

Н. К. П. С.

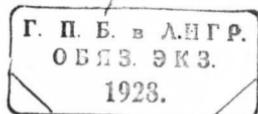
Центральное Управление Местного Транспорта  
(Ц. У. М. Т.)

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ДОРОЖНОЕ БЮРО

37/3953

ЛАБОРАТОРИЯ

45.398



МЕТОДЫ И УКАЗАНИЯ  
ПО  
ИССЛЕДОВАНИЮ ГРУНТОВ  
ДЛЯ ДОРОЖНОГО ДЕЛА

Составили: проф. П. А. ЗЕМЯТЧЕНСКИЙ, В. В. ОХОТИН,  
В. К. ЯНОВСКИЙ, С. И. РУТКОВСКИЙ



ЛЕНИНГРАД—1928

## **Несколько слов о предлагаемых читателям „методах и указаниях“.**

Неотложная потребность со стороны работников по грунтово-дорожному строительству быть осведомленными в новом направлении, которое в настоящее время приняло дорожное дело, в новом научном подходе к вопросу об улучшении транспорта вообще, заставило Лабораторию Исследовательского Дорожного Бюро ЦУМТ'а согласно директивам последнего, безотлагательно составить краткие наставления и указания, касающиеся главнейших свойств грунтов и тех методов и приемов, которые применяются Лабораторией Бюро в ее исследовательской практике

Новизна вопросов, предъявляемых современным дорожным строительством, их разнообразие, а в особенности экстренность составления „указаний“ обуславливает несовершенство последних. Лаборатория, однако, надеется, что ей удастся в последствии составить более полное и систематическое руководство по исследованию грунтов для работников дорожного дела.

Заведывающий Лабораторией Бюро  
Проф. П. А. Земятченский.

## В В Е Д Е Н И Е.

Главнейшими в дорожном деле, в частности при устройстве улучшенных грунтовых дорог, свойствами грунтов являются, как само собою понятно, свойства физические и механические, как-то: механический состав, связность, выражающаяся в сопротивлении раздавливанию, прилипаемость, водоупорицаемость, размокаемость и некоторые другие. Эти свойства, именно степень их выраженности, и надо знать дорожному работнику, чтобы сознательно наиболее целесообразно использовать имеющийся в его распоряжении дорожный материал—глину, песок, торф, известье и пр.

---

### I. Способы определения свойств грунтов в дорожном деле.

#### 1. Механический состав (текстура) грунтов (и почв).

В настоящее время едва ли можно сомневаться в том, что в основе всех физико-механических свойств грунтов, относящихся к группе рыхлых обломочных пород, лежит: а) механический состав или текстура их и б) минералогический характер частиц, из которых состоит данный грунт. При малом разнообразии минералов, входящих в состав глин, песков и их разнообразнейших смесей, встречающихся на пространстве СССР, для сравнительной оценки грунтов между собою первенствующее значение получает механический состав грунтов.

Поэтому, при первом подходе к ознакомлению с грунтом, как дорожно-строительным материалом, надо прежде всего выяснить механический состав его, т. е. узнать, из каких по крупности частиц состоит грунт и в каком количественном соотношении эти частицы в грунте присутствуют.

Из многочисленных имеющихся методов механического анализа грунтов Лаборатория Исследовательского Дорожного Бюро предлагает наиболее простые и доступные по условиям работы, хотя и не самые точные, однако, достаточные для дорожных целей.

Механический анализ дает возможность разделить грунт на группы или фракции частиц, отличающиеся между собой своими размерами. В настоящее время для дорожных целей можно принять следующую классификацию:

Галька (камни) .. { крупная  $> 40$  м.м.  
мелкая 40—20 "

Гравий (хрящ) .. { крупный 20—10 "  
средний 10—4 "  
мелкий 4—2 "

Песок ..... { крупный 2—1 "  
средний 1—0,5 "  
мелкий 0,5—0,25 "  
пылеватый 0,25—0,05 "

Пыль ..... { крупная 0,05—0,01 "  
мелкая 0,01—0,005 "

Глинистая субстанция „глина“. < 0,005 "

При механическом анализе разделяют состав грунта на две части:  
а) частицы  $> 0,25$  м.м. и б) частицы  $< 0,25$  м.м.

Для определения % фракций первой группы ( $> 0,25$  м.м.), в зависимости от крупнозернистости, берется навеска 125—1000 гр., переносится в большую фарфоровую чашку, обливается литром воды и нагревается на водяной бане в течение двух часов при частом помешивании палочкой с резиновым наконечником. Размокший грунт переносится на сито с отверстиями в 0,5 м.м., поставленное на стеклянную или фарфоровую чашку. В чашку затем приливается столько воды, чтобы грунт был ею покрыт. После этого грунт растирается палочкой с резиновым наконечником или пальцем и тщательно промывается. Частицы  $> 0,5$  м.м. оставшиеся на сите, сушат и разделяют на фракции просеиванием через сите в 20, 10, 4, 2 и 1 м.м.

Часть грунта, прошедшая через сите 0,5 м.м., переносится на сите с отверстиями в 0,25 м.м., растирается, промывается, сушится и взвешивается.

**Примечание.** При анализе грунта каменистого навеска берется от 2 до 5 кгр., промывается тщательно водой и разделяется на фракции на ситах 40, 20, 10, 4, 2 и 1.

Часть грунта, состоящая из частиц  $< 0,25$  м.м. разделяется на фракции по методу Сабанина и Робинсона, несколько измененному в лаборатории И. Д. Бюро. По методу Сабанина разделяются фракции, лежащие в пределах от 0,25 м.м. до 0,01 м.м., и по методу Робинсона частицы  $< 0,01$  м.м.

### Метод Сабанина.

Для анализа воздушно-сухой грунт просеивается через сите с отверстиями в 1 м.м. Из просеянной части берется навеска 4—5 гр. на аналитических весах и переносится в колбочку емкостью в 125 к. см Колбочка (7) (см. рис. 1) закрывается пробкой, в которую вставлена стеклянная трубка длиной 25—30 см, обернутая мокрой фильтровальной бумагой; нижний конец трубочки должен быть наравне с нижней поверхностью пробки. Колбочка ставится на азбестовую сетку и кипятится ровно час (время считается с момента, когда вода закипит). Жидкость в колбочке сначала должна кипеть умеренно, а когда она перестанет пениться, то сильнее, однако нельзя допускать, чтобы жидкость разбрзгивалась по стенкам колбы.

После кипячения содержимое колбы переносится на сите с делениями в 0,25 м.м., вставленное в большую фарфоровую чашку и обливается таким количеством воды, чтобы уровень ее был выше dna сите. Грунт на сите растирается осторожно пальцем<sup>1)</sup> под водой, сите приподнимается из воды и снова опускается, и грунт снова растирается. Эта операция повторяется несколько раз, чтобы разбить все глинистые комочки, которые не разошлись при кипячении. Наконец сите вынимается из воды и промывается из промывалки до тех пор, пока вода не станет стекать совершенно чистой. Чтобы быть уверенным, что грунт промыт хорошо, сите переносят на другую большую фарфоровую чашку, где снова промывают. При правильном ведении операции во второй чашке собирается только несколько отдельных частичек, которые и присоединяются к массе, находящейся в первой фарфоровой чашке. Сите с частицами от 1 до 0,25 м.м. ставится на чистую бумагу и переносится в сушильный шкаф. Если после высушивания некоторые частицы при легком постукивании пройдут через сите, что бывает очень часто, то их присоединяют к фракции 0,25—0,05 м.м. Часть, оставшаяся на сите, переносится в предварительно взвешенную фарфоровую чашечку и взвешивается.

Разделение частиц  $< 0,25$  м.м. основывается на изменении скорости<sup>2)</sup> падения частиц в зависимости от их диаметра и производится на приборе проф. Сабанина, изображенном на рис. 1.

<sup>1)</sup> Палец после растирания хорошо обмывается.

<sup>2)</sup> Скорость падения частиц и их диаметр по Сабанину:

Диаметр.	Время.	Пройденный путь.
0,05	5 сек.	1 см.
0,01	50 "	1 "
0,005	36 мин.	1 "
0,001	2 ч. 24 мин.	1 "

Прибор устанавливается следующим образом: на железную подставку (1) ставится медная (2) и с помощью уровня и винтов приводится в горизонтальное положение. На эту подставку ставится стакан (3), имеющий деления на см. от 2 до 12, и в него опускается предварительно наполненный водой сифон (5) так, чтобы нижний его конец в стакане находился точно против деления 2, в таком положении оночно и закрепляется.

Жидкость в фарфоровой чашке, содержащая частицы  $< 0,25 \text{ м.м.}$ , наливается в стакан (3) до высоты 4 см., взбалтывается резиновой лопаточкой (8) и оставляется в покое на 100 сек. Через 100 сек. жидкость сливаются сифоном до высоты 2 см. в большой (3—5 литров) стакан (4); к этому моменту во взвешенном состоянии в столбе воды между делениями 2 и 4 остаются только частицы  $< 0,01 \text{ м.м.}$ . Тотчас же после взбалтывания в стакане, взбалтывание производится и в фарфоровой чашке и часть жидкости из нее через 20 секунд переносится в другую фарфоровую чашечку емкостью около 100 куб. см., и этой жидкостью из малой чашки каждый раз доливается стаканчик 3. Взмучивание жидкости в фарфоровых чашках повторяется всякий раз: в малой за 50 сек. до слияния из стаканчика, а в большой за 20 сек. до переливания в малую.

Через 10—15 сливаний приступают к растиранию частиц, находящихся в малой фарфоровой чашке, для чего жидкость осторожно сливают в стаканчик (3), и если этой жидкости не хватает до высоты 4 см., то доливают жидкостью из большой фарфоровой чашки; также и при последующих сливаниях, пока идет растирание грунта в малой фарфоровой чашке, все время доливают стаканчик (3) из большой фарфоровой чашки. Растирание производится пальцем и продолжается от 2 до 5 мин. в зависимости от содержания глины, а также перегноя (в почве). В большой фарфоровой чашке также производят растирание, как и в малой, слив предварительно жидкость в малую чашку. Растирание в чашках повторяется примерно после каждого 15 сливаний.

Отмучивание в чашках производят до тех пор, пока частицы не станут быстро садиться на дно и вода над осадком через 50 сек. после взбалтывания будет совершенно прозрачна. В стаканчике (3) отмучивание кончают, когда в верхнем столбе жидкости, высотой в 2 см., через 100 сек. после взбалтывания больше не будет содержаться твердых частичек. Для проверки отмучивания содержимое чашек переносят в стаканчик (3), сифон устанавливают против деления 6, наливают воды до деления 12 и взмучивают. Если через 5 минут верхний столб воды в 6 см. не содержит взвешенных частиц, то отделение фр.  $< 0,01$  заканчивается. В противном случае жидкость сливаются до черты 6, остающаяся снова доливается до высоты 12 см. и операция слияния продолжается до полного просветления.

