

Доцент М. И. МЕЩЕРЯКОВ.

ПОРТЛАНД-ЦЕМЕНТЫ

В СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.



ТОМСК 1929.

ПОРТЛАНД-ЦЕМЕНТЫ

в строительной практике Западной Сибири.

(Из материалов Лаборатории Технологии Минеральных веществ и строительных материалов Сибирского (Томского) Технологического Института за 1913—1927 г.г.).

Вступительное замечание. Строительная практика дореволюционного времени некоторых ведомств, главным образом Путей Сообщения и военного, ставила правилом подвергать контрольному лабораторному опробованию если не каждую, то значительный процент партий портланд-цемента до пуска его в работу независимо от того, что поставка цемента была испытана в заводской лаборатории, ведущей контроль производства.

Испытание имело целью убедиться, что портланд-цемент данной партии удовлетворяет выработанным и принятым «Нормам», некоторому обязательному минимуму требований, объединенных в официально утвержденном акте (стандарте): «технические условия приемки портланд-цементов», полагая, что цемент, выдержавший испытания согласно «Норм», в дальнейшей службе в строительстве окажется доброкачественным. «Нормы» предусматривали, как и в ныне действующем стандарте 1927 г. для СССР, не только числовые значения минимумов, но и приемы и методику производства испытаний в целях необходимого однообразия и сравнимости получаемых данных. Поэтому опытный материал контрольных лабораторий может быть использован, как база для научных выводов и обобщений.

При производстве п.-цемента, достигнутого в России в 1915 году на 58 заводах 15 миллионов бочек, при условии, что каждая испытанная партия включает 3000 бочек (предельное число бочек в испытанной партии согласно «Норм» 1911—1913 г.г.), что лишь 10% выпущенного заводами цемента опробовано в лабораториях государственных учреждений (ВУЗ'ов или специальных испытательных станций), которым поручались испытания*), в этих лабораториях должен был за ряд лет скопиться громадный опытный материал, фиксирующий свойства п.-цементов, выпускаемых на рынок заводами.

Каждое из этих испытаний в отдельности имеет определенное и решающее значение в первую очередь для испытанной партии и в этом, может быть, лежит одна из причин, почему экспериментальный материал по лабораторным испытаниям п.-цементов никогда подробно не публиковался даже в изданиях, посвященных специально обслуживанию цементной промышленности: журнал «Цемент» с 1900 г. по 1915 г., «Портланд-цемент» 1916—1918 г.г.

В научных изданиях, касающихся п.-цемента, можно встретить чаще всего лишь итоговые, годовые данные самого общего характера, несомненно основанные на полученном при испытаниях опытным материале.

*) Согласно типового договора поставщик цемента и приемщик условились о какой-либо государственной лаборатории, которая должна была ставить контрольные испытания цемента и заключения которой считались безапелляционными.

В ничтожной доле процента детальный опытный материал лабораторий публиковался лишь рекламными изданиями*) заводов, где обычно приводилось не более десятка таблиц испытаний п.-цемента рекламирующегося завода, официальное свидетельство о качествах выпускаемого им продукта, при чем данные сведены безсистемно и часто относятся к целому ряду лет.

Собранный контрольными лабораториями опытный материал по испытанию п.-цементов имеет, разумеется, большую ценность, чем иллюстрация для рекламы.

Объединив опытный материал всех лабораторий, когда-либо производивших испытания цемента каждого завода в отдельности, сопоставив сводки по районам, обслуживаемым известной группой заводов, и, наконец, проведя сопоставление для всех заводов, мы получили бы цельную картину состояния портланд-цементной промышленности в государстве как в прошлом, так и в настоящем. В этих сводках и сопоставлениях с очевидностью выяснились бы качества выпускаемого на рынок продукта, место завода в среде других по району и в целой стране по качеству продукта и, в известной степени, — характер работы завода, по скольку о нем можно судить по свойствам выпускаемого на рынок продукта; были бы отмечены колебания в производстве и встречающиеся недочеты, сглаживающиеся в итоговых показаниях.

Наконец, по детальным данным испытаний представляется возможным заключить, насколько опробования по стандартным нормам («технические условия приемки») дают возможность улавливать и уверенно констатировать качества испытываемого материала при его будущей службе в строительстве.

Дальнейшее представляет попытку автора проанализировать, в соответствии с вышеизложенным, имеющийся в его распоряжении опытный лабораторный материал по испытанию п.-цементов.

Лаборатория технологии минеральных веществ и строительных материалов Сибирского (Томского) Технологического Института в течение ряда лет производила испытания проб портланд-цемента из поставок для строительных надобностей почти всех линий железных дорог Западной Сибири: Сибирской, Омской, Алтайской, Ачинск-Минусинской, Кулундинской, Кольчугинской, а также по поручениям общественных организаций.

Портланд-цемент поступал с разных заводов.

Для удовлетворения потребности строительства Западной Сибири в гидравлических вяжущих материалах здесь с 1895 года существовал один цементный завод — Камышетский, выпускавший на рынок портланд-цемент в количестве, не превышавшем 50.000 бочек в год. Продукция этого завода не покрывала потребности строительства в портланд-цементе; недостаток восполнялся привозным цементом с заводов Европейской России, главным образом, с Волги (Глухоозерский завод, Зейферга близ г. Вольска). В 1913 году стал выпускать на рынок свой портланд-цемент еще один сибирский, вновь построенный Яшкинский завод (ст. Яшкино, Томск. жел. дор.). Расчитанный в первое время на выработку п.-цемента 60.000 бочек в год, этот завод вме-

*) Яшкинского завода в Сибири; Невьянского — на Урале; Мальцевского завода в России.

сте с Камышетским так же не мог покрыть нужды строительства Сибири в п.-цементе, почему даже в годы, когда функционировали оба сибирские завода, нужный для строительства п.-цемент продолжали брать главным образом, как и прежде, с указанных выше волжских заводов. В 1914 году для работ по сооружению Ачинск-Минусинской жел. дор. была даже поставка п.-цемента из Дании (зав. Оольборг), прибывшая к месту работ северным морским путем. С 1914 года появляется на рынке Сибири п.-цемент 2-х уральских заводов: Катав-Ивановского и Невьянского. Эти заводы, расположенные ближе к головным участкам сибирских магистралей, позднее заменили своим продуктом п.-цементы волжских заводов.

Опытный материал, собранный лабораторией за 15 лет (1913—1927*) включительно) при испытаниях партий из поставок портланд-цемента названных выше заводов, и заставит предмет дальнейшего рассмотрения.

Числовые данные, полученные при испытаниях, воспроизведены в виде комплексных диаграмм № I—II—III, так как в графическом изображении более наглядно, чем в таблице, выступают колебания показаний отдельных проб портланд-цементов.

Из диаграммы № I, воспроизводящей детальный опытный материал испытаний, видно, что наибольшее число данных как по числу лет (14), так и по числу отдельных проб (161) относится к сибирскому — Яшкинскому цементному заводу. Пробы, относящиеся к одному году испытаний, выделены на диаграмме I вертикальной сплошной чертой. Число проб из года в год неравномерно; варьирует от 1-й (20—21—24 г.г.) до 32-х (1914). В годы, когда в лабораторию поступало значительное число проб (13, 32, 15, 17, 23, 17, и 18 проб), можно считать, принимая в расчет общую продукцию завода и количество бочек в опробованных партиях, что не менее 15—20% всей продукции Яшкинского завода прошло через контрольные пробы. Также нужно отметить, что наибольшее число официальных испытаний цемента Яшкинского завода, если не все, были произведены лабораторией Сибирского Технологического Института. Таким образом, акты испытаний п.-цемента Яшкинского завода, собранные лабораторией СТИ, являются для Яшкинского завода Сибгосцемента наиболее многочисленными официальными документами, фиксирующими данные об его цемента, и главным материалом для соответствующих заключений о качествах продукта и для характеристики работы самого Яшкинского завода.

Данные, относящиеся к другим заводам, обслуживавшим сибирское строительство за рассматриваемые годы, сравнительно малочисленны, ограничиваются иногда одним годом или небольшим количеством проб за один год.

Так, по Глухоозерскому заводу (г. Вольск) за 1913 год проведено 17 проб; за 1914 — 6 проб от общего числа бочек в 75.000.

По цементу Невьянского завода: за 1914 — 2 пробы от 1881 бочек; за 1915 — 11 проб от 25.000 бочек; за 1916 г. — 1 проба — 3.000 бочек; за 1918 — 5 проб от 2.800 бочек.

По датскому цементу (Оольборг. Дания): 1914 год — 7 проб от 16.000 боч.

По цементу завода Стеффена (заграничный): 1914 г. — 2 пробы от 2.000 боч.

*) В 1917 году лаборатория проб цемента не производила.

По цементу Катав-Ивановского завода: 1914 г. — 1 проба от 500 боч.; 1915 — 1 проба от 1.000 боч.; 1918 г. — 2 пробы от 2.000 боч.

По цементу Камышетского завода: 1913 г. — 3 пробы от 2.000 боч.

Цементы последних 5-ти заводов (кроме сибирского Камышетского) в большей своей части используются строительством в других районах, где и производится большинство контрольных лабораторных испытаний. Детальные данные этих испытаний ни одной лабораторией до сих пор не опубликованы. Поэтому в дальнейших сводках и сопоставлениях приходится использовать лишь наличный и, несомненно, недостаточный опытный материал, относящийся к небольшому проценту продукта от годовой производительности завода. Так, в отношении Глухоозерского завода опробовано примерно 4—5% его годовой производительности; для датского — 1%. Однако и этот небогатый опытный материал нельзя считать лишненным всякого значения. При налаженной работе завода, при установившихся, в зависимости от сырья и оборудования, приемах производства, и небольшой ряд проб в состоянии выявить характерные качества продукта завода.

Относительно заграничных цементов следует иметь в виду, что они выдержали случайности морского транспорта и сухопутного. Данные их испытаний свидетельствуют о том, каких качеств цемент поступил на работы, но трудно говорить о том, каких качеств цемент был отпущен с завода.

В таком качестве принят к рассмотрению в дальнейшем небольшой и неполный экспериментальный материал, относящийся к цементным заводам, расположенным вне Сибири.

В прилигаемой диаграмме I данные проб расположены хронологически по мере поступления и выполнения испытаний отдельно по каждому заводу.

В годовых сводках (диаграмма II) даны: 1) сопоставления качеств цементов одного и того же завода за ряд лет и 2) сопоставлены годовые средние одного года для цементов нескольких заводов, как характеристика качеств материалов, использованных строительством в один строительный сезон.

Диаграмма III дает сопоставление графиков, иллюстрирующих возрастание крепости цементного теста и песчано-цементных растворов за первые 28 дней по затворении. Данные — средние годовые.

Числовые значения минимумов «Норм» технических условий приемки п.-цементов («Нормы» 1911—1913 г.) показаны на диаграмме I горизонтальной линией. Масштаб количественных значений отдельных показаний указан числами по первой ординате слева.

При общем обзоре сведенных в диаграмме I результатов испытаний п.-цементов легко заметить, что для подавляющего большинства проб «нормы» технических условий 1911—1913 г. не только удовлетворены, но качества опробованного продукта превосходят «нормы» на 50—80%, а в некоторых случаях и более.

Бракованных партий за рассматриваемые годы среди испытанных цементов было 17. Именно: Яшкинского завода 10 из 161 пробы, Невьянского 6 из 19 и Камышетского 1 из 3-х проб.

При беглом обзоре диаграмм резко бросается в глаза то, что, так сказать, спокойных линий среди них мало. Эти линии относятся, главным образом, к таким свойствам цемента, которые имеют небольшие пределы колебаний, точно фиксированные стандартными «нормами».

Так, для нормального количества воды при затворении цементно-песчаных проб нормами указываются колебания в 2% (8—10%). Соответствующая ломанная графика № 12 имеет сравнительно незначительные отклонения показаний от пробы к пробе.

Пределы колебаний для нормального количества воды при затворении чистого цементного теста, допущенные «нормами» 1911—1913 г. — 8% (от 22%—30% по весу). Ломанная линия графика № 11, воспроизводящая показания проб, имеет участки устойчивых показаний для значительного количества проб. Колебания в данных Яшкинского завода не превышают 3%; тоже для Глухоозерского. Соответствующие показания Невьянского завода распадаются на 2 участка: первый — ниже 25% — 1914 г. и 9 проб 1915 г.; второй — выше 25%: 5 проб 1915 г. и 3 пробы 1918 г. при разнице в 5,5% максимум.

К спокойным линиям относится кривая 5-а характеризующая помол: «осталось на сите 900 отв/ст²». Допускаемые здесь пределы колебаний 10%. Сравнительно ровный характер ломанной графика нарушается, хотя и в допустимых пределах, значительными отклонениями от средних значений нескольких проб Невьянского цемента и одной пробы Яшкинского завода: крупность помола от 4 до 6,55%, что является несколько исключительным.

Вторая кривая «тонкости помола» п.-цемента № 5-б — «прошло сито 4900 отв/ст²», иллюстрирующая содержание в п.-цементе наиболее тонко измельченной части и наиболее деятельной, согласно «норм» имеет пределы колебаний 50% (50—100%). Фактически эти допустимые пределы уменьшаются самой практикой производства: ни один завод не допускает крупность помола цемента близко к 50% в его тонкой части и не доводит до тонкости 100%. С измолем п.-цемента связаны многие его техно-строительные свойства и для выпуска на рынок продукта удовлетворительных качеств необходимо сформировать помол так, чтобы готовый цемент дал при испытании показания о своих свойствах без резких скачков и возможно удаленные от минимумов стандартных «норм». В диаграммах встречаются лишь 2 пробы с помолом ниже 70% и 3 пробы, дающих 90% в тонкой части. Эти пределы колебаний помола в тонкой части цемента 70—90%, установленные практикой заводов, — почти правило для русских цементов в прошлом. В общесоюзном стандарте 1927 г. уже без опасений затруднить производство п.-цементных заводов можно было установить новый минимум: 70% для тонкой части помола, вместо 50% по нормам 1911—1913 г.

Расматриваемая кривая № 5-б показывает уже мало устойчивых участков. Отступления чаще всего приурочиваются к новой поставке, в составе которой отдельные пробы дают сравнительно близкие показания. Наиболее беспокойную ломанную дает Невьянский п.-цемент с колебаниями до 21,18% (90,2—69,08).

Ломанная удельного веса п.-цементов № 10, предельные значения которого по нормам 3,05—3,2, для Яшкинского завода дает картину плавного перехода от бракованных значений (ниже 3,05) уд. веса к сравнительно устойчивым показаниям в течение ряда лет. Это значит, что завод, работая на том же сырье, выправил свою технику.

Удельный вес цемента Глухоозерского завода колеблется в весьма тесных пределах: 3,07—3,10.

