

Испытание грунтов на опытной дорожке.

Работы исследовательской станции Бюро

летом 1926 года.

В. В. Охотин.

Летом 1926 года на опытной дорожке было начато испытание грунтов разного механического состава, а также выяснение влияния известкования и обжига на глину.

Лабораторными исследованиями выяснено, что при одновременном содержании в грунте песка, пыли и глины сопротивление грунта вдавливанию растет с увеличением в нем количества глины до 15%, дальнейшие прибавки глины или не вызывают увеличения сопротивления вдавливанию или его уменьшают.

Чтобы знать, насколько данные лаборатории соответствуют поведению грунта при условиях, приближающихся к действительной их службе при проезде, на опытной дорожке были испытаны смеси: 1) с разным содержанием глины (< 0,005 м.м.), 2) с количеством пылеватых частиц (0,05—0,005 м.м.) до 50% и 3) содержащие крупный и средний песок (2—0,25 м.м.).

Опытная дорожка¹⁾ 1) с грунтовой одеждой, имевшая в длину 35 м и в ширину 0,5 м была разбита на 7 участков, по 5 м каждый. Основанием грунтовых одежд служила почва сада, где расположена дорожка. Верхний горизонт этой почвы темного цвета, гумусовый, мощностью от 10 до 12 см, супесчанистый; в нем встречается значительное количество обломков кирпичей и разный мусор. Под ним находится мелкий сероватый песок. Грунтовые воды в конце июня обнаружены на глубине 90 см. Механический анализ верхнего горизонта с глубины 5—15 см дал следующие цифры (табл. 1):

¹⁾ Подробное описание устройства дорожки и тележки в сборнике ЦУМТ'я № 13, Испытательная станция дорожных покрытий, стр. 306.

Таблица 1.

№№ участков.	20—10 м.м.	10—4	4—2	2—1	1—0,5	0,5— 0,25	0,25— 0,05	0,05— 0,01	<0,01
2-ой уч.	7,54	5,28	5,63	4,85	6,04	13,40	36,19	11,35	9,72
3-ий "	3,94	1,90	2,31	3,12	3,09	17,19	47,08	16,84	4,58
4-ый "	1,73	1,73	1,85	3,00	3,29	12,41	40,64	21,62	13,59
5-ый "	4,50	2,75	4,85	6,00	6,26	12,60	28,82	18,02	16,02

Как видно из таблицы, участки второй и третий являются супесями, четвертый и пятый — суглиносупесями.

Основание дорожки перед наложением на него одежды было вручную утрамбовано. Испытания ударником показали, что все участки, как это видно из таблицы 2, были примерно утрамбованы одинаково.

Таблица 2.

Величины погружения ударника площадью в 100 кв. с. после 10 ударов.

Участки.	2-ой.	3-ий.	4-ый.	5-ый.	6-ой.
Погружен. ударника в см	4,5	4,0	5,5	4,0	3,0

несколько плотнее других был участок 6-ой, участок же 4-ый был рыхлее других. Если сравнивать уплотнение участков с проезжей частью старой дороги на легких суглинках, то оно будет несравненно слабее, на дороге от 10 ударов ударник углубляется в грунт на 0,5—0,75 см.

Смеси, испытанные на дорожке, готовились таким образом: песок и глина брались по весу, с учетом находящейся в них влаги. Глина обливалась в бочке водой, оставлялась на сутки и затем размешивалась мешалками; оставшиеся комки растирались руками. Песок накладывался в большое деревянное творило, обливался глинистой жидкостью и все снова тщательно перемешивалось лопатами, пока смесь не делалась однообразной.

Полужидкая смесь переносилась на дорожку, где постепенно и просыхала. Закладка участков закончена была к 15 июля. Толщина одежды равнялась 18—20 см.

На первых четырех участках было испытано влияние содержания разных количеств глины в грунте. С этой целью на первом участке был положен мелкий песок, а на последующих трех тот же песок с разными, постепенно увеличивающимися добавками глины. На пятом участке испытано влияние большого (54,7%) количества пылеватых частиц, а на шестом добавки крупного песка. Механический состав полученных смесей на участках приведен на таблице 3.

Таблица 3.