После полного отделения частиц  $< 0,01 \text{ м.м.}$  стакан (4) отставляется и вместо него ставится другой примерно таких же размеров. Дистиллированная вода доливается до деления 12 см., жидкость взмучивается и сливается до высоты 6 см. через 30 сек. во вновь подставленный стакан. За этот срок все частицы  $> 0,05 \text{ м.м.}$  успеют пройти верхний столб воды в 6 см. и в нем останутся только частицы  $< 0,05 \text{ м.м.}$ , каковые и перейдут при слиянии в подставленный стакан. Отмучивание кончают, когда верхний столб жидкости в 6 см. через 30 сек. после взбалтывания не будет содержать взвешенных частичек.

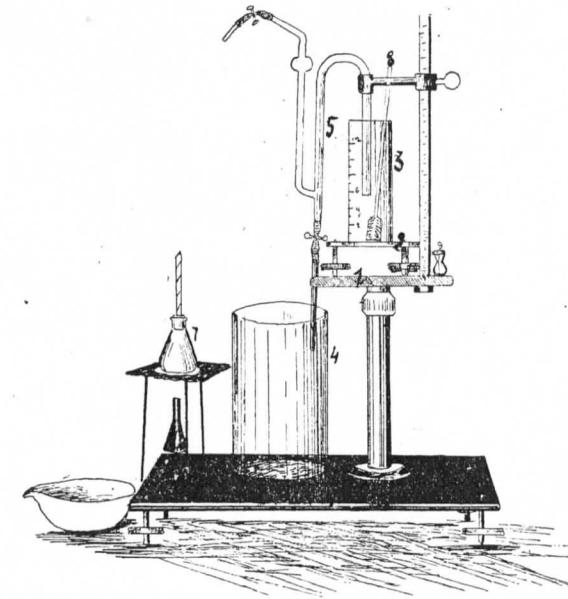


Рис. 1.

После отмучивания избыток воды в стаканчике 3 сливается; содержащаяся в нем фракция 0,25—0,05 м.м. переносится во взвешенную фарфоровую чашку, высыпывается и взвешивается. В большом стакане, содержащем фракции 0,05—0,01 м.м., после полного оседания частиц на дно, вода сливаются сифоном, а фракция переносится во взвешенную фарфоровую чашечку, сушится и взвешивается.

#### Разделение частиц $< 0,01 \text{ м.м.}$ по методу Робинсона.

Об'ем жидкости, находящейся в стакане (4) и содержащей частицы  $< 0,01 \text{ м.м.}$ , отделенные по методу Сабанина, измеряется градуированным цилиндром и переносится в 5 литр. бутыль. Стакан (4) и цилиндр

ополаскиваются таким количеством дистиллированной воды, чтобы общий объем суспензии равнялся  $2\frac{1}{2}$  литрам. Бутыль крепко закрывается хорошо пригнанной резиновой пробкой и сильно взбалтывается в течение 1 мин. После этого жидкость выливается в два литровых цилиндра, имеющих внутренний диаметр около 6 см. и высоту около 40 см., и снова взбалтывается стеклянной длинной палочкой, на конце которой имеется прочно укрепленный толстый резиновый кружок диаметром около 4 см. Взмучивание осуществляется быстро повторяющимся в течение минуты опусканиями мешалки до dna и подниманиями до поверхности жидкости. Уровень жидкости должен быть в обоих цилиндрах на одинаковом расстоянии от верхнего края цилиндра (не менее 4 см). Принадлежности для производства анализа представлены на рис. 2.

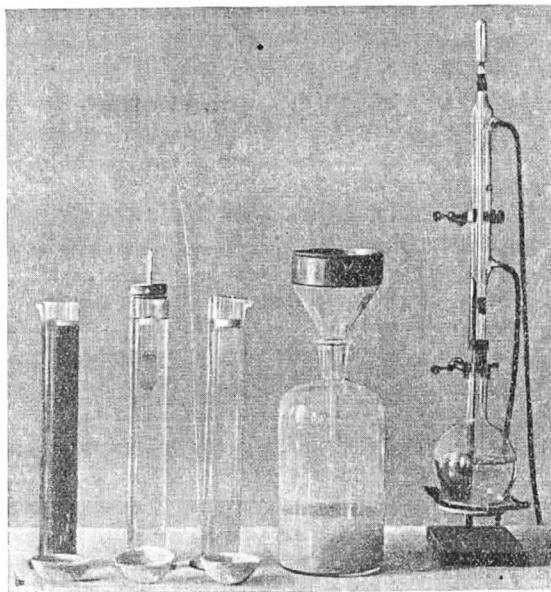


Рис. 2.

Для взятия пробы в цилиндр опускается пипетка в 20 кб. см., вделанная в широкую пробку так, что верхнее деление ее находится ниже пробки и при опущенном положении пипетки в цилиндре на 3 м.м. ниже уровня жидкости. Пробка в нижней части подрезается так, чтобы свободно входила в цилиндр; при этом верхняя ее часть ложится на стенки цилиндра. Пипетка всегда опускается на одну и ту же глубину, при этом жидкость, входящая в пипетку, наполняет ее как раз до верхнего деления.

При взятии пробы во время опускания пипетки, верхний конец ее плотно закрывается пальцем. После введения пипетки на желаемую глубину палец отнимается и жидкость сама собой наполняет пипетку как раз до черты. По наполнении вынутая пипетка с наружной стороны обтирается полотенцем. Жидкость из пипетки переносится во взвешенную фарфоровую чашечку выпаривается и сухой остаток взвешивается <sup>1)</sup>). Взвешивание должно производить очень тщательно на весах, дающих точность не менее 0,1 мг. Полученный вес фракции перечисляется на весь объем жидкости.

*Примечание.* Заведывающим Лабораторией УКРУМТа Муравлянским С. М. предложен следующий очень удобный способ взятия пробы пипеткой (см. рис. 3). Берется пипетка, длина тонкой части которой (от расширения) равняется 40 см. Конец пипетки запаян, а около самого конца имеются 4 маленьких боковых отверстия. Пипетка укрепляется в штативе, в особой двойной муфте. На стержне насажена вторая муфта, служащая опорой для первой при опускании пипетки на ту или другую глубину.

Верхний конец пипетки соединен с аспиратором каучуковой трубкой, снабженной зажимом. В каучуковую трубку, по пути от пипетки к аспиратору включен стеклянный тройник. Два конца его соединены с резиновой трубкой, ведущей к аспиратору а на 3-й надет отрезок каучуковой трубы с зажимом.

Процесс взятия пробы сводится к следующему. Верхняя муфта устанавливается таким образом, чтобы отверстия в конце

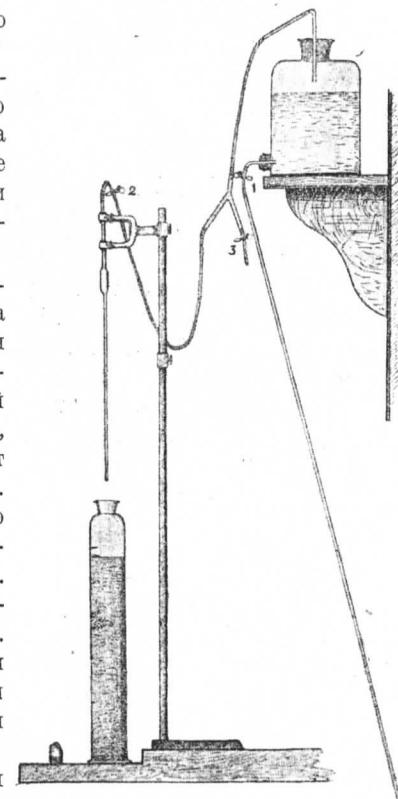


Рис. 3

1) Ввиду того, что взвешивается сухое вещество, необходимо в грунте определять гигроскопическую воду в особой навеске и весь расчет вести на сухое вещество.

пипетки касались уровня жидкости. Затем при помощи линейки или кронциркуля отмеряется от верхней муфты необходимое расстояние и в этом месте закрепляется 2-ая муфта. Открывая зажим № 1, производим небольшое разрежение в аспираторе, опускаем муфту с пипеткой до соприкосновения с нижней муфтой, установленной, как указано выше, на необходимой высоте. Открыв зажим 2, берем пробу, затем зажим 2 закрываем и, открыв зажим 3 выпускаем взятый объем суспензии в стаканчик для высыпивания.

Для определения частиц  $< 0,01 \text{ м.м.}$  проба берется через 25 мин., пипеткой, погружаемой в суспензию на 30 см., для частиц  $< 0,005$  через 18 часов и  $< 0,001$  — через 3 суток<sup>1)</sup>.

При повторных определениях оставшаяся в бутылках суспензия снова взбалтывается.

Если при отделении частиц  $< 0,01 \text{ м.м.}$  набирается жидкости больше 3 литров, в таком случае для разделения их на фракции берется новая навеска для глин 10 гр., а для тяжелых суглинков 20 гр.; отвешенное количество грунта помещается в плоскодонную 1½ лит. колбу и обливается ровно одним литром дистиллированной воды. К колбе присоединяется обратно поставленный холодильник, и навеска кипятится 12 часов; по охлаждении все содержимое колбы переливается в 5 литровую бутыль через сито с отверстиями в 0,25 м.м., вставленное в большую воронку (см. рис. 2).

Часть грунта, оставшаяся на сите, легонько растирается пальцем. Для обмытия сита и колбы, в которой производилось кипячение, берется ровно 3 литра дистиллированной воды, в которую прибавлено 10 куб. 10% аммиака. Таким образом, весь объем суспензии будет равняться 4 литрам. Бутыль взбалтывается, содержимое разливается по цилиндрам и определение производится как указано выше.

#### Вычисление результатов механического анализа в процентах.

Результаты механического анализа в процентах примерно вычисляются так:

Навеска грунта 500 гр., при анализе получено:

$$\begin{array}{l} \text{Фракции } 20-10 \text{ м.м. } 25 \text{ гр. что составит } \frac{25.100}{500} = 5\% \\ , 10-4 " 85 " " " \frac{85.100}{500} = 17\% \\ , 4-2 " 60 " " " \frac{60.100}{500} = 12\% \end{array}$$

<sup>1)</sup> Если пипетка короче, то время взятия соответственно уменьшается, так, напр., если пипетка имеет длину 25 см., то для определения частиц  $< 0,01$  берется проба через 20 мин. 50 сек. (50 сек.  $\times$  25), для частиц  $< 0,005$  м.м. через 15 час. (36 мин.  $\times$  25) для частиц  $< 0,001$  м.м. через 60 час. (2 ч. 24 м.  $\times$  25).

$$\begin{array}{rcl} \text{Фракции } 2-1 " 45 \text{ гр. что составит } \frac{45.100}{500} = 9\% \\ , 1-0,5 " 50 " " " \frac{50.100}{500} = 10\% \\ , 0,5-0,25 " 60 " " " \frac{60.100}{500} = 12\% \end{array}$$

Процент фракций  $< 0,25$  м.м. получится из разности  $100 - (5 + 17 + 12 + 9 + 10 + 12) = 35$ .

Для анализа частиц  $< 0,25$  м.м. взята навеска в 5,102 гр., содержащая 2% гигроскопической воды, следовательно, сухого вещества 5 гр., фракции 0,25 — 0,05 получено 1,5 гр., что составит в %  $- \frac{1,5.35}{5} = 10,5$  и 1 гр, фракции 0,05 — 0,01 т. е.  $\frac{1 \times 35}{5} = 7$ . Частицы  $< 0,01$  м.м. получаются по разности:  $35 - (10,5 + 7) = 17,5$ .