Плавны показания удельного веса проб зарубежных цементов (датского, Стеффена), Катав-Ивановского и Камышетского. Цемент

Невьянского завода нарушает в общем однообразную картину: показания проб 1915 года у него повышены сравнительно с 1914; спадают к концу 1915 г. Тоже спадание отмечается и в 1916 г. и, наконец, все пробы (5) 1918 года дают показания уд. веса ниже норм (3,00—3,02). не смотря на то, что пробы относятся к различным поставкам и разным срокам изготовления п.-цемента заводом.

Ломанная линия № 6 диаграммы иллюстрирует колебания об'емного веса проб п.-цемента в рыхлом состоянии, определенного по приемам, предписанным «техническими условиями приемки п.-цемента». Каких-либо пределов колебаний этого свойства п.-цемента «нормы» не указывают. Фактически испытанные цементы дали абсолютные показания об'емного веса (одного литра) рыхло насыпанного цемента в пределах от 982 гр. до 1300 гр. (отклонения в 33%). График рассматриваемых показаний интересен при сопоставлении его с ломанными удельного веса № 10 и помола № 5-6 тех же проб. Можно было бы ожидать, что удельный вес и об'емный, как величины, относящиеся к одному свойству цемента, должны дать сходственные по смыслу чередования отклонений одной пробы от другой: на деле же оказывается, что предполагаемая теоретически функциональная зависимость между уд. весом и об'емным совершенно затенена влиянием помола. Последовательность отклонений ломанной об'емного веса № 6 правильнее всего следует за кривой тонкости помола № 5-6 «прошло через сито 4900 отв/ст²,— лишь в обратном порядке: при тонком помоле об'емный вес цемента меньше, при грубом — наоборот. Особенно резко это следование отмечается при максимальных и минимальных значениях кривой помола у проб Яшкинского завода и почти вся кривая Невьянского завода. Описанное наблюдение может иметь для строительной практики следующее значение: при отмеривании об'емом п.-цемента тонкомолотого отбирается меньший вес, чем грубомолотого, но количество тонкой активной части, исчисляемой в % к весу, может оказаться одно и тоже в той и другой порции; при отмеривании по весу тонкомолотый цемент даст больше активных элементов в единице веса, чем грубомолотый. Остается отметить, что изменения ломанной № 6 весьма согласно следует отклонениям графика № 11 — «нормальное количество воды для затворения чистого портланд-цемента».

Начало схватывания портланд-цемента. кривая № 8 — момент загустевания цементного теста, отмечаемый определенными признаками. имеет по «нормам» 1911—1913 г. один предел: не ранее 20 минут от начала затворения. Цементы, начало схватывания которых наступает позднее 20 минут, относятся к разряду медленносхватывающихся и в строительной практике наиболее употребляемых. Скоро схватывающиеся цементы имеют специальное назначение и могут быть поставлены по специальному запросу. Явления быстрого схватывания у цемента для обычных строительных работ представляет огромное неудобство и выводит такой цемент из ряда нормальных.

Кривая № 8 показывает насколько удачно было выполнено это требование практики в опробованных п.-цементях. Показания проб цементов колеблются около некоторого среднего значения: 1 час 10 минут, — минимум 40, максимум — 2—25, редко выходя за 2 часа — и лишь несколько проб Яшкинского завода дают короткие сроки схватывания — меньше 2-х минут; это цементы скросхватывающиеся.

Срок (конец) схватывания цемента есть условно определяемая некоторыми признаками степень затвердевания цемента: когда тухая

игла прибора с грузом 300 гр. не погружается в массу цемента, а оставляет только след на поверхности массы. Период времени, в который цемент нормальных свойств достигает указанной степени отвердевания, согласно «норм» должен изменяться от 1-го часу до 12. По графику № 7 амплитуда расхождения показаний около 8 часов: миним. 2 ч. 40 м.; макс. 10 ч. 30 м. Совпадения в отклонениях по графикам № 7 и № 8, иллюстрирующим по существу один и тот же процесс схватывания, но в разные сроки, хотя и могут быть отмечены, но при наличии значительного количества несогласованных отклонений вероятнее полагать, что между началом и концом схватывания по длительности протекания этих процессов нет прямой пропорциональности. Также слабая аналогия намечается между рассматриваемой кривой № 7 и № 6 — об'емным весом цемента и соответственно тонкостью помола — 5-б.

Судя по изменениям кривых диаграммы I. ни с одним из изображенных на графиках свойств схватывание цемента не стоит в функциональной зависимости. Функциональная зависимость скорости схватывания цемента от его химического состава и степени обжига не может быть продемонстрирована, так как при испытаниях цемента согласно «технических условий приемки» анализ состава цемента может производиться, но обычно не выполняется. Степень обжига совсем не входит в задачи контрольных лабораторных обследований.

Графики диаграммы I: 1-а, б; 2-а, б; 3 и 4 воспроизводят данные, полученные при испытаниях п.-цементов на разрыв (1-а, б для образцов из чистого цемента; 2-а, б — цементно-песчаных), на сжатие (раздробление) — график № 3 и числовое значение отношения показаний на сжатие (кубиков) к сопротивлению разрыву для цементно-песчаных образцов 28-дневного возраста (график 4). Среди этих графиков нет «спокойных» участков; все они имеют вид ломанных кривых с резко различающимися показаниями рядовых проб. Здесь можно говорить только о более или менее близких друг к другу показаниях одной поставки или одного периода изготовления портланд-цемента. В ходе ломанных линий заметна лишь общая согласованность, нарушаемая нередко показаниями обратного смысла: падением вместо подъема, т. е. вместо ожидаемого повышения крепости испытанного цемента констатируется понижение таковой (пробы яшкинского цемента 1914 и 1916 годов; график 1-а, б). Все показания графиков 1-аб, 2-аб и 3 выше «норм», однако, некоторые весьма близки к предельному минимуму. В графике «4» есть браковочные участки (яшкинский цемент, пробы 1913 года). Подробный анализ этих графиков будет дан далее.

Важное свойство п.-цемента — **постоянство об'ема** не выражается числом, почему в особой графе № 9 сделаны отметки «—» для цементов, не выдержавших этого испытания.

Партии брака в особой строке отмечены знаком «—» минус.

Отметки беглого обзора диаграммы I: 1) огромное большинство проб (92,22%) дает показания, превышающие установленные минимумы «норм»; 2) некоторые частные показания ниже минимума «норм»*) встречены в 7,78% проб испытанных цементов; 3) плавность хода изменений в весьма важных свойствах заводского продукта — сопротивление разрыву, на сжатие и др. — отсутствует, — эти отметки общего характера приводят к заключению, что, очевидно, предше-

*) Партия бракуется и за одно показание, полученное при испытаниях ниже указанного в „нормах“, при всех благоприятных других.

ствующая проба или поставка цемента данного завода не дает безусловно надежной гарантии за то, что следующая за ней имеет аналогичные или очень близкие качества, особенно в отношении таких свойств, как сопротивление сжатию, удельный вес и постоянство объема. Отклонения в показаниях одной пробы от другой часто значительны и в отдельных случаях разница в сторону понижения одного показания от соседнего превосходит то минимальное превышение «норм», какое может быть найдено в показаниях проб цемента данного завода. Это хорошо иллюстрируется сопоставлением в нижеследующих таблицах № 1 и № 2.

Таблица № 1,
Пробы чистого цемента на разрыв.

Возраст образцов Название завода	Через 7 дней по затворении		Через 28 дней по затворении	
	Наименьшее превышение минимума «Норм» в клгр.	Колебание в сторону понижения в порядковых пробах в клгр.	Наименьшее превышение минимума «Норм» в клгр.	Колебание в сторону понижения в порядковых пробах в клгр.
Яшкинский	5,25	13,76	12,56	10,12
Глухоозерский	2,88	6,8	13,60	9,05
Невьянский	9,4	8,7	14,0	8,0
Датский	12,44	10,23	20,1	8,32

Таблица № 2.
Пробы песчано-цементные на разрыв.

Возраст образцов Название завода	Через 7 дней по затворении		Через 28 дней по затворении	
	Наименьшее превышение минимума «Норм» в клгр.	Колебание в сторону понижения в порядковых пробах в клгр.	Наименьшее превышение минимума «Норм» в клгр.	Колебание в сторону понижения в порядковых пробах в клгр.
Яшкинский	2,66	5,61	4,6	7,75
Глухоозерский	4,17	3,95	5,48	6,02
Невьянский	1,74	9,28	1,45	8,56
Датский	7,92	9,28	10,45	5,2

При анализе приведенных таблиц необходимо иметь в виду, что согласно «технических условий приемки п.-цементов» 1911—1913 г. цемент может быть допущен к работе уже по семидневым пробам; тогда 28-дневные проводились, как поверочные.

Сопоставленные в таблицах № 1 и № 2 числовые данные показывают, что для семидневных проб из чистого цемента соотношения неблагоприятны для образцов Япкинского и Глухоозерского заводов; для 28-дневных благоприятны все.

В отношении песчано-цементных проб обоих возрастов имеется только одно благоприятное показание — для Глухоозерского завода (образец за 7 дней). Если бы были сопоставлены не две соседние пробы с различными показаниями, а взято максимальное отклонение, констатированное в пробах данного завода, то вывод получился бы еще более неблагоприятным.

Итак, при общей неустойчивости в ходе показаний нет гарантии, что обязательно обнаружит отклонение в сторону повышения проба, следующая за той, которая дала очень пониженное показание (близкое к минимуму), или что скачек в сторону дальнейшего понижения показаний будет так мал, что минимум «норм» все же будет удовлетворен.

Отсюда понятно стремление строительной практики при ответственных работах принимать каждую поставку цемента и пускать последний в дело после контрольного испытания с удовлетворительными результатами.

Бракованных партий отмечено 17. Причинами брака были: недостаточный уд. вес — 8 проб; непостоянство объема — 5 проб; низкое значение отношения сопротивления сжатию к сопротивлению разрыву — 3 пробы; скорое схватывание показали 4 пробы. Большинство проб браковалось за одно неудовлетворительное показание; для нескольких за 2. Бракованные партии стоят иногда одиноко, как спорадическое явление, и в этом случае мало характерны для работы завода. Иногда же браковались порядковые партии (Япкинский, Невьянский заводы), что характеризовало уже целый период работы завода.

Наличие бракованных партий в поставках также мотивирует предварительную контрольную проверку, как и неустойчивость показаний отдельных проб.

Таже неустойчивость показаний проб, резкие скачки, приближение к минимуму «норм» являются одной из причин, почему при пересмотрах стандартов испытаний п.-цемента числовые значения «норм» изменяются с течением времени в сторону повышения весьма осторожно, не смотря на прогресс техники цементного производства. Для иллюстрации приводятся некоторые «нормы» стандартов 1905, 1911—1913 г. и 1927 г.

Таблица № 3.

Дата установления „Норм“	Временное сопротивление разрыву в клгр./см. ²				Временное сопротивление сжатию в килогр./см. ²
	Чистый цемент		Раствор: цемент-песок— 1 : 3		
	Через 7 дней	Через 28 дней	Через 7 дней	Через 28 дней	
1905 г.	20	25	7	9	По разрыву $9 \times 8 = 72$ или $9 \times 10 = 90$
1911—1913 г.	25	30	9	12	не менее 100
1927 г.	25	35	10	14	не менее 140

Ломанные линии диаграммы № 1—1-а, 1-б, 2-а, 2-б, 3 и 4 — иллюстрируют обнаружение вяжущей способности цемента, поскольку ее проявление могло быть констатировано в условной обстановке испытаний. Именно:

1-а воспроизводит показания при испытании проб из чистого п.цемента на сопротивление разрыву через 28 дней по затворении.

1-б — тоже через 7 дней по затворении;

2-а — воспроизводит сопротивление разрыву образцов состава: цемент-песок в отношении 1:3 по весу 28-дневного возраста;

2-б — тоже через 7 дней по затворении;

3 — показания о временном сопротивлении на сжатие песчано-цементных проб (нормальные кубики) после 28-дневного хранения (1 сутки во влажном пространстве и 27 в воде);

4 — дает подсчетный материал об отношении сопротивления сжатию (R'') к разрывному (R') для песчано-цементных образцов 28-дневного возраста (требование «норм» 1911—1913 г.).

Сравнительно большое число испытаний п.цемента Яшкинского завода за 15 лет дает довольно полную и достаточно рельефную характеристику продукции этого завода в прошлом, а вместе с тем и работы самого завода.

Опытный материал относительно других заводов, несмотря на его бедность, в сравнительном сопоставлении выявляет интересные особенности продукта этих заводов, что выяснится при рассмотрении диаграмм.

Ломанные линии 1-а и 1-б в части, относящейся к Яшкинскому заводу, имеют волнообразный контур, давая по крайней мере три под'ема с высокими значениями максимумов: под'ем 1913—1914 года; под'ем 1915—1918 г.; последний — третий овнимает 1919—1917 годы. В каждом под'еме мы имеем максимумы и минимумы разного значения.

Аналогичный характер, но без строгой согласованности имеют ломанные 2-а, 2-б и 3.

Участок тех же линий для цемента Глухоозерского завода, если игнорировать колебания показаний около некоторого среднего значения, более однообразен и значение максимумов, соответственно минимумов, — снижено.

Для цемента Невьянского завода 1-а дает также под'ем для середины участка; 1-б, наоборот, показывает ход обратного смысла; под'ему 1-а отвечает понижение и максимумы сдвинуты к правой ветви, так что максимумам 1-а соответствуют минимумы 1-б.

Ломанная 3 для участка Невьянского завода характеризуется односторонним ходом к максимуму в некотором соответствии с правой ветвью 1-б.

Линии 1-а, 1-б, 2-б и 3 для цемента из Дании (Оольборг) следуют согласно, давая в середине участка глубокий, но высокий по значению минимум. 2-а отражает его слабо в одном показании; остальные отметки обратны по смыслу и общий ход кривой — под'ем там, где минимумы остальных линий. Все значения показаний высокие.

Показания нескольких проб цемента Катав-Ивановского завода в линиях 1-а и 1-б дают резкое отступление к минимуму в середине; ход остальных линий 2-а, 2-б и 3 в направлении изменений, но не по величине, аналогичен 1-а и 1-б.

Ход линий показаний цемента завода Стеффена и Камышетского при малом числе проб не характерен.

Помимо отмеченного выше, в ходе рассматриваемых линий цементов Глухоозерского и Невьянского заводов имеется особенность: удаленность ломанных кривых 1-а и 1-б одной от другой. То же, но в более слабой степени, характеризует и кривые 2-а, 2-б. Каждая пара этих ломанных кривых демонстрирует протекание во времени процесса твердения цемента, которое при лабораторных опытах фиксируется двумя точками: через 7 и 28 дней. Чем дальше по вертикали отстоят точки 28 дней от 7-дневных, тем больший прирост крепости пробы приходится на трехнедельный промежуток, следующий после энергичного твердения за первые 7 дней, тем плавнее кривая возрастания крепости цемента, меньше возможностей, так сказать, забегания вперед, что в некоторых случаях сказывается замедлением процесса твердения и даже периодом понижения достигнутой крепости как в чисто цементных образцах, так и в песчано-цементных.

