

ГЛАВА I.

Конструкции и сооружения.

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОРЪ.

До изобрѣтенія желѣзо-бетона, примѣненіе цемента, несмотря на всѣ его превосходныя качества, было ограничено только тѣми частями сооружений, которыя работаютъ исключительно на сжатіе.

Со времени перваго появленія въ свѣтъ желѣзо-бетона, по мѣрѣ его развитія, цементу открылось широкое поле примѣненія въ конструкціяхъ всевозможнаго рода, гдѣ желѣзо-бетонъ съ успѣхомъ замѣняетъ металлъ, дерево и камень, благодаря многимъ конструктивнымъ преимуществамъ, а часто и меньшей стоимости.

Что касается возникновенія идеи желѣзо-бетонныхъ конструкцій, то время ея появленія точно неизвѣстно.

Въ 1855 году на Всемирной Выставкѣ въ Парижѣ фигурировала лодка, устроенная изъ проволоочной сѣтки, обмазанной цементнымъ растворомъ, и построенная французомъ Ламбо (Lambot).

Изобрѣтеніе желѣзо-бетона, однако, приписывается обыкновенно Жозефу Монье, который впервые примѣнилъ его для устройства бассейновъ, около 1868 года, въ видѣ проволоочной сѣтки, обмазанной цементнымъ растворомъ, т.-е. по той-же системѣ, какъ была устроена лодка Ламбо.

Заслуга Монье, однако, состоитъ въ томъ, что онъ съ настойчивостью предался примѣненію этой новой системы для устройства резервуаровъ, трубъ, плитъ, перегородокъ и т. п. По эта система не имѣла успѣха до 1880 года, когда патенты Монье были приобрѣтены фирмой Вейсъ и К^о въ Берлинѣ «Actien-Gesellschaft für Beton und Monierbau».

Это общество предприняло цѣлый рядъ опытовъ для выясненія преимуществъ желѣзо-бетона, замѣнило способъ обмазыванія желѣзной сѣтки растворомъ, посредствомъ трамбованія бетона, расширило кругъ примѣненія желѣзо-бетона и, открывъ рядъ своихъ отдѣленій во всѣхъ большихъ европейскихъ городахъ, настойчиво рекламировало новую систему конструкцій.

Съ этого времени желѣзо-бетонное дѣло стало на твердую практическую почву и названіе «система Монье» долгое время служило синонимомъ «желѣзо-бетона».

Успѣхъ послѣдняго вызвалъ изобрѣтеніе цѣлаго ряда новыхъ системъ, непрекращающееся до сего дня,—системъ, часто очень оригинальныхъ, а часто отличающихся другъ отъ друга лишь незначительными деталями устройства металлической арматуры.

Кругъ примѣненія желѣзо-бетона, сначала ограниченный лишь перекрытіями небольшихъ пролетовъ, маленькими сводиками, бассейнами, трубами, и такъ называемыми «огнеупорными» постройками для складовъ, быстро расширился.

Съ 1892 года мы видимъ уже цѣлыя многэтажныя зданія со стѣнами, крышей и полами изъ желѣзо-бетона; мосты большихъ пролетовъ (до 50 метровъ) съ арками изъ желѣзо-бетона; видимъ примѣненіе желѣзо-бетона въ инженерныхъ сооруженіяхъ первой важности.

Къ этому времени относится изобрѣтеніе новыхъ системъ: Геннебика, Коанье, Меллера и др.

Но настоящее торжество желѣзо-бетона имѣло мѣсто на Всемирной Выставкѣ 1900 года въ Парижѣ, гдѣ большинство грандіозныхъ и въ высшей степени художественныхъ зданій Выставки было почти цѣликомъ исполнено изъ желѣзо-бетона.

Такое смѣлое и обширное примѣненіе желѣзо-бетона до сего времени имѣло мѣсто лишь за границей. Въ Россіи желѣзо-бетонъ хотя и примѣнялся, но въ гораздо меньшихъ размѣрахъ.

Первыя примѣненія желѣзо-бетона въ Россіи слѣдуетъ отнести къ 1891 году, когда Акціонерное Общество бетонныхъ работъ въ Москвѣ получило разрѣшеніе на производство официальныхъ опытовъ на Преображенскомъ плацу въ С.-Петербургѣ надъ сооружениями системы Монье, съ цѣлью выясненія техническихъ преимуществъ желѣзо-бетона.

Съ этого времени и въ Россіи желѣзо-бетонъ, хотя и медленно, но упорно завоевываетъ себѣ почетное мѣсто въ различныхъ отрасляхъ инженернаго искусства, при чемъ въ первое время примѣненіе его, въ большей части, ограничивалось перекрытіями по металлическимъ балкамъ, при небольшихъ пролетахъ.

Съ 1900 года намъ извѣстны крупныя примѣненія желѣзо-бетона для отстойныхъ бассейновъ, баковъ, водоемныхъ зданій и т. п., на русскихъ желѣзныхъ дорогахъ, а также для мостовъ и виадуковъ въ нѣкоторыхъ южныхъ земствахъ.

Вообще, несмотря на рутину и обычное предубѣжденіе публики противъ новыхъ конструкций, въ Россіи уже замѣтно пробужденіе интереса къ этому рода конструкціямъ, какъ эхо блестящихъ успѣховъ желѣзо-бетона за границей.

Главной причиной недовѣрія къ желѣзо-бетону въ Россіи слѣдуетъ считать неточность предложенныхъ до настоящаго времени методовъ расчета желѣзо-бетонныхъ конструкцій.

Въ желѣзо-бетонномъ дѣлѣ практика опережала теорію. Первые конструкторы и изобрѣтатели желѣзо-бетона не были теоретиками и нѣкоторые даже не имѣли никакого представленія объ устойчивости сооружений и устраивали свои конструкціи ощупью безъ опредѣленнаго расчета.

Первые инженеры, примѣнившіе расчетъ къ желѣзо-бетону, за недостаткомъ научныхъ опытовъ; также довольствовались эмпирическими формулами, которыя иногда примѣняются и до сего времени.

Со времени изученія упругихъ свойствъ желѣзо-бетона (за послѣднее десятилѣтіе) теорія его далеко подвинулась впередъ и, благодаря изслѣдованіямъ инженеровъ и ученыхъ, современное состояніе теоріи желѣзо-бетона позволяетъ съ достаточною точностью рассчитывать всевозможныя конструкціи, несмотря на пробѣлы, которые представляютъ обширное поле для дальнѣйшихъ работъ и изслѣдованій въ этой области.

Вмѣстѣ съ тѣмъ разсѣялись сомнѣнія въ прочности и надежности этихъ новыхъ конструкций и желѣзо-бетону обезпечена блестящая будущность во всѣхъ отрасляхъ строительнаго искусства.

Различныя системы желѣзо-бетонныхъ конструкцій.

ИДЕЯ ЖЕЛѢЗО-БЕТОНА.

Изъ лабораторныхъ опытовъ опредѣлилось, что временное сопротивленіе бетона растяженію въ 10—12 разъ меньше, чѣмъ сопротивленіе сжатію. Съ другой стороны, упругость бетона также не велика; напримѣръ, коэффициентъ упругости бетона, въ среднемъ, въ 10—15 разъ меньше коэффициента упругости желѣза.

Введеніе желѣза въ массу бетона имѣетъ цѣлю увеличить недостающее сопротивленіе бетона растяженію и повысить общую упругость бетонной конструкціи, главнымъ образомъ, для частей сооруженія, подвергающихся изгибу.

Весьма часто металлъ вводится также въ бетонныя части сооруженія, подверженныя исключительно сжатію, какъ, на примѣръ, столбы и т. п., съ цѣлю еще болѣе увеличить сопротивленіе бетона сжимающимъ усилямъ и, слѣдовательно, уменьшить поперечные размѣры сжатого тѣла, а также для противодѣйствія продольному изгибу въ длинныхъ стойкахъ.

Рациональность соединенія бетона съ металломъ (желѣзо, сталь) оправдывается практикой, выяснившей нѣкоторыя особенныя свойства желѣзо-бетонныхъ конструкцій, на которыя мы вкратцѣ здѣсь укажемъ.

Сцѣпленіе бетона съ металломъ. — Благодаря необыкновенной силѣ сцѣпленія цемента съ желѣзомъ, тѣло изъ желѣзо-бетона получается почти однороднымъ, что придаетъ желѣзо-бетонной конструкціи большое сопротивленіе и упругость.

Сцѣпленіе цементнаго раствора съ желѣзомъ превосходитъ собственное сопротивленіе бетона срѣзыванію, что не разъ подтверждалось практикой и научными опытами.

Изъ этихъ опытовъ, сдѣланныхъ съ цѣлю опредѣленія предѣльнаго сцѣпленія бетона съ металломъ, особаго вниманія заслуживаютъ опыты Баушингера, французской «Service des Phares et Balises» и Фере (Ferret), директора Механической Лабораторіи des Ponts et Chaussées въ Булони Приморскомъ.

По Баушингеру сопротивленіе вырыванію желѣза изъ бетона опредѣляется цифрой въ 45 кил. на кв. сант., хотя позднѣйшіе опыты показали, что сила сцѣпленія не распределяется равномѣрно по всей сцѣпляющейся поверхности. Кромѣ того самая форма сѣченія металлическаго тѣла, введеннаго въ бетонъ, оказываетъ большое вліяніе на сопротивленіе вырыванію.

Сцѣпленіе бетона съ широкой полосой желѣза, на примѣръ, не можетъ быть постояннымъ, такъ какъ растворъ можетъ нѣсколько расширяться или сокращаться во время схватыванія, что нарушаетъ его сцѣпленіе. Въ опытахъ Фере стержни изъ мягкой стали діаметромъ 20 м/м. и длиною 10 сантиметровъ были задѣланы въ кубическіе образцы, около 7 сантиметровъ въ сторонѣ, сдѣланные изъ растворовъ разнаго состава и затворенныхъ разнымъ количествомъ воды. Фере замѣтилъ, что касательныя усилія измѣняются отъ одного конца задѣланнаго стержня до другого.

Сцѣпленіе увеличивается до нѣкоторой степени при увеличеніи крупности зеренъ песка и большемъ содержаніи цемента въ растворѣ.

Вмѣстѣ съ тѣмъ было замѣчено, что сцѣпленіе увеличивается вмѣстѣ съ возрастомъ бетона, наравнѣ съ другими родами сопротивленій бетона; это послѣднее качество одно изъ наиболѣе цѣнныхъ для желѣзо-бетонныхъ сооруженій.

Что касается количества воды при затвореніи бетона, то максимальное сцѣпленіе получается при консистенціи раствора немного болѣе жидкой, чѣмъ та, которая соотвѣтствуетъ максимальному сопротивленію бетона на разрывъ.

Не слѣдуетъ, однако, забывать, что излишекъ воды вреденъ въ другомъ отношеніи: именно онъ уменьшаетъ сопротивленіе самого бетона растяженію и сжатію, такъ какъ дѣлаетъ растворъ пористымъ.

Опыты Коанье и Тедеско въ Парижѣ и Жолли (de Joly) показали, что сцѣпленіе бетона съ желѣзомъ измѣняется отъ 20 до 25 кил. на кв. сант., чрезъ 15 дней по затвореніи раствора и достигаетъ 40—50 кил. на кв. см. по истеченіи времени болѣе одного мѣсяца послѣ затворенія.

Въ опытахъ Service des Phares et Balises желѣзные стержни, діаметромъ отъ 25 до 36 миллиметровъ, задѣлывались на цементномъ растворѣ въ каменныя глыбы, на глубину 0,60 метра.

Сопротивленіе вырыванію испытывалось по истеченіи одного мѣсяца тверднѣнія на воздухѣ.

Усиліе, необходимое для того, чтобы вытащить желѣзо, отнесенное къ единицѣ сдѣляющей поверхности, равнялось отъ 20 до 48 килограммовъ на кв. сант., при чемъ большія сопротивленія соответствовали болѣе толстымъ стержнямъ и большему предѣлу упругости металла.

Изъ опытовъ этихъ можно заключить, что нарушеніе связи между металломъ и цементомъ происходило, когда сдѣченіе стержня начинало уменьшаться вслѣдствіе вытягиванія.

Вообще-же замѣчено, что желѣзный стержень, при вырываніи, увлекаетъ за собою часть раствора.

Слѣдовательно, разрушеніе наступаетъ скорѣе отъ недостатка сопротивленія срѣзыванію самого цементнаго раствора, и дѣйствительная величина силы сдѣвленія цемента съ желѣзомъ можетъ быть гораздо больше полученныхъ цифръ.

Сохраненіе металла въ бетонѣ. — Относительно желѣзо-бетонныхъ конструкцій можетъ являться опасеніе, не ржавѣтъ-ли желѣзо въ цементѣ. Но, къ счастью, опытъ показываетъ совершенно обратное: обыкновенно желѣзо употребляется въ дѣло уже покрытое тонкимъ слоемъ ржавчины; если, по истеченіи извѣстнаго времени, разбить желѣзо-бетонную штуку, то оказывается, что металлъ снова сдѣлался чистымъ и приобрѣлъ свой натуральный блескъ.

Это явленіе было проверено много разъ на тротуарныхъ плитахъ въ Германіи, водопроводныхъ и канализаціонныхъ трубахъ во Франціи и т. д., гдѣ, несмотря на постоянную сырость, которой подвергались эти части въ теченіе 6—7 лѣтъ, желѣзо, освобожденное отъ бетона, имѣло чистый видъ съ металлическимъ блескомъ, безъ всякихъ слѣдовъ окисленія.

Это свойство иногда пытались приписать чисто физическому дѣйствию сдѣвленія окиси металла съ растворомъ, который, при освобожденіи желѣза изъ бетона, какъ бы сдираетъ окись съ желѣза; но это объясненіе нельзя считать основательнымъ, такъ какъ сдѣвленіе не мѣшало-бы медленной работѣ окисленія, которое могло-бы постепенно продолжаться внутри и разрушать металлъ.

Гораздо правильнѣе другое объясненіе, по которому свойство цементнаго раствора сохранить желѣзо отъ ржавчины приписывается образованію двойного силиката алюминія и окиси желѣза, который возстановляетъ ржавчину и покрываетъ металлъ тонкимъ нерастворимымъ слоемъ, предохраняющимъ желѣзо отъ окисленія, подъ вліяніемъ сырости и различныхъ атмосферныхъ дѣйствій.

Испытанія французскихъ инженеромъ Лиди и Консидера относительно сохраненія желѣзо-бетона въ морской водѣ и въ растворахъ солей также дали весьма благопріятные результаты. Опыты эти, равно какъ и многіе другіе, съ цѣлью выясненія вліянія атмосферныхъ дѣйствій, газовъ и т. п., и вообще всевозможныхъ внѣшнихъ факторовъ на долговѣчность и сохранность желѣза въ бетонѣ, будутъ описаны въ свое время въ главѣ II.

Здѣсь укажемъ только, что сохраненіе желѣза отъ ржавчины въ бетонѣ настолько извѣстный фактъ, что иногда вмѣсто окраски предпочитаютъ покрывать металлическія части нѣкоторыхъ сооружений слоемъ жирнаго раствора цемента.

Вліяніе измѣненій температуры. — По опытамъ Баушингера, Бунисо и Дюранъ-Клея коэффициентъ расширенія цементнаго бетона, въ зависимости отъ его состава, измѣняется отъ 0,0000118 до 0,0000148; по позднѣйшимъ-же опытамъ профессора Пенса въ Америкѣ ¹⁾ коэффициентъ расширенія бетона въ составѣ 1 части цемента, 2 части песку и 3 части гравія равенъ отъ 0,00000972 до 0,00000990.

По другимъ даннымъ ²⁾ коэффициенты расширенія для цементнаго раствора съ пескомъ и для бетона изъ цемента, песку и гравія, равны соответственно, отъ 0,00001118 до 0,00001430.

Такимъ образомъ, въ среднемъ, коэффициентъ расширенія бетона можно принять равнымъ 0,0000120 на 1° С.

¹⁾ Engineering Record 1902. Cement. Апрель 1902.

²⁾ Cement 1903. Сентябрь.

Коэффициентъ-же расширенія желѣза измѣняется отъ 0,0000121 до 0,0000124, т.-е. почти одинаковъ съ коэффициентомъ расширенія бетона.

Такимъ образомъ нѣтъ основаній бояться нарушенія сцѣпленія между бетономъ и металломъ при рѣзкихъ измѣненіяхъ температуры, что вполне подтверждается опытомъ.

Тѣла изъ желѣзо-бетона подвергали весьма значительнымъ измѣненіямъ температуры, нагревая въ печахъ и охлаждая льдомъ, но нарушенія сцѣпленія цемента съ желѣзомъ не было замѣчено.

Слѣдуетъ напомнить еще, что бетонъ, вслѣдствіе малой теплопроводности его и вслѣдствіе довольно значительной толщины желѣзо-бетонныхъ тѣлъ, далеко не слѣдуетъ измѣненіямъ внешней температуры. Поэтому вліяніемъ температуры можно совершенно пренебрегать, если желѣзо-бетонное тѣло имѣетъ возможность свободнаго расширенія и сокращенія и когда температура одинакова во всѣхъ его частяхъ.

Свобода деформаций отъ измѣненій температуры для желѣзо-бетонныхъ конструкций имѣетъ громадное значеніе, не меньшее, чѣмъ для металлическихъ конструкций. Напримѣръ, при устройствѣ обширныхъ покрытій, длинныхъ тротуаровъ, стѣнокъ и т. п., уже установлено практическое правило дѣлать сквозные разрѣзы на опредѣленныхъ разстояніяхъ для доставленія желѣзо-бетону возможности расширеній и сокращеній отъ измѣненій температуры.

Съ этимъ вопросомъ мы еще встрѣтимся при описаніи существующихъ сооружений изъ желѣзо-бетона; детальное-же разсмотрѣніе всевозможныхъ мѣръ для уничтоженія вредныхъ вліяній отъ измѣненій температуры на желѣзо-бетонныя конструкции мы также дадимъ далѣе въ своемъ мѣстѣ, въ главѣ III.

Итакъ, три основныхъ свойства желѣзо-бетонной конструкции, именно: сцѣпленіе бетона съ металломъ, сохраненіе желѣза въ бетонѣ и равенство коэффициентовъ расширенія бетона и металла, вполне оправдываютъ идею соединенія желѣза и бетона въ однородное тѣло, дающее серьезный строительный матеріалъ и представляющее одно изъ важныхъ изобрѣтеній конца прошлаго вѣка.

Главнѣйшія системы.

Переходимъ къ описанію системъ желѣзо-бетонныхъ конструкций, среди которыхъ существуетъ наибольшее разнообразіе: нѣкоторыя болѣе или менѣе оригинальны и имѣютъ подъ собою теоретическое основаніе, другія представляютъ подражаніе первымъ съ незначительными измѣненіями деталей арматуры, что объясняется желаніемъ взять патентъ, третьи обязаны своимъ появленіемъ просто фантазіи изобрѣтателей и часто не оправдываются практикой.

Характеръ каждой системы опредѣляется главнымъ образомъ расположеніемъ металлическаго остова (арматуры), а также сѣченіемъ и формой металла, входящаго въ составъ арматуры.

Обыкновенно, несмотря на разнообразіе примѣненій данной системы для различныхъ сооружений, характеръ расположенія ея арматуры остается постояннымъ. Мы можемъ характеризовать всѣ системы по расположенію арматуры въ плоской плитѣ, которую можно считать прототипомъ всякой желѣзо-бетонной конструкции, такъ какъ, напримѣръ, стѣна представляетъ собою плиту, поставленную вертикально; сводъ—плиту изогнутую по кривой; балка—плиту большой толщины и малой ширины и т. д. Кромѣ того, придется разсмотрѣть еще особенности нѣкоторыхъ системъ въ примѣненіи къ устройству столбовъ, колоннъ и вообще стоекъ всякаго рода, подверженныхъ исключительно сжатію. Поэтому далѣе разсмотримъ отдѣльно системы арматуры для конструкций, подверженныхъ изгибу, какъ, напримѣръ, плиты, балки, своды; и для конструкций, подверженныхъ сжатію, какъ столбы, колонны и т. п., стараясь, по возможности, дать критическую оцѣнку той или иной системы, съ практической точки зрѣнія, и указать мотивы возникновенія данной конструкции.

Конструкціи, подверженныя изгибу.

1. СЪТКАТЫЯ АРМАТУРЫ.

Система Монье (Monier). — Общая черта большей части металлических арматуръ для плитъ, это расположеніе металла въ нижней части плиты, что вполне понятно; когда плита лежитъ на опорахъ и работаетъ на изгибъ, то растягивающія усилія проявляются единственно въ нижней части ея; слѣдовательно, тамъ и необходимо помѣщать, если не весь металлъ, то, по крайней мѣрѣ, большую его часть.

Въ системѣ Монье металлическая арматура образована рядомъ параллельныхъ стержней изъ проволоки круглаго сѣченія, которые пересѣкаются подъ прямыми углами (рис. 1).

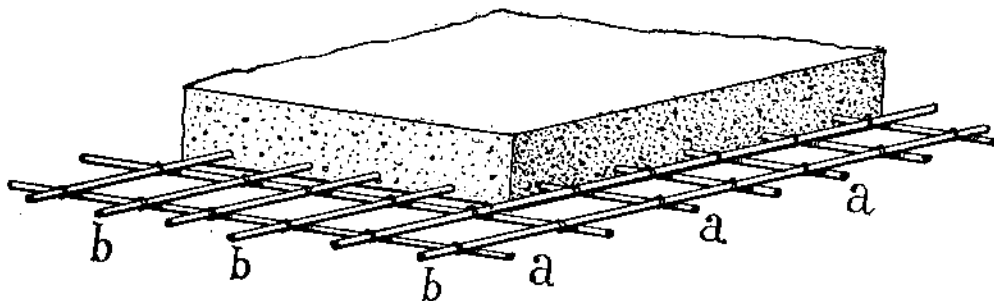


Рис. 1.—Арматура системы Монье.

Сѣченія нижнихъ стержней *a*, называемыхъ «*стержнями сопротивленія*», потому что они сопротивляются вытягивающимъ усиленіямъ, опредѣляются расчетомъ, соотвѣтственно усилию; разстояніе между ними дѣлается 0,05—0,10 метра и стержни эти должны быть непрерывны по всей длинѣ пролета.

Верхніе стержни, или «*стержни распределенія*», имѣютъ обыкновенно діаметръ отъ 3 до 6 миллиметровъ; они могутъ быть не непрерывны по длинѣ, а соединены изъ нѣсколькихъ кусковъ. Тѣ и другіе стержни въ точкахъ пересѣченія перевязываются тонкой проволокой.

Если плита опирается по всему периметру, то стержни въ обоихъ направленіяхъ несутъ одинаково работу по сопротивленію вытягивающимъ усиленіямъ и обыкновенно дѣлаются одного сѣченія. Сѣтка Монье можетъ быть двойная, т.-е. расположена одновременно у нижней и верхней поверхности плиты, что большею частью имѣетъ мѣсто въ сводахъ.

Система Шлюттера (Schlütter)—состоитъ въ томъ, что стержни круглаго сѣченія, какъ въ сѣткѣ Монье, расположены по діагоналямъ квадрата, хотя казалось-бы, что расположеніе сѣтки изъ круглаго желѣза по какому угодно направленію слѣдуетъ считать одинаково за систему Монье.

Очевидно, система Шлюттера представляетъ простое и довольно нестроумное подражаніе системѣ Монье.

Система Hyatt'a. — Стержни сопротивленія въ этой системѣ состоятъ изъ желѣза квадратнаго сѣченія, съ просверленными, на извѣстныхъ разстояніяхъ, дырами, въ которыя пропущены поперечные круглые прутья небольшого сѣченія, замѣняющіе стержни распределенія, какъ показано на рис. 2.

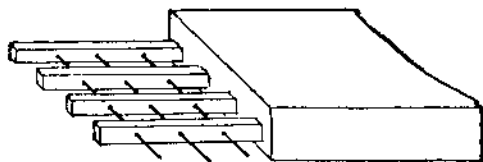


Рис. 2.—Арматура системы Hyatt'a.

Принципъ этой системы, очевидно, тотъ-же, что и въ системѣ Монье, именно полученіе сѣтки со стержнями сопротивленія и распределенія, но сѣтка Монье значительно дешевле и устройство ея гораздо проще.

Система Hyatt'a, впрочемъ, не получила большого распространенія.

Система Коттансена (Cottancin).—Въ этой системѣ металлическая сѣтка имѣетъ довольно замысловатое устройство и представляетъ нѣсколько вариантовъ.

На рис. 3 представленъ наиболѣе простой вариантъ устройства арматуры системы Коттансена; здѣсь желѣзная или стальная проволока переплетается въ двухъ направленіяхъ наподобіе ткани. Перевязка проволокой въ пересѣченіяхъ не дѣлается.

Существуютъ и другіе способы плетенія сѣтки; именно поперечная проволока обвивается петлями за продольные стержни, какъ показано на рис. 4, или заплетается петля за петлю. (Рис. 4 bis). Толщина проволоки берется 4—5 миллиметровъ.

Размѣры петель сѣтки измѣняются соответственно нагрузкѣ.

Если такимъ образомъ получается сѣтка слишкомъ густая, то петли дѣлаются довольно большія, но на извѣстныхъ разстояніяхъ вставляются продольные стержни изъ квадратнаго или полосоваго желѣза.

Иногда плиты усиливаются посредствомъ особыхъ выступовъ или реберъ, выступающихъ снизу плиты; арматура реберъ состоитъ изъ такой-же сѣтки Коттансена, усиленной продольнымъ стержнемъ круглаго желѣза въ нижней части выступа.

Легко видѣть нерациональность такого устройства арматуры, если припомнить, что роль металла въ бетонѣ усиливать сопротивленіе послѣдняго вытягивающимъ усиліямъ; врядъ-ли сѣтка Коттансена удовлетворяетъ этому требованію въ лучшей степени, чѣмъ сѣтка Монье, при гораздо большей сложности и стоимости устройства.

Здѣсь, очевидно, фантазія изобрѣтателя дѣйствовала въ ущербъ практическому смыслу.

Система цѣльно-рѣшетчатого металла.—Цѣльно-рѣшетчатый металлъ (metal déployé, Expanded Metal) своимъ изобрѣтеніемъ обязанъ американцу Гольдингу (I. F. Golding). Сѣтка арматуры готовится изъ сплошнаго листа мягкой стали высшаго качества, на сѣченной короткими сквозными прорѣзами въ видѣ черточекъ, расположенныхъ въ шахматномъ порядкѣ, и растянутого затѣмъ въ сѣтку съ петлями ромбоидальнаго вида.

Общій видъ расположенія такой арматуры въ плоской плитѣ представленъ на рис. 5.

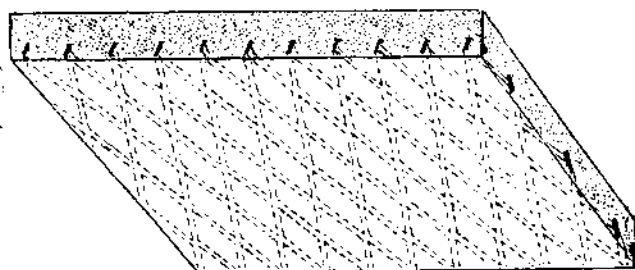


Рис. 5.—Арматура изъ цѣльно-рѣшетчатого металла.

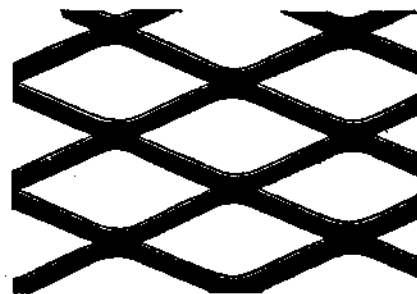


Рис. 5 bis.—Цѣльно-рѣшетчатый металлъ.

Здѣсь получается полное единство стержней сопротивленія и распредѣленія. Благодаря растягиванію металла, ребра ромбовъ поворачиваются подъ извѣстнымъ угломъ къ первоначальной плоскости листа металла, что придаетъ сѣткѣ цѣльно-рѣшетчатого металла извѣстную жесткость.

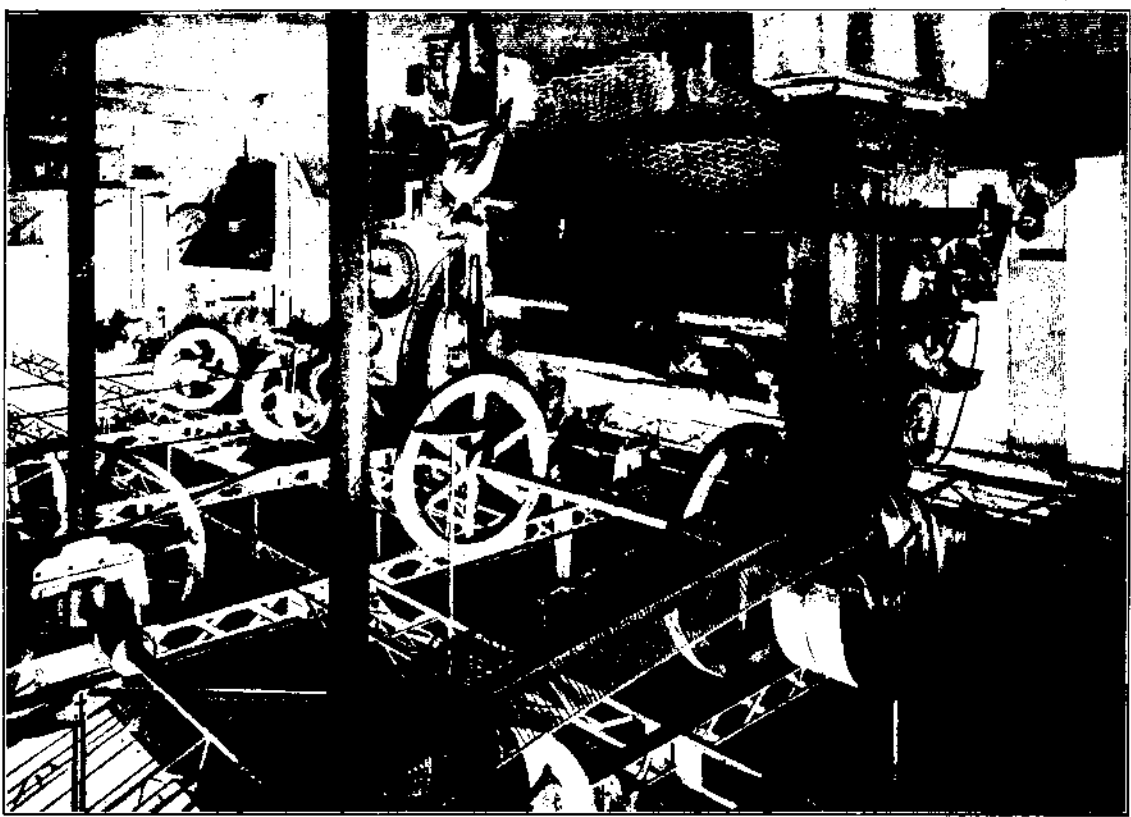
На рис. 5 bis представлена часть сѣтки цѣльно-рѣшетчатого металла.

Из наблюдений надъ работою жельзо-бетонныхъ соору́жений было замѣчено, что стержни распределеніи не играютъ почти никакой роли въ сопротивленіи, особенно при близкихъ расстояніяхъ между стержнями сопротивленіи, и могутъ быть устранены безъ ущерба для прочности самого соору́женія.

2. АРМАТУРЫ СЪ ПРЯМЫМИ СТЕРЖНЯМИ.

Опытъ Мюнье не имѣетъ этого неудобства; кромѣ того, цѣна цѣльно-рѣшетчатого металла еще довольно высока, въ сравненіи съ стѣкой Мюнье, положенной на мѣсто, несмотря на то, что при расчетѣ въся цѣльно-рѣшетчатого металла принимается обыкновенно эквивалентнымъ двойному въся стержней сопротивленіи стѣки Мюнье въ плитѣ тѣхъ-же размѣровъ. Сѣтка Мюнье не имѣетъ этого неудобства; кромѣ того, цѣна цѣльно-рѣшетчатого металла а съ другой стороны не позволяетъ увеличивать пролеты дѣлѣ извѣстнаго предѣла. въ выборѣ пролетовъ, съ одной стороны, чтобы избѣжать лишней обработки листовъ металла, на мѣстѣ во время производства работъ, но размѣры его довольно ограничены, что стѣсняетъ другими типами арматуры для плитъ; между прочимъ онъ не требуетъ никакихъ приготовленій кимъ. Цѣльно-рѣшетчатый металл вообще имѣетъ мно́гіе преимущества по сравнению съ

Рис. 6.—Приготовление цѣльно-рѣшетчатого металла на машинѣ Лодкина.



въ точкахъ пересѣченія, очевидно, ширина реберъ ромбическихъ сетъ стѣки удаванъ. Такая сѣтка обладаетъ къ тому-же бо́льшимъ сопротивленіемъ ско́лѣнію въ бетонъ. Способъ приготовленія цѣльно-рѣшетчатого металла на машинѣ Лодкина показанъ на рис. 6. Какъ уже сказано, цѣльно-рѣшетчатый металл готовится изъ листовъ стали вышшаго качества, временное сопротивленіе которой равняется 35—40 килограмм. на кв. миллиметр, съ удлинениемъ отъ 25 до 26 %. Во время фабрикаціи металлъ подвергается довольно сильному растяженію (около 6—7 %) въ холодномъ состояніи, почему онъ приобретаетъ нѣкоторые особенныя свойства, главныиъ образомъ повышеніе предѣла упругости; кромѣ того металлъ дѣлается болѣе хруп-

Исходя изъ этого взгляда, возникли нижеописанныя системы желѣзо-бетонныхъ конструкций, гдѣ стержни распредѣленія совершенно отсутствуютъ.

Система Стольта (Stolte). — Въ этой системѣ имѣются только продольные стержни изъ полосового желѣза, положеннаго плашмя. Сѣченіе желѣза и разстояніе между отдѣльными полосами опредѣляется въ зависимости отъ требуемаго сопротивленія плиты. Нельзя одобрить эту систему главнымъ образомъ потому, что рядъ положенныхъ на близкомъ разстояніи другъ къ другу полосъ желѣза образуетъ въ бетонѣ какъ-бы сквозной шовъ другой плотности, чѣмъ общая масса, и, кромѣ того, сцѣпленіе бетона съ широкой полосой металла, какъ было замѣчено выше, можетъ быть нарушено отъ сокращеній или расширеній цемента при схватываніи.

Система Бонна (Bonna). — Въ системѣ Бонна для продольныхъ стержней арматуры употребляется желѣзо крестоваго сѣченія особыхъ профилей. Эта система нашла себѣ обширное примѣненіе въ конструкціи трубъ для водопроводовъ и канализацій, описаніе которыхъ мы встрѣтимъ далѣе.

Система Мелана (Melan). — Въ системѣ австрійскаго профессора Мелана продольные стержни арматуры состоятъ изъ балокъ двутавроваго сѣченія, заделанныхъ въ бетонъ. Система эта примѣняется, впрочемъ, почти исключительно для сводовъ, гдѣ она получила довольно обширное распространеніе, главнымъ образомъ, для мостовъ.

При этомъ балки могутъ быть прокатныя, двутавроваго сѣченія, или клепанныя изъ уголковъ съ рѣшетчатой вертикальной сѣткой.

Система Рансома (Ransome). — Арматура состоитъ изъ продольныхъ стержней желѣза или мягкой стали, квадратнаго сѣченія, скрученной въ холодномъ состояніи. Плита съ такой арматурой показана на рис. 7.

Число оборотовъ на погонный метръ стержня измѣняется отъ 1,25 до 20 въ зависимости отъ толщины квадратнаго желѣза.

Стержень скрученнаго квадратнаго желѣза по системѣ Рансома показанъ на рис. 8.

Скручиванію желѣза въ холодномъ состояніи Рансомъ приписываетъ особое вліяніе на его сопротивленіе и качества.

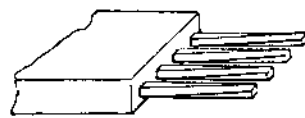


Рис. 7.—Арматура системы Рансома.



Рис. 8.—Стержень арматуры Рансома.

Извѣстно, что когда металлъ подвергается въ холодномъ состояніи усилю, превосходящему предѣлъ его упругости, то онъ пріобрѣтаетъ новыя свойства, которые могутъ быть отняты у него только отжигомъ. Предѣлъ упругости его повышается, удлиненіе-же при разрывѣ уменьшается. Временное сопротивленіе остается почти безъ измѣненія. Изъ опытовъ самого Рансома вытекаетъ, что операція скручиванія значительно измѣняетъ качество металла.

При скручиваніи отъ 2 до 10 оборотовъ на 1 пог. метръ сопротивленіе металла повысилось съ 40 кил. на кв. м.м. до 56 кил. на кв. м.м., а предѣлъ упругости поднялся съ 24 до 45 килограммовъ.

По другимъ опытамъ, приращеніе сопротивленія для желѣзнаго стержня сѣченіемъ 19×19 м.м. составляло отъ 3% до 24%, при числѣ оборотовъ на метръ отъ 1,25 до 20.

Система Рансома весьма распространена въ Америкѣ.

Система Габриша или Томаса и Штейнгофа (Habrich, Thomas & Steinhoff). — Въ системѣ Габриша, эксплуатируемой фирмой Томасъ и Штейнгофъ въ Мюльгеймѣ (Германія), про-

дольные стержни арматуры состоятъ изъ плоскаго желѣза, скрученнаго въ спираль (рис. 9), подобно системѣ Рансома.

Полосовое желѣзо обыкновенно берется отъ $35 \times 1,5$ м.м. до 40×2 м.м. и скручивается въ нагрѣтомъ состояніи, почему не приобретаетъ свойствъ металла Рансома.

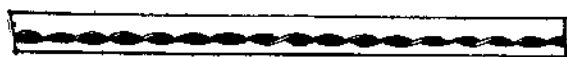


Рис. 9.—Система Габриша.

Благодаря скручиванію, стержни системы Рансома и Габриша представляютъ большое сопротивленіе скольженію въ бетонѣ.

Системы Доната (Donath) и Мюллера (Müller). — Въ этихъ системахъ въ сущности нѣтъ стержней распредѣленія, но арматура состоитъ изъ продольныхъ балочекъ двутавроваго сѣченія небольшихъ профилей — (система Доната), или полосъ желѣза, поставленныхъ на ребро — (система Мюллера), соединенныхъ между собою попарно зигзагообразной рѣшеткой изъ полосового желѣза, какъ показано на рис. 10.

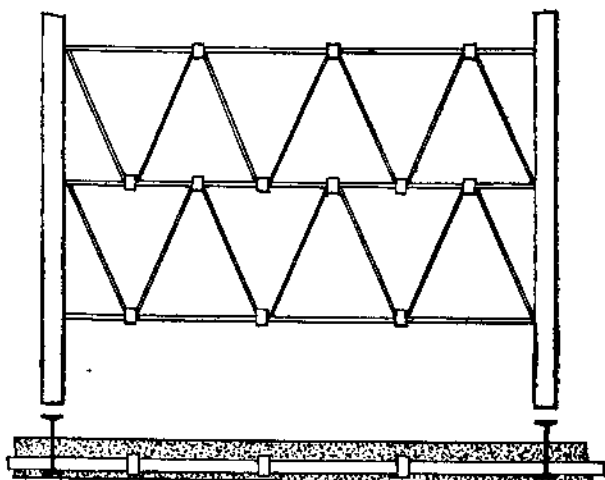


Рис. 10.—Система Мюллера.

Стержни металла располагаются въ бетонѣ въ продольномъ направленіи, параллельно другъ другу, въ числѣ 3—7 на пог. метръ ширины плиты.

Поперечныхъ стержней не имѣется, такъ-же какъ и въ системѣ Рансома.

Никакой существенной разницы между системами Доната и Мюллера не имѣется.

Въ системѣ Мюллера стержни сопротивленія дѣлаются изъ полосъ желѣза, сѣченіемъ отъ 30×5 м.м. до 26×4 м., поставленныхъ на ребро, съ разстояніями отъ 10 до 12 сантиметровъ.

Зигзагообразная рѣшетка дѣлается изъ полосового желѣза той-же ширины, но толщиною только отъ 1 до 2 мм. и соединяется въ точкахъ пересѣченія съ продольными стержнями посредствомъ перевязки изъ того-же полосового желѣза (рис. 10).

Такая сѣтка сама по себѣ имѣетъ большую жесткость.

Система эта примѣняется въ Германіи, почти исключительно для устройства плоскихъ перекрытій для половъ, и, сравнительно, мало распространена.

3. КРИВЫЯ АРМАТУРЫ.

До сихъ поръ мы разсматривали только системы арматуръ въ видѣ прямыхъ стержней или плоской сѣтки, расположенной у нижней поверхности плиты.

Это расположеніе вполне рационально для плитъ и балокъ, свободно лежащихъ на опорахъ и подвергающихся изгибу, такъ какъ вытягивающія усилія здѣсь появляются именно въ нижней части плиты.

Въ плитахъ-же и балкахъ, задрѣанныхъ на опорахъ, вытягивающія усилія у нижней поверхности появляются только въ средней части пролета, у опоръ-же, наоборотъ, вытянутою оказывается верхняя часть плиты или балки, соответственно чему и металлическая арматура, для сопротивленія вытягивающимъ усиліямъ, должна помѣщаться у нижней поверхности плиты въ средней ея части, и у верхней поверхности вблизи опоръ.

Этому требованію удовлетворяютъ системы кривыхъ арматуръ, описанныхъ ниже, гдѣ продольные стержни арматуры (стержни сопротивленія), начинаясь у опоръ вблизи верхней поверхности плиты, спускаются затѣмъ внизъ по очертанію, близкому къ цѣпной линіи, касаясь въ средней части пролета нижней поверхности плиты; такое расположеніе металла въ бетонѣ вполне соответствуетъ распредѣленію вытягивающихъ усилій въ бетонной балкѣ

по длинѣ пролета и обратно кривой изгибающихъ моментовъ при равномерной нагрузкѣ по всему пролету (рис. 11).

Въ точкахъ, отстоящихъ на 0,21 пролета отъ опоръ, гдѣ изгибающій моментъ равенъ нулю, арматура совпадаетъ съ нейтральной осью, а у опоръ и посрединѣ пролета положеніе ея соответствуетъ значенію изгибающихъ моментовъ.

Сюда относятся системы Кенена, Вильсона, Клетта, Стапфа и Меллера, которыя мы рассмотримъ далѣе.

Система Кенена (Köhnen).— Въ этой системѣ арматура состоитъ изъ однихъ продольныхъ стержней изъ проволоки діаметромъ отъ 4 до 10 миллиметровъ, на разстояніяхъ отъ 5 до 10 сантиметровъ, изогнутой по формѣ цѣпной линіи (рис. 12).

Система эта (Voutenplatte) обязана своимъ изобрѣтеніемъ Кенену, директору фирмы «Actien-Gesellschaft für Beton und Monierbau» въ Берлинѣ и представляетъ одну изъ самыхъ

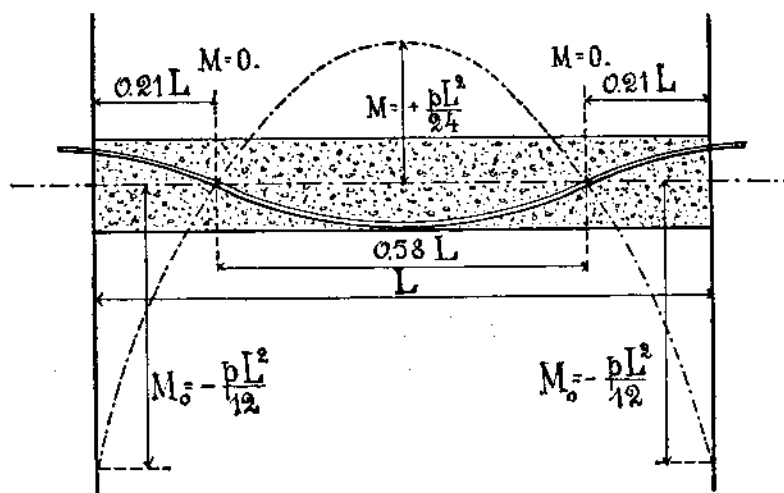


Рис. 11.



Рис. 12.—Система Кенена.

простыхъ и наиболѣе распространенныхъ конструкций для плоскихъ перекрытій по металлическимъ балкамъ, при пролетахъ до 4 метровъ.

Двутавровыя балки, представляющія опоры для плоскаго покрытія, заделываются также въ бетонъ, такимъ образомъ, что желѣзо-бетонное покрытие получаетъ видъ плоскаго сводика. Такая заделка къ тому-же усиливаетъ закрѣпленіе плиты на опорахъ и одновременно предохраняетъ металлическія балки отъ ржавчины.

Система Кенена получила большое распространеніе главнымъ образомъ въ Германіи и Россіи, благодаря своей экономичности и простотѣ устройства.

Система Вильсона (Wilson).— Система Вильсона вполне подобна системѣ Кенена, но, вмѣсто проволоки круглаго сѣченія, здѣсь употребляется полосовое желѣзо.

Система Клетта (Klett).— Въ этой системѣ, точно такъ-же, какъ въ системѣ Вильсона, продольные стержни состоятъ изъ полосового желѣза, при одинаковой формѣ и расположеніи арматуры, но для увеличенія сопротивленія скольженію арматуры въ бетонѣ къ сказаннымъ желѣзнымъ полосамъ приклепаны кусочки углового желѣза, длина которыхъ равна ширинѣ полосъ продольныхъ стержней арматуры (рис. 13).

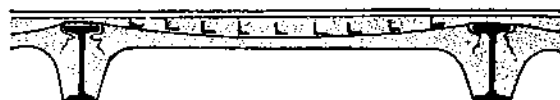


Рис. 13.—Арматура системы Клетта.

Система Клетта примѣняется фирмой Maschinenbau-Action-Gesellschaft въ Нюрнбергѣ и вообще мало распространена.

Система Стапфа (Stapf).— Въ системѣ Стапфа полосовое желѣзо, положенное плашмя на горизонтальныя полки двутавровыхъ балокъ, поворачивается затѣмъ на ребро. Характеръ изгиба арматуры тотъ-же, что и въ системѣ Кенена и Вильсона.

На полосѣ желѣза заранее, посредствомъ прокатныхъ вальцовъ, выдавлены сферическія впадины и выступы *bb*, чередующіеся между собой. Цѣль ихъ увеличить сцѣпленіе бетона съ металломъ (рис. 14—15).

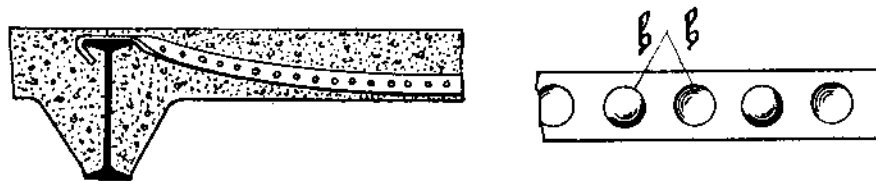


Рис. 14 и 15. — Система Стапфа.

Система Матраи (Matrai). — Система венгерскаго инженера Матраи, извѣстная подъ именемъ *fer béton*, можетъ быть отнесена къ разряду кривыхъ арматуръ, хотя и отличается нѣкоторыми особенностями. Здѣсь арматура состоитъ изъ нѣсколькихъ серій перекрещивающихся проволокъ, расположенныхъ параллельно сторонамъ прямоугольника и его діагоналямъ, при чемъ проволоки подвѣшены въ определенныхъ точкахъ къ двутавровымъ балкамъ на

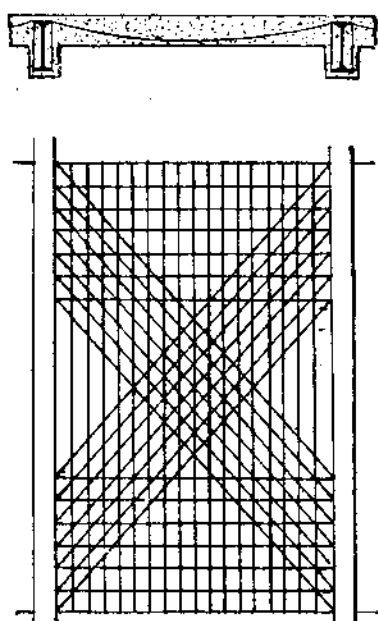


Рис. 16 и 17. — Система Матраи.

разстояніяхъ не болѣе $\frac{1}{3}$ отъ опоръ (рис. 16—17). Цѣль такого расположенія облегчить нагрузку на двутавровыя балки, передавая вѣсъ бетоннаго покрытія на точки, ближайшія къ опорамъ балокъ, и, слѣдовательно, достигнуть уменьшенія профиля самихъ балокъ, соотвѣтственно уменьшенію изгибающаго момента для этихъ балокъ. Въ расчетахъ своихъ Матраи полагаетъ, что полезная нагрузка и собственный вѣсъ перекрытія выдерживается исключительно металлической сѣткой, бетонъ-же служитъ лишь сплошнымъ заполненіемъ, почему Матраи старается всѣми мѣрами облегчить вѣсъ бетоннаго заполнения, составляя его изъ раствора цемента съ легкими шлаками, золой и т. п..

Способы устройства арматуры по системѣ Матраи весьма разнообразны и рис. 16 — 17 представляютъ только наиболѣе простой примѣръ этой системы.

Система Матраи въ свое время (около 1900 года) усиленно рекламировалась, но, несмотря на примѣненіе ея въ зданіяхъ Всемирной Выставки 1900 года въ Парижѣ, не имѣла большого успѣха, главнымъ образомъ, вслѣдствіе своей неэкономичности, такъ какъ сравнительно незначительное уменьшеніе вѣса двутавровыхъ балокъ не покрываетъ собою увеличенія вѣса проволоочной арматуры, гораздо болѣе тяжелой по сравненію даже съ сѣткой Монье, равнаго сопротивленія.

