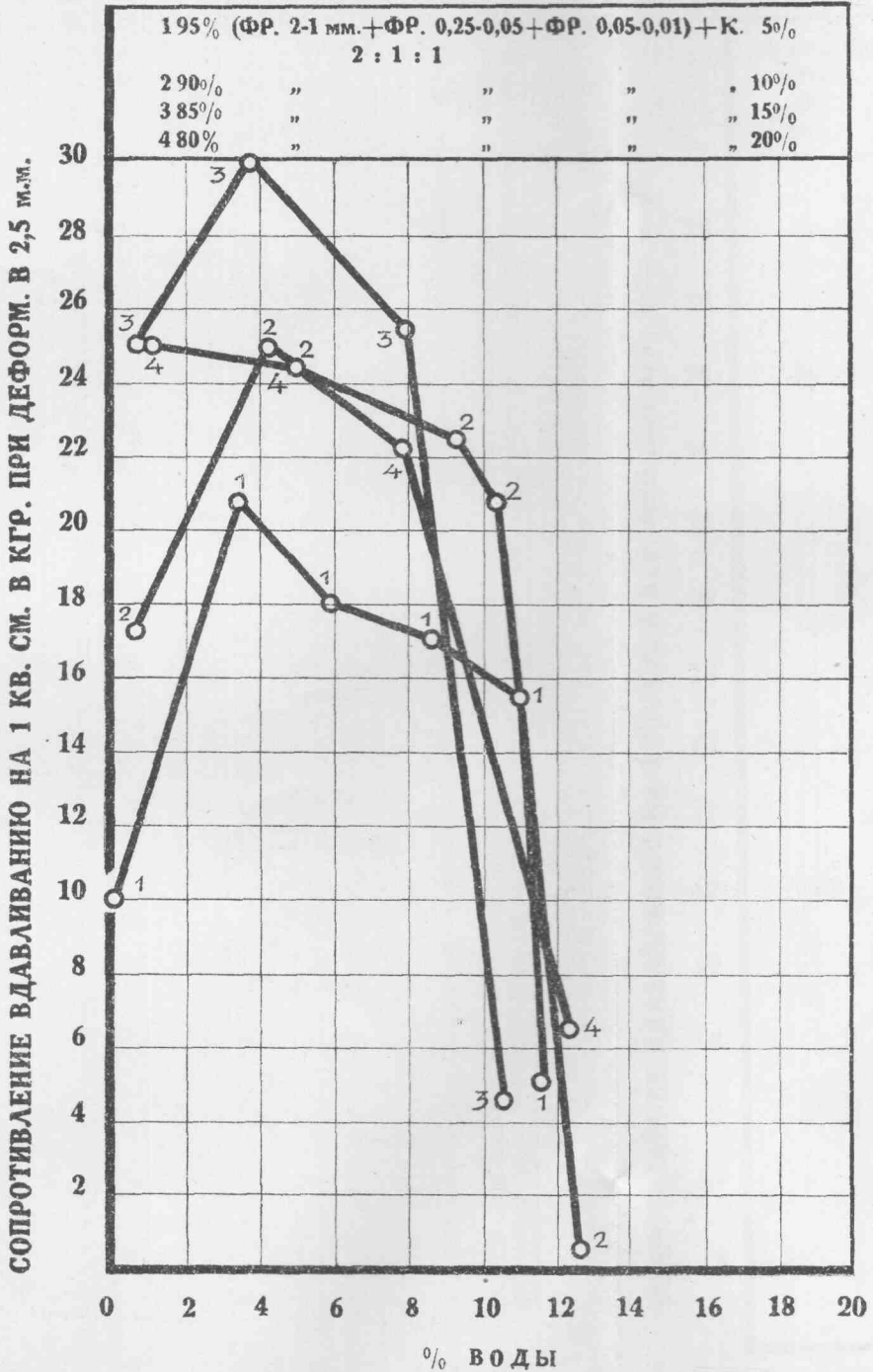
‰ каолина в смеси.	Максимальное сопротивление вдавливанию, в кг на 1 кв. см.	Увеличение (+) или уменьше- ние (-) по срав- нению с преды- щей смесью.
5	20,8	—
10	25,0	+ 4,2
15	30,0	+ 5,0
20	25,0	- 5,0

Диagr № 10.

**СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВАНИЮ СМЕСЕЙ ИЗ
КРУПН. ПЕСКА (2—1 м.м.) И МЕЛК. 0,25—0,05
ВЗЯТЫХ ОТНОШ. 1:1 И КАОЛИНА**



**СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВ. СМЕСЕЙ ИЗ ФРАКЦ.
КРУПН. ПЕСКА 2-1 мм.+МЕЛК. ПЕСКА 0,25-
0,05 + ПЫЛИ 0,05-0,01, ВЗЯТЫХ В ОТНОШЕНИИ
2 : 2 : 1, И КАОЛИНА**



При данном составе скелета уже прибавка 5% каолина дает очень большое сопротивление вдавливанию, наибольшей же величины достигает оно при 15% каолина, дальнейшее увеличение каолина вызывает резкое падение сопротивления. Наглядно это видно на диагр. № 8, кривая 4.

Смеси из крупного песка, мелкого, пыли, взятых в отношении 1:1,5:1,5, и каолина.

Совсем другую картину представляют смеси вторые, что видно из диаграммы № 12.

Интервал влажности, котором в смесь тверда, при увеличении каолина от 5 до 10% несколько увеличивается, при 15 и 20% он таков же, как и при 10% и несколько расширяется при 30%.

Изменение максимальных сопротивлений приведено в таблице 10.

Таблица 10.

%, каолина в смеси.	Максимальное сопротивление вдавливанию, в кг на 1 кв. см.	Увеличение (+) или уменьше- ние (-) по срав- нению с преды- дущей смесью.
5	15	—
10	22,5	+ 7,5
15	25,0	+ 2,5
20	30,0	+ 5,0
30	30,0	0

В этих смесях сопротивление вдавливанию постепенно растет с увеличением каолина от 5% до 20, достигая максимальной величины 20%. Это изменение сопротивлений представлено кривой 5-ой диаграммы № 8.

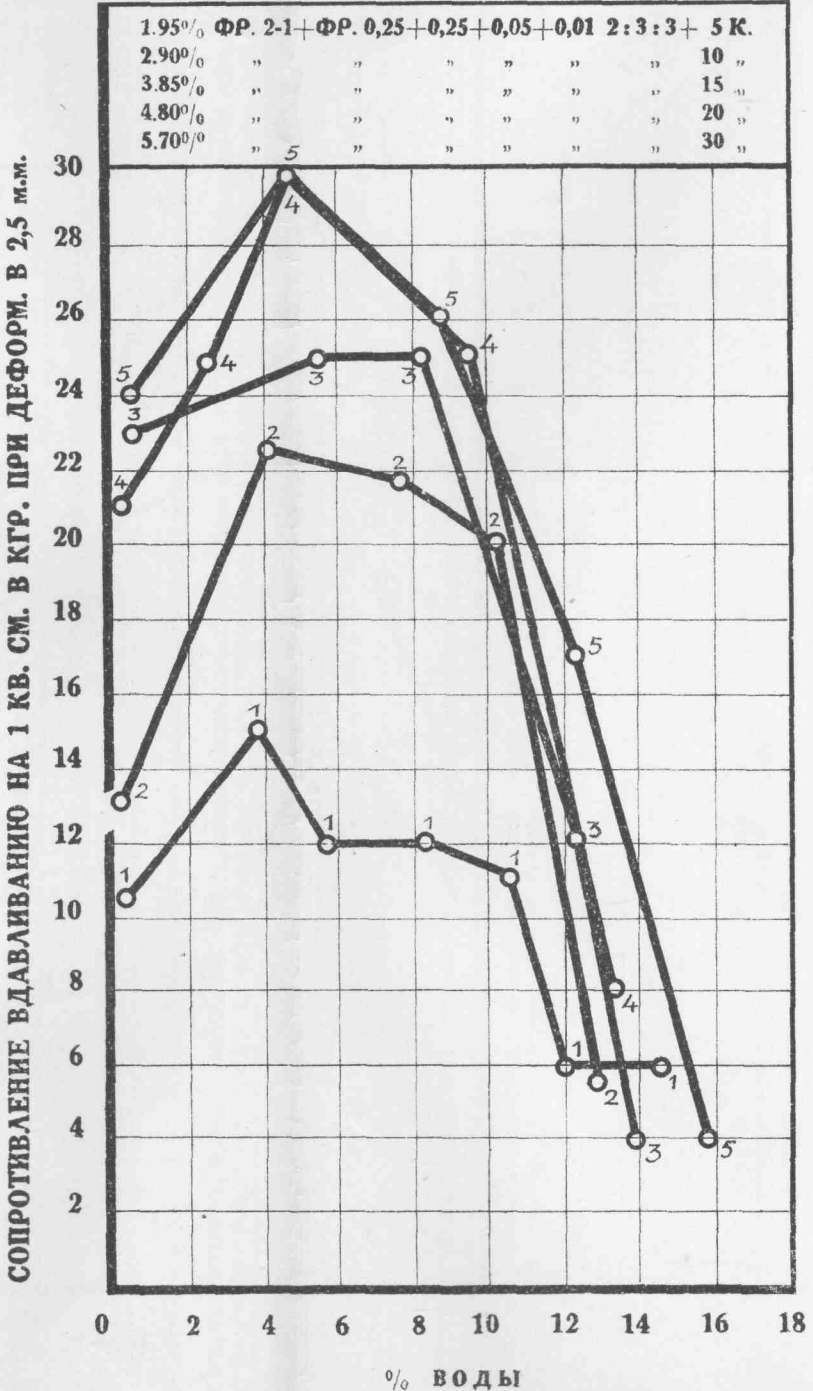
Сравнивая между собой смеси из 4-х фракций видно, что смеси первые, при содержании в них каолина от 5 до 15%, оказывают сопротивление большее, чем вторые. Преимущество первых смесей объясняется большим содержанием в них крупного песка. Но не всегда прибавка крупного песка вызывает увеличение сопротивления. В скелете смесей диагр. № 10 крупного песка $\frac{1}{2}$, а в смесях диаграммы № 7 только $\frac{1}{4}$, сопротивление же вдавливанию смесей диагр. № 10 при количествах в них каолина до 10%, не больше чем в смесях диагр. № 7, а при больших количествах каолина даже меньше. В скелете смесей диагр. № 7 и 10 имеется только крупный и мелкий песок и нет пыли.

