

543

Проф. Феллеобскій.

22

# О песчаномъ цементѣ.

Докладъ III-му Съезду русскихъ дѣятелей по  
водянымъ путямъ

въ 1896 г.



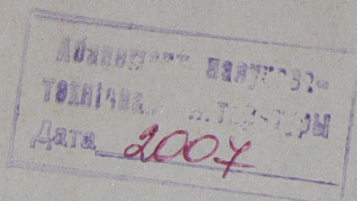
С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Паровая скоропечатня И. А. Богельманъ. Невскій, 148.

1896.

У 7114

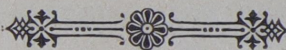
Проф. Бѣлелюбскій.



## О песчаномъ цементѣ.

72862  
Докладъ III-му Съѣзду русскихъ дѣятелей по  
водянымъ путямъ

въ 1896 г.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Паровая скоропечатня И. А. Богельманъ. Невскій, 148.  
1896.

1975

**Докладъ профессора Бѣллюбскаго «о песчаномъ цементѣ, читанный III Съѣзду Русскихъ дѣятелей по водянымъ путямъ 12 Февраля 1896 г.**

М.м. Г.г. Уже не разъ поднимался вопросъ относительно возможнаго удешевленія гидравлическихъ растворовъ. Всѣмъ извѣстно, что портландъ-цементъ въ настоящее время достигъ настолько высокаго качества, что если ограничиться опредѣленіемъ его достоинства на крѣпость, то въ какіе нибудь 10 — 15 лѣтъ получились успѣхи, лучше которыхъ не приходится желать, не говоря уже относительно другихъ его качествъ. Если прослѣдить движеніе крѣпости цемента за 20—25 лѣтъ, именно съ того времени, когда начало развиваться туземное производство цементовъ, нельзя не отмѣтить значительнаго повышенія крѣпости портландъ-цемента по сравненію съ тѣмъ, что этотъ матеріаль представлялъ въ первое время и, не смотря на то, мы не можемъ прибавлять къ нему песку болѣе извѣстнаго количества, болѣе опредѣленной пропорціи. Такъ, когда переходимъ къ раствору 5—6 частей песку на 1 часть портландъ-цемента, то становимся уже въ затрудненіе, допускать-ли такую пропорцію въ серьезныхъ сооруженіяхъ, и даже практика почти не знаетъ такой пропорціи особенно въ виду проницаемости столь тощихъ растворовъ и трудности перемѣшиванія тонко измолотаго цемента съ большимъ количествомъ песку. Высокое сопротивленіе раствора въ пропорціяхъ 1 на 3 или 4 и дороговизна портландъ-цемента побуждаютъ обращаться къ удешевленнымъ растворамъ и предложенія въ этомъ направленіи были разнообразныя. Такъ, предложено было брать на одну часть цемента больше обыкновеннаго количества песку—

5 или 6 частей съ прибавленіемъ  $\frac{1}{2}$  или 1 части извести. Такіе растворы, изслѣдованные въ особенности Дикергофомъ, заслуживаютъ вниманія практиковъ. Между прочимъ, Инженернымъ Совѣтомъ допущены подобнаго рода растворы для Вологодско-Архангельской дороги (для внутренней кладки это вопросъ еще спорный). Затѣмъ припомнимъ о предложеніи удешевлять растворы изъ портландъ-цемента прибавленіемъ къ нему романскаго цемента, что можетъ имѣть значеніе лишь при предположеніи, что оба эти продукта доброкачественны. Опытъ показываетъ, что растворъ изъ смѣси портландъ-цемента съ романскимъ цементомъ и извѣстнаго количества песку понижаетъ крѣпость, соотвѣтствующую раствору изъ одного портландъ-цемента, но крѣпость эта еще достаточна высока; такъ, по опытамъ въ Механической Лабораторіи Института, смѣсь изъ 50% портландъ — и 50% романъ цемента съ 3-мя частями песку даетъ сопротивленіе не менѣе требуемаго техническими условіями Министерства Путей Сообщенія, причемъ крѣпость съ увеличеніемъ срока повышается. Растворъ изъ такой смѣси вполне возможно составлять съ 3—4 частями песку.