Наименование участ.	Диаметр фракции, в м.м.	> 2	2—1	1—05	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	< 0,005
1-ый.	—	—	—	0,94	10,08	62,31	16,60	4,26	4,00
2-ой.	—	—	—	0,18	1,04	59,72	25,66	3,92	7,6
3-ий.	—	—	—	0,02	0,74	63,26	20,60	3,28	10,0
4-ый.	—	—	—	0,09	0,48	49,64	28,96	3,90	14,74
5-ый.	—	—	—	0,21	0,52	39,92	27,60	27,10	4,00
6-ой.	5,3	7,00	9,36	13,26	27,64	17,59	13,71	6,14	

По этим участкам 23 июля пущена была тележка с тремя рядом идущими дисками, имеющими ширину обода 5 см и давление около 50 кг на погонн. см.

Тележка сделала 18 проходов. Перед пуском тележки участки вручную были утрамбованы и плотность их определена ударником. Данные испытания ударника, влажность участков, их колейности и внешний вид после проезда тележки приведены в таблице 4.

Таблица 4.

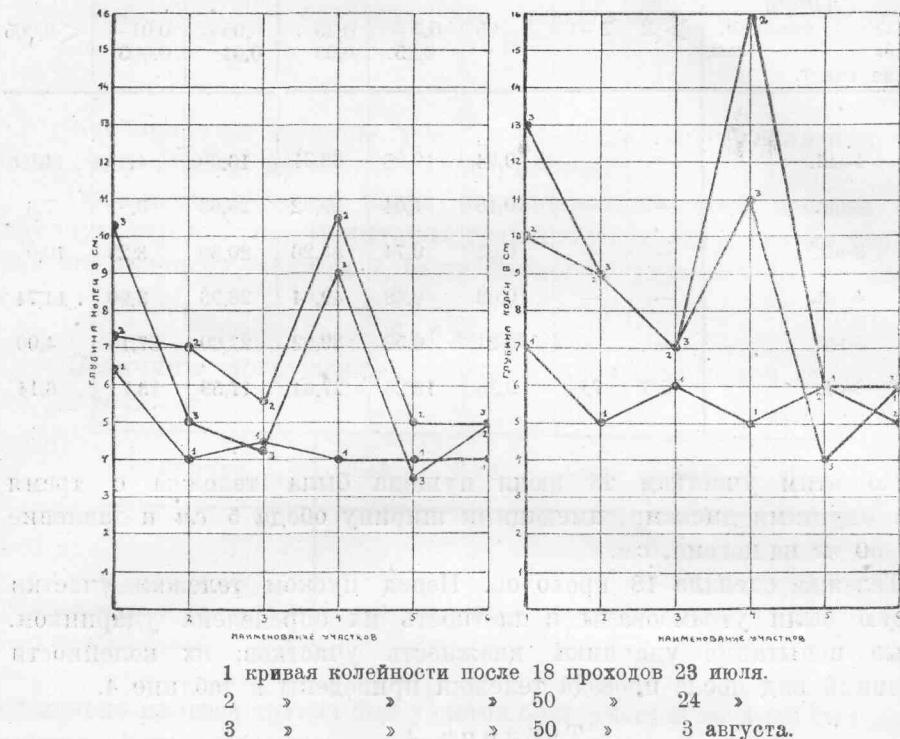
Участки.	Влажность, в %	Углубл. ударн. в см. после 15 уд.	Средн. колейность, в см.	Максим. колейн. в см.	Внешний вид участка после испытания.
1-ый	10,84	2,0	6,5	7,0	Мало связан, разбился на отдельности, колея при проездах засыпается.
2-ой	10,49	1,5	4,0	5,0	Участок сохранился хорошо.
3-ий	11,48	1,5	4,5	6,0	По виду одинаков со 2-м.
4-ый	13,52	2,5	4,0	5,0	Участок ровный. Верхняя корка в некоторых местах треснула. Замечается начало образования выбоин.
5-ый	12,60	1,5	4,0	6,0	Колея несколько засыпается, связность недостаточна.
6-ой	8,09	1,5	4,0	5,0	Участок хорошо сохранился, похож на 2-й и 3-й.