Следовательно прибавка крупного песка до 30% увеличивает сопротивление грунта вдавливанию, при наличии достаточного количества пыли.

Влияние прибавки фракции $< 0,005$ мм и фр. 0,01—0,005 мм.

Диagr. № 12.

**СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВ. СМЕСЕЙ ИЗ ФРАКЦ.
КРУПН. ПЕСКА 2-1 мм. МЕЛК. ПЕСКА 0,25+
0,05 + ПЫЛИ 0,05-0,01, ВЗЯТЫХ В ОТНОШЕНИИ
2 : 3 : 3, И КАОЛИНА**



Во всех смесях, разобранных до сих пор, глиной служил Глуховский каолин. Чтобы определить, что получится при замене каолина другой глиной, были составлены смеси, по скелету тождественные со смесями диаграммы № 11, каолин же был заменен фракцией $< 0,005$ мм, полученной искусственно по методу Вильямса из дорожных грунтов Северного района.

Результаты вдавливания видны на диаграмме № 13.

Кривые этой диаграммы тождественны с кривыми диагр. № 11 только интервал твердого состояния смеси несколько уже в смесях диаграммы № 13.

Максимальные сопротивления этих смесей также одинаковы со смесями диаграммы № 11, как видно из таблицы 11.

Таблица 11.

% фракц. $< 0,005$ мм. для смесей диагр. № 13 и % каолина для смесей диагр. № 11.	Максимальн. сопротивл. вдавливаю в кг на 1 кв. см. смеси с фракц. $< 0,005$.	Максимальн. сопро- тивл. вдавливан. смесей с каолином.
5	21,5	20,8
19	25,3	25,0
15	30,3	30,0
20	26,5	25,0

Следовательно фр. $< 0,005$ мм в отношении сопротивления вдавливаю в смесях является очень близкой к каолину.

Совсем другой результат получается, если каолин заменить фракцией $0,01-0,005$ мм. Смесь, по скелету тождественная со смесями диаграмм № 11 и 13, при прибавке 10 и 15% фр. $0,01-0,005$ мм дает результаты на вдавливание, изображенные на диагр. № 14.