Наряду съ этимъ въ послѣдніе годы появился особый матеріаль, обратившій на себя повсемѣстное вниманіе, вызвавшій рядъ изслѣдованій въ различныхъ государствахъ: (Даніи, Франціи, Россіи и пр.) и усилившій оградить себя привилегіями (Швеція, Франція, Германія, Россія).

Мы говоримъ о такъ называемомъ песчаномъ цементѣ (Sandcement, ciment ensablé), предложенномъ въ Даніи Смиттомъ и представляющемъ механическое смѣшеніе портландъ-цемента и извѣстнаго количества песку путемъ размолла смѣси изъ этихъ двухъ частей. Приготавливается песчаный цементъ въ различныхъ пропорціяхъ: на 1 ч. портландъ-цемента берутъ 2, 3, 4 и болѣе, даже до 10—15 частей песку. Для полученія раствора, такимъ образомъ приготовленный, песчаный цементъ замѣшиваютъ съ 1, 2 или 3 частями рабочаго песку. Если взять песчаный цементъ изъ 1 : 1, 1 : 2 или 1 : 3 и приготовить растворъ съ 3 частями песку, то въ этомъ растворѣ на 1 ч. цемента будетъ приходиться 7, 11

и 15 частей песку. Опыты подтверждают, что такой раствор обладает гораздо большею крепостью, чѣмъ соответственная простая смѣсь изъ одной части цемента и того-же числа частей песку; такимъ образомъ, въ данномъ случаѣ приходится считаться какъ-бы съ новымъ матеріаломъ, получающимся исключительно благодаря одновременному размолу смѣси изъ цемента съ пескомъ.

У насъ сдѣлалось извѣстнымъ о песчаномъ цементѣ, когда поступила просьба о привилегіи и одновременно съ Шведскаго завода присланъ былъ въ Лабораторію ящикъ съ пробами песчаного цемента въ различныхъ пропорціяхъ для испытанія въ виду требованія Департамента Торговли обставить этотъ вопросъ извѣстнаго рода изслѣдованіями. Въ прошеніи о привилегіи объяснялось, что для полученія песчаного цемента, берутся обыкновенный портландъ-цементъ и песокъ въ натуральномъ видѣ, смѣшиваются вмѣстѣ и вновь подвергаются размолу на особо устроенныхъ мельницахъ. Измельченный такимъ способомъ, матеріалъ разсматривается, какъ цементъ, причемъ эта смѣсь составляется такъ, что на 1 часть портландъ-цемента берется 1, 2 или 3 части песку (дальше этого на практикѣ не идутъ). Затѣмъ уже эту смѣсь смѣшиваютъ съ обыкновеннымъ пескомъ.

Первоначальныя испытанія песчаного цемента у насъ были сдѣланы надъ цементомъ, приготовленнымъ на заводѣ Мальмо въ Швеціи, а смѣшивался песчаный цементъ въ различныхъ пропорціяхъ съ нормальнымъ петербургскимъ пескомъ. Не останавливаясь на цифровыхъ результатахъ этихъ испытаній, указывающихъ на то, что крепость раствора съ песчанымъ цементомъ до 1,5 — 2 разъ болѣе соответственныхъ растворовъ изъ портландъ-цемента прямо съ обыкновеннымъ нормальнымъ пескомъ, мы ниже помѣщаемъ результаты испытаній произведенныхъ въ Лабораторіи Института Инженеровъ Путей Сообщенія надъ песчанымъ цементомъ русскаго приготовленія на одномъ изъ заводовъ, изготовляющихъ портландъ-цементы. Послѣднія испытанія произведены были уже послѣ настоящаго сообщенія на Създѣ дѣятелей по вода-

нымъ путемъ, а между тѣмъ, несомнѣнно, представляютъ наибольшій интересъ для русскаго техника, тѣмъ болѣе, что имѣлась возможность подвергнуть контролю со всѣхъ сторонъ доставленный въ лабораторію матеріалъ и что имѣются уже годовые результаты.