Наглядную иллюстрацию к сказанному дают графики диаграммы III, построенные на годовых итоговых показаниях опробованных цементов.

Протекание процесса твердения в пробах цемента Яшкинского завода хорошо характеризуется путанной сетью ломанных кривых, где, среди далеко отстоящих друг от друга значений 7-ми и 28-дневных, довольно часто встречаются очень сближенные точки и даже показания обратного смысла, т. е., что сопротивление разрыву за 7 дней превосходит таковое за 28 дней. Таких случаев деградации крепости цемента после 7 дней твердения наблюдалось у Яшкинского завода за все время 7 для чисто цементных образцов и один для песчано-цементных. Случаи эти сведены в таблице № 4. У опробованных цементов других заводов такие случаи деградации крепости проб не констатированы.

Оближение показаний на сопротивление разрыву за 7 и 28 дней по существу дела явление того же смысла, что и деградация, но здесь пока грань не перейдена, что отмечено для одного Яшкинского завода; сближенные значения за 7 и 28 дней так же более многочисленны у этого завода; у других — Датский (Оольборг), Катав-Ивановский — они единичны. Относящийся сюда цифровой материал дан в таблице № 5.

Для критической оценки сведенных в указанных таблицах №№ 4 и 5 показаний, фиксирующих ослабление процесса твердения цемента после 7 дней, необходимо иметь в виду по крайней мере среднее значение повышения крепости проб после 7 дней за следующие три недели.

Из заграничных «норм» лишь французские включают пункт, предусматривающий описываемое явление. Он гласит: «28-дневные пробы из чистого цемента должны иметь сопротивление больше 7-дневных не меньше как на 5 килограмм, если таковые (7-дневные) не имели менее 55 килогр. на квадратн. сантиметр» (Карл Наске. Производство портланд-цемента. Изд. 1913 г. Русский перевод, стр. 336). В русских «нормах» такой пункт не вводился и отсутствует также в действующем общесоюзном стандарте для портланд-цемента. Поэтому при дальнейшем рассмотрении описываемых явлений мы ограничимся сопоставлением с средними показаниями о приросте крепости за последние три недели вызревания цемента при лабораторных испытаниях, не упуская из виду скромность ставки французских «норм».

Средние возрастания показаний после 7 дней до 28 суток чисто-цементных проб таковы:

Цемент Яшкинского завода	8,53	кгр./см. ²
„ Глухоозерского завода	15,10	„ „
„ Невьянского завода	10,32	„ „
„ Датского (Оольборг) завода	7,29	„ „
„ Катав-Ивановского завода	8,64	„ „

Для проб цементно-песчаных те же показания:

Цемент Яшкинского завода	4,1	„ „
„ Глухоозерского завода	4,83	„ „
„ Невьянского завода	4,70	„ „
„ Датского (Оольборг) завода	4,45	„ „
„ Катав-Ивановского завода	4,63	„ „

Как видим, по высоте средних значений интересующих нас величин глухоозерский цемент занимает первое место; за ним следует невянский, далее катав-ивановский, яшкинский и датский. По средним значениям цемент Яшкинского завода характеризуется не так низко и путаная сеть показаний объясняется чередованием в разных местах графика или сближенных показаний или показаний обратного смысла. Чтобы получить удовлетворительное среднее, очевидно, среди показаний за 7 и 28 дней должно быть значительное число весьма удаленных, которые компенсировали бы при выводе средней малые разности или отрицательные значения повышения крепости между 7 и 28 сутками отвердевания цемента.

Говоря о значении для качества п.-цемента отмеченных явлений ослабления твердения после 7-дневного срока как в чисто цементных, так в пробах с песком, должно принять в расчет весь комплекс показаний данной пробы и в особенности те, которые констатируют проявление вяжущей способности цемента: показания для разрыва и сжатия.

Сопоставленный в этом смысле в таблицах № 4 и 5 числовой материал позволяет сделать следующее заключение: отмеченный неплывный ход твердения по существу дела оказывает малое влияние на конечный результат. Основания таковы: по данным таблицы № 5, пункт А, ослабленное твердение цемента после 7-дневного срока в чисто цементных образцах не сказывается ослаблением вяжущей способности ни на пробах с песком, ни на сжатии; показания тех и других удовлетворительны. У слабых цементов весь комплекс показаний понижен. По пункту «Б» той-же таблицы № 5: ослабление процесса твердения в песчано-цементных образцах не отражается на временном сопротивлении сжатию; твердение чистого цемента протекает нормально. Слабые цементы дают набор невысоких показаний.

Отступления от вышеприведенных средних значений нарастания крепости цемента после 7 дней в пробах чистого цемента довольно значительны: показания варьируют от 0,42 кгр./см² до 1,9. Правило французских «норм» оказалось бы приложимым лишь к одной пробе (пункт А 4).

В пробах с песком отступления от средней нарастания менее резки; они варьируют от 0,1 до 1,75 при средней 4,1 для Яшкинского завода и очень снижены лишь в 2-х случаях (0,1 и 0,4).

Таблица № 4 дает сводку показаний проб Яшкинского завода с явлениями деградации крепости образцов чистого цемента (7) и песчано-цементных (1).

Все это сильные цементы с показаниями, близкими к максимальным. Песчано-цементные пробы этих цементов, как и в явлениях просто ослабленного твердения в после-семидневный период, прогрессивно повышают крепость почти нормально; показания их на разрыв высоки; временное сопротивление сжатию высокое, а у некоторых максимально или близко к максимуму. В таблице для сопоставления приведены близкие по времени испытания пробы с нормальным протеканием процесса твердения. Эти нормального типа пробы в отношении образцов с песком аналогичны тем, у которых процесс твердения после 7 дней протекал с понижением крепости образцов.

Таким образом, в пределах наличного экспериментального материала, и здесь, как при явлениях ослабленного процесса твердения, можно констатировать, что деградация крепости проб цемента после 7 дней на конечный результат выявления вяжущей способности п.це-мента существенно не влияет.

В таблице № 6 сведены числовые значения максимумов и минимумов показаний проб 28-дневного возраста, как иллюстрация амплитуды колебаний в временном сопротивлении на разрыв и сжатие у цементов разных заводов. Приведены два максимума — соответственно минимума, — от каждого рода проб, чтобы выявить в некоторой степени устойчивость крайних значений. Сопоставленные в таблице с крайними значениями сопутствующие показания дают материал для ориентировки в вопросе о значении максимумов, — соответственно минимумов, — как показателей вяжущей способности испытанных проб п.цементов.

Цифровой материал таблицы № 6 дает для выражения крайних амплитуд такие значения:

а) Пробы чистого цемента на разрыв 28—дневные.

	1) Главный максимум.	2) Второй максимум.
Яшкинский завод 1913—1914 г.	60,6 — 44,58	16,02
1915—1918 г.	67,55 — 42,56	24,99
1919—1927 г.	64,5 — 41,9	22,60
(Общий) 1913—1927 г.	67,55 — 41,9	25,65
Глухоозерский зав. 1913—1914 г.	53,1 — 43,6	9,50 52,8 — 44,2 = 6,6
Невьянский завод 1914—1918 г.	58,21 — 44,05	14,16 56,39 — 46,17 = 10,22
Датский (Оольборг) зав. 1914 г.	59,7 — 50,11	9,59 59,39 — 51,07 = 8,32

б) Пробы из смеси цемент-песок 1 : 3; 28—дневные.

	1) Главный максимум.	2) Второй максимум.
Яшкинский завод 1913—1914 г.	24,83 — 16,60	8,23
1915—1918 г.	30,15 — 16,90	13,25
1919—1927 г.	28,2 — 10,3	17,9
(Общий) 1913—1927 г.	30,15 — 10,30	29,85
Глухоозерский зав. 1913—1914 г.	24,27 — 17,48	6,79 23,75 — 17,62 = 6,13
Невьянский завод 1914—1918 г.	26,53 — 13,45	13,08 23,55 — 15,31 = 8,24
Датский (Оольборг) зав. 1914 г.	28,0 — 22,45	5,55 27,65 — 24,54 = 3,11

в) Для проб на сопротивление сжатию чрез 28 дней.

	1) Главный максимум.	2) Второй максимум.
Яшкинский завод 1913—1914 г.	310—169 = 141	
1915—1918 г.	372—161,3 = 210,7	
1919—1927 г.	310—132,5 = 177,5	
(Общий) 1913—1927 г.	372—132,5 = 239,5	
Глухоозерский зав. 1913—1914 г.	299—180 = 119	292—185 = 107
Невьянский завод 1914—1918 г.	418—166 = 252	356—182,6 = 178,4
	356—166 = 190	
Датский (Оольборг) зав. 1914 г.	354—278 = 76	353—320 = 32

Сопоставлением крайних значений в показаниях проб устанавливается, что цемент Яшкинского завода в пробах на разрыв дает амплитуды отклонений, значительно превосходящие таковые у всех других заводов. В пробах на сжатие первенство принадлежит Невьянскому заводу, если принять в расчет единственный за пять лет и неустойчивый максимум (418 клгр/см²). Более устойчивым и характерным для цемента Невьянского завода является второй максимум (356 клгр/см²). В последнем случае амплитуда отклонений и в пробах на сжатие окажется для Яшкинского завода максимальной. Цемент Глухоозерского завода имеет сниженную амплитуду; у датского (Оольборг) цемента по второму более устойчивому минимуму (320) разница между максимумом и минимумом должна почитаться незначительной, что характеризует особенно устойчивые свойства цемента этого завода.

Следя по таблицам № 6 А—Б за изменением сопряженных с максимумами, — соотв. минимумами, — показаний, констатируем следующее:

1. а) В таблицах максимумов проб Яшкинского завода совпадений максимальных показаний имеем 2: №№ проб 4—11 и 12—18; в одном случае совпадение обратного смысла: максимуму пробы чистого цемента на разрыв отвечает минимум сопротивления сжатию (№ 2).

1. б) В таблицах минимумов проб того же завода на разрыв встречаем также только 2 случая совпадений одного смысла: №№ проб по таблице 2—7 и 11—17; обратный случай, как и выше, относится к сжатию (проба № 14 отвечает № 2, 1-а).

2. В показаниях проб цемента Глухоозерского завода совпадений крайних значений нет.

3. Цемент Невьянского завода дает одно совпадение максимумов: пробы №№ 4—6.

4. Датский (Оольборг) цемент при незначительном количестве опробованных партий (7) дает несколько комбинаций прямого и обратного значения. Так, прямой смысл имеют сопряженные показания проб №№ 3—6 в ряду максимумов и №№ 1—5 в ряду минимумов. За исключением одной пробы № 2 в ряду минимумов, где нет совпадений крайних значений в сопряженных величинах, все остальные дают комбинации обратного смысла, т. е. максимальным значениям одних величин отвечают минимумы сопряженных.

Показания проб цемента из Дании (Оольборг) большею частью повышены, так что его минимумы иногда равны или мало уступают максимумам показаний русских заводов, а иногда и превосходят их. Так, для проб цемент-песок цемент Камышетского завода дает 18,87 кл/см²; минимум Датского 22,45; максимум тех же проб Глухоозерско-

го 24,27 кл/см², второй минимум Датского цемента 24,54 кл/см²; максимум цемента Катав-Ивановского завода 25,77 кл/см². Максимальные значения показаний цемента Яшкинского завода выше таковых же Датского, за то у последнего устойчиво держатся высокие значения и особенно сопротивление сжатию (большая часть выше 320 клг/см²). Поэтому картина взаимной зависимости значения сопряженных показаний лучше обрисовывается из данных о цементах русских заводов. Из сопоставления таблицы, содержащей максимумы цементов русских заводов, с таковой же, дающей минимальные значения показаний проб, определенно явствует, что максимальным показаниям проб в подавляющем большинстве сопутствует комплекс высоких значений показателей, однако не обязательно максимальные; тоже в отношении минимальных показаний. Это несовпадение высоких — соответственно — низких, — показаний одного ряда опробований с соответственно высокими или низкими показаниями другого ряда, с ним сопряженного, наблюдается не только в случаях крайних показаний. Примеров такого несовпадения из имеющегося опытного материала можно было бы набрать значительное число и для проб с средними значениями показаний. При выполнении испытаний нередко обращали на себя внимание случаи, когда цемент с высокими показаниями для чисто-цементных образцов давал низкие показания для смеси цемент-песок на разрыв и сжатие или при обратных соотношениях. Таким образом, показания одного ряда опробований цемента, напр. чистого цемента на разрыв или тоже для смеси цемент-песок, не гарантируют отвечающих им по высоте и по смыслу показаний в ряде сопряженных определений. Поэтому-то для характеристики цемента и требуется выполнение целого комплекса определений.

В рассмотренных таблицах в ряду сопутствующих показаний всюду приведены данные о тонкости помола пробы цемента. Смысл требования стандарта в отношении тонкости помола цемента в том, что при любом качестве п.-цемента достаточно тонкий помол гарантирует увеличение числа активных (мелких) частиц, суммарное действие которых при гидротации скажется повышенным проявлением свойственной данному цементу вяжущей способности в первый период затвердевания. Тонкий помол — это лишь одно из благоприятствующих условий для выявления вяжущей способности цемента. Для данной партии цемента, использованной в строительстве, помол единичен и проявленная цементом вяжущая способность отвечает степени помола, констатированной при испытаниях. Какие свойства имел бы цемент данной партии при другой тонкости помола, — этот вопрос остается открытым, так как заводская практика в этом направлении опытов не ставит и строительству приходится вестись с тем продуктом, какой выпускают заводы. Просматривая в таблицах графу помола, легко отметить, что наиболее устойчивый и высокий помол имеет датский цемент; за ним в смысле незначительности амплитуды колебаний для выбранных проб стоит глухоозерский цемент. Более разнообразный набор показаний по помолу дают Невьянский и Яшкинский заводы. В таблице № 7 дана выборка из актов испытаний проб с последовательно изменяющимися показаниями о тонкости помола от минимума до максимума последних. Сопутствующие показания данной пробы на сопротивление разрыву и сжатию ни в какой мере не отвечают ряду повышающихся значений тонкости помола и по существу дела отвечать не могут, так как вяжущая сила цемента зависит существенно в первую очередь от качеств цемента и лишь во вторую — от условий, влия-

ющих на степень ее проявления. Отметка о тонкости помола при испытаниях констатирует выполнение минимума норм, указанных стандартом, наличие определенного количества мелкой фракции в цементе; сказать же, что данный помол для опробованной партии цемента единственно хорош, на это при определениях, согласно установленной стандартом методики, данных не получается.