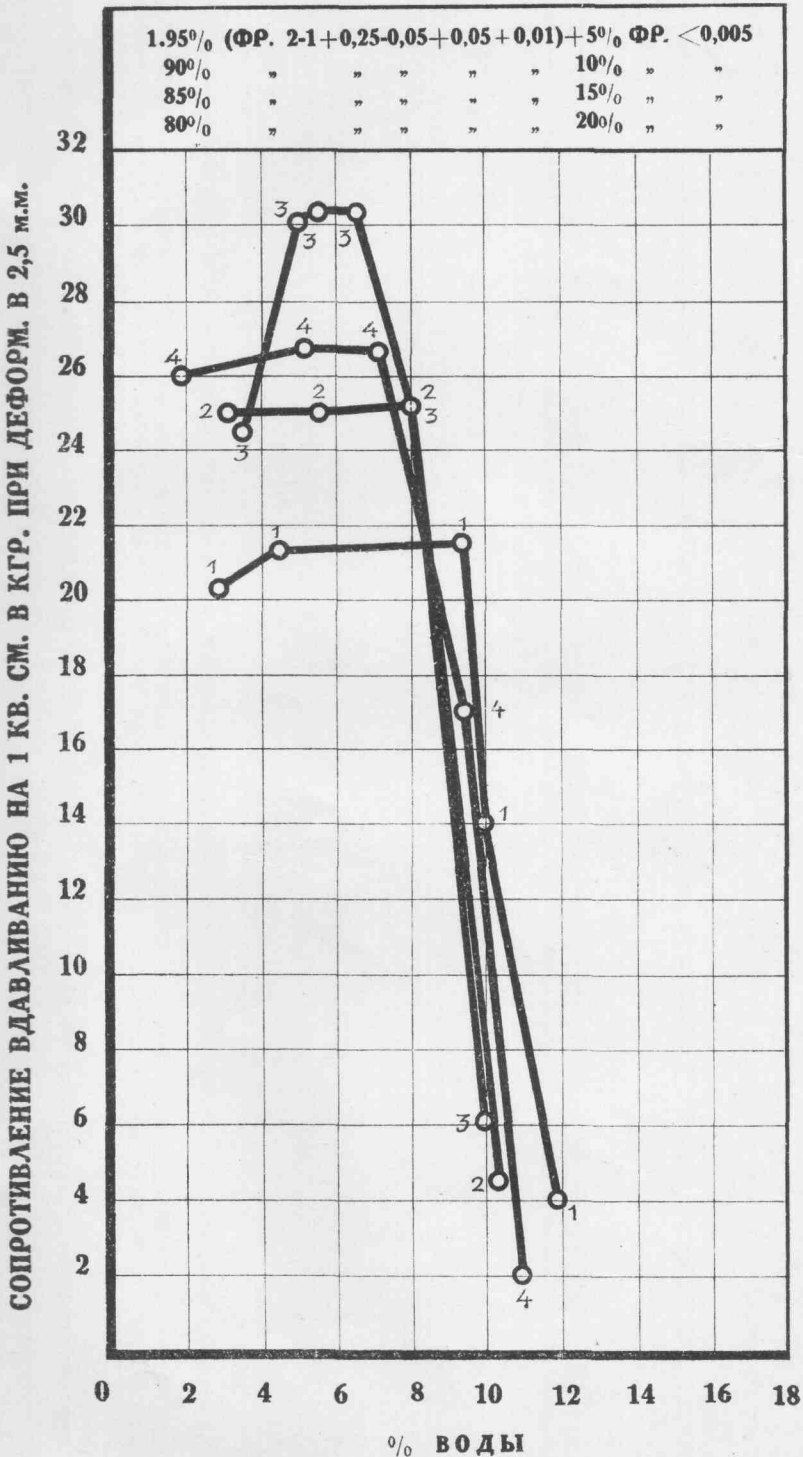
Сопротивление вдавливаю этих смесей при всех влажностях ниже сопротивлений смесей диагр. № 11. Малы и максимальные сопротивления по сравнению с таковыми диагр. № 11, как это видно из таблицы 12.

Таблица 12.

% фракц. $0,01-0,005$ мм. для смесей диагр. № 14, % каолина для смесей диагр. № 11.	Максимальн. сопротивл. вдавлан. смесей с фракц. $0,01-0,005$ мм., в кг на 1 кв. см.	Максимальн. сопро- тивл. вдавливаю смесей с каолином, в кг на 1 кв. см.
10	15,0	25,0
15	18,0	30,0

Диagr. № 13.

**СОПРОТИВЛЕНИЕ ВДАВЛИВАНИЮ СМЕСЕЙ ИЗ
КРУПН. ПЕСКА 2-1 мм. + МЕЛКОГО 0,25-0,05 +
ПЫЛИ 0,05-0,01, ВЗЯТЫХ В ОТНОШЕНИИ 2:1:1,
И ФРАКЦИИ <0,005 мм.**



Отсюда видно, что по отношению к вдавлению в дорожных грунтах за глину можно считать только фракц. < 0,005, фракция же 0,01—0,005 приближается больше к пыли.