Как видно из таблицы, все участки были испытаны влажными. Утрамбованы были участки более или менее равномерно; несколько хуже других 4-ый. Считая колейность показателем состояния участков, видно, что при этом испытании самым плохим оказался 1-ый. Участок 5-ый также был рыхл—колеи в нем при проезде засыпались: изменение колейности наглядно видно на диагр. № 1 кривая 1.

Диаграмма № 1.

Средняя колейность.

Максимальная колейность.



1 кривая колейности после 18 проходов 23 июля.

2 > > > 50 > 24 >

3 > > > 50 > 3 августа.

После испытания все участки были выравнены и утрамбованы.

На следующий, день 24 июля, по дорожке снова была пущена та же тележка. При этом испытании тележка сделала 50 проходов. Результаты испытаний приводятся в таблице 5.

Второе испытание было при той же влажности, как и первое. Это испытание, отличающееся от первого большим количеством проходов, выявило новые свойства участков. Первый совершенно не вынес такого испытания и весь разбился. Второй участок оказался хуже, третьего. Третий и пятый были самыми лучшими. Участок шестой по колейности к ним приближался, но его состояние хуже ввиду присутствия начинаяющейся ухабистости. Изменение средней и максимальной колейности по участкам наглядно представляют кривая 2 диаграммы № 1.

Таблица 5.

Участки.	Влажность, в %.	Средняя колейность.	Максимальн. колейность.	Внешний вид участка после испытания.
1-ый	11,74	7,3	10	Весь участок разбился, средина дорожки выдавилась к краям.
2-ой	10,61	7,0	9	Поверхность участка ровная. Ухабов нет.
3-ий	9,38	5,5	7	Поверхность ровная, похож на 2-ой.
4-ый	13,44	10,5	16	Весь в ухабах, особенно большие ухабы во 2-й половине.
5-ый	11,95	5,0	6	По внешнему виду напоминает 2-ой, несколько рыхлый.
6-ой	8,09	5,0	6	Участок покрыт начищающими вы- боинами, в виде волнистости участка.

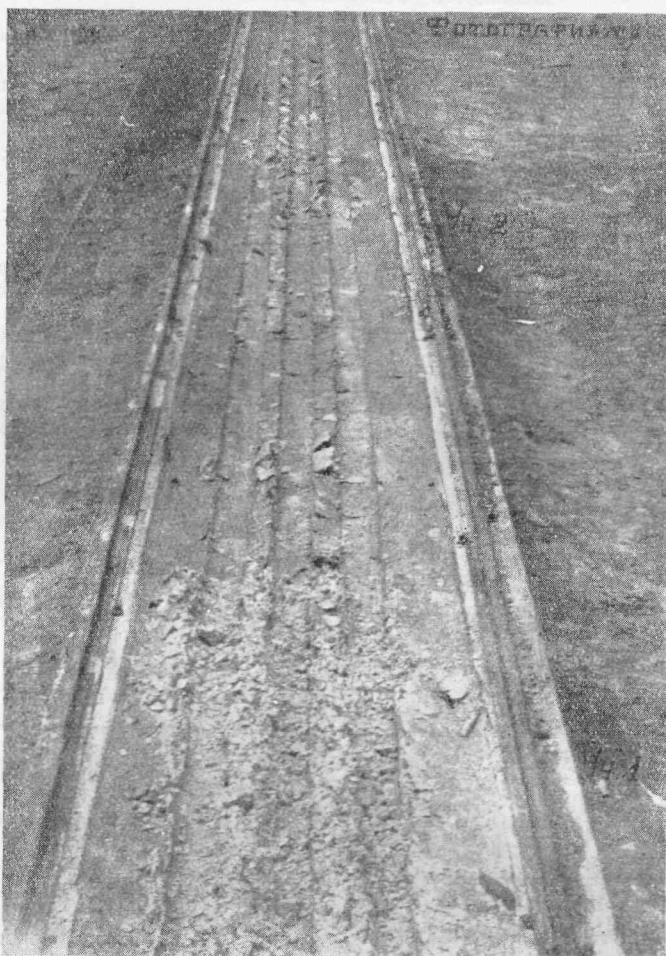
После испытания дорожка была снова выравнена и вручную утрамбована.

Третье испытание дорожки было произведено 3 августа, точно таким же образом, как и при первых двух, число проходов равнялось 50. Результаты испытания приводятся в таблице 6.