Относительно удельного веса опробованных цементов можно отметить, что в подавляющем количестве проб требования «норм» удовлетворены. В части проб цемента Невьянского завода, именно в пробах 1918 года (числом 5), — имеются очень низкие показания удельного веса: — от 3,00 до 3,02 против минимума «норм» — 3,05. Однако цемент этих партий дал очень высокие показания на разрыв смеси цемент-песок и максимальное на сжатие при среднем и даже минимальном значении показаний на разрыв проб чистого цемента. Стандартом 1927 г. СССР числовое значение удельного веса не устанавливается.

Проб цемента с неравномерным изменением объема и, следовательно, недоброкачественных за весь рассматриваемый период испытаний встречено 5. При этом необходимо указать, что констатированная неравномерность объема (проба лопашкой, радиальные трещины по краям) цемента не вызвала в опробуемых образцах каких-либо особенных явлений, например, разрушения образцов. В некоторых пробах, не показавших равномерности расширения объема, можно было отметить ослабленное после 7-дневного срока повышение крепости чисто цементных образцов при одновременном нормальном развитии твердения в песчано-цементных пробах и высоких показаниях на сопротивление сжатию. Теоретически рассуждая, эти факты прогрессирующего повышения крепости образцов стоят в противоречии с наблюдаемыми признаками неравномерности расширения объема, по которым партия цемента оценивалась выходящей из ряда нормальных, и затрудняют оценку влияния неравномерности изменения объема на протекание процесса твердения в этих цементах.

Диаграмма № 4 иллюстрирует отношение сопротивления сжатию к сопротивлению проб на разрыв, установленное «нормами» 1911—1913 г. За исключением проб цемента Яшкинского завода, относящихся к начальному периоду его работы, следовательно, при неустановившейся еще технике, остальные опробованные партии цементов удовлетворяли это требование «норм».

В общесоюзном стандарте 1927 г. СССР этот показатель исключен, так как наличие его выводило из ряда нормальных цементы вполне удовлетворительных качеств. Так, если цемент имел показание на разрыв 30 кл/см², а на сжатие 220, то отношение $220 : 30 = 7,33$ против 7,5 по «нормам» заставляло признавать этот цемент не удовлетворяющим требованиям «норм», браковать. Общесоюзный стандарт 1927 г. заменил отношение сопротивлений числовым значением на сжатие 140 кл/см². Последнему минимуму не удовлетворили бы из опробованных 3 партии.

Проведенный анализ данных лабораторных испытаний п.-цементов, использованных строительной практикой Западной Сибири, позволяет сделать следующие выводы:

1) Значительное большинство (92,22%) опробованных партий п.-цементов, поставленных на работы, удовлетворяло требованиям «технических условий приемки п.-цементов» 1911—1913 г.

2) Процент бракованных партий (7,78%) высок. В свете стандартных норм 1927 г. СССР это число снижается до 5,48%. (По этому стандарту значение показаний для удельного веса не назначено; требованиям «норм» 1911—1913 г. по удельному весу не удовлетворили 2,3% партий).

3) Показания п.-цементов в отдельных определениях от пробы к пробе изменяются неслучайно, а представляют систему ломанных линий с резкими отклонениями там, где «нормы» не ограничивают колебаний узкими пределами. Это лишает возможности уверенно судить о качествах следующей партии или поставки п.-цемента по показаниям предшествующей без контрольных испытаний.

4) Согласованность сопряженных показаний (сопротивление разрыву, сжатию; удельн. вес, объемный вес; помол, нормальное количество воды, схватывание) одной пробы, не без исключений, намечается лишь в направлении изменений, но не по величине. Точной количественной функциональной зависимости между показаниями «сопряженных определений» не усматривается.

5) Явление ослабленного твердения и даже деградации крепости чистоцементных проб после 7 дней до 28 суток, особенно частые в пробах Яшкинского завода, существенно не влияют на протекание процесса твердения в песчано-цементных образцах (на разрыв и сжатие). Отмеченное явление установлено, главным образом, у сильных п.-цементов с преимущественно повышенным помолом (82—84%, что для цемента Яшкинского завода дает максимальные или близкое к максимальным значениям помола).

6) Помол, гарантирующий число частиц активной массы цемента, для партии единичен, но не единственно хороший, создающий оптимум для выявления вяжущей способности данного цемента.

7) Пониженный против «норм» 1911—1913 г. удельный вес цемента в некоторых из опробованных партий и непостоянство объема не оказали заметных влияний на развитие твердения цемента за срок испытаний.

8) Цементы Яшкинского и Невьянского заводов дают периодические, длящиеся ряд лет подьемы и спадания в показаниях своих проб, что характеризует неровную работу заводов.

9) Цемент Яшкинского завода дает значительное число сближенных показаний в сопряженных определениях (сопротивление разрыву за 7 и 28 суток) и одновременно с большими амплитудами расхождений, что характеризует непостоянство качества продукции завода.

10) Цементы Глухоозерского и Невьянского заводов имеют отличительную черту: устойчивую и высокую разность сопротивлений разрыву за 7 и 28 дней твердения, характеризующую повышенную по сравнению с другими интенсивность возрастания крепости образцов в послесемидневный период, большую плавность развития процесса твердения, благодаря чему явления ослабленного твердения образцов после 7 дней или явления деградации исключены.

11) Заграничные цементы (Дания, Оольборг) тонки помолом, представляют материал устойчивых качеств с высокими, но не крайними показаниями.

12) Цемент Камышетского завода дает показания, близкие к минимумам «норм» и должен быть отнесен к разряду слабых цементов.

Таблица № 4.

Пробы ускоренного твердения за 7 дней с понижением (деградацией) крепости в последующий период до 28 дней.

НАИМЕНОВАНИЕ ЗАВОДА	№№ проб	Сопряженные показания проб цементов							
		Временное сопротивление разрыву						Времен. сопротив. сжатия через 28 дн. клгр./см. ²	Тонкость помола (прошло сито 4900 отв. см. ²) в %
		Чистый цемент			Цемент-песок 1 : 3				
		По затворе- нии чрез		Падение крепости в кл./см. ²	По затворе- нии чрез		Падение крепости в кл./см. ²		
		7 дн.	28 дн.		7 дн.	28 дн.			

А. Пробы чистого цемента.

Яшкинский завод . . .	1	56,05	53,20	-2,85	14,7	21,4	—	203	81,68
	2	53,55	49,0	-4,55	18,78	22,7	—	229	82,41
	3	61,06	60,15	-0,91	21,73	24,28	—	354	82,45
	4	61,76	57,52	-4,24	20,29	24,07	—	372 *)	82,08
	5	59,45	59,30	-0,15	20,06	24,95	—	290,6	81,34
	6	58,20	56,52	-1,68	22,05	23,47	—	283	83,72
	7	57,35	54,54	-2,81	18,64	21,89	—	208,6	72,26

Рядовые пробы чистого цемента с нормальным процессом твердения.

*)	48,0	57,47	—	20,39	25,07	—	318	80,05
*)	46,50	56,64	—	18,31	23,05	—	208,6	74,03

Б. Пробы: цемент-песок 1 : 3; на разрыв.

Яшкинский завод . . .	1	53,52	55,50	—	21,05	20,65	-0,4	227,6 *)	81,14
-----------------------	---	-------	-------	---	-------	-------	------	-----------------	-------

Рядовая проба с нормальным процессом твердения.

*)	51,55	54,55	—	16,22	25,22	—	213	78,79
----	-------	-------	---	-------	-------	---	-----	-------

Примечание. Жирным шрифтом в графе „временное сопротивление сжатию“ представляют максимум (372) и один из частных минимумов (283). См. таблицу № 6.

Таблица № 5.

Пробы ускоренного твердения за 7 дней по затворении и ослабленного за последующий период до 28 дней, но с повышением крепости.

НАИМЕНОВАНИЕ ЗАВОДА	№№ проб	Сопряженные показания проб цемента							
		Временное сопротивление разрыву						Времен. сопротив. сжатию через 28 дн. клгр./см. ²	Тонкость помола (прошло сито 4900 отв./см. ²) в %
		Чистый цемент по затворении через		Прирост крепости за 3 недели в кл./см. ²	Цемент-песок 1:3 по затворении через		Прирост крепости за 3 недели в кл./см. ²		
		7 дн.	28 дн.		7 дн.	28 дн.			

А. Ослабленное твердение в чисто-цемент. обр.

1) Яшкинский	1	54,30	55,20	+0,9 ¹⁾	16,92	20,72	—	239	79,0
	2	49,67	51,04	+1,37	14,10	18,30	—	228	82,76
	3	52,50	53,62	+1,12	16,35	21,85	—	246	83,31
	4	61,65	62,07	+0,42	16,92	21,80	—	239	77,86
	5	44,20	44,96	+0,76	12,92	16,81	—	149	79,15
	6	40,0	41,90	+1,90 ²⁾	12,80	16,81	—	146	77,95
2) Катав-Ивановский .	1	41,10	41,80	+0,70 ³⁾	19,20	25,6	—	279	83,85
3) Датский (Оольборг) .	1	50,30	51,07	+0,77 ³⁾	21,5	36,15	—	347	88,77

Б. Ослабленное твердение в цементно-песчаных образцах 1:3.

1) Яшкинский	1	51,40	63,10	—	18,90	19,95	+1,05 ⁴⁾	271	81,3
	2	54,40	61,02	—	23,02	24,10	+1,08	230,3	81,7
	3	58,20	56,52	ослаблен —1,68	22,05	23,47	+1,42	283	83,72
	4	51,58	58,24	—	18,02	19,77	+1,75	232,7	74,72
	5	39,45	44,02	—	13,27	14,64	+1,37	156,5	83,36
	6	36,19	45,11	—	11,37	12,44	+1,07	156,5	82,61
	7	36,64	48,95	—	10,20	10,30	+0,1 ⁵⁾	132,5	78,13
2) Датский (Оольборг) .	1	50,01	54,60	—	26,20	27,65	+1,35	352	87,53

Примечание. 1) Среднее увеличение крепости после 7 дней 8,53 клгр./ст. ²

2)	"	"	"	"	"	"	8,64	"
3)	"	"	"	"	"	"	7,29	"
4)	"	"	"	"	"	"	3,89	"
5)	"	"	"	"	"	"	4,45	"

Таблица № 6.

Пробы с максимальными и минимальными показаниями на разрыв и сжатие цементов разных заводов.

А. Максимумы 28—дневных проб.

№№ проб	Сопряженные показания проб цементов						ЗАМЕЧАНИЕ
	Временное сопротивление разрыву				Времен. сопротив- ление сжатию по затворении чрез 28 дней	Тонкость помола (прошло сито 4900 отв./см. ²) в %	
	Чистый цемент по затворении чрез		Цемент-песок (1 : 3) по затворении чрез				
	7 дней	28 дней	7 дней	28 дней			

1. Яшкинский завод.

Чистый цемент. Пробы на разрыв 1913—1914 г.

1	54,3	60,6 ¹⁾	17,57	21,08	236	78,63	*) минимумы.
2	39,1	59,32 ^{**)}	16,9	19,4	171 ^{*)}	72,73	^{**)} максимум.

Т о ж е 1915—1918 г.

3	47,4	67,55	18,1	25,21	237	79,03	¹⁾ жирные в таблице числа — максимумы.
4	45,23	64,9 ^{**)}	21,9	28,2 ^{**)}	321	77,08	

Т о ж е 1919—1927 г.

5	52,8	64,5	18,01	22,25	201,3	72,25	
6	54,65	63,87	20,4	24,37	217	81,0	

Раствор: цемент-песок 1 : 3; 1913—1914 г. Пробы на разрыв.

7	44,1	55,42	18,92	24,83 ¹⁾	181	80,74	
8	41,78	49,2	19,35	23,7 ^{**)}	244	88,0 ^{**)}	

Т о ж е 1915—1918 г.

9	49,61	61,30	21,52	30,15	267	76,67	
10	51,46	60,05	19,75	27,4	331	77,6	
11	45,23	64,9 ^{**)}	21,9	28,2 ^{**)}	321	77,08	

Т о ж е 1919—1927 г.

12	56,2	62,6	21,8	27,7 ^{**)}	310 ^{**)}	83,78	
13	51,55	54,53	16,22	25,22	213	78,79	

Времен. сопротив. сжатию 1913—1914 г.

14	43,7	57,5	17,3	18,05	310 ¹⁾	74,03	
15	47,32	57,35	18,35	22,72	283	74,44	

Т о ж е 1915—1918 г.

16	61,76	57,52	20,24	24,07	372	82,08	
17	54,19	60,70	18,75	24,25	371	77,08	

Т о ж е 1919—1927 г.

18	56,2	62,6	21,8	27,7 ^{**)}	310 ^{**)}	83,78 ^{**)}	
19	58,27	59,76	21,35	23,5	304	73,78	

Продолжение таблицы № 6.

№№ проб	Сопряженные показания проб цементов						ЗАМЕЧАНИЕ
	Временное сопротивление разрыву				Времен. сопротивление сжатию по затворении через 28 дней	Тонкость помола (прошло сито 4900 отв., см.) в %	
	Чистый цемент по затворении через		Цемент-песок (1:3) по затворении через				
	7 дней	28 дней	7 дней	28 дней			

2. Глухоозерский завод. 1913—1914 г.г.

Чистый цемент.				Пробы на разрыв.			
1	41,08	53,1 1)	15,86	21,8	244,6	81,18	*) минимум.
2	35,40	52,8	14,05	17,95	218,0	77,53	**) максимум.
Раствор: цемент-песок 1:3. На разрыв.							
3	32,87	46,4	17,80	24,27 1)	284,7	78,39	1) жирные в таблице числа—максимумы.
4	27,88	48,87	16,52	23,75	266,7	78,78	
Пробы на сжатие.							
5	30,22	46,52	16,28	23,0	299,0 1)	76,59	
6	29,30	49,32	17,45	23,5	292,0	76,35	

3. Невьянский завод. 1914—1918 г.г.

Чистый цемент.				Пробы на разрыв.			
1	39,21	58,21	13,71	18,21	255	71,85	*) минимум.
2	35,46	56,39	11,26	17,02	201	69,08 *)	**) максимум.
Раствор: цемент-песок 1:3. На разрыв.							
3	42,86	48,89	19,51	23,55	295	77,34	
4	44,45	49,97	19,85	26,53 **)	356 **)	90,2 **)	Уд. вес 3,00. Брак.
Пробы на сжатие.							
5	40,37	51,30	17,97	22,07	418	81,8	Уд. вес 3,01. Брак
6	44,45	49,97	19,85	26,53 **)	356 **)	90,2 **)	Уд. вес 3,00. Брак.

4. Цемент из Дании (Оольборг) 1914. г.