Объем суспензии, содержащей частицы  $< 0,01$  равнялся 2,5 литрам. При взятии пипеткой в 20 куб. вес частиц  $< 0,005$  получился 0,0154 гр. при перечислении на весь объем получится  $\frac{0,0154.2500}{20} = 1,925$ , что в % составит  $\frac{1,925.35}{5} = 13,5\%$ .

Вес частиц  $< 0,001$  м.м. получился 0,01 гр., что при перечислении на весь объем дает  $0,01 \times 125 = 1,25$  и в % составит  $\frac{1,25.35}{5} = 8,75\%$ .

Для получения процента фракции 0,005—0,001 м.м. вычитается процент фракции  $< 0,001$  из процента фракции  $< 0,005$  и в данном случае получится  $13,5 - 8,5 = 5$ ; % частиц 0,01 — 0,005 м.м. получится, если вычесть из процента частиц  $< 0,01$  процент  $< 0,005$  ( $17,5\% - 13,5\% = 4\%$ ).

#### Полевые ориентировочные методы определения механического состава грунта.

Лаборатория предлагает два метода: 1) Метод проф. Филатова, М. М.; метод описан в сборнике № 19 ЦУМТ-а 1928 г. 2) Метод, выработанный Лабораторией Исследовательского Дорожного Бюро ЦУМТ-а.

#### Определение содержания глинистых частиц.

(Частицы меньше 0,005 м.м.).

Грунт просеивается через сите в 1 м.м.; из прошедшей через сите части высыпается в цилиндрическую мензуруку ёмкостью на 100 куб. см. и с диаметром 2,5 см. грунт в таком количестве, чтобы после уплот-

нения легким постукиванием мензурки на какомнибудь упругом предмете (книга, тетрадь и пр.) получилось 3—5 кб. см.; затем постукиванием нижним краем мензурки уплотненный грунт разрыхляется; прилив 50—70 кб. см. воды, грунт размешивается стеклянной палочкой с каучуковым наконечником для отделения глинистых частичек от частиц песка и пыли. Размешивание производится до тех пор, пока на стенках мензурки, при растирании грунта, не исчезнут мазки (полоски) глины. Когда это достигнуто, добавляется 3 кб. см. раствора хлористого кальция (5,5 гр. на 100 кб. см. воды), снова размешивается, добавляется вода до 100 кб. см. и оставляется отстаиваться. На следующий день определяется приращение объема грунта, это приращение перечисляется на 1 кб. см. объема сухого грунта. В тех случаях, когда для анализа взяты образцы тяжелых—жирных глин, увеличение объема отмечается после того, как набухшая масса примет постоянный объем (2—3 дня).

Вычисление содержания глины производится по нижеследующей таблице:

Таблица № 1.

Приращение на 1 кб. см.	% глины.	Приращение на 1 кб. см.	% глины.
4 кб. см.	90,70	1,75 кб. см.	39,68
3,75 "	85,03	1,50 " "	34,00
3,50 "	79,36	1,25 " "	28,34
3,25 "	73,67	1,00 " "	22,67
3,00 "	68,01	0,75 " "	17,00
2,75 "	62,35	0,50 " "	11,33
2,50 "	56,68	0,25 " "	5,66
2,25 "	51,01	0,12 " "	2,72
2,00 "	45,35		

#### Определение содержания песка.

(Частицы 1—0,05 мм.).

Из прошедшей через сито (в 1 мм.) части в мензурку емкостью в 100 кб. см. насыпается 10 кб. см. грунта, наливается вода до 100 кб. см. и размешивается стеклянной палочкой с каучуковым наконечником. По истечении 90 секунд осторожно сливаются мутная масса—90 кб. см. столб воды (18 см.); снова добавляется вода, размешивается и снова сливаются, так продолжают, пока жидкость не станет почти прозрачной. Слив воду, доливают воды до 30 кб. см. (6 см.) и несколько раз

производят взмучивание и слияние через 30 секунд и затем остаются отстояться минут на 15—20 и измеряют объем осевшего песка. Принимая каждый кубический сантиметр осевшего грунта за 10% (весовых) песка, вычисляют количество последнего.

#### Определение содержания пыли.

(Частицы 0,05—0,005 мм.).

Зная % содержания в грунте глины и песка путем вычитания из 100, определяется % содержания пыли.

### Р А С Ч Е Т содержания глины по увеличению объема.

Объем сухого грунта в мензурке.	Объем осевшего грунта.	Приращение на 5 кб. см.	Приращение на 1 кб. см.	% глины по таблице.
5 кб. см.	8 кб. см.	3,1 кб. см.	0,62 кб. см.	0,5 — 11,33
				0,12 — 2,72
				0,62 14,05

#### Содержание песка.

- Количество взятого грунта . . . . . 10 кб. см.
- " осевшего грунта после отмучивания . . . 5,25 "
- Считая 1 кб. см. за 10%, имеем  $5,25 \times 10 = 52,5\%$ .

#### Содержание пыли.

Содержится в образце „глины“ 14,05

" " песка . 52,5

" „глины“+песок . . 66,55%.

" пыли . . . 100 — 66,55 = 33,45%.

#### 2. Истинный удельный вес грунта.

Определение истинного удельного веса производится следующим образом:

Грунт, высушенный при 105°C., всыпается в сухой, предварительно взвешенный пикнометр с притертой пробкой, и взвешивается на точ-

ных весах. Затем в пикнометр приливается дистиллированная вода (примерно  $\frac{1}{2}$  пикнометра), пикнометр ставится на асбестовую сетку, и содержимое его некоторое время слегка кипятится для удаления воздуха из грунта и воды (ни в коем случае нельзя допускать разбрызгивания). Дав отстояться грунту (для чего иногда требуется несколько часов), осторожно доливают пикнометр прокипяченной дистиллированной водой до черты и взвешивают. Отдельно взвешивается пикнометр, наполненный до черты дистиллированной прокипяченной водой. Все взвешивания производятся при  $15-20^{\circ}\text{C}$ .

Зная вес пикнометра с водой (*A*), вес высушенного грунта (*B*) и вес пикнометра с водой и грунтом (*C*), удельный вес (*D*) определяется по формуле  $D = \frac{B}{A+B-C}$ .

### 3. Кажущийся удельный вес грунта.

Определение кажущегося удельного веса грунта видоизменяется в зависимости от того, обладает ли он сцеплением или нет:

а) Грунт сыпучий. Определение ведется следующим образом: грунт всыпается в измерительный цилиндр или колбу и легкими постукиваниями резинового <sup>1)</sup> молоточка уплотняется до постоянного объема. Объем грунта берется, в зависимости от крупнозернистости грунта 100—1000 куб. см. Затем, колба или цилиндр с грунтом взвешивается и из полученного веса вычитается вес тары (вес цилиндра или колбы). Разделив вес грунта на вес равного объема воды при  $4^{\circ}\text{C}$ , получим кажущийся вес грунта.

б) Кажущийся удельный вес грунта, обладающего сцеплением, определяется так: берется грунт в рабочем <sup>2)</sup> состоянии и из него приготавливается цилиндр, имеющий основание 2 кв. см. и высоту 2 см., для чего берется формочка, внутренний диаметр которой равняется 1,6 см. При формовке цилиндра дается нагрузка в 128 кг. Полученный цилиндр сушится при  $105^{\circ}\text{C}$  и взвешивается. Объем его определяется погружением в мензуруку (с делениями до 0,5 куб. см.) наполненную ртутью до такой высоты, чтобы цилиндр при погружении в ртуть был покрыт ею <sup>3)</sup>. Объем цилиндра получается вычитанием из объема ртуть + цилиндр объем чистой ртути.

<sup>1)</sup> Резиновый молоточек может быть сделан из резиновой пробки, для чего в боку ее просверливается отверстие и вставляется (черенок) рукоятка.

<sup>2)</sup> Под рабочим состоянием разумеется такая степень увлажнения, при которой грунт пластичен (т. е. деформируется без образования трещин) и в то же время не пристает к рукам.

<sup>3)</sup> Цилиндр погружается и удерживается под ртутью тонкой проволокой, соединенной на нижнем конце в спираль. Объем погружаемой части проволоки в ртуть определяется отдельно и вычитается из полученного объема ртуть + цилиндр.

Кажущийся удельный вес грунта получается, если разделить вес цилиндра на вес равного ему объема воды.

### 4. Пористость.

Пористость может быть определена несколькими способами.

1 способ. Определение пористости по истинному и кажущемуся удельным весам грунта.

Зная истинный—*D* и кажущийся удельный вес грунта *D*<sub>1</sub>, пористость (*v*) его вычисляется по формуле:

$$v = 100 \left(1 - \frac{D_1}{D}\right).$$

2 способ. Определение пористости заполнением пор водой.

Для определения пористости грунта заполнением его пор водой служит прибор, изображенный на рисунке 4.

А. Градуированный цилиндр с делениями на куб. см. на правой его стороне; на левой же показаны % пористости грунта.

Б. Цилиндр с чертой, определяющей емкость в 1 литр.

С. Медная трубка.

Е. Резиновая соединительная трубка.

Д. Винтовой зажим.

Н. Железный штатив.

При определении пористости этим методом грунт по частям насыпается в цилиндр *B*, уплотняется легкими постукиваниями резинового молоточка и доводится до объема 1000 куб. см.

Зажав резиновую трубку (*E*) зажимом (*D*), в цилиндр *A* наливают воду до метки 0, затем, зажим открывается, и вода через трубку (*C*) поступает в грунт и заполняет поры.

Когда вода появится на поверхности грунта, зажим снова закрывается и по делениям цилиндра (*A*) отсчитывается, какой объем воды разместился в порах.

Каждые 100 куб. воды соответствуют 10% пористости.

3 способ. Определение пористости вытеснением воздуха из пор грунта.

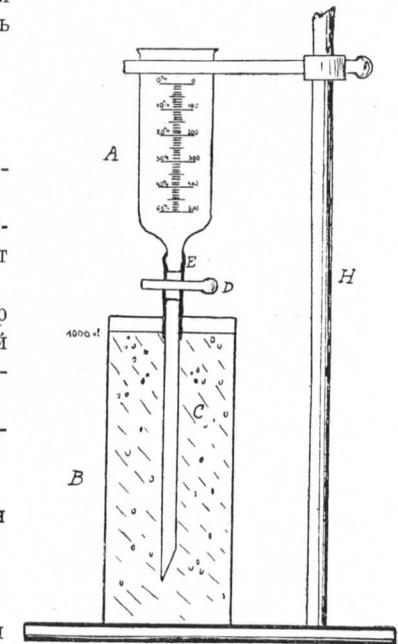


Рис. 4.

Для определения пористости вытеснением воздуха из грунта служит прибор, изображенный на рисунке 5.

*A.* Сосуд для материала емкостью в 1 літр, с крышкой *B*, закрывающейся плотно на вазелине.

*V.* Стеклянный сосуд, куда наливается вода; *F* и *G* деления между которыми содержит объем в 5 кб. см. *H* и *D* краны; *E*. открытый манометр с окрашенной водой; *K* и *C*. резиновые соединительные трубы.