Вмѣстѣ съ тѣмъ намъ были доставлены результаты обширныхъ испытаній, произведенныхъ въ Лабораторіи Политехника въ Копенгагенѣ директоромъ этого заведенія Нельсономъ. Всѣхъ испытаній было произведено 1,300. Въ числѣ этихъ испытаній есть такія, гдѣ 1 часть песчаного цемента, составленнаго въ пропорціи 1—2—3 части песку, на 1 часть поргандъ-цемента, смѣшивалась съ 1 — 24 частями песку; испытанія эти производились на воздухѣ и въ водѣ, и вотъ заключеніе Нельсона о песчаномъ цементѣ: даже самыя „тощія смѣси обладаютъ такою-же пластичностью, какъ обыкновенный известковый растворъ и съ точки зрѣнія пластичности нѣтъ никакого препятствія къ введенію песчаного цемента въ употребленіе. Съ другой стороны, всѣ результаты испытаній относительно крѣпости оказались выше ожидаемыхъ и слѣдовательно могутъ служить основаніемъ для всесторонняго примѣненія песчаного цемента“. Если принять во вниманіе, съ одной стороны, что изслѣдователь, какъ землякъ изобрѣтателя, могъ въ своемъ отчетѣ усилить благопріятныя стороны изобрѣтенія, то съ другой стороны, нѣтъ основанія сомнѣваться въ справедливости приводимыхъ результатовъ, разъ они подтверждаются испытаніями другихъ лабораторій.

Рядомъ съ названной лабораторіей, въ томъ же Копенгагенѣ существуетъ правительственная лабораторія, состоящая въ завѣдываніи инженера Штейна, который точно также подтверждаетъ результаты, полученные Нельсономъ. Затѣмъ мы имѣемъ подобныя же изслѣдованія извѣстнаго Эрдменгера въ Ганноверѣ. Далѣе я обращаю вниманіе на докладъ французскому правительству извѣстнаго изслѣдователя растворовъ Ferret, директора правительственной лабораторіи въ Булони, который трудъ надъ вопросъ

плотности растворовъ и въ этомъ докладѣ высказываетъ такую мысль, что соединеніе измельченнаго механическимъ путемъ песку съ цементомъ должно вести къ увеличенію плотности раствора. Ферре останавливается на томъ фактѣ, что съ точки зрѣнія плотности раствора не можетъ быть никакихъ сомнѣній относительно песчанаго цемента; при этомъ онъ указываетъ, какъ на наиболее удачный съ точки зрѣнія плотности раствора и наиболее выгодный, на тотъ цементъ, который содержитъ поровну цемента и тонко измельченнаго песку: такой растворъ отличается безусловной плотностью. Интересны результаты опытовъ, которые производилъ Ферре, при сопоставленіи ихъ съ результатами, полученными Нельсономъ и другими изслѣдователями. Ферре прежде всего обращаетъ вниманіе на то, что доставленный ему цементъ представляетъ определенное число единицъ по вѣсу, т. е. если-бы песчаный цементъ сдѣлался достояніемъ рынка, то естественно и покупатель, и изслѣдователь пожелали-бы убѣдиться въ томъ, что если на бочкѣ написано 1:3, то въ данномъ песчаномъ цементѣ дѣйствительно заключается 1 часть портландъ-цемента и 3 части размолотаго песку. Онъ и констатируетъ, что сдѣланныя имъ определенія подтверждаютъ эту пропорцію. При этомъ явился, конечно, вопросъ о томъ, какимъ образомъ можно констатировать это? Инженеръ Штейнъ предлагаетъ извѣстный методъ, при помощи котораго можно выдѣлять зерна размолотаго песку изъ представленной пробы цемента обработкою соляной кислотою. Для состава песочнаго цемента въ предѣлахъ менѣе 1:6 этотъ приѣмъ оказывается вполне точнымъ, при большемъ-же содержаніи песку, какъ, напр., 1:12 обработка соляною кислотою даетъ меньшее содержаніе песку, это показываетъ, что часть песку растворяется; а слѣдовательно, что кромѣ механическаго дѣйствія получается еще, повидимому, химическая реакція. Хотя химики специалисты (какъ профессоръ Шуляченко, д-ръ Ливень и др.) не поддерживаютъ этого взгляда; полагаемъ, что этотъ вопросъ подлежитъ еще разслѣдованію.