Таблица 6.

Участки.	Влаж- ность, в %.	Углубл. ударн. после 15 уд.	Средн. колей- ность.	Макси- мальн. колей- ность	Внешний вид участка после испытания.
1-ый	12,33	2	10,25	13,0	Участок совершенно разбился. Средина выдавлена к краям.
2-ой	12,65	1,5	5,	9,0	Состояние участка удовлетвори- тельный. Поверхность ровная.
3-ий	13,21	1,5	4,2	7,0	Похож на 2-й, несколько ровнее.
4-ый	14,11	3	9,0	11,0	Разбился до основания, весь в ко- леях и выбоинах.
5-ый	12,27	1,5	3,5	4,0	Поверхность ровная, является по состоянию лучшим.
6-ой	9,62	1,5	5,0	6,0	Вполне удовлетворительный. Замечается волнистость. Прибли- жается по виду к 3-му участку.

При этом испытании участки вели себя точно так же, как и при втором, только 5-й участок вел себя лучше. Изменение колейности по участкам наглядно видно на диаграмме № 1 кривая 3.



Фот. 1.

Состояние участков: 1—с 4% глинистых частиц и 2—с 7,6% глинистых частиц, после 50 проходов тележки 24 июля.

По фотогр. инж. Н. Н. Иванова.

После этих испытаний было видно, что участок 1-й не выдерживал большого проезда. Влажность его при отдельных испытаниях колебалась от 10,84 до 12,33%. Из практики известно и лабораторными опытами подтверждено, что песчаные дороги, к каковым относится участок первый, ведут себя лучше во влажном состоянии, в сухом же

они совершенно рыхлы; поэтому можно быть уверенным, что участок первый вел бы себя при малых влажностях еще хуже и на этом основании дальнейшее испытание его прекращено, и одежда с участка снята.

Четвертый участок последних двух испытаний также не выдержал, и его одежда была снята. При этом оказалось, что основание его очень сильно было деформировано и соответствовало тем ухабам, которые были отмечены на одежде. Если принять во внимание, что при первом испытании этот участок вел себя, как один из лучших, то можно полагать, что плохое состояние его зависело в значительной степени от основания и потому окончательного суждения о негодности одежды, подобной той, какая была на участке четвертом, вывести нельзя.

Четвертый участок 6 сентября был покрыт новой одеждой такого состава:

Δ	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	$< 0,005$
3,95	4,55	3,62	12,63	19,38	24,35	18,14	12,84

и тогда же все участки были сравнены и утрамбованы вручную.

13 октября все участки были укатаны 12 проходами катка (давление катка на 1 пг. см 25 кг) и затем по ним пущена тележка с тремя опущенными дисками. Изменение деформаций производилось после 13 проходов и 58. Результаты получились следующие (табл. 7):

Т а б л и ц а 7.

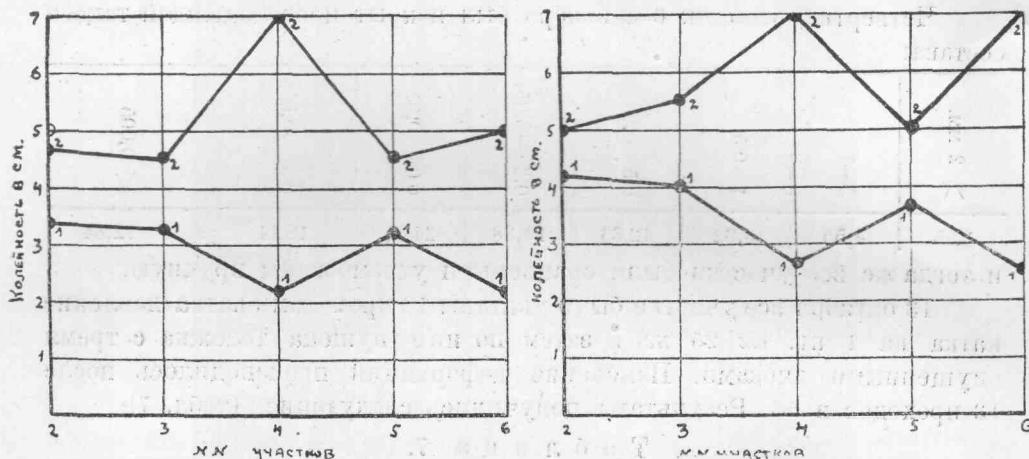
Участки	Влажность, в %.	Средняя колейность, в см.		Максимальная колейность, в см.		Внешний вид участка после испытания.	Углуб. ударн. после 15 уд.
		После 13 пр.	После 58 пр.	После 13 пр.	После 58 пр.		
2-ой	10,31	3,4	4,7	4,2	5,0	Участок вполне удовл., неск. рыхлый.	1,0
3-ий	14,68	3,3	4,5	4	5,5	Участок гладкий, в некот. мест. образ. трещины.	
4-ый	10,0	2,2	7,0 ¹⁾	2,70	7,0	Выбоин мало, но они намечаются.	3
5-ый	12,50	3,2	4,5	3,70	5,0	Уч. вполне удовл., неск. рыхлый. Колея книзу делается уже, что указывает на то, что она засыпается.	1,0
6-ой	9,17	2,2	5	2,5	7,0	Уч. удовлетвор., наблюд. распад. его на плитчат. отдельности	1,25

