

Д. Ф. Жаринцовъ.

ЖЕЛѢЗНО-БЕТОННЫЯ СООРУЖЕНІЯ.

Докладъ въ III Отдѣлѣ Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія брат. Конгелевыхъ Вереяская. 16.

1892 г.

Желѣзо-бетонныя сооруженія *).

Сообщеніе Д. Ф. Жаринцова въ III Отдѣль И. Р. Т. О.

Содержаніе: Начало и постепенное распространеніе примѣненія бетона при постройкѣ гражданскихъ зданій. Изслѣдованія англійскихъ инженеровъ и архитекторовъ. Общія свойства бетона въ зависимости отъ качествъ и пропорціи составныхъ частей: 1) огнеупорность; 2) вѣсъ и сопротивленіе раздробленію; 3) сопротивленіе перелому; 4) увеличеніе сопротивленія перелому введеніемъ желѣзныхъ связей; 5) упругость бетона; 6) деформация при разрушеніи. Условія, при которыхъ могутъ быть, рационально въ техническомъ отношеніи и выгодно въ экономическомъ, примѣнены желѣзо-бетонныя сооруженія: а) при устройствѣ стѣнъ, б) въ между-этажныхъ перекрытіяхъ и в) въ кровляхъ. Приготовленіе изъ желѣза съ бетономъ принадлежностей зданій: резервуаровъ, трубъ и проч. Выдѣлка разныхъ издѣлій изъ бетона на желѣзномъ каркасѣ.

Бетонныя сооруженія и желѣзо-бетонныя издѣлія начинаютъ по-немногу приобрѣтать право гражданства въ русской строительной практикѣ. Поэтому я позволю себѣ представить на ваше благоусмотрѣніе, Мм. Гг., краткій очеркъ современнаго состоянія техники въ этомъ отношеніи. Я не стану вдаваться въ подробности, не стану утруждать ваше вниманіе множествомъ цифръ, но укажу только на общіе выводы, насколько таковыя можно сдѣлать изъ произведенныхъ изслѣдованій и исполненныхъ уже сооруженій. Не отрицая пользы теоретическихъ попытокъ исчислить сопротивленіе внѣшнимъ силамъ бетонныхъ и желѣзо-бетонныхъ сооруженій, я всетаки думаю, что практическія данныя и эмпирическія формулы болѣе пригодны *въ настоящее время* для правильнаго, въ техническомъ отношеніи, проектированія бетонныхъ сооруженій, чѣмъ самыя остроумныя математическія соображенія. Эта, хотя можетъ быть, чисто практическая точка зрѣнія и опредѣляетъ характеръ моего настоящаго сообщенія.

*.) Настоящее сообщеніе составляетъ извлеченіе изъ подготовляемой для печати монографіи: «Бетонъ какъ строительный матеріалъ».

Въ 30-хъ годахъ настоящаго столѣтія начало распространяться въ Англіи и Франціи примѣненіе бетона для возведенія гражданскихъ зданій. Въ 1834 году построены изъ бетона портики Веллингтоновскихъ казармъ у С.-Джемскаго парка, а также гауптвахта при этихъ казармахъ; въ 1835 году — Королевская хирургическая коллегія на Lincoln's Inn Fields, въ Лондонѣ, и вскорѣ затѣмъ два дома на улицѣ Pall-Mall. Въ то же время во Франціи, въ городѣ Albu, недалеко отъ Гренобля, архитекторъ Lebun строилъ двухъ-этажные бетонные дома, употребляя для раствора гидравлическую известь. Бетонные полы дѣлались еще раньше и первая привилегія на ихъ устройство была получена въ Англіи Джемсомъ Фростомъ въ 1822 году. Обширная и продолжительная стачка плотниковъ въ сороковыхъ годахъ, бывшая одновременно въ Парижѣ и Лондонѣ, привела къ замѣнѣ, гдѣ только возможно, деревянныхъ между-этажныхъ перекрытій сводиками, опирающимися на желѣзные балки, причѣмъ сводики дѣлались весьма нерѣдко изъ бетона. Въ 50-хъ годахъ, актомъ англійскаго парламента было сдѣлано обязательнымъ устройство во всѣхъ помѣщеніяхъ для рабочихъ несгораемыхъ половъ въ корридорахъ, а также несгораемыхъ балконовъ и лѣстницъ. Это обстоятельство, въ связи съ расширеніемъ и улучшеніемъ фабрикаціи цемента, вызваннымъ употребленіемъ огромной массы цемента при постройкѣ набережныхъ Темзы и изслѣдованіями Гранта, привело къ употребленію бетона въ обширныхъ размѣрахъ при возведеніи всякаго рода зданій и особенно помѣщеній для рабочихъ и сельскихъ фермъ. Въ началу шестидесятыхъ годовъ, бетонъ на растворѣ изъ Портландскаго цемента, или Лейасовой гидравлической извести, сталъ общеизвѣстнымъ строительнымъ матеріаломъ, и затѣмъ, съ каждымъ годомъ, бетонное дѣло въ Англіи все больше и больше совершенствовалось. Во Франціи дѣло шло совершенно обратно. Начавшій было распространяться въ 50-хъ годахъ бетонъ, скоро вовсе вышелъ изъ употребленія, чему главнѣйшими причинами были, во первыхъ, остроумная но совершенно непрактичная идея Коанье — употреблять бетонъ чрезвычайно тощій — и во вторыхъ, неудачи приготовленія мѣстнаго портландскаго цемента. Въ Германіи бетонныя сооруженія начинаютъ появляться въ семидесятыхъ годахъ и распространяются въ восьмидесятыхъ, хотя далеко не въ такомъ размѣрѣ какъ въ Англіи. Такимъ образомъ, по развитію бетонной техники, на первомъ мѣстѣ стоитъ Англія, затѣмъ Германія и послѣднюю Франція, гдѣ бетонъ начали вновь примѣнять къ постройкѣ гражданскихъ зданій лишь немного лѣтъ назадъ.

Одновременно съ употребленіемъ бетона вообще, появились и сооруженія, гдѣ въ бетонную массу задѣлывалось желѣзо, для приданія соору-

женію большей прочности. Первоначально желѣзо употреблялось, впрочемъ, не для *увеличенія прочности*, но, скорѣе, вслѣдствіе недовѣрія къ бетону. Спротивленіе бетона раздробленію и перелому было 25 лѣтъ назадъ весьма мало изслѣдовано, и потому, болѣе осторожныя строители не только придавали частямъ зданій, выведеннымъ изъ бетона, размѣры обыкновенныхъ кирпичныхъ сооружений, но еще усиливали ихъ закладкой желѣза. Такъ, напримѣръ, въ бетонныя перекрытія между желѣзными балками вѣлись еще поперечныя тавровыя балочки переплетныя проволокою; между тѣмъ размѣры этихъ перекрытій, какъ мы знаемъ теперь, болѣе чѣмъ излишни и бетонъ самъ по себѣ могъ бы выдержать двойной и тройной грузъ сравнительно съ предполагавшимся. Бетонныя стѣны, если даже имъ были придаваемы размѣры кирпичныхъ, строились нерѣдко съ закладкою внутри ихъ желѣзныхъ стоекъ, задѣланныхъ на достаточную глубину въ фундаментъ. По верху стѣнъ вѣлись горизонтальныя желѣзныя связи, какъ это дѣлается въ каменныхъ и кирпичныхъ стѣнахъ. Плоскія бетонныя перекрытія дѣлались не иначе, какъ съ массою желѣза внутри, въ видѣ часто положенныхъ продольныхъ и поперечныхъ балокъ, причѣмъ послѣднія переплетались толстою проволокою. Только постепенно, по мѣрѣ изученія свойствъ бетона, исчезаетъ опасеніе за его прочность, и употребленіе металла принимаетъ рациональное направленіе. Въ 70-хъ годахъ въ Англіи многіе инженеры и архитекторы занимались опытами надъ сопротивленіемъ желѣзо-бетонныхъ сооружений; особенно много сдѣлано изслѣдованій архитекторами: Brannon, Dennet, Lasceles, Heyatt и Thwaite. Подробности можно найти въ Transactions of the Royal Institute of British architects и въ книгѣ: An account of some experitents with Portland Cement combined with Iron, as a building material. By Thaddeus Heyatt. London. 1877. Однако въ тоже время опытыя изслѣдованія и строительная практика приводятъ къ взгляду, что въ обыкновенныхъ гражданскихъ зданіяхъ нѣтъ надобности въ употребленіи металла, потому что размѣры придаваемые частямъ зданій, выведеннымъ изъ бетона, необходимы по общимъ конструктивнымъ условіямъ, вполне обезпечиваютъ ихъ прочность и безъ усиленія металломъ; только въ нѣкоторыхъ исключительныхъ случаяхъ металлъ можетъ быть употребленъ рационально и безъ напраснаго возвышенія этихъ стоимости сооруженія. Большіе двухъ-этажныя дома строятся цѣликомъ изъ бетона. безъ куска металла; возводятся бетонныя своды пролетомъ 10 и 20 сажень; наконецъ строятся маяки высотой до 180 футъ (Портъ-Саидъ; Джерсей).