Чистый цемент.				Пробы на разрыв.			
1	53,08	59,7 **)	16,92	22,45 *)	354 **)	86,93	*) минимум.
2	47,97	59,39 **)	21,05	24,54 *)	351 **)	88,77 **)	**) максимум.
Раствор: цемент-песок 1:3. На разрыв.							
3	50,01	54,6	26,2	27,65 **)	352 **)	87,53	
4	47,67	57,87	25,1	28,0	327	86,60	
5	47,87	52,61	21,75	27,12 **)	320 *)	87,75	
Пробы на сжатие.							
6	53,08	59,7 **)	16,92	22,45 *)	354 **)	86,93	
7	50,01	54,6	26,2	27,65 **)	352 **)	87,53	

Продолжение таблицы № 6.

Б. Минимумы 28—дневных проб.

№№ проб	Сопряженные показания проб цементов						ЗАМЕЧАНИЕ
	Временное сопротивление разрыву				Времен. сопротив- ление сжатия по затворении через 28 дней	Товкость помола (прошло сито 4900 отв./см. ²) в %	
	Чистый цемент по затворении через		Цемент-песок (1:3) по затворении через				
	7 дней	28 дней	7 дней	28 дней			

1. Яшкинский завод.

Чистый цемент. Пробы на разрыв 1913—1914 г.г.

1	34,31	44,58 ¹⁾	11,66	17,86	194,7	70,90	*) минимум.
2	39,88	46,3 *)	14,2	16,6 *)	169	74,04	**) Максимум.

Т о ж е 1915—1918 г.

3	37,05	42,56	12,4	18,63	191	76,83
4	43,66	44,60	14,2	17,74	218	75,32

Т о ж е 1919—1927 г.

5	40,0	41,9	12,8	16,31	146	77,95	¹⁾ жирные в таблице числа—минимумы.
6	32,16	43,80	15,04	17,81	149,5	80,02	

Разрыв проб с песком; 28 дней. 1913—1914 г.

7	39,88	46,3 *)	14,2	16,6 *)	169	74,04
8	46,6	51,9	13,38	17,55 ¹⁾	206	83,24

Т о ж е 1915—1918 г.

9	40,1	47,36	14,74	16,90	174	69,88 *)
10	48,96	51,48	13,48	17,16	227	75,13

Т о ж е 1919—1927 г.

11	36,64	48,95	10,2	10,3 *)	132,5 *)	78,13
12	36,19	45,11	11,37	12,44	156,5	82,01

Пробы на сжатие 28 дней. 1913—1914 г.

13	37,09	52,28	14,82	19,35	169 ¹⁾	74,19
14	39,1	59,32 **)	16,9	19,4	171 *)	73,73

Т о ж е 1915—1918 г.

15	37,96	48,8	13,56	17,7	161,3	77,16
16	40,08	50,96	14,23	18,07	173,6	72,93

Т о ж е 1919—1927 г.

17	36,64	48,95	10,2	10,3 *)	132,5 *)	78,13
18	39,19	45,27	13,95	15,35	138,3	79,43

Продолжение таблицы № 6.

№№ проб	Сопряженные показания проб цемента						ЗАМЕЧАНИЕ
	Временное сопротивление разрыву				Времен. сопротивление сжатию по затворении через 28 дней	Тонкость помола (прошло сито 4900 отв./см. ²) в %	
	Чистый цемент по затворении через		Цемент-песок (1:3) по затворении через				
	7 дней	28 дней	7 дней	28 дней			

2. Глухоозерский завод 1913—1914 г.г.

Чистый цемент.				Пробы на разрыв.			
1	36,80	43,60 ¹⁾	16,5	22,42	221	78,69	*) минимум.
2	33,22	46,2	16,75	21,10	243	76,73	**) максимум.
Раствор: цемент-песок 1:3. На разрыв.							
3	32,07	49,85	13,5	17,48 ¹⁾	222	79,83	¹⁾ жирные в таблице числа—минимумы.
4	37,8	51,95	13,8	17,62	207,7	78,41	
Пробы на сжатие.							
5	36,07	51,2	13,17	18,8	180 ¹⁾	79,87	
6	34,8	52,65	13,95	18,32	185	79,05	

3. Невьянский завод 1913—1914 г.г.

Чистый цемент.				Пробы на разрыв.			
1	35,67	44,05	16,08	22,42	316	87,0	Уд. вес 3,02. Брак.
2	37,25	46,17	16,47	21,67	322	87,48	Уд. вес 3,02. Брак.
Раствор: цемент-песок 1:3. На разрыв.							
3	36,17	54,4	10,85	13,45	208,3	75,97	
4	41,1	54,82	10,74	15,31	255,0	71,74	
Пробы на сжатие.							
5	41,8	49,69	19,55	21,11	166,0	81,83	
6	37,5	47,57	12,59	16,36	182,6	74,0	

4. Цемент из Дании (Ольборг). 1914 г.

Чистый цемент.				Пробы на разрыв.			
1	37,44	50,11 *)	18,51	26,28	278 *)	88,24	*) минимум.
2	50,30	51,07 *)	21,50	26,15	347	88,77 **)	**) максимум.
Раствор: цемент-песок 1:3. На разрыв.							
3	53,08	59,7 **)	16,92	22,45 *)	354 **)	86,93	
4	47,97	59,39 **)	21,05	24,54 *)	351 **)	88,77 **)	
Пробы на сжатие.							
5	37,44	50,11 *)	18,51	26,28	278 *)	88,24	
6	47,87	52,61	21,75	27,12 **)	320 *)	87,75	

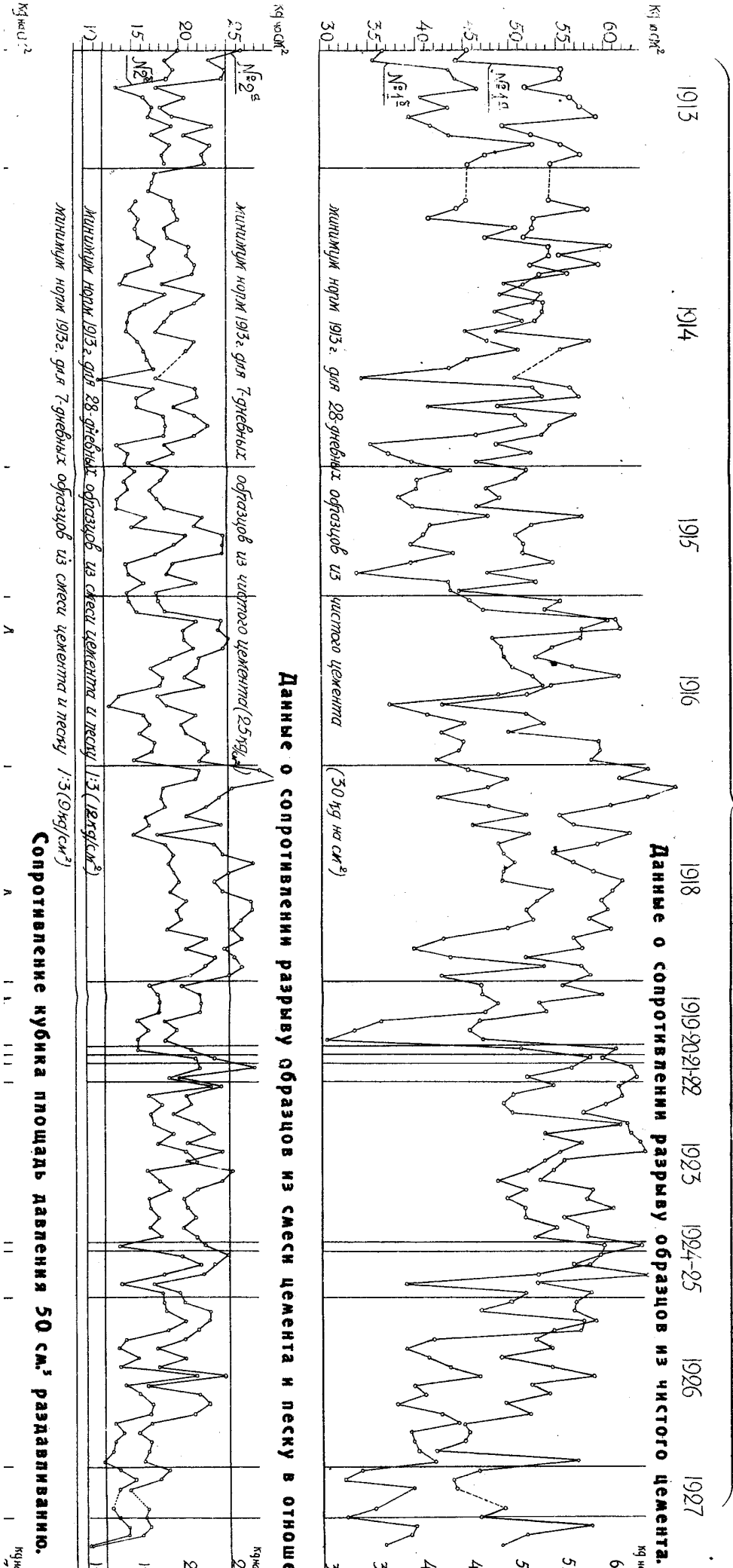
Таблица № 7.

Пробы цемента разных заводов с минимальными, средними и максимальными показаниями тонкости помола (прошло сито 4900 отв./см.²).

НАИМЕНОВАНИЕ ЗАВОДА	№№ проб	Сопутствующие показания						З а м е ч а н и я
		Сопротивление разрыву				Времени. сопро- т. сжатия через 28 дней	Тонкость помола (прошло сито 4900 отв./см. ²)	
		Чистый цемент		Цемент-песок				
		7 дн.	28 дней	7 дн.	28 дней			
Яшкинский завод	1	40,1	47,36	14,74	16,9 *)	174	69,88 *)	*) минимум. **) максимум.
	2	35,02	48,77	13,56	18,31	171 *)	70,0 *)	
	3	33,95	47,4	14,95	18,8	204,3	75,58	
	4	49,05	58,92	19,14	25,07	316	78,4	
	5	33,4	45,32	16,4	19,76	186	78,0	
	6	42,67	58,37	20,95	24,92	305	78,0	
	7	56,2	62,6	21,8	27,7 **)	310 **)	83,78 **)	
	8	58,2	56,52	22,05	23,47	283 **)	83,72 **)	
	9	39,45	44,02	13,27	14,64	156,5	83,36	
	10	41,78	49,2	19,35	23,7	244	88,0 **)	
Невьянский завод	1	35,46	56,39	11,26	17,02	201	69,08 *)	Уд. в. 3,00. Брак. Уд. в. 3,01. Брак.
	2	36,89	46,81	20,13	22,01	266	75,98	
	3	36,17	54,4	10,85	13,45 *)	208,3	75,97	
	4	42,92	49,21	17,0	22,02	233	79,08	
	5	40,37	51,3	17,97	22,07	418 **)	81,8	
	6	44,45	49,97	19,85	26,53 **)	356 **)	90,2 **)	
Датский цем. (Оольборг)	1	47,67	57,87	25,1	28,0 **)	327	86,6 *)	
	2	37,44	50,11 *)	18,51	26,28	278 *)	88,24	
	3	47,97	59,39 **)	21,05	24,54 *)	351 **)	88,77 **)	
Глухоозер- ский завод	1	36,0	51,17	15,25	20,57	237	73 *)	
	2	37,8	51,95	13,8	17,62	207,7	78,41	
	3	37,94	52,3	17,15	21,5	231,3	82,3 **)	
Катав - Ива- новск. зав.	1	40,87	55,37	21,02	25,77 **)	343	85,3 *)	
	2	44,72	52,47	17,15	20,35	290	89,0 **)	
Камышет- ский завод	1	27,97	38,9	14,2	18,87 **)	161,3 **)	80,02 **)	

Диаграмма I.

ДАННЫЕ ИСПЫТАНИЙ ПОРТЛАНД-ЦЕМЕНТА В ЛАБОРАТОРИИ СИБИРСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ЯШКИНСКОГО ЗАВОДА



ЖЕНТА

Из статьи прений. СТУ - М. У. Мецгерякова.

ГУТЯ с 1913-го по 1927 г.

Гухоозерского

Невьянского

Датского

Стэфф.

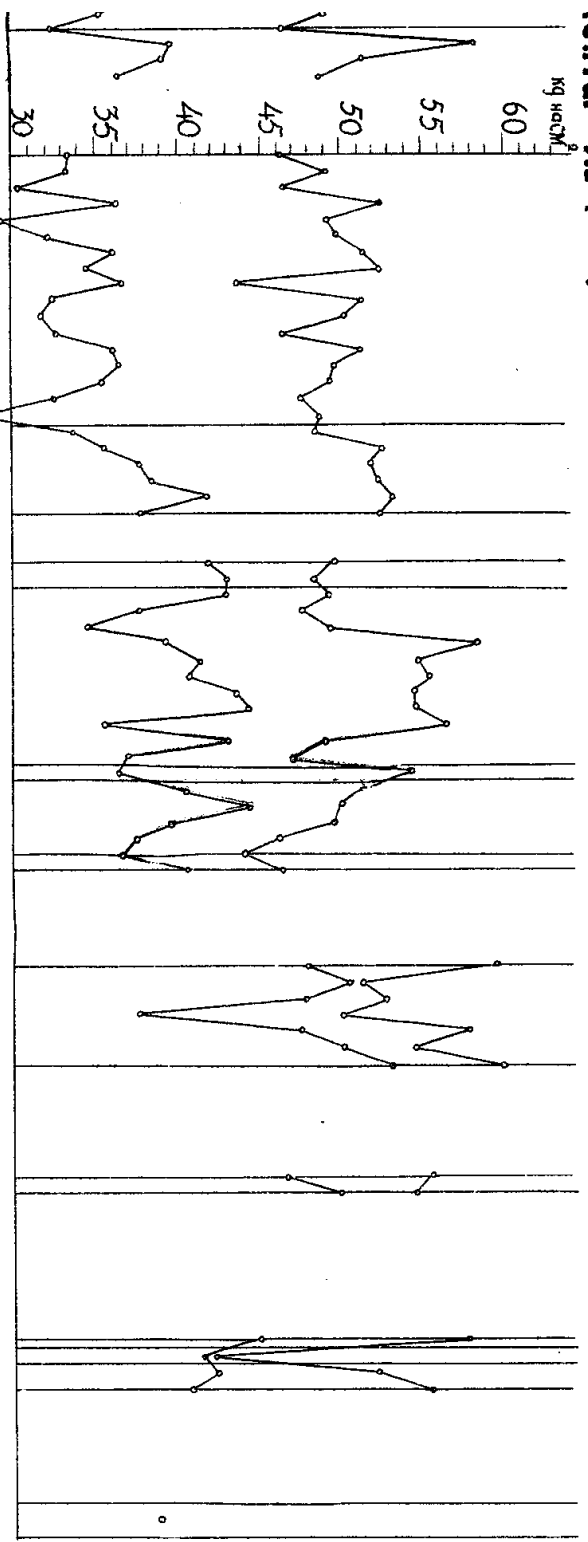
Катав-

Камыш.