Пористость этим методом определяется следующим образом. В сосуд (*A*) насыпается утрамбованный постукиваниями молоточком грунт; объем его доводится до литра, после чего крышка (*B*) закрывается герметически. Затем, при открытых кранах *H* и *D* поднимают сосуд (*v*) до тех пор, пока вода не достигнет деления *F*, тогда краны закрывают и сосуд (*v*) вешается. Если уровень воды в манометре (*E*) в обоих коленях в это время не на одной высоте, то кран *D* закрывают только тогда, когда уровни сравняются.

Потом открывается кран (*H*) и сосуд (*v*) опускается до тех пор, пока вода в стеклянной трубке не опустится от метки (*F*) до метки (*G*), кран (*H*) снова тогда закрывается. В силу увеличения общего объема на 5 кб. см. в сосуде (*A*) давление в нем уменьшится, отчего вода в правом колене манометра повысится.

По разности высот (*h*) в коленях манометра объем пор (*X* в кб. см) вычисляется по формуле:

$$5 = \frac{h}{1000} X \text{ или } X = \frac{5000}{h} \text{ кб. см.}$$

## 5. Сопротивление раздавливанию.

Образец грунта, взятый для испытания, просеивается через сито с отверстием в 1 мм. Из прошедшей через сито части грунта берется 60–70 грамм в фарфоровую ступку, смачивается водой и размешиванием шпателем доводится до рабочего состояния. Формовка про-

<sup>1)</sup> При увеличении объема пустого сосуда *A*, имеющего емкость 1000 кб. см. на 5 кб. см. объем увеличится на  $\frac{5}{1000} = \frac{1}{200}$ %, и падение давления в манометре будет  $\frac{1}{200}$  атмосферного давления, т. е.  $\frac{1000 \text{ см.}}{200} = 5 \text{ см.}$  (атмосферное давление можно принять равным столбу воды в 10 метр.), и на эту величину повысится правое колено манометра. Если, при увеличении объема сосуда *A* на 5 кб. см., занятого каким-либо материалом, находящегося под давлением в 1 атм. уровень воды в манометре повысился на величину *h*, следовательно и давление воздуха в грунте уменьшилось на  $\frac{h}{1000}$  атмосферного. Таким образом  $\frac{h}{1000}$  неизвестного объема *X* должны равняться 5 кб. см, т. е.  $5 = \frac{h}{1000} X$ .

изводится в специальном металлическом приборе (см. рис. 6), состоящем: 1) из формы (*a*), 2) уплотнителя (*b*) и 3) вставки-задерживателя (*c*). В форму, возможно полнее наполненную грунтом, вставляется уплотнитель. Последним грунт и уплотняется на прессе десятикратным поднятием и опусканием нагрузки (260 кгр. на 4 кв. см).

По уплотнении в боковое отверстие уплотнителя вставляется задерживатель. Отверстие же в уплотнителе сделано так, чтобы при вдавливании уплотнителя расстояние между нижним концом уплот-

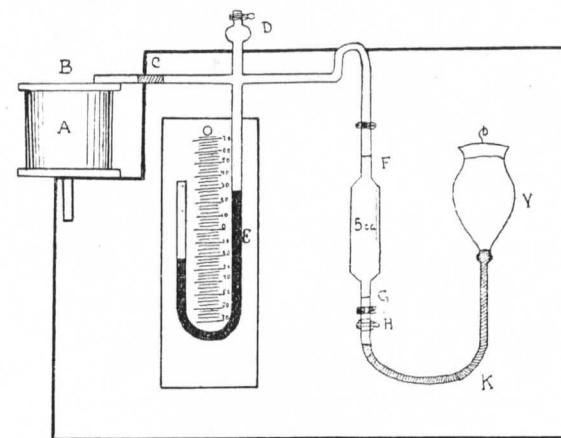


Рис. 5.

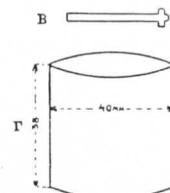
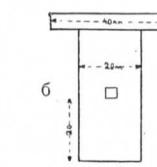
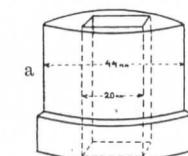


Рис. 6.

нителя и формы было 2 см. Затем прибор ставится на металлический цилиндр (*g*) и надавливанием ладонью руки на уплотнитель последний вдавливается в форму по задерживатель; выдавленный при этом из формы излишек грунта осторожно срезывается ножом, после чего задерживатель вынимается и из формы выдавливается кубик 2 см в ребре. Приготовляется одновременно три кубика для определения среднего числа из 3-х полученных чисел. Сформованные кубики оставляются на сутки при комнатной температуре для просыхания. Затем кубики ставятся в сушильный шкаф, высушиваются в течение 6 часов при температуре 105°C, после чего переносятся в эксикатор и по охлаждении берутся для раздавливания на прессе.

При установке кубика на прессе следует подкладывать под кубик и над кубиком тонкую кожу для более равномерного сжатия. Сопротивление грунта раздавливанию выражается числом кг. на один кв. см.

## 6. Сопротивление грунтов вдавливанию.

Для определения сопротивления вдавливанию берется 50—60 гр. грунта, накладывается в металлическую чашечку (*A* рис. 7), имеющую внутренний диаметр 4 см. и высоту 3 см., уминается рукой, при чем поверхность стараются сделать горизонтальной, в чашечку вставляется металлическая круглая, толстая, свободно входящая в чашечку пластиинка (*B*).

Чашечка затем переносится под пресс и грунт уплотняется плавно без ударов нагрузкой в 80 кг. Уплотнение повторяется 16 раз, при продолжительности действия нагрузки 5—8 сек.

Грунт испытывается при разных влажностях, сначала в воздушно сухом состоянии, затем количество воды постепенно увеличивается (каждый раз примерно на 2—3 %). После каждого испытания берется навеска для определения % воды в грунте весовым способом.

В лаборатории Исследовательского Дорожного Бюро для испытаний служит прибор Лубны-Герцыка. Он состоит (см. рис. 8) из укрепленного на качающейся опоре (1) рычага (2) второго рода длиной 60 см. К длинному концу рычага прилагается нагрузка, осуществляемая подачей воды в привешенное к нему ведро (3). На расстоянии 6 см. от опоры к рычагу шарнирно прикреплен рабочий стержень (4), направляемый и удерживаемый роликами; он служит для укрепления различных штампов для вдавливания. Система рычага с подвешенным к нему ведром и рабочим стержнем уравновешивается подвижным противовесом (5), соединенным с рычагом при помощи параллелограмма.

Все шарнирные соединения сделаны на центрах, за исключением прикрепления рычага к стойке и подвесок рабочего стержня и ведра, где поставлены стальные призмы.

Под рабочим стержнем прикреплен подвижный столик (6) для установки образца.

Передвижение рабочего стержня при помощи особого передаточного приспособления, типа пантографа (8), передается с увеличением в 10 раз на диаграмму обнимающую барабан (7). На диаграмме вычерчивается кривая зависимости между нагрузкой и передвижением штампа соответствующей деформации. Водная нагрузка осуществляется при помощи сифона (9) из цилиндрического бака (10) в котором плавает поплавок. Движение поплавка через штангу (11), шнур-

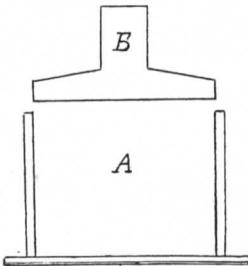


Рис. 7.

рок (12), перекинутый через блоки, передается барабану, так что определенное количество воды, вытекающей через сифон (9), производит известный поворот барабана. Барабан имеет 2 блока. Если шнур (12) надет на большой блок, то передвижение барабана на 1,97 мм. равняется 1 кг. нагрузки, на малом же блоке 1 кг. нагрузки равняется 3,93 мм.

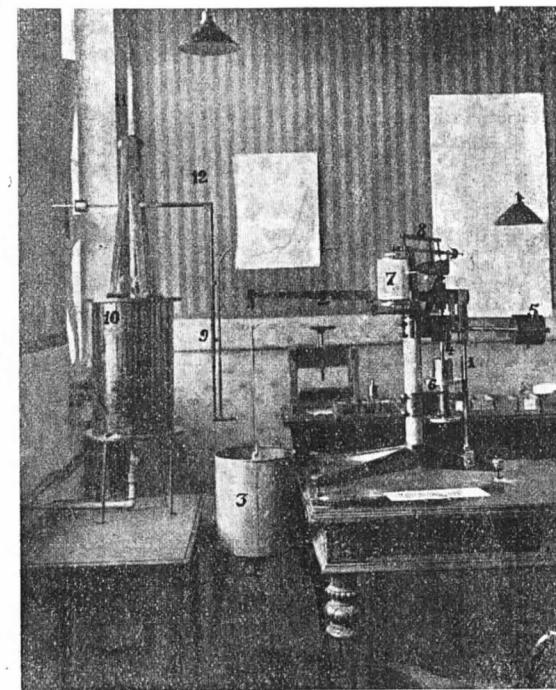


Рис. 8.

## 7. Пластичность.

Пластичностью глин и глинисто-песчаных смесей называется способность подобных грунтов образовывать с водою массу, которую можно формовать, т. е. действием руки придавать ей любую форму, сохраняющуюся и делающуюся твердой при высыхании.

Несомненно, пластичность, как и все другие физико-механические свойства грунтов, представляющих собою глинисто-песчаные смеси, находится в закономерной (функциональной) зависимости от двух главнейших факторов: 1) механического состава (текстуры) и 2) от минералогического характера частиц, составляющих данный грунт. Таким

образом по пластичности грунта можно судить и о других физико-механических свойствах его.

**Примечание:** Хотя в настоящее время указанная закономерность связи различных свойств грунтов не может еще быть представлена в численном выражении—уточнение составляет дальнейшую задачу лабораторных исследований,—однако и теперь, в виду крайней необходимости, Лаборатория Исследовательского Дорожного Бюро выработала некоторые характеристики грунтов с точки зрения их службы на грунтовых дорогах, а также простейшие методы определения тех или других свойств грунта с целью дать дорожным работникам на местах возможность ориентироваться в том природном материале, с которым дорожному строителю приходится иметь дело.

#### Методы определения пластичности.

1. Метод, требующий для своего выполнения наличия весов, предложенный шведским ученым Аттербергом состоит:

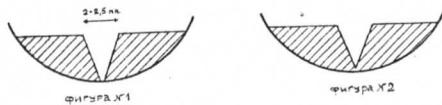


Рис. 9.

а) в определении нижней границы текучести или такой густоты (консистенции), при которой грунт, замешанный с водой и помещенный в плоскую фарфоровую чашечку, при разделении на две части снова сливаются вместе, и б) предела раскатывания в проволоку или момента, при котором тесто, приготовленное из грунта и воды, более уже не раскатывается в проволочки (нити).

а) Нижняя граница текучести определяется следующим образом: берется порция (10—15 гр.) сухого порошка грунта, приготовленного растиранием в фарфоровой ступке, помещается в плоскую фарфоровую же чашечку, куда добавляется вода; смесь (грунт + вода) тщательно перемешивается до образования однородного теста. Полученное тесто, при помощи полированного никелевого шпателя-лопаточки, распределяется в чашечке пластом, толщиной около 1 см., по возможности с ровной и гладкой поверхностью. Далее, такой пласт разрезается на две части шпателем так, чтобы между ними образовался канал; верхняя часть этого канала немножко раздвигается (2—2,5 мм.), и он приобретает форму, представленную на рис. 9 фиг. 1.