Прежде чѣмъ перейти къ разсмотрѣнію частныхъ случаевъ, при которыхъ могутъ быть, рационально и выгодно въ экономическомъ отно-

шенія, употреблены желѣзо-бетонныя сооруженія, необходимо, хотя кратко, но вполне точно установить основныя положенія о свойствахъ бетона, которыя, по моему мнѣнію, мы имѣемъ право считать, въ настоящее время, настолько доказанными, насколько этого можно достигнуть опытнымъ изслѣдованіями и практикою сооруженій. Я буду ссылаться исключительно на Англію, какъ родину бетоннаго дѣла, гдѣ оно доведено до высокой степени совершенства. Германскія изслѣдованія, довольно обширныя въ послѣднее десятилѣтіе, представляютъ, въ сущности, повтореніе англійскихъ и не дали ничего новаго; французскія такъ ничтожны, что не заслуживаютъ вниманія *)

Свойства бетона, при правильномъ его приготовленіи, зависятъ отъ качествъ и пропорціи составныхъ частей. То и другое можетъ быть безконечно разнообразно, но я буду разсматривать только бетонъ на растворѣ Портландскаго цемента съ обыкновенными каменными матеріалами и въ такихъ пропорціяхъ, которыя чаще всего примѣняются въ строительной практикѣ. Пуццолана, хотя и даетъ бетонъ большой прочности **), но она боится мороза и потому непримѣнима на открытомъ воздухѣ въ нашемъ климатѣ. Гидравлическія извести не обладаютъ большою силою сопротивленія, кромѣ развѣ Тейльской, достигающей черезъ нѣсколько лѣтъ крѣпости почти одинаковой съ цементомъ. Кромѣ того Портландскій цементъ представляетъ, во всѣхъ отношеніяхъ, даже въ экономическомъ, наиболѣе подходящій матеріалъ для бетонныхъ сооруженій въ Россіи, а фабрикація его расширяется съ каждымъ годомъ и по своимъ качествамъ онъ совершенно тождественъ съ лучшимъ англійскимъ. Для каменныхъ матеріаловъ я возьму наиболѣе распространенные и употребительные: битый каменный щебень, голышъ, битый кирпичъ, песокъ, дробленый кирпичъ, дробленый шлакъ и, наконецъ, дробленый коксъ, употребленіе котораго можетъ быть выгодно въ нѣкоторыхъ случаяхъ.

Перечислимъ же теперь главнѣйшія, необходимыя для нашихъ расчетовъ, свойства бетона на Портландскомъ цементѣ.

1. Огнеупорность. Еще въ 1862 году, англійскій архитекторъ Алленъ (Allen) получилъ привилегію на приготовленіе огнеупорнаго бетона. Имъ было установлено, что бетонъ на портландскомъ цементѣ весьма огнеупоренъ, если только каменные матеріалы входящіе

*) Какъ далеко отстала Германія, можно видѣть изъ слѣдующаго факта: 3 или 4 года назадъ, пр. Тетмаверъ производилъ опыты надъ пользою прикрытія бетономъ чугунныхъ колоннъ отъ дѣйствія огня; между тѣмъ это не только давно извѣстно, но и практически употребляется въ Англіи болѣе 20 лѣтъ.

**) Изъ пуццоланнаго бетона сдѣланы почти плоскія половыя перекрытія въ баняхъ Каракаллы и въ домѣ Весталокъ, въ древнемъ Римѣ, около II вѣка по Р. Х.

въ составъ бетона, тоже огнеупорны. Такимъ образомъ лучшій огнеупорный бетонъ будетъ при употребленіи дробленого клинкера; впрочемъ хорошій, вполне пригодный для практики, бетонъ, можно приготовить съ битымъ кирпичемъ, особенно полученнымъ отъ разборки сгорѣвшихъ строеній. Вмѣстѣ съ тѣмъ Алленомъ было замѣчено, что бетонъ съ битымъ кирпичемъ обладаетъ большою крѣпостью; напр. при пропорціи 1 ч. цемента и 5 частей дробленого кирпича, сопротивленіе бетона раздробленію достигаетъ 60 пудовъ на кв. дюймъ. Вначалѣ бетонъ Аллена (я позволяю себѣ ввести это названіе въ техническую номенклатуру) имѣлъ весьма малое употребленіе, хотя кромѣ употребленія его массою, Алленъ выдѣлывалъ изъ него искусственные камни и съ успѣхомъ приимѣялъ ихъ для печей паровыхъ котловъ. Только нѣсколько лѣтъ спустя, когда Алленъ добровольно отказался отъ привилегіи, огромный пожаръ шестизатяжныхъ товарныхъ складовъ на Hill-Street, Finsbury, въ Лондонѣ, наглядно повазалъ высокія огнеупорныя свойства его бетона. Склады состояли изъ кирпичныхъ зданій устроенныхъ, какъ думали въ то время, вполне безопасными отъ огня. Между-этажные перекрытія состояли изъ бетонныхъ сводовъ опирающихся на желѣзныя балки, поддержанныя чугунными колоннами; зданія раздѣлялись частыми поперечными кирпичными стѣнами и отверстія въ нихъ закрывались желѣзными дверями. Все это не остановило распространенія огня; чугунныя колонны, отъ попадавшихъ на нихъ струй воды, въ то время когда они были раскалены, полопались; раскаленныя желѣзныя балки провисли; бетонныя перекрытія обрушились; желѣзныя двери въ брантмауэрахъ покоробились и пропустили пламя. Склады сгорѣли до тла и жаръ былъ такъ силенъ, что кирпичныя стѣны растрескались и лопались даже гранитные камни мостовой на дворѣ. Единственнымъ матеріаломъ, почти не пострадавшимъ отъ огня, были искусственные камни изъ бетона Аллена, которыми были обдѣланы перемычки и разсѣты дверей въ брантмауэрахъ.

Послѣ такого опыта важность открытія Аллена была признана повсемѣстно въ Англіи и вмѣстѣ съ тѣмъ было установлено, что металлъ долженъ быть прикрытъ отъ дѣйствія огня. Предлагалось множество разныхъ способовъ прикрытія; съ 1870 по 1875 годъ взято въ Англѣ 50 привилегій на огнеупорныя перекрытія, изъ которыхъ я останавлиюсь только на прикрытіи бетономъ и укажу на разработку этого вопроса. Произведенными опытами прежде всего подтвердилось, что только при огнеупорныхъ каменныхъ матеріалахъ бетонъ имѣетъ огнеупорныя свойства; если же въ его составъ входитъ песокъ и щебень кварцевыхъ, известковыхъ и сланцевыхъ породъ, а также гранитъ, гнейсъ и базальтъ, то бетонъ гораздо слабѣе сопротивляется дѣйствию

огня *). Затѣмъ было изслѣдовано постепенное возвышеніе температуры внутри бетонной массы, для чего бетонною плитою покрывали очагъ, въ которомъ разводился огонь и плита съ нижней стороны подвергалась дѣйствію пламени какъ въ обыкновенныхъ кухонныхъ очагахъ, т. е. находилась въ наихудшихъ условіяхъ, возможныхъ при пожарѣ зданій. Изъ многочисленныхъ опытовъ въ этомъ отношеніи я приведу опыты Neugat.

а) Металлъ заложенъ въ плиту на 2 дюйма отъ нижней поверхности:

Температура металла была	250°	черезъ	3 часа	по разведеніи огня.
"	"	"	650°	" 5 часовъ " "
"	"	"	900°	" 12 " " "

б) Металлъ заложенъ въ плиту на 4 дюйма отъ нижней поверхности:

Температура металла была	212°	черезъ	5 1/2 часовъ.
"	"	"	450 " 8 1/2 "
"	"	"	550 " 12 "

Такъ какъ желѣзо теряетъ упругое сопротивленіе при температурѣ около 600, то, очевидно, для предохраненія его отъ дѣйствія огня при обыкновенномъ пожарѣ, слой бетона долженъ быть нѣсколько толще 2-хъ дюймовъ, а для полнаго обезпеченія при очень сильномъ пожарѣ, лучше увеличить слой до 4-хъ дюймовъ. Изъ этого опыта также слѣдуетъ, что не только желѣзо, но и дерево можно считать безопаснымъ отъ огня, если послѣднее прикрыто надлежащимъ слоемъ бетона. И дѣйствительно, это было подтверждено соответствующими испытаніями. Обыкновенная деревянная лѣстница въ жилищѣ дождь была оштукатурена, при помощи набивки гвоздей переплетенныхъ проволокой, слоемъ бетона (съ мелко-дробленнымъ кирпичемъ) толщиной 1 1/2 дюйма и подвергнута дѣйствію огня въ наихудшихъ, возможныхъ для жилыхъ домовъ условіяхъ. Лѣстница оказалась огнеупорною, въ чемъ и выдано было свидѣтельство начальникомъ пожарной бригады **).

Эти два положенія, т. е., что даже для обыкновенныхъ пожаровъ слой бетона прикрывающій металлъ не долженъ быть тоньше 2-хъ дюймовъ и что слой бетона въ 4 дюйма вполне прикрываетъ дерево, я

*) Архитекторъ Deppet замѣтилъ также что примѣсь гипса въ извѣстной пропорціи еще увеличиваетъ огнеупорность цемента.

***) Такимъ же способомъ, архитекторомъ Вгонпоп покрыты огнеупорнымъ бетономъ деревянныя части въ куполѣ собора Св. Павла въ Лондонѣ. Весьма поучительный опытъ надъ лѣстницей, да и вообще надъ бетономъ Аллена было бы полезно произвести для публички на предстоящей въ 1892 году пожарной выставкѣ.

прошу припомнить впоследствии, когда я буду обсуждать разные случаи применения желѣзо-бетонныхъ сооружений.