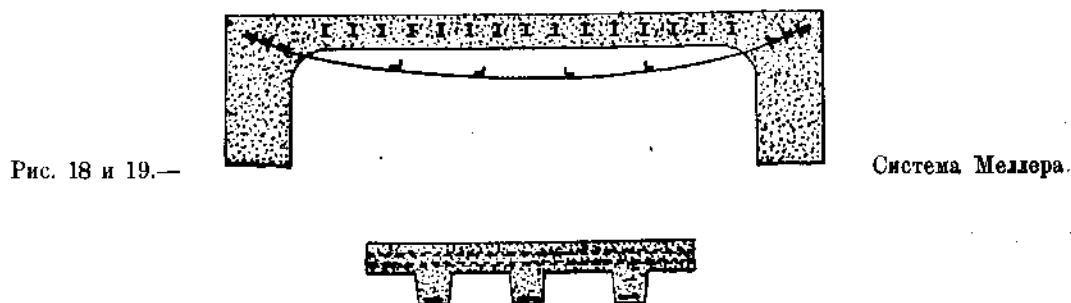
Примѣненіе-же шлаковъ для бетоннаго заполнения вредно отражается на долговѣчности самой конструкціи, вызывая сильную ржавчину арматуры; этотъ вопросъ, имѣющій большое значеніе, будетъ разсмотрѣнъ нами въ свое время. Крушеніе мостика при Grand Globe Céleste въ Парижѣ на выставкѣ 1900 года, устроеннаго по системѣ Матраи, почти окончательно подорвало довѣріе публики къ этой системѣ.

Система Меллера (Möller). — Въ системѣ Меллера плоская плита, съ арматурой изъ двутавровыхъ балокъ, расположенныхъ поперекъ пролета, поддерживается снизу бетонными выступами въ видѣ реберъ, вдоль пролета, арматура которыхъ состоитъ изъ стержней желѣза или стали полосового сѣченія, закрѣпленныхъ на опорахъ и подвѣшенныхъ къ нимъ въ видѣ цѣпной линіи.

Къ этимъ полосамъ приклепаны, на извѣстныхъ разстояніяхъ, кусочки уголковъ, точно такъ-же какъ въ системѣ Клетта.

Разница здѣсь только въ томъ, это эти выступы имѣютъ снизу видъ рыбьяго брюха, параллельно очертанію арматуры.

На опорахъ высота выступовъ равна нулю; толщина-же самой плиты нѣсколько увеличивается къ опорамъ (рис. 18—19).



4. АРМАТУРЫ ДЛЯ СОПРОТИВЛЕНІЯ СРѢЗЫВАЮЩИМЪ УСИЛІЯМЪ.

Во всѣхъ описанныхъ выше системахъ устройство арматуры предназначалось исключительно для сопротивленія вытягивающимъ усиліямъ, вызываемымъ въ бетонѣ изгибающими моментами по длинѣ пролета.

Между тѣмъ въ изгибаемыхъ плитахъ и балкахъ, особенно при большой высотѣ тѣла, развиваются скалывающія усилія въ бетонѣ, достигающія большихъ напряженій, для противо-дѣйствія которымъ на практикѣ признано полезнымъ дополнять продольныя арматуры металличе-скими частями въ вертикальномъ направленіи.

Къ такимъ мѣрамъ относится устройство связей изъ круглой проволоки или полосового желѣза, въ видѣ частей вертикальныхъ, наклонныхъ, или расположенныхъ зигзагообразно, но преслѣдующихъ одну и ту-же цѣль — увеличить сопротивленіе бетона срѣзывающимъ усиліямъ.

Къ описанію такихъ системъ арматуръ мы сейчасъ переходимъ.

Система Шоди (Chaudy).—Въ этой системѣ стержни сопротивленія изъ круглаго желѣза переплетены попе-речными стержнями круглаго или полосового сѣченія, представляющими въ вертикальной плоскости видъ зуб-чатки (рис. 20).

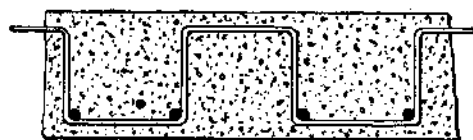


Рис. 20.—Система Шоди.

Въ планѣ, по длинѣ пролета плиты, эти зубчатки расположены на неравныхъ разстояніяхъ, соотвѣтственно закону измѣненія перерѣзывающихъ усилій.

Система Дегона (Dégou).—Система Дегона вполне подобна предыдущей, но здѣсь зуб-чатка имѣетъ округленную зигзагообразную форму (рис. 21).

Система Кулару (Coularou).—Въ этой системѣ попе-речныя связи въ вертикальной плоскости наклонены подъ угломъ 45° и обращены отъ опоръ къ серединѣ пролета своими нижними концами, какъ раскосы, работающіе на вытягиваніе въ фермахъ раскосной системы.

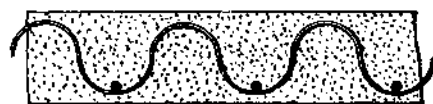


Рис. 21.—Система Дегона.

Связи эти, разстояніе между которыми увеличивается отъ опоръ къ серединѣ пролета, соотвѣтственно измѣненію перерѣзывающихъ усилій, состоятъ изъ отдѣльныхъ кусковъ круглой проволоки, прикрѣпленной крючками на концахъ, однимъ концомъ къ нижнему стержню продольной арматуры, а другимъ къ прямому стержню, помѣщенному вблизи верхней плоскости плиты.

Этотъ верхній стержень, довольно слабого сѣченія, остается параллельнымъ нижнему стержню на всемъ протяженіи, гдѣ поставлены вертикальныя связи, а затѣмъ онъ накло-

няется под углом 45° книзу и соединяется съ нижнимъ стержнемъ въ средней части балки, какъ показано на рис. 22.



Рис. 22.—Арматура системы Кулару.

Система Лохера и К^о (Locher & Co).—Арматура этой системы состоитъ изъ нѣсколькихъ стержней, изъ которыхъ каждый изогнутъ по особому шаблону.

Каждый стержень, прямой въ средней части, имѣетъ концы, загнутые по дугѣ въ $\frac{1}{4}$ круга (рис. 23—24).

Такимъ образомъ, въ каждой точкѣ пролета, сѣченіе сложенныхъ вмѣстѣ прямыхъ частей стержней арматуры соотвѣтствуетъ вытягивающему усилию, вызываемому изгибающимъ моментомъ въ данномъ сѣченіи балки или плиты.

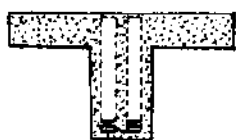


Рис. 23 и 24.—Система Лохера и К^о.

Загнутые-же концы стержней, болѣе сближенные между собою на опорахъ, чѣмъ посрединѣ, усиливаютъ сопротивление бетона срывающимъ усилиямъ.

Стержни арматуры дѣлаются изъ желѣза полосового или круглаго сѣченія.

Система Геннебика (Hennebique).—Арматура состоитъ: въ нижней части балки изъ прямыхъ стержней, задѣланныхъ концами въ опорѣ, а въ верхней части изъ стержней изогнутыхъ такимъ образомъ, что отъ опоръ, въ которыхъ задѣланы горизонтальные концы этихъ стержней, послѣдніе наклоняются книзу до прикасанія, въ средней части плиты или балки, къ нижнимъ горизонтальнымъ стержнямъ, приблизительно на протяженіи одной трети длины пролета (рис. 25).

Назначеніе этихъ изогнутыхъ стержней сопротивляться отрицательнымъ изгибающимъ моментамъ, происходящимъ отъ закрѣпленія на опорахъ.

Кромѣ того, наклонныя части стержней сопротивляются срывающимъ усилиямъ въ

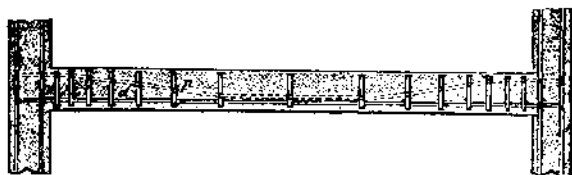


Рис. 25.—Арматура системы Геннебика.



Рис. 26.—Скоба Геннебика.

балкѣ; недостатокъ сопротивленія этихъ стержней скалывающимъ усилиямъ дополняется вертикальными связями или скобами изъ полосового желѣза, представляющими характерную особенность системы Геннебика (рис. 26).

Такая скоба, состоящая изъ двухъ вѣтвей, охватываетъ среднюю часть нижній стержень, а верхними концами, отогнутыми въ видѣ лапокъ, захватываетъ бетонъ въ верхней части балки.

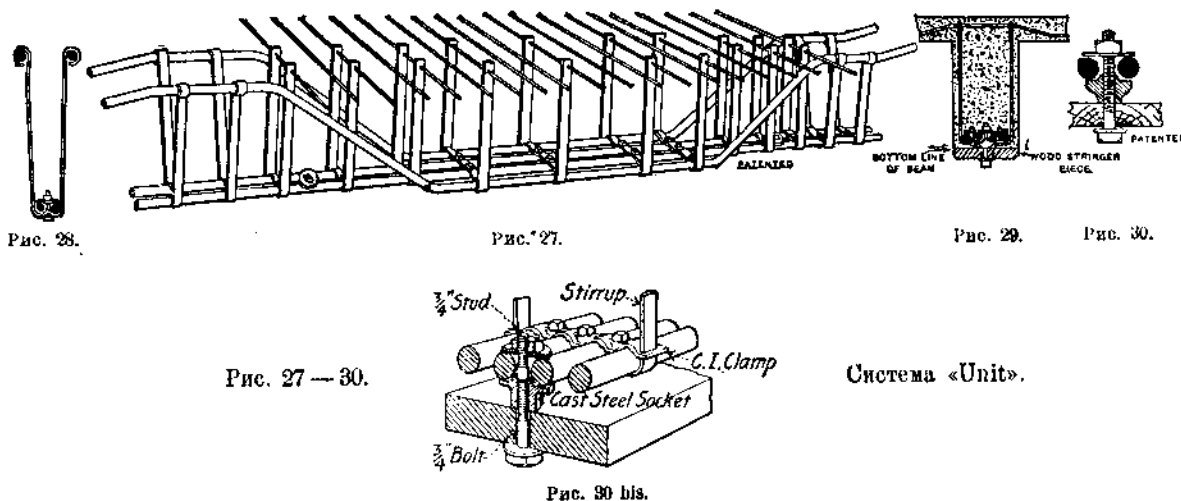
Разстояніе между скобами увеличивается отъ опоръ къ серединѣ пролета.

Въ тонкихъ плитахъ изогнутыхъ стержней не имѣется; остаются только прямые стержни сопротивленія и скобы. Если плита опирается четырьмя сторонами, то она имѣетъ арматуру еще и въ поперечномъ направленіи, какъ сѣтка системы Монье.

Система Геннебика получила громадное распространеніе во всѣхъ европейскихъ государствахъ, въ томъ числѣ и въ Россіи.

Система «Unit».—Эта система, патентованная въ С. А. Соединенныхъ Штатахъ, имѣетъ нѣкоторое сходство съ системой Геннебика. Но здѣсь скобы соединены неподвижно съ продольными стержнями арматуры.

Кромѣ того, въ отверстіи, просверленные въ верхнихъ концахъ скобъ, пропущены тонкіе стержни изъ круглой проволоки, образующіе арматуру плоской плиты, поддерживаемой продольными балками прямоугольнаго сѣченія съ описанной выше арматурой (рис. 27—30 bis).



Неподвижное соединеніе скобъ съ продольными нижними стержнями арматуры въ балкахъ достигается посредствомъ особыхъ планокъ изъ полосового желѣза и болтовъ, пропущенныхъ между круглыми стержнями арматуры и плотно притягивающихъ скобы къ продольной арматурѣ (рис. 28 и 29).

Къ тѣмъ-же нижнимъ продольнымъ стержнямъ посредствомъ отдѣльныхъ болтовъ съ особыми муфтами подвѣшивается доска, образующая дно формы при изготовленіи бетонной балки (рис. 30).

По затвердѣніи бетона, болты, поддерживающіе доску, вывинчиваются посредствомъ гаечнаго ключа и доска снимается, а оставшіяся отверстія замазываются цементнымъ растворомъ.

5. ДВОЙНЫЯ АРМАТУРЫ.

Выше мы указали, что въ плитахъ и балкахъ, задѣланныхъ на опорахъ, благодаря появленію отрицательныхъ изгибающихъ моментовъ, приходится снабжать арматурой верхнюю часть балки, на нѣкоторомъ протяженіи отъ опоръ, для сопротивленія вытягивающимъ усиліямъ, какъ это дѣлается, на примѣръ, въ системахъ Кенена, Вильсона, Кулару, Геннебика и др.

Иногда предпочитаютъ помѣщать продольные стержни въ верхней части плиты на протяженіи всего пролета, придавая имъ сѣченіе равное или нѣсколько меньшее, чѣмъ сѣченіе нижнихъ горизонтальныхъ стержней.

Такимъ образомъ получается такъ называемая двойная арматура, которая именуется симметричной, при равенствѣ сѣченій верхнихъ и нижнихъ отверстій.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ двойная арматура вполне оправдывается практическими требованіями: мы уже видѣли, что иногда плиты, при большихъ пролетахъ, поддерживаются снизу особыми выступами, въ видѣ балокъ, составляющихъ одно монолитное цѣлое съ плоскою частью плиты. Обыкновенно, стержни сопротивленія въ плоскихъ плитахъ располагаются въ направленіи нормальномъ къ выступамъ—балкамъ; въ этомъ случаѣ верхній стержень балки служитъ для прикрѣпленія къ нему арматуры плоской плиты и присутствіе его необходимо для полученія непрерывной связи между плитой и выступомъ—балкою.

Система Коанье (Coignet).—Арматура балокъ состоитъ изъ двухъ стержней круглаго желѣза, расположенныхъ: одинъ въ нижней части, другой въ верхней, и соединенныхъ въ вертикальной плоскости зигзагообразно изогнутой проволокой, или полосовымъ желѣзомъ, какъ показано на рис. 31—32.

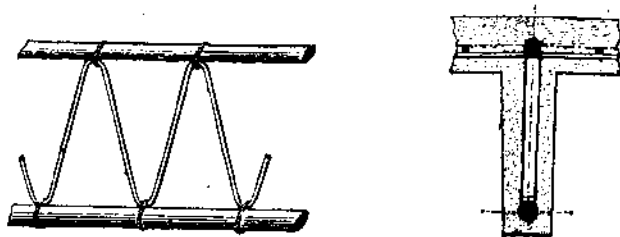


Рис. 31 и 32. — Система Коанье.

Арматура плоской части покрытія дѣлается со стержнями сопротивленія и распределе- нія какъ въ системѣ Монье.

Система Павенъ де-Лафаржъ (Pavin de-Lafarge).—Эта система подобна предыдущей; раз- ница только въ томъ, что проволока вертикальныхъ связей не привязывается къ продоль- нымъ стержнямъ, а прикрѣпляется къ нимъ посредствомъ одного оборота вокругъ стержня (рис. 33—34).

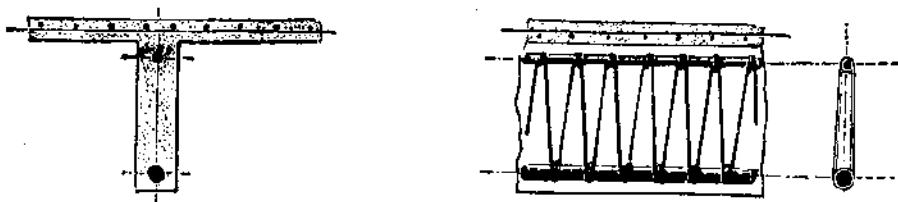


Рис. 33 и 34.—Система Павенъ де-Лафаржъ.

Кромѣ того, верхній стержень балки всегда помѣщается ниже плиты, такъ что арма- тура плиты, состоящая изъ каркаса Монье, не соединена съ арматурой балки.

Въ обѣихъ описанныхъ системахъ, Коанье и Павенъ де-Лафаржъ, очень часто верхній и нижній стержни дѣлаются одинаковаго сѣченія и арматура получается симме- тричною.

Система Société des chaux et ciments des Grèches.—Въ этой системѣ арматура балокъ также состоитъ изъ двухъ стержней круглаго желѣза, при чемъ верхній стержень болѣе слабаго сѣченія. Вер- тикальные связи на извѣстныхъ разстояніяхъ, увеличи- вающихся отъ опоръ къ серединѣ пролета, состоятъ изъ проволокъ, обернутыхъ вокругъ нижняго толстаго стержня и верхняго болѣе тонкаго, положеннаго поверхъ проволокъ, составляющихъ арматуру плиты (рис. 35).

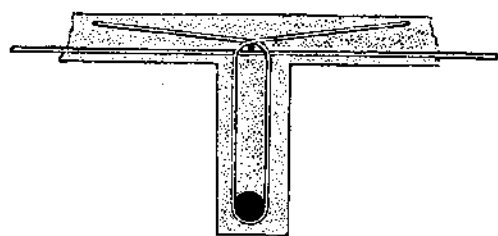


Рис. 35. — Система Société des Grèches.

Концы проволокъ вертикальныхъ связей, отогнутые въ разныя стороны, заделаны въ массу бетона плоской плиты.

Система Лефорта (Lefort).—Лефортъ преслѣдуетъ достиженіе полной симметричности арматуры какъ въ балкѣ, такъ и въ плитѣ.

Арматура плиты состоитъ изъ двухъ рядовъ параллельныхъ проволокъ, находящихся въ двухъ горизонтальныхъ плоскостяхъ, симметрично расположенныхъ относительно оси плиты. Арматура балокъ состоитъ изъ двухъ одинаковыхъ стержней круглаго сѣченія, изъ которыхъ верхній проходитъ между двумя рядами проволокъ плиты. Кромѣ того у опоръ, въ серединѣ между двумя продольными стержнями балки и въ той же вертикальной пло-

скости, помещаются стержни, того-же сечения, небольшой длины, для сопротивления перерывающему усилию на опорах (рис. 36 — 37).

В балках и плитах небольшой высоты Лефорт не придает никакого значения вертикальным связям.

Для балок же большой высоты он предлагает соединять продольные стержни арматуры посредством жестких стоек из углового железа, на известных расстояниях приклепанных к муфтам, надетым на стержни арматуры.

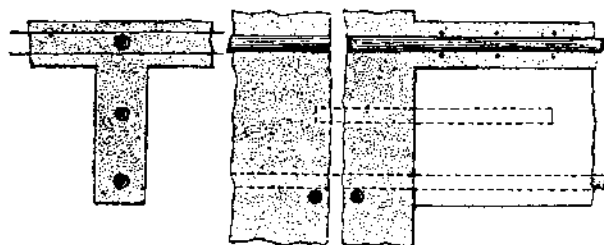


Рис. 36 и 37.—Система Лефорта.

Такое устройство имеет целью получить, еще до заполнения бетоном, жесткую арматуру, в вид металлической балки, способной выдержать подвешенные к ней формы и опалубку во время приготовления бетона.

Изобретение этой системы обязано чисто теоретическим соображениям; на практике же эта система почти не имела применений.

Система Вальзер-Жерара (Walser-Gerard).—Арматура балки состоит из двух стержней круглого сечения в нижней части и трех стержней более слабого сечения в верхней части, соединенных между собою на определенных расстояниях посредством змеевидно переплетенной, от одного до другого стержня, проволоки круглого сечения, или полосового железа, продолжения концов которого образуют арматуру плиты, как показано на рис. 38.

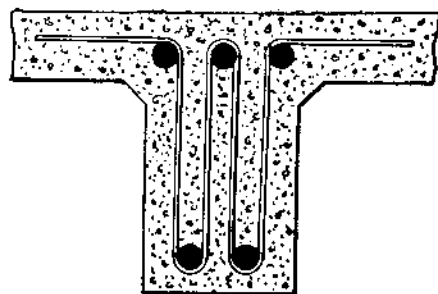


Рис. 38.—Система Вальзер-Жерара.

Система Буссирона (Boussiron).—В системѣ Буссирона арматура плиты дѣлается по какой-либо изъ вышеописанныхъ системъ: ординарная сѣтка Монье для тонкихъ плитъ, система Геннебика или двойная арматура для толстыхъ плитъ. Арматура балки — двойная, состоитъ изъ параллельныхъ стержней круглого сѣченія въ верхней и нижней части.

Особенность этой системы состоитъ въ устройствѣ вертикальныхъ связей, такимъ образомъ, чтобы, не принимая въ расчетъ сѣвления бетона съ желѣзомъ, не допустить никакихъ перемѣщений арматуры въ бетонѣ.

Вертикальныя связи составляются изъ полосового желѣза, согнутаго въ видѣ буквы V, какъ показано на рис. 39, подобно системѣ Геннебика. Для того, чтобы не могло происходить продольнаго скольженія прутьевъ арматуры въ бетонѣ при изгибѣ балки, вертикальныя скобы закрѣпляются на продольныхъ стержняхъ при помощи особыхъ колецъ, которыя заклиниваются чеками въ неподвижномъ положеніи (рис. 40).



Рис. 39.

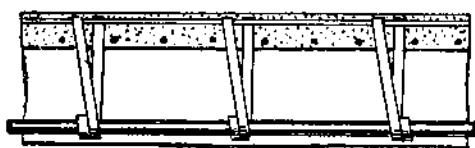


Рис. 39 bis.



Рис. 40.



Рис. 41.



Рис. 42.



Рис. 43.

Рис. 39—43.—Система Буссирона.

При парныхъ стержняхъ арматуры, скобы пропускаются между ними, а стержни по обѣ стороны каждой скобы перевязываются проволокой, какъ показано на рис. 41, 42 и 43.

Система Шоди.—Въ системѣ Шоди арматура представляетъ клепанную балку съ двумя прямолинейными продольными поясами изъ уголкового желѣза (рис. 44).

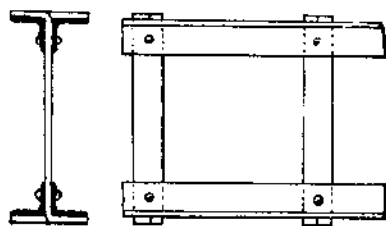


Рис. 44.—Система Шоди.

Вертикальныя связи состоятъ изъ полосового желѣза въ видѣ стоекъ на опредѣленныхъ разстояніяхъ, приклепанныхъ къ уголкамъ небольшими заклепками и, кромѣ того, концы этихъ полосъ надрублены и развернуты въ видѣ лапокъ, которыя захватываютъ за верхнія полки уголковъ.

Система Невилля (Néville).—Эта система примѣняется для плитъ или балокъ большой высоты и представляетъ нѣкоторое подобіе металлической рѣшетчатой балки, гдѣ горизонтальные пояса, верхній и нижній, составлены изъ двухъ параллельныхъ стѣтокъ Монье, соединенныхъ треугольной рѣшеткой изъ такихъ-же стѣтокъ. Вся эта арматура заключена въ тонкія бетонныя стѣнки, между которыми остаются треугольные просвѣты (рис. 45).



Рис. 45.—Система Невилля.

Видоизмѣненіе этой системы, состоящее въ томъ, что, вмѣсто стѣтки Монье, въ составъ арматуры поясовъ и раскосовъ, входятъ только прямые стержни большого сѣченія, безъ стержней распредѣленія, присвоено имени Визинтини (Visintini),

архитектора въ Цюрихѣ. Съ послѣдней системой мы еще встрѣтимся, между прочимъ, при описаніи устройства мостовъ.

6. ОСОБЫЯ ПРОФИЛИ АРМАТУРЫ.

Мы видѣли, что въ большинствѣ системъ желѣзо-бетонныхъ конструкций для арматуръ употребляется преимущественно круглое или полосовое желѣзо, при чемъ поверхность его остается въ первоначальномъ, гладкомъ видѣ, что обезпечиваетъ достаточное сцѣпленіе металла и бетона. Однако, въ нѣкоторыхъ системахъ изобрѣтатели, считая сцѣпленіе бетона съ металломъ недостаточнымъ, и съ цѣлью не допустить возможности скольженія арматуры въ бетонѣ, принимаютъ особыя мѣры, измѣняя соответствующимъ образомъ поверхность или даже самый профиль продольныхъ стержней арматуры.

Сюда можно отнести, напримѣръ, системы Рансома, Габриша, гдѣ квадратное или полосовое желѣзо предварительно скручивается, систему *metal déployé*, Стапфа, гдѣ посредствомъ предварительной прокатки полосового желѣза получаютъ на поверхности послѣдняго полусферическіе выступы и впадины.

Всѣ эти системы были описаны выше. Въ послѣднее время появились новыя спеціальныя профили желѣза для арматуръ, имѣющія ту-же цѣль предупредить возможность скольженія арматуры въ бетонѣ и получившія довольно большое распространеніе въ С. Америкѣ.

Профиль Thacher'a.—Эта система появилась очень недавно, около 1904 года; общій видъ металлическаго стержня этой системы представленъ на рис. 46. Профиль эта получается посредствомъ прокатки изъ круглаго желѣза.



Рис. 46.—Профиль Thacher'a.

Желѣзо для прокатки берется діаметромъ до 2-хъ дюймовъ (51 миллиметръ) лучшаго качества, съ временнымъ сопротивленіемъ въ 4500 кил. на кв. см.

Система эта употребляется на желѣзныхъ дорогахъ «Minneapolis and St. Louis Railroad» и «Seaboard Air Line Railway» въ Америкѣ.

Профиль Johnson'a. — Система эта представляет стержень квадратнаго сѣченія съ поперечными выступами на опредѣленныхъ разстояніяхъ, полученными посредствомъ прокатки (рис. 47).

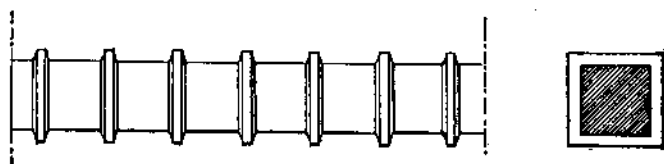


Рис. 47.—Профиль Джонсона.

Размѣры выступовъ въ толщину отъ $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{4}$ дюйма, при толщинѣ квадратнаго сѣченія стержня до $1\frac{1}{4}$ дюйма.

Эта система получила довольно большое примѣненіе на многихъ желѣзныхъ дорогахъ въ С. А. Соединенныхъ Штатахъ.

Профиль St. Louis Expanded Metal Fireproofing Co. — Эта профиль также готовится посредствомъ прокатки изъ квадратнаго желѣза на заводѣ и составляетъ привилегію фирмы Expanded Metal Fireproofing Co въ Санъ-Луи.

Общій видъ металла этой системы представленъ на рис. 48.



Рис. 48.

Профиль Kahn'a. — Эта профиль въ первый разъ появилась въ октябрѣ 1903 года. Характерная особенность этой системы та, что здѣсь арматура продольная (стержни сопротивленія) и связи въ вертикальной плоскости получаютъ изъ одного куска металла (рис. 49 и 49 bis).

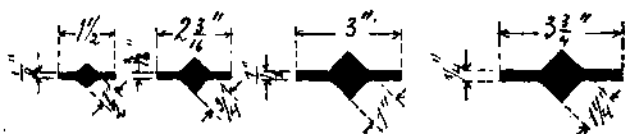


Рис. 49—bis. Профиль Kahn'a.

Эта профиль готовится посредствомъ прокатки на заводѣ изъ мягкой стали, и, по размѣрамъ сѣченія, получится четырехъ сортовъ. Вертикальныя связи образуются посредствомъ обрѣзки, на опредѣленныхъ разстояніяхъ, плоскихъ боковыхъ полокъ металла и изгиба ихъ подъ угломъ 45° , какъ показано на рис. 49.

Конструкціи, подверженныя сжатію.

Хотя цементный бетонъ, самъ по себѣ, прекрасно сопротивляется сжимающимъ усиліямъ, но въ столбахъ, колоннахъ и т. п. частяхъ сооружений, подверженныхъ вертикальной нагрузкѣ по оси тѣла, обыкновенно вводится продольная и поперечная металлическая арматура съ цѣлю увеличить сопротивленіе тѣла сжатію и тѣмъ уменьшить его поперечные размѣры, а также для сопротивленія побочнымъ явленіямъ: продольному изгибу отъ сжатія, боковымъ толчкамъ и сотрясеніямъ и т. п.



Рис. 49.—Профиль Kahn'a.

Система Геннебика.—Въ системѣ Геннебика колонны имѣютъ почти исключительно квадратное или прямоугольное сѣченіе.

Арматура состоитъ изъ 4 или 6 стержней, продолжающихся на всю высоту, круглаго сѣченія отъ 8 до 50 мм., для чего берется желѣзо и иногда мягкая сталь. Въ поперечномъ направленіи эти стержни соединены распорками или связями изъ полосового желѣза толщиной отъ 2 до 5 мм., съ просверленными или пробитыми дырами, которыми онѣ надѣваются на стержни. Эти распорки располагаются на опредѣленныхъ разстояніяхъ по высотѣ столба.

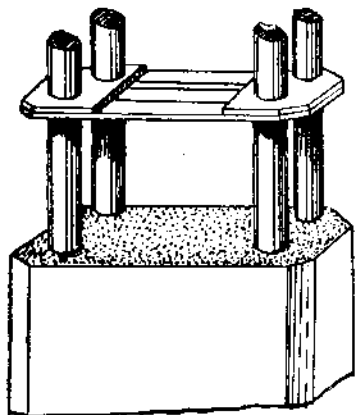


Рис. 50.—Система Геннебика.

Система эта представлена на рис. 50.

Употребленіе полосового желѣза для поперечныхъ связей въ этой системѣ вызываетъ возраженія въ томъ смыслѣ, что пробитіе дыръ и способъ надѣванія отдѣльныхъ кусковъ полосового желѣза сверху на продольные стержни, часто имѣющіе весьма значительную длину, удорожаетъ и усложняетъ работу.

Кромѣ того, такое устройство также и неконструктивно, такъ какъ, благодаря большой площади связей, изъ полосового желѣза, въ горизонтальныхъ плоскостяхъ, нарушается однородность бетона, такъ что, при сокращеніяхъ послѣдняго при схватываніи, въ мѣстахъ расположенія связей иногда появляются трещины на наружной поверхности бетона. Къ тому-же это обстоятельство уменьшаетъ сопротивленіе столба боковымъ усилямъ.

Поэтому лучше дѣлать поперечныя связи изъ круглой проволоки, что въ послѣднее время стало примѣняться также и фирмой Геннебика.

Система Деюна (Dégou).—Въ этой системѣ поперечныя связи состоятъ изъ проволоки, расположенной въ видѣ креста, какъ показано на рис. 51.

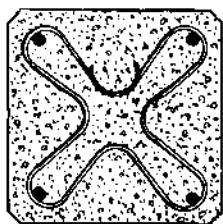


Рис. 51.—Система Деюна.

Система Вейсса (Wayss).—Въ системѣ Вейсса вертикальные стержни дѣлаются небольшого діаметра и въ большемъ количествѣ расположены по периметру колонны.

Поперечныя связи также расположены довольно близко другъ къ другу, при чемъ каждая изъ нихъ состоитъ изъ одного куска проволоки, обернутаго вокругъ продольныхъ стержней и связаннаго на концахъ тонкой проволокой.

Такимъ образомъ эта арматура представляетъ изъ себя сѣтку Монье, свернутую въ трубку, соответствующую очертанію сѣченія колонны.

Система цѣльно-рѣшетчатого металла.—Въ этой системѣ ядро колонны состоитъ изъ одной или нѣсколькихъ металлическихъ балокъ, двутавроваго или другого сѣченія, поставленныхъ вертикально и окруженныхъ листомъ цѣльно-рѣшетчатого металла; все это заключается въ массу бетона.

Очевидно, такая конструкція имѣетъ лишь отдаленное сходство съ желѣзо-бетономъ, такъ какъ здѣсь вся нагрузка выдерживается металлическими балками; роль-же бетона сводится къ простой цементной штукатуркѣ, поддерживаемой сѣткой цѣльно-рѣшетчатого металла.

Такая конструкція къ тому-же еще и очень дорога.

Система Матраи.—Въ устройствѣ столбовъ Матраи остается вѣренъ своему увлеченію въ смыслѣ расположенія кривой арматуры по всѣмъ возможнымъ направленіямъ, какъ мы видѣли въ плитахъ его системы.

Сѣченіе столба обыкновенно многоугольное; арматура состоитъ изъ кривыхъ стержней, по числу сторонъ колонны, расположенныхъ такимъ образомъ, что всѣ стержни пересѣкаются въ двухъ точкахъ по высотѣ столба (рис. 52—53).

Въ плитахъ системы того-же изобрѣтателя мы видѣли, что вся нагрузка должна выдерживаться исключительно металлической арматурой; въ столбахъ-же какъ разъ наоборотъ: въ сопротивленіи сжатію отъ нагрузки арматура не играетъ никакой роли; нагрузка выдержи-

вается исключительно бетономъ. Назначеніе арматуры сопротивляться только боковымъ усиліямъ.

Существуютъ, впрочемъ, еще и другіе варианты этой системы съ добавленіемъ прямыхъ продольныхъ стержней таврового или уголкового сѣченія или колоннъ, полыхъ внутри, въ видѣ трубъ, но вообще система эта совершенно нераспространена.

Другія системы.—Существуетъ еще много другихъ системъ арматуръ для столбовъ, отличающихся либо сѣченіемъ прямыхъ продольныхъ стержней, какъ, на примѣръ, система Рансома (скрученное квадратное желѣзо), либо устройствомъ поперечныхъ связей въ видѣ треугольной рѣшетки, склепанной съ продольными стержнями изъ желѣза уголкового или иного жесткаго сѣченія (система Бонна и друг.), но описывать ихъ здѣсь не будемъ, въ виду ихъ малаго интереса.

Система Консидера (Considère).—Система французскаго инженера des ponts et chaussées Консидера, извѣстнаго изслѣдователя желѣзо-бетона, стоитъ совершенно въ сторонѣ отъ вышеописанныхъ системъ арматуръ для столбовъ и стоекъ, по своей геніальности и обоснованности на вполне научныхъ теоретическихъ и практическихъ данныхъ.

Для выясненія сущности этой системы мы должны уклониться нѣсколько въ сторону и обратиться къ опытамъ, произведеннымъ съ цѣлью разрушенія отъ сжатія столбовъ изъ желѣзо-бетона различныхъ системъ.

Профессоръ Гари, директоръ Шарлоттенбургскаго Политехникума, подвергалъ сжатію столбъ системы Геннебика, длиною, равной 13 разъ взятой сторонѣ сѣченія. Разрушеніе столба произошло при нагрузкѣ въ 256 килогр. на кв. см. площади поперечнаго сѣченія бетона. Сѣченіе вертикальныхъ стержней при этомъ было равно 4,5 % сѣченія столба.

Послѣ разрушенія, четыре продольныхъ стержня арматуры оказались изогнутыми и выпученными внаружу въ промежуткахъ между распорками.

Бетонъ, въ тѣхъ-же мѣстахъ, разрушенный наклонными трещинами, составлялъ двѣ пирамиды, сложенные вершинами, какъ это наблюдается при разрушеніи посредствомъ сжатія обыкновенныхъ образчиковъ изъ бетона. Въ другое время Вѣнская коммисія Общества Австрійскихъ Инженеровъ и Архитекторовъ подвергала опытамъ на разрушеніе, посредствомъ сжатія, столбы изъ желѣзо-бетона съ арматурой системы Вейсса, при чемъ составъ бетона былъ почти тотъ-же, какъ и въ опытѣ Гари; сѣченіе-же продольныхъ стержней арматуры было равно 1 % сѣченія столба, т. е. въ 4,5 раза менѣе, чѣмъ въ опытѣ Гари.

Несмотря на это, среднее временное сопротивленіе бетона достигло большей цифры, а именно 270 кил. на кв. сант. поперечнаго сѣченія бетона. Разрушеніе начиналось съ изгиба вертикальныхъ стержней и отставанія наружной бетонной оболочки, окружавшей арматуру.

Внутреннее бетонное ядро разрушалось затѣмъ, трескаясь вертикально.

Итакъ столбы системы Вейсса, при гораздо меньшемъ содержаніи металла арматуры, выдержали большую нагрузку, чѣмъ столбъ системы Геннебика, при почти одинаковыхъ прочихъ условіяхъ, что объясняется болѣе близкимъ расположеніемъ поперечныхъ связей въ системѣ Вейсса, которыя препятствуютъ боковому выпиранію бетона при сжатіи и увеличиваютъ его сопротивленіе.

Явленіе это объясняется вполне нагляднымъ примѣромъ: извѣстно, что песокъ, не имѣющій никакой связи между отдѣльными частицами, будучи заключенъ въ оболочку довольно слабаго сопротивленія, можетъ выдерживать громадныя нагрузки; на примѣръ, песокъ въ обыкновенныхъ парусиновыхъ мѣшкахъ употребляется подъ кружалами тяжелыхъ мостовыхъ сводовъ.

Исходя изъ этого, Консидеръ, на основаніи теоретическихъ изслѣдованій и данныхъ опыта, вывелъ заключеніе, что сплошная металлическая оболочка, окружающая бетонъ, при-

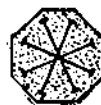
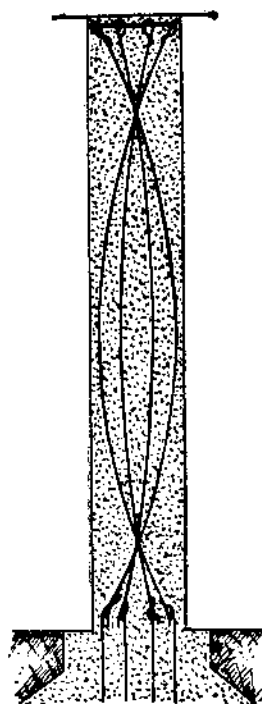


Рис. 52—53. Система Матраи.

дастъ послѣднему сопротивленіе въ 2,4 раза большее, чѣмъ продольная арматура того-же вѣса.

Но такъ какъ сплошная оболочка, въ видѣ цилиндрической трубы, окружающей бетонъ, при сжатіи можетъ испытывать деформациі, отличныя отъ бетона, что вызоветъ нарушеніе сдѣленія ея съ бетономъ, то Консидеръ рекомендуетъ, вмѣсто сплошной металлической оболочки, употребленіе круглой проволоки, свернутой въ спираль по периметру колонны, при томъ-же количествѣ металла въ спирали.

Разстоянія между оборотами спирали рекомендуется дѣлать равными не болѣе $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{10}$ діаметра столба.

Для сопротивленія продольному изгибу и для лучшаго противодѣйствія боковому расширенію бетона, помѣщаются обыкновенно еще нѣсколько продольныхъ стержней небольшого сѣченія съ внутренней стороны спирали.

Для образованія такой спирали берется длинная проволока, при чемъ въ мѣстахъ соединенія отдѣльных кусковъ послѣдніе обороты накладываются другъ на друга и прочно связываются. Можно измѣнять расположеніе арматуры, свертывая одну или двѣ спирали по одному направленію или въ противоположныхъ направленіяхъ, или даже употреблять для спиралей параллельно нѣсколько проволокъ (рис. 54 и 55).

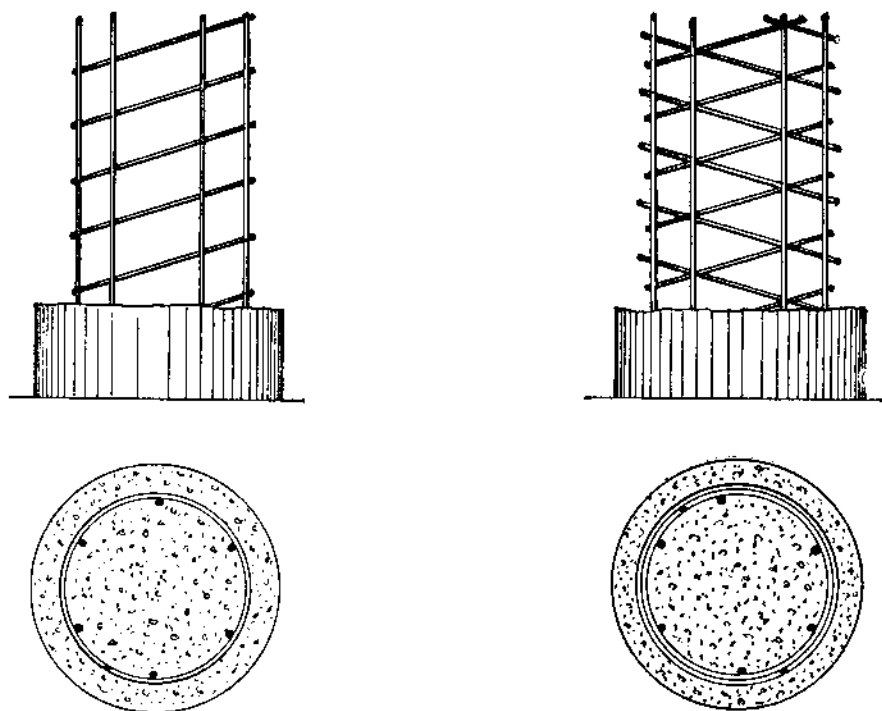


Рис. 54 и 55. — Система Консидера.

Спираль заключается въ бетонѣ на толщину, отъ наружной поверхности, достаточную для предохраненія металла отъ ржавчины; при этомъ наружное очертаніе сѣченія столба можетъ имѣть какую угодно форму.

Испытанія этой системы, описаніе которыхъ помѣщено въ докладѣ Консидера Парижской Академіи Наукъ въ 1902 году ¹⁾, дали весьма благоприятные результаты, что, въ связи съ другими данными относительно громаднаго сопротивленія и экономичности этой системы арматуры, названной *кольцевой* или *спиральной* (*béton fretté*), обѣщаетъ ей большое распространеніе въ строительной technikѣ.

¹⁾ Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Сент. 1902.

С в о д ы.

Сводъ мы можемъ разсматривать какъ плиту, изогнутую по нѣкоторой кривой и подверженную одновременно поперечному изгибу и продольному сжатію. Расположеніе арматуры въ сводахъ не представляетъ особенностей по сравненію съ устройствомъ арматуры прямыхъ плитъ и балокъ.

По конструкціи можно различать своды съ криволинейнымъ наружнымъ очертаніемъ, сплошные, или съ шарнирами, описаніе которыхъ мы встрѣтимъ далѣе, въ отдѣлѣ мостовъ, и своды съ плоскимъ наружнымъ очертаніемъ, встрѣчаемые преимущественно въ гражданскихъ сооруженіяхъ.

Система Монье.—Арматура сводовъ системы Монье, въ общемъ, ничѣмъ не отличается отъ арматуры плитъ той-же системы. Точно также сѣтка изъ металлической проволоки располагается вблизи внутренней поверхности свода.

Въ сводахъ большихъ пролетовъ и со значительными подъемами, вблизи опоръ, появляются вытягивающія усилія на наружной поверхности свода, и въ этомъ случаѣ сводъ снабжается сѣткой Монье у наружной поверхности, отъ опоръ до такъ называемаго шва перелома, далѣе котораго верхняя сѣтка соединяется съ нижней (рис. 56).

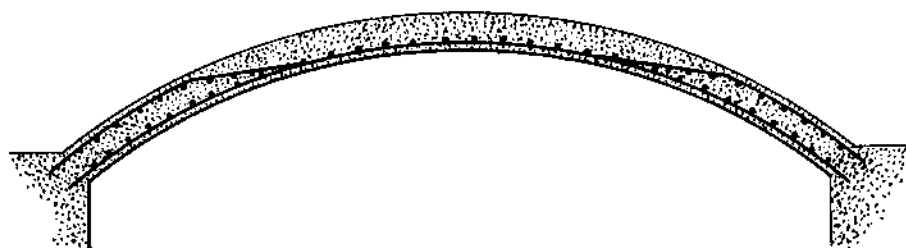


Рис. 56.—Система Монье.

Иногда, при большихъ и неравномѣрныхъ нагрузкахъ, напримѣръ въ мостахъ, предпочитаютъ дѣлать двѣ параллельныхъ сѣтки Монье у нижней и верхней поверхности свода, соединяя ихъ между собою, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, вертикальными связями изъ проволоки.

Система Мелана.—Въ этой системѣ арматура состоитъ изъ двутавровыхъ балокъ, изогнутыхъ соответственно кривизнѣ свода и поставленныхъ на довольно большихъ разстояніяхъ, при чемъ въ поперечномъ направленіи балки иногда соединяются отдѣльными связями.

Арматура можетъ быть изъ прокатныхъ балокъ двутавроваго сѣченія (рис. 57) или клепанныхъ изъ уголковъ съ треугольной рѣшетчатой вертикальной стѣнкой (рис. 58).

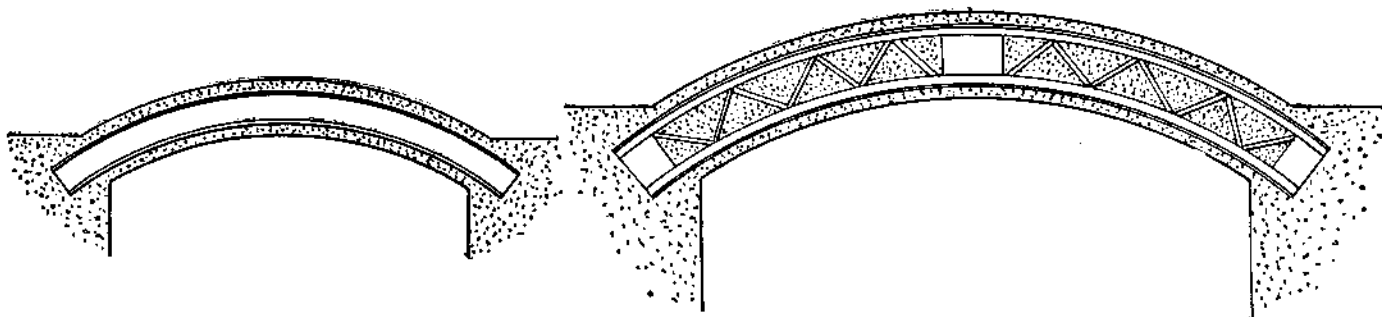


Рис. 57 и 58.—Система Мелана.

Система Вунша (Wünsch).—Своды системы Вунша имѣютъ плоское наружное очертаніе и представляютъ лишь частный случай системы Мелана.

Здѣсь точно также въ бетонъ заделывается жесткая клепаная арка съ поясами изъ уголкаваго желѣза, при чемъ верхній поясъ прямолинейный, а нижній криволинейный. Вертикальная рѣшетка при небольшихъ пролетахъ отсутствуетъ.



Рис. 59.—Система Вунша.

Система Геннебика. — Сводъ представляетъ обыкновенную балку его системы, только прямые нижніе стержни въ данномъ случаѣ изогнуты согласно линіи внутренняго очертанія свода, а изогнутые верхніе стержни, въ средней части пролета, также слѣдуютъ очертанію этой линіи. Иногда помѣщаются еще стержни у наружной поверхности свода, которые могутъ быть изогнуты по наружной кривой свода, или остаться прямыми, въ случаѣ, если сводъ ограниченъ сверху прямой линіей (рис. 60).



Рис. 60.—Сводъ системы Геннебика.

Эти послѣдніе стержни располагаются въ тѣхъ-же плоскостяхъ, какъ и нижніе.

Что касается изогнутыхъ стержней, то они обыкновенно чередуются съ предыдущими.

На рис. 60 можно видѣть, надъ нижними стержнями, сѣченія поперечныхъ стержней распределенія; послѣдніе стержни дѣлаются не всегда.

Иногда всѣ три продольныхъ стержня располагаются въ одной плоскости, особенно въ аркахъ небольшой ширины.

Система Меллера. — Устройство сводовъ системы Меллера вполне подобно конструкціи плоскихъ перекрытій той-же системы.

Разница только въ томъ, что выпуклые снизу балки поддерживаютъ вмѣсто плоской плиты сводчатое перекрытіе (рис. 61).



Рис. 61. — Система Меллера.

Верхнее очертаніе такого сводчатаго перекрытія можетъ быть кривое или плоское.

Мы нарочно описали болѣе или менѣе подробно различныя системы желѣзо-бетонныхъ конструкцій и указали ихъ отличительные признаки, для того, чтобы впослѣдствіи, при описаніи различныхъ сооружений, уже болѣе не вдаваться въ детальное разсмотрѣніе самой системы, положенной въ основаніе данной конструкціи.

Перейдемъ теперь къ описанію различныхъ существующихъ сооружений изъ желѣзо-бетона, гражданскихъ и искусственныхъ, могущихъ служить типомъ конструкцій даннаго рода, или замѣчательныхъ по своимъ размѣрамъ и оригинальности устройства.

Части зданій.

Въ гражданскихъ сооруженіяхъ желѣзо-бетонъ получилъ, прежде всего, большое примѣненіе въ устройствѣ половъ, потолковъ и вообще междуэтажныхъ перекрытій, гдѣ въ настоящее время желѣзо-бетонная конструкція вытѣсняетъ старинное устройство черныхъ половъ со смазкой и подшивкой подъ штукатурку на деревянныхъ балкахъ, громоздкое, стѣсняющее въ выборѣ пролетовъ, недолговѣчное и опасное въ пожарномъ отношеніи.

Всѣ системы плитъ, описанныхъ выше, примѣнимы къ устройству плоскихъ перекрытій для половъ.

Затѣмъ мы видимъ въ жилыхъ домахъ и вообще въ гражданскихъ постройкахъ желѣзо-бетонныя колонны, перегородки, наружныя стѣны, крыши, стропила и, наконецъ, фундаменты и лѣстницы.

Описывать отдѣльно всѣ существующія, болѣе или менѣе распространенныя, примѣненія разныхъ системъ къ устройству половъ, потолковъ, колоннъ, стѣнъ, сводовъ и т. п., значитъ повторять снова все сказанное въ предыдущемъ отдѣлѣ при описаніи различныхъ системъ желѣзо-бетонныхъ конструкцій.

Болѣе или менѣе удачное и остроумное примѣненіе той или иной конструкціи вполне зависитъ отъ лица, проектирующаго сооруженіе, при чемъ можетъ быть получена масса различныхъ комбинацій.

Вообще же до сего времени значительныя примѣненія желѣзо-бетона въ гражданскихъ сооруженіяхъ выпадали пока на долю двухъ системъ: цѣльно-рѣшетчатаго металла (Гольдинга) въ Америкѣ и Геннебика въ Европѣ. Поэтому для примѣра опишемъ далѣе только примѣненіе этихъ двухъ системъ къ устройству цѣлыхъ зданій съ фундаментами, стѣнами, полами, колоннами, стропилами, крышей и т. д. изъ желѣзо-бетона.

Выдѣлимъ отдѣльно только конструкцію лѣстницъ разныхъ системъ, которыя представляютъ значительный интересъ, благодаря легкости устройства во всякихъ зданіяхъ и полной безопасности.

ЦѢЛЬНО-РѢШЕТЧАТЫЙ МЕТАЛЛЪ.

Таблицы 1 и 2.