Затем по дну чашечки три раза ударяют ладонью руки, чтобы нижние стенки каналасливались вместе (см. рис. 9 фиг. 2).

Нижняя граница текучести уловлена, если обе части на дне, после третьего удара, слились вместе; если же части не слились, то к массе добавляется вода и операция повторяется. Наконец, может случиться и так, что стенки канала сливаются от первого или второго удара, что указывает на избыточное количество в массе воды, т. е. на переход границы текучести. Тогда масса сгущается добавлением некоторого количества грунта и операция повторяется снова. Когда граница уловлена, надлежащая консистенция получена, из чашечки берется средняя проба, которая помещается в стаканчик с притертой пробкой и высушиванием определяется количество воды в массе. Оценка выражается в процентах воды по отношению к взятой навеске.

$$\text{Например } X = \frac{B}{A} \times 100;$$

где  $X$  — % воды,

$A$  — навеска,

$B$  — количество воды в навеске.

б) Предел раскатывания в проволоку определяется таким образом. Тесто с полной однородностью массы, приготовляемое на воде из исследуемого грунта, раскатывается между ладонью или пальцами руки и гладкой поверхностью, покрытой бумагой, в тонкие жгутики-проводочки до тех пор, пока жгутики начнут распадаться на отдельности, не соединяющиеся между собой заново в проволочки. Распадающиеся проволочки осторожно собираются шпателем в стаканчик и в них высушиванием определяется содержание воды. Оценка и для этого состояния выражается в процентах по отношению к взятой навеске.

Разность между содержанием воды при нижней границе текучести и пределом раскатывания в проволоку А. Аттерберг назвал „числом пластичности“. Если, напр. нижняя граница текучести—39,8 % воды, а предел раскатывания в проволоку—25,0%, то число пластичности равно 14,8. Чем пластичнее грунт, тем большее разность между границей текучести и пределом раскатывания.

А. Аттерберг по величине пластичности подразделяет грунты:

1. Пластичные 1-го класса, у которых число пластичности больше 15;
2. " 2-го класса, у которых число пластичности от 15—7;
3. " 3-го класса, у которых число пластичности меньше 7.

Грунты же, у которых число пластичности = 0, относятся к непластичным.

2. Метод определения пластичности при помощи прибора, не требующего весов.

Метод этот, предложенный профессором П. А. Земятченским<sup>1)</sup>, заключается в количественном определении величины деформации грунтов и деформирующей силы. Прибор, сконструированный П. А. Земятченским, состоит из рамы, укрепленной на основании (см. рис. 10). Через верхнюю и нижнюю перекладины рамы проходит свободно скользящий стержень, имеющий на нижнем конце маленькую площадку, во время работы опирающуюся на испытываемый образец. Верхняя площадка служит для груза. Последним может служить насыпанная в стеклянную или жестяную банку или бумажные коробки мелкая свинцовая дробь, поступающая порциями по 0,5 кг. На нижней перекладине рамы, рядом со свободно двигающимся по вертикали стержнем, укреплена реечка с делениями на м.м., по которой отсчитывается величина сжатия шара до появления на нем трещины. Испытание производится следующим образом: шар, приготовленный указанным ниже способом, помещается под нижнюю площадку двигающегося стержня. При этом нужно стараться ставить шар как можно точнее, в центре площадки. Когда шар установлен, приступают к его сдавливанию, последовательно насыпая дробь в сосуд, помещенный на верхней площадке (или ставя коробки с отвешенным количеством дроби); отмечают при каждой прибавке груза величину сжатия шара. Груз прибавляется до тех пор, пока не появляется на поверхности шара трещина. При появлении первой трещинки отмечается сжатие диаметра шара, а также величина нагрузки, вызвавшей данную деформацию. Умножением сжатия диаметра шара на нагрузку получается "указатель пластичности", который выражается в виде такой зависимости ( $a - b$ )  $p$ , где  $a$ —диаметр шара до сжатия,  $b$ —величина диаметра после сжатия (по вертикальной оси) и  $p$ —величина нагрузки.

Приготовление шара. Для определения пластичности по методу шаров, как и при всяком другом методе, требуется соблюдение некоторых условий. Прежде всего требуется из грунта приготовить массу определенной консистенции. Для этого: а) берется растертый в порошок грунт, замешиванием с водой доводится до рабочего состояния, т. е. до момента, при котором грунт остается мягким, способным к обработке, не прилипая к коже руки. Перемешивание в руках массу необходимо довести до возможной однородности.

б) Из приготовленной таким образом массы берется часть, в количестве достаточном для приготовления шара диаметром 4,5—4,6 см. Шар приготавливается выкатыванием взятого куска массы между ла-

<sup>1)</sup> Проф. П. А. Земятченский. Глины их физические, химические и технические свойства. Труды Государственного Исслед. Керамического Института. Выпуск 7. 1927 г.

донями рук. Далее, приготовленный шар поступает на испытание, т. е. раздавливается на описанном выше приборе.

Примечание. Данный метод имеет те преимущества перед методом Аттерберга, что он является довольно простым и быстрым, в то же время дающим не косвенные величины пластичности, как метод Аттерберга, а непосредственное измерение сил, в зависимости от которых находится пластичность.

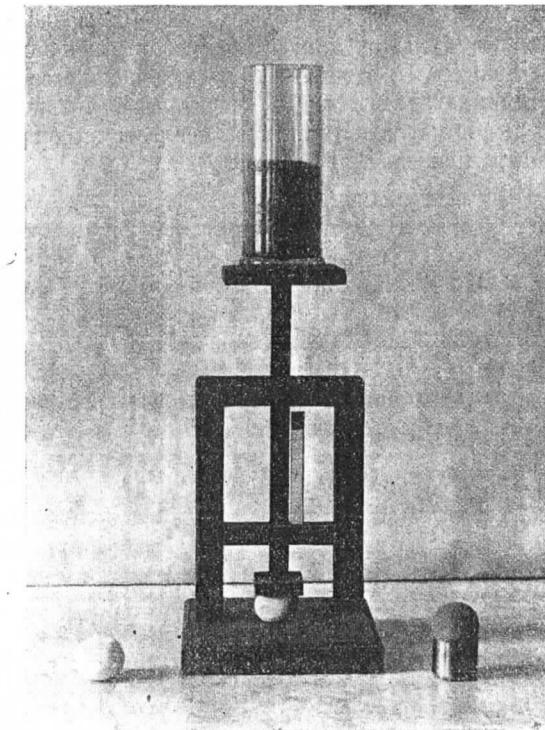


Рис. 10.

3. Элементарный метод определения пластичности, не требующий каких-либо приборов.

Идя по пути упрощения в целях хотя бы грубо, в общих чертах, дать дорожным строителям в полевой обстановке возможность судить о степени пластичности грунта, не прибегая к каким-либо приборам, Лаборатория ЦУМТа предлагает следующий метод определения пластичности: 10—15 гр. грунта, растертого в порошок, замешивается с избыточным количеством воды и перемешиванием в руках масса

доводится до полной однородности и начала рабочего состояния (определение рабочего состояния см. выше). По достижении рабочего состояния, из массы делается шарик, диаметром 1—1,5 м.м., если грунты пластичные, и около 3 м.м., если грунты малопластичные, который и раскатывается в проволочки.

Раскатывание производится между пальцами руки и поверхностью стола, покрытого бумагой, или между ладонью одной руки (левой) и пальцами другой (правой). Когда проволочка начинает распадаться на несоединяющиеся между собой части, она осторожно переносится на миллиметровую бумажку или линееку, при помощи которых измеряется ее диаметр. Произведенные наблюдения показали, что проволочки пластичных грунтов имеют значительно меньший диаметр, нежели проволочки малопластичных и непластичных грунтов.

Данные опыта приведены в таблице № 2.

Таблица № 2.

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ.	Пластичн по Аттер- бергу.	Диаметр проводки при преде- ле раска- тывания.
1. Бакчеев карьер В 1-й сорт . . . . .	19,30	0,73 м.м.
2. Extra . . . . .	18,50	0,50 "
3 Свирь образец № 4 . . . . .	17,16	0,90 "
4. " скв. 30-б, глуб. 17,76 . . . . .	16,65	0,85 "
5. " образец № 5 . . . . .	16,47	1,00 "
6. " , № 1 . . . . .	14,84	0,95 "
7. " , № 11 . . . . .	14,83	1,00 "
8. " , № 8 . . . . .	14,14	1,00 "
9. Бакчеев; песчаная . . . . .	11,00	1,40 "
10. Самарский тракт, яма 6, слой 1 . . .	6,05	2,02 "
11. Гомельский завод, слой 2 . . . . .	3,67	2,40 "
12. Спасская губа—Кончозеро, яма 5, слой 3 . . . . .	3,5	3,50 "
13. Олонец—Кондупши, яма 138, слой 2 .	1,48	4,00 "
14. Кемь—Ухта, яма 53, слой 1 . . . . .	0,83	7,20 "
15. Самарский тракт, яма 1, слой 1 . . . .	0,61	7,21 "
16. Шуйско-Линдозерский тракт, яма 22, слой 2 . . . . .	0,48	6,60 "
17. Кемь—Ухта, ник. 786+90, глуб. 18—20 . . . . .	0,17	8,00 "

На основании этих данных пластичность грунтов, по величине диаметра проволочки при пределе раскатывания, можно относить к одной из следующих групп:

Диаметр проволочки при пределе раскатывания.		Пластичность по Аттер- бергу.	
Меньше	0,75 м.м.	Больше	18
1	"	18—14	
1—2	"	14—10	
2—3	"	10—6	
3—4	"	3—1	
4—8	"	1 и меньше	

Как видно из вышесказанного, данный метод может быть применен, при полевых рекогносцировочных исследованиях, с большой пользой.

По тем данным, которыми в настоящее время располагает Лаборатория, хорошие и удовлетворительные в качестве дорожного покрытия грунты имеют пластичность, выражющуюся следующими числами:

- а) по методу Аттерберга (числа пластичности) 0,6—6,0;
- б) по методу шаров (указатель пластичности) 2—3;
- в) по толщине "проводки" 7—2 м.м.

Грунты, у которых цифры пластичности по методу Аттерберга и методу шаров стоят ниже указанных, а по толщине проволоки — выше, относятся к рыхлым песчаным и пылеватым грунтам, которые для улучшения дорожных свойств требуют прибавки более глинистых грунтов.

Более высокие „числа пластичности“ и „указатели пластичности“, и меньший диаметр проволоки указывают на более тяжелый, глинистый характер грунта, а посему требующего добавления песчаного и пылеватого грунта.

## 8. Липкость грунтов.

Определение липкости грунтов производится на приборе Охотина, изображенном на рисунке 11. Липкость определяется при разных влажностях, начиная от малой и кончая такой, при которой грунт превращается в грязь, почти не прилипая. Содержание воды в грунте определяется весовым способом.