Чтобы закончить изложеніе объ огнеупорности бетона Аллена, я приведу еще одинъ опытъ Neuyatt. Бетонъ состоялъ изъ 1 ч. цемента и 4 частей дробленого клинкера. Приготовлена плита длиною 12 ф. шириною 2 фута и толщиной $7\frac{1}{2}$ дюймовъ. Черезъ 2 мѣсяца по изготовленіи эту плиту былъ покрытъ очагъ съ рѣшеткою на которой горѣлъ каменный уголь. Плита была нагружена по 8 пудовъ на кв. футъ и опиралась на края очага. Черезъ 5 часовъ по разведеніи огня нижняя поверхность плиты раскалилась до красна; красное каленіе поддерживали еще 5 часовъ; затѣмъ уголь былъ выгребенъ и на нижнюю поверхность плиты направлена въ теченіи 20 минутъ струя холодной воды. По охлажденіи грузъ былъ снятъ и въ плитѣ не оказалось ни поврежденій, ни прогиба. Опытъ былъ повторенъ съ тѣмъ же успѣхомъ, не смотря на сильный жаръ, отъ котораго даже оплаковалась поверхность топки, сдѣланной изъ обыкновеннаго кирпича.

2. Вѣсь бетона и сопротивленіе раздробленію. Многочисленные опыты инженеровъ: Grant, Mann, Hutton, Colson, и архитекторовъ: Meik, Nyatt, Lascelles, Thwaite, Saws и другихъ, даютъ возможность указать на слѣдующіе *средніе* выводы, которые можно принимать въ расчетъ при проектированіи бетонныхъ сооружений.

а) *Бетонъ съ дробленнымъ кирпичемъ* *).

Вѣсь кубическаго фута около 3,4 пуда. Сопротивленіе раздробленію:

При 4 частяхъ дробленого кирпича	70	пудовъ на квадратный дюймъ.
" 5 " " "	60	" " " "
" 6 " " "	40	" " " "
" 8 " " "	32	" " " "
" 10 " " "	24	" " " "

б) *Бетонъ съ дробленнымъ шлакомъ.*

Вѣсь кубическаго фута около 3 пудовъ. Сопротивленіе раздробленію.

*) Въ дробленномъ кирпичѣ и другихъ дробленыхъ матеріалахъ можно считать 0,3—мельшихъ частицъ, которыя можно приравнять къ песку, 0,4—среднихъ частицъ отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{2}$ дюйма и 0,3—крупныхъ отъ $\frac{1}{2}$ до $1\frac{1}{2}$ дюймовъ.

При	4	частяхъ	дробленого	шлака	60	пудовъ	на	квадратный	дюймъ.
"	5	"	"	"	50	"	"	"	"
"	6	"	"	"	35	"	"	"	"
"	8	"	"	"	25	"	"	"	"
"	10	"	"	"	15	"	"	"	"

в) *Бетонъ съ дробленнымъ коксомъ.*

Вѣсъ кубическаго фута около 2,6 пуда. Сопротивленіе раздробленію:

При	4	частяхъ	дробленого	кокса	50	на	квадратный	дюймъ.
"	5	"	"	"	40	"	"	"
"	6	"	"	"	30	"	"	"
"	8	"	"	"	20	"	"	"
"	10	"	"	"	10	"	"	"

г) *Бетонъ съ пескомъ и гравіемъ *).*

Вѣсъ кубическаго фута отъ 3,8 до 4 пудовъ. Сопротивленіе раздробленію:

При	2 ¹ / ₂	частяхъ	песку	и	5	гравія.	40	пудовъ	на	квадрат.	дюймъ.
"	3	"	"	"	6	"	32	"	"	"	"
"	4	"	"	"	8	"	20	"	"	"	"
"	5	"	"	"	10	"	12	"	"	"	"

д) *Бетонъ съ хорошимъ пескомъ и битымъ известковымъ щебнемъ.*

Вѣсъ куб. фута около 3,6 пуда. Сопротивленіе раздробленію почти на 50 процентовъ больше, чѣмъ съ обыкновеннымъ пескомъ и гравіемъ. Безопаснѣе считаютъ 40⁰/₀.

Если же щебень гранитный или кремнистый, то только на 20⁰/₀ выше, чѣмъ съ обыкновеннымъ пескомъ и гравіемъ.

Вѣсъ куб. фута для гранитнаго щебня около 3,8, а кремневаго 3,6 пуда **).

*) Для болѣе жирнаго бетона можно принимать.

При	¹ / ₂	части	песку	и	1	гравія.	65	пудовъ
>	1	>	>	>	2	>	54	>
>	¹ / ₂	>	>	>	3	>	48	>
>	2	>	>	>	4	>	45	>

**) Сопротивленіе раздробленію раствора чистаго цемента надо считать черезъ 2 года—отъ 180 до 200 пудовъ на квадратный дюймъ.

3. Сопротивленіе перелому. Сопротивленіе перелому изслѣдовано многими англійскими инженерами и архитекторами. Кромя того, спеціально для проектированія новаго внутренняго устройства театра Альгамбра, послѣ пожара, были сдѣланы обширные опыты профессоромъ Кеннеди въ лабораторіи Лондонскаго Университа. Конечно всѣ эти изслѣдованія могутъ имѣть значеніе лишь для бетона того состава, который былъ взятъ для опытовъ.

Въ Англии обыкновенно принимаютъ, что изъ плоскихъ междуэтажныхъ перекрытій, а также для бетонныхъ плитъ, употребляемыхъ на лѣстницы, всего выгоднѣе готовить бетонъ изъ одной части цемента и 4 или 5 частей битого кирпича; поэтому сопротивленіе такого бетона наиболѣе изслѣдовано. Впрочемъ опытами выяснено, что отношеніе между сопротивленіемъ раздробленію и сопротивленіемъ разрыву почти одинаково для бетона разнаго состава, *если только количество цемента въ одной куб. сажени раствора не меньше 100 пуд.* Поэтому можно, съ достаточною для практики точностью, исчислять сопротивленіе бетона всякаго состава, въ указанномъ выше предѣлѣ, уменьшая его въ пропорціи сопротивленія раздробленія избраннаго бетона сравнительно съ бетономъ состава: 1 часть цемента и 4 части битого кирпича.

Приведемъ данныя полученные опытами в практикою для такого бетона.

а) *Бетонныя балки.* Сопротивленіе бетонныхъ балокъ обратно пропорціоально пролету и прямо пропорціоально широтѣ, но не вполне пропорціоально квадрату высоты, какъ это слѣдовало-бы по формулѣ строительной механики.

Возьмемъ напр. балку шириною 12 дюймовъ, лежащую на двухъ опорахъ на пролетѣ $5\frac{1}{2}$ футъ; грузъ сосредоточенный, на половинѣ пролета. При высотѣ 3 дюйма, сопротивленіе балки (временное), принимая въ расчетъ и собственный ея вѣсъ, было по опытамъ профессора Кеннеди: 9,75 пудовъ.

При высотѣ 4 дюйма	14,15 пуд.
" " 5 "	17,60 "
" " 6 "	20,50 "
" " 7 "	23,3 "

Между тѣмъ, если принять за основаніе сопротивленіе балки высотой 3 дюйма, то остальные цифры должны были быть:

17,35; 27,10; 36,00 и 53,10 пудовъ

вмѣсто: 14,25; 17,60; 20,50 и 23,30 "

Вышеуказанныя цифры относятся къ плитамъ сдѣланнымъ за 6—8 недѣль до опытовъ, и потому прочность ихъ ~~должна~~ впоследствии

увеличиться по крайней мѣрѣ въ $1\frac{1}{2}$ раза; поэтому въ Англіи допускаютъ прочное сопротивленіе въ $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{5}$ вышеуказаннаго временнаго и правильность этого доказана долготѣною практикою.

б) *Плоскія пологія перекрытія* были предметомъ многочисленныхъ опытовъ, а практика выработала положительныя данныя не только для обыкновенныхъ жилыхъ домовъ, но и для товарныхъ складовъ съ самою тяжелою нагрузкою, до 300 пудовъ на квад. сажень. Напримѣръ, для жилыхъ домовъ, плоское бетонное перекрытіе толщиной 6 — 7 дюймовъ безусловно прочно при размѣрахъ комнатъ отъ 5 до 6 квад. сажень, если бетонъ состоитъ изъ 1 части цемента и 5 частей битого кирпича. Для бетона другого состава надо принимать въ расчетъ пропорціональность сопротивленія раздробленію (если количество цемента не меньше 100 пуд. въ куб. сажени бетона), а также вѣсъ бетона — большій или меньшій.

Отдѣленія товарныхъ складовъ, площадью 6 квад. сажень, съ нагрузкою 300 пуд. на квад. сажень (кроме вѣса бетоннаго пола), перекрываются плоскимъ пологомъ толщиной 13 дюймовъ.

Вообще для обыкновенныхъ размѣровъ помѣщеній, площадью не болѣе 6 — 7 квад. сажень, если длина не превышаетъ $1\frac{1}{2}$ широты, можно руководствоваться эмпирическою формулою Сауэса, подтвержденною многолѣтнею практикою:

$$D^3 = \frac{w \cdot B^2 \cdot L^4}{7,5(L^4 + B^4)}$$

гдѣ D — толщина пола.
 „ B — ширина „
 „ L — длина „
 „ w — нагрузка на квадратный дюймъ въ фунтахъ (считая и вѣсъ пола).