Наружныя стѣны. — Вообще наружныя стѣны въ зданіяхъ дѣлаются двойными, т.-е. состоятъ изъ двухъ параллельныхъ другъ другу тонкихъ стѣнокъ, при чемъ наружная стѣнка дѣлается изъ цементнаго бетона, а внутренняя изъ гипсовой или известковой штукатурки.

Такія двойныя стѣнки, съ воздушнымъ промежуткомъ въ серединѣ, устраиваются съ цѣлью уменьшенія теплопроводности бетонныхъ стѣнъ; гипсовая-же внутренняя стѣнка имѣетъ цѣлью предотвращеніе конденсаціи влаги, находящейся въ воздухѣ, а кромѣ того, для удобства оклейки стѣнъ внутри обоями и вообще всякой отдѣлки.

Типъ устройства наружныхъ стѣнъ многоэтажныхъ домовъ въ С.-Америкѣ почти одинаковъ: металлическій остовъ или фахверкъ, изъ балокъ двутавроваго и иногда коробчатаго сѣченія, заключается между двумя параллельными стѣнками съ каркасомъ изъ цѣльно-рѣшетчатаго металла, поддерживаемаго вертикальными стержнями круглаго сѣченія или металла Рансома. Стержни эти прикрѣпляются къ металлическимъ балкамъ особымъ патентованнымъ способомъ посредствомъ двойныхъ крючковъ изъ круглаго желѣза, при чемъ укрѣпленіе дѣлается очень быстро и совершенно избѣгается сверленіе дыръ въ металлическихъ балкахъ (фиг. 1—4, таб. 1).

Промежуточные стѣны.—Внутреннія стѣнки зданій и перегородки дѣлаются или сплошныя, довольно тонкія, или двойныя, подобно наружнымъ стѣнамъ.

Устройство перегородокъ перваго сорта, т.-е. сплошныхъ, показано на фиг. 5 и 6 таблицы 1.

Къ двутавровымъ балкамъ междуэтажныхъ перекрытій прикрѣпляются вертикальные стержни круглаго сѣченія или Рансома, которые поддерживаютъ каркасъ изъ листовъ цѣльно-рѣшетчатого металла, какъ видно на планѣ (фиг. 5).

Вертикальные стержни прикрѣпляются къ металлическимъ балкамъ посредствомъ особыхъ скобъ и крючковъ изъ полосового желѣза (фиг. 7 и 8).

Здѣсь-же, на фиг. 5 и 6, показанъ способъ установки деревянной дверной коробки съ наличниками.

Устройство двойныхъ внутреннихъ стѣлъ показано на фиг. 9—12 таблицы 1.

Вертикальныя стойки, поддерживающія стѣнку, образованы изъ парныхъ уголковъ, соединенныхъ на извѣстныхъ разстояніяхъ планками изъ полосового желѣза.

Эти вертикальныя стойки изъ уголковъ приклепываются къ полкамъ горизонтальныхъ двутавровыхъ балокъ посредствомъ кусочковъ углового желѣза или укрѣпляются при помощи такихъ-же уголковъ съ загнутыми лапками въ верхнемъ концѣ, захватывающими края полокъ двутавровой балки.

Вертикальная полка такого уголка прикрѣпляется къ стойкѣ посредствомъ болтовъ; при чемъ прорѣзы для пропуска этихъ болтовъ имѣютъ удлиненную форму для регулированія длины стойки и соотвѣтствующаго ей натяженія (фиг. 10—11).

Сѣтка цѣльно-рѣшетчатого металла съ двухъ сторонъ прикрѣпляется къ уголкамъ вертикальныхъ стоекъ посредствомъ небольшихъ крючковъ (фиг. 12), лапки которыхъ захватываютъ за петли цѣльно-рѣшетчатого металла и затѣмъ загибаются.

Цементный растворъ набрасывается съ наружной стороны этихъ сѣтокъ, подобно обыкновенной штукатуркѣ.

Толщина такихъ двойныхъ полыхъ стѣнокъ дѣлается около 12—14 сант.

Здѣсь вообще можно замѣтить, что американцы, цѣня быстроту и легкость возведенія построекъ, избѣгаютъ сверленія дыръ въ металлѣ, а также, по возможности, заклепочныхъ и болтовыхъ соединений, съ тѣмъ, чтобы безъ всякихъ затрудненій быстро ставить на мѣсто различныя части, заготовленныя заранее, согласно проекта.

Полы и потолки.—Междуэтажныя перекрытія также устраиваются на двутавровыхъ металлическихъ балкахъ и дѣлаются полами внутри.

Общій видъ такого междуэтажнаго перекрытія или пола съ потолкомъ представленъ на фиг. 1 таблицы 2.

Для устройства пола настилаютъ вровень съ верхними полками балокъ опалубку изъ досокъ, по брускамъ, положеннымъ на нижнія полки двутавровыхъ балокъ (фиг. 2 и 3); эта опалубка служитъ для приготовленія сплошнаго бетоннаго покрытія въ видѣ плиты съ каркасомъ изъ цѣльно-рѣшетчатого металла въ нижней части.

Опалубка снимается по истеченіи 8 или 12 дней, и затѣмъ приступаютъ къ устройству потолка слѣдующимъ образомъ: къ нижнимъ подошвамъ балокъ прикрѣпляются, посредствомъ особыхъ скобъ (фиг. 7), крючки изъ полосового желѣза, которые поддерживаютъ желѣзныя полосы по направленію перпендикулярному къ балкамъ (фиг. 4 и 5 таблицы 2).

На этихъ полосахъ укрѣплены на извѣстныхъ разстояніяхъ крючки съ лапками, которыя проходятъ сквозь петли цѣльно-рѣшетчатого металла и снизу загибаются (фиг. 8 таблицы 2). На подвѣшенную такимъ образомъ къ балкѣ обрѣшетку потолка изъ цѣльно-рѣшетчатого металла набрасываютъ штукатурку изъ цементнаго раствора, извести или гипса; растворъ, проходя сквозь сѣтку, образуетъ надъ нею бугорки, благодаря чему цѣльно-рѣшетчатый металлъ лучше удерживаетъ штукатурку потолка, чѣмъ обыкновенная обрѣшетка изъ дроби на деревянныхъ потолкахъ.

Для перекрытія значительныхъ пролетовъ съ металлическими балками, удаленными на большія разстоянія, на примѣръ, для промышленныхъ заведеній, складовъ и т. п., при-

мѣняется другая система, предложенная изобрѣтателемъ цѣльно-рѣшетчатого металла Голдингомъ.

Такъ какъ пролеты плитъ съ арматурой изъ цѣльно-рѣшетчатого металла ограничены длиною листовъ послѣдняго, именно 2,30 метра, то, когда разстояніе между балками превосходитъ эту цифру, необходимо поддерживать плоское перекрытіе отдѣльными балками—выступами.

Эти выступы, на разстояніяхъ отъ 1,25 до 2,00 метровъ, дѣлаются изъ коробчатого желѣза, изогнутаго по дугѣ круга или коробовой кривой, съ подъемомъ не болѣе $\frac{1}{12}$, и упираются концами въ вертикальныя стѣнки и нижнія полки двутавровыхъ балокъ, при чемъ высшая точка такой арки находится нѣсколько ниже уровня верхнихъ полокъ двутавровыхъ балокъ.

Чаще всего берется коробовое желѣзо шириною 152 мм. и вѣсомъ 17,9 кил. въ пог. метрѣ.

При этомъ разстояніи между двутавровыми балками дѣлаются до 6 метровъ.

Арки изъ коробоваго желѣза иногда на опорахъ укрѣпляются посредствомъ приклепанныхъ къ нимъ и къ верхнимъ полкамъ двутавровыхъ балокъ анкерныхъ связей изъ полосоваго желѣза (фиг. 9 таблицы 2).

Арки эти заполняются бетономъ до уровня верхнихъ полокъ двутавровыхъ балокъ, затѣмъ на нихъ устраивается сплошная плита съ каркасомъ изъ цѣльно-рѣшетчатого металла.

Листы цѣльно-рѣшетчатого металла кладутъ такъ, чтобы большія діагонали петель были перпендикулярны направленію арокныхъ выступовъ, т. к. это есть направленіе прокатки листовъ и въ этомъ направленіи металлъ представляетъ большую жесткость.

При этомъ, въ случаѣ разстоянія между арокными выступами въ 2,00 метра, листы цѣльно-рѣшетчатого металла, имѣющіе длину 2,30 метра, перекрываютъ другъ друга въ стыкахъ, на опорахъ, на 15 сант.

Выступы снизу могутъ оставаться открытыми, при чемъ покрываются штукатуркой, для чего коробовое желѣзо обертывается листами цѣльно-рѣшетчатого металла небольшого калибра и предварительно отожденного.

Иногда-же арокные выступы снизу закрываются однимъ сводчатымъ потолкомъ, точно такого-же устройства, какъ и плоскіе потолки, описанные выше (фиг. 9 таблицы 2).

Способъ устройства вышеописаннаго пола представленъ на фиг. 11—13 таблицы 2.

Арки изъ коробоваго желѣза зажимаются между двумя досками, поставленными на ребро на нижнія полки двутавровыхъ балокъ, при чемъ верхній край досокъ находится въ одномъ уровнѣ съ верхними полками балокъ.

Пустыя прямоугольныя пространства, ограниченныя двутавровыми балками и арокными выступами, заполняются опалубкой изъ досокъ, поддерживаемыхъ брусками, которые опираются концами на куски дерева, прибитые къ доскамъ, поставленнымъ на ребро съ обѣихъ сторонъ арокныхъ выступовъ (фиг. 11).

Дальнѣйшее устройство бетоннаго покрытія понятно само собою.

Колонны.—Колонны обыкновенно дѣлаются изъ одной или двухъ соединенныхъ вмѣстѣ двутавровыхъ балокъ, которыя снаружи окружаются цѣльно-рѣшетчатымъ металломъ, а затѣмъ покрываются штукатуркой изъ цементнаго раствора.

Фундаменты.—Подъ стѣнами и колоннами часто устраиваются плоскіе фундаменты въ видѣ плиты, принципъ которыхъ состоитъ въ распредѣленіи вѣса сооруженія на большую площадь земли, соответственно сопротивленію даннаго грунта.

Такіе фундаменты иногда, при слабыхъ грунтахъ, дѣлаются въ видѣ одной сплошной плиты подо все зданіе.

Въ этомъ случаѣ плита нагружена сверху вѣсомъ сооруженія въ опредѣленныхъ точкахъ, а снизу подвергается эквивалентной этому вѣсу реакціи грунта, равномерно распредѣленной по всей поверхности плиты.

Арматура такихъ плоскихъ фундаментовъ всегда симметричная, т.-е. состоитъ изъ двухъ параллельныхъ сѣтокъ цѣльно-рѣшетчатого металла, расположенныхъ у верхней и нижней поверхности плиты.

Для тяжелыхъ зданій въ С. Америкѣ предпочитаютъ употреблять старые рельсы, заделанные рядами въ бетонъ, какъ показано на рис. 62, представляющемъ образецъ плоскаго фундамента подъ колонны въ храмѣ массоновъ въ Чикаго.

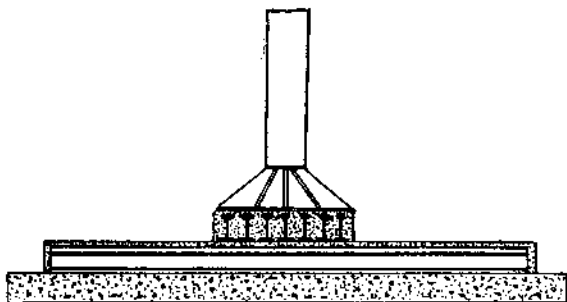


Рис. 62.

Обыкновенно на слой бетона, толщиной 0,30—0,40 метр., укладывается рядъ рельсовъ, которые покрываются опять слоемъ бетона требуемой толщины; затѣмъ укладывается второй рядъ рельсовъ въ направленіи перпендикулярномъ къ первому и снова все покрывается бетономъ. Такихъ рядовъ можетъ быть нѣсколько.

Изъ вышеописаннаго можно заключить, что система цѣльно-рѣшетчатого металла въ томъ видѣ, какъ она примѣняется въ С. Америкѣ для гражданскихъ построекъ, имѣетъ вообще весьма отдаленное сходство съ желѣзо-бетономъ и представляетъ лишь остроумное соединеніе чисто металлической конструкціи съ цементной штукатуркой, при почти полномъ устраненіи дерева, дѣлающее сооруженіе вполне безопаснымъ въ пожарномъ отношеніи, что имѣетъ громадное значеніе для многоэтажныхъ домовъ, строящихся въ С. А. Соединенныхъ Штатахъ.

СИСТЕМА ГЕННЕБИНА.

Таблицы 3, 4, 5, 6 и 7.

Наружныя стѣны.—Въ большинствѣ случаевъ наружныя стѣны, по системѣ Геннебика, устраиваются въ видѣ фахверка изъ желѣзо-бетона, пустыя пространства котораго заполняются кирпичомъ или двойными бетонными стѣнками.

Устройство такого остова или фахверка вполне подобно металлической конструкціи, при чемъ металлъ замѣненъ стойками и ригелями изъ желѣзо-бетона.

Изъ желѣзо-бетона-же дѣлаются оконныя и дверныя коробки, перемычки, балконы, карнизы и пояса и проч.

При этомъ самая желѣзо-бетонная конструкція фахверка можетъ служить мотивомъ для декораціи фасада. Достаточно оставить открытыми стойки и прочія части желѣзо-бетоннаго остова и украсить впадины промежуточнаго заполнения облицовочнымъ кирпичомъ или керамиковыми плитками.

Въ нѣкоторыхъ архитектурныхъ постройкахъ отдѣлка бетонныхъ частей представляетъ подражаніе естественному камню.

Фабрикація искусственныхъ камней въ настоящее время достигла возможнаго совершенства; измѣняя окраску и составъ цементнаго бетона, получаютъ настоящую иллюзію тесанаго камня.

Детально эти способы будутъ разсматриваться въ свое время въ главѣ II, при описаніи производства работъ.

Иногда заполненіе фахверка дѣлается посредствомъ двойныхъ бетонныхъ стѣнокъ, при чемъ наружная стѣнка устраивается изъ желѣзо-бетона по системѣ Монье или Геннебика, а внутренняя представляетъ просто известковую штукатурку по мелкой металлической сѣткѣ, подобно тому, какъ мы видѣли это при описаніи постройки домовъ въ С. Америкѣ.

При этомъ наружная стѣнка вполне маскируетъ желѣзо-бетонный остовъ, и фасаду можетъ быть придана какая угодно отдѣлка и орнаментация, пользуясь пластичностью цементнаго раствора.

Здѣсь слѣдуетъ сдѣлать одно замѣчаніе: извѣстно, что желѣзо-бетонъ, не имѣя возможности свободно расширяться отъ измѣненій температуры, даетъ трещины. Этотъ недостатокъ

можетъ не проявляться во внутреннихъ стѣнкахъ, при одинаковой и умѣренной температурѣ, но другое дѣло конструкціи, подверженныя дѣйствию солнца и мороза.

Во избѣжаніе образованія трещинъ въ наружныхъ стѣнахъ нѣкоторые строители, въ видѣ предосторожности, оставляютъ швы для свободнаго расширенія бетона, на опредѣленныхъ разстояніяхъ. Другіе-же, какъ, напр., Геннебикъ, не видятъ въ этомъ необходимости.

Мы возвратимся еще къ этому вопросу въ главѣ III.

Обыкновенно, Геннебикъ, не заботясь о швахъ расширенія, соединяетъ всѣ части фасада неизмѣняемымъ образомъ.

По системѣ Геннебика за границей выстроено много домовъ и промышленныхъ заведеній въ нѣсколько этажей, въ числѣ которыхъ можно указать и на собственный домъ Геннебика въ пять этажей съ мансардой, въ улицѣ Дантонъ въ Парижѣ, построенный имъ въ 1900 году, какъ примѣръ полного примѣненія жолѣзо-бетона во всѣхъ частяхъ зданія, исключая всѣ другіе матеріалы.

Фасадныя стѣны этого дома, несмотря на большую высоту, имѣютъ толщину всего 18 сантиметровъ. Отдѣлку фасада цементнымъ растворомъ можно назвать роскошной.

Какъ примѣръ устройства фахверка для наружныхъ стѣнъ приведемъ сахарный магазинъ въ Кале: это одноэтажное зданіе, покрытое плоской кровлей, построено въ 1897 году для порта Кале. Заполненіе жолѣзо-бетоннаго остова сдѣлано изъ кирпича (фиг. 1—8 таблицы 3).

Способъ постройки этого зданія нѣсколько отличается отъ того, который обыкновенно примѣняетъ Геннебикъ.

Части остова въ этомъ случаѣ были приготовлены заранее, и независимы одна отъ другой, для предоставленія бетону возможности расширенія; поэтому арматуры разныхъ частей не соединены между собою.

Кромѣ того, связи въ стойкахъ и ригеляхъ сдѣланы изъ круглой проволоки вмѣсто полового желѣза.

Внутреннія стѣны.—Образчикъ сплошной промежуточной стѣны представленъ на фиг. 9—11 таблицы 3.

Вертикальная арматура расположена вблизи обѣихъ поверхностей стѣны, а горизонтальная посрединѣ толщины стѣны.

Такая стѣнка способна выдержать горизонтальное давленіе въ 250 кил. на кв. метръ ея поверхности, въ томъ или другомъ направленіи.

Въ стѣнѣ оставленъ просвѣтъ для двери.

Для очень тонкихъ перегородокъ, не подверженныхъ боковому давленію, примѣняется сѣтка Монье, расположенная посрединѣ толщины бетонной перегородки.

Полы и потолки.—Полы большихъ пролетовъ по системѣ Геннебика обыкновенно состоятъ изъ сплошной тонкой плиты, поддерживаемой выступающими снизу балками.

При этомъ различаются *главныя* балки, расположенныя по направленію наименьшаго пролета перекрываемого помѣщенія, и *второстепенныя* балки, меньшаго сѣченія, расположенныя по направленію перпендикулярному къ главнымъ балкамъ.

Въ промышленныхъ зданіяхъ такія балки оставляются открытыми снизу, безъ всякой отдѣлки; въ архитектурныхъ-же сооруженіяхъ балки могутъ быть расположены согласно декоративнымъ требованіямъ: соответствующее расположеніе балокъ легко допускаетъ отдѣлку потолка кессонами съ какой угодно орнаментацией.

Обыкновенно, разстояніе между главными балками не превосходитъ 3,00—3,50 метра, хотя иногда встрѣчаются разстоянія до 5 метровъ.

Пролеты главныхъ балокъ доходятъ до 14 метровъ, при нагрузкѣ 500 кил. на кв. метръ.

Обыкновенно-же, въ промышленныхъ зданіяхъ, гдѣ есть возможность помѣстить промежуточные опоры, наприм. колонны, пролеты ограничиваются 5—7 метрами.

Балки, какъ главныя, такъ и второстепенныя, имѣютъ прямоугольное сѣченіе, размѣры котораго, равно какъ и размѣры металлической арматуры, опредѣляются расчетомъ.

Диаметръ круглыхъ стержней арматуры доходитъ иногда до 50 миллиметровъ (2 дюйма). Стержни арматуры должны быть непрерывны по длинѣ всего пролета; если нельзя имѣть

стержни требуемой длины, то соединеніе ихъ дѣлается посредствомъ нарѣзной муфты такъ, чтобы оно могло передавать растягивающее усиліе.

Разстояніе между стержнями арматуры балки, по ея ширинѣ, должно быть около 5—6 сант. и ни въ какомъ случаѣ не менѣе 3 сант. Разстояніе-же нижнихъ стержней арматуры отъ нижней поверхности бетона въ балкѣ должно быть не менѣе 25 миллиметровъ. Главныя балки вводятся въ стѣны на глубину достаточную для полученія хорошаго закрѣпленія; приблизительно около высоты самой балки.

Всѣ круглыя стержни арматуры на концахъ оканчиваются развернутой лапкой или крючкомъ.

Скобы въ балкахъ дѣлаются изъ полосового желѣза сѣченіемъ отъ $20 \times 1,5$ миллим. до 50×3 миллим. Плоское перекрытіе между балками представляетъ обыкновенную плиту, типа уже описаннаго ранѣе. Толщина такого перекрытія дѣлается отъ 0,08 до 0,14 метра, въ зависимости отъ пролета и нагрузки.

Арматура плиты обыкновенно располагается поперекъ второстепенныхъ балокъ. Въ тонкихъ плитахъ и при перекрестной арматурѣ изогнутыхъ стержней не дѣлается, и арматура получаетъ видъ сѣтки Монье, дополненной скобами Геннебика.

Какъ образецъ вышеописанной системы, мы можемъ привести полы второго этажа въ зданіи суда въ Verviers (Франція), устроенные въ 1896 году, и детальныя чертежи которыхъ представлены на фиг. 1—4 таблицы 4.

Эти полы были рассчитаны для нагрузки въ 500 кил. на кв. метръ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ предпочитаютъ устраивать плоскіе потолки, при чемъ балки маскируются и полъ получается двойной.

Дѣлается это изъ гигиеническихъ цѣлей, какъ, напр., въ больницахъ, или для уменьшенія звукопроводности, или изъ архитектурныхъ цѣлей.

Для этого Геннебикъ предлагаетъ особый способъ устройства пола, представленный на фиг. 5 и 6 таблицы 4.

Указанное устройство было примѣнено, между прочимъ, для половъ въ дѣтской больницѣ Труссо (Trousseau) въ Парижѣ въ 1898 году.

Приведенный примѣръ представляетъ полъ, пролетомъ 8 метровъ, при нагрузкѣ 300 кил. на кв. метръ. Разстояніе между балками 1,65 метра ось отъ оси.

Полъ этотъ состоитъ: изъ балокъ съ арматурой изъ двухъ паръ стержней, діам. 26 мил. (1 дюймъ), плита потолка, толщиной 15 мил., съ выступами на верхней поверхности, и плита пола, съ арматурой по двумъ направленіямъ. При этомъ плиты потолка и пола заготавливались заранѣе отдѣльно; балки-же дѣлались на мѣстѣ и неразрывно соединялись съ плитами.

Различныя фазисы устройства такого пола показаны на фиг. 7—10 таблицы 4.

На мѣстѣ каждой балки клали плашмя на подпоркахъ толстую доску для образованія дна формы подъ балку.

Затѣмъ на края этихъ досокъ укладывались плиты потолка (фиг. 7). По укладкѣ на мѣсто продольныхъ стержней арматуры балокъ, выступающіе концы арматуры плиты загибались вертикально за эти стержни. Кромѣ того, ставились скобы особой формы (фиг. 8).

Затѣмъ устанавливались боковыя стѣнки деревянныхъ формъ для балокъ, и форма заполнялась бетономъ, при чемъ балка ограничивалась сверху вогнутою поверхностью, такъ что скобы выступали на довольно большую длину. Черезъ каждыя 0,50 метра ставились на ребро куски полосового желѣза по ширинѣ верхней поверхности балки (фиг. 9).

По окончательномъ затвердѣніи бетона въ балкахъ, снимались боковыя стѣнки формъ и укладывались плиты для пола, стержни арматуры которыхъ заходили другъ за друга надъ выемкой балокъ (фиг. 10).

Затѣмъ впадины въ балкахъ заполнялись бетономъ вровень съ плоскостью пола. Это бетонное заполненіе соединяло въ одно цѣлое скобы балокъ и арматуру пола.

Конечно, нѣтъ никакой необходимости готовить плиты потолка отдѣльно, т. к. потолокъ, при такомъ устройствѣ, можетъ быть, безъ всякаго затрудненія, приготовленъ на

мѣстѣ, что почти всегда и дѣлается. Что касается верхней поверхности пола, то въ промышленныхъ заведеніяхъ, складахъ и т. п. эта поверхность обыкновенно просто затирается подъ уровень цементнымъ растворомъ и оставляется затѣмъ безъ всякой отдѣлки.

Отдѣлка-же или покрытіе этой поверхности можетъ быть сдѣлано, по желанію, какимъ угодно матеріаломъ: можно наклеить на бетонъ линолеумъ, покрыть бетонный полъ террактотовой лещадкой или пирогранитными плитками, уложенными на цементномъ растворѣ, или настлатъ деревянный или паркетный полъ, какъ обыкновенно дѣлается въ жилыхъ помѣщеніяхъ.

Колонны. — Столбы и колонны изъ желѣзо-бетона дѣлаются всевозможныхъ формъ и сѣченій.

Въ промышленныхъ постройкахъ вообще предпочитается квадратное или прямоугольное сѣченіе въ цѣляхъ облегченія устройства формъ.

Дѣлаютъ также многогранныя или круглыя сѣченія, иногда даже въ подражаніе древнимъ стилямъ. Вообще колонны, какъ и наружныя стѣны, допускаютъ примѣненіе всевозможныхъ украшеній. Ранѣе былъ указанъ типъ устройства арматуры въ колоннахъ системы Геннебика: продольные вертикальные стержни соединяются, на разстояніяхъ отъ 25 до 50 сантиметровъ, распорками изъ полосового желѣза толщиной отъ 2 до 5 миллиметровъ, надѣтыхъ дырами на стержни.

Неудобство этихъ распорокъ состоитъ въ томъ, что они прерываютъ массу бетона на большей части сѣченія столба, что благопріятствуетъ появленію трещинъ, если столбъ подверженъ боковымъ усиліямъ.

Самъ Геннебикъ часто замѣняетъ полосовое желѣзо круглой проволокой, соединяющей вертикальные стержни попарно.

Въ основаніи нижніе концы стержней арматуры столба опираются на сплошной желѣзный листъ, толщиной отъ 3 до 5 мил., и въ планѣ соответствующій наружному очертанію распорокъ.

Цѣль этого листа препятствовать желѣзнымъ стержнямъ вдавливаясь въ основаніе. Въ многоэтажныхъ зданіяхъ стержни колонны продолжаютъ непрерывно на всю высоту постройки; соединенія въ стыкахъ стержней дѣлаются посредствомъ простыхъ муфтъ, закрывающихъ стыкъ. На уровнѣ каждого этажа распорки замѣняются просверленнымъ листомъ.

Иногда столбы дѣлаются внутри пустыми; этой пустотой можно пользоваться для помѣщенія водопроводныхъ или газовыхъ трубъ, вентиляціонныхъ ходовъ и даже дымоходовъ.

Размѣры сѣченій столбовъ дѣлаются отъ $0,15 \times 0,15$ метр. до $0,50 \times 0,50$ метра. Нагрузки столбовъ доходятъ до 300 тоннъ.

Діаметръ стержней арматуры, какъ и для половъ, не превосходитъ 50 миллиметровъ. Какъ на образцѣ, можемъ указать на колонны въ зданіи суда въ Вербье, о которомъ уже упоминалось выше при описаніи половъ. Детальные чертежи этихъ колоннъ квадратнаго сѣченія 35×35 сант., съ кронштейнами подъ балками, представлены на фиг. 1—3 таблицы 5.

Полная высота колоннъ 5,50 метра; расчетная нагрузка 43 тонны на колонну.

Какъ другой примѣръ, укажемъ на колонны въ зданіи банка въ Базелѣ.

Эти колонны продолжаютъ на высоту нѣсколькихъ этажей зданія.

Нижняя часть колонны, помѣщенная въ подвальномъ этажѣ, имѣетъ квадратное сѣченіе, начиная-же съ перваго этажа сѣченіе колоннъ круглое.

Квадратное сѣченіе нижней колонны имѣетъ размѣръ 40×40 сант. для расчетной нагрузки 103 тонны; діаметръ колонны перваго этажа 35 сант., расчетная нагрузка 93 тонны.

Эти нагрузки передаются отъ колоннъ и половъ, расположенныхъ выше трехъ этажей зданія.

На фиг. 4 таблицы 5 представлены детальные чертежи устройства описанныхъ колоннъ, вполне понятные безъ описанія.

Крыши.—Монолитныя крыши со стропилами изъ желѣзо-бетона системы Геннебика по внѣшнему виду напоминаютъ деревянную конструкцію, которая въ общемъ нѣсколько упро-

щена, напр. часто совершенно устраняются ригеля и подкосы, а иногда и затяжки фермъ, роль которыхъ исполняютъ тогда балки половъ.

Здѣсь обращается особенное вниманіе на жесткость и неизмѣнимость стропильныхъ фермъ въ узлахъ и соединеніяхъ различныхъ частей.

Для примѣра укажемъ крышу на зданіи суда въ Вербье, перекрывающую площадь прямоугольника 14,10 метр. $\times$ 11,00 метр.

Вся эта конструкція детально представлена на фиг. 1—6 таблицы 6.

Въ этомъ случаѣ балки нижняго пола и промежуточнаго играютъ роль затяжекъ. Промежуточный полъ поддерживается колоннами, которыя были описаны выше.

Свѣсы.—Выступающіе верхніе этажи зданій, висячія галлерей, балконы и т. п. легко устраиваются при помощи желѣзо-бетонной конструкціи. При небольшихъ размѣрахъ выступа или свѣса и малыхъ нагрузкахъ для этой цѣли можетъ служить обыкновенная желѣзо-бетонная плита, арматура которой прочно закрѣплена въ стѣнѣ. Обыкновенно-же свѣсъ представляетъ изъ себя плиту, поддерживаемую снизу выступами въ видѣ балокъ или консолей.

Эти консоли работаютъ, какъ балка, задрѣзанная однимъ концомъ и, слѣдовательно, распределение усилій въ ней обратно тому, которое наблюдается въ балкѣ или плитѣ свободно лежащей на опорахъ: именно, въ данномъ случаѣ верхняя часть вытянута, а нижняя сжата, чему должно соответствовать и расположеніе арматуры, при чемъ вытянутые стержни верхней части консоли должны имѣть особенно прочное закрѣпленіе въ опорѣ. По большей части въ консольяхъ арматура дѣлается симметричной, т.-е. въ верхней и нижней части консоли сѣченіе арматуры одинаково. Арматура плоскаго пола между консолями располагается по направленію, перпендикулярному къ послѣднимъ; въ случаѣ-же перекрестной арматуры стержни, параллельные направленію консолей, иногда также закрѣпляются въ опорѣ.

Далѣе приведемъ два примѣра устройства свѣсовъ.

На фиг. 7 таблицы 6 представленъ разрѣзъ свѣса, образующаго продолженіе внутренняго пола центральнаго зала *Большого дворца искусствъ*, построеннаго на Елисейскихъ Поляхъ, въ Парижѣ, передъ Выставкой 1900 года.

Балки пола, расположенныя параллельно другъ другу на разстояніяхъ въ 3,24 метра, продолжены черезъ стѣну, для образованія консолей свѣса.

Выносъ этихъ консолей 3,00 метра; высота-же въ плоскости закрѣпленія всего 0,50 метр., т.-е. меньше $1/16$ пролета.

Расчетная нагрузка 550 кил. на кв. метръ, включая собственный вѣсъ бетона.

Стоимость этихъ свѣсовъ 25,60 фр. за кв. метръ.

Какъ другой примѣръ, можемъ привести *Большія Мельницы въ Нантѣ*. Здѣсь фасадъ второго этажа образуетъ свѣсъ въ 2,55 метра, при чемъ одинъ изъ угловъ того-же фасада на высотѣ третьяго этажа имѣетъ выносъ свѣса въ 4 метра.

На фиг. 8 и 9 таблицы 6 показано детальное устройство консолей, съ выносомъ въ 4 метра; разстояніе между этими консолями 6,22 метра.

Эти консоли соединены на концахъ сильною балкой.

Высота консоли на опорѣ 4,25 метра, и по фасаду эти консоли занимаютъ всю высоту второго этажа.

Фундаменты.—Плоскіе фундаменты подъ стѣны, колонны и т. д. представляютъ изъ себя плиту съ арматурой въ нижней части изъ круглаго желѣза въ видѣ сѣтки Монье, дополненной скобами въ вертикальномъ направленіи. Для примѣра на фиг. 1 таблицы 7 указано устройство плоскаго фундамента системы Геннебика для столба съ нагрузкой въ 130 тоннъ, при чемъ фундаментъ, квадратной формы въ планѣ, уменьшаетъ давленіе на грунтъ до 1,5 килогр. на кв. сант.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, для увеличенія сопротивленія фундамента изгибу, помѣщаютъ въ бетонъ двѣ или нѣсколько сѣтей арматуры, одну надъ другой.

Фундаменты подъ стѣны отличаются отъ фундаментовъ подъ колонны только своей длиной.

Стержни арматуры, параллельные направлению стѣнъ, дѣлаются меньшаго сѣченія, чѣмъ стержни, нормальные къ направлению стѣнъ.

Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что вытягивающія усилія въ этихъ фундаментахъ появляются на нижней поверхности бетона, почему теоретически выгодно помѣщать арматуру возможно ближе къ нижней поверхности фундамента.

Однако, на практикѣ, для правильной укладки арматуры и для защиты ея отъ вреднаго вліянія почвенныхъ водъ, нижній слой бетона полезно дѣлать довольно толстымъ.

Можно дѣлать для этого отдѣльный нижній слой изъ болѣе тощаго бетона, который служить какъ-бы опалубкой при дальнѣйшемъ устройствѣ фундамента, что необходимо въ илистыхъ и въ очень слабыхъ грунтахъ.

Что касается общихъ основаній подъ цѣлыми сооружениями, то такіе фундаменты вполнѣ подобны полу съ балками, главными и второстепенными, но только расположеніе арматуры совершенно обратно тому, которое примѣняется въ полахъ.

Въ силу этого рациональное расположеніе балокъ было-бы сверху плоской плиты, что иногда и дѣлается. Вообще-же изъ практическихъ цѣлей предпочитаютъ помѣщать балки снизу плиты.

Это имѣетъ преимущество, во-первыхъ, потому, что плита фундамента можетъ непосредственно служить поломъ перваго или подвального этажа; во-вторыхъ, при достаточно плотномъ грунтѣ балки могутъ быть исполнены безъ формъ. Примѣромъ такого устройства могутъ служить фундаменты зданія для водоподъемныхъ машинъ въ *Seraing* (Бельгія). Это зданіе, построенное въ 1900 году, цѣликомъ изъ желѣзо-бетона, состоитъ изъ подвала и перваго этажа.

Общій фундаментъ передаетъ на грунтъ давленіе въ 0,40 килогр. на кв. см.

Детали устройства этихъ фундаментовъ представлены на фиг. 2—6 таблицы 7 и не требуютъ поясненій.

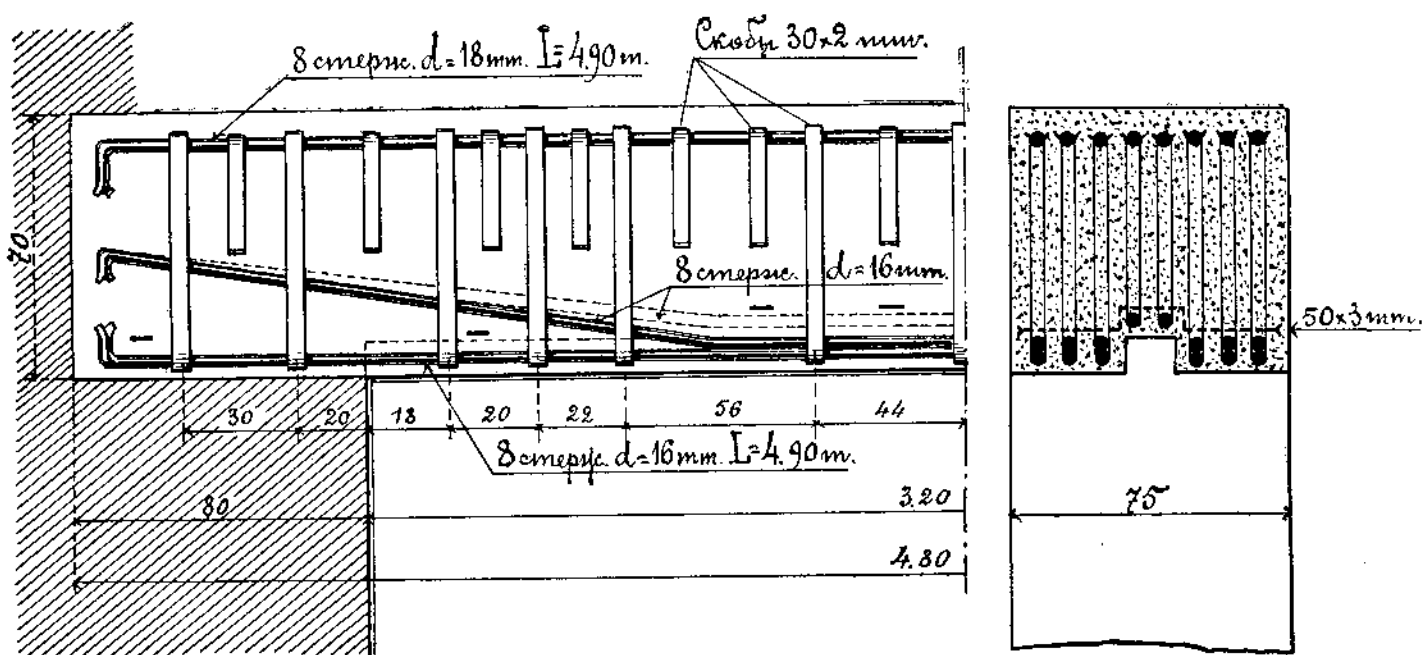


Рис. 63 и 64. — Оконная перемычка системы Геннебика.

Оконныя перемычки.—На рис. 63—64 представлена оконная перемычка системы Геннебика, устроенная въ одномъ изъ зданій Австрійскихъ Правительственныхъ желѣзныхъ дорогъ въ Львовѣ, для пролета окна въ свѣту 3,20 метра.

РАЗНЫЯ СИСТЕМЫ.

Таблица 8 и 7.

Кромѣ описанныхъ выше двухъ системъ, цѣльно-рѣшетчатого металла и Геннебика, въ примѣненіяхъ къ постройкѣ гражданскихъ сооружений, укажемъ еще нѣкоторыя системы, весьма распространенныя въ употребленіи для нѣкоторыхъ частей зданій, либо замѣчательныя по своей остроумной конструкціи. Къ первому роду слѣдуетъ отнести систему Кенена, очень простую по исполненію и получившую большое распространеніе для устройства половъ, крышъ и т. п. перекрытій по металлическимъ балкамъ.

Система Кенена.—Устройство *половъ системы Кенена* уже было указано выше, при описаніи различныхъ системъ желѣзо-бетонныхъ конструкцій.

Иногда, особенно при большихъ разстояніяхъ между металлическими балками, плоское перекрытіе усиливается снизу выступами, нормальными къ металлическимъ балкамъ, съ арматурой въ нижней части изъ круглаго желѣза.

Арматура плоской части покрытія въ этомъ случаѣ дѣлается перекрестная, т.-е. добавляются стержни распределенія (фиг. 1—2 таблицы 8).

Эти бетонные выступы во время устройства пола поддерживаются рейками, положенными на нижнія полки двутавровыхъ балокъ.

Эти рейки иногда остаются на мѣстѣ и служатъ для подшивки деревяннаго потолка подъ штукатурку.

Бетонные выступы могутъ также спускаться до нижней плоскости балокъ, при чемъ такое устройство допускаетъ отдѣлку потолка кессонами (фиг. 3 таблицы 8).

Если-же хотятъ устроить плоскій потолокъ, то въ бетонъ выступовъ заделываются концы гальванизированной проволоки, при помощи которой прикрѣпляется сѣтка для потолка или готовыя гипсовые и желѣзо-бетонныя потолочныя плиты.

Одно изъ удобствъ системы Кенена — это заделка балокъ въ бетонъ, благодаря чему самое перекрытіе работаетъ частью какъ пологій сводикъ; кромѣ того, заделка металлическихъ балокъ въ бетонъ предохраняетъ ихъ отъ ржавчины и въ то-же время придаетъ даже слабымъ балкамъ значительную жесткость.

Система Кенена примѣняется для устройства *крышъ* по металлическимъ стропиламъ въ складахъ, мастерскихъ и т. п.

Для примѣра приведемъ типъ покрытія, принятый на Владикавказской желѣзной дорогѣ для мастерскихъ, паровозныхъ депо и т. п. зданій. На фиг. 4 и 5 таблицы 8 представлена часть покрытія кузницъ при депо на ст. Кавказская и Грозный Влк. ж. д. На металлическихъ стропильныхъ фермахъ уложены продольные прогоны изъ двутавровыхъ балокъ съ разстояніями 1,45 метра, между которыми устраивается покрытие системы Кенена, толщиной 50 миллиметровъ, съ арматурой изъ проволоки 4—6 мм.

На этомъ бетонномъ покрытіи уложены бруски, по которымъ дѣлается сплошная опалубка изъ 2" досокъ и покрытие оцинкованнымъ желѣзомъ.

Такая система весьма удобна вслѣдствіе ея негорюемости, въ то-же время эти кровли обладаютъ плохой теплопроводностью. Владикавказская жел. дорога уже устроила на разныхъ зданіяхъ нѣсколько тысячъ квадратныхъ саженъ такихъ покрытій.

Система Монье. — Мы уже видѣли выше, что въ зданіяхъ, устроенныхъ по системѣ Геннебика, для тонкихъ стѣнъ, потолочныхъ плитъ и т. п. примѣняется арматура Монье.

Здѣсь укажемъ только одинъ типъ устройства перегородокъ по системѣ Монье, предложенный Вейссомъ (рис. 65). Горизонтальные стержни изогнуты по дугѣ круга со стрѣлою подъема около $\frac{1}{8}$ и передаютъ, такимъ образомъ, вѣсъ перегородки въ двухъ точкахъ, близкихъ къ опорамъ или стѣнамъ. Такое устройство выгодно въ томъ случаѣ, когда перегородка поставлена на полу между балками, такъ какъ при этомъ такая перегородка не подвергаетъ полъ добавочной нагрузкѣ.

Новая система Гольдинга.—Извѣстный изобрѣтатель цѣльно-рѣшетчатого металла I. G. Golding, въ Вашингтонѣ, недавно предложилъ новую систему арматуры для устройства разныхъ частей зданій изъ желѣзо-бетона.

Въ этой системѣ употребляется особый профиль металла, показанный на фиг. 6 таблицы 8, съ двумя продольными желобками по всей длинѣ стержня, которые даютъ возможность достигнуть довольно остроумнаго соединенія различныхъ частей арматуры между собою.

Фигуры 6—12 таблицы 8 показываютъ устройство арматуры для балокъ, столбовъ и стѣнъ. На фиг. 7, 8 и 9 изображена арматура балки, состоящая изъ продольнаго стержня въ нижней части, сѣченія Гольдинга, и наклонныхъ связей, въ вертикальной плоскости, изъ желѣза круглаго сѣченія.

Прикрѣпленіе связей къ продольному стержню ясно видно на фиг. 7 и 9: именно, концы круглаго желѣза входятъ въ продольные желобки стержня и удерживаются посредствомъ сжатія щекъ, ограничивающихъ желобки, на определенныхъ разстояніяхъ.

На фиг. 8 представлена скоба, захватывающая стержень снизу и служащая для удержанія слоя бетона въ балкѣ, находящагося ниже продольнаго стержня.

Фиг. 10 представляетъ устройство арматуры для столба, состоящее изъ нѣсколькихъ вертикальных стержней, вокругъ которыхъ обмотано въ видѣ спирали полосовое желѣзо.

Это желѣзо удерживается въ определенномъ положеніи посредствомъ особыхъ лапокъ изъ круглаго желѣза, закрѣпленныхъ въ желобкахъ продольныхъ стержней посредствомъ сжатія щекъ стержней въ определенныхъ мѣстахъ.

Точно такіе-же вертикальные стержни съ закрѣпленными въ нихъ лапками примѣняются и для устройства арматуры стѣнъ, какъ показано на фиг. 11 и 12, гдѣ загнутые концы лапокъ удерживаютъ листы цѣльно-рѣшетчатого металла, на которые затѣмъ накладывается цементная штукатурка.

Устройство стыка вертикальных стержней показано на фиг. 13; для этого, въ мѣстѣ сращенія двухъ стержней, въ желобки послѣднихъ закладываются куски круглаго желѣза небольшой длины.

Изъ вышеприведеннаго описанія видно, что арматура этой системы должна изготовляться заранее, до начала работъ, согласно проекту, въ мастерскихъ, кузнечнымъ способомъ.

Система эта уже получила достаточное распространеніе въ С. А. Соединенныхъ Штатахъ; патентъ на это изобрѣтеніе приобрѣтенъ нѣсколькими фирмами, именно The Monolith Steel Co, Colorado Building и друг. ¹⁾

Фундаменты доходнаго дома въ Парижѣ.—Устройство фундамента этого небольшого дома (18,27×8,11 кв. метр. въ планѣ) въ улицѣ des Prairies въ Парижѣ представляетъ извѣстный интересъ въ виду нѣкоторыхъ особенностей конструкціи.

Фундаментъ, общій подъ все зданіе, основанное на сыромъ и глинистомъ грунтѣ, представляетъ обратный сводъ, покрытый сверху плоской плитой, образующей полъ подвального этажа (фиг. 7—9 таблицы 7).

Обратный сводъ изъ бетона, безъ арматуры, очерченный по дугѣ круга, имѣетъ однуобразную толщину 0,50 метра; на опорахъ, представляющихъ наружныя стѣны зданія, заложены 2 продольныхъ стержня изъ полосового желѣза, сѣченіемъ 40×15 миллиметровъ, удерживаемыхъ въ надлежащемъ положеніи посредствомъ вертикальных анкеровъ изъ круглаго желѣза небольшой длины. Впадина, образуемая сводомъ со стрѣлою прогиба 0,50 метра, была заполнена рѣчнымъ пескомъ, предварительно смоченнымъ и трамбованнымъ, подъ уровень, сверху котораго былъ устроенъ плоскій горизонтальный полъ изъ желѣзо-бетона, толщиной 10 сант. Арматура этого пола состояла изъ полосового желѣза сѣченіемъ 40×10 и

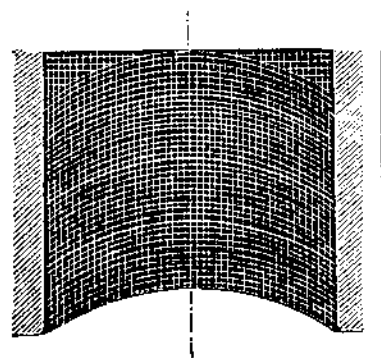


Рис. 65. — Перегородка системы Монье.

¹⁾ Engineering News. 1906. Мартъ. 15.

40×12 мм., положеннаго плашмя; концы этого желѣза загибались за указанные выше продольные стержни (фиг. 8), образуя такимъ образомъ какъ-бы затяжки обратнаго свода, назначеніе котораго было сопротивляться распуру отъ выпучиванія сырой глины, образующей грунтъ основанія. При этомъ, въ мѣстахъ расположенія стѣнъ затяжки болѣе сближены между собою, чѣмъ въ промежуткахъ между стѣнами (фиг. 7). Устройство такого фундамента, не считая земляныхъ работъ, обошлось въ 4.800 франковъ (1.800 рублей), или около 55 рублей на 1 кв. саж.

Л Ѣ С Т Н И Ц Ы.

Таблицы 9 и 10.

Примѣненіе желѣзо-бетона къ устройству лѣстницъ имѣетъ большія преимущества, вслѣдствіе несгораемости и удобства осуществленія какихъ угодно внѣшнихъ формъ, при чемъ самыя лѣстницы имѣютъ видъ каменныхъ.

Обыкновенно полагаютъ, что цементный бетонъ въ обыкновенномъ видѣ не пригоденъ для ступеней лѣстницъ, такъ какъ такія ступени быстро стираются и портятся.

Поэтому иногда желѣзо-бетономъ пользуются только для поддержанія ступеней изъ натурального камня, или-же покрываютъ бетонныя ступени деревомъ, мраморомъ и т. п. матеріалами.

Дѣлаютъ также ступени мозаичныя шлифованныя, употребляя для верхняго слоя цементный растворъ съ мелкимъ мраморнымъ щебнемъ разныхъ цвѣтовъ.

Впрочемъ, очень часто бетонныя ступени ничѣмъ не покрываются и служатъ достаточно хорошо при соотвѣствующихъ предосторожностяхъ во время ихъ изготовленія.

Края ступеней закругляются, а наружная поверхность дѣлается изъ жирнаго раствора въ пропорціи 1:1 и 1:2, съ мелкимъ пескомъ, и затирается совершенно гладко.

Иногда такія ступени покрываются масляной краской или обрабатываются въ подражаніе тесаному камню.

Далѣе опишемъ нѣсколько разнообразныхъ конструкцій лѣстницъ системы Монье, цѣльно-рѣшетчатаго металла, Шоди и Геннебика.

Система Монье. — Обыкновенно въ системѣ Монье лѣстница представляетъ наклонный полъ изъ желѣзо-бетона, по которому проложены ступени изъ какого угодно матеріала: камня, бетона и т. п.

Этотъ наклонный полъ опирается на стѣны лѣстничной клѣтки или на тетивы изъ металлическихъ балокъ двутавроваго или коробоваго сѣченія (фиг. 1 таблицы 9).

Вмѣсто пола на балкахъ иногда примѣняется ползучій сводъ системы Монье, по которому также укладываются ступени по забуткѣ изъ тощаго бетона, которая въ этомъ случаѣ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ получается довольно тяжелою (фиг. 2 таблицы 9).

Болѣе легкое и изящнаго вида устройство лѣстницы показано на фиг. 3 и 4 таблицы 9, гдѣ самыя ступени сдѣланы изъ желѣзо-бетона.

Отдѣльныя ступени заготавливаются заранее: каждая ступень состоитъ изъ проступи и подступенка; затѣмъ эти ступени укладываются по тетивамъ изъ двутавровыхъ балокъ или задѣлываются концами въ стѣну лѣстничной клѣтки, образуя, такъ называемую, висачую лѣстницу.

Свѣсъ ступеней такой лѣстницы въ нѣкоторыхъ зданіяхъ достигаетъ 1,50 метра, при задѣлкѣ въ стѣну на 0,25 метра. Такъ какъ ступени эти заготавливаются заблаговременно на бетонныхъ заводахъ, то выдѣлка и отдѣлка ихъ можетъ быть весьма тщательной.

Цѣльно-рѣшетчатый металл. — Въ формѣ, вполне подобной только-что описанной, для устройства ступеней, вмѣсто сѣтки Монье, примѣняется цѣльно-рѣшетчатый металлъ, при чемъ послѣдній, въ отдѣльныхъ ступеняхъ, иногда поддерживается остовомъ въ видѣ особыхъ фермочекъ, клепанныхъ изъ уголковъ и полосоваго желѣза, очень малаго сѣченія.