Сравнивая все смеси между собой, видно, что сопротивление вдавлению достигает наибольшей величины, когда в смеси имеется песок, пыль и глина. Количество глины не должно превышать 15%. Дальнейшее увеличение ее в смеси является вредным, так как уменьшает сопротивление вдавлению. Количество пыли не должно быть меньше 20%, в присутствии мелкого песка; если же мелкого песка в смеси нет, то количество пыли должно быть увеличено до 40%. Содержание крупного песка до 30% увеличивает сопротивление вдавлению.

Хорошие и плохие дорожные грунты.

На сопротивление вдавлению были испытаны природные дорожные грунты как хорошие, так и плохие. Хорошие участки, механический состав которых и данные службы в дорожном полотне приведены в таблице 13, дают сопротивление вдавлению, приведенное на диаграмме № 15.

Таблица 13.

Местность, откуда взят образец.	Грузонапряж., в тыс. пуд.	Р е л ь е ф.	Ширина дороги, в м	Состояние дороги.	Механический состав.								
					10—4 м.м	4—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005
Самарской 1) губ. тракт Бузулук-Уральск.	180	Р о в н о е	16	Лучшая из всех трактов, в сухое время гладк., в распутицу удовлетв. хорошая.	—	—	—	0,58	24,83	29,07	16,82	16,16	12,54
Самарской губ. тракт Мелекес-Симбирск.	300	Р о в н о е	30	Почти без колеи, местами 2 см в распутицу удовлетв.	—	—	—	0,57	25,23	30,31	21,01	14,36	8,53
Ленинградской губ.	—	Р о в н о е	76	Колея до 6 см.	1,4	2,4	3,3	5,48	7,95	32,95	25,39	14,63	6,67

1) Самарские тракты были обследованы инж. Тарасовым в 1926 г.

Как видно из этой диаграммы, интервал влажности твердого состояния смеси у всех грунтов один и тот же.

Величины максимальных сопротивлений, приведенных на таблице 14, обнаруживают колебание от 22,7 до 25,2 кг.

Таблица 14.

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗЦА.	Максимальное сопротивление вдавливанию в кг на 1 кв. см.
Самарской губ. тракт Бузулук-Уральск Яма 6.	25,2
Самарской губ. тракт Мелекес - Симбирский Яма 1.....	23,2
Ленинградской губ. тракт	22,7

Данные службы дороги и механический состав плохих дорожных участков приводится в таблице 15.

Таблица 15.

Местность, от куда взят образец.	Грузонапряженн., в тысяч. пуд.	Рельеф.	Ширина дороги, в м.	Состояние дороги.	Механический состав.						
					2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,05-0,005	0,005
Самарской губ. тракт Бугульма— Бугуруслан	360	Ровн. место.	30	Колея до 10 см. В сыр. время грязн. липкая.	—	—	1,84	12,45	21,79	33,13	30,79
Самарской губ. тракт Самара - Уральск	400	Тысяч. уклон.	40—50	В сухое— пыльная; в сырое—гряз. липкая.	—	0,21	1,17	14,36	42,05	15,05	24,03
Самарской губ. тракт Самара - Оренбург.....	40	—	—	Трудно про- езжая летом колеи 4— 6 см.	—	2,09	47,17	24,77	8,67	6,88	10,45

Сопротивление вдавливанию этих грунтов видно на диагр. № 16. Максимальные сопротивления грунтов приведены в таблице 16.

Таблица 16.

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗЦА.	Максимальное сопротивление вдавливанию, в кг на 1 кв. см.
Самарской губ. тракт Бугульма-Бугуруслан.	30,0
Самарской губ. тракт Самара-Уральск.....	27,5
Самарской губ. тракт Самара-Оренбург.....	15,5

Как видно из таблицы, сопротивление первых двух грунтов очень большое и плохое состояние дороги, как видно из описания службы дороги, обуславливается избытком глины, каковая дает грунту липкость в сыром состоянии.

Грунт тракта Самара-Оренбург дает очень низкое сопротивление вдавливанию и как дорожная одежда быстро разбивается в сухое время. Такое свойство его объясняется малым содержанием в нем пылеватых частиц (фр. 0,05—0,005), их всего 15,55%. По количеству же глины он должен быть отнесен к хорошим грунтам.

Сопротивление вдавливанию дорожных участков подтверждают выводы сделанные при испытании искусственных смесей, что:

1) количество глины в грунте не должно превышать 15% и
2) в грунте необходимо присутствие пыли (фр. 0,05—0,005 мм) в количестве 25—30%. Наконец при сравнении максимальных величин сопротивления вдавливанию взятых участков видно, что если сопротивление не превышает 16 кг на 1 кв. см, то участок является непрочным в сухое время.