Бетонъ принимается: 1 часть цемента и 4 части битого кирпича. Полы могутъ быть нагружены черезъ 6 недѣль по выдѣлѣ.—

4. Увеличеніе сопротивленія перелому введеніемъ желѣзныхъ связей. Еще болѣе 20 лѣтъ назадъ, нѣкоторые англійскіе архитекторы начали изслѣдованія относительно усиленія сопротивленія бетона закладкою внутрь бетонной массы желѣзныхъ или стальныхъ полосъ и прутьевъ. Въ 1875 году Нейатт предлагалъ замѣнить желѣзныя двутавровыя балки бетонныхъ половъ двумя полосами желѣза переплетенными проволокою, т. е. какъ бы отнять отъ балки ребро и оставить только пояса. Затѣмъ, въ виду значительной разницы сопротивленій раздробленію и разрыву, онъ предложилъ усиливать нижнюю часть бетонныхъ балокъ и плоскихъ бетонныхъ перекрытій прокладкою желѣзныхъ прутьевъ, переплетенныхъ проволокою. Итъ же

первымъ замѣчены три факта, весьма важныхъ при совмѣстномъ употребленіи бетона и желѣза: а) прилипание цементнаго раствора къ желѣзу весьма значительно и отдѣленіе бетона отъ желѣзныхъ связей происходитъ только при напряженіяхъ разрушающихъ всю массу бетона; это было впоследствии окончательно установлено опытами инженера Манна, который нашель, что изъ разныхъ матеріаловъ наибольшую силу сцѣпленія съ цементнымъ растворомъ обладаютъ: хорошій известнякъ съ шероховатою и слегка пористою поверхностью и желѣзо; б) расширеніе желѣза при возвышеніи температуръ почти одинаково съ расширеніемъ бетона, и в) величина сжатія бетона передъ раздробленіемъ мало разнится отъ величины удлиненія желѣза передъ разрывомъ.

Англійскіе техники вообще держатся того мнѣнія, что рациональное примѣненіе желѣза для усиленія сопротивленія бетона, можетъ имѣть мѣсто только въ томъ случаѣ, когда бетонъ подвергается растяженію*) и потому всѣ опыты надъ сопротивленіемъ бетона съ желѣзомъ были дѣлаемы, главнѣйшимъ образомъ, въ этомъ направленіи. Для практическихъ расчетовъ бетонныхъ балокъ можно рекомендовать формулу предложенную Thwaite, основанную на опытахъ Kirkaldy (передъланную на русскія мѣры). Безопасный равномерно распределенный грузъ

$$P = 6,5 \cdot \frac{BD^2}{L}$$

гдѣ В широта балки
 „ D высота балки
 „ L пролетъ } въ дюймахъ

P — безопасный грузъ въ пудахъ. Бетонъ изъ 1 ч. цемента и 4 частей дробленнаго кирпича. Желѣзныя прутья расположены параллельно нижней поверхности балки, въ разстояніи отъ этой поверхности $\frac{D}{6}$; разстояніе между прутьями = $\frac{D}{8}$ и діаметръ прута = $\frac{D}{32}$. Такъ напримѣръ, для балки высотой 8 дюймовъ, разстояніе прутьевъ до нижней поверхности = $\frac{8}{6} = 1\frac{1}{3}$ дюйма, разстояніе между центрами прутьевъ = $\frac{8}{8} = 1$ дюймъ и діаметръ прутьевъ = $\frac{8}{32} = \frac{1}{4}$ дюйма. Формула пригодна, если D не меньше 4 и не больше 13 дюймовъ. Для бетона другого состава, если только количество цемента не меньше 100 пуд. въ куб. сажени бетона, можно исчислять P, въ пропорціи сопротивленія раздробленію.

Изъ этой формулы видно, что сопротивленіе перелому пропорціо-
 нально квадрату высоты балки, т. е. согласно съ формулой даваемой

*) Ниже я постараюсь доказать правильность такого мнѣнія.

строительной механикой для упругихъ тѣлъ. Въстѣ съ тѣмъ опыты Kirkaldu показали, что введеніе желѣза можетъ увеличить сопротивленіе бетонной балки въ 5 и даже въ 6 разъ *).

5. Упругость. Относительно упругости бетона было произведено немного опытовъ, но и изъ нихъ можно заключить, что бетонъ, если онъ не очень тощій, имѣетъ упругость. Для бетона высокаго качества, напр., изъ 1 ч. цемента и 4 частей битого кирпича, стрѣла прогиба въ $\frac{1}{250}$ пролета исчечаетъ вполнѣ послѣ снятія груза. Бетонъ болѣе тощій оставляетъ нѣкоторый прогибъ, но все таки обнаруживаетъ упругость, даже при нагрузкѣ въ $\frac{1}{2}$ переламывающаго груза. Наблюденій надъ упругостью при сжатіи и растяженіи еще недостаточно для какихъ бы то ни было предположеній. Вообще по вопросу объ упругости бетона желательны систематическія изслѣдованія, которыя могутъ принести существенную пользу при проектированіи большихъ арокъ и куполовъ. Эти изслѣдованія выяснили бы также и характеръ деформации бетона передъ разрушеніемъ, что имѣетъ значеніе при выборѣ сорта бетона для разныхъ частей зданія.

Въ настоящее время можно сказать положительно только то, что бетонъ съ дробленнымъ кирпичемъ, шлакомъ, или коксомъ, болѣе упругъ чѣмъ съ пескомъ и каменнымъ щебнемъ и крошъ того такой бетонъ передъ обрушеніемъ деформируется съ большою постепенностью. Арочныя и плоскія перекрытія изъ бетона съ пескомъ и каменнымъ щебнемъ иногда обрушиваются (при предѣльномъ грузѣ) какъ бы вдругъ, почти безъ деформации, тогда какъ бетонъ съ битымъ кирпичемъ, шлакомъ или коксомъ, *никогда* не обрушается сразу, но предварительно сильно деформируется. Для наглядности приведу два наблюденія.

а) Опытъ Мейка. Арка пролетомъ $8\frac{1}{4}$ футъ, широтою 21 дюймъ; подъемъ 9 дюймовъ; толщина 9 дюймовъ. Грузъ сосредоточенъ на замкѣ арки. При грузѣ 250 пудовъ легкая трещина; при 370 пудахъ—нѣтъ измѣненій; при 750 пудахъ—осадка въ $1\frac{1}{2}$ дюйма; верхняя часть бетона подъ грузомъ раздроблена, но арка не обрушилась.

б) Опытъ Седдона. Плоскій полъ длиною $14\frac{1}{2}$, широтою 7 футъ, толщиною 6 дюймовъ; равномѣрная нагрузка. При грузѣ 15 тоннъ—легкій изгибъ; при 32 тоннахъ—трещины. При $43\frac{1}{2}$ тоннахъ—многo трещинъ, но полъ не обрушился.

Такія свойства бетона съ кирпичемъ, шлакомъ и коксомъ. т. е. наибольшая упругость и способность деформироваться передъ обруше-

*) Для плоскихъ бетонныхъ перекрытій, площадью около 6—7 кв. сажень и при усиленіи, по системѣ Heyatt, по направленію длины, можно принимать увеличеніе сопротивленія отъ 2 до $2\frac{1}{2}$ разъ сравнительно съ перекрытіемъ безъ желѣза.

нѣмъ, дѣлають этотъ бетонъ вайболѣе пригоднымъ для всякаго рода перекрытій и вообще для легкихъ сооружений съ наименьшею толщиною, къ тому же онъ обладаетъ наибольшимъ сопротивленіемъ и наименьшимъ вѣсомъ.

Этимъ можно закончить изложеніе свойствъ бетона и теперь я перейду къ разсмотрѣнію условій, при которыхъ могутъ быть, рационально въ техническомъ отношеніи и выгодно въ экономическомъ, примѣнены желѣзо-бетонныя сооружения.

Всѣ части гражданскихъ зданій могутъ быть отнесены къ тремъ отдѣламъ: 1) стѣны, 2) между-этажныя перекрытія и 3) кровли.

1. Стѣны. Многочисленныя сооружения въ Англіи показываютъ, что стѣны одно-этажныхъ домовъ безусловно прочны при толщинѣ 8 дюймовъ, а для двухъ-этажныхъ домовъ наружныя стѣны дѣлаются не толще 12 дюймовъ; всѣ же внутреннія могутъ быть толщиною 8 и даже 6 дюймовъ. На такія стѣны опираются плоскія между-этажныя перекрытія, составляющія со стѣнами одинъ общій монолитъ. Впрочемъ эта толщина обусловливается не столько условіями прочности, сколько необходимостью придать зданію удобства жилаго дома. Архитекторъ Lascelles строилъ дома со стѣнами даже въ 2 дюйма толщины, но они оказались сырыми, да и врядъ ли они безопасны отъ воровъ. Можно считать вообще, что стѣны одно-этажныхъ домовъ и сараевъ могутъ быть вдвое тоньше чѣмъ кирпичныя, если количество цемента не меньше 65 пудовъ въ куб. сажени бетона и втрое, если количество цемента не меньше 100 пудовъ. Для двухъ-этажныхъ зданій толщина бетонной стѣны во всю высоту можетъ быть сдѣлана въ $\frac{1}{2}$ толщины кирпичной стѣны верхняго этажа, при количествѣ цемента не меньше 100 пудовъ въ куб. сажени бетона. Такимъ образомъ очевидно, что для стѣнъ обыкновенныхъ зданій нѣтъ ни малѣйшей надобности закладывать внутрь бетона желѣзныя скрѣпленія.

Бываютъ однако случаи, когда приходится проектировать очень длинныя и высокія стѣны, напримѣръ, для складовъ и пакгаузовъ. Тогда надо рассчитать, что выгоднѣе: дать ли стѣнамъ бѣдшую толщину или поставить контрфорсы, или же увеличить ихъ устойчивость постановкою вертикальныхъ желѣзныхъ стоекъ, заложенныхъ концами въ фундаментъ на глубину 4—5 футъ *). Для стоекъ можетъ быть взято двутавровое, или, еще лучше, лотковое желѣзо (съ глубокимъ лоткомъ), вѣсомъ отъ 15 до 25 фунтовъ погонный футъ. Стойки можно поставить въ разстояніи 10—14 футъ и въ поперечныхъ желѣзныхъ крѣп-

*) Для соображеній при этихъ расчетахъ мною исчислена стоимость бетонной и кирпичной кладки, въ приложеніи 1-мъ подъ литерами А и Б.