Самое определение липкости ведется следующим образом: формочка (1) плотно от руки набивается грунтом так, чтобы он был выше краев формочки, затем сверху на него кладется пластиинка (2) имеющая площадь в 10 кв. см., как раз равную площади поперечного сечения формочки, и на прессе грузом в 80 кг. прижимается к грунту.

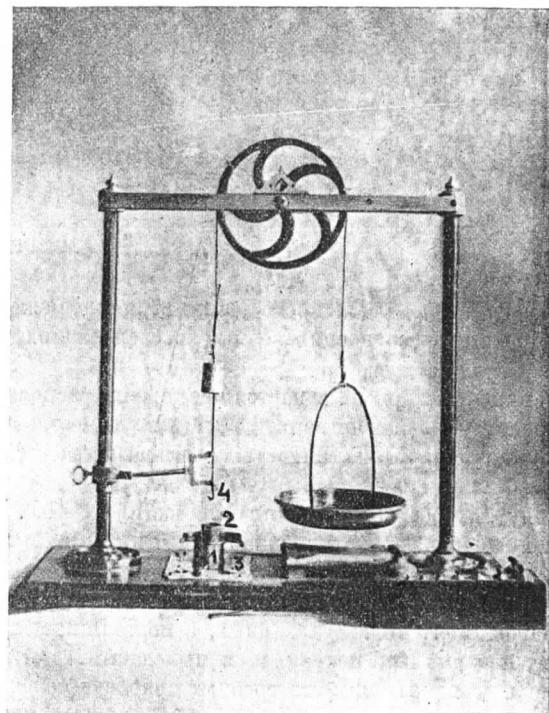


Рис. 11.

Если от данной нагрузки пластиинка прилипла к грунту не по всей площади, то ее пришлифовывают к грунту рукой и снова прижимают нагрузкой в 80 кг. После этого формочка вставляется в пазы (3), чтобы она не могла подниматься кверху, во время опыта; затем ушко пластиинки задевается крючком (4) и на чашкусыпается медленной струей мелкая дробь до тех пор, пока пластиинка (2) не оторвется от грунта. Дробь взвешивается и нагрузка вычисляется на 1 кв. см.

При каждой влажности делаются контрольные определения.

## 9. Размокание.

Метод определения скорости размокания заключается в следующем: проба грунта, взятая для испытания, растирается, просеивается, если в грунте имеется большое количество крупного скелета, через сито в один мм., замешивается с водой и тщательным перемешиванием масса доводится до рабочего состояния (определение рабочего состояния см. пластичность).

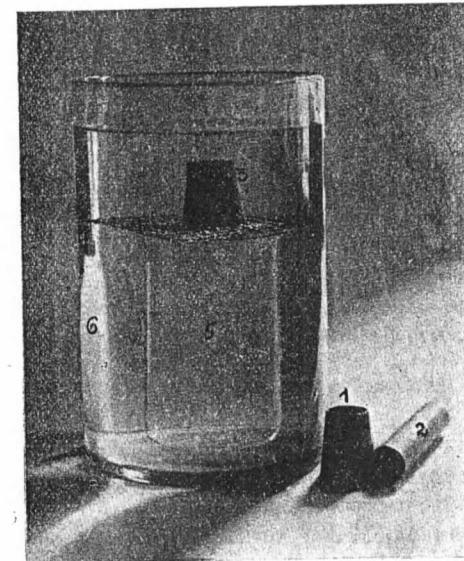


Рис. 12.

Приготовленная таким образом масса накладывается поверху в металлическую формочку, имеющую вид усеченного конуса (рис. 12, фиг. 1), диаметр нижнего основания которого 3,5 см, верхнего 2,5 см. и высота 4,5 см. Сверху, в формочку, на грунт кладется металлический кружок, имеющий диаметр около 3,3 см., форма ставится на пресс, где грунт и уплотняется нагрузкой 16 кг. на 1 см<sup>2</sup>.

Сформованный грунт, при помощи цилиндрического, металлического стержня (фиг. 2), выдавливается из формы и высушивается, вначале при обычновенной температуре, а затем в сушильном шкафу при температуре 105° С.

Приготовленные и высушенные таким образом образцы (фиг. 3) охлаждаются в экскикаторе и переносятся на сеточку с отверстиями

$1,5 \text{ см}^2$ . (фиг. 4), расположенную поверх небольшого стакана (фиг. 5) в свою очередь погруженного в большой стакан (фиг. 6), наполненный водой, с таким расчетом, чтобы поставленный на сетку образец полностью был погружен в воду.

Скорость размокания считается от начала погружения образца в воду до момента, при котором весь образец провалится через сетку.

### 10. Смачивание.

Смачивание, по методу предложенному Лубны-Герцким, производится так: в цилиндр, высотой 5 см. и с внутренним диаметром 2,5 см., вставляется пластинка, имеющая на одной стороне полушаровой выступ, объемом ровно в 1 куб. см., при чем выпуклая часть обращена во внутрь цилиндра; затем в цилиндр накладывается грунт и утрамбовывается давлением нагрузки в 60 кг. Утрамбованный грунт выталкивается поршнем из цилиндра, металлическая пластинка отнимается и сформованный грунт сушится сначала на воздухе, а затем в сушильном шкафу при температуре 105° С.

Для определения скорости смачивания в углубление сформованного образца из бюретки наливается воды ровно 1 куб. см. и по секундомеру отсчитывается время от начала прилиивания воды до того момента, когда вода скроется с поверхности; этот момент легко можно заметить потому, что блестящая поверхность углубления становится матовой.

### 11. Водопроницаемость.

Водопроницаемость грунта определяется: 1) на приборе Охотина, изображенном на рисунке 13. Опыт ведется следующим образом: в кольцо (6), имеющее две нарезки—одну вверху и другую внизу и закрытое снизу тонкой металлической сеткой (7), накладывается грунт в рабочем состоянии, утрамбовывается давлением нагрузки в 48 кг., и избыток грунта, выступающий над кольцом, срезается острым ножом.

Трубка (3) закрывается зажимом (2) с пробиркой (1) надевается на тело (4) прибора, и прибор через нижнее отверстие наполняется водой до краев. Затем в него ввинчивается кольцо (6) с грунтом, на которое сверху кладется резиновая прокладка (5), книзу на кольцо привинчивается конус (8). Прибор в вертикальном положении укрепляется в штативе и наблюдается, когда с нижнего конца конуса покажутся капли воды. Тогда через трубку (3) ртом вытягивается такое количество воды, чтобы уровень ее в градуированной пробирке (1) был против 0 и затем определяется срок, в который через грунт пройдет 10 куб. см. воды.

2) Второй метод (проф. А. М. Соколова), которым пользуется Лаборатория Бюро для определения водопроницаемости грунтов заключается в следующем: в среднее кольцо (1) прибора (рис. 14), имеющее вну-

тренний диаметр 2,5 см., высоту 1 см. и дно из мелкой металлической сетки, накладывается грунт в рабочем состоянии и уплотняется нагрузкой в 48 кг.; избыток грунта осторожно срезывается ножом до краев кольца, которое при помощи струбцинок зажимается между нижним кольцом (2) и кольцом полого „колпака“ (3), укрепленного

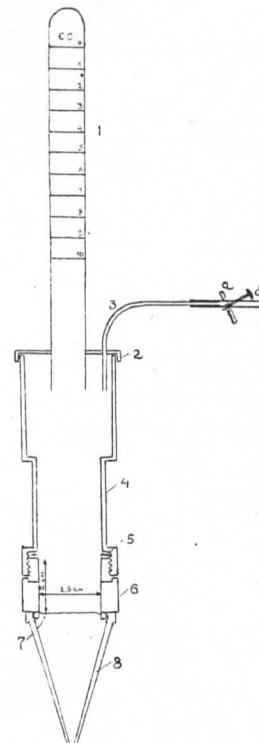


Рис. 13.

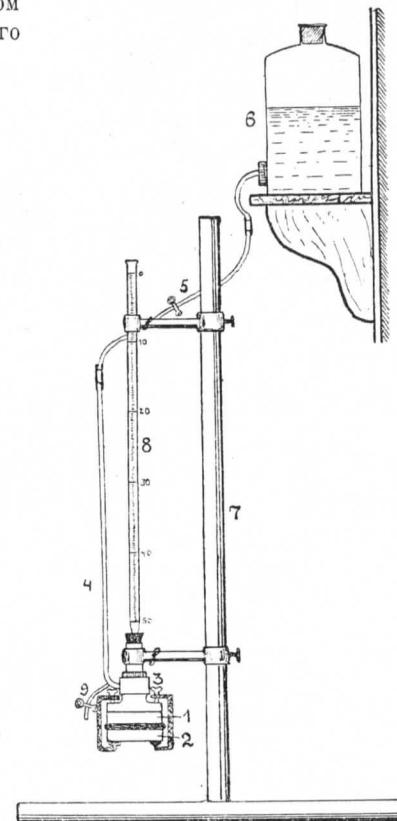


Рис. 14.

на штативе (7). Верхнее отверстие „колпака“ закрывается резиновой пробкой с отверстием, в которое вставляется градуированная стеклянная бюретка (8). Кроме того, „колпак“ имеет боковое отверстие, от которого отходит металлическая трубочка (4), соединяющаяся резиновой трубочкой (5) с тубусом бутыли (6).

У места соединения „колпака“ прибора с трубочкой (4) от последней отходит короткая трубочка (9) с резиновым наконечником и зажимом, которая служит для регулирования уровня воды в бюретке (8).

После укрепления кольца (1), наполненного грунтом, зажим резиновой трубочки (5) открывается, вода из бутыли (6) наполняет „колпак“ (3) прибора и присоединенную к нему бюретку (8). Столб воды над грунтом должен равняться 50 см.

Затем, зажим закрывают и следят за появлением внизу прибора первой капли воды, прошедшей через грунт; время, с момента появления первой капли воды, необходимое для просачивания 10 см<sup>3</sup>, выражает водопроницаемость испытуемого грунта.

## 12. Оптимальная смесь песчано-глинистого грунта <sup>1)</sup>.

Какую текстуру грунтов надо принять в качестве наилучшей „оптимальной“ для дорожного полотна, должны решить опыты, поставленные в условиях дорожного строительства. В настоящее время, ввиду отсутствия этих опытов, для более скорого, хотя только приближенного, а посему временного, решения, можно избрать иной путь—путь наблюдения над службой существующих грунтовых дорог. На грунтовых дорогах нередко имеются участки, являющиеся всегда в более или менее удовлетворительном, проезжем состоянии. Такие участки и можно принять в качестве стандартных. Их механический состав, механическая и минералогическая характеристика должны служить указанием, какими средствами и путями возможно улучшить грунты, являющиеся неудовлетворительными. Состав последних должен быть изменен соответствующими прибавками других грунтов в таком количестве, чтобы получилась смесь, по возможности близкая к составу стандартного участка.

В настоящее время Лаборатория Исследовательского Дорожного Бюро имеет в своем распоряжении образцы хороших участков из разных климатических районов. В качестве примера приводим механический состав таких участков (табл. 3):

Таблица № 3.