Въ Механической Лаборатории Института, гдѣ испытаніе производилось въ послѣднее время надъ русскимъ песчанымъ цементомъ, пробовали составъ его опредѣлять другимъ способомъ — опредѣленіемъ удѣльнаго вѣса какъ самого песчаного цемента, такъ и отдѣльно доставленныхъ его составныхъ элементовъ: портландъ-цемента и песку; при этомъ оказалось: песчаный цементъ, составленный изъ 1:2, показалъ удѣльный вѣсъ въ 2,736; портландъ-цементъ завода „Портъ-Кундъ“ — 3,16; затѣмъ опредѣленъ былъ удѣльный вѣсъ: отдѣльно цемента и отдѣльно песчаной муки (которая доставлена была въ лабораторію), причемъ сдѣланъ былъ расчетъ, изъ котораго оказалось, что сумма удѣльныхъ вѣсовъ составныхъ частей смѣси въ пропорціи 1:2 даетъ тоже 2,735. То же подтвердилось и для состава 1:1 и 1:3. Такой приѣмъ и предлагается Механическою Лабораторіею для контроля состава песчаного цемента, купленнаго на рынкѣ; стоитъ только требовать при закупкѣ партіи доставленія отдѣльно небольшихъ пробъ портландъ-цемента и размолотаго особо песку.

Въ настоящее время въ Россіи образовалось общество, въ составъ котораго входятъ, между прочимъ, представители заводовъ „Звѣзда“ и „Портъ-Кунда“, для производства песчаного цемента. Какъ намъ извѣстно новые заводы для песчаного цемента должны устроиться въ Одессѣ и Москвѣ и сверхъ того на существующихъ цементныхъ заводахъ Звѣзда (Петербургъ) и Портъ-Кундъ (Балтійской дороги) сдѣланы устройства необходимыя для приготовления песчаного цемента \*).

Относительно испытаній, производившихся въ Копенгагенѣ имѣются графики, съ достаточной ясностью иллюстрирующіе результаты произведенныхъ изслѣдованій на крѣпость, ука-

---

\*) На предложенный Федоромъ Григорьевичемъ Зброжекомъ вопросъ относительно вѣроятной стоимости песчаного цемента, докладчикъ отвѣтилъ, что, входя въ настоящее время только въ разсмотрѣніе технической стороны вопроса, онъ затрудняется дать опредѣленный отвѣтъ о стоимости песчаного цемента.



зывая на постоянно возрастающую крѣпость раствора изъ песчаного цемента и превосходство цифръ сопротивленія противъ соотвѣтственныхъ растворовъ прямо изъ портландъ-цемента.