Такая лѣстница поддерживается косоурами изъ двутавроваго желѣза. Описанное устройство показано на фиг. 6 и 7 таблицы 9.

Система Шюди.—Въ этой системѣ (фиг. 8 таблицы 9) арматура ступеней непрерывна на протяженіи всего марша. Проволоки, въ среднемъ, діаметромъ около 5 миллиметровъ, заплетаясь поочередно за такіе-же стержни, расположенные вдоль ступеней, образуютъ одновременно горизонтальную арматуру проступей и вертикальныя связи подступенковъ, представляющихъ, вмѣстѣ съ продольными стержнями, небольшія балочки, поддерживающія лѣстницу.

Система Геннебика.—Примѣненія системы Геннебика къ устройству лѣстницъ представляютъ нѣкоторое разнообразіе. Иногда изъ желѣзо-бетона дѣлается только наклонный полъ или даже одна тетивы, поддерживающія ступени, которые дѣлаются изъ другого матеріала.

Въ другихъ случаяхъ самыя ступени представляютъ элементы сопротивленія, составляя одно цѣлое съ наклоннымъ поломъ, такъ что цѣлыя марши имѣютъ видъ висячей лѣстницы.

Конструкція въ этомъ случаѣ имѣетъ болѣе легкій видъ. Наконецъ, въ третьемъ случаѣ, ступени изготовляются отдѣльно, какъ въ описанной выше системѣ Монье, и поддерживаются на мѣстѣ тетивами въ видѣ желѣзо-бетонныхъ балокъ.

Примѣръ перваго случая показанъ на фиг. 9 таблицы 9. Здѣсь представленъ разрѣзъ наклоннаго пола, при ширинѣ марша 1,75 метра. Такой полъ работаетъ какъ выступъ, или свѣсъ, задѣланный однимъ концомъ въ стѣну, чему соответствуетъ и расположеніе арматуры.

Вдоль выступающаго края такого наклоннаго пола располагается въ бетонѣ стержень довольно сильнаго сѣченія, который играетъ какъ-бы роль тетивы.

Иногда край такого наклоннаго пола утолщается, образуя снизу выступъ, или балку, имѣющую продольную арматуру и представляющую въ этомъ случаѣ настоящую тетиву. Такой наклонный полъ можетъ служить также для устройства винтовой лѣстницы, образуя тогда винтовую поверхность, напр., лѣстница въ *Маломъ Дворцѣ Искусствъ* въ Парижѣ.

Другое устройство лѣстницъ, гдѣ утилизируется собственное сопротивленіе ступеней, показано на фиг. 10 и 11; конструкція эта вполне понятна безъ объясненій.

Какъ примѣръ третьяго случая конструкціи лѣстницъ системы Геннебика, можемъ указать устройство лѣстницы въ водоподъемномъ зданіи въ Seraing (Бельгія), представленное на фиг. 12, 13 и 14 таблицы 9.

Отдѣльныя ступени, изготовленныя заранее, согласно фиг. 13 и 14, гдѣ указаны точныя ихъ размѣры, поддерживаются тетивами, въ видѣ желѣзо-бетонныхъ балокъ, по всей длинѣ которыхъ было оставлено соответствующее мѣсто для укладки ступеней, концы которыхъ затѣмъ задѣлывались бетономъ (фиг. 12).

Лѣстница въ дѣтскомъ пріютѣ въ Фельдсбергѣ.—Въ пріютѣ имени императора Франца-Иосифа, построенномъ въ 1900 году въ Фельдсбергѣ, для дѣтей служащихъ Сѣверной желѣзной дороги (Kaiser Ferdinands Nordbahn), между прочими желѣзо-бетонными работами, было сдѣлано 555 погонныхъ метровъ ступеней и 90 метровъ тетивъ изъ желѣзо-бетона. Эта работа представляетъ наиболѣе полный примѣръ устройства лѣстницы цѣликомъ изъ желѣзо-бетона, по системѣ Геннебика.

Фиг. 1—3 таблицы 10 даютъ всѣ детали конструкціи этой лѣстницы и устройства арматуры съ точными размѣрами всѣхъ частей.

Ступени и тетивы отдѣланы снаружи подъ мозаичный камень.

Последнимъ примѣромъ мы оканчиваемъ отдѣлъ гражданскихъ сооружений и переходимъ къ описанію искусственныхъ сооружений, гдѣ желѣзо-бетонъ даетъ гораздо болѣе яркіе примѣры различныхъ примѣненій.

Искусственные сооружения.

Для удобства дальнейшего изложения и описания различных конструкций и сооружений изъ железно-бетона во всѣхъ отрасляхъ строительнаго искусства, раздѣлимъ всѣ искусственные сооружения на нѣсколько группъ.

- 1) Инженерныя и гидротехническія сооружения.
- 2) Мосты.
- 3) Водоснабженіе и канализація.
- 4) Смѣсь.

Въ послѣднюю группу войдутъ различные сооружения и работы, которыя не могутъ быть отнесены ни къ одной изъ первыхъ трехъ группъ, и, болѣею частью, представляютъ почти единичные примѣры примѣненія железно-бетона въ разныхъ отрасляхъ конструкцій, гдѣ однако послѣдній уже завоевываетъ себѣ почетное мѣсто, какъ серьезный строительный элементъ.

ИНЖЕНЕРНЫЯ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКІЯ СООРУЖЕНІЯ.

Въ гидротехническихъ сооруженияхъ железно-бетонъ незамѣнимъ: ни одинъ изъ распространенныхъ матеріаловъ, какъ желѣзо, дерево, и даже камень, не могутъ конкурировать съ нимъ въ отношеніи прочности и долговѣчности.

Далѣе приведемъ примѣры различныхъ частей сооружений и цѣлыхъ конструкцій, указывая, по возможности одновременно, также и способы производства работъ и стоимость ихъ, какъ это было принято нами съ начала настоящаго очерка.

С В А И.

Таблицы 11, 12, 13 и 14.

Общая замѣчанія. Бетонныя сваи имѣютъ громадное преимущество передъ деревянными. Онѣ не могутъ быть повреждены ни дѣйствіемъ грунтовыхъ и морскихъ водъ, ни червями (шашнемъ), которые въ нѣкоторыхъ мѣстахъ земного шара въ очень короткое время приводятъ деревянныя сваи въ полную негодность.

Колебанія горизонта воды, въ связи съ атмосферными дѣйствіями, столь вредныя для деревянныхъ свай, не оказываютъ на бетонныя сваи никакого вліянія.

Правда, бетону иногда дѣлается упрекъ въ томъ смыслѣ, что онъ подверженъ вредному вліянію морской воды; въ своемъ мѣстѣ мы подробно рассмотримъ этотъ вопросъ и постараемся указать мѣры для избѣжанія вліянія морскихъ солей на бетонъ. Пока-же можно сказать, что въ сваяхъ это вліяніе сказывается менѣе, чѣмъ гдѣ-либо, въ виду нѣкоторыхъ особенностей такого рода конструкцій.

Во всякомъ случаѣ, железно-бетонныя сваи уже получили довольно обширное примѣненіе для разныхъ морскихъ сооружений: доковъ, дамбъ, набережныхъ и т. д.

Опытъ показалъ, что благодаря эластичности железно-бетона, вредъ, причиняемый ударами судовъ, меньше, чѣмъ въ случаѣ деревянныхъ свай.

Железно-бетонныя сваи забиваются на большія глубины: до 7 сажень; забивка деревянныхъ свай на такія глубины не всегда даетъ удовлетворительные результаты.

Въ гидротехническихъ сооруженияхъ часто требуется оградить работу: каменную дамбу, берегъ и т. п., деревянными шпунтовыми сваями, но открытыя части послѣднихъ быстро гниютъ или разрушаются подѣ дѣйствіемъ другихъ факторовъ. Употребленіемъ бетонныхъ шпунтовъ устраняется это зло.

Далѣ опишемъ нѣкоторыя наиболѣе употребительныя системы свай, отдѣльныхъ и шпунтовыхъ, и способы изъ забивки.

Всѣ системы столбовъ, описанныхъ выше, примѣнимы къ устройству свай.

Чаще всего поперечное сѣченіе свай имѣетъ форму квадрата или прямоугольника, но существуютъ свай круглаго и даже треугольнаго сѣченія.

Система Перро и Дюма (Perraud et Dumas). — На фиг. 1 и 2 таблицы 11 показано устройство свай системы Perraud et Dumas, круглаго сѣченія.

Арматура состоитъ изъ 10 или болѣе прутьевъ круглаго сѣченія, расположенныхъ вблизи наружной поверхности свай и обмотанныхъ спиральной проволокой по всей длинѣ свай. Какъ видимъ, — это есть арматура, предложенная инженеромъ des ponts et chaussées Консидеромъ, для столбовъ, подверженныхъ сильному сжатию.

На нижнемъ концѣ свай имѣется желѣзный коническій башмакъ, а верхній конецъ свай снабженъ цилиндрическимъ желѣзнымъ бугелемъ.

Эта система, имѣющая большія преимущества передъ другими, неудобна, главнымъ образомъ, вслѣдствіе дороговизны и сложности устройства формъ для отливки круглыхъ свай.

Треугольныя свай. На фиг. 3 таблицы 11 показана конструкція свай треугольнаго сѣченія, примѣнявшихся при устройствѣ основаній для зданія суда въ Берлинѣ.

Сѣченіе свай, треугольное съ обрѣзанными углами, имѣетъ размѣры сторонъ послѣдовательно 38 сант. и 6 сант. Длина свай отъ 5 до 8 метровъ.

Арматура состоитъ изъ трехъ продольныхъ прутьевъ круглаго сѣченія, діаметромъ 26 мм., помѣщенныхъ въ углахъ свай и связанныхъ попарно, по периметру, проволокой 6 мм., на разстояніяхъ черезъ каждыя 20 сант.

Въ нижнемъ концѣ свай, на длину 50 сант., продольные прутья согнуты, причемъ концы ихъ связаны вмѣстѣ и отточены остриемъ.

Составъ бетона былъ: 1 ч. цемента и 3 ч. песку.

Американская система. — Эта система не носитъ имени изобрѣтателя потому, что на нее не была взята привилегія; конструкція эта, употребленіе которой предоставляется каждому строителю безвозмездно, въ большомъ ходу въ С. Америкѣ. Поперечное сѣченіе свай квадратное. Арматура состоитъ изъ четырехъ стержней круглаго сѣченія, діаметра 25 мм. По всей длинѣ свай эти стержни связаны попарно по периметру проволокой черезъ опредѣленные промежутки, постепенно увеличивающіеся по направленію сверху внизъ, отъ 7,6 сант. вверху, до 25 сант. у нижняго конца свай.

Въ нижнемъ, пирамидальномъ, концѣ свай, продольные стержни арматуры согнуты и связаны вмѣстѣ чугуннымъ наконечникомъ, который, въ свою очередь, связанъ съ бетонной массой свай посредствомъ четырехъ лапъ изъ полосоваго желѣза.

Въ наконечникѣ имѣется продольное отверстіе, куда входитъ изогнутая трубка, расположенная сбоку свай, для нагнетанія воды при забивкѣ свай въ грунтъ (фиг. 4 табл. 11).

Составъ бетона 1:2:4. Въ верхней части свай бетонъ закрываетъ концы стержней арматуры слоемъ въ 5 сант. толщины; послѣ забивки бетонъ этотъ можно отбить и освободить концы стержней для связи съ арматурой ростверка.

Свай въ Новороссійскѣ. — При постройкѣ эллинга въ Новороссійскѣ было забито 24 свай, конструкція которыхъ показана на фиг. 5 таблицы 11. Сѣченіе свай квадратное, 38 сант. въ сторонѣ. Устройство арматуры и наконечника изъ уголкаго желѣза видно на фиг. 4. Всѣхъ желѣза въ сваѣ равенъ около 60 кил. на погонный метръ свай. Нагрузка на каждую сваю 35 тоннъ.

Свай моста черезъ р. Лозоватку на Екатерининской желѣзной дорогѣ. — При постройкѣ желѣзнаго моста черезъ р. Лозоватку на вѣткѣ въ Саксаганъ для второго пути Екатерининской желѣзной дороги, въ виду очень непостояннаго горизонта грунтовыхъ водъ и плавучаго грунта, рѣшено было примѣнить желѣзо-бетонныя свай вмѣсто деревянныхъ.

Подъ каждый устой моста было забито по 30 свай, квадратнаго сѣченія 30×30 сант., при допускаемой нагрузкѣ въ 30 кил. на кв. сант.

Длина свай была 8,53 метра (4 саж.).

Сваи были устроены по системѣ Геннебика, нѣсколько измѣненной (фиг. 6, табл. 11).

Четыре угловыхъ продольныхъ стержня арматуры, діаметромъ 32 мм. шли по длинѣ всей сваи, а 4 промежуточныхъ прута діаметромъ 19 мм. были вставлены только въ верхней и нижней частяхъ сваи на небольшую длину.

Для поперечныхъ связей, черезъ каждые 15 сантиметровъ, употреблялась проволока діаметромъ 8 мм.

Нижній конецъ сваи снабжался желѣзнымъ башмакомъ, прикрѣпленнымъ къ промежуточнымъ стержнямъ арматуры.

Стоимость каждой такой сваи опредѣлилась въ 85 рублей, а забивка ее обходилась въ 20 рублей. На головахъ свай были устроены ростверки изъ бетона толщиной въ 1 метръ, съ задѣланными въ немъ старыми рельсами, уложенными рядами по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ, черезъ 20 сант. по толщинѣ бетоннаго слоя.

Все основаніе подъ опоры моста обошлось такимъ образомъ въ 21000 рублей, въ то время какъ основаніе на деревянныхъ сваяхъ для того-же моста подъ первый путь обошлось въ 32000 р.

Система Геннебика.—Фигуры 1 и 2 таблицы 12 представляютъ отдѣльную сваю системы Геннебика, которая можетъ быть употреблена подъ основаніе какого-либо сооруженія, напр. моста, стѣны набережной и т. п.

Подобная свая представляетъ тотъ-же столбъ системы Геннебика, съ продольною арматурою, гдѣ поперечныя связи замѣнены круглой проволокой, вмѣсто полосового желѣза. Ряды такихъ свай перекрываются ростверкомъ изъ желѣзо-бетонныхъ балокъ, покрытыхъ общемою платформой, въ видѣ желѣзо-бетоннаго пола, на которомъ основывается сооруженіе.

Для соединенія свай съ ростверкомъ, послѣ забивки часть бетона въ головѣ сваи обивается, и обнаженные концы продольныхъ стержней арматуры сваи загибаются крючками за арматуру балокъ ростверка.

На фиг. 1 таблицы 12 видно детально такое соединеніе. Въ приведенномъ примѣрѣ въ серединѣ сваи оставленъ продольный цилиндрическій каналъ.

Послѣ забивки, въ каналъ наливается жидкій растворъ, который, черезъ отверстія въ нижней части сваи, проникаетъ въ грунтъ, что увеличиваетъ устойчивость сваи.

Для удобства забивки нижній конецъ сваи снабжается башмакомъ съ четырьмя лапами для соединенія съ бетонной массой сваи. Въ Соутгэмптонѣ, для основанія подъ провіантскіе склады забивались такіе сваи, длиною 15 метровъ и сѣченіемъ $0,40 \times 0,40$ метра.

Фиг. 3 таблицы 12 представляетъ шпунтовую сваю системы Геннебика. Нижняя часть ее также снабжена башмакомъ изъ полосового желѣза.

Голова сваи меньшихъ размѣровъ, чѣмъ ее тѣло, вслѣдствіе чего между головами двухъ смежныхъ свай образуется зазоръ. Такая конструкція, какъ увидимъ далѣе, необходима для удобства забивки, а также приноситъ пользу при устройствѣ бетонной посадки на головахъ шпунтоваго ряда.

Полуцилиндрическія выемки въ шпунтовыхъ сваяхъ послѣ забивки образуютъ полые цилиндрическіе каналы, которые заливаются цементнымъ растворомъ, что обезпечиваетъ плотность и непроницаемость шпунтоваго ряда.

Предохраненіе деревянныхъ свай.—Въ нѣкоторыхъ случаяхъ желѣзо-бетонъ употребляется лишь, какъ оболочка для защиты деревянныхъ свай отъ разрушенія шашнемъ въ морской водѣ, а также для устраненія гніенія сваи отъ переменнаго горизонта воды, или отъ другихъ вліяній.

Фиг. 4 таблицы 12 представляетъ способъ, примѣненный для защиты деревянныхъ свай устоевъ моста на р. Cogle Creek близъ Сиднея (Австралія).

Конструкція ясно видна на чертежѣ: трубы снабжены арматурою въ видѣ сѣтки Монье съ клѣтками размѣромъ 32 миллиметра, изъ проволоки діаметромъ 1,6 миллиметра.

Отдѣльныя трубы имѣютъ длину 1,00 метра; для соединенія ихъ между собою, стыкъ, устроенный, какъ показано на фиг. 5, окружается металлической сѣткой того-же со-

става, какъ арматура трубы, и затѣмъ покрывается цементнымъ растворомъ (фиг. 5 и 6, таблица 12).

По всей высотѣ свай, которую предполагается одѣть такими трубами, прибавляются 4 рейки, еще до забивки свай. Рейки эти предназначаются для направленія трубъ, одѣваемыхъ на сваю (фиг. 7). Затѣмъ деревянная свая осмаливается гудрономъ и забивается. Покрытіе изъ трубъ, вполне собранное надъ водою и обмазанное гудрономъ внутри и снаружи, опускается затѣмъ на мѣсто.

При постройкѣ упомянутого моста на р. Cogle Creek, для того, чтобы трубы прошли сквозь слой ила, послѣдній разрыхлялся щупомъ и въ то-же время трубы сверху нажимались домкратами. Для той-же цѣли можно было бы нагнетать воду въ промежутокъ между свай и трубчатымъ покрытіемъ. Вода, вынося илъ изъ-подъ низа трубы, будетъ способствовать опусканію трубъ.

Промежутокъ между свай и трубами заполняется пескомъ почти до верху покрытія. Въ верхней части это заполненіе прикрывается бетоннымъ кольцомъ.

Шпунтовые сваи системы Рехтерна, Верина и Допкина.—фигуры 8 и 9 таблицы 12 детально показываютъ конструкцію свай этой системы.

Арматура состоитъ изъ двухъ двутавровыхъ балокъ, соединенныхъ на извѣстныхъ расстояніяхъ распорками изъ кусковъ двутавроваго желѣза. Кромѣ того свая снабжена металлическимъ башмакомъ особой конструкціи, ясно видной на фиг. 9 таблицы 12.

Соединеніе отдѣльныхъ свай въ шпунтовомъ рядѣ между собой дѣлается, подобно деревяннымъ шпунтамъ, посредствомъ полуциркульныхъ желобовъ и такихъ-же выступовъ.

Деревянные прокладки на головѣ свай (фиг. 8) служатъ для смягченія ударовъ во время забивки при посредствѣ подбабка, поставленнаго на эти прокладки.

Сваи этой системы, длиною 12 метровъ, были испытаны въ 1900 г. Онѣ были предложены для набережной въ Кіао-чао (нѣмецкія владѣнія въ Китаѣ); шпунтовые ряды изъ этихъ свай предназначались лишь для защиты отъ шапня деревянныхъ свай, забитыхъ подъ каменные стѣны набережныхъ и, кромѣ того, должны были играть роль подпорной стѣнки для засыпки подъ ростверкомъ, на которомъ основаны стѣны набережныхъ.

Шпунтовый рядъ на каналъ изъ Гента въ Тернейценъ.—Берега канала изъ Гента въ Тернейценъ, послѣ его уширенія и углубленія, предполагалось обдѣлать деревянными шпунтовыми рядами, укрѣпленными посредствомъ желѣзныхъ тяжей за отдѣльныя анкерныя сваи.

Геннебикъ предложилъ замѣнить деревянную конструкцію вполне подобною ей желѣзобетонною, которая и была примѣнена въ видѣ опыта въ 1898 году въ Terdonc на протяженіи 100 метровъ одного берега канала. На чертежахъ 1—7 таблицы 13 детально представлена эта конструкція. Полуцилиндрическіе желоба вдоль узкихъ сторонъ свай, какъ уже было сказано выше, послѣ забивки образовали цилиндрическіе каналы, которые заливались цементнымъ растворомъ для полученія плотнаго и непроницаемаго шпунтоваго ряда.

Указанное устройство въ Тердонкѣ до сего времени работаетъ вполне исправно, но стоимость его болѣе, чѣмъ деревянной конструкціи. Цѣна его обошлась въ 180 франковъ на погонный метръ или около 145 рублей за погонную сажень.

Изготовленіе свай.—Сваи, отдѣльныя и шпунтовые, отливаются въ формахъ, расположенныхъ вертикально или горизонтально.

Первый способъ примѣняется, главнымъ образомъ, для свай системы Геннебика. Формы въ этомъ случаѣ вполне подобны формамъ для столбовъ. Для набивки свай въ вертикальномъ положеніи необходимо устраивать особыя подмости, или лѣса, которые, при большой длинѣ свай (до 15 метровъ), получаютъ громадныя размѣры. Свая можетъ быть освобождена отъ формъ черезъ два дня послѣ набивки, но въ дѣло употребляться не ранѣе истеченія 30 дней. Наболѣе простая конструкція формъ для вертикальной отливки была предложена для изготовленія свай треугольнаго сѣченія въ Берлинѣ.

Въ планѣ эти формы, расположенныя прямыми рядами длиною до 3,50 метра, представляли зигзагообразныя линіи изъ досокъ 5 сант. (2 дюйма) толщиною, такъ что одна и та-же доска служила перегородкою для двухъ рядомъ стоящихъ формъ. Третья сторона каждой

формы дѣлалась составной и постепенно наращивалась по мѣрѣ заполнения формы бетономъ. (Фиг. 7, табл. 11).

Для образованія срѣзанныхъ угловъ треугольнаго сѣченія свай въ форму вставлялись деревянные рейки треугольнаго сѣченія. Для полученія-же нижняго острія свай въ форму вставлялись соотвѣтствующіе деревянные клинья.

Арматура устанавливалась одновременно по всему ряду формъ, при чемъ для правильнаго расположенія поперечныхъ связей арматуры на формахъ была сдѣлана размѣтка ихъ положенія. Послѣднія устраивались по мѣрѣ заполнения формы бетономъ, чтобы не мѣшать трамбованію бетона. Заполненіе формъ бетономъ велось одновременно по всему ряду формъ съ обѣихъ сторонъ, чѣмъ достигалось быстрое массовое изготовленіе свай.

Перемѣшиваніе бетона производилось машиннымъ способомъ въ бетоньеркахъ. Бетонъ подавался въ ведрахъ, содержащихъ количество раствора какъ разъ достаточное для заполнения формы на высоту до 20 сант., т.-е. соотвѣтственно разстоянію между двумя поперечными связями. Послѣ трамбованія каждаго такого слоя бетона устанавливались поперечныя связи. Черезъ сутки послѣ окончанія трамбованія, свай въ теченіе недѣли обливались водой, послѣ чего освобождались отъ формъ. Затѣмъ освобожденные отъ формъ свай оставались въ вертикальномъ положеніи еще около недѣли, и все время смачивались водой, послѣ чего отвозились на вагонеткахъ подъ навѣсы, гдѣ и выдерживались около 4 недѣль, до употребленія ихъ въ дѣло.

Вообще, при слишкомъ большой длинѣ свай, всѣ операціи съ ними, какъ набивка ихъ, переноска и забивка становятся слишкомъ хлопотливыми и дорогими. Иногда набиваютъ сначала только нижнюю часть свай; послѣ забивки такихъ кусковъ, продолжаютъ набивку свай дальше, устанавливая формы надъ забитыми частями свай. Но этотъ способъ неудобенъ во многихъ отношеніяхъ и создаетъ перерывъ въ работѣ по забивкѣ свай.

Въ горизонтальномъ положеніи набивка производится совершенно такъ-же, какъ обыкновенныхъ балокъ. Этотъ способъ, очевидно, гораздо проще и дешевле, но онъ не годится для свай, несущихъ вертикальныя нагрузки, такъ какъ рабочіе слои трамбованія параллельны направленію давленія.

Наоборотъ, этотъ способъ можно считать рациональнымъ для шпунтовыхъ свай, когда вертикальное давленіе незначительно въ сравненіи съ работою свай на изгибъ, хотя при забивкѣ такія свай иногда разслаиваются по вертикальнымъ рабочимъ слоямъ трамбованія. Опытъ показалъ, вообще, нѣкоторые неудобства горизонтальной набивки свай, особенно для свай съ арматурой изъ фасоннаго желѣза, какъ напр. система Рехтерна, Веринга и Допкинга. Когда такая арматура укладывается на тонкій слой бетона, предварительно набитый въ формѣ, то трудно избѣжать нѣкоторыхъ пустотъ въ бетонѣ. Верхняя поверхность всегда выходитъ лучше и, благодаря удобству трамбованія, бетонъ лучше облекаетъ арматуру. Можно рекомендовать при забивкѣ обращать сваю этой стороной такимъ образомъ, чтобы при изгибѣ эта часть работала на растяженіе.

Впрочемъ, въ системѣ Рехтерна и К^о даже и при вертикальномъ изготовленіи трамбованіе затруднительно, и трудно достигнуть полной однородности бетона, благодаря особенностямъ устройства арматуры, что представляетъ серьезный недостатокъ этой системы.

Кромѣ того, самое изготовленіе арматуры требуетъ извѣстныхъ приспособленій и далеко не такъ просто, какъ въ системѣ Геннебика.

Забивка свай желѣзо-бетонныхъ производится такъ-же, какъ и деревянныхъ, при помощи копра, или инымъ способомъ, смотря по роду грунта. Укажемъ здѣсь на тѣ предосторожности, которыя вызываются особенностями конструкций желѣзо-бетонныхъ свай.

Что касается забивки свай посредствомъ копра, то слѣдуетъ помнить, что вѣсъ бетонныхъ свай несравненно больше, чѣмъ деревянныхъ, и вслѣдствіе этого необходимо, чтобы конеръ былъ особенно крѣпкой и жесткой конструкціи; баба также должна имѣть большій вѣсъ. Для предохраненія бетона отъ разрушенія подъ вліяніемъ ударовъ бабы, необходимо, чтобы усилія распредѣлялись равномерно по головѣ свай.

Въ системѣ Рехтерна, Веринга и Допкинга для этой цѣли, какъ было сказано выше,

прокладываются куски дубового дерева, на которые ставится подбабокъ. Рекомендуется, впрочемъ, лучше употреблять для этой цѣли мягкое дерево и ставить на него подбабокъ съ широкимъ желѣзнымъ буглемъ, который заполняется свернутымъ старымъ канатомъ. Въ системѣ Геннебика для этой цѣли на голову сваи, меньшихъ размѣровъ, чѣмъ ея тѣло (что было указано выше), надѣвается шапка изъ литой стали, форма которой показана на фигурахъ 7—8 таблицы 14.

Шапка эта снизу подмазывается глиной, которая поддерживается кольцомъ изъ пеньки, и затѣмъ наполняется пескомъ черезъ отверстіе въ верхней части; такимъ образомъ песокъ образуетъ подушку, распредѣляющую давленіе вполне равномерно по головѣ сваи.

Такое устройство шапки допускаетъ проектированіе желѣзныхъ стержней арматуры выше головы сваи такимъ образомъ, чтобы они могли быть связаны съ арматурой насадки или ростверка. Въ томъ случаѣ, когда продольные стержни арматуры сваи не выступаютъ выше головы сваи, то послѣ забивки отбиваютъ бетонъ на головѣ сваи для освобожденія стержней на желаемую длину, какъ было сказано выше.

Въ шпунтовыхъ рядахъ (фиг. 4, 5 и 6 таблицы 14), для обезпеченія желаемого направленія забивки свай устраивается слѣдующее приспособленіе: дюймовъ на 6 выше башмака, по длинѣ узкой стороны, дѣлается вмѣсто желоба выступъ, иногда покрытый листовымъ желѣзомъ. Выступъ одной сваи, скользя по желобу смежной, направляетъ первую. Кромѣ того, для облегченія забивки, въ цилиндрической каналъ, образуемый желобами двухъ смежныхъ свай, вставляется желѣзная трубка соотвѣтственнаго діаметра, соединенная при посредствѣ рукава съ насосомъ или резервуаромъ воды.

Магнетамая вода, вымывая песокъ и илъ, проникающій въ желоба и, главнымъ образомъ, въ зазоры между сваями, значительно облегчаетъ забивку свай.

Но забивкѣ свай на надлежащую глубину, трубка вытаскивается, и цилиндрической каналъ заливается цементнымъ растворомъ. На фиг. 9 и 10 той-же таблицы 14 указанъ другой способъ забивки, гдѣ шапка замѣнена муфтой, сдѣланной изъ стального листа, усиленного тремя наклепанными обручами. Муфта эта немного просторнѣе, чѣмъ голова сваи, и удерживается на послѣдней посредствомъ деревянныхъ клиньевъ.

Въ верхней части въ муфту свободно входитъ подбабокъ съ нѣкоторой игрой. Подбабокъ этотъ дѣлается изъ твердаго дерева и окованъ бугелями.

Предохранительный слой состоитъ изъ древесныхъ опилокъ, поверхъ котораго укладывается желѣзный листъ толщиною около 20 миллиметровъ. Въ сферической шапкѣ сжатіе песку не вызываетъ бокового давленія; муфта-же распирается отъ сжатія опилокъ. Кромѣ того, давленіе, передаваемое черезъ опилки, менѣе равномерно распредѣляется по головѣ сваи; вслѣдствіе этого въ опилкахъ прокладываются слои древесныхъ стружекъ.

Такой способъ былъ употребленъ въ Шантеней-на-Луарѣ, въ 1898 году, для забивки шпунтовыхъ свай, длиною 10 метровъ и сѣченіемъ $0,30 \times 0,40$ метра въ твердомъ грунтѣ.

Вѣсъ бабы былъ 1600 килогр. (около 100 пудовъ), при наибольшей высотѣ паденія 1,90 метр.

Въ этомъ случаѣ желѣзо арматуры не выступало изъ бетона; голова сваи была сдѣлана изъ раствора болѣе жирнаго и оканчивалась выпуклой поверхностью.

Во время забивки промежуточный слой изъ опилокъ и стружекъ прессуется и сильно нагрѣвается; температура такого слоя въ приведенномъ примѣрѣ достигала 70° С. Хотя муфту иногда предпочитаютъ шапкѣ, описанной выше, благодаря тому, что она легче позволяетъ добавлять во время забивки матеріалъ для промежуточного слоя, но она представляетъ нѣкоторыя неудобства въ отношеніи неправильнаго распредѣленія давленія и нагрѣванія.

Вообще лучше рекомендуется вышеописанная шапка изъ литой стали.

Въ послѣднее время въ такихъ шапкахъ сдѣлано еще одно усовершенствованіе: верхъ шапки снабженъ отливою вмѣстѣ съ нею ребордою, образующей стаканъ, въ который вкладывается невысокій обрубокъ дерева, замѣняющій подбабокъ. Шапка, кромѣ того, имѣетъ два уха для подниманія.

Для забивки свай треугольнаго сѣченія примѣнялось слѣдующее устройство (фиг. 8

табл. 11). На голову сваи одѣвается цилиндръ изъ котельнаго желѣза, толщиною 2 сант. и высотой 50 сант., стянутый по производящей четырьмя болтами и плотно охватывающій голову сваи при помощи деревянныхъ прокладокъ, въ видѣ сегментовъ. Цилиндръ этотъ устанавливается такъ, что верхняя грань его находится выше головы сваи на 12 сант.

Въ полученное углубленіе укладывается сначала свинцовый листъ толщиною 2,5 сант., затѣмъ желѣзный листъ толщиною 1 сант., деревянная прокладка толщиною 5 сант. и сверху снова толстая кованная желѣзная подушка, толщиною 5 сант., которая выступаетъ сверху цилиндра на 2,5—3 сант. Это необходимо для предохраненія цилиндра отъ непосредственнаго удара бабы.

При забивкѣ каждой новой сваи приходится замѣнять вновь деревянную прокладку; свинцовый-же листъ можетъ служить для забивки двухъ свай.

Съ задней стороны къ цилиндру прикрѣпляется посредствомъ заклепокъ вилкообразная приставка, которая скользитъ между стрѣлами копра, окованными желѣзомъ и заклинивается сзади стрѣлъ.

Этимъ приспособленіемъ было обезпечено вертикальное положеніе свай при забивкѣ.

Для упругихъ прокладокъ на головѣ сваи примѣнялся иногда войлокъ и другіе матеріалы, но главное вниманіе должно быть обращено на правильность установки шапки на головѣ сваи, чтобы получить центральную и мгновенную передачу удара.

Еще большее значеніе имѣетъ правильное опредѣленіе вѣса и высоты свай паденія.

Бывали неоднократные примѣры, что при маломъ вѣсѣ бабы и большой высотѣ свай паденія, сваи, вполне безукоризненно изготовленные, при большомъ числѣ ударовъ копра, не шли въ грунтъ, а разбивались вдребезги.

По увеличеніи же вѣса бабы забивка шла успешнѣе.

Вообще высота паденія бабы въ паровыхъ копрахъ для забивки желѣзо-бетонныхъ свай берется въ среднемъ 1,00—1,50 метра и рѣдко достигаетъ 2,00 метровъ, при числѣ ударовъ парового копра отъ 30 до 40 въ минуту.

Для опредѣленія вѣса бабы можно пользоваться формулой *Риттера*:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{e} \cdot \frac{Q^2}{(Q+q)} + (Q+q),$$

гдѣ P —допускаемая безопасная нагрузка на сваю въ килогр.

2 —коэффициентъ безопасности.

h —высота паденія бабы въ сантиметрахъ.

e —величина отказа отъ послѣдняго удара въ сантиметрахъ.

q —вѣсъ сваи въ килограммахъ.

Q —вѣсъ бабы въ килограммахъ.

Изъ послѣдней формулы можно опредѣлить вѣсъ бабы Q при прочихъ извѣстныхъ величинахъ.

Можно пользоваться также упрощенной формулой *Брикса*:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{e} \cdot \frac{Q^2 q}{(Q+q)^2},$$

гдѣ всѣ обозначенія приведены выше.

Вѣсъ бабы парового копра въ среднемъ берется отъ 1.000 до 2.500 килогр. (60—150 пудовъ).

Въ нѣкоторыхъ сооруженіяхъ забивка желѣзо-бетонныхъ свай происходила въ грунтахъ, состоящихъ изъ плотной глины и крупнаго глинистаго гравія и вездѣ дала хорошіе результаты при соблюденіи надлежащихъ мѣръ предосторожности, что доказываетъ полную пригодность такихъ свай въ тѣхъ же условіяхъ, гдѣ употребляются деревянные сваи, и при болѣе гарантіи прочности и долговѣчности.

Способъ, примѣняемый въ Вашингтонѣ.—Совершенно особый способъ забивки свай въ раз-

ныхъ грунтахъ съ недавняго времени вошелъ въ употребленіе въ Вашингтонѣ, гдѣ, благодаря особымъ условіямъ грунта, всѣ употребительныя системы свай оказались непригодными.

Фигуры 1—3 таблицы 14 представляютъ этотъ оригинальный способъ, вполне заслуживающій вниманія ¹⁾.

Фиг. 6 изображаетъ забивку свай въ сухомъ и довольно крѣпкомъ грунтѣ. Въ грунтъ забивается прочная желѣзная труба, снабженная въ нижней части коническимъ стальнымъ наконечникомъ, діаметръ котораго нѣсколько болѣе наружнаго діаметра трубы.

Когда такая металлическая свая забита до желательной глубины, ее вытаскиваютъ, и получившуюся пустоту въ грунтѣ заполняютъ бетономъ.

Во время трамбованія бетонъ вдавливается въ земляныя стѣнки, что увеличиваетъ сопротивленіе свай вертикальнымъ нагрузкамъ.

Если грунтъ слабый или водоносный, то коническій стальной наконечникъ замѣняется такимъ же бетоннымъ (фиг. 2); затѣмъ, послѣ забивки, желѣзная труба поднимается по мѣрѣ бетонированія, такимъ образомъ, чтобы часть бетона всегда находилась въ трубѣ.

Для забивки свай подъ водой употребляется нѣсколько иной способъ (фиг. 3): желѣзная труба, съ бетоннымъ наконечникомъ, въ составъ котораго входитъ арматура изъ цѣльно-рѣшетчатаго металла, окружается особой металлической оболочкой, т.-е. другою концентрическою трубою такой длины, чтобы верхъ ея возвышался надъ уровнемъ воды, въ то время, какъ нижній конецъ ея захватываетъ часть крѣпкаго грунта.

Такая оболочка закрѣпляется на металлической трубчатой свай и забивается вмѣстѣ съ нею. Затѣмъ, постепенно вынимая трубчатую свай, заполняютъ пустоту въ грунтѣ бетономъ, какъ въ предыдущемъ случаѣ.

Металлическая оболочка препятствуетъ размыву бетона водою. Такія свай снабжаются продольной металлической арматурой изъ круглаго желѣза или арматурой изъ листовъ цѣльно-рѣшетчатаго металла, свернутыхъ въ видѣ трубки.

Э С Т А К А Д Ы.

Таблицы 15 и 16.

Одно изъ примѣненій желѣзо-бетонныхъ свай имѣло мѣсто въ эстакадахъ или пристаняхъ, представляющихъ нѣкоторую платформу, основанную на рядѣ свай, связанныхъ распорками и раскосами и воспроизводящихъ полное подобіе деревянной или металлической конструкции.

Эстакада въ Вульстонѣ (Англія).—Это сооруженіе представлено на фиг. 1—2 таблицы 15; здѣсь ясно видна его конструкція, которая не представляетъ ничего особеннаго, кромѣ соединеній узловъ, сдѣланныхъ съ особенною тщательностью, для обезпеченія жесткости и неизмѣняемости всего сооруженія.

Указанная эстакада построена въ 1898 году и имѣетъ въ общемъ длину около 60 метровъ. Расчетная нагрузка равна 2.800 киллограммовъ на 1 кв. метръ. По эстакадѣ передвигается кранъ вѣсомъ въ 30 тоннъ.

Детали устройства ясно видны на фигурахъ 3—11. Забитыя свай, длиною 20 футовъ, нарощены сверху стойками (фиг. 4—5) и соединены распорками и раскосами изъ желѣзобетона, вполне подобно деревянной конструкціи.

Переустройство металлической пристани на Атлантикъ-Сити въ Нью-Джерсѣ (С. А. Соедин. Штаты).—Такъ называемая «Steel Pier»—металлическая пристань въ Нью-Джерсѣ построена въ 1897—8 году. Эта пристань была основана на столбахъ въ видѣ клепаныхъ трубъ діам. $10\frac{3}{4}$ дюйма и толщиною $\frac{3}{8}$ дюйма, съ поперечными и продольными балками составного двутавроваго сѣченія. Вся эта металлическая конструкція, покрытая только масляной краской, быстро подверглась ржавчинѣ, которая въ 1905 году уже разѣла металлическія

¹⁾ Scientific American. 26 марта 1904 г.

части настолько, что поперечное сечение некоторых из них уменьшилось на величину от 20 до 30%.

Перестройка пристани оказалась необходимой; при этом в то же время было решено уширить ее в некоторых частях. Так как было желательно переустройство всей пристани сделать по возможности скорее, пока она не подверглась окончательному разрушению от ржавчины, а также расширить ее соответственно возникшим потребностям, избегая при этом возможности столь быстрого разрушения от ржавчины, то было решено применить в этом случае железо-бетонную конструкцию, в том виде, как это изложено далее. На фиг. 1 табл. 16 показаны расположение и размеры прежней набережной и ее расширения. Прежняя набережная в 119.146 кв. фут. увеличивалась на 38.063 кв. фут., до цифры 157.209 кв. фут. Устройство старой набережной было следующее: на трубчатых сваях из листового железа были расположены продольные и поперечные балки высотой 12 дюймов, поддерживающие деревянный пол. Все сваи имели наружный диаметр $10\frac{3}{4}$ дюйма. Работы по уширению эстакады показаны на плане (фиг. 1, табл. 16) пунктиром. Кроме того, новые работы по переустройству эстакады состояли в заделке в бетон прежней металлической конструкции; работа по уширению эстакады состояла из поперечных и продольных железо-бетонных балок на таких же сваях, диаметром 12 и 25 дюймов, в разных частях эстакады.

Конструкция 12-дюймовых свай показана на фиг. 2 табл. 16. Как можно видеть, сваи эти круглого сечения, имеют на нижнем конце утолщение в виде гриба; в верхнем же конце свая переходит в крестообразное сечение, образуя кронштейны, связывающие ее с поперечными и продольными балками.

В центре такой сваи, по всей ее длине, проходит металлическая трубка, диаметром 2 дюйма; арматура же сваи состоит из шести вертикальных стержней, которые отгибаются наружу в нижнем конце сваи в башмаки и в верхнем конце в кронштейнах. Устройство арматуры балок с консолями ясно видно на чертеже (фиг. 2, табл. 16).

Сваи эти изготовлялись на месте в вертикальных деревянных формах, поставленных концами на небольшие платформы, из которых каждая поддерживалась четырьмя деревянными сваями, выступающими немного над уровнем воды, в местах предполагаемого расположения железо-бетонных свай.

Каждая бетонная свая набивалась цѣликомъ, начиная от нижняго башмака и кончая кронштейнами, из которых выступали вверх концы продольной арматуры сваи, предназначенные для соединения с балками.

По затвердении бетона платформа из-под конца сваи убиралась, последняя устанавливалась в точное положение и затѣм опускалась в песчаномъ грунтѣ посредством нагнетанія воды во внутреннюю 2-дюймовую трубку, под давлением до 4 атмосферъ.

Когда сваи были погружены до надлежащей глубины, устанавливались деревянные формы для балок, укладывалась арматура и производилось бетонирование балок.

Сваи эти опускались на глубину от 8 до 14 футовъ въ песокъ и имѣли наибольшую длину до 32 фут. 6 дюймовъ. Сопротивленіе песчанаго грунта доходило до 5 тоннъ на кв. футъ. Новые сваи диаметромъ 25 дюймовъ устраивались для болѣе глубокой воды и для погруженія въ песокъ на глубину болѣе 16 футовъ. Въ общемъ, конструкция этихъ свай и насадокъ сверхъ нихъ исполнѣ подобна описанной выше для 12-дюймовыхъ свай (фиг. 3, табл. 16).

Производство же работъ в этомъ случаѣ значительно отличалось отъ вышеописаннаго.

Нижняя часть свай, на длину 12 футовъ отъ низа башмака, приготовлялась в деревянныхъ формахъ со средней трубкой діам. $2\frac{1}{2}$ дюйма и съ арматурой изъ 8 продольныхъ стержней круглаго желѣза діам. $\frac{3}{4}$ дюйма, какъ видно на фиг. 3 таблицы 16.

По снятіи формъ, когда бетонъ этой части сваи достаточно отвердѣлъ, верхній конецъ ся приготовлялся для полученія въ будущемъ водонепроницаемаго стыка, посредствомъ надѣванія на голову сваи клепаной муфты изъ гальванизированнаго листового желѣза, толщиной $\frac{3}{16}$ дюйма.

Для водонепроницаемости стыка муфта была склепана потайными заклепками, а узкий кольцевой промежуток между муфтой и бетонным тѣломъ свай конопатился пеньковыми каболками отъ распущенныхъ канатовъ.

По опусканіи этой части свай до уровня воды, наращивалась арматура и средняя трубка, и производилось дальнѣйшее бетонированіе ея.

Для опусканія этихъ свай въ трубку нагнеталась вода подъ давленіемъ 85 фунтовъ, т.-е. болѣе 5,5 атмосферъ.

Длина такихъ 25-дюймовыхъ свай достигала 52 футовъ отъ низа башмака до балокъ.

Задѣлка металлическихъ свай въ бетонъ производилась слѣдующимъ способомъ. Прежнія металлическія свай трубчатого сѣченія, наружнаго діаметра $10\frac{3}{4}$ дюйма, имѣли на нижнемъ концѣ сферическій башмакъ изъ литого желѣза, діаметромъ 3 фута, какъ видно на фиг. 4 таблицы 16. Свай эти окружались снаружы бетономъ съ соотвѣтствующей арматурой, какъ показано на той же фиг. 4 табл. 16. Трудность этой работы состояла въ томъ, что металлическія свай находились въ песчаномъ грунтѣ и подъ водою.

Былъ принятъ слѣдующій способъ работъ: нижняя часть трубчатой бетонной свай изготавлялась надъ водою, вокругъ металлической свай, въ деревянной формѣ, при чемъ металлическая свая была одѣта кожухомъ или трубой изъ листового желѣза, предохранявшей бетонъ отъ сдѣлленія съ металлической свасй.

По отвердѣніи бетона и снятіи формъ, бетонная трубчатая свая опускалась, скользя по металлической свасй, а деревянные формы поднимались выше, и продолжалось дальнѣйшее бетонированіе свай.

Для опусканія бетонной свай, въ тѣлѣ ея было задѣлано 4 газовыхъ трубки діам. 1 дюймъ (фиг. 4, табл. 16), куда нагнеталась вода. Опусканіе продолжалось до тѣхъ поръ, пока нижній конецъ бетоннаго покрытія не упирался въ дискъ башмака металлической свай.

Кольцевой прозоръ между металлической свасй и бетоннымъ покрытіемъ по окончаніи опусканія заливался цементнымъ растворомъ.

Работы по переустройству пристани были начаты 18 декабря 1905 года, и первая бетонная свая была опущена 31 декабря того же года; послѣдній же замѣсъ бетона былъ положенъ на мѣсто 18 июля 1906 года.

Количество рабочей силы колебалось отъ 50 до 180 человѣкъ въ день, при чемъ большее число приходилось на мѣсяцы апрѣль и май, когда состояніе погоды и моря наиболѣе благоприятствовали работѣ.

Часть работъ производилась ночью, при свѣтѣ электрическихъ фонарей.

Составъ бетона былъ: 1 ч. портландскаго цемента, 2 части мелкаго зернистаго песку и 4 части гравія размѣромъ около 1 дюйма. Бетонъ замѣшивался довольно сырымъ, и трамбованіе его въ формахъ для свай производилось посредствомъ длинныхъ бамбуковыхъ шестовъ, что было признано очень удобнымъ для хорошаго перемѣшиванія раствора между арматурой и стѣнками формъ. Бетонъ при этомъ подавался малыми порціями.

Около 75% всего бетона было приготовлено машиннымъ способомъ въ двухъ мѣстахъ вблизи работъ, при чемъ бетонъ подавался на работу тачками. Остальная же часть бетона приготавлялась ручнымъ способомъ, посредствомъ перемѣшиванія въ небольшихъ кучахъ. При изготовленіи 12-дюймовыхъ свай, формы снимались по истеченіи срока отъ 5 до 7 дней, въ зависимости отъ состоянія погоды.

25-дюймовыя свай (за исключеніемъ 34 крайнихъ свай, отлитыхъ въ формахъ изъ гальванизированнаго желѣза) опускались въ грунтъ вмѣстѣ съ деревянными формами, изъ досокъ толщиною 2 дюйма, что позволяло производить опусканіе такихъ свай всего черезъ 24 часа по ихъ изготовленіи. Деревянные формы стягивались обручами изъ полосового желѣза сѣченіемъ $1\frac{3}{4} \times \frac{7}{16}$ дюйма, черезъ каждыя 3 $\frac{1}{2}$ фута.

Кольцевая бетонная задѣлка прежнихъ металлическихъ свай также опускалась вмѣстѣ съ деревянными формами.

Успѣхъ опусканія свай былъ весьма различенъ въ зависимости отъ разныхъ условій; вообще говоря, въ среднемъ, работа 6 рабочихъ, при одномъ старшемъ, выражалась въ опу-

сканіи до 8 футовъ въ часъ для 12-дюймовыхъ свай и 6 футовъ въ часъ для 25-дюймовыхъ свай.

По свѣдѣніямъ, даннымъ наблюдавшимъ за работами инженеромъ D. A. Keefe, стоимость работъ по устройству части пристани съ 12-дюймовыми сваями, включая всю конструкцію, представленную на фиг. 2 табл. 16, со сваями, поперечными и продольными балками, деревяннымъ поломъ и желѣзными перилами, при среднихъ условіяхъ работы, выражалась цифрой въ 15 долларовъ на погонный футъ пристани, вполнѣ оконченной.

При разстояніи между сваями въ продольномъ направленіи 20 футовъ, стоимость работы доходитъ до 300 долларовъ на панель.

Въ слѣдующей смѣтѣ данъ детальный расчетъ стоимости свай длиною 26 футовъ (наибольшая длина была 32 фута 6 дюймовъ).

Стоимость 12-дюймовой свай длиною 26 футовъ для перестройки Atlantic City Steel Pier.

		Стоимость на одну сваю.	
Формы.			
Лѣсъ	долларовъ	10.20	
Работа (считая стоимость одного плотника 2,50 доллара въ день)		12.00	
Масло, гвозди, пенька, болты, скобы и т. п.		1.20	
		долларовъ	23.40 дол. 3.90

Каждая форма употреблялась 6 разъ.

Арматура.

275 фунтовъ круглаго $\frac{3}{4}$ дюймаго желѣза по цѣнѣ 2 цента за фунтъ	5.50		
Приготовленіе и установка по 0,4 цента за фунтъ	1.10	»	6.60

Водяная трубка.

26 $\frac{1}{2}$ футовъ 2-дюймовой трубы по цѣнѣ 10 центовъ за пог. футъ, съ установкой	—	»	2.65

Установка формъ.

6 человекъ по цѣнѣ 2,50 доллара въ день ставили 4 сваи	—	»	3.75

Материалъ.

0,90 куб. ярда гравія по цѣнѣ 1,50 доллара	1.35		
0,45 куб. ярда песку по цѣнѣ 1,50 доллара	0.67		
1,50 боченка цемента по цѣнѣ 1,60 доллара за боченокъ	2.40	»	4.42

Работа.

Старшій бетонщикъ	3.00		
6 рабочихъ, перемѣшивающихъ бетонъ вручную и трамбующихъ его по 1,75 дол. каждый	10.50		
		долларовъ	13.50 дол. 3.38

Среднее число свай, сдѣланныхъ въ теченіе дня, 4.

Снятіе формъ.