Наименование тракта.	Диаметр частиц мм.								< 0,005
	10—4	4—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	
1. Харьков — Волчанска Украина . . . . .	—	—	0,1	1,42	25,10	36,58	7,98	21,16	7,67
2. Бузулук — Уральск Самарской губ. . . .	—	—	—	0,58	24,83	29,07	16,82	16,55	12,54
3. Мелекес — Симбирск Самарской губ. . . .	—	—	—	0,57	25,23	30,31	21,01	15,43	8,45
4. Волжстрой — Ленинградской губ. . . .	1,4	2,4	3,30	5,48	7,95	32,78	25,39	14,63	6,67
5. Якутская магистраль Якутской обл. . . . .	—	—	0,7	5,57	40,21	28,60	10,55	14,0	
6. Термес — Дюшамбе Туркестан . . . . .	4,48	8,95	11,57	13,99	23,51	12,12	7,38	8,44	9,56

<sup>1)</sup> Слово „оптимальная смесь“—означает ту искусственно приготовленную смесь (из имеющихся налицо различных грунтов), которая дает наилучшие результаты в службе дорожного полотна.

Из приведенных анализов видно, что первые 5 грунтов являются песчано-глинистыми и 6-й—песчано-глинистым с содержанием гравия.

Многочисленные анализы плохих участков показывают, что грунт является неудовлетворительным, если в нем частиц диаметром менее  $< 0,005$  мм. („глины“, „глинистой субстанции“) содержит более 15%. Такой грунт в сырое время делается „грязным“ и липким. При содержании „глинистых“ частиц менее 5%—грунт в сухое время легко разбивается, становится сыпучим, и таким образом тоже является неудовлетворительным.

Большое влияние на состояние песчано-глинистой дороги оказывает группа частиц, называемых „пылеватыми“ или просто „пылью“ (0,05—0,005 мм.). Если количество пыли в грунте падает ниже 20%, то дорожный участок в сухую погоду легко разбивается; при содержании же пыли больше 50% дорога является очень пыльной.

Примеры механического состава, дорожных участков, являющихся неудовлетворительными вследствие вышеуказанных причин приведены в таблице 4-ой.

Таблица № 4.

Наименование тракта.	Диаметр частиц мм.								Примечание.
	10—4.	4—2.	2—1.	1 · 0,5.	0,5—0,25.	0,25—0,05.	0,05—0,01.	0,01—0,005.	
Харьков — Волчанска . . . . .	—	—	—	0,63	13,85	19,90	22,45	22,56	20,61
Сестрорецкая дорога Ленинградской губ. . . . .	—	—	6,68	7,21	31,26	4,50	6,80	40,11	3,30
Нижегородско -Казанская тракт Нижегородск. г. . . . .	—	—	—	0,70	4,30	14,75	52,40	19,71	8,14
Тракт Самаро-Оренбург. Самарской губ. . . . .	—	—	—	2,09	47,17	24,77	8,67	7,87	9,43

На основании многочисленных анализов хороших и плохих участков можно заключить, что дорога проезжая как в сухое время, так и в распутицу должна содержать глины 7—15% <sup>1)</sup>.

Таким образом при определении пригодности того или другого грунта для устройства хорошей грунтовой дороги, его достоинств или недостатков, а также возможности его улучшения посредством добавки другого грунта, прежде всего надо знать механический состав того и другого.

<sup>1)</sup> В климате сырого количества глины ( $< 0,005$  мм.) должно приближаться к нижнему пределу, в сухом—к верхнему.



Ввиду того, что Лаборатория на основании своих чисто лабораторных испытаний должна дать определенные указания на пригодность имеющегося грунта или составленной надлежащим образом „оптимальной“ смеси, необходимо, кроме механического анализа, найти и другие признаки, характеризующие „оптимальную смесь“.

Само собою разумеется, в службе грунта в качестве дорожного полотна наиболее существенным является сопротивление грунта деформирующему воздействию, его способность к деформациям.

Лабораторные исследования показали, <sup>1)</sup> что последняя находится в связи, с одной стороны, с количеством в грунте „глинистых“ частиц, а с другой — с отношением между собою разных фракций песчаных и пылеватых частиц. Так, напр., кубик, составленный из 80% крупного песка и 20% глинистых частиц, дал сопротивление раздавливанию 23 кг., кубик же, содержащий те же 20% глины, но в котором половина крупного песка заменена мелким требует для раздавливания 125 кг. Таким образом, с изменением механического состава скелета сопротивление раздавливанию возросло более чем в пять раз.

Также существенно меняется сопротивление вдавливанию <sup>2)</sup>.

Смесь из 90% фракции крупного песка и 10% глинистых частиц для вдавливания штампа в 1 кв. см. на глубину в 2,5 м.м. потребовала 10,8 кг., та же смесь, но в которой половина крупного песка заменена пылью дала сопротивление вдавливанию 28 кг.

Дальнейшими работами <sup>3)</sup> было выяснено, что изменение сопротивления грунта деформациям стоит в связи с порозностью грунта. Грунт тем устойчивее, чем меньше порозность его скелета.

Заполнение пор происходит наилучшим образом тогда, когда заполняющая фракция имеет диаметр зерен в 16 раз меньший диаметра зерен заполняемой фракции. Смесь же составленная из таких двух фракций, в свою очередь будет наилучшим образом заполняться, если диаметр зерен заполняющей фракции будет в 16 раз меньше диаметра зерен мелкой фракции, входящей в смесь, и так далее. Так, напр., поры фракции в 32—16 м.м. наилучшим образом заполняются фракцией 2—1 м.м., полученная же смесь будет заполняться фракцией 0,1—0,05 м.м. Весовые отношения между фракциями при наилучшем заполнении пор таковы: вес первой фракции относится к весу второй как 2,3:1, в таком же отношении должна находиться и 2-ая фракция к 3-ей т. е. их отношение выражаться зави-

<sup>1)</sup> П. А. Земятченский. К вопросу о физико-механических свойствах грунтов. Сборник ЦУМГа № 18.

<sup>2)</sup> Охотин, В. В. Сопротивление грунтов вдавливанию в зависимости от механического состава. Сборник ЦУМГа № 19.

<sup>3)</sup> Охотин, В. В. Заполнение пор в грунтах. Деложено на Совещании Бюро и представителей ЦУМГа, ОМЕС'ов и опытных исследов. станций Исслед. Дорожного Бюро 1928 г.

симостью 2,3<sup>3</sup>:2,3 : 1; практически допустимо изменение этого отношения от 4:1 до 1,5:1. Напр. если взять фракции 32—16 м.м. и 2—1 м.м., то наилучшее заполнение пор получается, когда первой фракции имеется 70% и 2-ой 30%. Однако практически близкой к идеальному заполнению получается при изменении % первой фракции от 80 до 60, а следовательно соответственно и второй от 20 до 40. Если же в смесь входят три фракции, то третьей фракции для наилучшего заполнения нужно взять 10—12%; это количество без существенного влияния на величину пористости может изменяться от 7 до 15%.

Если в грунте имеется, кроме 3-х фракций, из коих каждая последующая в 16 раз меньше предыдущей, еще и другие промежуточные, то они должны быть в таких же отношениях друг к другу как и первые 3. Так напр., если кроме фракции от 32 до 16 м.м.; от 2—1 м.м. и от 0,1—0,05 м.м. имеется фракция от 16—8 м.м., то для того, чтобы последняя не увеличивала пористость грунта, в нем должны содержаться фракции от 1—0,5 и 0,5—0,01 м.м., весовые отношения которых должны быть 2,3<sup>2</sup>:2,3:1.

Количество глины в грунте, являющееся оптимальным, как выяснено лабораторными работами <sup>1)</sup> для разных грунтов будет различно. Если грунт состоит из крупного песка и глины, то наибольшее сопротивление деформациям во влажном состоянии он дает при содержании глины в нем 20%; в грунте, состоящем из тонкого песка и глины или из пыли и глины, практически максимальная величина сопротивления получается при содержании глины 15%. Грунт, в котором скелет состоит из песка и пыли, при чем отношение фракций скелета таково, что пористость грунта близка к минимальной, количество глины, при котором достигается максимальное сопротивление, равно 10%; однако и при содержании глины 7% грунт дает большое сопротивление.

На основании всего предыдущего, можно считать, что оптимальной смесью будет такова, в которой весовые отношения фракций песка пыли и глины, диаметры которых относятся между собой как 16:1, будут представлять собой убывающий ряд со знаменателем отношения <sup>3/7</sup>; количество же глины будет составлять 7—10% всей смеси.

Положим, у нас есть глинистый грунт такого механического состава:

2—1 м.м.	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005
—	—	—	15,0%	5,00%	15,00%	15,0% <sup>4)</sup>	50%

<sup>4)</sup> Подробности см. Охотин. Сопротивление грунтов вдавливанию в зависимости от механического состава. Сборник ЦУМГа № 19, 1928 г.

очевидно, этот грунт будет содержать избыток глины и из него сделанная дорожная одежда будет плохой; для улучшения его нужна такая прибавка песка, чтобы в полученной смеси „глинистой субстанции“ содержалось около 10%. Напр. имеются два песчаных карьера № I и № II такого состава:

	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005
№ I	26,0%	35,0%	6,0%	1,00%	10,0%	20,0%	1,0%	1,0%
№ II	2,0%	5,0%	6,0%	45,0%	36,0%	5,0%	1,0%	—

Чтобы, получить смесь с 10% глинистой субстанцией, нужно к глинистому грунту прибавить  $\frac{4}{5}$  песка.

Если прибавим песка из карьера № 1, то получится смесь состава:

2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005
20,8	28,0	4,8	3,8	9,0	19,0	3,8	10,8

Если же прибавим такое же количество песка из карьера № 2, то получим смесь:

2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005
0,8	4,0	4,8	39,0	29,8	7,4	3,8	10,0

Сравнивая эти две смеси, видно, что смесь первая будет несравненно устойчивее второй, так как, хотя глинистых частиц в них одинаковое количество, скелет первой будет обладать меньшей порозностью, чем второй.

В первой смеси отношение количества фракции 2—1 к количеству фракции 0,1—0,05 будет равняться 2,3; сумма фракции 1—0,5 и 0,5—0,25 к количеству фракции 0,05—0,01 равняется 1,7, т. е. очень незначительно отличается от оптимального, сумма же всех этих фракций составляет почти весь скелет смеси, следовательно он будет очень устойчив.

Во второй смеси главная масса скелета 68,8% состоит из 2-х рядом лежащих фракций (0,25—0,1 и 0,1—0,05), которые совершенно не заполняют поры одна другой, следовательно и весь скелет будет обладать большей порозностью и будет менее устойчив, чем скелет предыдущей смеси.

Кроме механического анализа указателем на состояние дорожного полотна может служить его сопротивление раздавливанию, величина липкости и пластичность.

Так, хорошие участки дают сопротивление раздавливанию кубика от 80 до 160 кгр. на 4 см<sup>2</sup>, грунты, дающие большее сопротивление, чем 160 кгр., уже содержат избыток глины, наоборот, сопротивление коих меньше 80, являются мало связными.

В отношении липкости хорошие участки дают максимальную величину меньше 70 гр. на 1 кв. см. металла и пластичность по Аттербергу не более 6.