¹⁾ При 58 проходах принята во внимание только первая часть участка, так как на второй образовались выбоины такого же вида, как и при предыдущих испытаниях.

Как видно из таблицы, после 13 проходов по колейности лучшими оказались 4 и 6 участки, третий им несколько уступал. После 58 проходов наиболее устойчивыми оказались 3-й и 5-й. Более плохое состояние участка 4-го возможно объясняется тем, что он ни разу еще не уплотнялся проездом тележки, на его более рыхлое состояние указывает и испытание ударником, вдавливание ударника на этом участке в три раза превосходит вдавливание на других участках.

Изменение средней и максимальной колейности при этом испытании представлено кривыми диаграммы № 2.

Диаграмма № 2.



1. Средняя колейность после 13 проход.
2. » » » 58 »

1. Максим. колейность после 13 проход.
2. » » » 58 »

При всех четырех испытаниях участки были во влажном состоянии. 11 ноября после сильных дождей по грунтовым участкам снова была пущена тележка, всего было сделано двенадцать проходов. Участки были сырьи, во многих местах на полотне стояла вода. Результаты получились такие (табл. 8):

Таблица 8.

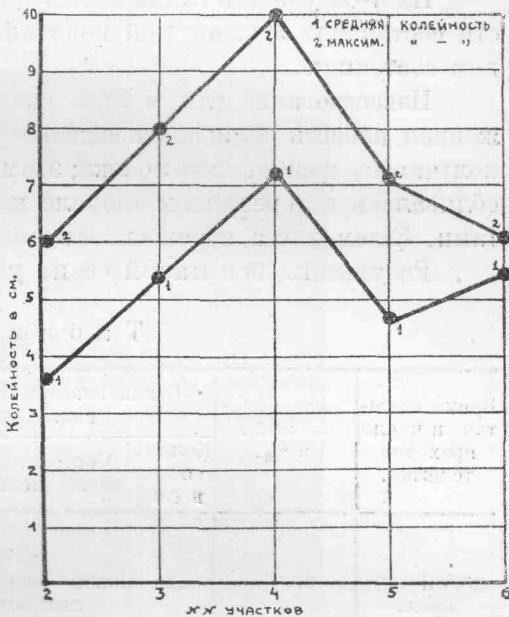
Участки.	Вдавливан. ударника в см. после 15 удар.	Средняя колейн., в см.	Максималь- ная колей- ность. в см.	Состояние участка.	
				1	2
2-ой	8,5	4,6	6	Вполне удовлетворительный, ров- ный, мягкости нет	
3-ий	6,0	5,4	8	Подобный второму.	
4-ый	17,0	7,2	10	Хуже других.	
5-ый	5,0	4,6	7,0	Полотно ровное, участок хороший.	
6-ой	7,0	5,4	6,0	По внешнему виду напоминает 3-ий, несколько ему уступает.	

Изменение колейности представлено в виде кривых на диаграмме № 3.