нѣкоторыя изъ складовъ артиллерійскаго имущества въ Батумѣ въ 1879 году. Впрочемъ главною причиною введенія желѣза была наше недовѣріе къ бетону изъ Тейльской извести; впослѣдствіи желѣзо было отиѣнено и толщина стѣнъ нами была принята: для складовъ—18, а для казармъ—15 дюймовъ. Зданія оказались совершенно прочными. Надо имѣть въ виду также, что введеніе желѣзныхъ стоекъ удешевляетъ устройство формъ для выдѣлки стѣнъ и потому, гдѣ желѣзо сравнительно недорого, а дерево и рабочіе довольно цѣнны—можетъ оказаться выгоднымъ употребленіе желѣзныхъ стоекъ. Напримѣръ, на желѣзныхъ дорогахъ, если старыя изношенныя рельсы имѣютъ малую цѣнность, ихъ можно съ выгодною употребить на стойки для стѣнъ высотой до 19 футъ (полагая заложить рельсы въ фундаментъ на 5 футъ); стѣны могутъ имѣть толщину 8—9 дюймовъ и затѣмъ на стѣнахъ можно сдѣлать сводчатую бетонную кровлю изъ легкаго бетона. При сводчатыхъ перекрытіяхъ стойки даютъ еще одну выгоду: если ихъ соединить желѣзными тяжами, то распоръ свода на стѣны будетъ почти устраненъ. Во всякомъ случаѣ при опасности пожара стойки должны быть прикрыты бетономъ, слоемъ не меньше 2—3 дюймовъ со внутренней стороны зданія.

2. Между-этажныя перекрытія. Изъ вышесказаннаго видно, что для обыкновенныхъ зданій вполне достаточны плоскія бетонныя перекрытія весьма небольшой толщины, и нѣтъ необходимости усиливать ихъ желѣзомъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда пролетъ превышаетъ 2 сажени, или грузъ великъ, можно употребить систему Heyatt и рассчитать прочное сопротивленіе по формулѣ Thwaite. Надо однако принимать въ соображеніе, что введеніе желѣза увеличиваетъ стоимость пола на 60⁰/₀ *), и потому выгоды употребленія желѣза должны находиться въ зависимости отъ эконолическихъ расчетовъ; кромѣ того плоское перекрытіе, даже съ желѣзомъ, выходитъ слишкомъ тяжело и потому лучше перейти къ сводчатому. Если помѣщеніе имѣетъ большую длину, то необходимо раздѣлить его желѣзными балками на площади, не превышающія 6—7 кв. сажень; перекрытіе этихъ площадей, если оно плоское, можетъ быть рассчитано по формулѣ Saws, а балка—сообразно приходящемуся на нее грузу. Такія перекрытія обходятся очень дорого, вслѣдствіе большой цѣнности желѣзныхъ балокъ, особенно у насъ въ Россіи, и должны быть устраиваемы только при безусловной необходимости. леніяхъ нѣтъ надобности даже при толщинѣ стѣнъ въ 7 дюймовъ. Такія способъ были проектированы мною и инж. техн. Бахметевымъ

*) Расчетъ сдѣланъ въ приложеніи 1 подъ литерою В.

Изъ расчета, сдѣланнаго въ приложеніи 2-мъ, видно, что стоимость подобнаго перекрытія доходить до 1 р. 20 к. за квадратный футъ, при нагрузкѣ въ 300 пудовъ на квад. сажень, при чемъ 77% стоимости приходится на желѣзныя балки. Даже въ Англіи, гдѣ желѣзо дешевле почти въ 3 раза, но гдѣ, впрочемъ, бетонъ очень дешевъ *), стали въ послѣдніе годы замѣнять желѣзныя балки съ бетонными между ними перекрытіями — сплошнымъ деревяннымъ перекрытіемъ изъ досокъ, поставленныхъ на ребро. Этотъ способъ предложенъ двумя архитекторами: Ewans и Swain, но первая мысль принадлежитъ тоже Heyatt, такъ много сдѣлавшему для всѣхъ отраслей бетоннаго дѣла, и была имъ высказана еще въ 1871 году. Опыты убѣдили, что сплошной деревянный полъ изъ досокъ, поставленныхъ на ребро и плотно сколоченныхъ между собою, способенъ противустоять самому сильному пожару выше него; при пожарѣ снизу такой полъ, хотя и медленно, прогораетъ и долженъ быть защищенъ отъ дѣйствія огня. Намъ уже извѣстно, что для этого достаточно 4 дюймовый слой бетона, которымъ потолокъ оштукатуривается при помощи набитыхъ и пережетеныхъ проволокою гвоздей. Такъ устроены полы въ новыхъ складахъ въ East India Docks, въ Лондонѣ, при чемъ достигнуто сбереженіе до 9000 ф. стерлинговъ. Расчетъ, приведенный мною въ приложеніи 2-мъ, показываетъ, что стоимость сплошнаго деревяннаго пола составляетъ только половину стоимости бетоннаго на желѣзныхъ балкахъ.

Во всякомъ случаѣ, употребляя желѣзо для усиленія бетона въ между-этажныхъ перекрытіяхъ, не надо забывать, что оно должно быть прикрыто по крайней мѣрѣ 2-хъ дюймовымъ слоемъ бетона и потому рационально устроенная желѣзо-бетонная балка или плита, не должна имѣть меньше 12 дюймовъ толщины, если отъ нея требуется безопасность въ пожарномъ отношеніи.

Когда есть возможность сдѣлать между-этажныя перекрытія сводчатыми, то усиленіе бетона желѣзомъ не требуется ни въ какомъ случаѣ. Своды со стрѣлкою въ $\frac{1}{15}$ пролета и толщиной въ замкъ 6 дюймовъ выдерживаютъ нагрузку, при пролетѣ 25 футъ, не меньше 20 пуд. на кв. футъ и, слѣдовательно, вполне прочны для обыкновенныхъ домовъ. Утонять сводъ нѣтъ надобности и даже неудобно, такъ какъ бетонъ очень звукопроводимъ и это даже составляетъ главнѣйшій его недостатокъ для постройки жилыхъ домовъ. Устраненіе звукопроводимости составляетъ нынѣ насущный вопросъ относительно бетонныхъ домовъ и

*) Цѣна цемента обыкновенно около 1 р. 80 к. золотомъ за бочку, а такъ называемый балластъ, т. е. природная смѣсь песку и гравія, стоитъ въ Лондонѣ около 10 руб. куб. сажень.

онъ рѣшенъ, далеко еще не совѣтъ, прокладкою въ стѣнахъ и полахъ шлаковой шерсти.

Какъ велико сопротивленіе бетонныхъ сводовъ, можно видѣть изъ двухъ опытовъ, произведенныхъ при постройкѣ Севастопольскихъ морскихъ казармъ. Были сдѣланы 2 свода, пролетомъ $11\frac{2}{3}$ фута, подъемомъ $8\frac{1}{2}$ дюймовъ, толщиною въ замкѣ $3\frac{1}{2}$ дюйма, а у пятъ 12 дюймовъ. Для перваго свода былъ взятъ бетонъ изъ песку и гравія съ 110 пуд. цемента въ куб. сажени, а для втораго только съ 50 пудами въ куб. сажени. Первый сводъ обрушился при нагрузкѣ 24 пуда на кв. футъ; второй при нагрузкѣ 12 пуд. на кв. футъ. Слѣдовательно, даже послѣдній сводъ, изъ весьма тощаго бетона, достаточно проченъ для обыкновенныхъ домовъ.

Но можетъ быть при большихъ пролетахъ и тяжелой нагрузкѣ выгодно употребить усиленіе сводовъ желѣзомъ? На такой вопросъ можно, въ большей части случаевъ, отвѣчать отрицательно.

Возьмемъ практическій примѣръ. Еще въ 1868 году былъ выстроенъ въ Лондонѣ бетонный мостъ подъ желѣзную дорогу. Онъ существуетъ 22 года и вполне проченъ. Пролетъ 75 футъ; подъемъ арки $7\frac{1}{2}$ футъ; толщина свода въ замкѣ 3, а у пятъ 5 футъ. Слѣдовательно, площадь лица свода 6,5 кв. сажень. Если взять стоимость бетона, какъ указано въ приложеніи 1-мъ, 95 р. за куб. саж. *), то арка моста обойдется: а) при широтѣ 2,2 сажени, для одного пути, 14,3 куб. саж. бетона, по 95 р.—1358 р. 50 к. и б) при широтѣ 3,6 сажени, для двухъ путей, 23,4 куб. сажени бетона, по 95 р.—2223 рубля. Эта стоимость такъ мала, что врядъ-ли введеніемъ желѣза и утоненіемъ арки можно получить какую-либо экономію. Утоненіе арки въ смыслѣ облегченія вѣса ея тоже почти не имѣетъ значенія, потому что сокративши толщину арки даже вдвое, вѣсъ ея при двухъ путяхъ, уменьшится на 13.000 пудовъ, между тѣмъ вѣсъ забутки, давленіе откосовъ насыпи и нагрузка врядъ-ли будутъ меньше 35.000 пудовъ, а съ оставшимся вѣсомъ арки—48.000 пудовъ и особенной экономіи въ устройствѣ опоръ достигнуть нельзя. Если же нѣтъ экономіи, то зачѣмъ же усложнять работу и во всякомъ случаѣ дѣлать ее менѣе прочно, такъ какъ тѣмъ массивнѣе сооруженіе, тѣмъ лучше оно противустойтъ разрушающимъ силамъ и атмосферическимъ влияніямъ.