*Примечание.* Весовое количество фракций, входящих в смесь диаметры коих относятся между собой как 16:1, может быть выражено формулой  $y = q^{x-1}$ , где  $y$  — весовое количество фракции, выраженное в %,  $x$  — количество первой самой крупной фракции, выраженной в %,  $q$  — знаменатель отношения равный  $\sqrt[3]{7}$  и  $x$  число членов, входящих в ряд. Величина  $a$  изменяется в зависимости от числа членов и может быть выражена формулой  $a = \frac{100(1-q)}{1-q^n}$ , где  $q = \sqrt[3]{7}$ , а  $n$  — число фракций в смеси.

## II. Способы улучшения грунта для дорожной одежды другими добавками.

### 1. Известкование.

Известкование в значительной мере уничтожает вредные свойства тяжело-глинистых грунтов: липкость, пластичность, намокаемость и пр., увеличивает сопротивление размоканию, сокращает время дорожной распутицы и отчасти предохраняют от пылеобразования.

Известкованию подвергаются только глинистые грунты.

Прибавка негашеной извести должна составлять 5%<sup>1)</sup> от веса одежды; при употреблении гашеной извести количество ее должно быть увеличено до 6,5%.

Присутствие углекислого кальция (недожог) в негашеной извести понижает ее достоинства и даже становится вредным, так как при большом содержании тонко измельченного углекислого кальция глинистые свойства грунта еще усиливаются.

Продажная едкая известь хорошего качества не должна содержать более 4,5% углекислого кальция и не менее 95% извести (негашеной); содержание же в гашеной извести (пушонке) чистой гашеной извести должно быть не менее 70—75% и углекислого кальция не более 3,5%.

Качественное определение содержания углекислого кальция в обожженной извести можно произвести таким образом.

Небольшую порцию испытуемой продажной извести растворяют в разбавленной (10%) соляной кислоте, выделение пузырьков газа (CO<sub>2</sub>) будет указывать на содержание CaCO<sub>3</sub>. Бурное выделение пузырьков газа указывает на значительное содержание в ней углекислого кальция. Для количественного определения углекислого кальция в жженой извести навеска в 2—3 г., высушенная до постоянного веса при температуре 110—120°C, прокаливается в тигле также до постоянного веса и определяется убыль веса, которая указывает на количество соли, связанной с окисью кальция.

<sup>1)</sup> См. подробности Яновский. Влияние извести и мела на физико-механические свойства грунтов. Сборник ЦУМТа № 13.

Простой способ определения окиси кальция (CaO) в жженой извести производится следующим образом: 1 гр. измельченной извести обрабатываются 150 куб. см. 10% раствора сахара (в течение 10—15 мин.) при этом окись кальция переходит в раствор, примеси же остаются в осадке. Раствор отфильтровывается, к нему прибавляется несколько капель метил-оранжа (раствор окрашивается в желтый цвет), а затем из бюретки приливается осторожно нормальный раствор соляной кислоты до появления красного окрашивания. Умножив число кубиков соляной кислоты на 0,028 (1 куб. см. нормального раствора соляной кислоты нейтрализует 0,028 гр. CaO) находим содержание CaO в 1 гр. испытуемой извести.

О достоинстве обожженной извести можно судить также по увеличении ее объема при гашении. Чем больше объем известкового теста, полученного при обливании взятой навески извести 3—4-ным количеством воды (по весу), тем лучше ее качества.

### 2. Обжиг глин и глинистых грунтов.

Для улучшения тяжелой глинистой дороги необходимо иметь в наличии надлежащие песчанистые и пылеватые грунты, которые можно бы добавить к глинистому грунту, чтобы получилась "оптимальная" смесь. Однако, часто подобных условий налицо не имеется: глинистые участки дорог тянутся на значительное протяжение, а карьеры песка или пылеватых пород находятся далеко. Поэтому, руководствуясь данными литературы, касающейся глин вообще, Лаборатория Исследовательского Дорожного Бюро еще в 1926 году произвела опыты над возможностью улучшения глинистых дорог при помощи обжига (о чем было сделано сообщение на Совещании представителей Омес'ов и Исследователей Станций Дорожного Бюро).

Для опытов были взяты исключительно тяжелые глины: одна из них огнеупорная—каолинитовая глина с известного месторождения ст. Латной (Воронежской губ.), другая менее пластичная и менее огнеупорная, непосредственно с полотна дороги „Краснодар—Ново-мышская“ (Кубань). Механический состав этих глин представлен на следующей табличке:

Наименование глин.	Диаметр частиц, мм.						
	>1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005
Глина каолинитовая Воронежской губ. . . .	—	—	0,15%	1,33%	1,92%	8,38%	89,28%
Глина с полотна до- роги „Краснодар—Ново- мышская“. . . .	—	—	1,02%	4,64%	21,48%	72,86%	

Обжиг глин производился при температуре 500—700° С, вполне доступной на практике, в течение 1 часа.

После такого обжига глины потеряли свои характерные свойства: а) глина с полотна дороги почти совершенно утратила липкость; глина каолинитовая так же значительно ее уменьшила; б) уничтожилась пластичность (напр., у глины с полотна дороги пластичность по Аттербергу была 16; после обжига—0,9). Сопротивление раздавливанию, скорость размокания, скорость намокания и др. свойства стали подобны свойствам грунтов с хороших дорожных участков; в) глины стали водопроницаемы и вообще приобрели свойства песчаных грунтов.

Для выяснения устойчивости, произошедших изменений в свойствах названных глин, последние после обжига подвергались размачиванию в воде. По прошествии месяца глина с тракта „Краснодар-Новомышастовская“ не имела даже намеков на восстановление своих прежних свойств, у глины же ст. Латной свойства отчасти восстановились. Поэтому она была подвергнута более длительному (2-х часовому) обжигу при тех-же условиях. После обжига глина ст. Латной окончательно утратила свои характерные свойства.

Весной 1926 г. опыты были перенесены на опытную дорожку, где было построено два участка: один из обожженной Латнинской каолиновой глины, другой из той же глины необожженной.

Обжиг глины на дорожке достигался следующим образом: из кусков глины делалась маленькая печь, типа обыкновенной напольной печи, в которую накладывались дрова и обжиг продолжался 2-3 дня (по 6 часов). Верх и дно печи обжигались лучше, нежели боковые стенки, но для опыта была взята глина из всей печи, хорошо перемешана, и из нее сделана одежда для опытного участка.

При испытании участков из обожженной и необожженной глины получены следующие результаты:

Наименование участка.	Влажность.	Число проходов тележки.	Колейность, в см.	Состояние участков после испытания.
Участок из обожженой глины.	23,7 %	2	1,2	Поверхность гладкая, липкости нет.
Участок из не обожженной глины.	28,4 %	2	6,2	Значительная липкость, дальнейшие проходы затруднительны.
Участок из обожженой глины.	23,7%	13	4,7	Липкости нет.
Участок из необожженной глины.				Испытание после двух проходов провести не удалось из-за большой липкости глины.

Из этой таблицы видно, насколько резко после обжига изменились свойства Латнинской глины в качестве дорожного полотна. Происшедшие изменения сохранились в течение осени и весны, после чего опыт был прекращен.

Таким образом, хотя произведенный опыт имел чисто рекогносцировочный характер, однако, он дал полную уверенность в возможности применения обжига в качестве средства, улучшающего дорожные свойства глинистых грунтов. В 1927 г. аналогичные исследования были произведены Московск. Исслед. Станцией Дорожного Бюро<sup>1)</sup> и с теми же результатами.

Первый опыт обжига полотна глинистой дороги в производственном масштабе произведен Московским Омес'ом на Тайгинском тракте.

Обжиг производился также, главным образом, в напольных печах. Как показали дальнейшие наблюдения за этим участком, обжиг сильно уменьшил колейность, сократил период дорожной распутицы и вообще вызвал более быстрое просыхание.

Таким образом, и с технической стороны, применение обжига можно считать вполне применимым и практически выполнимым. В каждом частном случае придется считаться с экономической стороны дела.

### 3. Торфование.

В некоторых случаях для улучшения дорожных свойств песчаного грунта нет под руками ничего другого, кроме торфа.

Изучая физико-механические свойства различных грунтов, Лаборатория Бюро пришла к заключение, что грунты, содержащие гумус даже в количестве 1%<sup>2)</sup>, сильно отличаются по физическим и механическим свойствам от грунтов, сходных по механическому составу, но несодержащих перегноя.

Грунты, содержащие гумус, проявляют большую механическую прочность и большую устойчивость по отношению к воде, нежели грунты, несодержащие гумуса. На основании этого, Лаборатория занялась вопросом изучения влияния торфа на физико-механические свойства песчаных грунтов, не обладающих необходимой механической прочностью и водными свойствами.

Опыты показали, что торф введенный в состав сыпучего песка, повышает его связность, увеличивает сопротивление размоканию, намоканию и просачиванию.

Эти рекогносцировочные опыты определенно указывают на возможность использования торфа в дорожных целях. Позднее исследования были произведены в Лаборатории Опытной станции Исследователь-

<sup>1)</sup> Деложено проф. М. М. Филатовым и инж. К. Н. Куприяновым на Совещании Бюро и представителей ЦУМТГа и ОДИС'ов в 1928 г.

2) В. Охотин. К вопросу о роли гумуса в дорожных грунтах. Сб. ЦУМТа № 13.

ского Дорожного Бюро<sup>1</sup>), находящейся в г. Харькове при УКРУМТе. Станция получила аналогичные результаты.

Кроме того, Лабораторией Станции было замечено, что лучшие результаты дают торфы, содержащие большое количество зольного остатка, что и следовало ожидать, особенно в случаях, когда зольная часть торфа состоит из мелких иловатых частиц.

К опытам над применением торфа в текущем строительном сезоне намерены приступить Исследовательское Бюро ЦУМТа и УКРУМТ. Не безинтересно отметить, что, по частным сведениям, улучшение сыпучих песков торфом было произведено в некоторых местах во время империалистической войны, притом с достаточным успехом. На песчаный грунт торф накладывался слоем около 20 см. Сверху торфяной слой засыпался песком.

#### 4. Шлакование и рудование.

Местное и ограниченное, тем не менее существенное, значение в деле улучшения грунтовых дорог, как показали опыты, произведенны УКРУМТ'ом, имеет покрытие тяжелых песчаных участков: а) болотной рудой и б) шлаком доменного производства.

Для покрытия дороги болотною рудою взяты были наиболее плотные куски руды. Дорога работает уже год и находится в весьма хорошем состоянии как в сухую, так в сырую погоду.

Очень хорошие результаты дало шлакование сыпучих песчаных участков. Шлак был взят местный от старинных выплавок чугуна из болотной руды. Лабораторией Исслед. Станции при УКРУМТ'е шлак был подвергнут химическому анализу и механическим испытаниям. Исследовались два сорта шлака: пористый, легко крошащийся и плотный — твердый. Анализ показал, что в обоих сортах содержится свыше 51% окиси железа. Кроме того, оба богаты фосфорной кислотой (6,2 — 9,9%).

Несмотря на несовсем тщательную обработку, шлакованные участки в течение всего года находились в вполне удовлетворительном состоянии.

1) Деложено Муравлянским, С. М. на совещании представителей Омесов и Исследовательских Дорожных станций в 1928 г.