Относительно самаго принципа песчаного цемента я изложу мнѣніе, высказанное въ докладѣ инженера Фосса въ Копенгагенѣ (имъ же пользовался Ферре при составленіи своего доклада Министру Публичныхъ работъ во Франціи). Фоссъ приводитъ слѣдующія соображенія: возьмемъ 1 часть цемента на 6 частей песка или 1:6. Такой составъ представлялъ бы большія затрудненія для перемѣшиванія, большую проницаемость и довольно слабое сцѣпленіе; почему едва ли стали бы мы примѣнять растворъ 1:6. Количество пустотъ въ пескѣ средней крупности составляетъ вообще половину всего объема, принимая же, вниманіе, что вѣсъ цемента и влажнаго песка почти одинаковъ, можемъ сказать, что въ растворѣ 1:6 цементъ заполняетъ около  $\frac{1}{6}$  пустотъ; такъ какъ равномерное перемѣшиваніе такой смѣси очень трудно и даже почти не осуществимо, то навѣрное во многихъ мѣстахъ смѣси будутъ сосредоточены частицы песка безъ какого либо присутствія цемента и такимъ образомъ распределеніе цемента въ массѣ было бы крайне неравномерно и притомъ безъ заполненія пустотъ. Если цементъ размолоть въ муку отдѣльно отъ песка и смѣшать съ пескомъ, то перемѣшиваніе это было бы тѣмъ болѣе затруднительно, что при присущей песку влажности мелкія частицы цемента, легко привлекая влагу изъ песка, очень легко образовали бы скопленія зеренъ цемента въ видѣ скатыванія шариковъ и такимъ образомъ распределеніе цемента въ массѣ было бы неравномерно.

Вмѣсто этого предлагается взять одну часть песка и одну часть готоваго портландъ-цемента и смѣсь эту размолоть вмѣстѣ машиннымъ путемъ; при этомъ получится тончайшій порошокъ, представляющій тѣсное сближеніе частицъ цемента и песка, и если затѣмъ этотъ цементный продуктъ, полученный при размолѣ, перемѣшивать съ обыкновеннымъ пескомъ

въ извѣстной пропорціи, то въ пустотахъ крупнаго натурального песка распредѣлится не одинъ цементъ, а цементъ, уже тѣсно перемѣшанный съ пескомъ. Такимъ образомъ, во всѣхъ пустотахъ будетъ помѣщаться интимно связанная между собою цементъ и песокъ, съ болѣе или менѣе равномернымъ обволакиваніемъ этою смѣсью крупныхъ зеренъ песка и распредѣленіемъ цемента по всей массѣ смѣси. И такъ вмѣсто того, чтобы прямо перемѣшивать, напр., 1 ч. цемента и 6 ч. песку, что почти недостижимо въ качественномъ отношеніи, приготовляемъ песчаный цементъ, напр. 1:1; смѣшаемъ затѣмъ этотъ цементъ съ 3 частями натурального песка, что дастъ песку  $(1+1) \times 3 + 1 = 7$  частей на одну часть цемента, и сопротивленіе такого раствора будетъ выше, чѣмъ простой смѣси 1:7.

Ферре, производившій опыты надъ песчанымъ цементомъ съ пескомъ дюннымъ, задался вопросомъ, не то же ли получится дѣйствіе, если прямо перемѣшать цементъ съ размолотымъ пескомъ, но въ дѣйствительности получился другой результатъ.

Далѣе докладчикомъ была демонстрирована коллекція фотографій зданій, выстроенныхъ на песчаномъ цементѣ въ Копенгагенѣ; въ томъ числѣ: нѣсколько правительственныхыхъ школъ, сооруженія въ новомъ Копенгагенскомъ портѣ, большое зданіе „убѣжище Марты“ для женщинъ и самый заводъ, гдѣ готовится песчаный цементъ. Цементъ во всѣхъ этихъ случаяхъ употреблялся какъ растворъ, а не какъ бетонъ. Затѣмъ у насъ, на заводѣ „Звѣзда“, выведена труба въ 70 фут. на песчаномъ цементѣ; а также нѣкоторыя постройки въ заводѣ Портъ-Кунда. Есть указанія, что въ Швеціи очень много дачныхъ построекъ выстроено на песчаномъ цементѣ; но наиболѣе важное примѣненіе его можно видѣть въ Соборѣ, сооружаемомъ нынѣ въ Нью-Йоркѣ. Фундаментъ, принимающій давленіе отъ высокихъ столбовъ, сдѣланъ на бетонѣ. На одинъ фундаментъ употреблено было 8 тыс. бочекъ цемента. Песчаный цементъ примѣнялся въ составѣ: 1:1, а составъ бетона былъ: 4 ч. цемента, 2 ч. песка и 2 ч. битого