По колейности лучшими участками оказались 2-ой и 5-ый, 3-ий и 6-ой им несколько уступали. Плохим оказался участок 4-ый, что зависит от его рыхлости, как это показывает испытание ударником.

При сравнении результатов всех пяти испытаний можно видеть, что состояние полотна при влажных грунтах с увеличением количества глинистых частиц до 10% улучшается: 1) колейность сильно падает: так, на участке 3-ем с 10% глины средняя колейность при трех первых испытаниях равнялась 4,7 см, на участке 1-ом с 4% глины она была равна 8 см; 2) полотно выдерживает несравненно больший проезд, и при этом одежда сохраняет ровную поверхность и представляет собой плотную однородную массу, тогда как при малом количестве глины грунт легко образует колеи, и вся одежда быстро разбивается в рыхлую массу, оказывающую большое сопротивление передвижению. Грунт с большим содержанием пылеватых частиц (участок 5-ый фр. 0,05—0,005 мм 54,72%) во влажном и сыром состоянии является плотным, колейность очень малая (средняя колейность при 4-х первых испытаниях была 3,9 см), поверхность при проезде остается ровной. Прибавка крупного песка увеличивает устойчивость грунта.

Диаграмма № 3.



Влияние известкования и обжига на глинистые грунты.

Лабораторными опытами было выяснено, что прибавка обожженной извести к глине уменьшает ее липкость и пластичность и увеличивает сопротивление размоканию в воде. При чем наилучшие результаты обнаружились при прибавлении к грунту 5% CaO.

Чтобы выяснить, насколько известкование изменяет свойства глинистых грунтов, на опытной дорожке были заложены два участка из Кембрийской глины, состава¹⁾:

1) Сборник Пумт'а №13, Лубны-Герцык—Изучение искусственных песчано-глинистых смесей.

$0,25-0,05$	$0,05-0,01$	$0,01-0,005$	$< 0,005$
1,19	16,03	26,52	56,26

На 7-ом участке глина известкованная, прибавка обожженной извести составляла 5%, на 1-ой половине 1-го участка—глина в естественном состоянии.

Известкование глины производилось следующим образом: обожженная известь обливалась водой и размешивалась, в результате чего получалось известковое молоко; этим известковым молоком сырья глина обливалась в деревянном твориле и тщательно перемешивалась лопатами. Затем масса переносилась на дорожку.

Результаты испытаний обоих участков приводятся в таблице 9.

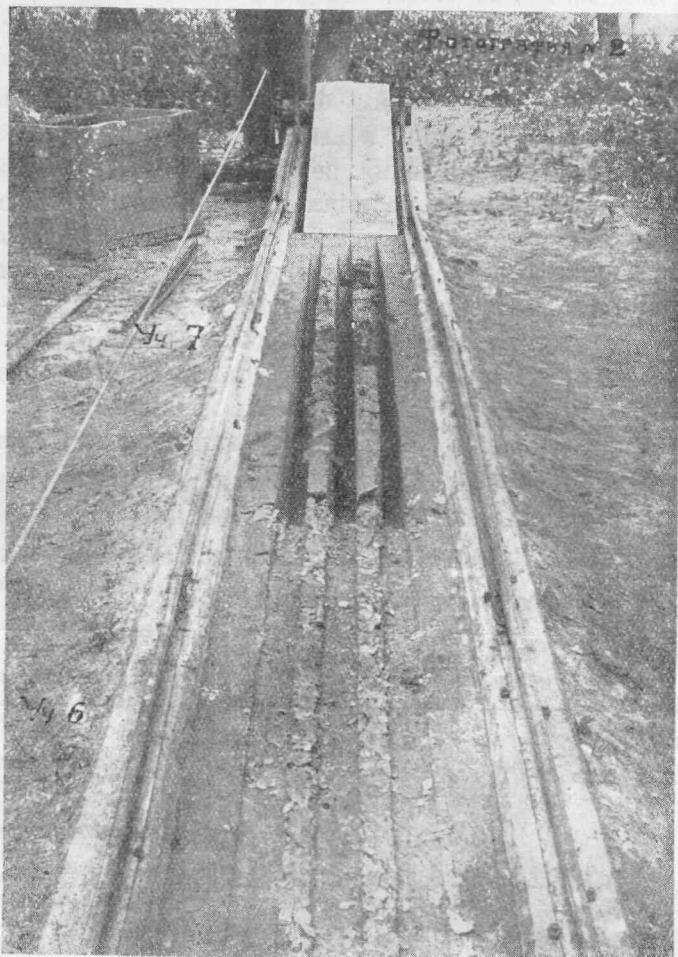
Т а б л и ц а 9.