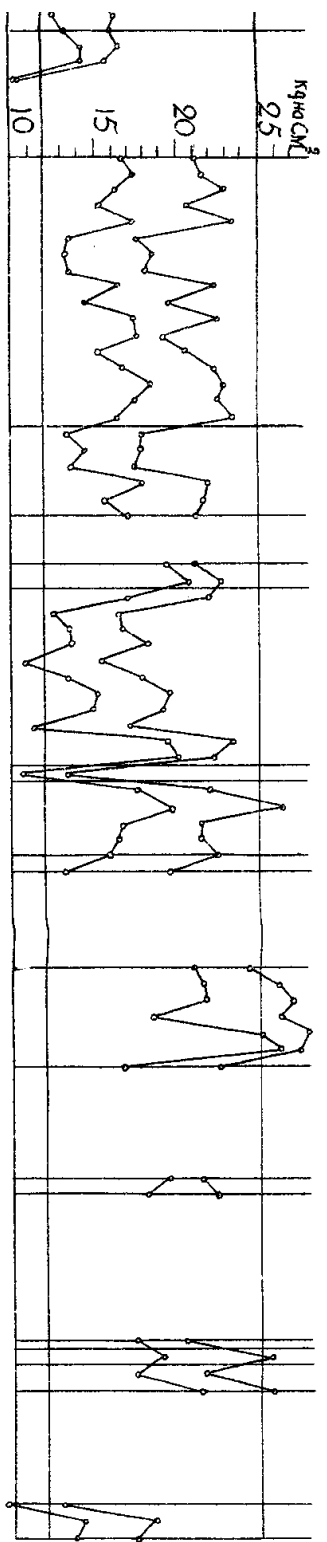
Ивановск.

7 1913 1914 1914 1915 1916 1918-27 1914 1915 1914-5-8 1915

ента. № 1а—1б

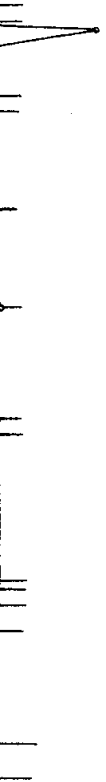


ТНОШЕНИИ 1:3. № 2а—2б



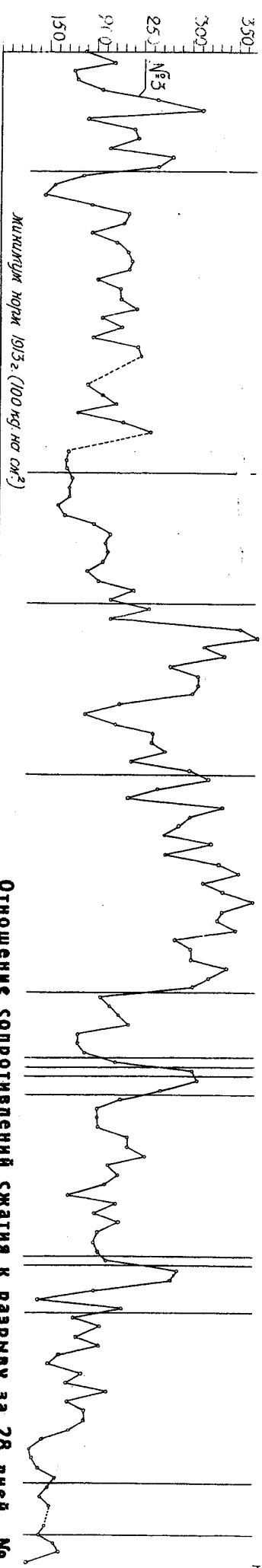
НИЮ. № 3

кг на см²

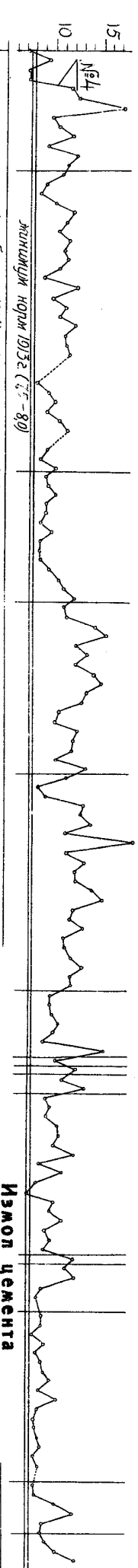


Минимум норм 1973г. для 7-дневных образцов из смеси цемента и песка 1:3 (0,1кг/см²)

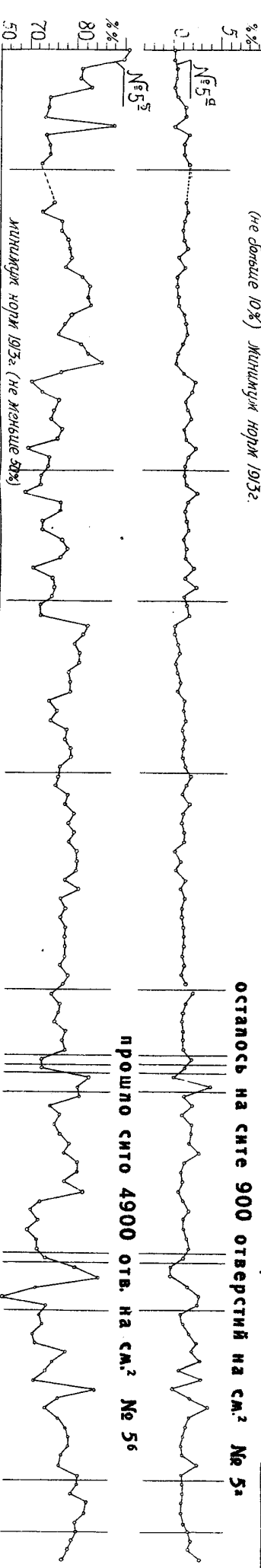
Сопротивление кубика площадь давления 50 см.² раздавливанию



Отношение сопротивлений сжатия к разрыву за 28 дней. №

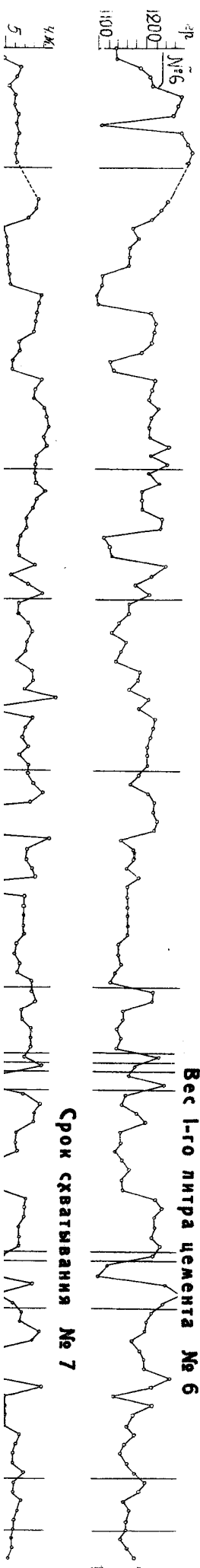


Излом цемента
осталось на сите 900 отверстий на см.² № 5.

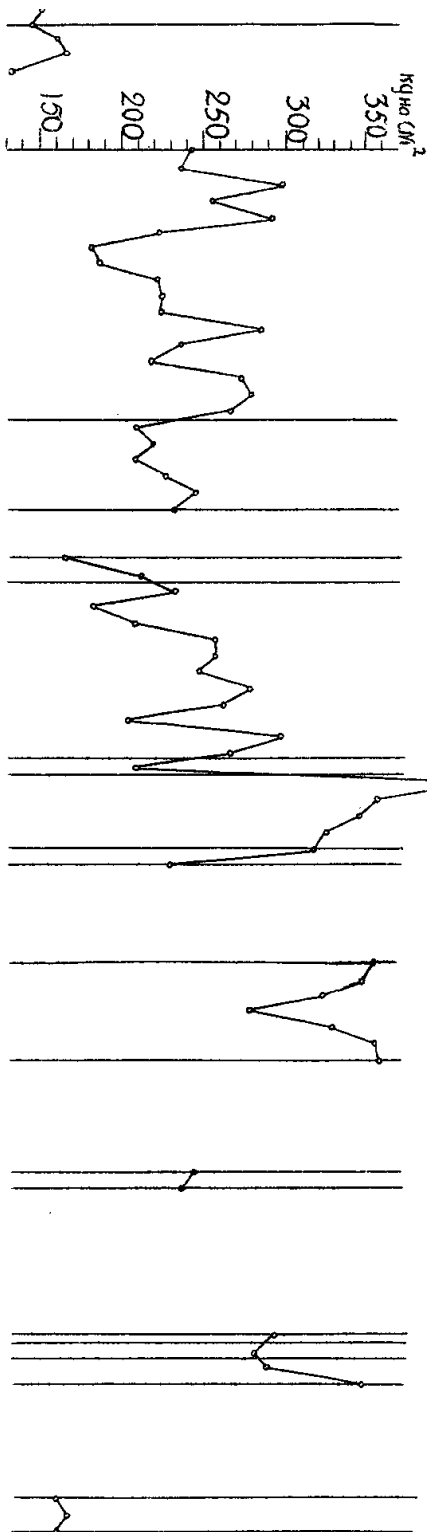


прошло сито 4900 отв. на см.² № 5^б

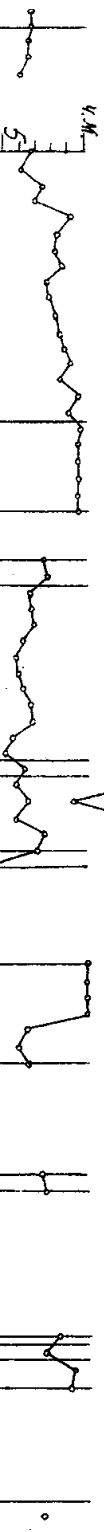
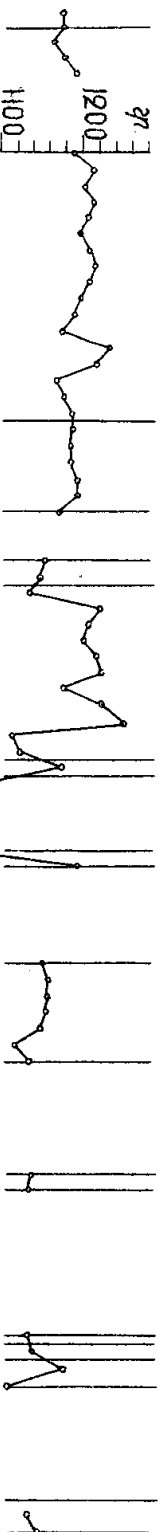
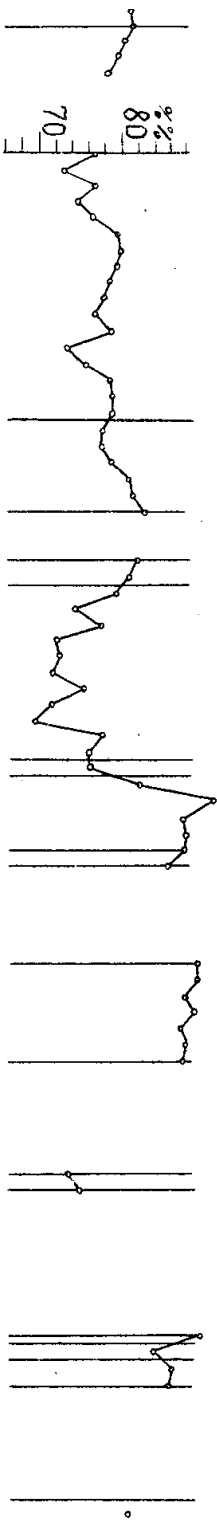
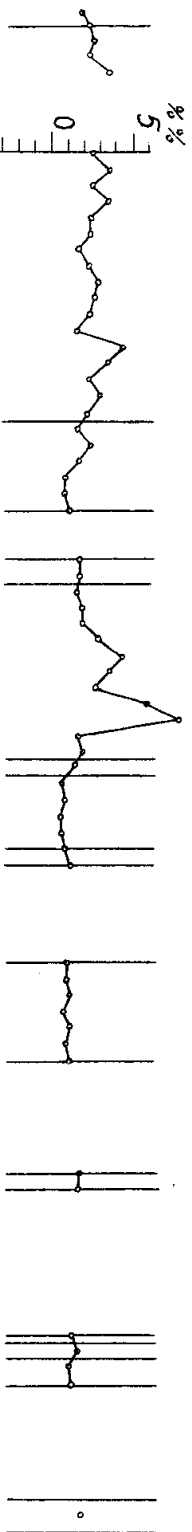
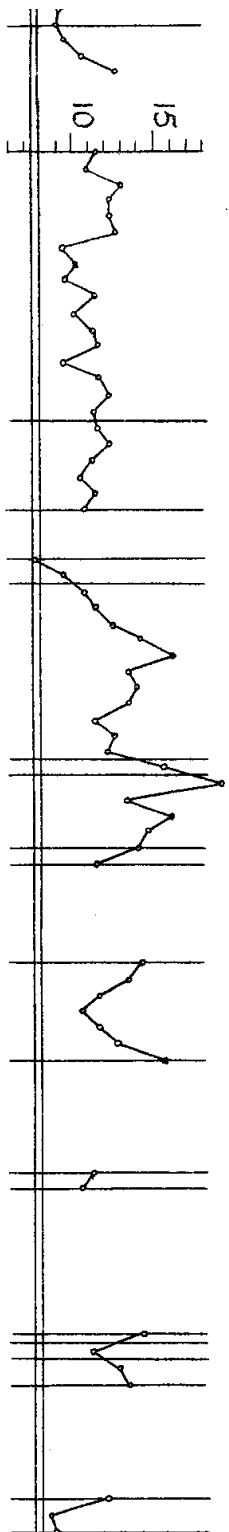
Вес 1-го литра цемента № 6