4 человѣка по цѣнѣ 2,50 доллара снимаютъ и очищаютъ въ полдня формы съ 4 свай	—	дол. 1.25
1 человѣкъ по цѣнѣ 2,25 доллара штукатурить цементнымъ растворомъ 4 свай въ день	—	» 0.56

Нагнетаніе воды для опусканія свай въ песокъ на 10 футовъ.

Старшій рабочій	3.00
4 человѣка по 2,25 доллара, управляющіе рукавомъ .	9.00
	долларовъ 12.00 дол. 3.00

Среднее число опущенныхъ свай въ теченіе дня 4.

Плата городскому водопроводу за воду	—	дол. 1.00
Наблюденіе за работой—5 долларовъ въ день	—	» 1.25
Подвозка матеріаловъ, посылка людей и прочіе расходы	—	» 4.84

Итого стоимость 1 свай дол. 36.60

Отсюда стоимость одного пог. фута свай:

$$\frac{36.60}{26} = 1,41 \text{ дол.}$$

или, считая въ среднемъ стоимость одного доллара=1 р. 94 к. серебромъ, получимъ стоимость опущенной на мѣсто свай въ $1,94 \times 1,41 = 2$ р. 73 коп. за 1 пог. футъ, или 19 р. 11 к. за 1 пог. сажень, каковую цѣну нельзя считать высокой, если вспомнить, что свай моста черезъ р. Лозоватку на Екатерининской желѣзной дорогѣ, квадратнаго сѣченія 30×30 сант. (діам. американскихъ свай=12"=31 сант.) обходились, съ забивкой, по цѣнѣ

$$\frac{85+20}{4} = 26 \text{ р. 25 к. за 1 пог. саж.}$$

Такая разница, несмотря на крайне дорогія рабочія руки въ Америкѣ (2,50 доллара плотникъ и 1,75 доллара простой бетонщикъ), объясняется, главнымъ образомъ, большею производительностью американскаго рабочаго.

НАБЕРЕЖНЫЯ.

Таблицы 17 и 18.

Въ набережныхъ стѣнкахъ изъ желѣзо-бетона, устроенныхъ доселѣ, встрѣчаются два типа. Первый, наиболѣе старый и распространенный, главнымъ образомъ, въ Германіи, для небольшихъ глубинъ рѣкъ и каналовъ, представляетъ смѣшанную конструкцію изъ дерева, металла и желѣзо-бетона, какъ напр. набережная на каналѣ Шпрее въ Берлинѣ, Нейфар-вассерѣ, въ Данцигѣ и т. д. Второй типъ представляетъ цѣльную монолитную конструкцію изъ желѣзо-бетона, примѣромъ которой можетъ служить набережная въ Соутгэмптонѣ, описаніе которой увидимъ далѣе.

Набережныя въ Берлинѣ.—Въ 1890 году деревянныя набережныя на каналѣ Шпрее въ Берлинѣ были перестроены, какъ показываютъ фиг. 1 и 2 таблицы 17. Часть стѣнокъ изъ деревяннаго шпунтоваго ряда, находящаяся подъ водою, была оставлена. На уровнѣ воды, на отдѣльныхъ сваяхъ, забитыхъ впереди шпунтоваго ряда, сдѣлана деревянная продольная насадка, сверху которой положено коробчатое желѣзо. На эту насадку поставлены стойки изъ двутавроваго или тапроваго желѣза, на разстояніяхъ отъ 1,50 до 2,00 метра.

Промежутки между стойками забраны плитами Монье, толщиною 6—7,5 сант., поставленными на цементномъ растворѣ. Отдѣльныя плиты имѣютъ высоту 0,60—1,00 метра.

Анкерные тяжи, удерживающіе стойки, заѣлывались въ силовинной бетонной стѣнкѣ (фиг. 1) или въ плитѣ Монье, поставленной вертикально (фиг. 2, табл. 17)

Всѣ желѣзныя части, находящіяся въ землѣ, покрыты слоемъ цементнаго раствора 1:3, для предохраненія отъ ржавчины.

Съ вѣшной стороны стойки также покрыты цементной штукатуркой, и вся наружная поверхность плитъ Монье промазана льнянымъ масломъ для приданія цементу лучшаго сопротивленія вліяніямъ измѣненій погоды, посредствомъ закупорки поръ и волосныхъ трещинъ въ цементной штукатуркѣ. Въ 1896—97 годахъ въ Нейфарвассерѣ, близъ Данцига, были построены набережныя въ портовомъ каналѣ, по типу, показанному на фиг. 2 таблицы 17.

Эта набережная имѣетъ длину 131 метръ. Высота желѣзо-бетонной стѣнки 1,82 метра, при разстояніяхъ между стойками въ 1,40 м. Анкерныя закрѣпленія сдѣланы черезъ 2,80 метра. Плиты Монье въ стѣнкѣ имѣютъ толщину 0,08 метра и анкерныя плиты 0,18 метра. Стоимость этихъ плитъ 12,10 фр. и 20,60 фр. за кв. метръ.

Набережныя въ Данцигѣ.—Какъ показываютъ фигуры 3—10 той же таблицы 17, набережныя въ Данцигѣ, построенныя послѣ 1895 года, представляютъ болѣе солидную конструкцію по сравненію съ вышеописанной.

Первое примѣненіе разсматриваемой конструкціи было сдѣлано, въ видѣ опыта, на «Lange Brücke» на протяженіи всего 12 метровъ; конструкція эта представлена на фиг. 3—6 таблицы 17.

Желѣзныя двутавровыя балки, забитыя въ грунтъ на разстояніяхъ 1,50 метръ., служатъ маячными сваями для деревяннаго шпунтоваго ряда, срѣзаннаго на уровнѣ среднего горизонта воды.

На 0,70 метра ниже среднего уровня воды, между желѣзными балками, особыми уголками поддерживаются деревянные схватки, направляющія шпунтовый рядъ.

На эти схватки поставлены плиты Монье, опирающіяся двумя сторонами на полки двутавровыхъ балокъ. Сзади промежутокъ между плитами и другими полками двутавровыхъ балокъ заполненъ цементными кирпичами на такомъ-же растворѣ (фиг. 4).

Каждая балка удерживается однимъ анкернымъ тяжемъ изъ круглаго желѣза, діам. 25 миллиметр., закрѣпленнымъ въ бетонной плитѣ, поддерживаемой свайками изъ двутавровыхъ же балочекъ, забитыхъ въ грунтъ, и прогономъ изъ коробчатого желѣза (фиг. 3).

Конструкція дополняется еще деревяннымъ охраннымъ брусомъ, предохраняющимъ стѣнку отъ поврежденія судами, могущими навалиться на стѣнку во время ошвартовыванія. Послѣ удачнаго примѣненія этой конструкціи, и въ разныхъ другихъ пунктахъ Данцига были построены набережныя того же типа, но съ легкимъ измѣненіемъ конструкціи. Какъ примѣръ такой работы можно привести набережную вдоль улицы *Mattenbuden*, указанную на фиг. 7—10 таблицы 17.

Здѣсь шпунтовые сваи забиты не между двутавровыми стойками, а сзади нихъ, что облегчаетъ работу.

Вслѣдствіе большей высоты стѣнки, стойки удерживаются анкерными связями въ двухъ точкахъ. Закрѣпленіе связей видно на фиг. 7 и фиг. 10 таблицы 17.

Стоимость набережной, устроенной на *Lange Brücke*, оцѣнивается въ 250 франковъ, а *Mattenbuden*—400 франковъ на пог. метръ (около 215 р. и 340 р. пог. саж.).

Плиты Монье обошлись въ 9,40 фр. кв. метръ при толщинѣ 8 см. и 7,50 фр. кв. метръ, при толщинѣ 6 см.

Установка этихъ плитъ на мѣсто обходилась отъ 1,90 до 2,90 фр. за кв. метръ.

Стоимость первоначальнаго устройства такихъ набережныхъ превосходила на 25—40% стоимость деревянныхъ стѣнъ, но если принять во вниманіе капитализированныя издержки на ремонтъ, то желѣзо-бетонная конструкція указаннаго типа, въ среднемъ, обойдется дешевле деревянной.

Съ другой стороны, такія набережныя гораздо дешевле массивныхъ стѣнъ изъ каменной кладки, даже принимая во вниманіе издержки эксплуатаціи.

Вышеописанныя набережныя прекрасно существуютъ до настоящаго времени.

Въ пѣкоторыхъ случаяхъ, напр. въ Копенгагенѣ, плиты Монье употреблялись исключительно для защиты деревянныхъ свай, на которыхъ основана каменная стѣна набережной.

Здѣсь плиты Монье играютъ ту же роль, какъ желѣзо-бетонныя шпунтовые сваи системы Рехтерна въ набережной Кіао-Чао, что мы видѣли выше. Желѣзо-бетонъ здѣсь получаетъ лишь второстепенное значеніе.

Не будемъ останавливаться на этой работѣ и перейдемъ ко второму типу набережныхъ, представляющихъ цѣльную монолитную конструкцію.

Набережная въ Соутгэмптонѣ представляетъ типъ конструкцій такого рода, по системѣ Геннебика, состоящихъ изъ желѣзо-бетонныхъ свай и шпунтовыхъ рядовъ, на которыхъ построена платформа или ростверкъ также изъ желѣзо-бетона, поддерживающій тонкую подпорную стѣнку, усиленную контрфорсами, изъ того же матеріала (таблица 18, фиг. 1—2).

Конструкція свай системы Геннебика, ихъ изготовленіе и забивка въ грунтъ были описаны въ свое время.

Разсматриваемая набережная въ Соутгэмптонѣ была построена въ 1898 году Геннебикомъ для Компаніи London and South Western Railway на протяженіи 125 метровъ.

Верхняя подпорная стѣнка представляетъ плиту, задѣланную четырьмя сторонами по двумъ вертикальнымъ сторонамъ въ контрфорсахъ, нижнею горизонтальной стороной въ платформѣ и верхнею стороной въ верхней горизонтальной площадкѣ.

Эта подпорная стѣнка сопротивляется распору земли.

Арматура ея устроена слѣдующимъ образомъ: вертикальные стержни пропущены внизъ, въ желоба шпунтовыхъ свай; горизонтальные стержни помѣщены у наружной поверхности плиты. Разстоянія между горизонтальными стержнями возрастаютъ по мѣрѣ удаленія отъ низа стѣнки, вслѣдствіе уменьшенія распора земли.

Контрфорсы имѣютъ арматуру изъ стержней, работающихъ на вытягиваніе вдоль наклонной линіи контрфорса, и нѣсколькихъ вертикальныхъ стержней. Арматура эта дополняется скобами для сопротивленія срѣзывающимъ усиліямъ, развивающимся въ бетонѣ.

Платформа, покоющаяся на сваѣ, представляетъ обыкновенный полъ съ главными балками въ поперечномъ направленіи и второстепенными балками, меньшаго размѣра, въ продольномъ направленіи.

Арматура плоской части пола сдѣлана по обоимъ направленіямъ, т.-е. перекрестная.

На уровнѣ платформы шпунтовые сваи перекрыты насадкой изъ желѣзо-бетона, детальное соединеніе которой со сваями и съ верхней стѣнкой показано на фиг. 5 и 6 таблицы 18. Фигуры 3—4 и 7—8 той же таблицы представляютъ прочія детали вышеописанной конструкціи и не нуждаются въ особыхъ комментаріяхъ.

ПОДПОРНЫЯ СТѢНКИ.

Таблица 19.

Подпорныя стѣнки, устраиваемыя для удержанія земли въ отвѣсныхъ стѣнахъ или крутыхъ откосахъ, дѣлаются смѣшанной системы или монолитными.

Въ первой системѣ, плиты Монье, поставленныя вертикально, поддерживаются металлическими балками, какъ это мы видѣли уже въ стѣнкахъ набережныхъ (въ Берлинѣ, въ Данцигѣ и проч.). Иногда металлическія балки замѣняются каменными столбами.

Толщина плитъ и составъ арматуры измѣняются соответственно величинѣ распора земли и увеличиваются по высотѣ стѣнки сверху книзу.

Металлическая сѣтка располагается у наружной поверхности плиты. Иногда сѣтка Монье замѣняется листами цѣльно-рѣшетчатого металла.

Кромѣ упомянутыхъ выше стѣнокъ набережныхъ въ Германіи, такая конструкція не получила большого примѣненія.

Монолитныя желѣзо-бетонныя подпорныя стѣнки устраиваются по системѣ Монье или Геннебика. Въ обѣихъ системахъ подпорная стѣнка состоитъ изъ вертикальной плиты, под-

держиваемой вертикальными контрфорсами, трапециoidalной формы, расположенными сзади или спереди стѣны, смотря по обстоятельствамъ.

Вся стѣнка съ контрфорсами опирается на сплошную желѣзо-бетонную подошву, въ видѣ горизонтальной плиты, образующую плоскій фундаментъ стѣны.

Когда контрфорсы расположены сзади стѣнки, то иногда, приблизительно на половинѣ высоты стѣнки, контрфорсы соединяются продольной платформой, имѣющей цѣлью прерывать призму распора земли, дѣйствующую на стѣнку, и заставить нагрузку отъ земли способствовать устойчивости стѣнки.

Подпорныя стѣнки на набережной Дебилли въ Парижѣ, устроенныя Геннебикомъ въ 1900 году, могутъ служить примѣромъ только-что описанной конструкціи. Эти стѣнки ограничиваютъ траншею длиною 256 метровъ и глубиною отъ нуля до 5,48 метра.

Подпорная стѣнка, толщина которой такъ же, какъ и составъ арматуры, увеличивается книзу, поддерживается вертикальными контрфорсами на разстояніяхъ 1,50 метр. и опирается на горизонтальную подошву изъ желѣзо-бетона.

На фиг. 1—3 таблицы 19 представлены три типа профилей стѣнки, для разныхъ высотъ траншей.

Въ профилѣ № 1, при наибольшей высотѣ стѣнки, посрединѣ высоты контрфорсовъ, расположена еще одна горизонтальная платформа, для соединенія которой со стѣнкой задніе контрфорсы уширены соответствующимъ образомъ черезъ каждые 3 метра. Ширина этой средней платформы вдвое болѣе, чѣмъ задняя часть нижней площадки (фиг. 1).

Назначеніе этой площадки увеличить устойчивость стѣнки посредствомъ нагрузки земли, какъ сказано выше; ширина нижней и средней площадокъ сдѣлана съ тѣмъ расчетомъ, чтобы коэффициентъ устойчивости стѣнки былъ въ среднемъ болѣе двухъ. Для расчета стѣнокъ былъ принятъ вѣсъ земли 1800 кил. куб. метровъ, съ угломъ тренія въ 35° , и нагрузка по верху насыпи въ 400 кил. на кв. метръ. Допускаемое сопротивленіе для грунта подъ основаніемъ стѣнки было принято въ 1 кил. на кв. см. Наибольшая толщина стѣнки получилась 12 сант. Въ подобныхъ условіяхъ подпорная стѣна изъ каменной кладки имѣла-бы около 2 метровъ по низу.

Вообще, такъ какъ каменные подпорныя стѣнки сопротивляются опрокидыванію и скользянію только собственнымъ вѣсомъ, то эти стѣнки получаютъ такую толщину и вѣсъ, который часто грунтъ не въ состояніи выдержать, что вызываетъ устройство особыхъ усиленныхъ основаній.

Какъ мы видѣли выше, принципъ конструкціи подпорныхъ стѣнокъ изъ желѣзо-бетона совершенно другой: здѣсь земля или насыпь способствуетъ устойчивости стѣнки, что уменьшаетъ значеніе распора, почему стѣнки получаютъ несравненно болѣе легкими.

Подпорныя стѣнки на Большой Сѣверной желѣзной дорогѣ въ С. Америкѣ.—Въ горныхъ участкахъ дороги Great Northern Railway въ Америкѣ въ 1905 году было устроено нѣсколько подпорныхъ стѣнокъ типа, показаннаго на рис. 66. Стѣнка этого типа состоитъ изъ трехъ частей: основанія, контрфорсовъ и передней тонкой стѣнки, неразрывно связанныхъ между собою и представляющихъ одно монолитное цѣлое, подобно описанной выше подпорной стѣнкѣ на набережной Debilly въ Парижѣ. Разстоянія между осями контрфорсовъ равны 7,5 футовъ.

Высота стѣны отъ основанія 20 футовъ. Расположеніе и размѣры арматуры изъ круглаго желѣза показаны на рис. 66.

Составъ бетона 1:2,5:4 для желѣзо-бетонной стѣнки и контрфорсовъ и 1:2,5:5 для бетоннаго основанія, въ которомъ закрѣплялись вертикальные стержни арматуры контрфорсовъ.

Трудность устройства этихъ подпорныхъ стѣнокъ заключалась въ условіяхъ грунта, частью скалистаго, частью плавучаго, что требовало серьезнаго укрѣпленія въ нѣкоторыхъ мѣстахъ котловановъ деревомъ и устройства хорошихъ постоянныхъ дренажей для отведенія грунтовыхъ и нагорныхъ водъ.



Таблица 20.

— 53 —

домъ. Въ Германіи, съ цѣлью экономіи, въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ естественный камень дорогъ, каменное покрытие замѣнялось бетонными плитами, приготовленными заранее.

Для увеличенія сопротивленія этихъ плитъ, какъ во время переноски и укладки ихъ, такъ и отъ ударовъ судовъ и ледохода, онѣ дѣлались изъ желѣзо-бетона, системы Монье.

Такимъ образомъ возникли различныя системы желѣзо-бетонныхъ конструкций для покрытия береговъ.

Каналъ изъ Одера въ Шпрее.—Расширеніе этого канала въ 1895—97 годахъ вызвало необходимость укрѣпленія одного изъ береговъ. На фиг. 1 таблицы 20 представлено типъ такого укрѣпленія, которое состоитъ изъ деревянной шпунтовой стѣнки, срубленной на 0,20 м. ниже средняго уровня воды; выше этой стѣнки уложено наклонное покрытие изъ плитъ Монье на высоту до 0,40 м. надъ уровнемъ воды.

Размѣры плитъ: въ высоту 1,10 метр., ширину 0,50 м., и толщина ихъ 0,08 м. Составъ бетона: 1 ч. цемента и 4 ч. мелкаго гравія. Арматура состоитъ изъ трехъ продольныхъ стержней и 4 поперечныхъ, діаметромъ 5 мм. Эти плиты уложены на слой известняковаго щебня, толщиной 8—10 сант.

Для закрытія стыковъ снизу подкладывались ленты гидроцированного картона. Стоимость такого укрѣпленія берега канала опредѣляется слѣдующимъ образомъ:

стоимость плитъ Монье на 1 кв. м. = 1 р. 00 к. — 1 р. 25 к.

укладка плитъ на мѣсто за 1 кв. м. = 0 р. 30 к.

на 1 пог. метръ $[(1.00 + 1.25) \times \frac{1}{2} + 0.30] \times 1,10 = 1$ р. 57 к.

стоимость деревянной стѣнки на 1 пог. метръ . . . 4 р. 00 к.

итого полная стоимость укрѣпленія въ среднемъ на 1 п. м. 5 р. 57 к.

Указанное укрѣпленіе берега прекрасно сохранилось до настоящаго времени. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ плиты осѣли, вслѣдствіе вымыванія песку черезъ стыки, слой щебня былъ увеличенъ.

Каналъ изъ Дортмунда въ Эмсъ.—На большомъ протяженіи берега этого канала были укрѣплены посредствомъ желѣзо-бетоннаго покрытия, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ въ этомъ находили экономію вслѣдствіе мѣстныхъ цѣнъ на материалы.

Были употреблены два способа: по первому (фиг. 2 табл. 20) плиты особой конструкціи, толщиной 0,08 м. и размѣрами въ длину 1,20 м.—1,80 м. и въ ширину 0,40—0,60 метр., укладывались прямо на щебнѣ, по откосу, покрытому слоемъ глины толщиной въ 0,50 метра. Часть глинянаго слоя, не защищенная плитами, покрывалась слоемъ растительной земли.

Стыки защищались точно такъ же, какъ въ предыдущемъ случаѣ. Арматура плитъ состояла изъ полосового желѣза, размѣромъ 25×2 мм., поставленнаго на ребро и переплетеннаго зигзагообразно проволокой діам. 2 мм. (фиг. 3 таблицы 20).

Такой способъ укрѣпленія береговъ былъ примѣненъ на протяженіи 43 километровъ канала.

Въ другихъ мѣстахъ того же канала была примѣнена система Меллера, которая отличается отъ предыдущаго типа тѣмъ, что, во-первыхъ, покрытие дѣлается цѣликомъ на мѣстѣ, а не составляется изъ плитъ малаго размѣра, приготовленныхъ заранее; во-вторыхъ, покрытие прикрѣпляется къ грунту посредствомъ особыхъ бетонныхъ анкерныхъ сваякъ, распределенныхъ по всей поверхности.

Эти анкера располагаются на разстояніяхъ отъ 0,33 до 0,75 метр. и имѣютъ длину отъ 0,25 до 0,60 метр.

Для устройства такого анкера пробиваютъ лопомъ дыру въ землѣ, вводятъ туда желѣзную проволоку, діам. около 4 мм., и заливаютъ ее цементнымъ растворомъ въ составѣ 1:1. Растворъ, впитываясь въ грунтъ, придаетъ громадное сопротивленіе вырыванію такой сваи.

Верхній конецъ проволоки, выступающій изъ анкерной сваи, загибается крючкомъ и прикрѣпляется къ металлической сѣткѣ, представляющей арматуру покрытия.

Самое покрытие состоитъ изъ слоя бетона, толщиною отъ 4 до 5 см., при откосахъ изъ материкового грунта, и 10—15 см. при насыпной землѣ.

Въ первыхъ покрытияхъ Меллера арматура дѣлалась изъ продольной проволоки, натянутой по откосу вдоль линіи анкеровъ.

Эта система не давала хорошихъ результатовъ, особенно при насыпномъ грунтѣ. Последний не представлялъ прочной опалубки для трамбованія; слой бетона слѣдовалъ осадкѣ во время трамбованія, и проволоки прорѣзали покрытие, будучи прикрѣпленными неподвижно.

Для избѣжанія этого неудобства натянутыя проволоки замѣняли проволоочною сѣтью, положенной свободно.

Система Меллера была испытана на различныхъ водныхъ путяхъ и морскихъ берегахъ въ Германіи, при чемъ выяснились слѣдующіе недостатки: при очень тонкомъ покрытіи, вслѣдствіе измѣненій температуры появляются вертикальныя трещины на разстояніяхъ около 2—3 метровъ и одна горизонтальная трещина вблизи линіи воды, объясняемая разностью температуръ воды и воздуха. Эти трещины могутъ вызывать ржавчину арматуры, почему послѣдняя иногда дѣлается изъ гальванизированной проволоки.

Самъ изобрѣтатель признаетъ пользу оставленія сквозныхъ швовъ расширенія въ концѣ каждого дня работы, т.-е. на разстояніяхъ около 20 метровъ.

По нашему мнѣнію, разстояніе между швами расширенія и размѣры послѣднихъ могутъ быть опредѣлены достаточно точно въ зависимости отъ крайняго колебанія температуръ и коэффициента расширенія бетона, при чемъ, вслѣдствіе прикрѣпленія покрытия къ грунту посредствомъ анкерныхъ сваякъ, швы расширенія полезно располагать возможно чаще, напр. черезъ 3 или 5 метровъ.

Бетонъ для покрытій рекомендуется въ составѣ 1 ч. цемента, 3 ч. песку и 3 ч. щебня или гравія.

Анкера имѣютъ цѣлью придать покрытію жесткость и большее сопротивленіе внѣшнимъ дѣйствіямъ: отъ судовъ, ледохода и проч. и препятствовать сползанію покрытия. Однако, если покрытие сдѣлано на насыпномъ грунтѣ, большей толщины, чѣмъ длина анкеровъ, то это нисколько не мѣшаетъ покрытію сползти вмѣстѣ съ анкерами вслѣдствіе движенія насыпной земли.

Вообще, по мнѣнію многихъ, анкера скорѣе вредятъ, чѣмъ способствуютъ устойчивости покрытия. Грунтъ, пучась отъ дѣйствія морозовъ, поднимаетъ бетонное покрытие, которое трескается вдоль линіи анкерныхъ свай, задерживающихъ это движеніе. Это явленіе особенно замѣтно при откосахъ, образованныхъ изъ сырого песку или глины.

Поэтому система Меллера примѣнима, главнымъ образомъ, для грунтовъ материковыхъ и неподвижныхъ.

На каналѣ изъ Дортмунда въ Эмсъ покрытие откосовъ по системѣ Меллера примѣнялось нѣсколько разъ.

Первый опытъ былъ сдѣланъ въ 1894 году на длинѣ 40 метровъ (фиг. 4 и 5 табл. 20). Арматура покрытия состояла изъ проволокъ діам. 2 и 4 мм., помѣщенныхъ горизонтально и патинутыхъ посредствомъ небольшихъ камней, подложенныхъ снизу проволокъ вблизи анкеровъ (фиг. 5).

Составъ бетона былъ 1 ч. цемента, 2 ч. песку и 3 ч. гравія. Въ этомъ покрытіи вскорѣ появились трещины въ горизонтальномъ направленіи вдоль линіи анкеровъ.

Въ 1897 году было сдѣлано покрытие въ 1000 кв. метровъ, при чемъ по истеченіи нѣкотораго времени были замѣчены вертикальныя трещины на совершенно равныхъ разстояніяхъ. Нѣкоторыя изъ этихъ трещинъ имѣли ширину въ нѣсколько миллиметровъ и края ихъ были разрушены.

Въ то же самое время и при тѣхъ же условіяхъ было устроено другое покрытие съ вертикальными швами въ 5 мм., черезъ каждые 7 метровъ.

Здѣсь все-таки еще были замѣчены въ каждомъ промежуткѣ 2—3 волосныхъ трещины. Въ искусственныхъ швахъ арматура прерывалась; непроницаемость же была обезпечена лентами гудронизированнаго картона, подложенными снизу.

Строители, руководившіе этими работами, пришли къ заключенію, что происхожденіе трещинъ неизбежно въ сплошныхъ покрытіяхъ, и устранить ихъ можно, лишь если дѣлать вертикальные швы, по крайней мѣрѣ черезъ каждые 1,50 метра, и одинъ горизонтальный на уровнѣ воды. Поэтому выгоднѣе дѣлать покрытія изъ отдѣльныхъ плитъ, приготовленныхъ заранее.

Стоимость покрытій Меллера вообще колеблется отъ 1 рубля до 1 р. 70 к. за 1 кв. метръ, работа съ матеріаломъ, считая въ эту цѣну и анкера.

Одинъ анкеръ стоитъ, въ среднемъ, 5—6 копѣекъ.

Покрытіе въ Викиерстрандъ.—Покрытіе береговъ по системѣ Меллера примѣнялось также въ Кильской бухтѣ въ 1898 году между Гольтенау и Фридрихсбортомъ, гдѣ оно было сдѣлано на протяженіи 1700 погонныхъ метровъ. Искусственные швы оставлялись черезъ каждые 20 метровъ, при чемъ одна лента гудронизированнаго картона помѣщалась снизу шва, а другая въ самомъ швѣ.

Въ Викиерстрандъ, въ Килѣ, устроено покрытіе берега канала, площадью въ 2000 кв. метровъ, поперечный разрѣзъ котораго представленъ на фиг. 6 табл. 20.

Покрытіе берега на Wentowkanaalъ, въ Маріенталѣ, устроено въ 1898 году по системѣ Рабитца (патентованной въ Берлинѣ), которая по идеѣ представляетъ большое сходство съ системой Меллера.

Эта работа, сдѣланная на длинѣ всего 135 метровъ, представлена на фиг. 7 табл. 20. Покрытіе начинается отъ самаго дна канала и совершенно непрерывно, безъ всякихъ швовъ.

Желѣзные анкера, въ видѣ буравовъ, завинченные въ землю, оканчиваются вилкой, въ которой проходитъ полосовое желѣзо, поставленное на ребро.

Полосовое желѣзо, укрѣпленное такимъ образомъ на откосѣ въ продольномъ и поперечномъ направленіяхъ, затѣмъ поворачивается плашмя въ промежуткахъ между анкерами и склепывается въ точкахъ пересѣченія. Надъ нимъ помѣщается діагональная сѣть изъ круглаго желѣза, перевязаннаго въ пересѣченіяхъ, и связанная съ полосовымъ желѣзомъ и анкерами (фиг. 8 табл. 19).

Вся эта арматура задѣлана въ массу бетона, поверхность котораго оштукатурена цементнымъ растворомъ.

Это покрытіе дало сначала вполне удовлетворительные результаты, но позднѣе были замѣчены многочисленныя трещины въ 2 мм., не простирающіяся однако на всю толщину бетона.

Трещины эти, будучи задѣланы, появились снова послѣ морозовъ въ декабрѣ 1899 года.

Эта система, благодаря большей жесткости и прочности, работаетъ лучше системы Меллера, но за то она, очевидно, гораздо дороже.

Съ другой стороны, упрекомъ этой системѣ можно поставить то обстоятельство, что анкера не защищены отъ ржавчины.

ПЛОТИНЫ.

Плотина въ Theresa (Нью-Йоркъ).—На рис. 67 представленъ поперечный разрѣзъ желѣзо-бетонной плотины, длиною 36 метровъ и высотой 3,35 метра, устроенной на скалистомъ днѣ въ Терезѣ (Нью-Йоркъ).

Эта плотина состоитъ изъ ряда поперечныхъ бетонныхъ контрфорсовъ, толщиной 0,305 метр., на разстояніяхъ 1,83 метр. ось отъ оси, и изъ наклоннаго желѣзо-бетоннаго пола толщиной 0,152 метр., съ арматурой изъ металлическихъ стержней круглаго сѣченія и цѣльно-рѣшетчатого металла.

Составъ бетона въ желѣзо-бетонномъ перекрытіи 1 часть цемента, 2 части песку и 4 части щебня.

Въ контрфорсахъ же бетонъ имѣетъ составъ 1:3:6. Контрфорсы скрѣплялись со скалистымъ грунтомъ посредствомъ штырей, діам. 30 мм. и длиною 0,915 метр., исключая передней части плотины, гдѣ скалистое дно было обработано соответствующимъ образомъ.

На рис. 67 показано устройство и размеры арматуры въ плоскомъ покрытїи плотины. Эта плотина была построена взаменъ старой деревянной, и издержки на ея постройку лишь немногимъ превышали стоимость деревянной плотины.

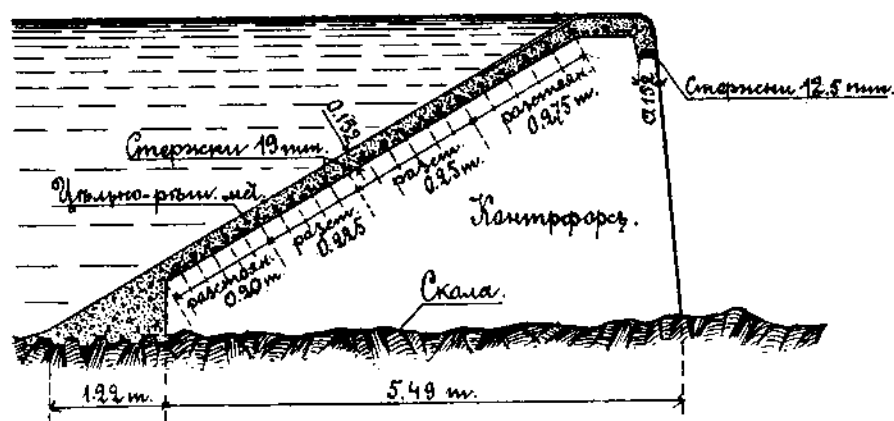


Рис. 67.

Железо-бетонная плотина была построена 10 людьми въ 18 рабочихъ дней, считая время, необходимое для разборки старой плотины и устройства перемычекъ.

Наибольшїй горизонтъ воды достигаетъ высоты 1,83 метра надъ гребнемъ плотины.

Плотина въ Schuylerville (С. А. Сосд. Штаты).—На рис. 68 показанъ поперечный разръзъ железобетонной плотины, высотой отъ 7,50 до 8,50 метр., построенной на скалистомъ грунтѣ. Длина этой плотины 75 метровъ.

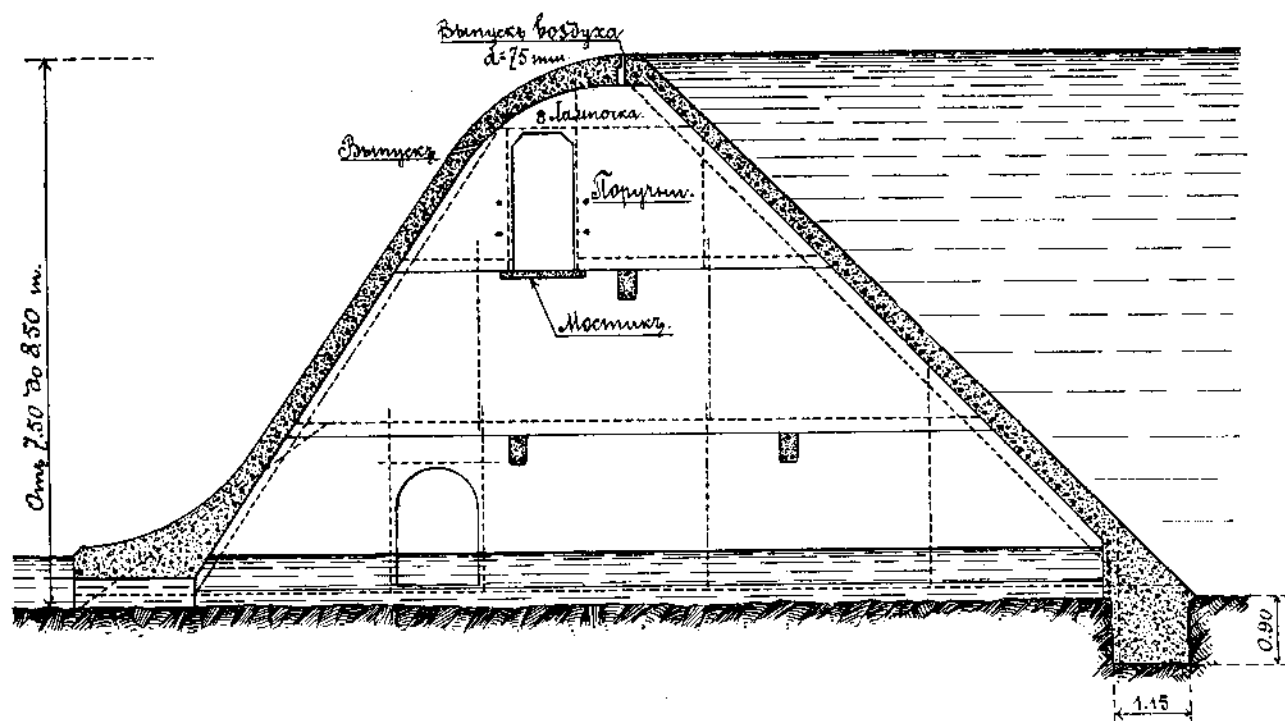


Рис. 68.

Съ верховой стороны стѣна плотины опирается на бетонный фундаментъ размѣромъ 1,50 метр. въ ширину и 0,90 метр. въ глубину; съ низовой же стороны плотина опирается непосредственно на скалу, такъ же какъ и контрфорсы, находящіеся на разстояніяхъ отъ 2,40 до 3,00 метр. ось отъ оси. Единственная подготовительная работа въ данномъ случаѣ состояла только въ промывкѣ поверхности скалы струей воды подъ давленіемъ.

Съ низовой стороны въ стѣнкѣ плотины были оставлены отверстія для выпуска изнутри плотины воды, могущей просачиваться сквозь переднюю стѣнку.

Въ случаѣ половодья внутренность плотины заполнялась водой, до уровня нижняго бьефа. Скала, на которой была основана плстина, имѣетъ много трещинъ съ фильтраціей воды, что, въ случаѣ массивной каменной плотины, могло вызвать давленіе воды снизу, уменьшающее устойчивость сооруженія. Ничего подобнаго не можетъ быть при желѣзо-бетонной плотинѣ описываемой конструкціи.

На рис. 68 можно замѣтить около гребня плотины отверстія діаметромъ 75 мм., цѣль которыхъ дать свободный выходъ воздуху при наполненіи водой внутренности плотины снизу.

Въ контрфорсахъ имѣются отверстія въ видѣ дверей, которыя соединены пѣшеходнымъ мостикомъ по всей длинѣ плотины. Внутренность плотины хорошо вентилируется и освѣщена электрическими лампочками накаливанія.

Этотъ мостикъ представляетъ, между прочимъ, единственное сообщеніе между двумя берегами рѣки.

Толщина контрфорсовъ измѣняется отъ 0,45 метр. внизу до 0,30 метр. вверху. Въ гребнѣ плотины имѣетъ толщину 0,60 метр.

Мосты.

Едва-ли какая-либо другая отрасль инженернаго искусства можетъ представить столько замѣчательныхъ примѣровъ примѣненія желѣзо-бетона, какъ мосты.

Это понятно: до самаго послѣдняго времени мосты строились изъ желѣза и стали; камень и бетонъ употреблялись исключительно для устройства опоръ; для перекрытія-же пролетовъ примѣнялся металлъ. Но металлическія пролетныя части вызываютъ много заботъ и расходовъ на ремонтъ (осмотры и замѣна ослабшихъ заклепокъ, періодическая окраска и т. п.) и все-таки, несмотря на все это, недолговѣчны.

Кромѣ того, въ мостахъ подъ желѣзную дорогу съ металлическими фермами, верхнее строеніе проѣзжей части съ деревянными брусьями также требуетъ большихъ расходовъ на ремонтъ, опасно въ пожарномъ отношеніи, и неудобно въ смыслѣ нарушенія однообразія пути, т. к. послѣдній съ балласта переходитъ сразу на жесткое мостовое полотно.

Поэтому иногда стремились дѣлать перекрытія небольшихъ пролетовъ въ видѣ каменныхъ арокъ, но, вслѣдствіе дороговизны такой кладки и неимѣнія камня во многихъ мѣстностяхъ, эта замѣна не могла имѣть успѣха; да и самая конструкція была непримѣнима для мостовъ сколько-нибудь значительныхъ пролетовъ, вслѣдствіе своей тяжеловѣсности. Съ развитіемъ цементной техники, удешевленіемъ стоимости цемента, и улучшеніемъ его качествъ, бетонъ въ мостовомъ дѣлѣ нашелъ примѣненіе и въ устройствѣ перекрытій арочныхъ мостовъ съ пролетами, иногда довольно большихъ размѣровъ.

За границей существуютъ мосты съ бетонными арками, подъ обыкновенную дорогу, пролетами до 60 метровъ.

Въ Россіи, Владикавказская ж. д., за послѣднее десятилѣтіе, замѣняетъ старые желѣзные мосты каменными съ бетонными сводами, пролетомъ 10 саж. (21,34 метр.); изъ числа такихъ мостовъ можемъ указать два моста черезъ р. Кубань отв. по 60 с., мостъ черезъ р. Урупъ отв. 30 саж., и десятки другихъ однопролетныхъ мостовъ отв. 10 саж. и 5 саж., а также два моста на поймѣ р. Дона отв. 200 и 270 сажень. Кромѣ экономичности постройки такихъ бетонныхъ мостовъ ¹⁾, они имѣютъ еще и другія, весьма важныя, преимущества, именно: 1) однообразіе верхняго строенія пути, на шпалахъ и балластѣ, какъ на насыпи, такъ и на протяженіи всего моста, что облегчаетъ надзоръ и содержаніе пути въ исправности, 2) устраненіе издержекъ на ремонтъ пролетныхъ частей, окраску и т. п., и 3) такъ какъ подвижная нагрузка для бетонныхъ сводовъ имѣетъ небольшое значеніе въ сравненіи съ

¹⁾ По подсчетамъ Управленія Владикавказской ж. д. стоимость указанныхъ выше бетонныхъ арочныхъ мостовъ оказывается ниже стоимости мостовъ съ балочными металлическими фермами на 10%, даже принимая во вниманіе увеличеніе кладки опоръ арочныхъ мостовъ.

собственнымъ вѣсомъ свода, забутки и надсводного заполнения, то такіе мосты не требуютъ перестройки въ случаѣ увеличенія вѣса подвижного состава, что имѣетъ громадное значеніе для металлическихъ фермъ, которыя, кромѣ того, съ теченіемъ времени, ослабѣваютъ отъ ржавчины и износа соединений. Съ изобрѣтеніемъ желѣзо-бетона тяжелые бетонные своды начали уступать мѣсто болѣе легкимъ желѣзо-бетоннымъ мостамъ со сводчатыми или балочными перекрытіями, которыя въ настоящее время уже достигли большого распространенія, особенно въ мостахъ подъ обыкновенныя дороги. Конечно, для мостовъ съ исключительными пролетами, какъ, напр., Фортскій мостъ, примѣненіе металлической конструкціи никогда не потеряетъ своего значенія; то же можно сказать и вообще о мостахъ большихъ пролетовъ, какъ, напр., мостъ черезъ р. Енисей и т. п.

До сего времени сколько-нибудь значительные пролеты (50—60 метровъ) приходится исключительно на долю арочныхъ желѣзо-бетонныхъ мостовъ; балочные же мосты вообще перекрываютъ довольно скромные пролеты; однако, съ развитіемъ желѣзо-бетоннаго строительства появляются новыя системы балочныхъ мостовъ изъ желѣзо-бетона, въ подражаніе металлическимъ раскоснымъ или безраскоснымъ фермамъ, какъ, напр., фермы со спиральной арматурой Консидера и др., о которыхъ будетъ рѣчь впереди.

Далѣе приведемъ описаніе различныхъ мостовъ и виадуковъ, замѣчательныхъ по своимъ размѣрамъ и конструкціи, или могущихъ служить типомъ даннаго рода сооружений, при чемъ всѣ мосты раздѣлимъ на три группы:

- 1) Подъ желѣзныя дороги.
- 2) Подъ обыкновенныя дороги.
- 3) Пѣшеходные мосты,

разсматривая отдѣльно балочные и арочные мосты.

1. Мосты подъ желѣзныя дороги.

Въ мостахъ подъ желѣзную дорогу желѣзо-бетонъ, въ точномъ смыслѣ, примѣнялся вообще для пролетовъ не болѣе 5 метровъ, хотя управленіе желѣзныхъ дорогъ въ Австріи построило нѣсколько мостовъ изъ желѣзо-бетона съ пролетами отъ 10 до 20 метровъ на линіи Waldviertelbahn, которые выдержали всѣ положенныя испытанія и въ настоящее время работаютъ вполне удовлетворительно.

Точно также въ Баваріи за послѣдніе годы построено много виадуковъ подъ желѣзнодорожными путями съ пролетами до 10 метровъ, но въ данномъ случаѣ слово «желѣзо-бетонъ» слѣдуетъ понимать въ довольно широкомъ смыслѣ, т. к. указанныя перекрытія въ Баваріи состоятъ изъ металлическихъ двутавровыхъ балокъ, задѣланныхъ въ массу бетона, на разстояніяхъ отъ 65 до 75 сант. Такая бетонная плита покрывается слоемъ асфальта и засыпается балластомъ, на которомъ укладывается желѣзнодорожный путь. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ бетонъ задѣлываются старые рельсы (напр. Южная ж. д. въ Австріи, Восточно-Китайская ж. д.).

Точно также иногда въ бетонъ задѣлываются цѣлыя фермы металлическихъ мостовъ, подлежащихъ перестройкѣ, что имѣло мѣсто на нѣкоторыхъ Австрійскихъ и Французскихъ желѣзныхъ дорогахъ.

Перейдемъ къ описанію конструкцій желѣзнодорожныхъ мостовъ изъ желѣзо-бетона.

БАЛОЧНЫЕ МОСТЫ.

Таблицы 21, 22, 23 и 24.

Типъ мостика отв. 0,50 саж. на Владикавказской жел. дорогѣ (фиг. 1—4 таблицы 21).— Устон изъ бутовой кладки на цементномъ растворѣ перекрыты желѣзо-бетонными плитами, размѣромъ $0,80 \times 0,40 \times 0,12$ саж. [$1,71 \times 0,85 \times 0,26$ метр.].

Арматура этихъ плитъ двойная симметричная и состоитъ изъ прутьевъ круглаго желѣза діам. $\frac{3}{4}$ " (19 мм.) на разстояніяхъ черезъ 11 сант. и только въ одномъ продольномъ

направленіи. На концахъ эти прутья загнуты и соединены между собою поперечными прутьями того же діаметра.

Составъ бетона 1 ч. цемента и 3 ч. песку.

Плиты изготовлялись заранее въ особыхъ деревянныхъ формахъ и трамбовались въ положеніи плиты на ребрѣ, для удобства укладки продольныхъ стержней арматуры, которые клались по мѣрѣ трамбованія бетона.

Черезъ четыре дня послѣ набивки плиты освобождались отъ формъ и на 2 недѣли помещались въ воду, послѣ чего перевозились и укладывались на опоры. Сверхъ плитъ насыпался слой балласта въ 0,20—0,25 саж. (0,50 метр.), до подошвы рельса. Движеніе по нимъ открывалось, въ среднемъ, не ранѣе чѣмъ черезъ 1 мѣсяць по изготовленіи плитъ.

Такіе мостики особенно удобны въ предѣлахъ станцій, гдѣ, при добавленіи или передвижкѣ путей, легко можно уширить мостикъ добавленіемъ новыхъ плитъ.

Такія перекрытія, устроенныя въ большомъ количествѣ въ 1900—1901 годахъ на Владикавказской ж. д., сохранились превосходно до настоящаго времени.

Намъ извѣстенъ случай схода паровоза рабочаго поѣзда на такомъ мостикѣ при постройкѣ 2-го пути на участкѣ Кавказская—Минеральныя Воды, когда плиты еще не были засыпаны балластомъ, и, несмотря на это, плита выдержала сосредоточенное давленіе отъ колеса паровоза; получилось лишь незначительное поврежденіе верхняго слоя бетона отъ удара колеса паровоза.

Мостики отв. 1,00 и 2,00 саж. на Владикавказской жел. дорогѣ. — На каменныхъ опорахъ устраивается перекрытіе Баварскаго типа, въ видѣ плоской бетонной плиты, въ которую заделаны двутавровыя балки; на концахъ балки соединяются общимъ пруткомъ изъ круглаго желѣза, продѣтымъ въ отверстіи, просверленные въ вертикальныхъ стѣнкахъ балокъ.

Для мостиковъ отв. 1,00 саж. (2,13 метр.) толщина бетонной плиты 0,36 метр. (0,17 саж.); профиль двутавровыхъ балокъ № 27, при чемъ послѣднія расположены на разстояніяхъ 0,50 метра; прутья круглаго желѣза въ концахъ балокъ имѣютъ діаметръ $\frac{3}{4}$ ".

Для мостиковъ отв. 2,00 саж. (4,27 метр.) толщина перекрытія равна 0,45 метр. (0,22 саж.), профиль балокъ № 40. Балки на концахъ и посрединѣ соединены попарно круглыми прутьями діам. 19 мм., какъ показано на фиг. 7. таблицы 21.

Общая конструкція мостика отв. 2,00 саж. показана на фиг. 5 и 6 таблицы 21.

Составъ бетона: 1 ч. цемента, $2\frac{1}{2}$ части песку и 5 ч. гравія, грохоченаго и промытаго.

Перекрытіе приготовлялось на мѣстѣ, на опорахъ. Сверху насыпался слой балласта 0,20—0,25 саж. до подошвы рельса, по которому укладывался путь; движеніе открывалось черезъ 4 недѣли по окончаніи постройки.

Такіе мостики были введены въ употребленіе на Владикавказской ж. дорогѣ съ 1905 года и оказались особенно удобными въ предѣлахъ станціонныхъ площадокъ, при постройкѣ ихъ сразу подъ нѣсколькими путями.

Мосты на Восточно-Китайской ж. дорогѣ. — Желѣзо-бетонныя перекрытія для мостовъ небольшихъ отверстій на Восточно-Китайской ж. дорогѣ примѣнялись въ тѣхъ случаяхъ, когда высота насыпи не позволяла устройства каменныхъ трубъ.

Такіе мосты имѣютъ пролеты въ 1,2, 2,50 и 3 сажени (2,13, 4,27, 5,33 и 6,40 метр.).

Мостики отв. 1,00 саж. (2,13 метр.) перекрыты плитой системы Монье, арматура которой, расположенная только въ нижней части плиты, состоитъ изъ продольныхъ прутьевъ, діам. 19 мм. и поперечныхъ діам. 10 мм., на разстояніяхъ 15 мм. въ обоихъ направленіяхъ.

Толщина плиты равна 0,21 саж. (0,45 метр.).

Пролеты мостовъ другихъ отверстій перекрывались плитами, нижняя поверхность которыхъ представляла плоскость, а верхняя была очерчена по дугѣ круга, что приблизительно соответствуетъ очертанію балки равнаго сопротивленія.

Арматура этихъ плитъ состояла изъ рельсъ, заделанныхъ въ бетонъ въблизи нижней поверхности плиты.

Толщина плиты посрединѣ опредѣлялась въ зависимости отъ пролета и принятой подвижной нагрузки вмѣстѣ съ вѣсомъ балластнаго слоя и собственнымъ вѣсомъ плиты, при чемъ подвижная нагрузка замѣнялась эквивалентнымъ вѣсомъ насыпи высотой 0,75 саж. (1,60 метр.). Напряженіе бетона на сжатіе допускалось въ 10 пуд. на кв. дюймъ (25,39 кил. на кв. см.), а для желѣза на растяженіе принималось отъ 300 до 375 пуд. на кв. дм. (761,73 до 952,17 кил. на кв. см.).

При этихъ условіяхъ толщина плитъ опредѣлилась слѣдующая.

Пролетъ 2,00 саж. (4,27 м.)	толщина 0,24 саж. (51 см.)
» 2,50 » (5,33 »)	» 0,30 » (64 »)
» 3,00 » (6,40 »)	» 0,36 » (77 »)

при разстояніяхъ между рельсами 0,25 саж. (53 сант.).

Толщина на концахъ плиты была одинакова, именно 0,10 саж. (21 сант.).

Поперечной арматуры не было, въ видахъ упрощенія конструкціи. Составъ бетона для этихъ плитъ былъ: на 1 часть цемента 2 части песку и 5 частей гравія или щебня.

Наименьшая толщина балластнаго слоя надъ плитой была принята въ 0,30 саж. (64 сант.), хотя смѣло могла быть уменьшена до 0,20 саж. (43 сант.).