Расчетъ бетонныхъ сводовъ можно дѣлать тѣмъ же способомъ, какъ и каменныхъ, но прочное сопротивленіе надо считать не въ $\frac{1}{10}$, какъ для камня, но не меньше $\frac{1}{6}$ и даже $\frac{1}{5}$, потому что распредѣленіе напряженій въ одной цѣлой монолитной и отчасти упругой массѣ, произе-

*) Такая же пропорція была употреблена для моста.

ходить гораздо правильнѣе, чѣмъ въ кладкѣ, составленной изъ отдѣльныхъ кусковъ.

При устройствѣ бетонныхъ сводовъ является, между прочимъ, весьма интересный вопросъ: черезъ какое время по окончаніи работы слѣдуетъ ихъ раскружалить? Мнѣнія техниковъ весьма различны въ этомъ случаѣ. Я, на основаніи личнаго опыта, склоняюсь къ тому мнѣнію, которое совѣтуетъ раскружалить какъ можно скорѣе. Я думаю, что своды изъ жирнаго бетона надо раскружалить черезъ трое сутокъ, а изъ средняго бетона — черезъ пять сутокъ. Сроки можно еще сократить при сухой и жаркой погодѣ. Сводъ при этомъ, даетъ немедленно, небольшую осадку, которая, мнѣ кажется, не вредитъ прочности и даже устраняетъ возможность образованія въ бетонѣ внутреннихъ напряженій **). Я испытывалъ два свода, сдѣланные одновременно и совершенно тождественно; одинъ изъ нихъ, раскруженный черезъ 3 сутокъ, выдержалъ нагрузку въ 1,35 раза большую, чѣмъ другой, раскруженный черезъ 3 недѣли. Правда, своды были небольшіе и я не могу считать мое мнѣніе окончательнымъ, но считалъ нужнымъ представить его на обсужденіе техниковъ.

3. Кровли. Бетонныя кровли могутъ быть трехъ видовъ: а) плоскія, б) сводчатая и в) купольныя. Бетонная кровля, представляя одинъ общій монолитъ со стѣнами, хотя и производитъ распоръ на нихъ, но этотъ распоръ значительно меньше, чѣмъ для кирпичныхъ и каменныхъ сводовъ; поэтому стѣны могутъ быть много тоньше.

Толщина бетонной кровли опредѣляется прежде всего общими конструктивными условіями, а именно: кровля должна достаточно сохранять тепло, если она покрываетъ жилое помещеніе или отопляемыя мастерскія; затѣмъ она должна не давать течи и наконецъ противостоять дѣйствію атмосферическихъ силъ. Даже въ неотопляемыхъ помещеніяхъ, но съ довольно толстыми стѣнами, кровля должна быть надо

*) При этомъ происходитъ, конечно, измѣненіе въ формѣ уже отчасти затвердѣвшаго бетона, но въ Англии уже давно многіе инженеры (Deason, Kinipple) употребляли съ успѣхомъ перетрамбованный бетонъ. Точные опыты инженера Alexandre во Франціи показали, что растворъ (1:3), перетрамбованный черезъ 6 часовъ, сохраняетъ черезъ годъ 90% сопротивленія, перетрамбованный черезъ 24 часа — до 70%, а черезъ 48 часовъ — до 50% сопротивленія. Для бетона (а не раствора) эти цифры должны быть значительно больше, особенно если онъ не перетрамбуется, а только слегка измѣняетъ свою форму, а въ окрѣпшемъ на кружалѣ сводѣ должны являться внутреннія напряженія, которыя, несомнѣнно, уменьшаютъ сопротивленіе. Три дня я считаю потому, что въ первый и второй день сопротивленіе разрыву цемента возрастаетъ очень быстро, а съ третьяго дня возрастаніе сопротивленія идетъ уже медленно и постепенно.

теплопроводима, иначе внутри будет постоянная капель, которая может портить хранящиеся въ помѣщеніи предметы.

а). *Плоскія кровли.* Плоскую кровлю лучше всего дѣлать односкатную и затѣмъ покрывать слоемъ земля толщиной 1 или 1½ фута. Для маленькихъ помѣщеній не больше 6—7 кв. сажень, кровля можетъ быть рассчитана по формулѣ Saws и устроена безъ желѣза, а для широкихъ и длинныхъ, ее надо рассчитывать, какъ балку (принимая длину помѣщенія за широту балки) по формулѣ Twaite и устраивать съ желѣзомъ, но такое покрытие для большихъ пролетовъ выходитъ тяжело, и болѣе удобное или сводчатое, или съ желѣзными балками. Двухскатную плоскую кровлю можно сдѣлать только при существованіи внутренней продольной стѣны

Плоская кровля производитъ очень малый распоръ и практика показала, что стѣны могутъ быть весьма тонкія, около 8—10 дюймовъ.

б). *Сводчатыя кровли.* Сводчатая кровля въ большомъ употребленіи въ Англіи для сельско-хозяйственныхъ построекъ, причеиъ поверхность ихъ пропитывается смолою и затѣмъ покрывается асфальтовымъ лакомъ, или же поверхность затираютъ цементнымъ растворомъ изъ 1 части цемента и 1 части чистаго, мелкаго песку. Впрочемъ оба способа не вполне обезпечиваютъ отъ прониканія сырости и врядъ ли пригодны въ нашемъ климатѣ, гдѣ наверху крыши всегда будетъ лежать зимою снѣгъ. У насъ всего лучше покрывать сводчатую кровлю волнистымъ желѣзомъ и окрашивать масляною краскою, или же брать оцинкованное желѣзо, которое впрочемъ стоитъ у насъ очень дорого. Чтобы кровля не была холодна, необходимо придать своду толщину большую, чѣмъ нужно по условіямъ прочности, и потому въ усиленіи свода металлomъ нѣтъ надобности.

Какъ образецъ товарныхъ складовъ со сводчатою кровлею, можно привести склады керосина въ Лондонѣ, которыхъ выстроено съ 1880 по 1890 годъ, болѣе 70-ти. Длина каждаго склада внутри 90 футъ, широта 20 футъ, высота стѣнъ 14 футъ, подъемъ свода 3 фута. Толщина стѣнъ 18 дюймовъ, свода — 15 дюймовъ. Бетонъ: для стѣнъ — 1 часть цемента, 3½ песку, 7 гольша; для сводовъ — 1 часть цемента, 2½ песку, 5 гольша. По конструктивнымъ условіямъ свода, конечно, могли бы быть много тоньше, но при дешевизнѣ цемента въ Англіи объ экономіи въ бетонѣ не надо особенно заботиться.

Вообще можно считать, что толщина сводчатой бетонной кровли въ 6—7 дюймовъ въ замкѣ должна приниматься за наименьшую для вежлиныхъ зданій, а для жилыхъ она должна достигать, по крайней мѣрѣ 12 дюймовъ и то съ условіемъ прокладки подъ желѣзо дурно проводящихъ тепло матеріаловъ. Лучшимъ матеріаломъ въ этомъ отно-

ненія былъ бы войлокъ изъ шлаковой шерсти, выдѣлка котораго, желалъ-бы надѣяться, разовьется въ Россіи. Въ Америкѣ онъ готовится въ огромныхъ массахъ для весьма разнообразныхъ цѣлей. Онъ огнеупоренъ, тенецъ, не разводитъ насѣкомыхъ, легко подвергается дезинфекціи и могъ-бы быть незамѣнимымъ матеріаломъ для походныхъ госпиталей и вообще для потребностей войскъ не только въ военное, но и въ мирное время. Цѣна войлока въ Англии пока весьма высока, около 5 руб. золотомъ за квад. сажень, но въ Америкѣ много дешевле. *).

Такимъ образомъ, для пролетовъ въ 3, 4 и даже 5 сажень вполне достаточны обыкновенныя сводчатыя перекрытія (для большихъ пролетовъ лучше коробовыя) толщиной въ замкѣ 8—10—12 дюймовъ, съ подъемомъ въ $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{7}$ пролета, при стѣнахъ толщиной отъ 18 до 24 дюймовъ.

Для совершенно холодныхъ складовъ, я считаю возможнымъ, на основаніи практическихъ примѣровъ, проектировать зданіе, широтою внутри 30 футъ, высотой стѣнъ 20 футъ, покрытое коробовымъ сводомъ съ подъемомъ 4 фута, толщиной въ замкѣ 8 дюймовъ и со стѣнами толщиной 18 дюймовъ. Длина зданія не больше 100 футъ.

Когда пролетъ весьма великъ, то можетъ явиться выгода въ примѣненіи для свода желѣзнаго каркаса. Надо однако замѣтить, что при каркасѣ уже нельзя придать своду толщину, требующуюся вообще для кровли и подобное сооруженіе можетъ быть возведено только подъ особо устроенною крышею.

Купола. Къ куполамъ можно примѣнить все, что сказано о сводчатыхъ кровляхъ, хотя вообще эти сооруженія пока рѣдко встрѣчаются въ практикѣ.

Мнѣ осталось теперь сказать нѣсколько словъ о выдѣлкѣ изъ бетона на желѣзномъ каркасѣ разныхъ принадлежностей зданій, наир., резервуаровъ, помойныхъ и выгребныхъ ямъ, сточныхъ трубъ, а также другихъ цементно-желѣзныхъ издѣлій.

Въ началѣ 60-хъ годовъ, когда уже выяснились прекрасныя свойства портландскаго цемента, въ Англии и во Франціи явилась мысль

*) Шлаковая шерсть готовится очень просто, разбиваніемъ струи жидкаго шлака, вытекающаго изъ доменной печи, струею пара при высокомъ давленіи. Если же выпускать шлакъ въ холодную воду, то получается шлаковый песокъ, дающій при смѣшеніи съ гашеною известью превосходный цуцоланитъ цементъ. Въ Англии есть нѣсколько фабрикъ такого цемента.