щебня. Имѣется справка, что предварительно производились опыты съ обыкновенными цементными растворами и съ растворомъ изъ песчаного цемента. 1:1 и вслѣдствіе полученной большой крѣпости во второмъ случаѣ остановились на примѣненіи песчаного цемента. Песчаный цементъ примѣненъ, между прочимъ, въ видѣ бетона для массивовъ въ Копенгагенской гавани на наружной сторонѣ волнолома. Для портовыхъ работъ еще нѣтъ опытовъ относительно состоянія этого песчаного цемента въ морской водѣ, хотя вообще цементъ этотъ, отличаясь значительною компактностью, долженъ оказаться весьма пригоднымъ для портовыхъ работъ. Это подтверждаетъ и Фоссъ въ своемъ докладѣ. Въ виду этой компактности и предполагается, что разрушительныя для цемента магнезіальныя соли морской воды съ трудомъ будутъ проникать въ толщу массивовъ. — Въ настоящее время портовымъ управленіемъ въ Копенгагенѣ назначенъ составъ для массивовъ: 1 ч. песчаного цемента (1:1), 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ч. песка и 4 ч. битого щебня; такіе массивы выносили очень сильное дѣйствіе льда, причемъ изъ всего количества массивовъ лопнули только два массива; при этомъ обращалось вниманіе на то не обнаруживалось ли химическаго дѣйствія солей на растворъ, и установлено, что такого дѣйствія не замѣчается. Замѣтимъ, что Ферре производилъ опыты параллельно какъ въ морской водѣ, такъ и въ прѣсной, и діаграммы показываютъ, что въ морской водѣ поднятіе кривой идетъ медленнѣе, нежели въ прѣсной, причемъ опытъ былъ доведенъ до 42 мѣсяцевъ и не замѣчалось пониженія сопротивленія по мѣрѣ увеличенія срока. Впрочемъ Ферре, — высказываясь за несомнѣнный фактъ компактности песчаного цемента и большаго сопротивленія его по сравненію съ порландъ-цементомъ, — заявляетъ, что по отношенію къ морской водѣ требуется болѣе продолжительное изученіе этого вопроса, нежели какое имѣется теперь. Не претендуя на достаточно полное изложеніе настоящаго вопроса, я старался, по возможности собрать имѣющіяся уже нынѣ данныя, и нахожу, что слѣдовало бы и намъ какъ въ портовыхъ лабораторіяхъ, такъ и при

самыхъ постройкахъ изучать вопросъ о песчаномъ цементѣ, особенно въ виду того, что растворъ этотъ отличается плотностью и, безспорно, даетъ повышенную крѣпость \*).

---

БИБЛИОТЕКА  
Белорусскаго  
института инженеров  
железнодорожнаго  
транспорта

---

\*) Профессоръ Бѣлелюбскій дѣлалъ также докладъ о песчаномъ цементѣ въ С.-Петербур. Общ. Архитекторовъ; содержаніе этого доклада помѣшено въ «Недѣль Строителя» и въ Журналъ «Строитель» въ 1896 г.; сверхъ сего имѣется статья въ «Зодчѣмъ» (96 г.) трактующая о томъ же вопросѣ, и содержащая подробности по заграничнымъ испытаніямъ, упомянутымъ въ настоящемъ докладѣ. Коллекція фотографій и документы по заграничнымъ испытаніямъ доставлены въ большей части г-омъ Кіеръ.