На фиг. 8 и 9 таблицы 21 показана конструкція такого моста съ двумя пролетами по 3,00 саж. (6,40 метр.).

Плиты для перекрытія пролетовъ такихъ мостовъ на Восточно-Китайской ж. дорогѣ устраивались на мѣстѣ, или же заготовлялись отдѣльно и затѣмъ перевозились и укладывались на мѣсто.

Въ первомъ случаѣ движеніе по мосту допускалось черезъ недѣлю послѣ окончанія работъ по устройству перекрытія.

Во второмъ случаѣ способъ производства работъ былъ слѣдующій: каждое перекрытіе составлялось по ширинѣ моста изъ двухъ плитъ; для изготовленія и подачи на мѣсто плитъ устраивался деревянный помостъ и укладывался временный путь. Формы для плитъ устанавливались на особыхъ рамахъ съ колесами, или телѣжкахъ, показанныхъ на фиг. 10 таблицы 21. По окончаніи изготовленія плитъ, онѣ вмѣстѣ съ телѣжками вкатывались на железнодорожную платформу, которая подавалась по временному пути къ мѣсту постройки моста.

Въ виду большого вѣса плитъ для мостовъ пролетомъ 2,50 и 3,00 саж. подъ платформу ставили добавочную ось.

Для накатки плитъ на мѣсто устраивался особый поперечный путь съ подъемомъ на клѣткахъ изъ шпалъ, по которому плита на телѣжкѣ вкатывалась въ соотвѣтствующій пролетъ моста, а затѣмъ опускалась на опоры посредствомъ деревянныхъ подкладокъ и клиньевъ.

Мосты на ж. д. Юра-Симплонъ (Швейцарія). — На линіяхъ Швейцарскихъ желѣзныхъ дорогъ существуетъ много мостовъ изъ желѣзо-бетона небольшихъ пролетовъ, изъ которыхъ, для примѣра, приведемъ описаніе слѣдующихъ трехъ мостовъ:

- 1) Віадукъ въ Creux-Dumas отв. 3,89 метр.
- 2) » въ Grossried отв. 3,65 метр.
- 3) Мостикъ на р. Raisse отв. 4,40 метр.

Первый изъ этихъ мостиковъ построенъ по системѣ Геннебика, а два остальныхъ по системѣ Меллера.

Віадукъ въ Creux-Dumas, построенный на линіи изъ Лозанны въ Женеву, имѣетъ косину въ $65^{\circ}40'$; пролетъ по прямому направленію 3,89 метра.

Прежде на этомъ мѣстѣ существовалъ металлическій мостъ, съ очень слабой фермой, на двухъ высокихъ устояхъ изъ каменной кладки, съ недостаточной глубиной заложения фундаментовъ, отчего устои замѣтно наклонились внутрь по оси моста отъ давленія насыпи.

Для противодействия такому распору земли, устройство свода казалось самым лучшим решением вопроса, но явилось опасение, что горизонтальный распор свода превысит сопротивление устоев опрокидыванию вместе с распором земляной насыпи, что подтвердилось расчетом. Поэтому было одобрено плоское железобетонное перекрытие, которое, не производя горизонтального распора, могло остановить дальнейшее наклонение устоев под влиянием давления земли. В то же время было принято во внимание удобство непрерывности строения двух путей на балласте по мосту.

Пролетные части моста состоят из четырех балок Гёббелка, по одной под каждым рельсом, связанных с устоями посредством кронштейнов, для того, чтобы помешать скольжению покрытия по опорам и увеличить площадь упора балок в стенки устоев.

Конструкция перекрытия этого моста показана на фиг. 1—2 табл. 22. Указанные выше четыре балки Гёббелка сечением $0,55 \times 0,55$ метр. поддерживают сплошную плиту, толщиной 0,16 метр.

Пролетъ перекрытия, по косому направлению, равен 4,25 метра, а по нормальному 3,89 метра.

Ширина моста по верху под 2 пути равна 7,80 метр.

Арматура каждой балки состоит из 6 прутьев круглого железа diam. 38 мм., из которых три прута расположены горизонтально у нижней поверхности балки, а три прута изогнуты от опор к середине, касаясь в средней части балки нижних прутьев. Балка усилена скобами из полосового железа сечением 50×4 мм.

Арматура верхнего плоского покрытия состоит из прутьев диаметра 22 мм. на расстояниях 332 мм. со скобами из полосового железа.

Мостъ этотъ перестраивался в 1898 году безъ перерыва движения.

Стоимость железобетонного перекрытия этого моста 4200 франковъ, что составляет 125 франковъ (47 р. 50 к.) на 1 кв. метръ перекрытой площади.

Первое испытание этого моста было сделано в 1899 году и дало вполне удовлетворительные результаты; второе испытание делалось в 1900 году, при чем наибольший прогибъ в первомъ испытании былъ 0,13 мм., а во второмъ 0,10 мм.

Viaducъ въ Grossried, на линии изъ Берна во Фрибургъ, построенный надъ проезжей дорогой, имеетъ пролетъ въ свѣту 3,65 метра.

Виадукъ этотъ построенъ по системѣ Меллера; детали устройства железобетонныхъ перекрытий показаны на фиг. 3—4 таблицы 22.

Плоское покрытие, въ видѣ плиты, толщиной 0,25 метр., подъ два пути, общей ширины 8 метровъ, поддерживается четырьмя продольными балками съ криволинейнымъ очертаниемъ нижней поверхности, что характеризуетъ систему Меллера.

Арматура каждой балки состоит изъ двухъ железныхъ полосъ, сечениемъ 300×13 мм., сверху которыхъ приклепаны поперечные уголки $70 \times 70 \times 11$ мм.

Арматура верхней плиты состоит изъ таврового железа сечениемъ $\frac{125 \times 8}{60 \times 5}$, расположенного въ поперечномъ направленіи на расстоянияхъ 0,35 метра и опирающихся концами на двѣ полосы сечения 150×8 мм.

Мостикъ этотъ построенъ в 1900—1901 году.

Стоимость его 96 франковъ (36 р. 40 к.) на 1 кв. метръ железобетонного покрытия.

Мостикъ на р. Raisse на линии изъ Лозанны въ Невшатель также построенъ по системѣ Меллера и по конструкціи подобенъ предыдущему.

Пролетъ его 2,90 метра, полная ширина подъ два пути 7,75 метра.

Плоское покрытие, толщиной 0,23 метра, поддерживается четырьмя вышуклыми ребрами снизу, съ арматурой изъ двухъ полосъ сечения 250×10 мм. въ каждомъ, съ приклепанными къ нимъ поперечными уголками $70 \times 70 \times 11$ мм.

Арматура плоской плиты состоит изъ ряда полосъ сечения 50×8 мм., расположенныхъ поперекъ моста и опирающихся концами на двѣ продольныя полосы.

Этот мостъ построенъ въ 1901 году подъ 2 пути. Стоимость желѣзо-бетоннаго перекрытія 61 фр. (23 р. 18 к.) на 1 кв. метръ.

Кромѣ этихъ мостовъ мы можемъ указать еще слѣдующіе мостики, построенные на тѣхъ-же швейцарскихъ дорогахъ, именно:

Виадукъ надъ проѣзжей дорогой въ Vaudегенс на линіи Лозанна-Фрейбургъ, пролетомъ въ свѣту 3,70 метр. Виадукъ этотъ построенъ по системѣ Геннебика подъ 2 пути. Полная ширина его 8,40 метр. Отдѣльныхъ продольныхъ балокъ не имѣется.

Арматура состоитъ изъ парныхъ прутьевъ (нижній прямой, верхній изогнутый) діаметра 20 мм., на разстояніяхъ 15 сантим., со скобами изъ полосового желѣза 40×2 мм.

Мостъ построенъ на кривой и потому желѣзо-бетонному покрытію приданъ соответствующій поперечный уклонъ.

Мостъ построенъ въ 1901 году; стоимость перекрытія 120 франковъ на 1 кв. метръ.

Виадукъ близъ Aigle et Ivogne на линіи Лозанна-Симплонъ, пролетомъ 3,70 метр., построенъ по системѣ Вальера.

Полная ширина моста подъ 2 пути 8,90 метра, толщина желѣзо-бетонной плиты 0,55 м. посреди пролета и 0,50 м. на опорахъ; балокъ не имѣется.

Арматура состоитъ изъ продольныхъ прутьевъ діам. 22 мм., поперечныхъ діам. 12 мм. и вертикальныхъ связей изъ проволоки діаметра 8 мм., расположенной зигзагообразно.

Устройство арматуры системы Вальера (Vallière) показано на рис. 69.

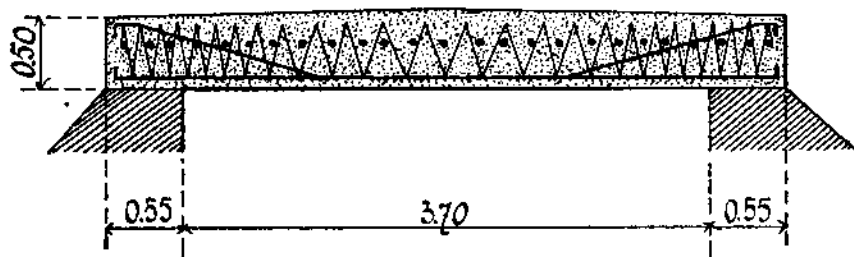


Рис. 69. Арматура системы Вальера.

Стоимость покрытія 72 франка за 1 кв. метръ.

Мостики на Меридіональной ж. дорогѣ въ Италіи.—Типъ мостика, съ плоскимъ желѣзо-бетоннымъ перекрытіемъ, принятый на Меридіональной желѣзной дорогѣ въ Италіи, представленъ на фиг. 5—6 таблицы 22.

Арматура желѣзо-бетонной плиты состоитъ изъ продольныхъ прутьевъ круглаго желѣза, прямыхъ, въ шахматномъ порядкѣ, у нижней и верхней поверхности плиты и изогнутыхъ, какъ въ системѣ Геннебика, помѣщенныхъ въ одной плоскости съ нижними прямыми стержнями.

Въ поперечномъ направленіи расположена двойная симметричная арматура, также изъ прутьевъ круглаго сѣченія.

Продольные и поперечные прутья, въ обоихъ направленіяхъ, расположены на одинаковыхъ разстояніяхъ, 20 сантим.

Бетонъ сверху покрытъ асфальтомъ, толщиною 2 сантим., поверхъ котораго насыпанъ слой песку, а сверху проложенъ путь на балластѣ.

Толщина перекрытія и сѣченія частей арматуры опредѣляются въ зависимости отъ пролета, и численныя значенія этихъ величинъ, обозначенныя на фиг. 5—6 таблицы 22 буквами, представлены ниже:

Значеніе буквъ.		Пролеты въ метрахъ.			
		2.50	3.00	3.50	4.00
Длина опорной части плиты	<i>a</i>	0.55	0.60	0.60	0.65
Разстояніе отъ края плиты до верхняго сгиба продольнаго стержня	<i>b</i>	0.65	0.70	0.70	0.75
Длина горизонтальной части изогнутаго прута у нижней поверхности плиты	<i>c</i>	0.70	0.85	0.85	0.85
Толщина плиты	<i>h</i>	0.28	0.30	0.33	0.40
Діаметръ продольныхъ прямыхъ стержней мм. .	<i>d₁</i>	23	27	30	32
Діаметръ изогнутыхъ продольныхъ стержней мм.	<i>d₂</i>	18	22	25	25
Діаметръ поперечныхъ стержней мм.	<i>d₃</i>	18	27	30	32
Разстояніе отъ верхней или нижней поверхности плиты до продольныхъ стержней арматуры мм.	<i>e</i>	12	12	14	14
Съченіе вертикальныхъ связей изъ полосового же- лѣза мм.	<i>n</i>	35×3	35×4	35×4	36×3
		160	160	160	170
		185	180	180	190
		235	215	200	220
		400	280	250	270
		540	390	340	330
		$\frac{2}{2}$	$\frac{550}{2}$	$\frac{420}{2}$	$\frac{800}{2}$
Разстояніе между вертикальными связями, начи- ная отъ опоръ на одной половинѣ пролета мм.					

Балочные виадуки на желѣзной дорогѣ Клевелендъ-Цинцинати-Чикаго-Санъ-Луи.—Въ 1906 г., въблизи города Lawrenceville въ штатѣ Иллинойсъ, были построены три виадука черезъ долины на линіи желѣзной дороги Клевелендъ-Цинцинати-Чикаго-Санъ-Луи. Конструкція этихъ трехъ виадуковъ вполне одинакова, за исключеніемъ ихъ длины, и состоитъ изъ перекрытій пролетомъ 20 футовъ (6,10 метр.), съ балками и плоскимъ поломъ изъ желѣзо-бетона, на такихъ же опорахъ.

Полная длина перваго виадука 1217 фут. 9 дюйм. (52 пролета), втораго виадука 739 фут. (32 пролета) и третьяго 280 фут. 9 дюйм. (12 пролетовъ), такъ что общая длина всѣхъ трехъ виадуковъ составляетъ 2237 фут. 6 дюймовъ, или около 685 метровъ.

Эта конструкція представляетъ наиболѣе крупный примѣръ примѣненія желѣзо-бетона для желѣзнодорожныхъ мостовъ.

На фиг. 1 и 2 таблицы 23 показана часть фасада и плана одного изъ этихъ виадуковъ.

Каждый пролетъ перекрытъ двумя балками, высотой 5 фут. 4 дюйм. (1,63 метр.) и толщиной 2 фута (0,61 метр.), посрединѣ высоты которыхъ расположенъ плоскій полъ, толщиной 21 дюймъ (0,53 метр.).

Расположеніе и размѣры арматуры въ балкахъ и плоской плитѣ показаны на фиг. 3—5 таблицы 23.

На концевыхъ устояхъ виадука и на каждомъ четвертомъ (утолщенномъ) быкѣ имѣется горизонтальный шовъ для свободнаго скольженія покрытія при его расширеніи отъ измѣненій температуры.

Для этой цѣли на поверхности шва въ быкѣ задѣланы въ бетонъ короткіе куски старыхъ рельсовъ по направленію оси моста; точно такіе же рельсы задѣланы и на концахъ балочнаго покрытія, но въ направленіи перпендикулярномъ къ продольной оси моста, какъ можно видѣть на фиг. 3 и 5 таблицы 23. Для полученія непосредственнаго соприкасання между рельсами верхняго и нижняго ряда, головки ихъ выступаютъ изъ бетона на $\frac{1}{8}$ дюйма, а полученный такимъ образомъ шовъ въ $\frac{1}{4}$ дюйма между балкой и опорой заполняется прокладкой изъ войлока.

Кромѣ того, на каждомъ четвертомъ быкѣ имѣются еще вертикальные швы: одинъ въ балкахъ и плоскомъ перекрытіи, нормально къ продольной оси моста, для свободнаго расширенія покрытія, и два шва параллельно оси моста по наружнымъ плоскостямъ балокъ, для свободы скольженія покрытія, что видно на планѣ (фиг. 2 табл. 23).

Первый изъ этихъ швовъ заполненъ двойнымъ слоемъ войлока, недоходящимъ на 2 дюйма до верха балки, а затѣмъ залитъ асфальтомъ. Детали устройства этихъ швовъ представлены на фиг. 6—10 табл. 23.

Составъ бетона въ различныхъ частяхъ виадука слѣдующій:

для фундаментовъ: 1 ч. цемента, $9\frac{1}{2}$ ч. гравія,

» опоръ: 1 ч. цемента, $6\frac{1}{2}$ ч. гравія,

» балокъ и пола: 1 ч. цемента, 2 ч. крупнаго песку и 4 ч. гравія.

МОСТЫ СО СНЕВАЗНЫМИ ФЕРМАМИ.

Все описанные выше мостики и виадуки, вообще говоря, не представляютъ ничего замѣчательнаго ни по величинѣ пролетовъ, ни по конструкціи, и показываютъ только, съ одной стороны, съ какою осторожностью Управленія всѣхъ Европейскихъ желѣзныхъ дорогъ относятся къ балочнымъ перекрытіямъ мостовъ изъ желѣзо-бетона, а съ другой стороны непрактичность примѣнявшихся системъ балочныхъ перекрытій въ видѣ плоскихъ плитъ и сплошныхъ балокъ, такъ какъ толщина и вѣсъ такого перекрытія сильно возрастаютъ съ увеличеніемъ пролета, что одновременно стѣсняетъ свободное пространство подъ мостомъ и сильно увеличиваетъ стоимость моста.

Поэтому до сего времени даже американскія дороги, несмотря на массовое примѣненіе желѣзо-бетона, не пошли далѣе пролетовъ въ 5—6 метровъ для балочныхъ мостовъ.

Здѣсь мы видимъ полную аналогію съ желѣзными мостами со сплошными клепаными стѣнками; точно также такіе фермы примѣняются только для небольшихъ пролетовъ и, на примѣръ, теперь никому не придетъ въ голову примѣнить столь примитивную конструкцію для устройства моста большого пролета, въ родѣ извѣстнаго трубчатого моста «Британія» черезъ Менейскій проливъ, представляющаго нынѣ курьезъ строительнаго искусства.

Но безспорно, что при небольшихъ пролетахъ желѣзо-бетонные мосты имѣютъ большія преимущества передъ металлическими во многихъ отношеніяхъ, что было уже указано ранѣе, именно, упраздненіе заботъ и расходовъ на смѣну мостовыхъ брусьевъ, окраску, удобство непрерывности и однообразія пути на балластѣ и т. п.

Ко всему этому присоединяется еще немаловажное преимущество желѣзо-бетонныхъ перекрытій надъ проѣзжими дорогами или улицами, такъ какъ здѣсь устранена возможность протеканія воды отъ дождя или съ подѣздовъ, а также мазута при нефтяномъ отопленіи паровозовъ и т. п. явленій, крайне непріятныхъ для проѣзжающихъ подъ мостомъ.

Возвращаясь къ вопросу о возможности для желѣзо-бетонныхъ балочныхъ перекрытій мостовъ, перешагнуть предѣльный пролетъ 6 метровъ, мы должны указать на нѣкоторыя

попытки примѣненія желѣзо-бетона къ устройству фермъ большихъ пролетовъ въ подражаніе металлическимъ конструкціямъ, изъ которыхъ можно указать на фермы системы Визинтини (простая рѣшетчатая система), параболическія фермы со спиральной арматурой Консидера (мостъ въ Иври, Франція); фермы жесткой системы, безъ раскосовъ, въ подражаніе металлическимъ фермамъ Vierendeel'я (мостъ въ Purfleet, Англія).

Описанія этихъ конструкцій приведены ниже.

Система Визинтини. — На рис. 70 показана балка системы Visintini, архитектора въ Цюрихѣ. Эта балка представляетъ изъ себя рѣшетчатую балочную ферму съ двумя параллельными поясами и простой системой раскосовъ подъ угломъ 45° .

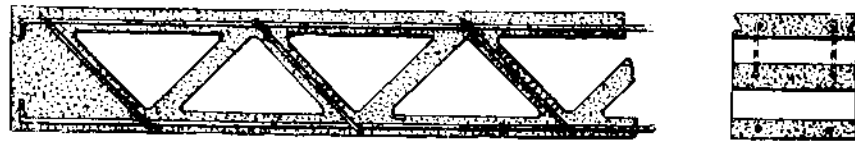


Рис. 70.—Балка системы Визинтини.

Пояса, а также вытянутые раскосы, имѣютъ арматуру изъ стержней круглаго, или полосового сѣченія.

Высота балокъ обыкновенно равна $\frac{1}{20}$ пролета. Изготовленіе этихъ балокъ довольно просто: на гладкомъ дощатомъ полу ставятся на ребро двѣ доски параллельно другъ другу и между ними въ опредѣленномъ положеніи помѣщается заранее связанный каркасъ; затѣмъ устанавливаются треугольныя деревянные формы, для образованія пустотъ въ рѣшеткѣ, и все это заполняется трамбованнымъ бетономъ.

Треугольныя формы, наиболѣе цѣнныя, вынимаются вскорѣ послѣ окончанія схватыванія бетона, для изготовленія слѣдующихъ балокъ, что даетъ значительную экономію въ формахъ и допускаетъ непрерывное изготовленіе балокъ; доски же остаются до окончательнаго затвердѣнія бетона.

Черезъ 2 недѣли изготовленныя балки смѣло выдерживаютъ доставку на мѣсто работъ.

Перекрытіе моста устраивается изъ готовыхъ балокъ, уложенныхъ рядомъ вплотную другъ къ другу, при чемъ щели между балками замазываются цементнымъ растворомъ, для чего въ верху балокъ оставляются лазы въ видѣ ласточкинаго хвоста, какъ показано на рис. 70. Какъ видимъ, въ сущности это та же система Невилля (см. рис. 45), но съ небольшимъ измѣненіемъ арматуры и способа примѣненія такихъ балокъ.

Испытанія балокъ этой системы дали прекрасные результаты, слѣдствіемъ которыхъ появились примѣненія ихъ къ устройству нѣкоторыхъ мостовъ подѣ обыкновенную дорогу. Конечно, можно указать на возможность примѣненія балочныхъ фермъ такого типа и къ желѣзнодорожнымъ мостамъ, при условіи нѣкоторыхъ измѣненій конструкціи, напр., увеличеніи высоты фермы до $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{8}$ пролета, а также примѣненіи для сжатыхъ частей, поясовъ и раскосовъ или стоекъ, спиральной арматуры системы Консидера, къ описанію которой мы сейчасъ переходимъ.

Система Консидера. —Блестящія теоретическія изслѣдованія и опыты надъ желѣзо-бетономъ, сдѣланныя французскимъ инженеромъ des ponts et chaussées Консидеромъ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ, привели его къ мысли примѣнить арматуру въ видѣ обручей или спирали изъ проволоки, заложеной въ бетонъ на нѣкоторую глубину для предохраненія ея отъ ржавчины.

Мы уже указали на эту систему въ своемъ мѣстѣ (см. рис. 54—55). Опыты надъ этой системой обнаружили замѣчательныя свойства бетона съ такой арматурой, названнаго Консидеромъ *beton frelté*.

Результаты этихъ опытовъ, изложенные въ докладѣ Парижской Академіи Наукъ въ 1902 году ¹⁾, могутъ быть выражены въ слѣдующихъ положеніяхъ:

¹⁾ См. «Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences». 1902. В. Акимовъ. Желѣзо-бетонъ. Теорія и расчетъ. СПб. 1905 г., стр. 60—70.

1) Бетонъ безъ арматуры или съ обыкновенной арматурой типа Гённебика, съ продольными прутьями и поперечными связями, разрушается подъ давленіемъ при маломъ измѣненіи длины и почти безъ всякихъ предварительныхъ признаковъ разрушенія. Бетонъ же со спиральной арматурой до раздробленія можетъ выдержать значительно большую нагрузку и разрушается гораздо позднѣе появленія трещинъ на поверхности бетона, служащихъ признакомъ приближенія разрушенія.

2) Сопротивленіе раздробленію отъ сжатія бетона со спиральной арматурой равно суммѣ трехъ слѣдующихъ величинъ:

а) сопротивленія раздробленію бетона безъ арматуры.

б) сопротивленія сжатію продольной арматуры, напряженной до предѣла упругости.

в) сопротивленія, которое оказала бы нѣкоторая воображаемая продольная арматура, напряженная до предѣла упругости, при объемѣ металла равномъ 2,4 объема металла спиральной арматуры.

3) Для полученія всѣхъ этихъ свойствъ бетона арматура должна представлять частую сѣтку съ возможно меньшимъ числомъ стыковъ; этому условію удовлетворяетъ гелисоидальная (цилиндрическая) спираль, шагъ которой равенъ отъ $\frac{1}{7}$ до $\frac{1}{10}$ діаметра, въ соединеніи съ продольными прутьями, что даетъ непрерывную сѣть, хорошо сопротивляющуюся боковому выпучиванію. Уромное сопротивление сжатію такой системы, по сравненію съ обыкновенными конструкціями, какъ уже было сказано, подтверждено многочисленными опытами. При разрушеніи бетона со спиральной арматурой всегда при нѣкоторой нагрузкѣ, которая больше предѣла упругости, но меньше разрушающаго груза, слой бетона, покрывающій спирали, сначала трескается, а затѣмъ облупливается и оставляетъ открытой металлическую арматуру, что служитъ признакомъ приближенія момента разрушенія.

На основаніи такихъ замѣчательныхъ результатовъ своихъ опытовъ, Консидеръ вывелъ заключеніе, что бетонъ со спиральной арматурой вполне пригоденъ для конструирования сквозныхъ мостовыхъ фермъ, и въ доказательство возможности такого предположенія спроектировалъ балочный параболическій мостъ въ Plougastel, съ тремя пролетами, изъ коихъ одинъ въ 60 метровъ.

Для провѣрки же принятыхъ имъ коэффициентовъ прочности онъ построилъ модель пролета въ 60 метровъ, въ $\frac{1}{3}$ натуральной величины и подвергъ ее испытанію до полного разрушенія. Къ описанію этихъ опытовъ мы и переходимъ.

Мостъ въ Иври на ж. д. Парижъ-Орлеанъ. — Такъ какъ было бы неосторожно выполнить столь серьезное сооруженіе, какъ мостъ Plougastel, совершенно новой конструкціи, безъ предварительныхъ испытаній, то Консидеръ рѣшилъ, вмѣсто требуемаго сооруженія, которое можно нагрузить лишь до предѣла, не превышающаго его прочнаго сопротивленія, сдѣлать его модель въ $\frac{1}{3}$ натуральной величины и подвергнуть ее опытамъ до разрушенія. Опыты эти, на самомъ дѣлѣ, какъ увидимъ далѣе, показали нѣкоторыя слабыя стороны конструкціи и указали, какія предосторожности нужно соблюдать при выполненіи проекта даннаго сооруженія.

Такимъ образомъ мостъ для испытанія былъ сдѣланъ пролетомъ 20 метровъ, что составляетъ $\frac{1}{3}$ средняго пролета проектируемаго моста; въ такомъ же отношеніи были уменьшены размѣры и всѣхъ остальныхъ частей конструкціи. Конечно, полученная ферма не могла бы служить мостомъ для пролета 20 метровъ: это была только модель моста въ 60 метровъ. Испытанія этого моста производились на станціи Иври (ж. д. Парижъ-Орлеанъ).

Каждая изъ двухъ фермъ, поддерживающихъ проѣзжую часть шириной 2,50 метра, состояла изъ параболической арки, пролетомъ 20 метровъ и подъемомъ 2,30 метра, и горизонтальнаго нижняго пояса, съ которымъ арка соединена вертикальными стойками, на разстояніяхъ 1,54 м. другъ отъ друга, и раскосами (фиг. 1 табл. 24).

Опорныя подушки изъ литого желѣза, представляющія какъ-бы пятовые подушки арки, связаны между собою затяжками, служащими арматурой для нижняго пояса.

Во всѣхъ панеляхъ, кромѣ двухъ крайнихъ съ каждой стороны, верхніе пояса связаны вѣтровыми связями, состоящими изъ распорокъ и діагоналей.

Проѣзжая часть состоитъ изъ сплошного желѣзо-бетоннаго покрытія толщиной 7 сант., поддерживаемаго поперечными балками въ каждомъ узлѣ нижняго пояса.

Сжатый поясъ фермы былъ восьмиугольнаго сѣченія, діаметромъ 25 сант., съ продольной арматурой изъ 8 прутьевъ діам. 11 мм. и спиральной арматурой изъ проволоки діам. 9,5 мм., навитой на цилиндръ діаметромъ 20 сант., при среднемъ разстояніи между витками спирали отъ 31 до 36 миллиметровъ.

Средняя панель имѣла нѣсколько уменьшенное сѣченіе, но болѣе сильную арматуру, что пригодно для сооружений большихъ пролетовъ, гдѣ играетъ большую роль собственный вѣсъ стержней.

Діаметръ сѣченія въ этой панели былъ 20 сант., а спиральная арматура изъ проволоки 11 мм., навитой на цилиндръ діаметромъ 16 сант., при разстояніи между витками около 25 миллиметровъ.

Для устраненія возможности продольнаго изгиба стержня такого малаго діаметра, по срединѣ панели была сдѣлана вспомогательная полустойка (фиг. 1 таб. 24), которая однако, впоследствии, сама была причиной прогиба этой части пояса.

Вытянутый поясъ также восьмиугольнаго сѣченія, діаметра 25 сант., имѣлъ продольную арматуру изъ 37 стержней діам. 13,3 мм., и спиральную арматуру изъ проволоки діам. 4 мм., при чемъ витки этой спирали находились на большемъ разстояніи въ среднихъ частяхъ панелей; вблизи же узловъ разстояніе между витками было гораздо меньше, такъ какъ они имѣли назначеніе препятствовать выдергиванію продольныхъ стержней изъ нижняго пояса при дѣйствіи усилій по направленію стоекъ и раскосовъ, продольные стержни которыхъ были связаны съ арматурой нижняго пояса.

Арматура *стоекъ* состояла изъ 4 круглыхъ прутьевъ діаметра 15 мм., а въ раскосахъ изъ 4 прутьевъ діам. 11 мм.

На фиг. 3 и 4 показано соединеніе частей рѣшетки съ поясами.

Соединеніе это было выполнено строго по проекту въ нижнихъ узлахъ; въ верхнихъ же узлахъ, вслѣдствіе ошибки, многіе стержни не доходили до центра сѣченія пояса и не были глубоко заѣланы въ массу бетона пояса, что ускорило разрушеніе моста. Что касается проѣзжей части, то нижніе продольные стержни арматуры поперечинъ были просунуты между продольными стержнями арматуры нижняго пояса и за нихъ были заѣланы нижніе концы продольныхъ стержней стоекъ, загнутые крючками, какъ видно на фиг. 3 табл. 24.

Исполненіе работъ отличалось нѣкоторыми особенностями, на которыя полезно обратить вниманіе.

Какъ выше было сказано, предполагалось построить ферму не для перекрытія 20-метроваго пролета, а для того, чтобы на ней, какъ на модели, испытать качества такой конструкции, которую можно было бы примѣнить для сооруженія большаго пролета, гдѣ играетъ большую роль уменьшеніе собственного вѣса сооруженія. Что касается вытянутыхъ частей, то было обращено особое вниманіе на надлежащее положеніе въ бетонѣ металлическихъ стержней; если-бы стержни, составляющіе арматуру вытянутыхъ частей, не были параллельны направленію растягивающихъ ихъ силъ, то можно было-бы опасаться, что они выпрямятся въ моментъ приложенія силы и вызовутъ появленіе деформаций и даже трещины въ окружающемъ ихъ бетонѣ. Во избѣжаніе этого достаточно предварительно подвергнуть вытянутыя части сооруженія нѣкоторому усилію и набивать бетонъ лишь послѣ того, какъ стержни получатъ положеніе, въ которомъ они окончательно должны находиться.

Чтобы произвести необходимое натяженіе въ стержняхъ арматуры нижняго пояса, пользовались слѣдующимъ простымъ приспособленіемъ: опорными частями въ кружалахъ, воспринимавшихъ на себя распоръ, производимый послѣдними, служили опорныя подушки фермы, соединенныя между собой, вмѣсто затяжки, стержнями арматуры нижняго пояса. Такимъ образомъ, во-первыхъ, получали экономію въ стоимости кружалъ, а во-вторыхъ, придали стержнямъ арматуры желательное натяженіе.

Когда кружала были установлены, сдѣлали деревянные формы для набивки различныхъ частей моста, при чемъ сначала изготовили стойки и раскосы, потомъ сжатый и вытянутый поясъ и, наконецъ, верхнія вѣтровыя связи. Послѣ всего была устроена проезжая часть.

Такъ какъ, благодаря малымъ, сравнительно, размѣрамъ испытываемаго моста, вѣсъ его не могъ вызвать достаточное натяженіе въ арматурѣ нижняго пояса, то кружала были нагружены рельсами, вѣсомъ въ 5 тоннъ.

Только послѣ того какъ арматура была правильно и хорошо натянута, произвели набивку бетона въ вытянутыхъ частяхъ.

Само собой разумѣется, что всѣ эти предосторожности не были бы нужны, если бы строился обыкновенный мостъ, отверстіемъ въ 20 метровъ, при большемъ вѣсѣ сооруженія.

Для сжатыхъ частей составъ бетона былъ: 800 кил. цемента на 800 литровъ мелкаго гравія и 400 литровъ песка, что составляетъ 625 кил. цемента на 1 куб. метръ бетона въ дѣлѣ. Такое увеличенное содержаніе цемента было принято въ виду малыхъ размѣровъ гравія: 12—15 мм.; въ обыкновенномъ сооруженіи размѣры гравія были бы около 25 мм. и количество цемента можно было бы уменьшить; извѣстно, что, увеличивая размѣры гравія, одновременно уменьшаютъ объемъ пустотъ и, слѣдовательно, количество цемента, необходимое для заполнения ихъ.

Для стоекъ и раскосовъ, а также вытянутаго нижняго пояса, взято 600 кил. цемента на тотъ же объемъ смѣси песка и гравія, а для проезжей части и вѣтровыхъ связей количество цемента было уменьшено до 300 килограммовъ.

Постройка моста была окончена 28 іюля, а испытаніе произведено въ срединѣ ноября, т.-е. спустя $3\frac{1}{2}$ мѣсяца послѣ окончанія работъ, при благопріятной температурѣ 10—12° С., что позволило не вводить въ результаты наблюденій поправки отъ вліянія измѣненій температуры.

Испытаніе моста было начато съ несимметричной нагрузки, расположенной такъ, чтобы вызвать напряженіе въ 10 кил. на кв. сант. въ арматурѣ раскосовъ, ближайшихъ къ срединѣ моста.

Съ этой цѣлью помѣстили сначала на половинѣ моста нагрузку въ 12,10 тоннъ изъ рельсовъ длиною 4,5 метра, расположенныхъ въ продольномъ направленіи, чтобы такимъ образомъ передать всю нагрузку на проезжую часть и избѣжать появленія мѣстнаго изгиба въ соответственныхъ вытянутыхъ поясахъ.

Слѣдующій рядъ рельсовъ былъ положенъ поперекъ перваго, и такимъ образомъ нагрузку на половинѣ моста довели до 34 тоннъ, при чемъ въ узлахъ не было замѣчено никакихъ слѣдовъ дѣйствія нагрузки.

Послѣ этого нагружали мостъ только симметричной нагрузкой, равномерно распределенной по всему пролету.

Къ этой нагрузкѣ слѣдуетъ прибавить еще собственный вѣсъ моста, равный 25 тоннамъ. Деформации измѣрялись приборами Manet-Rabut, применяемыми обыкновенно при измѣреніи деформаций металлическихъ сооружений. Определенный на основаніи этихъ измѣреній коэффициентъ упругости желѣзо-бетона для поясовъ измѣняется отъ 3×10^5 до 2×10^5 , а для стоекъ и раскосовъ отъ 2×10^5 до $1,5 \times 10^5$.

Въ слѣдующей таблицѣ указаны полученные напряженія въ сжатыхъ поясахъ при разныхъ нагрузкахъ.

При нагрузкѣ въ 60 тоннъ стрѣла прогиба оказалась въ 10,63 мм., т.-е. $\frac{1}{2000}$ пролета.

При нагрузкѣ въ 180 тоннъ были замѣчены первые признаки разрушенія въ разныхъ частяхъ сооруженія. На разстояніи одной трети отъ опоръ при этой нагрузкѣ въ вытянутыхъ частяхъ появились едва замѣтныя волосныя трещины.

Въ это-же время четыре каменныхъ устойка моста осѣли неравномерно, такъ что получилось перекашиваніе моста по діагонали. Чтобы хотя отчасти исправить это, откопали землю изъ-подъ двухъ другихъ опорныхъ столбовъ, менѣе осѣвшихъ.

	Сѣченіе во всѣхъ панеляхъ, кромѣ средней.		Сѣченіе средней панели (усиленное).	
	Полное сѣченіе.	Ядро, ограниченное спиралью.	Полное сѣченіе.	Ядро, ограниченное спиралью.
Форма сѣченія	восьмнуг	кругъ	восьмнуг.	кругъ
	0,25 м.	0,20 м.	0,20 м.	0,16 м.
Площадь сѣченія	518 см. ²	314 см. ²	333 см. ²	201 см. ²
Напряженіе кил. на 1 кв. сант. (включая собственный вѣсъ моста):				
1) при нагрузкѣ 10 тоннъ.	10,5	17,3	16,3	27,0
2) » » 60 »	89,2	147,0	138,5	229,8
3) » » 180 »	215,2	354,6	334,0	554,3
4) » » 200 »	236,0	389,0	436,0	608,0
5) » » 241 »	279,0	460,0	534,0	719,0

При нагрузкѣ въ 200 тоннъ увеличились всѣ замѣченныя раньше трещины; кромѣ того, въ стержняхъ съ уменьшеннымъ сѣченіемъ слой бетона, покрывавшій спиральную арматуру, началъ лупиться; въ немъ стали образовываться трещины, потому онъ сталъ отслаиваться и такимъ образомъ почти вся спиральная арматура обнажилась.

При нагрузкѣ въ 241 тонну произошло разрушеніе моста слѣдующимъ образомъ.

Пять спиралей въ первомъ узлѣ верхняго пояса одной фермы лопнули, при чемъ въ мѣстахъ разрыва проволока была замѣтно суженіе сѣченія. Вслѣдствіе этого бетонъ, лишенный арматуры, былъ раздробленъ и произошелъ сдвигъ его. Это явленіе, сопровождавшееся ясно слышимымъ трескомъ, произошло почти одновременно съ разрушеніемъ верхняго пояса въ обѣихъ панеляхъ другой фермы, близъ опоры.

Вытянутые пояса фермъ остались почти неповрежденными, хотя и получили значительный прогибъ.

Болѣе значительныя поврежденія оказались въ частяхъ рѣшетки съ обыкновенной продольной арматурой. Стойки и раскосы двухъ первыхъ панелей были совершенно разрушены и представляли лишь обломки бетона, висящіе на сильно искривленной арматурѣ.

Итакъ можно утверждать, что какъ-бы ни была велика нагрузка, разрушеніе моста произошло раньше времени вслѣдствіе мѣстныхъ недостатковъ въ самомъ изготовленіи фермъ, въ чемъ можно было убѣдиться по удаленіи бетона съ поврежденныхъ частей, такъ что полученные результаты, съ полнымъ правомъ, могутъ считаться за минимумъ того, чего можно ожидать отъ такихъ сооружений. Результаты испытаній моста въ Иври блестящимъ образомъ доказали замѣчательное сопротивленіе, упругость и гибкость такого рода конструкцій.

Здѣсь слѣдуетъ указать еще на одно преимущество бетонныхъ фермъ передъ металлическими, именно болѣе быстрое прекращеніе колебаній при динамическомъ дѣйствіи нагрузки, вслѣдствіе большей массы желѣзо-бетоннаго сооруженія и лучшей связи между его отдѣльными частями.

Интересно также отмѣтить, что бетонъ обвитого спиралью стержня средней верхней панели выдержалъ давленіе въ 719 килограммовъ на кв. сант., несмотря на мѣстный прогибъ, вызванный присутствіемъ описанной въ свое время полустойки. При этихъ условіяхъ другой, негибкій матеріалъ разрушился бы гораздо ранѣе.

Изъ бетонъ со спиральной арматурой всегда можно заранее узнать о приближеніи опасности разрушенія по откалыванію наружнаго слоя бетона, что нисколько не вредитъ сооруженію, но указываетъ лишь на перенапряженіе въ данной части сооруженія, которую всегда легко усилить безъ большихъ издержекъ.

Достаточно отбить потрескавшійся бетонъ и навернуть вокругъ прежней спирали новую, которую затѣмъ покрыть растворомъ, образующимъ новую оболочку.

Если усиленіе должно быть сдѣлано въ узлѣ, то просверливаютъ бетонъ въ стойкахъ и раскосахъ, чтобы пропустить сквозь него проволоку спирали.

Изъ всего этого слѣдуетъ, что желѣзо-бетонныя фермы описаннаго типа вполне пригодны для перекрытія мостовъ съ довольно большими пролетами.

Безраскосныя фермы жесткой системы. — Испытанія моста въ Иври вполне доказали пригодность желѣзо-бетона для постройки сквозныхъ балочныхъ фермъ; но Консидеръ построилъ ферму съ раскосами, обыкновеннаго типа металлическихъ мостовъ, тогда какъ для желѣзо-бетона, повидимому, удобнѣе и рациональнѣе конструкція фермъ совершенно безъ раскосовъ. Чтобы пояснить эту мысль, обратимся на нѣкоторое время къ металлическимъ фермамъ.

Когда начали строить рѣшетчатые желѣзные мосты, то цѣликомъ копировали рѣшетку деревянныхъ американскихъ мостовъ, напр. системы Тауна и др. Поэтому первое время рѣшетка была очень густая; постепенно, по мѣрѣ развитія теоріи сквозныхъ фермъ, стали дѣлать рѣшетку болѣе рѣдкой и, наконецъ, стремясь къ статической опредѣлимости фермъ, оставили только самые необходимые элементы для геометрической неизмѣняемости фермъ. Такимъ путемъ получились простыя односторонныя фермы, составленныя изъ ряда треугольниковъ.

Такъ какъ при расчетѣ сквозныхъ фермъ обыкновенно предполагаютъ, что стержни ихъ въ узлахъ соединены между собою помощью шарнировъ, то, конечно, такія фермы вполне статически опредѣлимы.

Но въ дѣйствительности всѣ части фермы наглухо склепываются между собою. Благодаря жесткому соединенію, въ частяхъ ихъ наблюдаются не только главныя усилія, опредѣленныя съ помощью уравненій статики, но и второстепенныя, появляющіяся въ нихъ вслѣдствіе деформаций.

При движеніи грузовъ по мосту, уголъ между какими-либо двумя стержнями рѣшетки, сходящимися въ данномъ узлѣ, постоянно стремится измѣниться, то увеличиваясь, то уменьшаясь, вслѣдствіе чего ослабляются заклепки и уменьшается прочность фермы въ соединеніяхъ.

Если это явленіе весьма вредно отзывается на прочности металлическихъ мостовъ, то тѣмъ болѣе оно опасно для желѣзо-бетонныхъ фермъ; если мы обратимся къ испытанію моста въ Иври, то увидимъ, что причиной разрушенія его были трещины, появившіяся въ тѣхъ узлахъ, гдѣ углы между стержнями фермы стремились увеличиться.

Уничтоживъ раскосы въ фермѣ Консидера, мы получимъ жесткую ферму системы Vierendeel'я, которая повидимому является самой рациональной для сквозныхъ балочныхъ фермъ изъ желѣзо-бетона со спиральной арматурой.

Ферма системы Vierendeel'я имѣетъ только пояса и стойки. Такимъ образомъ въ случаѣ параллельности поясовъ ферма эта какъ бы составлена изъ ряда четырехугольниковъ и по внѣшнему виду напоминаетъ балку со сплошной стѣнкой, въ которой сдѣланы вырѣзки.

Хотя теоретически ферма такой системы геометрически измѣняема, но въ дѣйствительности, благодаря жесткости узловъ, т.-е. мѣстъ соединенія стоекъ съ поясами, она вполне неизмѣняема и даже значительно жестче, чѣмъ раскосная ферма.

Причина этого заключается въ томъ, что въ этихъ фермахъ нѣтъ рѣзкихъ переходовъ отъ одного сѣченія къ другому; сѣченіе стоекъ у ихъ концовъ по направленію къ поясамъ постепенно увеличивается такимъ образомъ, что получается плавная кривая, сопрягающая очертанія поясовъ и стоекъ.

Определение усилий в частях таких статически неопредѣлимыхъ фермъ производится довольно просто и съ достаточной точностью по способу Vierendeel-Andruzzi ¹⁾ или по «способу фактивныхъ раскосовъ», предложенному профессоромъ Института Инженеровъ Путей Сообщенія Л. О. Николаемъ ²⁾.

Расчетъ показываетъ, что всѣ стержни безраскосной фермы подвергаются дѣйствию изгибающихъ моментовъ, при чемъ ферма, при дѣйствіи на нее внѣшнихъ вертикальныхъ силъ, деформируется такъ, какъ изображено на рис. 71, т.-е. всѣ стержни фермы изгибаются въ видѣ буквы S.



Рис. 71.

Если вспомнить поразительный примѣръ гибкости бетона со спиральной арматурой, приведенный выше, при описаніи моста въ Иври, то станетъ яснымъ, что нѣтъ никакого основанія опасаться искривленія стержней фермы въ видѣ буквы S; всегда можно придать стержнямъ фермы такую свободную длину между началами сопрягающихъ кривыхъ, что величина деформаций отъ изгиба въ предѣлахъ рабочей нагрузки будетъ какъ угодно мала. Въ мосту Иври, испытанномъ Консидеромъ, вторая панель также изогнулась въ видѣ буквы S, но, несмотря на это, стержень пояса въ этой панели не пострадалъ, а разрушеніе произошло вслѣдствіе появленія трещины во второмъ узлѣ и разрыва спиральной проволоки. Помимо недостатковъ изготовленія моста Иври, указанныхъ Консидеромъ, причина разрушенія его лежитъ въ недостаткахъ самой конструкціи узловъ по существу.

Въ раскосныхъ фермахъ неизбежны рѣзкіе переходы отъ сѣчныхъ стоекъ и раскосовъ къ сѣченію поясовъ и затруднительно сопрягать плавными кривыми очертаніе стержней фермы, сходящихся у даннаго узла.

Извѣстно, что всякій входящій уголъ въ очертаніи желѣзо-бетонной конструкціи заранѣе опредѣляетъ мѣсто появленія трещины при соответственномъ направленіи усилий.

Изготовленіе же фермы безъ раскосовъ значительно проще и легче изготовленія раскосныхъ фермъ; стоимость ихъ также должна быть меньше, чѣмъ раскосныхъ фермъ, благодаря уменьшенію количества формъ для набивки бетона.

Несомнѣнны также и архитектурныя достоинства безраскосныхъ фермъ; дѣйствительно, такія фермы, построенныя изъ желѣзо-бетона, легко поддаются архитектурной обработкѣ, при крайней простотѣ основныхъ линий конструкціи.

Мостъ въ Purfleet (Англія).—Примѣромъ мостовъ съ жесткими фермами безраскосной системы, но съ арматурой особаго типа (не спиральной) можетъ служить построенный въ 1905 году въ Англіи параболическій мостъ по проекту инженера S. Meek. Этотъ мостъ былъ построенъ для соединенія пристани на р. Темзѣ съ берегомъ въ Purfleet, городкѣ, отстоящемъ на 17 километровъ отъ Лондона.

Этотъ мостъ, косою въ планѣ, имѣетъ полную длину 18,3 метра и отверстіе по нормальному направленію 10,68 метра.

Пролетъ же фермы въ свѣту 16,80 метра, а высота посрединѣ 1,83 метра.

Верхній поясъ фермы тавроваго сѣченія съ арматурой изъ 8 стержней діаметра 47,6 мм. и двухъ стержней діаметромъ 19 мм. (фиг. 6 табл. 24).

Нижній поясъ, также тавроваго сѣченія, имѣетъ арматуру изъ 8 прутьевъ діаметромъ 47,6 мм. и двухъ прутьевъ діаметра 19 мм. Арматура обоихъ поясовъ связана вертикальными прутьями діаметромъ 25 мм. съ загнутыми концами, какъ показано на фиг. 6. Эти вертикальные прутья составляютъ арматуру стоекъ фермы, при чемъ сѣченіе стоекъ имѣетъ крестообразную форму. Для удобства работъ каждый изъ этихъ стержней состоитъ изъ двухъ кусковъ, наложенныхъ концами другъ на друга и связанныхъ тонкой проволокой, что можно видѣть на фиг. 6 табл. 24. Кромѣ вертикальныхъ прутьевъ, въ стойкахъ еще заделаны наклонныя, взаимно пересѣкающіеся, прутья діаметромъ 13 мм., какъ это видно на фиг. 4 таблицы 24.

¹⁾ Н. М. Абрамовъ. «Фермы аркады сист. проф. Vierendeel'я». СПб. 1904 г.

²⁾ Л. О. Николай. «Определеніе усилий въ безраскосныхъ фермахъ съ жесткими узлами». Журналъ Мин. Пут. Сообщенія. 1904 г. кн. 2 и 3.

Прѣзжая часть, въ видѣ плоской плиты толщиной 12,7 сант., поддерживается поперечными балками, арматура которыхъ связана съ арматурой нижнихъ поясовъ фермъ.

Арматура плоской плиты состоитъ изъ продольныхъ и поперечныхъ прутьевъ діаметра 10 мм.

Мостъ этотъ построенъ подъ желѣзную дорогу нормальной колеи, при чемъ подъ каждымъ рельсомъ имѣется еще продольная балка, какъ видно на планѣ моста.

Путь на мосту расположенъ по кривой.

Испытаніе этого моста было сдѣлано посредствомъ двухъ груженныхъ вагоновъ на тележкахъ, вѣсомъ каждый 30 тоннъ.

Наибольшая стрѣла прогиба посрединѣ фермъ была 4 миллиметра и не было замѣчено никакихъ остающихся деформаций.

Въ виду малой высоты фермъ, этотъ результатъ замѣчателенъ.

Полный вѣсъ этого моста составляетъ 90 тоннъ, изъ коихъ 15 тоннъ вѣситъ арматура.

Составъ бетона былъ: 1 ч. цемента и 4 части гравія, проходящаго черезъ грохотъ съ отверстіемъ 18 миллиметровъ.

АРОЧНЫЕ МОСТЫ.

Таблицы 25 и 26.

Мосты на желѣзной дорогѣ Kansas City, Mexico and Orient Railway.—На фиг. 1—3 таблицы 25 представлены часть фасада и продольный разрѣзъ арочнаго моста, построеннаго на ж. д. «Kansas City, Mexico and Orient Railway» въ С. Америкѣ.

Сводъ этого моста, пролетомъ 60 футовъ (=18,30 метра) и со стрѣлой подъема $16\frac{1}{2}$ футовъ (=5,03 метра), очерченъ въ средней части по параболѣ, переходящей къ пятамъ, у устоевъ, въ коробовую кривую, по дугѣ круга, радіусомъ 7 футовъ.

Толщина свода въ ключѣ $2' 10'' = 0,86$ метра; полная ширина свода 18 футовъ = 5,49 метра.

Въ пятахъ сводъ не имѣетъ забутокъ и непосредственно переходитъ въ устои, съ которыми связанъ совершенно неразрывнымъ способомъ.