Время испытаний и число проходов тележки.	Влажн., в %	Глина известкованная.		Влажн.	Глина в естественном состоянии.	
		Колейность, в см	Состояние уч. после испытания.		Средн. колейность	Состояние уч. после испытания.
23/VII—18 прох.	27,0%	21	Полное отсутствие липкости.	—	—	Не испытывался.
27/VII—10 прох.	33,86	10	Колея ровная, липкости нет.	—	—	Не испытывался.
13/IX—2 прох.	31,3	1.2	Поверхн. гладк., липкости нет.	—	—	Не измерялось.
13/IX—13 прох.	"	5,5	Поверхн. гладк., липкости нет.	24,17%	13,5	Грунт липкий, больше 13 раз тележку по участку нельзя было провести.
13/IX—40 прох.	"	17	Полотно разрезывалось на равн. колеи, липкости нет.	—		После 13 проходов испытание участка прекращено.
11/XI—12 прох.	На поверхн. в некотор. местах стояла вода	7,9	Липкости нет.	—		Не испытывался.

Как видно из данных таблицы, участок с известкованной глиной при испытании вел себя несравненно лучше участка с глиной в естественном состоянии, а именно: при всех влажностях он совершенно не имел липкости и колейность его была несравненно меньше.

В виду большого количества дождей, выпадавших во вторую половину лета, известкованную глину не удалось довести до сухого состояния и проследить, как она ведет себя в этом состоянии при проезде и насколько медленнее теряет устойчивость при дождях.

Фот. 2.



Участок 7.

Участок 6.

Состояние участков 6-го после 50 проходов тележки и 7-го после 17 проходов.

По фотогр. Н. Н. Иванова.

Кроме известкования, еще более существенное изменение свойств глинистых грунтов производят их обжиг. Обожженная глина теряет пластичность и липкость, твердость же ее значительно увеличивается.

Чтобы знать, как обжиг изменяет свойства глины при проезде, на опытной дорожке были сделаны два участка: один из обожженной глины Латвийского месторождения, другой из той же глины необожженной. Механический состав этой глины таков:

0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	< 0,005
0,15	1,33	1,92	8,38	89, 28

Обжиг глины производился таким образом: из глины делалась печь, длиной около 90 см, шириной и высотой около 70 см; железным листом она делилась на два отделения: верхнее и нижнее. В каждое отделение клалась глина кусками, величиной в 4—6 см. Затем, в печь накладывались дрова и обжиг продолжался 2—3 дня, по 6 часов.

Дно и верх печи обжигались скорее и лучше, чем боковые стенки. Хорошо обжигалась глина сантиметра на два, глубже на 2—3 см обжигалась слабее и дальше шла совсем необожженная глина. Для опыта была отобрана вся глина как хорошо, так и плохо обожженная, перемешана, и из нее была сделана одежда участка.

Испытания обоих участков с обожженной глиной и необожженной дали такие результаты (табл. 10):

Т а б л и ц а 10.

Влажность	Число проход.	Обожженная глина		Влажность	Глина в естественном состоянии.	
		Колейн., в см.	Состояние уч. после испытания.		Колейн., в см.	Состояние уч. после испытания.
23,7%	2	1,2	Поверхн. гладкая, липкости нет.	28,48%	6,2	Значительная липкость, дальнейший проход тележки затруднителен.
"	13	4,7	Поверхн. ровная, липкости нет.	—	—	После двух проходов испытание прекращено.

Как видно из таблицы 10, обжиг существенно изменил свойства глины,—при проезде она не обнаруживала совершенно липкости и колейность на обожженном участке существенно уменьшилась.

Эти опыты имеют только ориентировочный характер, так как еще не выяснены условия как наилучшего обжига, так и укладки на дороге обожженного материала.

При этом можно предположить, что обжиг глины на дороге может привести к тому, что колейность будет хуже, и это может быть причиной