употребить цементъ для выдѣлки разныхъ издѣлій, заштѣвая цементнымъ растворомъ дерево, камень и гончарныя издѣлія *). Въ Англіи эта мысль скоро получила огромное развитіе, особенно послѣ открытія Алленомъ огнеупорнаго бетона, но нѣсколько въ иномъ направленіи, чѣмъ во Франціи. Во Франціи развилась, по идеѣ садовника Монье, выдѣлка резервуаровъ, тонкихъ пѣшеходныхъ мостиковъ, трубъ и даже садовыхъ горшковъ, тогда, какъ въ Англіи стали выдѣлывать преимущественно закрома хлѣбныхъ складовъ, стойла конюшенъ, легкія сооруженія для птицъ и мелкаго скота и т. п., а затѣмъ двери, окна и даже мебель.

При богатствѣ Англіи металломъ и превосходными гончарными издѣліями, и при постоянной, иногда даже излишней, щедрости на общественныя работы, Англія и понынѣ предпочитаетъ для резервуаровъ — металлъ, а для всѣхъ частей санитарныхъ сооруженій — эмалированный чугунъ, глазированный кирпичъ и глазированную терракоту разнаго вида. Съ такимъ взглядомъ не трудно не согласиться, и я думаю, что даже при нашей бѣдности лучше не употреблять такой пористый матеріалъ какъ бетонъ для санитарныхъ сооруженій, заштѣвивъ его хотя асфальтомъ, который все таки доступенъ по своей цѣнѣ даже для небогатыхъ людей.

Кажущаяся съ перваго взгляда странною мысль дѣлать изъ бетона двери и окна, принадлежитъ англійскому архитектору Lascelles и имѣла, въ дѣйствительности, довольно обширное примѣненіе. Дѣло въ томъ, что если сдѣлать дверь на желѣзномъ каркасѣ изъ бетона Аллена, то такая дверь представляетъ не худшее препятствіе прониканію огня при пожарѣ, чѣмъ желѣзная. Что же касается оконъ, то при постройкѣ монументальныхъ зданій, въ готическомъ стилѣ, оконныя переплеты или, правильнѣе, раздѣленія оконныхъ отверстій, дѣлаются изъ тесанаго камня, что стоитъ очень дорого, сравнительно съ бетонными издѣліями. Мебель конечно представляла результатъ увлеченія, но Lascelles былъ одинъ изъ крайнихъ восторженныхъ поклонниковъ бетона. Въ послѣдніе годы развилась въ Англіи и выдѣлка трубъ, главнымъ образомъ для водостоконъ и отвода воды изъ дренажныхъ полей. На послѣдней Ливерпульской промышленной выставкѣ можно было видѣть, до какого совершенства доведена выдѣлка цементно-желѣзныхъ издѣлій въ Англіи; особенно были замѣчательны телеграфные столбы длиною 30 футъ и вѣсомъ только 15 фунтовъ погонный футъ, т. е. почти не тяжелѣе деревянныхъ.

*) Дѣлается желѣзный каркасъ, соответствующій формѣ выдѣлываемой вещи, и затѣмъ онъ обдѣлывается цементнымъ растворомъ или бетономъ. Если вещь плоская то ее можно страховать въ особыхъ формахъ.

Способъ выдѣлки разныхъ предметовъ на желѣзномъ каркасѣ перешелъ въ половинѣ 70 годовъ и въ Германію, когда въ Германіи развилась фабрикація поргландскаго цемента, и получилъ тамъ названіе системы Монье, вѣроятно потому, что въ Германіи дѣйствовала привилегія этого садовника, но конечно съ большими правомъ этотъ способъ могъ-бы называться системою Lascelles, а еще правильнѣе системою Neuyatt, который первый уже 17 лѣтъ назадъ началъ систематическія изслѣдованія надъ сопротивленіемъ желѣзо-бетонныхъ сооружений.

Впрочемъ дѣло не въ названіи; въ настоящее время эта идея есть общее достояніе *) и можно только пожелать успѣха подобнымъ издѣліямъ въ Россіи. Нельзя при этомъ не упомянуть съ благодарностью имя В. В. Гюртлера, который много потрудился надъ введеніемъ у насъ цемента-желѣзныхъ и асфальто-желѣзныхъ издѣлій и работы котораго заслуживаютъ полной похвалы.

Резюмируя все сказанное въ моемъ сообщеніи, я прихожу къ слѣдующимъ заключеніямъ:

1) Совмѣстное употребленіе бетона и желѣза (или стали) не только возможно, но и рационально въ техническомъ отношеніи, вслѣдствіе соответствія физическихъ свойствъ обоихъ матеріаловъ.

2) При постройкѣ обыкновенныхъ гражданскихъ зданій, нѣтъ необходимости употреблять металлъ для усиленія сопротивленія бетона, потому что размѣры частей, зданій опредѣляемые общими конструктивными условіями, сами по себѣ достаточны въ отношеніи устойчивости и прочности.

3) Въ нѣкоторыхъ случаяхъ употребленіе металла въ обыкновенныхъ зданіяхъ, можетъ оправдываться экономическими расчетами, если металлъ обходится дешево, а устройство формъ для бетона дорого и затруднительно.

4) Сводчатая перекрытія и даже мостовыя арки не требуютъ усиленія желѣзомъ. Если и можетъ быть въ этомъ случаѣ какая либо выгода, то только для большихъ пролетовъ, но и тутъ необходимо точно разсчитать разницу въ стоимости сооружений съ металломъ и безъ металла, и если экономія нѣтъ, или она незначительна, слѣдуетъ безусловно предпочесть массивное сооруженіе безъ металла, какъ болѣе долговѣчное.

5) Въ плоскихъ перекрытіяхъ употребленіе желѣза рационально и выгодно при небольшихъ пролетахъ, но тяжелой нагрузкѣ.

6) Гдѣ-бы ни былъ употребленъ металлъ, онъ долженъ быть при-

*) Ни Монье, ни кто либо другой привилегіи въ Россіи на желѣзо-бетонныя сооружения не имѣетъ. Монье имѣетъ привилегію только на *формы* для выдѣлки трубъ.

крыть достаточнымъ слоемъ бетона, если желаютъ имѣть сооруженіе безопасное въ пожарномъ отношеніи. Этотъ слой не долженъ быть меньше 2-хъ дюймовъ, при расчетѣ на обыкновенный пожаръ, и 4-хъ дюймовъ для безопасности при сильныхъ пожарахъ, напр. въ товарныхъ складахъ.

7) Могутъ быть случаи, когда бетонное или желѣзо-бетонное перекрытіе можетъ быть съ большою экономическою выгодною замѣнено деревяннымъ, причемъ деревянное возможно устроить совершенно безопаснымъ въ пожарномъ отношеніи.

8) Желѣзо-бетонныя издѣлія, какъ напр., резервуары, пѣшеходныя мостки, чаны, ванны, трубы, могутъ быть приготовлены безукоризненно хорошо и съ успѣхомъ замѣнять такіе-же предметы, сдѣланные изъ металла, но для санитарныхъ сооруженій не слѣдовало-бы употреблять бетонныхъ издѣлій, даже самаго лучшаго качества.

9) Желѣзо-бетонныя издѣлія вполне умѣстны и выгодны для многихъ сельско-хозяйственныхъ сооруженій, напр. конюшенъ, коровниковъ, птичниковъ, хлѣбныхъ амбаровъ и т. п. При нѣкоторыхъ условіяхъ могутъ быть выгодны бетонныя двери, окна и даже телеграфные столбы.

10) Практическія сооруженія изъ бетона и бетона съ желѣзомъ, и произведенныя изслѣдованія даютъ достаточное количество данныхъ для проектированія бетонныхъ сооруженій, но желательно обстоятельно изслѣдовать вопросъ объ упругости бетона. Я думаю, что послѣ изслѣдованія упругаго сопротивленія бетона, окажется возможнымъ проектировать огромныя купола со стѣнками 3—4 дюйма, безъ куска металла.

Заканчивая мое сообщеніе, я считаю своимъ долгомъ высказать, что моя цѣль была подѣлиться съ техниками тѣми свѣдѣніями, которыя мною приобрѣтены при долготѣнней теоретическомъ и практическомъ изученіи бетоннаго дѣла. Сообщаемыя мною данныя взяты изъ лучшихъ и наиболѣе заслуживающихъ довѣрія источниковъ; приводимыя мною формулы оправданы уже долготѣннею практикою. Поэтому я надѣюсь, что имѣю право рекомендовать ихъ для примѣненія при составленіи проектовъ бетонныхъ сооруженій. Считаю нужнымъ еще разъ указать на замѣчательное свойство бетона Аллена — огнеупорность, и напомнить, что такой бетонъ обладаетъ въ тоже время наибольшимъ сопротивленіемъ и наибольшою упругостью. Между тѣмъ каменный матеріалъ для бетона Аллена самый дешевый, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ — неизвѣщій никакой цѣны, какъ напр. шлаки и коксовый мусоръ на желѣзныхъ заводахъ. Хотя, сколько мнѣ извѣстно, единственное званіе въ Петербургѣ, а можетъ быть и въ Россіи, построенное изъ шлаковаго бетона, возведено мною на Обуховскомъ заводѣ (пороховой складъ), но я надѣюсь, что подобныя постройки получатъ обширное распространеніе, и потому желательно, что-

бы техники убѣдились въ высокихъ качествахъ бетона съ дробленнымъ кирпичемъ, шлакомъ и коксовымъ мусоромъ, и чтобы для бетона не требовались неизмѣнно: „песокъ кварцевый, крупный, промытый, угловатый и щебень-битый, грохоченный, безъ пыли и мусора“.