Каждый устой состоитъ изъ желѣзо-бетонной подошвы, въ видѣ плоской плиты, размѣромъ въ планѣ 30 фут. $\times$ 18 фут. и толщиной 3 фута, съ арматурой вблизи верхней и нижней поверхности, изъ прутьевъ квадратнаго сѣченія $\frac{7}{8}$ дюйма, профиля Johnson'a (рис. 47); при этомъ верхній рядъ прутьевъ расположенъ перпендикулярно къ нижнему ряду.

Передняя стѣнка устоя состоитъ изъ вертикальной плиты, высотой 8 футовъ и толщиной 3 фута, съ арматурою въ средней ея плоскости изъ стержней квадратнаго сѣченія $\frac{3}{4}$ дюйма, на разстояніяхъ 18 дюймовъ по вертикальному направленію, также профиля Johnson'a.

Передняя стѣнка, подошва и пята свода въ каждомъ устоѣ связаны между собою четырьмя вертикальными контрфорсами, изъ коихъ два крайнихъ имѣютъ толщину 2 фута, а два среднихъ $2\frac{1}{2}$ фута. Арматура каждого такого контрфорса состоитъ изъ восьми стержней квадратнаго желѣза размѣромъ 1 дюймъ, расположенныхъ вблизи наружнаго наклоннаго ребра и продолжающихся нижними концами въ подошву устоя, а верхними на нѣкоторое разстояніе въ пятахъ свода (фиг. 1 табл. 25).

Арматура самого свода, двойная симметричная, состоитъ изъ стержней квадратнаго желѣза 1 дюймъ, профиля Johnson'a, расположенныхъ на разстояніяхъ 6 дюймовъ другъ отъ друга, у нижней и у верхней поверхности свода, и изъ стержней $\frac{3}{4}$ дюйма, въ направленіи нормальномъ къ продольной оси свода, на разстояніяхъ 18 дюймовъ, образуя такимъ образомъ двѣ металлическихъ сѣти, у внутренней и у наружной поверхности свода.

Кромѣ этой арматуры, предназначенной для сопротивленія изгибающимъ моментамъ въ сводѣ, имѣется еще добавочная арматура для сопротивленія срывающимъ усиліямъ въ бе-

тонѣ, въ видѣ связей изъ наклонно расположенныхъ стержней квадратнаго сѣченія $7\frac{1}{8}$ дюйма, съ разстояніями 12 дюймовъ, на протяженіи отъ пяти до нѣкоторой точки, не доходя ключа свода.

Концы этихъ связей загнуты въ противоположныя стороны въ плоскостяхъ расположенія продольныхъ стержней арматуры.

Поверхъ свода сдѣлана засыпка землею, сверху которой расположенъ путь на балластѣ.

Другой мостъ того-же типа, пролетомъ 62 фута(=18,90 метр.), построенъ одновременно съ первымъ на той-же дорогѣ, но въ этомъ второмъ мосту не имѣется устоевъ, а пята свода упираются непосредственно въ скалистый грунтъ.

Віадукъ на желѣзной дорогѣ «Illinois Central Railway».—На фиг. 4—8 таблицы 25 представленъ одинъ изъ арочныхъ віадуковъ, построенныхъ въ 1905—1906 году на Центральной ж. д. въ Иллинойсѣ (С. А. Соед. Штаты).

Разсматриваемый віадукъ имѣетъ пять пролетовъ, перекрытыхъ эллиптическими сводами, пролетомъ въ свѣту 14 футовъ (4,27 метр.) и съ подъемомъ въ 4 фута (1,22 метра). Толщина сводовъ въ ключѣ 16 дюймовъ (0,41 метр.); надсводная стѣнка возвышается надъ ключомъ свода на 10 дюймовъ, уровень-же подошвы рельсовъ находится еще на 8 дюймовъ выше кордона надсводной стѣнки, или всего на 18 дюймовъ (0,46 метр.) надъ ключомъ свода.

Арматура въ сводахъ двойная симметричная, въ видѣ двухъ сѣтокъ, расположенныхъ вблизи наружной и внутренней поверхностей свода.

Такого-же рода арматура имѣется и въ быкахъ віадука, представляющихъ изъ себя вертикальныя стѣнки, нормальныя къ продольной оси моста.

Расположеніе арматуры въ сводахъ и опорахъ показано на фиг. 4, 5 и 6 таблицы 25.

Бетонъ приготовлялся машиннымъ способомъ и дѣлался очень сырымъ. Для фундаментовъ и опоръ употреблялась пропорція 1:3:6, а для сводовъ 1:2:5.

Формы для бетона дѣлались совершенно гладкія, при чемъ съ внутренней стороны натирались мыломъ для полученія ровной поверхности бетона.

Для наружной отдѣлки употреблялся растворъ изъ одной части цемента и двухъ частей песка, который накладывался на опалубку во время бетонирования.

Мостъ въ Плано на желѣзной дорогѣ Chicago, Burlington and Quincy Railway.—Этотъ мостъ, построенный въ 1904 году близъ города Плано въ штатѣ Иллинойсѣ, черезъ р. Big Rock Creek на линіи Chicago, Burlington and Quincy Railway, представляетъ одинъ изъ наиболѣе интересныхъ примѣровъ арочныхъ мостовъ, главнымъ образомъ благодаря способу его постройки.

Мостъ этотъ, подъ 2 пути, шириною 13,40 метра, имѣетъ пролетъ въ свѣту 22,86 метра; полная-же длина его по верху, съ крыльями устоевъ, равна 64 метрамъ.

Этотъ арочный мостъ построенъ вмѣсто балочнаго металлическаго моста раскосной системы, имѣвшаго средній пролетъ въ свѣту 29 метровъ и два крайнихъ въ 9,75 метр. и 7,32 метр., перекрытыхъ металлическими балками со сплошной стѣнкой.

Интересъ этой работы заключается въ томъ, что замѣна металлическаго моста бетоннымъ производилась безъ всякой задержки и прекращенія движенія по мосту. Самая работа была исполнена въ довольно короткій срокъ, именно съ 5 декабря 1903 г. по 1 февраля 1904 года.

Положеніе стараго моста показано пунктирными линіями на фиг. 1 таблицы 26.

Внутреннее очертаніе свода сдѣлано по коробовой кривой радіусами 13,10 метр. и 6,10 метр., а наружное очертаніе по дугѣ круга радіусомъ 18 метровъ. Толщина свода въ ключѣ 0,91 метр. Въ пята свода задѣланы каменные устои стараго моста, при чемъ, для увеличенія связи между каменной кладкой устоя и бетономъ свода, на переднихъ стѣнкахъ старыхъ устоевъ были высѣчены наклонныя ступеньки, какъ показано на фиг. 1 таблицы 26; въ эти ступеньки, кромѣ того, задѣланы на половину желѣзные прутья длиною 1,20 метра, выступающіе концы которыхъ задѣланы въ пята бетоннаго свода, что служитъ надежной связью между сводомъ и устоями.

Сводъ рассчитанъ на сплошную нагрузку въ 1000 фунтовъ на кв. футъ (4883 кил. на кв. метръ).

Арматура свода состоитъ изъ продольныхъ стержней квадратнаго сѣченія профиля Джонсона (Johnson, см. рис. 47), на разстояніяхъ 0,30 метр. другъ отъ друга, и поперечныхъ стержней круглаго сѣченія діаметромъ 19 мм., на разстояніяхъ 0,61 метр.

Арматура двойная симметричная; устройство ея показано на фиг. 4 и 5 таблицы 26.

Въ средней части по ширинѣ свода верхніе продольные прутья арматуры доходятъ только до старыхъ каменныхъ устоевъ, а въ крайнихъ частяхъ по ширинѣ свода, гдѣ эти устои уже не мѣшаютъ, верхніе продольные прутья продолжены до пятъ свода.

Для связи надсводныхъ стѣнокъ со сводомъ служатъ короткіе прутья діаметромъ 22 мм., расположенные по радіусамъ (фиг. 1 табл. 26).

Крылья устоевъ, имѣющія длину около 16,90 метра, связаны особыми распорками, поперечнаго сѣченія 30×30 сант. Арматура каждой такой распорки состоитъ изъ пары уголковъ сѣченія $100 \times 100 \times 10$ мм., концы которыхъ связаны посредствомъ фасонныхъ листовъ и поперечныхъ уголковъ, какъ показано на фиг. 5 табл. 26. Концы такихъ распорокъ заделаны въ бетонную массу боковыхъ стѣнокъ устоевъ моста.

Въ надсводныхъ стѣнкахъ по линіи устоевъ оставлены вертикальные швы на случай расширенія бетона.

Швы эти заполнены асбестомъ и закрыты сверху и съ внутренней стороны стѣнокъ свинцовыми листами толщиною 3 мм. и шириною 25 сант.

Верхняя поверхность свода покрыта слоемъ асфальта толщиною 6 мм.

Составъ бетона для свода былъ 1:2:4, для опоръ 1:3:6.

Въ виду большой ширины свода, онъ былъ разбитъ на 5 продольныхъ частей, и каждая такая часть бетонировалась непрерывно въ теченіе одного дня. Всѣ эти пять частей связаны между собою посредствомъ поперечныхъ прутьевъ арматуры.

Какъ было уже сказано, работа эта производилась безъ перерыва движенія по желѣзному мосту; поэтому при бетонированіи свода въ немъ были временно оставлены отверстія, какъ показано на планѣ (фиг. 2 табл. 26), для проуска нижняго пояса, раскосовъ и стоекъ желѣзной фермы моста. Отверстія эти ограждались деревянными щитами и были устроены слегка пирамидальной формы, уширяясь къ верху; послѣ разборки желѣзнаго моста эти отверстія были заделаны бетономъ, при чемъ предварительно концы прутьевъ арматуры, выступающіе въ этихъ дырахъ, были связаны между собою.

Когда сводъ достаточно окрѣпъ, то на него были поставлены временныя деревянные стойки, поддерживающія верхній поясъ стараго желѣзнаго моста. Затѣмъ были расклепаны и убраны нижній поясъ, стойки и раскосы стараго моста. Послѣ заделки отверстій въ сводѣ послѣдній былъ засыпанъ балластомъ, полотно стараго моста убрано и уложенъ путь на шпалахъ.

Общій видъ работы по бетонировкѣ свода показанъ на рис. 72.

Другой мостъ такой же конструкціи былъ построенъ въ 1904 году на жел. дорогѣ «Illinois Central Railroad» въ Саиго, пролетомъ 18,30 метр., подъ два пути, вмѣсто двухпролетнаго балочнаго моста раскосной системы.



Рис. 72.—Постройка моста въ Илаго.

Порядокъ производства работъ былъ точно такой же, какъ въ предыдущемъ случаѣ, безъ перерыва движенія по существующему мосту.

Толщина свода этого моста въ ключѣ 0,81 метра.

Арматура двойная симметричная и состоитъ изъ продольныхъ и поперечныхъ прутьевъ квадратнаго сѣченія 19×19 мм., профили Джонсона, при чемъ продольные прутья расположены въ два ряда, какъ у верхней, такъ и у нижней поверхности свода, на разстояніяхъ 0,15 метр. другъ отъ друга, а поперечные прутья расположены между продольными прутьями на разстояніяхъ 0,30 метр. другъ отъ друга.

Кромѣ вышеописанныхъ мостовъ, на С.-Американскихъ желѣзнодорожныхъ линіяхъ существуетъ еще множество мостовъ съ желѣзо-бетонными сводами, пролетами до 24 метровъ, очерченными по коробовой кривой, съ арматурой преимущественно изъ квадратнаго желѣза профили Johnson'a или составленной изъ уголковъ въ видѣ сквозныхъ металлическихъ фермо-чекъ по системѣ Мелана.

Описывать этихъ мостовъ мы здѣсь не будемъ, въ виду ихъ однообразія, полагая, что вышеприведенныхъ примѣровъ вполне достаточно для того, чтобы составить себѣ представленіе объ арочныхъ мостахъ на желѣзныхъ дорогахъ въ С. Америкѣ. Европейскія же линіи желѣзныхъ дорогъ, какъ видимъ, до сего времени предпочитаютъ устраивать массивные бетонные своды мостовъ, безъ металлической арматуры.

Т Р У Б Ы.

Таблица 27.

Трубы, устраиваемыя подъ высокими желѣзнодорожными насыпями, вмѣсто мостиковъ малыхъ отверстій, можно разсматривать, въ общемъ случаѣ, какъ арочные мосты со сводами малаго пролета при большой ширинѣ, почему мы и приводимъ описаніе нѣсколькихъ такихъ трубъ въ настоящемъ отдѣлѣ.

Трубы на ж.-д. линіи Витебскъ-Жлобинъ. — На линіи Витебскъ-Жлобинъ построено нѣсколько трубъ отверстіемъ отъ 0,60 саж. (1,28 метра) до 1,25 саж. (2,67 метра), общая длина которыхъ составляетъ 411,72 погон. метра. Фундаменты и крылья этихъ трубъ сдѣланы изъ бутовой кладки на цементномъ растворѣ 1:3, при чемъ крылья облицованы натуральнымъ камнемъ полустойкой тески.

Подпорныя стѣнки и крылья трубъ вмѣстѣ съ ихъ фундаментами не имѣютъ никакой связи съ трубою; фундаментъ трубы раздѣленъ на части соответственно числу отдѣльныхъ колецъ трубы.

Конструкція такой трубы ясно показана на фиг. 1-4 таблицы 27.

Размѣры трубы измѣняются въ зависимости отъ пролета, какъ показано въ отдѣльной таблицѣ тамъ же (фиг. 3).

Труба представляетъ въ поперечномъ сѣченіи полуэллипсъ съ горизонтальной малой осью, при чемъ пята свода опираются на вертикальныя опоры, высотой 0,43 метра.

Лотокъ трубы сдѣланъ изъ бетона безъ арматуры.

Толщина свода трубы постоянная на всемъ его протяженіи, отъ пята до ключа. Опорныя же стѣнки толще свода и въ поперечномъ сѣченіи представляютъ трапециевидную форму.

По длинѣ труба раздѣляется на отдѣльныя кольца длиной отъ 1,20 до 2,00 саж. (2,56—4,27 метра).

Составъ бетона въ этихъ трубахъ: 1 часть цемента и три части песка, при чемъ песокъ употреблялся смѣшанный, половина рѣчного и половина грунтового, кварцеваго, средняя крупность зеренъ котораго была около $1\frac{1}{2}$ миллиметра; передъ употребленіемъ въ дѣло песокъ промывался.

Арматура состоитъ изъ двухъ параллельныхъ стѣй, системы Монье, расположенныхъ соответственно отъ внутренней и наружной поверхностей свода на разстояніяхъ отъ 32 до 64 миллиметровъ.

Сетка арматуры составлена из поперечных проволок, по дугѣ свода толщиной 5 мм. на разстояніяхъ отъ 76 до 152 миллиметровъ. Эти проволоки были заделаны на некоторую глубину посредствомъ цементнаго раствора въ каменной кладкѣ фундамента.

Продольныя проволоки, не подверженныя никакому усилю (стержни распределенія), имѣли толщину 4 миллиметра и располагались на разстояніяхъ 152 миллиметра другъ отъ друга.

Въ точкахъ пересѣченія продольныя и поперечныя проволоки связывались тонкою проволокой 1—1½ мм. діаметромъ.

Для расчета размѣровъ (элементовъ) поперечнаго сѣченія трубъ принималась подвижная нагрузка отъ двухъ паровозовъ съ 4 осями, вѣсомъ 15 тоннъ каждая.

Напряженіе для бетона на сжатіе было допущено въ 18 кил. на кв. сант. и для желѣза на растяженіе 450 кил. на кв. сант.

Главнѣйшіе размѣры поперечныхъ сѣченій трубъ и арматуры показаны въ слѣдующей таблицѣ:

Отверстіе трубы.		Полная высота трубы.		Толщина свода по оси пути.		Высота насыпи надъ сводомъ трубы.		Толщина проволоки арматуры.	
Саж.	Метр.	Саж.	Метр.	Саж.	Мм.	Саж.	Метр.	Дюйм.	Мм.
0,60	1,28	0,90	1,92	0,10	213	0,54	1,15	3/16	5
				0,10	213	0,63	1,34		
				0,09	192	0,75	1,60		
				0,10	213	0,82	1,75		
				0,08	171	0,91	1,94		
				0,08	171	0,93	1,98		
				0,08	171	0,96	2,04		
				0,08	171	0,97	2,07		
				0,08	171	1,09	2,33		
				0,06	128	1,70	3,63		
0,80	1,71	1,11	2,37	0,06	128	3,9	6,59	3/16	5
				0,125	267	0,51	1,09		
				0,11	235	1,10	2,35		
				0,10	213	1,12	2,39		
				0,10	213	1,59	3,20		
				0,09	192	2,58	5,50		
				0,09	192	3,35	7,15		
				0,12	256	0,86	1,83		
				0,12	256	0,89	1,90		
				0,12	256	0,95	2,03		
1,00	2,13	1,32	2,82	0,12	256	1,02	2,18	3/16	5
				0,12	256	1,10	2,35		
				0,11	235	1,43	3,05		
				0,14	299	4,07	8,68		
				0,14	299	2,04	4,35		
1,25	2,67	1,62	3,46	0,17	363	3,73	7,96	3/16	5
				0,17	363	4,11	8,77		

Ходъ работъ былъ слѣдующій: по окончаніи фундаментовъ устанавливались кружала съ опалубкой и боковыя формы.

Кружала состояли изъ двухъ рядовъ дюймовыхъ досокъ, при чемъ каждое кружало могло разбираться на двѣ или три части, которыя при установкѣ на мѣсто свинчивались шурупами. Въ отдѣльных частяхъ два ряда досокъ наглухо сбивались гвоздями.

Такое устройство было сдѣлано для удобства раскружаливанія. Разстояніе между кружалами по длинѣ трубы бралось отъ 0,40 до 0,50 саж. (0,85—1,07 метр.).

По концамъ каждого отдѣльнаго кольца трубы ставились особыя формы изъ дюймовыхъ досокъ, имѣющія точное очертаніе поперечнаго сѣченія трубы (фиг. 5 табл. 27), вмѣстѣ со сводомъ и лоткомъ. Въ этихъ формахъ были прорѣзаны два ряда прямоугольных отверстій. По установкѣ формъ приступали къ устройству внутренней арматуры. Сначала приготавливали дуги изъ проволоки, согнутой согласно очертанію свода; затѣмъ укладывали продольные прутья прямоугольнаго сѣченія $\frac{3}{8} \times \frac{3}{4}$ дюйма, концы которыхъ проходили въ упомянутыя выше дыры, прорѣзанныя въ концевыхъ формахъ.

Эти стержни служили для удержанія арматуры во время бетонирования въ должномъ положеніи, согласно проекта.

На эти стержни накладывалась поперечная арматура изъ проволоки на опредѣленныхъ разстояніяхъ, а затѣмъ и продольная арматура, которая въ точкахъ пересѣченія связывалась съ поперечной арматурой посредствомъ тонкой отоженной проволоки.

Наружная сѣтка арматуры устраивалась точно такимъ-же образомъ. Чтобы избѣжать прогиба продольныхъ стержней отъ натягиванія арматуры при ея изготовленіи, а также отъ толчковъ во время трамбованія, каждый стержень поддерживался, въ двухъ-трехъ мѣстахъ по длинѣ, маленькими деревянными подставками сверхъ опалубки, обозначенными буквой *h* на фиг. 5 табл. 27.

Бетонированіе трубы начиналось съ заделки концовъ арматуры въ фундаментъ и устройства лотка, затѣмъ возводились опорныя части и сводъ. Бетонъ трамбовался слоями около 0,08 саж. (17 сант.).

По мѣрѣ трамбованія свода подставки и вспомогательныя металлическія стержни постепенно вытаскивались.

Трамбованіе каждого кольца трубы заканчивалось въ теченіе одного дня безъ всякаго перерыва въ работѣ.

Трубы отверстіемъ 0,60 и 0,80 саж. (1,28 и 1,71 метр.) раскружаливались не ранѣе десяти дней по окончаніи трамбованія каждого кольца, а трубы отв. 1,00 саж. (2,13 метр.) и 1,25 саж. (2,67 метр.) по истеченіи 15 дней.

Для раскружаливанія свода развинчивали отдѣльныя части кружалъ, которыя тогда легко снимались и могли служить для устройства остальныхъ колецъ трубы. По снятіи формъ, всѣ открытыя поверхности бетона затирались тонкимъ слоемъ цементаго раствора 1:2. Прозоры между отдѣльными кольцами трубы замазывались снизу цементнымъ растворомъ послѣ засыпки трубы землею и полной ея осадки.

Засыпка трубы землею допускалась не ранѣе какъ черезъ мѣсяцъ по окончаніи бетонирования, т. е. только къ концу перваго мѣсяца растворъ въ составѣ 1:3 достигалъ сопротивленія отъ 16,5 до 17 кил. на кв. см., каковая цифра служила основаніемъ для расчета размѣровъ трубы.

Самая засыпка землей производилась очень тщательно, равномерными слоями около 0,20 саж., съ трамбованіемъ, одновременно съ обонхъ концовъ трубы къ серединѣ, чтобы избѣжать чрезмѣрныхъ напряженій въ сводѣ отъ неравномѣрной нагрузки земли.

Работы по устройству этихъ трубъ, за исключеніемъ ихъ фундаментовъ и крыльевъ, были произведены Акціонернымъ Обществомъ Желѣзо-бетонныхъ сооруженій.

Среднія цѣны постройки такихъ трубъ, безъ фундаментовъ и крыльевъ, были слѣдующія:

отверстіе:	цѣна за 1 пог. саж.
0,60 саж.	135 руб.
0,80 »	245 »
1,00 »	308 »
1,25 »	445 »

Это даетъ въ среднемъ цѣну одной кубической сажени желѣзо-бетонной конструкціи въ 500 рублей (или 137 фр. куб. метръ). По сравненію съ трубами изъ кирпичной кладки, получается экономія въ пользу желѣзо-бетона отъ 25 до 55%, при чемъ большая экономія относится къ трубамъ малыхъ отверстій.

Спусти 1½ года послѣ устройства этихъ трубъ послѣднія были осмотрѣны и одобрены комиссіей отъ Министерства Путей Сообщенія, передъ открытіемъ правильнаго движенія по линіи Витебскъ—Жлобинъ, въ декабрѣ 1902 года.

Труба на Московско-Казанской ж. дорогѣ.—При постройкѣ Рязанско-Казанской линіи Общества Московско-Казанской ж. д. въ 1902 году на 426 верстѣ была построена одна труба, полуэллиптической формы отв. 1,00 саж. (2,13 метр.) и длиною 11,80 саж. (25,18 метр.), при высотѣ насыпи надъ ключомъ свода въ 2,90 саж. (6,19 метр.).

Толщина свода этой трубы въ пятахъ 0,085 саж. (181 мм.) и 0,06 саж. (128 мм.) въ ключѣ. Арматура состоитъ изъ продольныхъ проволокъ діам. 5 миллиметровъ на разстояніяхъ 125 мм., и поперечныхъ, изогнутыхъ по дугѣ свода, діам. 9 миллиметровъ на разстояніяхъ 75 мм.

Каркасъ у внутренней поверхности свода расположенъ по всему периметру свода и лотка; у наружной-же поверхности каркасъ помѣщенъ только на небольшомъ протяженіи въ ключѣ и въ пятахъ. Чертежи этой трубы представлены на фиг. 6—7 таблицы 27.

2. Мосты подъ обыкновенныя дороги.

БАЛОЧНЫЕ МОСТЫ.

Таблицы 28 и 29.

Путепроводъ на желѣзной дорогѣ Kaiser-Ferdinands-Nordbahn (Австрія).—Этотъ путепроводъ, отв. 9,00 метр., построенъ черезъ желѣзнодорожную выемку для проведенія шоссе сѣйной дороги.

Полотно этого моста, шириною 4,00 метра, между перилами, состоитъ изъ плоской желѣзо-бетонной плиты, толщиною 14 сант., поддерживаемой тремя главными балками сѣченіемъ 0,58×0,28 метр. Арматура балокъ и плоскаго перекрытія устроена по системѣ Геннебика. Поперечные размѣры стержней и детали конструкціи ясно представлены на фиг. 1—4 таблицы 28. Полотно моста сдѣлано съ нѣкоторымъ подъемомъ посрединѣ и покрыто щебеночною одеждой.

Виадукъ на 159 верстѣ линіи Ясиноватая-Долинская Екатеринбургской Ж. Д.—Этотъ виадукъ, построенный черезъ водоотводную канаву, состоитъ изъ трехъ пролетовъ: средній 5 метровъ и два крайнихъ по 3,72 метра каждый, съ опорами въ видѣ стоекъ, сѣченіемъ 20×20 сант. Стойки опираются на желѣзо-бетонныя подошвы, поддерживаемыя кирпичными фундаментами. Ширина моста между перилами 2,60 саж. (5,548 метр.).

Полотно виадука представляетъ булыжную мостовую, толщиною 3 вершка, на слоѣ песку въ 1 вершокъ, т.-е. всего 177 миллиметровъ.

Конструкція этого виадука представлена на фиг. 5—9 табл. 28.

Въ составъ бетона входило 300 кил. цемента на куб. метръ бетона. Мостъ былъ открытъ для движенія черезъ мѣсяцъ послѣ окончанія бетонированія.

Испытаніе моста производилось посредствомъ загрузки камнемъ въ 4 пуда на кв. футъ (15,75 тоннъ на кв. метръ). Прогибъ главныхъ балокъ при этомъ не превосходилъ $\frac{1}{8000}$ пролета, а поперечныхъ балокъ— $\frac{1}{3820}$ пролета.

Этотъ виадукъ построенъ фирмой Геннебика.

Стоимость этого виадука, считая земляныя работы и мощеніе, равна 1600 рублей.

Переустройство желѣзнаго путепровода на желѣзо-бетонный на линіи Парижъ-Орлеанъ.— Въ Рогігнеух на желѣзной дорогѣ Парижъ-Орлеанъ въ 1903 году была произведена очень интересная работа по усиленію металлическихъ фермъ моста надъ желѣзнодорожными путями, которыя были сильно развѣдены дымомъ паровозовъ.

Прежняя металлическая конструкція была оставлена безъ измѣненій, и усилена посредствомъ добавленія круглыхъ стержней у нижняго пояса фермъ и скобъ по системѣ Геннебика; вся эта металлическая конструкція заделана въ массу бетона, какъ показано на рис. 73.

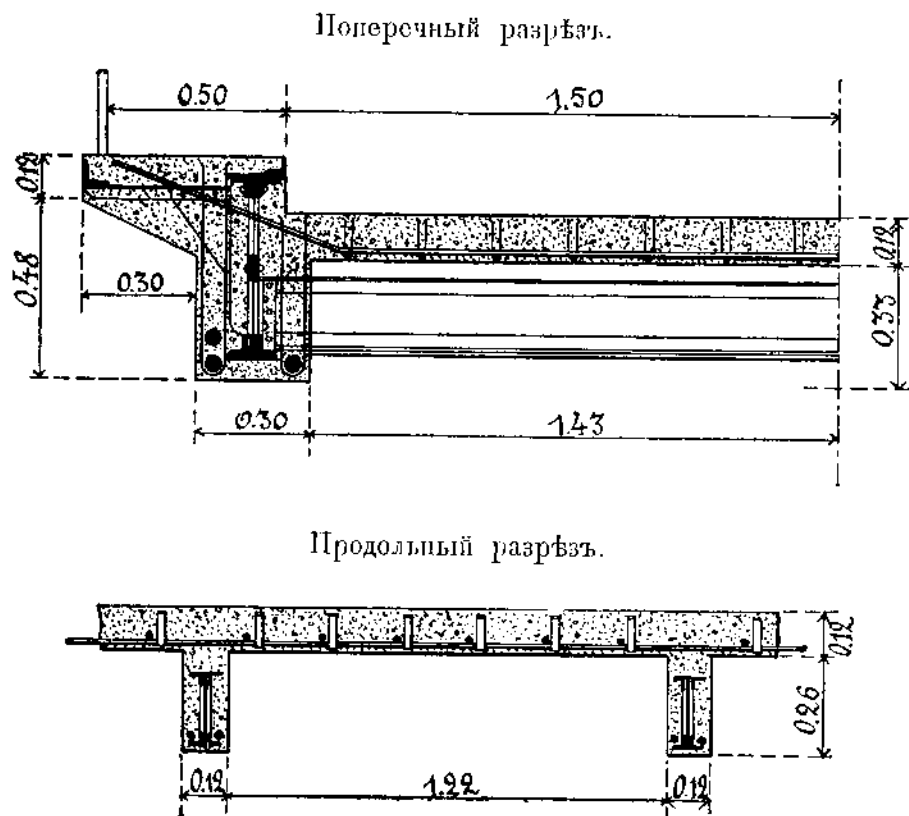


Рис. 73.

Такимъ образомъ получился мостъ въ видѣ двухъ главныхъ продольныхъ желѣзо-бетонныхъ балокъ съ арматурой изъ прежнихъ рѣшетчатыхъ фермъ моста, съ такими-же поперечными балками и плоскимъ поломъ, толщиною 12 сантим., имѣющимъ арматуру, устроенную по системѣ Геннебика.

Мостъ черезъ р. Bregenzer Ache близъ города Ybbs на Дунай (Южная Австрія).—Этотъ мостъ для проѣзжей дороги между селеніями Wolfurt и Kennelbach въ близости города Ybbs въ Южной Австріи построенъ въ 1904 г. по системѣ Геннебика и имѣетъ полную длину 116 метровъ (фиг. 1—6 табл. 29).

Этотъ мостъ косою подъ угломъ 66° и имѣетъ семь пролетовъ по 15,57 метра.

Каждый пролетъ перекрытъ тремя желѣзо-бетонными балками, на разстояніяхъ 1,67 метр. другъ отъ друга.

Полная ширина моста 6,10 метр., изъ коихъ на проѣзжую часть приходится 4,70 метр. и на тротуаръ, расположенный только съ одной стороны проѣзжей части—1 метръ.

Для свободного расширенія моста отъ дѣйствія измѣненій температуры, мостъ этотъ по длинѣ разрѣзанъ на три части такъ, что образуетъ двѣ крайнихъ двухпролетныхъ неразрѣзныхъ балки и одну среднюю трехпролетную неразрѣзную балку.

Сквозные швы расширенія въ полотнѣ моста перекрыты желѣзными уголками, какъ показано на фиг. 5 табл. 29. Вертикальныя полки этихъ уголковъ заделаны въ массу бетона, а горизонтальныя полки ихъ могутъ скользить одна по другой при измѣненіи длины продольныхъ балокъ въ зависимости отъ состоянія температуры. Измѣненіе длины всего моста въ 114 метровъ между крайними опорами при колебаніи температуры въ 30° С. могло достигнуть солидной величины

$$l = 114 \times 0,00013 \times 30 = 4,5 \text{ сант.}$$

При устройствѣ же сквозныхъ швовъ, получаютъ двѣ балки длиною 34 метра и одна 50 метр., при чемъ можетъ получиться отклоненіе стоекъ опоръ моста отъ вертикальнаго положенія не болѣе 7 мм., что вполне допустимо для желѣзо-бетонныхъ колоннъ, обладающихъ большою упругостью.

При расчетѣ были приняты слѣдующія нагрузки: сплошная въ 400 килогр. на кв. метръ и подвижная изъ трехъ фуръ по 12 тоннъ каждая и ряда фуръ по 6 тоннъ каждая.

Допускаемыя напряженія: для бетона на сжатіе 30 кил. на кв. сант., для желѣза на растяженіе 1200 кил. на кв. сант. и на скалываніе 700 кил. на кв. сант.

Составъ бетона былъ 300 кил. цемента на 1 куб. метр. песку, или 1:4.

Испытаніе моста производилось нагрузкою его мѣшками съ пескомъ для образованія равномернаго распределеннаго давленія въ 400 кил. на кв. метръ, при чемъ наибольшій прогибъ оказался равнымъ 3 миллиметрамъ.

АРОЧНЫЕ МОСТЫ.

Таблицы 30, 31, 32, 33 и 34.

Мостъ въ Nymphenbourg'н (Баварія).—Одинъ изъ первыхъ желѣзо-бетонныхъ мостовъ построенъ фирмою Actien Gesellschaft für Beton und Monierbau въ 1892 году.

Этотъ мостъ имѣетъ одинъ пролетъ въ свѣту 17,30 метр. (рис. 74).

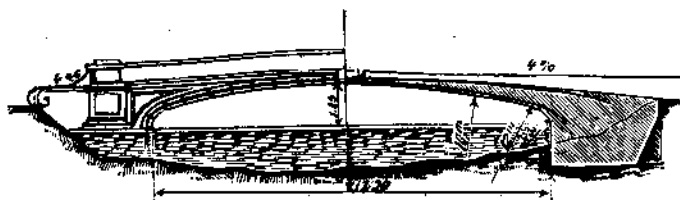


Рис. 74.

Сводъ этого моста очерченъ по коробовой кривой пятью радіусами послѣдовательно 3,12 и 40 метровъ; стрѣла подъема 1,85 метр. Ширина свода по верху 10 метровъ, изъ коихъ ширина проѣзжей части 6,30 метр. и ширина тротуаровъ съ каждой стороны по 1,50 метр.

Толщина свода въ ключѣ 0,35 метр. и въ пятахъ 1,30 метр.; опорами свода служатъ устои въ видѣ сплошныхъ бетонныхъ массивовъ. Проѣзжая часть моста покрыта торцевой деревянной мостовой, а тротуары асфальтомъ. Снаружи мостъ облицованъ тесаными камнемъ.

Мостъ рассчитанъ на прохожденіе одной фуръ въ 24 тонны и на сплошную нагрузку въ 450 кил. на кв. м.

Полная стоимость моста 42,500 франковъ.

Мостъ черезъ р. Vienne въ Châtellerault (Франція).—Этотъ мостъ былъ построенъ въ 1899 году на р. Виеннѣ для сообщенія между городомъ Châtellerault и оружейной фабрикой.

Сооруженіе это является однимъ изъ наиболѣе замѣчательныхъ мостовъ, устроенныхъ по системѣ Геннебика.

Полная длина моста 144 метра; онъ состоитъ изъ трехъ пролетовъ: средній 50 метровъ, со стрѣлою подъема 4,70 метра и два крайнихъ по 40 метровъ, со стрѣлою подъема 4 метра.

Мостъ *Châtellerault* построенъ цѣликомъ изъ желѣзо-бетона, начиная отъ фундаментовъ и кончая проѣзжей частью; только перила этого моста металлическія.

Ширина моста 8 метровъ; проѣзжая часть занимаетъ 5 метровъ, а каждый изъ троттуаровъ, устроенныхъ на консоляхъ, по 1,50 метра. Пролеты перекрыты сводами съ четырьмя выступами снизу, въ видѣ арокъ, изогнутыхъ по дугѣ свода. Ширина свода 5 метровъ.

Толщина сводовъ различная: для среднего пролета толщина каждой арки въ ключѣ равна 0,54 метра, и въ пятахъ 0,91 метр., включая сюда и толщину сплошного сводчатого перекрытія, толщина котораго равна 0,23 метр. въ ключѣ и 0,35 метр. въ пятахъ.

Въ крайнихъ пролетахъ полная толщина арки въ ключѣ 0,44 метр. и въ пятахъ 0,80 метр., при толщинѣ сводчатого перекрытія 0,17 м. въ ключѣ и 0,25 м. въ пятахъ.

Арматура каждой арки по системѣ Геннебика состоитъ изъ 4 вертикальныхъ рядовъ прутьевъ, при чемъ въ каждомъ такомъ ряду одна проволока лежитъ въ верхней части арки и 2 проволоки въ нижней части, при чемъ каждый вертикальный рядъ обхватывается скобами изъ полосового желѣза.

На эти арки опираются вертикальныя желѣзо-бетонныя стойки, квадратнаго сѣченія 20×20 сант., на разстояніяхъ въ 2,00 м. другъ отъ друга, поддерживающія проѣзжую часть. Последняя состоитъ изъ четырехъ продольныхъ балокъ, соответствующихъ четыремъ аркамъ, въ каждомъ пролетѣ, и сплошного заполнения, представляющаго собственно проѣзжую часть (фиг. 2 и 3 табл. 30).

Проѣзжая часть моста и троттуары покрыты просто цементной штукатуркой поверхъ желѣзо-бетоннаго покрытія.

Береговые устои состоятъ изъ передней и боковыхъ стѣнокъ съ контрфорсами, съ внутренней стороны, изъ желѣзо-бетона, какъ показано на фиг. 4 и 5 табл. 30.

Сзади передней стѣнки устоевъ сдѣланы контрфорсы, принимающіе распоръ арокъ и передающіе его горизонтальной подошвѣ устоя, устроенной въ видѣ толстой плиты съ сильной арматурой. Устойчивость этихъ опоръ, кромѣ собственнаго вѣса, обезпечена еще вѣсомъ земляной засыпки, передающимся на подошву устоя.

Промежуточныя опоры, или быки, устроены въ видѣ прочной оболочки изъ желѣзо-бетона, соединенной внутри вертикальными стѣнками и горизонтальными распорками, принимающими распоръ арокъ. Вся эта оболочка внутри заполнена тощимъ бетономъ изъ гидравлической извести, для увеличенія вѣса быка.

Толщина быка на уровнѣ пяти сводовъ 2,00 метра, а толщина стѣнокъ оболочки 0,12 метра.

Основаніемъ каждого изъ двухъ быковъ служитъ массивная желѣзо-бетонная плита, опирающаяся непосредственно на скалистый грунтъ изъ сѣраго известняка, который для этого снятъ на глубину около 0,20 метр.

Вслѣдствіе разности распоровъ отъ сосѣднихъ сводовъ разныхъ пролетовъ, основанія эти расположены несимметрично относительно оси быковъ. Арматура сводовъ неразрывно связана съ арматурой быковъ и устоевъ.

Общій видъ моста со стороны производитъ впечатлѣніе чугунныхъ арокъ на каменныхъ опорахъ, но въ общемъ болѣе легкое, такъ какъ быки этого моста имѣютъ меньшіе поперечные размѣры, чѣмъ тѣ, которые пришлось бы придавать быкамъ изъ каменной кладки.

Постройка этого моста продолжалась всего 4 мѣсяца. Стоимость его 175,000 франковъ (около 64,750 рублей), т.-е. 162 франка на кв. метръ площади перекрытія.

По подсчету Геннебика, такой-же металлическій мостъ, при тѣхъ же условіяхъ, стоилъ бы болѣе 250,000 франковъ.

Расчетъ моста былъ сдѣланъ для сплошной равномерной нагрузки въ 600 кил. на кв. метръ для проезжей части и 400 кил. на кв. м. для троттуаровъ. Кромѣ того, при расчетѣ проезжей части дѣлалась повѣрка на прохожденіе одной фуры вѣсомъ 22 тонны и ряда груженыхъ фуръ по 16 тоннъ.

Испытаніе моста было сдѣлано пять мѣсяцевъ спустя послѣ окончанія работъ посредствомъ равномерной нагрузки въ 800 кил. на кв. метръ для шоссе и 600 кил. на кв. метръ для троттуаровъ, при чемъ измѣрительные приборы показали прогибы въ 5 и 6 миллиметровъ для двухъ крайнихъ арокъ и 10 мм. для средней, что составляетъ $\frac{1}{7300}$ для крайнихъ пролетовъ въ 40 метровъ и $\frac{1}{5000}$ для среднего пролета въ 50 метровъ.

По условіямъ же подряда на постройку этого моста допускаемый прогибъ арокъ былъ определенъ въ $\frac{1}{800}$ отъ пролета.

Послѣ разгрузки моста своды его приняли свое первоначальное положеніе, при чемъ нигдѣ не было замѣчено никакихъ трещинъ.

При загрузкѣ одного среднего пролета замѣчался подъемъ арокъ сосѣднихъ пролетовъ: одной на 5 мм., а другой на 3 мм.

Для испытанія троттуаровъ, устроенныхъ на консоляхъ, была сдѣлана пробная нагрузка въ 1500 килогр. на кв. метръ, на ширину 2 метра, при чемъ прогиба троттуара не было замѣчено.

Испытанія на подвижную нагрузку состояли въ слѣдующемъ:

1) на прохожденіе двойного ряда фуръ по 16 тоннъ каждая, при нагрузкѣ на ось по 8 тоннъ.

2) на прохожденіе парового катка вѣсомъ 16 тоннъ, съ нагрузкой на одну ось 5 тоннъ, и на другую 11 тоннъ.

3) на прохожденіе гимнастическимъ шагомъ толпы людей въ 150 человекъ.

Въ первыхъ двухъ случаяхъ наибольшій прогибъ не превосходилъ 5,5 миллиметра для среднего пролета и 4,5 для крайнихъ; въ третьемъ-же случаѣ наибольшая амплитуда колебаній среднего пролета была 3,5 миллиметра.

Мостъ черезъ р. Аизне въ Суассонѣ (Франція).—Этотъ мостъ является однимъ изъ наиболее значительныхъ желѣзо-бетонныхъ сооружений, исполненныхъ въ послѣднее время.

Построенъ этотъ мостъ въ 1904 году по системѣ Гелнебика и предназначенъ одновременно для городского сообщенія между обоими берегами р. Аизне и для пропуска подъѣздного желѣзнодорожного пути изъ города Суассона (Soisson) въ фабричное предмѣстье Ретель (Rethel).

Общее описаніе.—Мостъ косою, при чемъ продольная ось его образуетъ съ лицевыми гранями устоевъ уголъ въ $57^{\circ}32'$.

Отверстіе моста между устоями, по косому направленію, составляетъ 75,98 метра, а ширина моста между перилами 14 метровъ.

Мостъ раздѣленъ на три пролета, величиною по косому направленію 24,25 метр., 24,48 и 25,25 метр. и имѣетъ два быка, толщиной на уровнѣ пяти сводовъ въ 1,50 метра.

Въ каждомъ пролетѣ имѣются 7 параллельныхъ арокъ, со стрѣлой подъема въ $\frac{1}{10}$ отъ пролета. Нижнія поверхности всѣхъ 7 арокъ одного пролета образуютъ косою цилиндръ; верхнія-же поверхности имѣютъ прямолинейное очертаніе и на нихъ опирается проезжая часть моста въ видѣ сплошного желѣзо-бетоннаго перекрытія съ такими-же балками.

Соотвѣтственно этому высота арокъ мѣняется отъ 0,30 метр. въ ключѣ до 2,52 метр. со стороны устоевъ и до 2,75 метр. со стороны быковъ. Толщина арокъ нормально къ продольной оси моста измѣняется въ среднихъ аркахъ отъ 0,30 метр. въ ключѣ до 0,60 метр. у пятъ, образуя такимъ образомъ у пятъ утолщеніе, какъ это видно на планѣ (фиг. 2 табл. 31); крайнія же арки, несущія меньшую нагрузку, имѣютъ однообразную толщину 0,20 метр. на всемъ ихъ протяженіи.

На планѣ и поперечномъ разрѣзѣ моста (фиг. 2 и 3 табл. 31) видно расположеніе арокъ подъ проезжею частью моста: три арки поддерживаютъ шоссе шириною 6 метр. и соот-

вѣтственно сему расположены на разстояніи 3 метра одна отъ другой, двѣ другія арки поддерживаютъ полотно желѣзной дороги съ колеєю въ 1 метръ и расположены на разстояніи 1,30 метр. ось отъ оси.

Каждый устой состоитъ изъ призматическаго ящика, раздѣленнаго на 6 отдѣленій пятью продольными перегородками, образующими контрфорсы противъ пяти среднихъ арокъ, и усиленными, кромѣ того, еще двумя поперечными стѣнками. Этотъ ящикъ стоитъ на ростверкѣ изъ бетона толщиною 1 метръ (фиг. 2 и 4 табл. 31).

Каждый изъ быковъ состоитъ изъ оградительной шпунтовой стѣнки изъ желѣзо-бетонныхъ свай (фиг. 1 и 5 табл. 31), заполненной толстымъ бетономъ, и изъ верхней оболочки, въ видѣ ящика, соединеннаго помощью сильной арматуры въ одно цѣлое со шпунтовой стѣнкой. Этотъ ящикъ усиленъ, подобно устоямъ, пятью поперечными стѣнками внутри, составляющими продолженіе пяти сводовъ, при чемъ промежутки между поперечными стѣнками заполнены также бетономъ.

Проѣзжая часть моста состоитъ изъ общаго плоскаго перекрытія толщиною отъ 12 до 16 сантиметровъ, усиленнаго снизу ребрами въ видѣ балокъ, перпендикулярныхъ къ аркамъ моста и расположенныхъ на разстояніяхъ 3,50 метр. подъ шоссе и 1,75 метр. подъ желѣзною дорогою. Эти балки, составляющія одно монолитное цѣлое, какъ съ перекрытіемъ, такъ и съ арками, имѣютъ всѣ одинаковую высоту 0,30 метр. и ширину 0,20 метр.

Расположеніе этихъ балокъ можно видѣть на планѣ (фиг. 2 табл. 31).

На мосту имѣются перила по краямъ парапетовъ, а также среднія перила, отдѣляющія шоссе отъ желѣзной дороги. Вся конструкція моста отъ фундаментовъ до карниза состоитъ изъ желѣзо-бетона.

Далѣе остановимся на описаніи арматуры отдѣльныхъ частей сооруженія.

Арки.—Арматура арокъ состоитъ изъ двухъ рядовъ стальныхъ стержней круглаго сѣченія для крайнихъ арокъ и трехъ рядовъ круглыхъ стержней для среднихъ арокъ.

Ряды стержней расположены параллельно одинъ другому по ширинѣ арки, которая, какъ выше было сказано, измѣняется отъ 0,30 метр. до 0,60 метр. Каждый рядъ состоитъ изъ четырехъ стержней съ переменнымъ между ними разстояніемъ, какъ видно на продольномъ разрѣзѣ моста (фиг. 4 табл. 31).

Верхній пруть расположенъ въ предѣлахъ толщины горизонтальнаго перекрытія, которое составляетъ нераздѣльную часть самой арки, на одинаковомъ разстояніи 40 мм. отъ верхней плоскости перекрытія, по всей его длинѣ.

Остальные три стержня у ключа арки почти соприкасаются другъ съ другомъ, при чемъ нижній пруть расположенъ вблизи внутренней поверхности свода; всѣ эти три стержня образуютъ собой пучекъ, который постепенно расширяется, начиная отъ ключа, такимъ образомъ, что нижній пруть остается въ одномъ и томъ-же разстояніи отъ внутренней поверхности арки, а верхній постепенно приподымается, при чемъ концами своими, надъ устоями и быками, входитъ въ составъ верхняго перекрытія моста, третій же пруть занимаетъ, приблизительно, среднее положеніе между двумя предыдущими.

Такимъ образомъ въ двухъ крайнихъ аркахъ имѣется продольная арматура изъ 8 прутьевъ діаметромъ по 18 миллиметровъ, въ одной средней аркѣ подъ серединою шоссе арматура состоитъ изъ 12 стержней діаметромъ 30 мм., а во всѣхъ остальныхъ изъ 12 стержней діаметромъ 28 миллиметровъ.

Скобы изъ полосоваго желѣза сѣченіемъ 40×3 мм. расположены двумя группами: одні охватываютъ нижніе прутья каждаго ряда, при чемъ концы скобъ направлены кверху, нормально къ внутреннему очертанію арки, другія-же охватываютъ верхніе стержни, при чемъ концы этихъ скобъ направлены вертикально внизъ; послѣднія располагаются въ промежуткахъ между первыми.

Разстоянія между скобами въ каждой группѣ увеличиваются отъ пяти къ ключу арокъ.

Быки.—Усилія отъ арокъ одного пролета передаются аркамъ другого пролета черезъ быки посредствомъ поперечныхъ стѣнокъ той-же толщины и высоты, какъ пята арокъ.

Арматура арокъ изъ круглыхъ стержней проходитъ черезъ быкъ, при чемъ нижніе прутья заходятъ концами одинъ за другой на протяженіи 4—6 метровъ. Два верхнихъ прута продолжаются непрерывно въ толщѣ перекрытія надъ быками. Такимъ образомъ арматура каждой арки непрерывно связана на протяженіи всѣхъ трехъ пролетовъ.

Для сопротивленія одностороннему распору подъ дѣйствіемъ несимметричной нагрузки, каждая изъ расположенныхъ противъ пять свода поперечныхъ стѣнокъ быка снабжена арматурой изъ двухъ рядовъ вертикальныхъ прутьевъ, прочно задѣланныхъ нижними концами въ бетонную толщу фундамента. Каждый изъ этихъ рядовъ, расположенныхъ вблизи наружной поверхности быка, содержитъ въ себѣ 24 прута съ различной длиной, измѣняющейся такимъ образомъ, чтобы сумма горизонтальныхъ поперечныхъ сѣченій убывала постепенно отъ фундамента кверху быка, соотвѣтственно уменьшенію изгибающаго момента отъ неравномѣрнаго распора сводовъ двухъ сосѣднихъ пролетовъ.

Въ промежуткахъ между поперечными стѣнками наружная оболочка быка снабжена арматурой въ видѣ сѣтки изъ прутьевъ діам. 10 мм. Внутреннее пространство между стѣнками быка заполнено тощимъ бетономъ.

Связь верхней части быка съ фундаментомъ дополняется еще вертикальными прутьями діаметромъ 26 мм., расположенными равномѣрно по всей поверхности стѣнокъ быка, и проникающими на большую глубину въ массивъ фундамента.

Кромѣ того, арматура свай шпунтовой стѣнки верхними концами также связана съ оболочкой быка (фиг. 4 табл. 31).

Устой.—Пятамъ арокъ въ ящикѣ, образующемъ устой, соотвѣтствуютъ, какъ уже было сказано, контрфорсы, по числу арокъ.

Толщина каждого контрфорса у передней стѣнки устоя соотвѣтствуетъ толщинѣ свода 0,60 метр., затѣмъ постепенно уменьшается до встрѣчи съ поперечной распорной стѣнкой, гдѣ становится равной 0,20 метр. и далѣе сохраняетъ этотъ размѣръ до конца ящика.

Верхніе два прута каждого ряда арматуръ арки продолжены за пяты, слѣдуя верхнему очертанію контрфорса, а затѣмъ спущены вертикально и задѣланы въ фундаментъ. Два другіе прута каждого ряда арки также проходятъ въ контрфорсѣ, но оканчиваются у первой поперечной стѣнки. У передней стѣнки устоя каждый контрфорсѣ усиленъ пучкомъ вертикальныхъ прутьевъ, подобно тому, какъ это сдѣлано въ быкахъ. Этотъ пучекъ содержитъ 16 прутьевъ діаметр. 26 и 28 мм., задѣланныхъ нижними концами въ бетонный слой фундамента, на которомъ стоитъ ящикъ, образующій устой. Длина прутьевъ измѣняется такъ, что общее ихъ горизонтальное сѣченіе уменьшается отъ низа къ верху. Наиболѣе длинныя изъ этихъ вертикальныхъ прутьевъ доходятъ до верхнихъ прутьевъ арматуры арки, за которые и зацѣпляются.