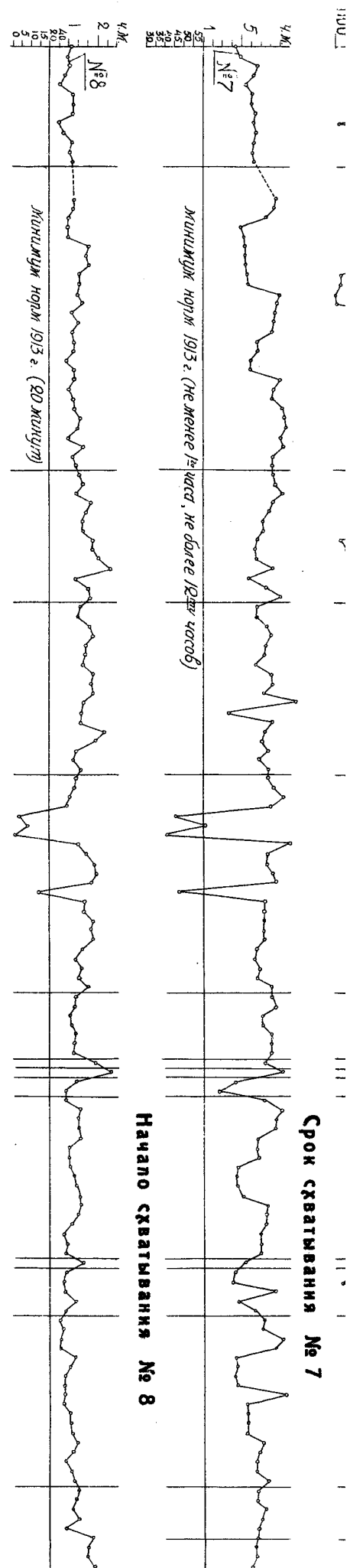


Срок схватывания № 7



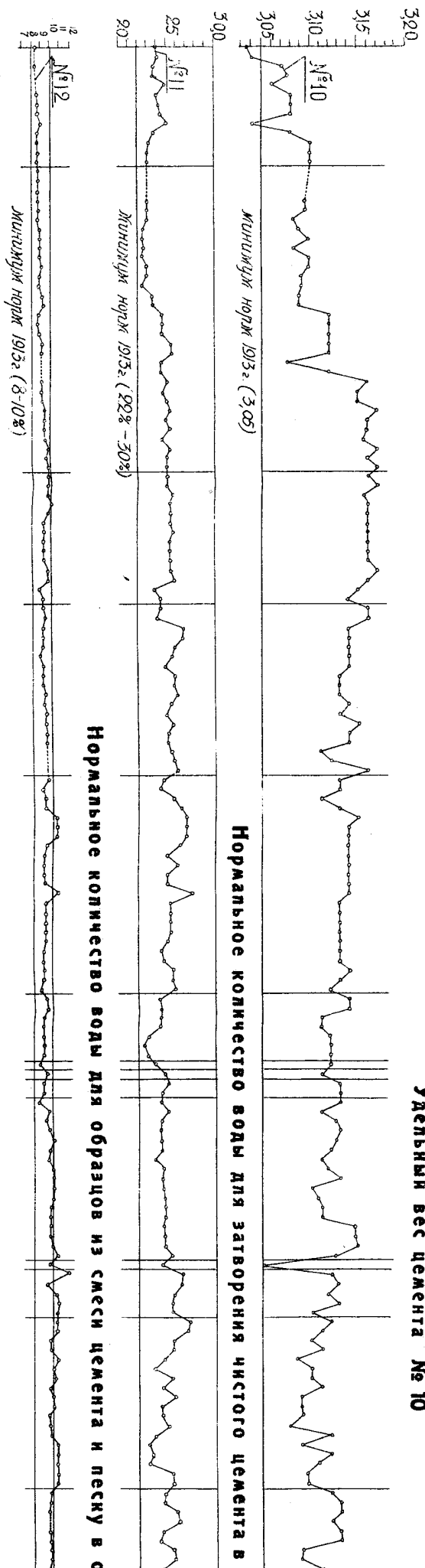
№ 4.



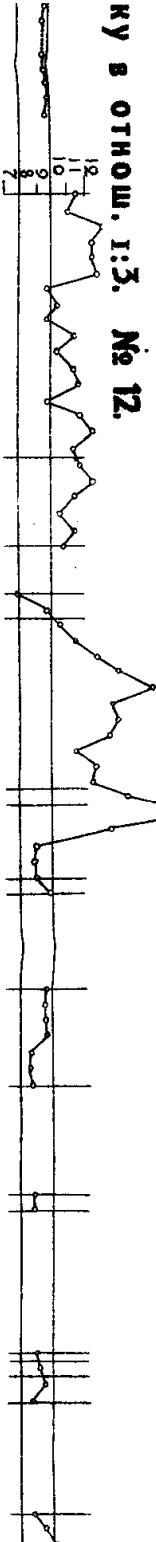
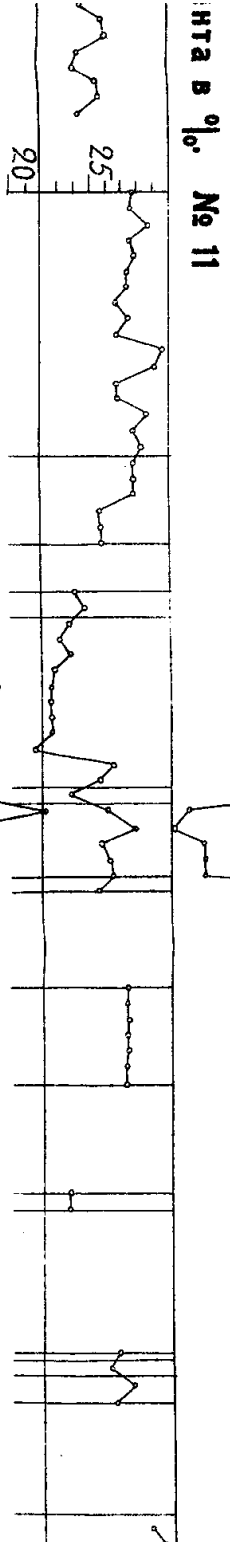
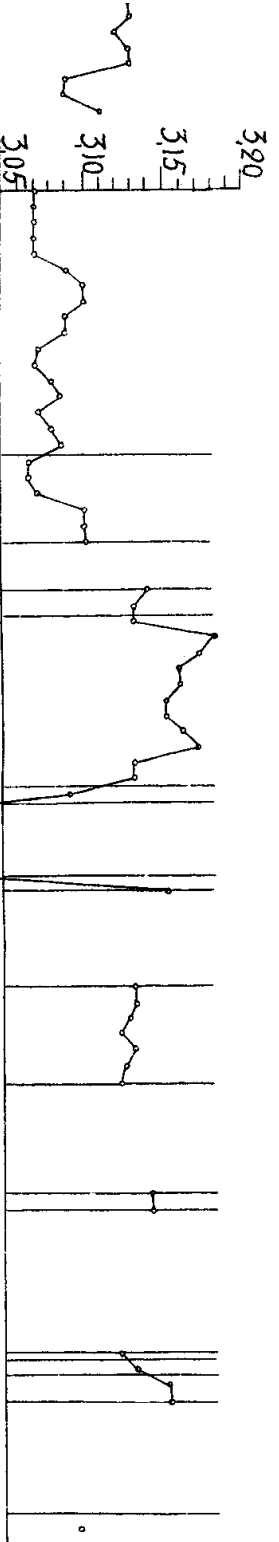
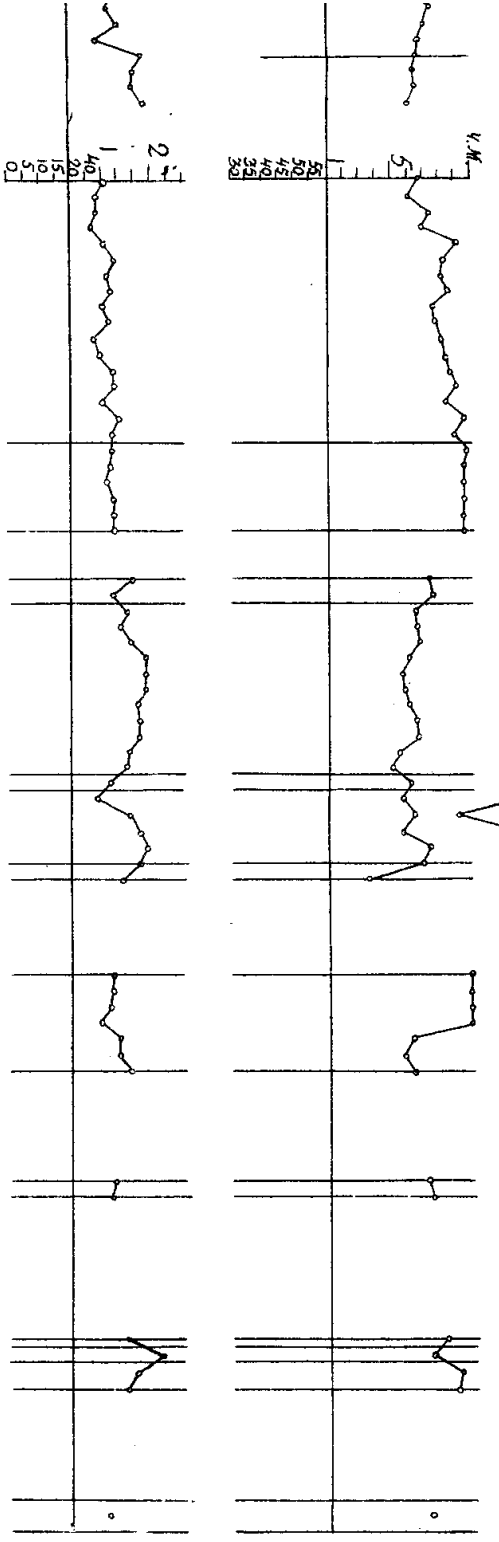


№ 9

Обозначение: — ганная проба не выдержала постоянства объема.



Нормальное количество воды для образцов из смеси цемента и песку в 0



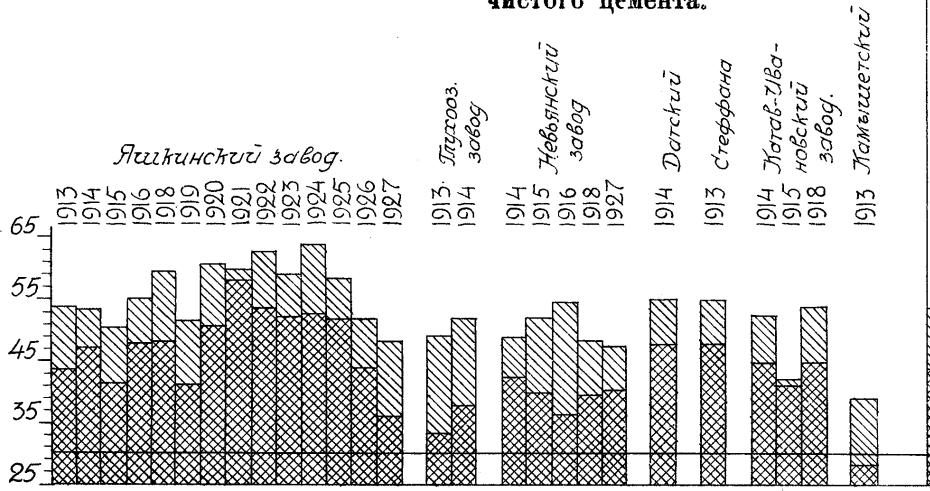
ку в отнош. 1:3. № 12.

Ита в % № 11

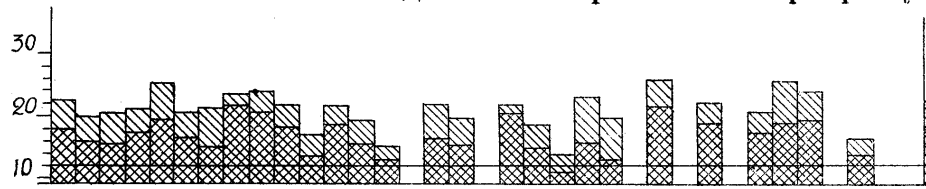
ДИАГРАММЫ

средних годовых по заводам.

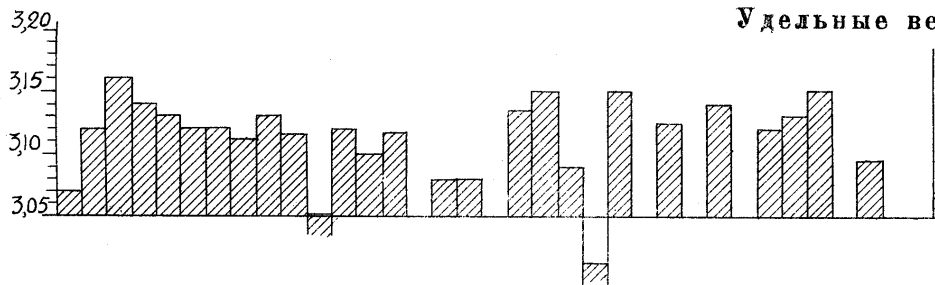
Данные сопротивления разрыву
чистого цемента.



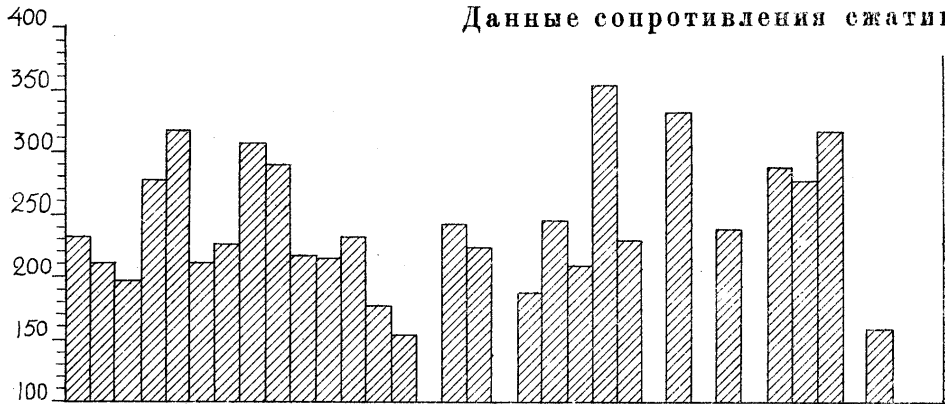
Данные сопротивления разрыву



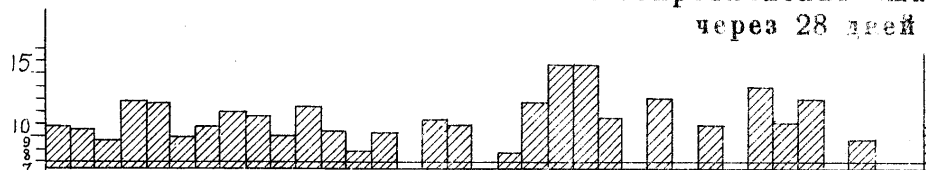
Удельные ве



Данные сопротивления сжатию



Отношение сопротивления сжа
через 28 дней

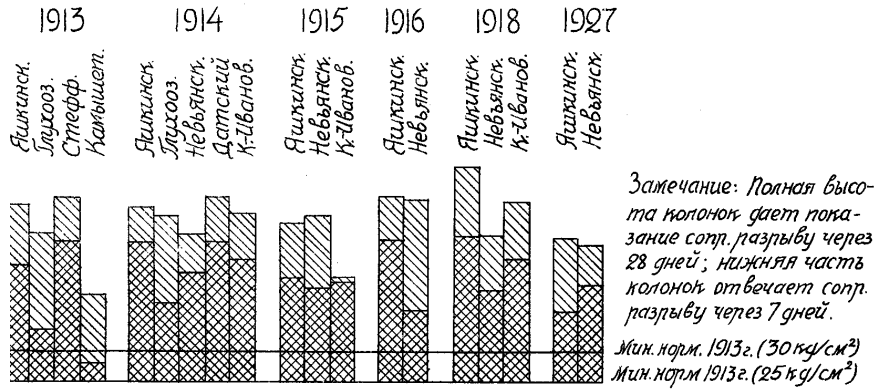


ДИАГРАММЫ

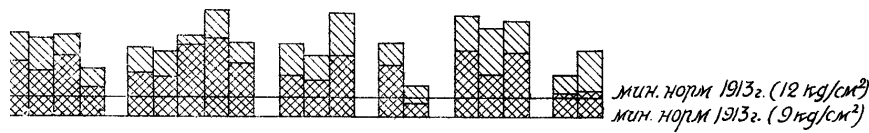
Из статьи препод. СТУ-М.И. Мещерякова.