Считаю нужнымъ предостеречь также отъ увлеченія желѣзо-бетонными сооружениями, въ прииѣненіи къ частямъ зданій и мостамъ. Прежде всего, въ этомъ случаѣ, надо принимать въ расчетъ экономическія соображенія и рѣшаться на введеніе металла можно только при значительной выгодѣ: не надо забывать, что при большой работѣ легко возможна неудача, а эта неудача повлечетъ, несомнѣнно, недовѣріе къ бетоннымъ сооружениямъ вообще и затормозитъ распространеніе бетоннаго дѣла.

Что же касается желѣзо-бетонныхъ *издѣлій*, то я желаю имъ полного успѣха и самаго обширнаго распространенія.

Приблизительная стоимость бетонной и кирпичной кладки въ г. С.-Петербургѣ. *)

А. Бетонная кладка.

1) Бетонъ высокой прочности, огнеупорный, пригодный для тонкихъ плоскихъ перекрытій, плоскихъ перекрытій съ желѣзомъ, а также для выдѣлки ступенныхъ плитъ искусственнаго огнеупорнаго камня.

Пропорція: 1 часть цемента и 4 части хорошо обожженаго дробленнаго кирпича

Кирпичнаго щебня, куб. саж.	1,3	по 16 р.—20 р.	80 к.
Цементъ портландскаго, пудовъ.	175	„ 45 к.—78 „	75 „
Раздробленіе части щебня, куб. саж.	0,6	„ 6 р.— 3 „	60 „
Перебивка остальнаго щебня, куб. с.	0,7	„ 3 „— 2 „	10 „
Приготовленіе и укладка куб. сажени бетона.			18 „ — „
		Итого.	123 „ 25 „
Мелкія приспособленія и вода.			1 „ 75 „
		Всего стоимость куб. сажени	125 „ — „

2) Бетонъ прочный, огнеупорный, пригодный для сводчатыхъ перекрытій и стѣнъ и для прикрытія металла отъ дѣйствія огня.

Пропорція: 1 часть цемента и 7 частей дробленнаго кирпича (или шлака).

*) Цѣны взяты по практикѣ работъ на Обуховскомъ Сталелитейномъ заводѣ 2—3 года назадъ.—

Кирпичнаго щебня, куб. саж.	1,3	по 16 р.—20 р.	80 к.
Цементна портландскаго, пудовъ	110	„ 45 к.—49 „	50 „
Раздробленіе части щебня, куб. с.	0,7	„ 6 р.— 4 „	20 „
Приготовленіе и укладка куб. са- жени бетона			18 „ — „
		Итого	92 „ 50 „
Мелкія приспособленія и вода			2 „ 50 „

Всего стоимостъ куб. сажени бетона 95 „ — „

3) Бетонъ прочный, пригодный для стѣнъ и сводчатыхъ перекры-
тій въ обыкновенныхъ зданіяхъ.

Пропорція: 1 часть цемента, 3 части песку, 6 частей щебня.

Каменнаго щебня, куб. саж.	0,9	по 24 р.—21 р.	60 к.
Песку, куб. сажень	0,45	„ 12 „— 5 „	40 „
Цементна портландскаго, пудовъ	110	„ 45 к.—49 „	50 „
Приготовленіе и укладка бетона куб. сажени			18 „ — „
		Итого	94 „ 50 „
Мелкія приспособленія и вода			1 „ 50 „

Всего стоимостъ кубической сажени бетона 96 „ — „

4) Бетонъ тощій, но пригодный для стѣнъ и сводовъ незначи-
тельныхъ строеній, а также для фундаментовъ и забутокъ пазухъ сводовъ
и для основанія подъ каменные полы. Пропорція: 1 часть цемента,
3¹/₂ песку, 5 мелкаго щебня, 9 крупнаго щебня.

Крупнаго щебня, куб. сажень	0,8	по 24 р. — 19 р.	20 к.
Мелкаго щебня, куб. саж.	0,45	„ 30 „ — 13 „	50 „
Песку, куб. сажень	0,3	„ 12 „ — 3 „	60 „
Цементна портландскаго пуд.	65	„ 45 к. — 29 „	25 „
Приготовленіе и укладка бе- тона куб. сажени			20 „ — —
		Итого — 85 р.	55 к.
Мелкія приспособленія и вода		— 1 „	45 „

Всего стоимостъ куб. сажени бетона — 86 р. — к.

Примѣчаніе. Изъ бетона такой пропорціи построены стѣны въ-
сколькихъ новыхъ доковъ въ Чатамъ и Портсмутъ.

Б. Кирпичная кладка.

1) Кладка на цементномъ растворѣ, въ пропорціи 1: 2¹/₂, топ-
кихъ стѣнъ, сводовъ и сводиковъ между желѣзными балками.

На одну кубическую сажень:

Кирпича съ изложомъ	3350	по 14 р.—46 р.	90 к.
Песку, куб. сажень	0,25	„ 12 „ 3	— „
Цемента, пудовъ	76	„ 45 к.—34 „	20 к.
Работа съ приготовленіемъ раствора, по 10 р. за тысячу кирпича . . .			33 „ 50 к.
<hr/>			
		Итого. —	117 р. 60 к.
Мелкія приспособленія и вода . . .		— 2 „	40 „
<hr/>			
Всего стоимость куб. сажени . . .		— 120 р.	— к.

В. Бетонное перекрытіе съ желъзомъ.

По правилу Thwaite, желъзныя прутья располагаются въ разстояніи другъ отъ друга на $\frac{1}{8}$ толщины перекрытія, а діаметръ прутьевъ = $\frac{1}{32}$ толщины. Поэтому площадь прутьевъ = $\frac{1}{163}$ площади перекрытія.

При цѣнѣ бетона 125 руб. за куб. сажень, кубическій футъ стоитъ $36\frac{1}{2}$ коп. Площадь прутьевъ на кв. футъ = $\frac{144}{163} = 0,9$ кв. дюйма и вѣсъ пог. фута желъза будетъ $3,7 \times 0,9 = 3\frac{1}{2}$ фунта; при стоимости желъза 6 коп. фунтъ (2 р. 40 к. пудъ), на куб. футъ бетона желъзо обойдется около 21 копейки или около 60% стоимости бетона; этою цифрою можно руководствоваться при расчетахъ.

Исчисленіе сравнительной стоимости перекрытій: бетонныхъ на желъзныхъ балкахъ и деревянныхъ, при большой нагрузкѣ.

Предположимъ, что нужно устроить полъ въ длинныхъ товарныхъ складахъ, при пролетѣ 19 футъ, и нагрузкѣ до 300 пудовъ на квадрат. сажень пола, или 6 пуд. на кв. футъ.

1. Для бетоннаго перекрытія имѣемъ данныя:

а) Желъзныя балки черезъ одну сажень; на каждую балку приходится площади пола 133 кв. фута.

б) Бетонное перекрытіе состоитъ изъ свода между балками, толщиной въ замѣ 8 дюймовъ, а у балки 16 дюймовъ и охватываетъ балку снизу слоемъ толщиной 4 дюйма. Вѣсъ всего перекрытія (считая вѣсъ куб. фута = 3 пудамъ), около 354 пудовъ = 118 куб. футъ.

в) Всего на балку приходится груза 1152 пуда и этому грузу можетъ удовлетворять балка высотой 14 дюйм., съ поясами 6 дюймовъ, вѣсомъ не меньше $1\frac{1}{2}$ пуд. погонный футъ.

Поэтому стоимость пог. саж. перекрытія будетъ.

Бетона 118 куб. ф. = 0,347 куб. саж., по 95 р. = 33 р. — к.	
Балка длиною 21 футъ, вѣсомъ съ двумя	
подкладками 33 пуда, по 3 р. 50 к. = 115 „ 50 „	
Укладка балки	1 „ 50 „
<hr/>	
Итого	150 р. — к.

2. Для деревяннаго перекрытія.

Доска $2\frac{1}{2} \times 9$ дюймовъ, поставленная на ребро, при коэф. прочнаго сопротивленія 24 пуда на кв. дюймъ, выдерживаетъ грузъ 30 пудовъ; на 7 погонныхъ футъ пойдетъ 34 доски, и на всѣ доски можетъ быть положенъ грузъ — 1020 пуд. Если подъ досками сдѣлать штукатурку бетономъ слоемъ въ 4 дюйма, то бетона потребуется 44 куб. фута. Вѣсъ досокъ будетъ = 100 пудамъ; бетона 132 пудамъ и нагрузки 898 пудовъ; всего 1030 пудовъ и слѣдовательно прочность обезпечена.

Досокъ $2\frac{1}{2} \times 9$ дюймовъ 3 ^о — 34, по 1 р. 25 к. — 42 р. 50 к.	
Гвоздей для сколачиванія досокъ и для	
набивки подъ штукатурку . 2 пуда, по 3 р. 50 к. — 7 „ — „	
Проволоки для штукатурки $\frac{1}{2}$ пуд., по 5 „ — „ — 2 „ 50 „	
Сбиваніе досокъ, по 20 к. съ доскми 6 „ 80 „	
Бетона 44 куб. фута = 0,128 куб. с., по 125 р. — 16 „ — „	
<hr/>	
Итого	74 р. 80 к.

или вдвое дешевле.

Если даже, для полнаго совершенства досчатаго перекрытія, покрыть полъ сверху асфальтомъ и такимъ образомъ предохранить дерево отъ всякихъ поврежденій, то добавочный расходъ будетъ, по 20 коп. на кв. футъ, всего — 26 р. 60 коп., а общая стоимость 101 р. 40 к., т. е. всетаки на 33% дешевле.

Д. Жаринцовъ.