средних годовых разрывов за один год.

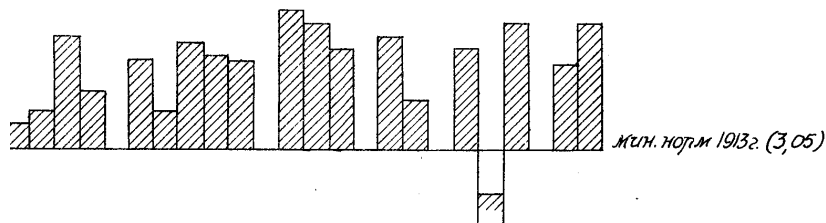
Давные сопротивления разрыву чистого цемента.



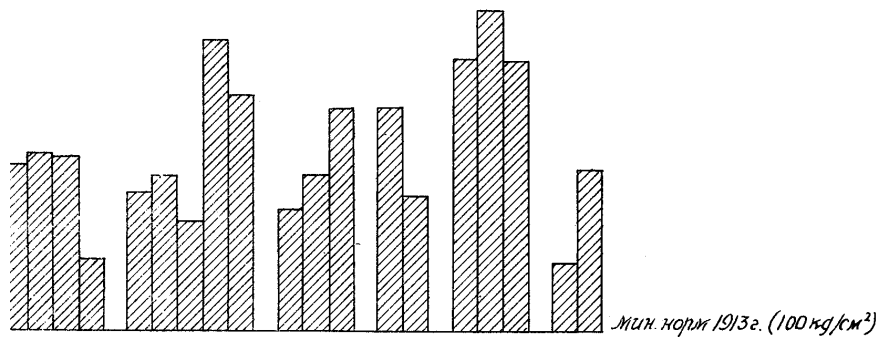
смеси цемента и песку в отн. 1:3



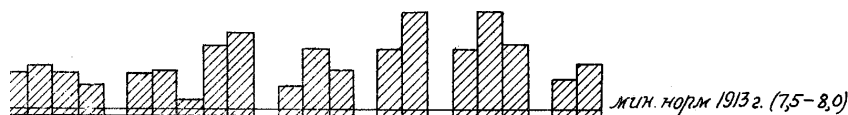
са цементов



о песчано-цементного кубика



тию к сопротивлению разрыву по затворении

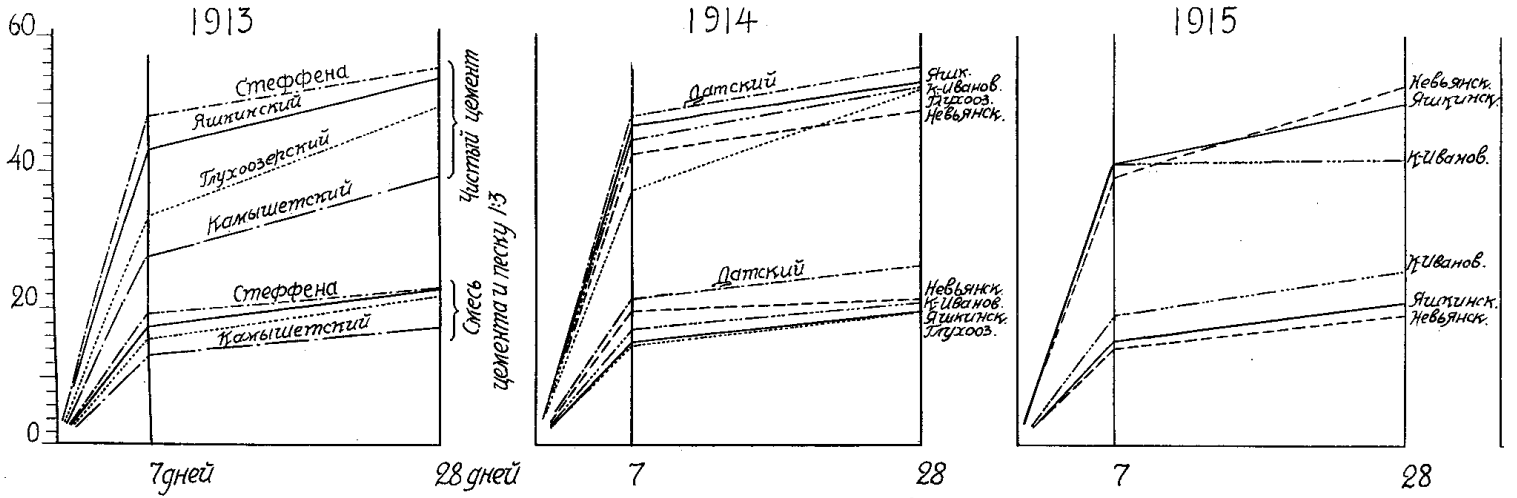


СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДИАГРАММЫ

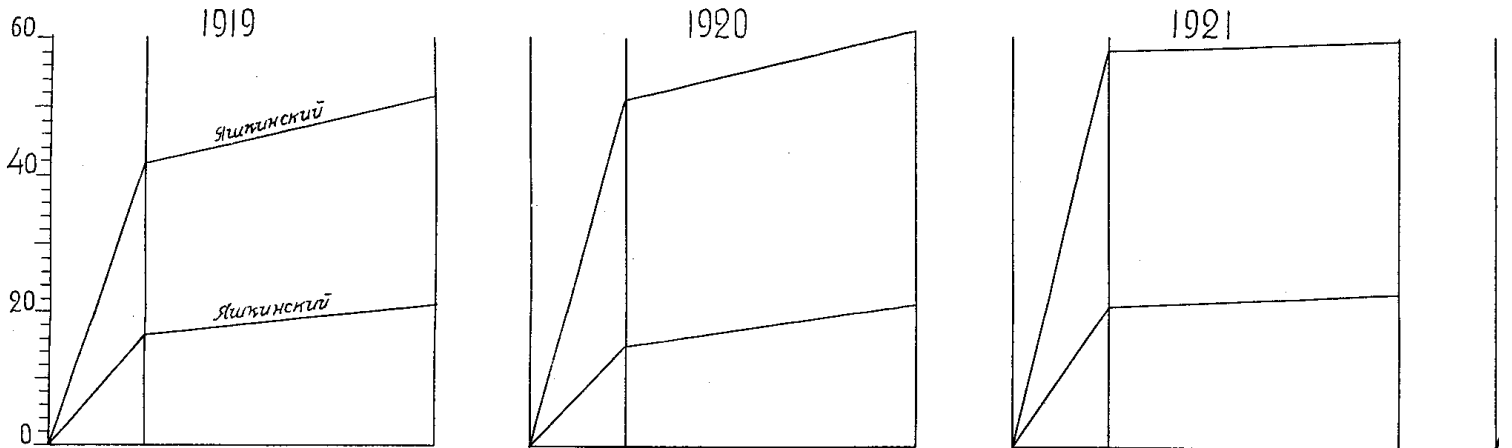
возрастания крепости цементных растворов

Сопоставлены средние годовые цементов разных заводов

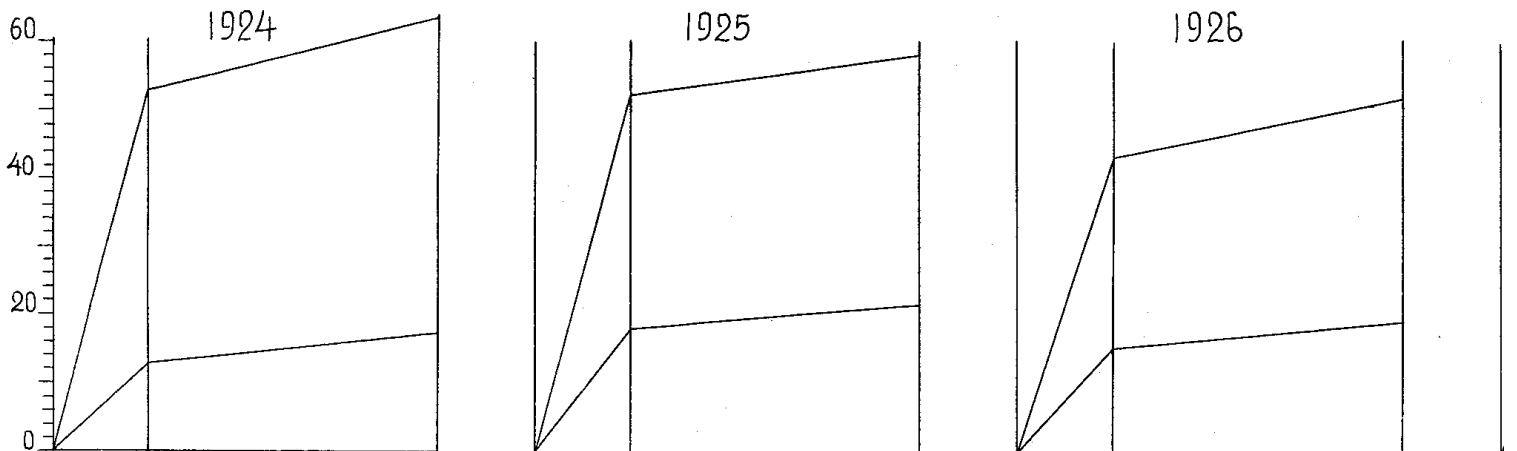
Данные сопротивления разрыву



Яшикинский завод



Яшикинский завод



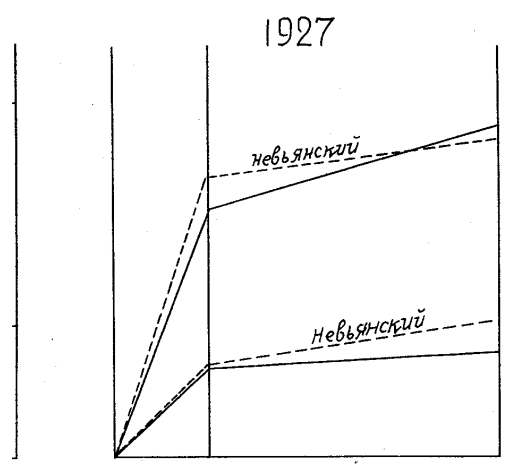
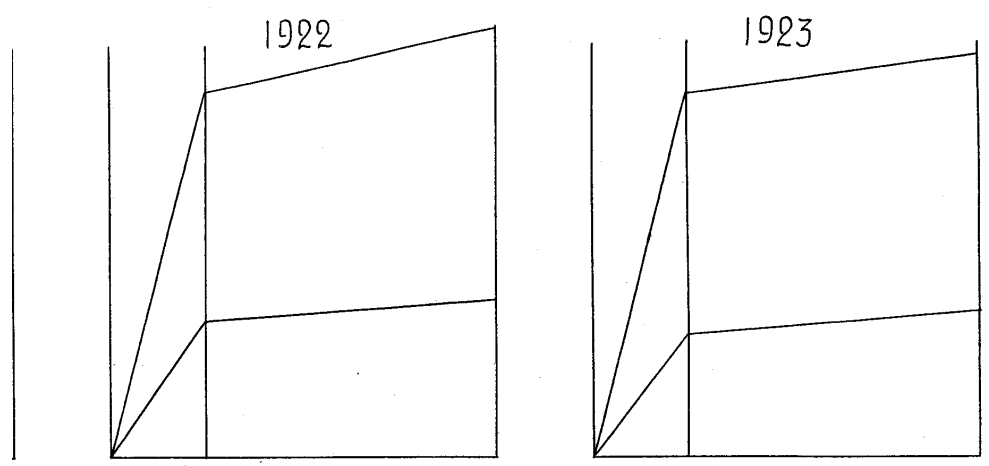
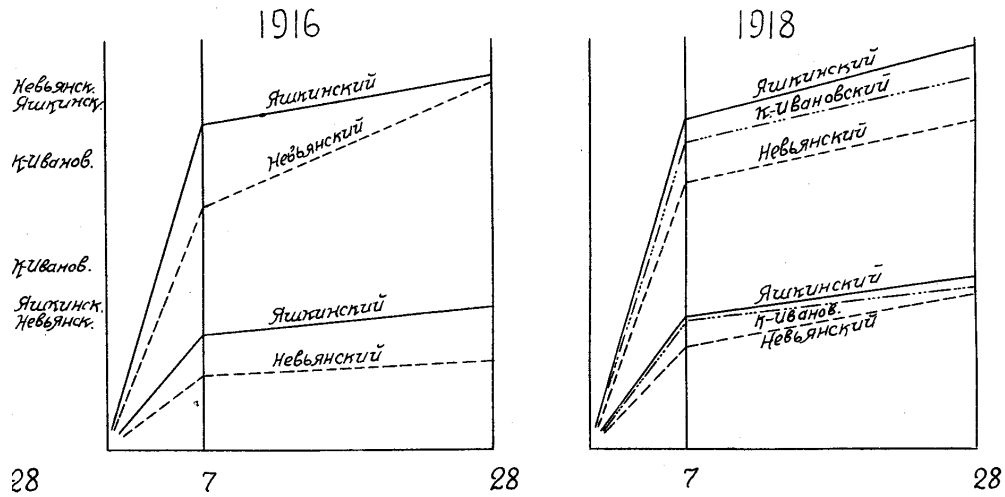
ГРАММЫ

Статья препод. СТУ-М.И. Меццержакова.

воров в первые 28 дней.

ОДОВ ПО ГОДАМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.

разрыву.



ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- цемент Яшкинского з.
- - - " Глухоозерского
- - - " Невьянского
- - - " Датского
- - - " зав. Стеффена
- - - " Жамышетского
- - - " Катв-Ивановск.