Въ нижней своей части каждый контрфорсѣ снабженъ горизонтальной арматурой, состоящей изъ пучка прутьевъ различной длины, расположенныхъ въ 3 ряда другъ надъ другомъ, такимъ образомъ, чтобы наиболѣе сильное сѣченіе металла было въ разстояніи около $\frac{2}{3}$ основанія отъ передней стѣнки устоя.

Такимъ образомъ по всему периметру контрфорса имѣется металлическая рама изъ арматуры, которая связана съ бетонной массой контрфорса посредствомъ скобъ изъ полосового желѣза, направленныхъ нормально къ сторонамъ контрфорса.

Вся-же площадь снабжена арматурой въ видѣ сѣтки изъ проволоки діаметромъ 5 мм. (фиг. 4 табл. 31).

Вертикальная передняя стѣнка устоя, имѣющая толщину всего 0,14 метр., имѣетъ арматуру въ видѣ двойной сѣтки изъ проволоки діам. 5 миллиметровъ.

Поперечныя стѣнки также имѣютъ двойную арматуру въ видѣ параллельныхъ проволочныхъ сѣтокъ.

Ящикъ устоя неразрывно соединенъ съ бетономъ фундамента посредствомъ особыхъ стержней и скобъ, выступающихъ изъ фундамента, который у нижней своей поверхности имѣетъ арматуру изъ рядовъ прутьевъ, подобно тому, какъ это сдѣлано въ подошвѣ ящика устоя.

Пролетная часть.—Устройство плоского перекрытия между арками вполне подобно потолкам системы Геннебика, где арки служат главными балками. Конструкция этого перекрытия с устройством мостового полотна ясно видна на поперечном разрезе моста (фиг. 3 табл. 31).

Сваи и шпунты.—Промежуточные быки основаны на бетонных массивных фундаментах, устроенных в шпунтовом ограждении из железобетонных свай.

Шпунтовые перемычки состоят из маячных свай сечения 30 сант. $\times$ 30 сант. и длиной 5,45 метра, и шпунтовых свай сечения 35 $\times$ 15 сант., длиной 5 метр. Глубина забивки их была от 2 до 3 метр. Шпунтовое ограждение каждого быка состоит из 46 маячных свай и 84 шпунтовых. Устройство арматуры этих свай показано на фиг. 5 табл. 31. Каждый устой также основан на железобетонных сваях, забитых под бетонным ростверком устоя, толщиной 1,00 метр.

Сечение этих свай 25 $\times$ 25 сант.

Данные для расчета.—Расчеты прочности всех частей сооружения и размеров арматуры сделаны Геннебиком на основании предложенных им самим гипотез и формул, от оценки правильности которых мы здесь воздержимся, оставляя таковую на ответственности их автора.

Арматура Суассонского моста сделана из мягкой стали, для которой было допущено напряжение на растяжение 12 кил. на кв. мм., не принимая во внимание сопротивление бетона растяжению. Для бетона на сжатие было принято напряжение 25 кил. на кв. см.

Для стали на срезывание в скобах было допущено напряжение 9 кил. на кв. мм.; размеры поперечных сечений металла в скобах и расстояние между ними совершенно не определялось расчетом; здесь Геннебик руководился лишь указаниями своего опыта.

Нагрузки для расчета были приняты следующие: на шоссе и троттуарах сплошная нагрузка в 400 кил. на кв. метр, что дает 3600 кил. на пог. метр моста, или временная нагрузка в 400 кил. на троттуарах и два ряда груженых фур по 16 тонн на шоссе, что дает 3900 кил. на пог. метр моста.

Для железной дороги с колеєю 1 метр был принят нормальный вес поезда в среднем 4070 кил. на пог. метр пути для первых трех вагонов и 2670 кил. для остальных.

Собственный вес пролетных частей моста с шоссеиным покрытием и путем был принят в среднем 2300 кил. на пог. метр каждой арки.

Производство работ.—Состав бетона при постройке этого моста применялся следующий: для основания 1:2:4, а для остальной части 1:2:3.

Для шпунтового ограждения фундаментов быков сначала предполагалось забивать железобетонные сваи копром, почему все сваи были изготовлены с железными башмаками.

Для предохранения головы свай от ударов бабы, на сваю одевали склепанный из котельного железа стакан, куда насыпали слой песка, а затем вкладывали деревянный подбабок.

Однако попытка забивки свай таким образом оказалась неудачной: головы свай сильно разрушались вследствие плотного хрящеватого грунта, почему от забивки пришлось отказаться, после чего стали применять способ погружения свай при помощи нагнетания струи воды.

Для этого употреблялась небольшая паровая помпа простого действия, работавшая под давлением пара в 5—6 атмосфер от парового котла, помещенного на берегу.

От помпы по всей длине свай шла каучуковая трубка, с наконечником из железной трубки диаметром 35 миллиметров, конец которого всегда находился ниже конца свай.

Струя воды под сильным давлением размывала песок и гравий вокруг нижнего конца свай и последняя от собственного веса погружалась в грунт, чему способствовали несколько легких ударов по головке свай, чтобы преодолеть трение ее о грунт.

Работа по опусканію шпунтовыхъ свай шла довольно успѣшно: въ 13 дней было погружено на среднюю глубину 2,50 метра всего 260 маячныхъ и шпунтовыхъ свай, не включая сюда времени, употребленнаго для устройства подмостей и установки парового котла на берегу.

Затѣмъ шпунтовые перемычки быковъ заполнялись бетономъ, а головы свай разбивались молоткомъ на высоту 0,30 метр., чтобы ихъ арматуру связать съ арматурой наружныхъ желѣзо-бетонныхъ стѣнокъ быка.

Въ каждомъ быкѣ оставлено по 6 смотровыхъ колодцевъ круглаго сѣченія, отъ верха быка до уровня воды въ рѣкѣ, что видно на планѣ моста (фиг. 2, табл. 31).

Арки моста, при ихъ бетонированіи, поддерживались отдѣльными кружальными фермами, которыя имѣли по длинѣ пролета по 7 точекъ опоры каждая.

Опалубка на кружалахъ была сдѣлана изъ дюймовыхъ досокъ, выгнутыхъ вдоль оси арки и оструганныхъ для полученія гладкой нижней поверхности желѣзо-бетонной арки.

Фасадныя поверхности моста облицованы желѣзо-бетонными плитками, заранѣе приготовленными въ сторонѣ отъ мѣста работъ на бетонной платформѣ, размѣры которой позволили вычертить въ натуральную величину эпюру всей арки каждого пролета. На этой эпюрѣ была сдѣлана разбивка свода на клинья подобно каменному своду, соотвѣтственно чему заготовлялись облицовочныя плитки.

Эти плитки имѣли въ среднемъ толщину 4—5 сант. и снаружи были покрыты тонкимъ слоемъ жирнаго цементнаго раствора въ составѣ 2 частей цемента и 1 часть хорошо просѣянаго мелкаго песку. Въ плиткахъ была задѣлана легкая арматура изъ 5 мм. проволоки, при чемъ съ задней стороны плитки выступали концами скобки изъ проволоки того-же діаметра, какъ показано на фиг. 6 табл. 31. Назначеніе этихъ скобокъ было служить для прочнаго соединенія плитокъ съ массой бетона арокъ при бетонированіи ихъ.

Во время производства работъ эти плитки служили боковыми стѣнками формъ при бетонированіи арокъ и дали вполне удовлетворительные результаты.

Металлическія части арматуры передъ употребленіемъ въ дѣло очищались отъ ржавчины и покрывались цементнымъ молокомъ.

Во время бетонированія арокъ арматура подвѣшивалась къ легкимъ вспомогательнымъ лѣсамъ.

При устройствѣ верхняго сплошнаго пола между арками, вмѣсто деревянной опалубки, примѣнялись желѣзо-бетонныя плиты толщиной 4 сантиметра, которыя поддерживались снизу промежуточными деревянными подпорками.

Плиты эти вошли въ составъ перекрытія и замѣняли штукатурку; примѣненіе ихъ оказалось весьма выгоднымъ. Лѣса и подмости разбирались постепенно, спустя 3 мѣсяца по окончаніи работъ.

Сплошное желѣзо-бетонное перекрытіе сверху было покрыто слоемъ жирнаго раствора 1:2 толщиной 2 сант.

По окончаніи работъ всѣ видимыя части моста были очищены и промыты подкисленной водой.

Стоимость всего моста, вмѣстѣ съ земляными работами, равна 205 тысячъ франковъ, или 190 франковъ за 1 кв. метръ перекрытой поверхности.

По точнымъ подсчетамъ стоимость моста съ желѣзными фермами было-бы равна 243 тысячи франковъ, а каменнаго 233 тысячъ франковъ, т. е. значительно дороже желѣзо-бетоннаго.

Испытанія.—Для испытанія Суассонскаго моста была составлена особая программа. Первая серія опытовъ (19 и 20 мая 1903 г.) состояла въ слѣдующемъ:

1) По шоссе части моста пропускали нѣсколько разъ сначала одинъ паровой катокъ съ двумя осями вѣсомъ 12 тоннъ и 7 тоннъ, при разстояніи между ними 4,05 метр.

Затѣмъ пропускали этотъ-же катокъ и за нимъ въ разстояніи 12 метровъ слѣдовалъ рядъ конныхъ катковъ на одной оси, вѣсомъ по 9 тоннъ; катки эти приводились въ движеніе каждый 5 лошадьми.

Въ это время записывали діаграммы прогибовъ арокъ двухъ сосѣднихъ пролетовъ помощью аппаратовъ Рабу (Rabut), помѣщенныхъ противъ ключа арки на подмостяхъ, нарочно сохранныхъ для этой цѣли послѣ раскружаливанія моста.

Кромѣ того, посредствомъ аппаратовъ Maquet-Rabut были сдѣланы измѣренія мѣстныхъ деформаций, происшедшихъ при движеніи парового катка: въ ключѣ, пятахъ, и въ разстояніи четверти пролета отъ опоры въ двухъ аркахъ средняго пролета.

2) При другомъ испытаніи было произведено сильное сотрясеніе на бетонномъ перекрытіи у ключа арки одного пролета помощью прохожденія парового катка черезъ желѣзный брусокъ толщиною 4 сант., при чемъ приборы записывали упругія колебанія, вызванныя этимъ сотрясеніемъ.

3) Черезъ мостъ пропускали, различными аллюрами, равномернымъ шагомъ группы по 60 и 400 человекъ, которые заполняли всю ширину проѣзжей части моста, включая и часть моста подъ желѣзную дорогу. Кромѣ того, во время этихъ испытаній, представился случай пропустить черезъ мостъ пѣхотный полкъ въ количествѣ 800 человекъ въ колоннахъ по 8 рядовъ, по шоссеиной части моста.

Во всѣхъ указанныхъ случаяхъ упругія колебанія записывались при помощи аппаратовъ Рабу, помѣщенныхъ у ключа арокъ перваго и втораго пролетовъ и по срединѣ промежутка между двумя арками у ключа перваго пролета.

Вторая серія опытовъ (8, 9, 10, 11 и 12 февраля 1904 года:)

1) Испытаніе статической нагрузки части моста подъ шоссеиную дорогу и тротуара было произведено посредствомъ нагрузки изъ рельсовъ длиною 12 метр. и вѣсомъ 22,30 килогр. въ пог. метрѣ, при чемъ рельсы размѣщались такъ, чтобы концы ихъ соприкасались надъ ключемъ; при этомъ длина двухъ рельсовъ перекрывала почти весь пролетъ арки.

Каждый пролетъ былъ нагруженъ 400 шт. рельсовъ, на ширинѣ 9 метровъ, что составитъ 492 кил. на кв. метрѣ. Были нагружены только первый и второй пролеты.

Нагруженіе началось въ 9 час. утра на среднемъ пролетѣ и было окончено на двухъ пролетахъ къ 2 ч. 45 м. слѣдующаго дня. Затѣмъ, послѣ того, какъ на мосту былъ установленъ пробный поѣздъ по длинѣ двухъ пролетовъ, начали разгрузку 2-го пролета, съ 3 ч. 15 м. дня, которая была окончена только на другой день къ 5 ч. вечера. На третій день, въ 1 ч. 45 м. дня была окончена вполнѣ разгрузка обоихъ пролетовъ.

Пробный поѣздъ состоялъ изъ двухъ паровозовъ вѣсомъ въ среднемъ по 21 тоннѣ, на 3 осяхъ, съ общимъ разстояніемъ между послѣдними 2,35 метр., и изъ вагоновъ вѣсомъ по 14,5 тоннѣ, на двухъ осяхъ, съ разстояніемъ 2,50 метр.

Черезъ мостъ послѣдовательно пропускали одинъ, два паровоза и различное число вагоновъ такимъ образомъ, чтобы полная длина поѣзда соотвѣтствовала одному, двумъ или тремъ пролетамъ моста, т.-е. сначала 2 паровоза съ 2 вагонами, потомъ съ 6 вагонами и съ 10 вагонами.

Во время этихъ опытовъ записывались прогибы ключа арокъ въ первомъ и второмъ пролетѣ, а также прогибы въ разстояніи одной четверти пролета со стороны устоя въ двухъ аркахъ перваго пролета.

Сверхъ того, было сдѣлано нѣсколько измѣреній мѣстныхъ деформаций, а также были измѣрены горизонтальныя перемѣщенія устоя и перваго быка на высотѣ пяти у средней арки перваго пролета.

2) При другомъ опытѣ въ первомъ пролетѣ устроили зазоръ между стыками рельсовъ, въ 4 сантиметра, и пропускали подвижной составъ съ различными скоростями, записывая упругія колебанія въ аркахъ.

3) Наконецъ былъ повторенъ опытъ съ прохожденіемъ въ ногу 200 солдатъ, при чемъ въ опытѣ было внесено электрическое записываніе числа шаговъ.

Общіе результаты опытовъ выразились въ слѣдующемъ:

а) При прохожденіи парового катка вѣсомъ 19 тоннъ и обыкновенныхъ катковъ по 9 тоннъ наибольшій прогибъ въ ключѣ арки не превышалъ 1,40 мм., отбрасывая въ діаграммахъ упругія колебанія.

б) Проходъ парового катка вѣсомъ 19 тоннъ черезъ желѣзный брусокъ, положенный поперекъ оси шоссе, при чемъ со стороны движенія катка къ бруску была сдѣлана подсыпка изъ гравія, чтобы толчекъ происходилъ только при паденіи катка съ бруска на шоссе, а не при ударѣ о ребро бруска при входѣ на него.

Опытъ былъ повторенъ нѣсколько разъ, при чемъ далъ одинаковые результаты. Наибольшая амплитуда колебаній при этомъ не превосходила 2,95 мм. (1,70 мм. вверхъ и 1,25 мм. внизъ).

с) При равномерной распределенной нагрузкѣ на шоссе и троттуарахъ изъ старыхъ рельсовъ въ 492 кил. на кв. метръ, наибольшій прогибъ въ ключѣ средней арки получился равнымъ 1,75 мм., и въ ключѣ крайней арки 2,20 мм.

д) При статическомъ испытаніи посредствомъ подвижного состава, наибольшій прогибъ получился равнымъ 3,30 мм. въ ключѣ арокъ.

Горизонтальныя перемѣщенія устоя и быка на высотѣ пяти арокъ были сдѣланы слѣдующимъ образомъ: между устоемъ и быкомъ была натянута горизонтальная стальная проволока, прикрѣпленная къ двумъ задѣланнымъ въ кладку розеткамъ. Проволока была раздѣлена на двѣ неравныя части пружиною, расположенною надъ бичевникомъ; послѣ этого достаточно было помѣстить самопишущій приборъ Рабю сначала съ правой, а потомъ съ лѣвой стороны отъ пружины, чтобы получить послѣдовательныя перемѣщенія быка и устоя.

При проходѣ 2 паровозовъ съ 6 вагонами наибольшее горизонтальное перемѣщеніе быка получилось въ 0,30 мм. и устоя въ 0,05 мм.

е) Удары на уширенномъ стыкѣ. Зазоръ въ 4 сант. въ стыкѣ далъ мало ощутимые результаты, почему были сняты накладки и оставили стыкъ на вѣсу между двумя поперечинами на разстояніи 0,60 метр. Наибольшая амплитуда колебанія, при скорости движенія состава 6 килом. въ часъ, получилась всего въ 0.10 мм.

г) Ритмическія воздѣйствія. Опытъ съ прохожденіемъ людей по мосту былъ повторенъ два раза. Во второй разъ, при помощи очень простой электрической трансмиссіи, прикрѣпленной къ лѣвой ногѣ унтеръ-офицера, который отбивалъ шаги въ тактъ, можно было записать въ точности какъ упругія колебанія, такъ и ритмическіе удары по полотну моста. Это приспособленіе дало возможность удостовѣрить полное совпаденіе числа простыхъ шаговъ съ числами двойныхъ колебаній моста.

Наибольшая амплитуда колебаній въ этомъ случаѣ достигаетъ 1 мм.

Изъ разсмотрѣнія результатовъ опытовъ, въ видѣ полученныхъ діаграммъ, были сдѣланы слѣдующіе выводы:

Нагрузка одной арки даннаго пролета, благодаря сплошному перекрытію съ поперечными балками, передается также на всѣ арки того-же пролета.

Подвижная нагрузка, при проходѣ черезъ крайніе пролеты, вызываетъ поднятіе ключа средняго пролета. Это поднятіе составляетъ отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{15}$ стрѣлы прогиба при проходѣ нагрузки по самому среднему пролету.

Желѣзо-бетонное сооруженіе обладаетъ почти совершенной упругостью; оно возвращается въ точности къ своему первоначальному положенію по удаленіи нагрузки: двадцатикратное приложеніе одного и того-же усилія давало каждый разъ одинаковую деформацію; во всякомъ случаѣ, если и существовали остающіяся деформаціи, то онѣ не ощущались на пишущихъ приборахъ.

Наибольшіе прогибы ключа арокъ составляютъ въ среднемъ $\frac{1}{7000}$ пролета; строитель-же моста обязался не превзойти $\frac{1}{10000}$.

Что касается ритмическихъ колебаній отъ прохожденія людей, то замѣчено было, что эти колебанія прекращаются тотчасъ послѣ исчезновенія причины, которая ихъ вызвала.

Поглощеніе ихъ, производимое внутренними пассивными сопротивленіями, почти мгновенно.

Испытаніе металлическихъ мостовъ даетъ совершенно другіе результаты: такъ, напри-
мѣръ, на мосту Lépine 16 человекъ, проходя гимнастическимъ шагомъ, вызвали колебанія съ амплитудою 3,2 мм., что слѣдуетъ приписать разницѣ въ массѣ и жесткости обоихъ мостовъ.

Вообще всѣ произведенныя изслѣдованія приводятъ къ заключенію, что данный мостъ слѣдуетъ разсматривать не какъ трехпролетную арочную конструкцію, а какъ неразрѣзную балку на четырехъ опорахъ.

Мостъ черезъ р. Steyr въ Штейръ (Австрія). — Этотъ мостъ, съ трехшарнирнымъ сводомъ, имѣетъ одинъ пролетъ, между пятовыми шарнирами, въ 42,40 метра, со стрѣлой подъема 2,617 метр., т.-е. $\frac{1}{16}$ пролета.

Согласно теоріи, каждая половина свода имѣетъ наибольшую толщину посрединѣ, уменьшающуюся къ ключу и пятамъ (фиг. 1, табл. 32).

Толщина бетона въ ключѣ 0,60 метр., въ пятахъ 0,70 метра и 0,80 метр. посрединѣ каждого полусвода, т.-е. на четверти пролета отъ опоръ.

Въ бетонной массѣ свода задѣланы шесть металлическихъ рѣшетчатыхъ арокъ соотвѣстнаго очертанія; высота арокъ въ ключѣ и въ пятахъ 0,50 метр. и на четверти пролета 0,70 метр.

Арки эти, разставленныя на разстояніи 1 метра другъ отъ друга, соединены поперечными связями. Конструкція этихъ арокъ и связей со всѣми размѣрами металлическихъ частей детально представлена на фиг. 4, 5 и 6 табл. 32.

Полное сѣченіе уголковъ поясовъ арокъ составляетъ 2,2% сѣченія бетона въ ключѣ.

Шарниры арокъ были устроены по смѣшанной системѣ: для металлическихъ арокъ они были сдѣланы изъ литой стали вполне подобно шарнирамъ металлическихъ мостовъ, а для бетоннаго свода, въ промежуткахъ между арками, шарниры образованы посредствомъ двухъ цилиндрическихъ поверхностей различныхъ радіусовъ, по системѣ Кепке, применяемой обыкновенно для каменныхъ и бетонныхъ мостовъ.

Части такого шарнира изготовлялись заранее въ видѣ искусственнаго камня изъ бетона въ составѣ 1:4.

Для правильного распредѣленія давленій въ шарнирахъ предполагалось сначала употребить свинцовыя прокладки въ видѣ пластинокъ шириной 10 сант. и толщиной 2 мм., но при постройкѣ ихъ замѣнили асбестовыми прокладками толщиной 4 мм.; впоследствии однако было замѣчено, что асбестъ слишкомъ сжимается для того, чтобы имъ можно было пользоваться въ данномъ случаѣ.

Составъ бетона въ сводѣ былъ 1 ч. цемента, 2 ч. песку и 4 ч. щебня.

Арки сдѣланы изъ литого желѣза, а всѣ части шарнировъ изъ литой стали, какъ уже было сказано, кромѣ опорныхъ подушекъ на устояхъ, которыя сдѣланы изъ чугуна.

Устои и надводныя стѣнки сдѣланы изъ бетона, при чемъ въ послѣднихъ, въ мѣстахъ расположенія шарнировъ, оставлены сквозные швы.

Весьма значительный распоръ въ сводѣ вызвалъ одно интересное явленіе, на которое здѣсь полезно указать. Размѣры устоя, при проектированіи, были опредѣлены въ зависимости отъ горизонтальнаго распора свода; сопротивленіе скольженію въ горизонтальной плоскости зависить отъ полного вѣса устоя, который не можетъ быть меньше опредѣленнаго расчетомъ значенія.

Но, при постройкѣ моста на Штейрѣ, плотный и крѣпкій грунтъ подъ однимъ изъ устоевъ былъ встрѣченъ выше проектной глубины заложенія фундамента.

Увлечшись экономіей, заложили фундаментъ устоя на глубинѣ меньшей противъ проектной, при чемъ упустили изъ виду, что при этомъ уменьшается вѣсъ устоя и, вмѣстѣ съ тѣмъ, сопротивленіе его скольженію.

Послѣ раскружаливанія свода было замѣчено, что ключъ свода получаетъ постоянную и довольно замѣтную осадку, которая была приписана отчасти сжатію асбестовыхъ прокладокъ въ шарнирахъ, но, главнымъ образомъ, скольженію устоя.

Тогда устой былъ укрѣпленъ вырыскиваніемъ цементнаго раствора въ гравій, составляющій засыпку сзади бетоннаго массива устоя.

Движеніе свода было остановлено, при чемъ онъ не получилъ никакихъ поврежденій, благодаря присутствію шарнировъ.

Испытаніе моста было сдѣлано при помощи нагрузки въ 460 кил. на кв. метръ и дало вполне удовлетворительные результаты.

Мостъ черезъ р. Rio Caudal въ Mières (Испанія). — Этотъ мостъ имѣетъ общую длину 100 метр. и состоитъ изъ двухъ пролетовъ по 35 метровъ, перекрытыхъ трехшарнирными арками, и трехъ пролетовъ по 10,50 метр. съ балочными перекрытіями.

Мостъ этотъ построенъ въ центрѣ большого испанскаго города Mières въ Астуріи и потому фасаду его придана соответствующая архитектурная обработка (фиг. 1, табл. 33).

Полная ширина моста 7 метровъ, изъ коихъ на проѣзжую часть приходится 5 метровъ, а троттуары съ каждой стороны, устроенные на консоляхъ, занимаютъ по 1 метру.

Толщина трехшарнирнаго свода 0,60 метра въ пятахъ, 0,70 метра на половинѣ полу-пролета и 0,50 метра въ ключѣ.

Проѣзжая часть въ видѣ сплошнаго желѣзо-бетоннаго пола, толщиной 0,17 метра, поддерживается продольными и поперечными балками, которыя опираются на сводъ посредствомъ четырехъ рядовъ желѣзо-бетонныхъ стоекъ сѣченія $0,18 \times 0,15$ метра.

Разстояніе между осями продольныхъ балокъ 1,66 метр., а поперечное сѣченіе ихъ $0,20 \times 0,15$ метр.

Разстояніе между поперечными балками 1,50 метр., а поперечное сѣченіе ихъ $0,18 \times 0,25$ метр.

Арматура свода состоитъ изъ четырехъ металлическихъ трехшарнирныхъ арокъ, расположенныхъ на взаимномъ разстояніи 1,66 метр. ось отъ оси, и соединенныхъ между собою металлическими поперечными связями.

Детали арокъ и сѣченія ихъ показаны на фиг. 4—9 табл. 33.

Высота металлической арочной фермы въ пятѣ 0,50 метр., въ серединѣ полупролета 0,60 метр. и въ ключѣ 0,40 метр. Верхній и нижній пояса арокъ составлены изъ парныхъ уголковъ $100 \times 10 \times 10$ мм., соединенныхъ стойками изъ уголковъ $80 \times 80 \times 8$ мм. и раскосами изъ полосовогаго желѣза сѣченія 80×8 мм.

Для поперечныхъ связей примѣнены уголки $65 \times 65 \times 7$ мм.

Шарниры арокъ стальные и заделаны за подѣ лицо въ шарнирные бетонные камни.

Крайніе пролеты моста по 10,5 метровъ, балочной системы. Поперечный разрѣзъ такого пролета детально представленъ на фиг. 3 табл. 33.

Арматура сплошнаго перекрытія проѣзжей части во всѣхъ пролетахъ состоитъ изъ проволочной сѣтки діаметра 9 мм. съ клѣтками размѣромъ 12,5 сант.

Проектъ этого моста составленъ испанскимъ инженеромъ Ribera, строителемъ известнаго моста Las Segadas съ бетоннымъ трехшарнирнымъ сводомъ, пролетомъ 50 метровъ.

Для расчета этого моста были приняты слѣдующія нагрузки:

- 1) сплошная равномерная нагрузка 400 кил. на кв. метръ по всей поверхности пролета;
- 2) два ряда груженыхъ фуръ съ давленіемъ на ось по 8 тоннъ, при загрузеніи троттуара въ 400 кил. на кв. метръ.

Стоимость всего моста опредѣлилась въ 152,000 франковъ, или 196 франковъ на 1 кв. метръ перекрытой поверхности.

По сравнительному подсчету оказалось, что желѣзный мостъ подобной же конструкціи стоилъ бы около 133,000 франковъ только за однѣ пролетныя части, что оказывается на 43% дороже желѣзо-бетонныхъ сводовъ.

Мостъ черезъ р. Charley Creek, близъ Wabash въ Штатѣ Индіана (С. Америка). — Этотъ мостъ, подѣ шоссеиную дорогу, черезъ р. Charley Creek въ Штатѣ Индіана имѣетъ полную длину 240 футовъ (73,15 метр.) и ширину 32 фута (9,75 метр.). Онъ состоитъ изъ двухъ пролетовъ по 75 футовъ (22,86 метр.), перекрытыхъ параболическими сводами съ подѣсомомъ 18 футовъ (5,49 метр.), и съ пятами, опирающимися непосредственно въ скалистый грунтъ.

На фиг. 1 таблицы 34 представленъ продольный разрѣзъ такого свода по оси моста.

Толщина свода 18 дюймовъ (0,46 метр.) въ ключѣ и 3 фута 4 дюйма (1,02 метр.) въ пятахъ.

Арматура сводовъ состоитъ изъ стержней профиля Kahn'a ¹⁾, помѣщенныхъ у наружной

¹⁾ См. «Особые профили арматуры», рис. 49.

и у внутренней поверхности свода, такимъ образомъ, что діагонали этихъ стержней взаимно пересекаются.

Размѣры этихъ стержней и ихъ длина показаны на фиг. 1—2 табл. 34.

Надсводныя стѣнки, подъ дѣйствіемъ распора отъ земляной засыпки поверхъ свода, разсматривались, какъ вертикальная плита, закрѣпленная на концахъ, чему соответствуетъ и расположеніе арматуры въ этихъ стѣнкахъ (фиг. 2 табл. 34).

Вертикальная арматура этихъ стѣнокъ состоитъ изъ стержней профили Kahn'a, размѣромъ $\frac{3}{4}'' \times 2''$, а горизонтальная изъ стержней круглаго сѣченія діаметромъ $\frac{3}{4}$ дюйма.

Въ пятахъ свода на промежуточномъ быкѣ добавлена арматура въ видѣ стержней круглаго сѣченія 1 дюймъ и длиною 20 футовъ, на разстояніяхъ черезъ 4 фута другъ отъ друга (фиг. 1, табл. 34).

На фиг. 3 и 4 табл. 34 показано устройство кружалъ, опалубки и формъ для надсводныхъ стѣнокъ, примененныхъ при постройкѣ этого моста, со всеми размѣрами составныхъ частей.

Расчетъ сводовъ этого моста былъ сдѣланъ по методу инженера Charles Green, профессора Мичиганскаго Университета, изложенному въ его книгѣ о сводахъ.

Составъ бетона былъ 1:2:4 для сводовъ и 1:2,5:5 для надсводныхъ стѣнокъ и фундаментовъ, при чемъ бетонъ приготовлялся очень мокрымъ.

Проектъ и постройка этого моста были исполнены фирмой «The Trussed Concrete Steel Co», Мичиганъ.

Мостъ черезъ р. Wabash въ Перу (Индіана).—Наиболѣе длинный изъ существующихъ въ сѣвѣ жельзо-бетонныхъ мостовъ былъ оконченъ постройкой въ декабрѣ 1905 года черезъ Wabash River въ Перу въ Штатѣ Индіана.

Другая замѣчательная особенность указаннаго моста—это весьма короткій срокъ его постройки: контрактъ съ подрядчикомъ былъ заключенъ въ маѣ 1905 года, а постройка окончена въ ноябрѣ того же года, такъ что весь мостъ былъ выстроенъ въ 7 мѣсяцевъ.

Мостъ состоитъ изъ 7 пролетовъ, перекрытыхъ сводами послѣдовательно:

75, 85, 95, 100, 95, 85, 75 футовъ, или 22,86, 25,90, 28,95, 30,48, 28,95, 25,90, 22,86 метровъ, опирающихся на быки, толщиною 6 футовъ у пяти сводовъ и 8 футовъ въ основаніи.

Полная длина моста 700 футовъ (213,36 метр.); ширина же 30 футовъ (9,14 метр.).

Высота проѣзжей части надъ уровнемъ меженныхъ водъ около 30 футовъ.

Фундаменты опоръ основаны на скалѣ, при чемъ заложеніе ихъ сдѣлано на глубинѣ отъ 6 до 16 футовъ отъ горизонта низкихъ водъ.

Бетонъ для всего сооруженія приготовлялся изъ гравія, полученнаго отъ выемки котловановъ подъ опоры, безъ грохоченія; составъ бетона былъ изъ одной части цемента и пяти частей гравія.

Для всего моста пошло около 3825 куб. метровъ бетона.

Особыя условія теченія и судоходства на Wabash River потребовали устройства моста съ неодинаковыми пролетами; здѣсь интересно указать на нововведеніе, принятое для уравниванія распоровъ отъ сводовъ въ соедѣнныхъ неравныхъ пролетахъ.

Пяты каждаго свода расположены не въ одномъ горизонтальномъ уровнѣ, а по наклонной линіи, такъ что одна пята свода меньшаго пролета приподнята по направленію къ своду большаго пролета, какъ это показано на продольномъ разрѣзѣ для свода пролетомъ 95 футовъ (рис. 75).

При этомъ точка пересѣченія опорныхъ реакцій T_3 свода 95 футовъ и T_4 свода 100 футовъ находится отъ средней линіи быка въ сторону большаго пролета. Такъ какъ опорная реакція T_4 больше T_3 , то равнодѣйствующая этихъ двухъ силъ R_4 должна пересѣкать среднюю линію быка въ нѣкоторой точкѣ съ такимъ расчетомъ, чтобы въ основаніи быка эта равнодѣйствующая не выходила изъ средней трети ширины подошвы быка.

Изъ послѣдняго условія и опредѣляется подъемъ линіи, соединяющей пяты даннаго свода.

Арматура сводовъ устроена по системѣ Лютена, весьма употребительной въ С. Америкѣ для мостовыхъ сводовъ, и состоитъ изъ продольныхъ стержней у внутренней поверхности свода въ ключѣ и у наружной поверхности свода вблизи пята, при чемъ эти стержни пересекаютъ наклонно сводъ въ предѣлахъ средней трети длины каждого полусвода.

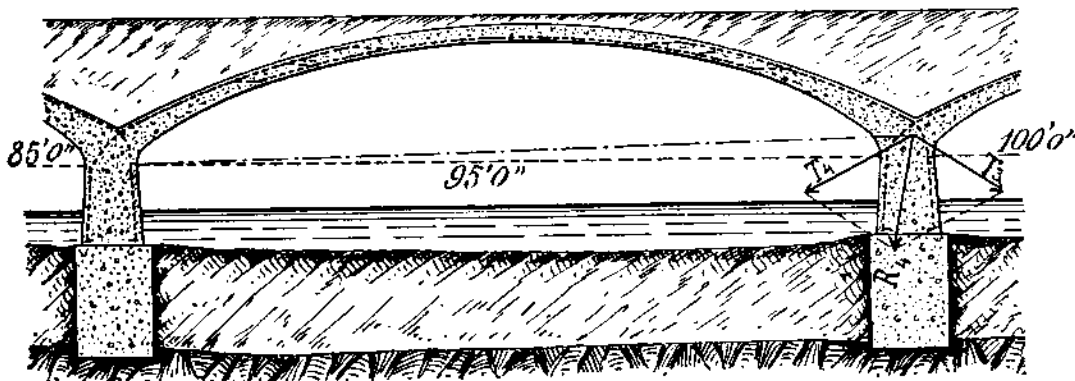


Рис. 75.

Стержни арматуры изъ круглой стали діам. $\frac{3}{4}$ дюйма, на разстояніяхъ 12 дюймовъ другъ отъ друга, что составляетъ весьма незначительный процентъ содержанія металла по отношенію къ бетону, всего 0,2% сѣченія свода въ ключѣ.

Внутреннее очертаніе сводовъ сдѣлано слѣдующимъ образомъ: были очерчены дуга круга и полуэллипсъ, проходящіе черезъ три общія точки, одну въ ключѣ и двѣ въ пятахъ; средняя линія между этими двумя кривыми и даетъ очертаніе внутренней поверхности свода.

Наружная же поверхность свода очерчена по дугѣ круга.

Такое очертаніе сводовъ признано наиболѣе выгоднымъ для устраненія изгибающихъ моментовъ въ сводѣ отъ вѣса засыпки свода землей, что дало возможность примѣнить столь легкую арматуру.

Общій ходъ работъ по постройкѣ этого моста былъ слѣдующій: прежде всего были сдѣланы бетонные фундаменты подъ устон и быки и въ то же самое время устраивались временныя основанія въ каждомъ пролетѣ для поддержанія кружалъ; эти временныя основанія были сдѣланы шириною 2 фута и продолжались на всю ширину моста, т.-е. на 32 фута, съ разстояніемъ въ 16 футовъ, ось отъ оси, такъ что на каждое такое основаніе приходился вѣсъ части свода 16×32 фута.

Толщина такихъ бетонныхъ основаній была 2 фута.

Затѣмъ производилось бетонированіе опоръ и сводовъ послѣдовательно отъ одного берега, при чемъ своды набивались частями въ 12 футовъ по ширинѣ, набивка которыхъ бетономъ производилась непрерывно отъ одной опоры до другой въ теченіе одного дня.

Бетонъ подавался на работу въ небольшихъ вагончикахъ емкостью въ $\frac{1}{2}$ куб. ярда (0,38 куб. метр.) по временному мостику, устроенному на подмостяхъ выше сводовъ.

Засыпка сверхъ сводовъ сдѣлана сухою землей, поверхъ которой устроено шоссе изъ гравія. Въ засыпкѣ сдѣланъ дренажъ изъ гончарныхъ трубъ, у каждого быка, и выпущенъ сквозъ своды.

Устройство перилъ на мосту производилось уже послѣ открытія движенія на мосту. Высота перилъ, въ видѣ сплошнаго бетоннаго парапета, 3 фута, а толщина 8 дюймовъ; въ этихъ перилахъ на каждомъ быкѣ сдѣланы швы расширенія, такъ же какъ и въ надсводныхъ стѣнкахъ. Арматура перилъ состоитъ изъ круглаго желѣза діаметромъ $\frac{3}{4}$ дюйма.

Этотъ мостъ былъ построенъ фирмой National Concrete Co въ Индианополисѣ. Стоимость его равна 36900 долларамъ (около 71600 рублей).

Мостъ съ двойнымъ сводомъ въ Мунсіе (Индіана).—Со времени введенія металла въ бетонъ, вошло въ обыкновеніе въ очертаніи желѣзо-бетонныхъ сводовъ не придерживатьея строго требованія, чтобы кривая давленія не выходила изъ средней трети толщины свода, такъ какъ полагается, что вытягивающія усилія, появляющіяся въ нѣкоторыхъ сѣченіяхъ свода, выдерживаются металлической арматурой.

Сводъ моста, построеннаго недавно близъ города Мунсіе въ Штатѣ Индіана (С. Америка), имѣетъ толщину гораздо большую, чѣмъ обыкновенно, благодаря отдѣленію внутренней и наружной поверхностей или половинъ свода, которыя раздвинуты на нѣкоторое разстояніе; такое удаленіе массъ бетона отъ осевой линіи свода позволяетъ при меньшемъ количествѣ бетона достигнуть лучшаго сопротивленія свода изгибающимъ моментамъ.

Въ разсматриваемомъ мостѣ подъ шоссеіную дорогу, какъ и вообще въ арочныхъ мостахъ, засыпка надъ сводомъ вызываетъ гораздо большіе изгибающіе моменты по сравненію съ подвижной нагрузкой и, кромѣ того, въ данномъ случаѣ можно было ожидать еще появленія добавочныхъ моментовъ, вслѣдствіе слабости основанія подъ опорами и неравномѣрной осадки грунта.

Поэтому описанное устройство свода имѣетъ большія преимущества.

Такой сводъ вполне подобенъ металлической балкѣ или аркѣ двутаврового сѣченія, въ которой матеріалъ удаленъ отъ нейтральной оси, съ цѣлью увеличенія момента инерціи и, слѣдовательно, момента сопротивленія, при чемъ полки такой металлической арки соединены металлической вертикальной стѣнкой.

Совершенно то же самое сдѣлано въ данномъ случаѣ изъ бетона, какъ видно на продольномъ и поперечномъ разрѣзахъ моста на рис. 76—78.

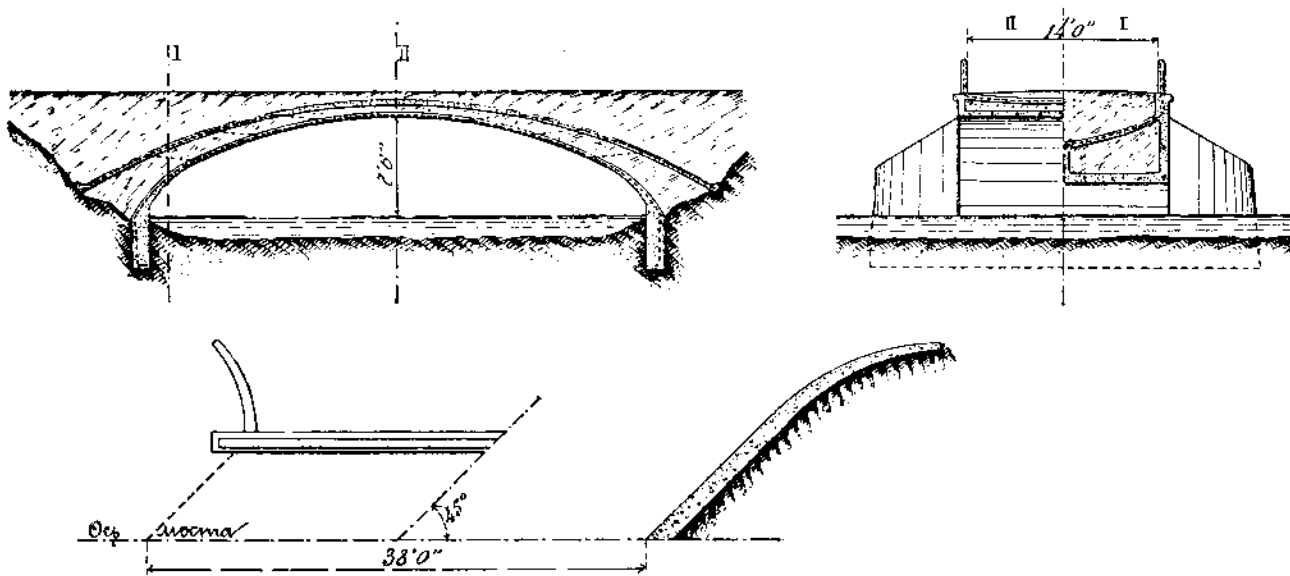


Рис. 76—78.—Мостъ «Double Drum» въ Мунсіе (Индіана).

Сводчатое перекрытіе состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ тонкихъ сводовъ изъ желѣзо-бетона, соединенныхъ между собою тремя вертикальными стѣнками, также съ металлической арматурой, при чемъ каждый изъ двухъ сводовъ имѣетъ особую опору въ грунтѣ, какъ видно на рис. 76.

Пустое пространство между двумя сводами заполнено землей или пескомъ. Это заполненіе играетъ роль опалубки при набивкѣ верхняго свода.

По предложенію изобрѣтателя, можно удалить это заполненіе какимъ-либо способомъ, напримѣръ, оставить отверстія въ верхнемъ и нижнемъ сводахъ и сдѣлать промывку струей воды подъ давленіемъ; при этомъ вѣсъ свода значительно уменьшится. Данный мостъ въ Мунсіе имѣетъ пролетъ 38 футовъ (11,58 метр.), съ косою въ 45°. На рис. 76—78 представлены продольный и поперечный разрѣзы и планъ этого моста.

Большую экономию въ этомъ типѣ арокъ даетъ устройство отдѣльныхъ опоръ для двухъ концентрическихъ сводовъ, по сравненію съ одной массивной опорой для сплошного свода.

Теорія такихъ отдѣльныхъ опоръ состоитъ въ томъ, что земля, заключенная между пятами двухъ сводовъ, служитъ также для передачи опорнаго давленія на грунтъ берега.

Нижній сводъ, въ которомъ могутъ появляться вытягивающія усилія, имѣетъ арматуру изъ круглаго желѣза, діаметромъ $\frac{5}{8}$ " (16 мм.), помѣщенную по оси свода, при толщинѣ свода 4 дюйма (102 мм.).

Три изъ этихъ стержней изогнуты и поднимаются внутри вертикальныхъ стѣнокъ до верхняго свода, гдѣ продолжаютъ по оси свода до самыхъ пята, по системѣ Лютена (D. B. Luten), уже указанной выше, при описаніи моста черезъ Wabash River въ Перу. Верхній сводъ имѣетъ кривизну въ поперечномъ направленіи, поднимаясь къ надсводнымъ стѣнкамъ, и снабженъ въ этомъ направленіи арматурой изъ стержней круглаго сѣченія, діаметромъ $\frac{5}{8}$ дюйма (16 мм.), концы которыхъ поднимаются до самаго верха надсводной стѣнки и далѣе продолжаютъ въ перилахъ моста.

Нетрудно замѣтить, что такое устройство увеличиваетъ сопротивленіе какъ самаго свода, такъ и надсводныхъ стѣнокъ давленію отъ засыпки поверхъ свода.

Надсводныя стѣнки имѣютъ толщину 12 дюймовъ, а желѣзо-бетонныя перила 6 дюймовъ.

Описываемый мостъ рассчитанъ для сосредоточеннаго груза въ 20 тоннъ или равномерной нагрузки въ 200 англійскихъ фунтовъ на кв. футъ, кромѣ вѣса надсводнаго заполнения и собственнаго вѣса моста.

Всего бетона для устройства моста пошло 24,50 куб. метровъ, не считая крыльевъ устоевъ, толщиной въ 1 футъ, для которыхъ потребовалось еще 12,25 куб. метровъ бетона.

Цѣна моста по смѣтѣ была 640 долларовъ или около 1242 рублей.

Проектъ этого моста былъ составленъ фирмою National Bridge Co въ Индианополисѣ.

По нашему мнѣнію, такой сводъ, при громадной жесткости всей конструкціи съ надсводными стѣнками включительно, при слабомъ грунтѣ и отсутствіи массивныхъ устоевъ, могущихъ принимать горизонтальный распоръ отъ свода, можно разсматривать, какъ сплошную балку, свободно лежащую на опорахъ.

3. Пѣшеходные мостики.

БАЛОЧНЫЕ МОСТИКИ.

Таблица 35.

Мостикъ черезъ р. Schwarza въ Пейербахъ (близъ Вьнны).—Этотъ пѣшеходный мостъ имѣетъ пролетъ въ свѣту 26 метр.; ширина моста между перилами 2,30 метр., при чемъ въ средней части моста сдѣлано уширеніе до 3,20 метр., какъ видно изъ плана моста (фиг. 3, табл. 35).

Верхній сплошной настилъ моста толщиной 0,20 метр. поддерживается двумя продольными балками перемѣнной высоты: 1,40 метра посрединѣ пролета и 0,90 метра у опоръ. Ширина балки одинаковая на всемъ ея протяженіи и равна 0,30 метр. Разстояніе между осями балокъ равно 1,10 метр.

Устройство арматуры балокъ и сплошного покрытія съ указаніемъ размѣровъ металлическихъ стержней детально представлено на фиг. 4 и 5 табл. 35.

Для расчета была принята равномерная нагрузка въ 450 кил. на кв. метр.

Наибольшее напряженіе было допущено для бетона на сжатіе 32 кил. на кв. см., а для желѣза на растяженіе 7,8 кил. на кв. мм.

Составъ бетона былъ 1:6 для устоевъ и 1:3 для балокъ и верхняго перекрытія, которое сверху покрыто асфальтомъ.

Перила моста металлическія и фасадъ моста обработанъ въ новомъ стилѣ.

Пешеходный мостъ на ж. д. Парижъ-Орлеанъ.—Этотъ пешеходный мостикъ построенъ черезъ желѣзнодорожную выемку и имѣетъ три пролета, изъ коихъ два крайнихъ по 5,65 метра, а средній 8,40 метр.

Полная ширина моста по верху 2,10 м., а между перилами 2,00 метра.

Пролетная часть моста состоитъ изъ сплошного перекрытія толщиной 0,08 метра, поддерживаемаго двумя продольными балками сѣченія $0,30 \times 0,20$ метра на всемъ протяженіи моста.

Конечными опорами моста служатъ устои изъ бутовой кладки, а двѣ промежуточные опоры устроены каждая въ видѣ двухъ ногъ, разставленныхъ внизу нѣсколько шире, чѣмъ вверху, и соединенныхъ на нѣкоторой высотѣ поперечной распоркой.

Детали конструкціи этого мостика съ размѣрами арматуры всѣхъ его частей показаны на фиг. 6—7 табл. 35.

Мостъ огражденъ по всей длинѣ металлическими перилами и имѣетъ весьма легкій видъ, при крайней простотѣ конструкціи.

А Р О Ч Н Ы Е М О С Т И К И.

Арочные пешеходные мостики по конструкціи пролетныхъ частей вполне подобны арочнымъ мостамъ подъ обыкновенныя дороги, описаннымъ выше, но съ меньшими пролетами и меньшими размѣрами отдѣльныхъ частей въ зависимости отъ меньшей ширины проѣзжей части и меньшихъ подвижныхъ нагрузокъ. Шарниры въ пешеходныхъ мостикахъ обыкновенно не дѣлаются. Пролеты такихъ арочныхъ мостовъ доходятъ до 20 метровъ.

Части мостовъ.

Таблица 36.

Здѣсь укажемъ на нѣкоторые детальныя примѣненія желѣзо-бетона для устройства отдѣльныхъ частей мостовъ, какъ-то фундаментовъ, устоевъ, ледорѣзовъ, троттуаровъ на консоляхъ, шарнировъ арочныхъ мостовъ и т. п.

Ф У Н Д А М Е Н Т Ы.

Фундаменты мостовыхъ устоевъ и быковъ очень часто основываются на бетонномъ или желѣзо-бетонномъ ростверкѣ, расположенномъ на головахъ желѣзо-бетонныхъ свай, забитыхъ въ грунтъ. Конструкція такихъ свай и способы ихъ забивки подробно были изложены въ своемъ мѣстѣ. Мы приводили также примѣры устройства основаній на сваяхъ: устоевъ моста черезъ р. Лозоватку на Екатерининской ж. дорогѣ и быковъ Суассонскаго моста черезъ р. Aisne.

Перейдемъ къ устройству фундаментовъ посредствомъ опускаемыхъ колодцевъ и кессоновъ.

Опускаемые колодцы моста черезъ р. Cockle Creek близъ Сиднея (Австралія).—Эти опускаемые колодцы по конструкціи своей напоминаютъ чугунныя трубчатые основанія. Система колодцевъ, примѣненная при постройкѣ моста черезъ р. Cockle Creek близъ Сиднея, состоитъ изъ отдѣльныхъ колецъ въ видѣ бетонныхъ трубъ съ арматурой Монье, внутренняго діаметра 1,07 метра, съ толщиной стѣнокъ 54 миллиметра. Высота каждаго кольца равна 1,09 метр. Арматура этихъ трубъ состоитъ изъ металлической сѣтки изъ проволоки діаметромъ 1,6 мм. съ петлями размѣромъ 32 мм., и двухъ спиралей изъ проволоки 4,2 мм., съ шагомъ въ 25 мм., расположенныхъ по окружности трубы. Между этими двумя спиралями заключена упомянутая выше сѣтка.

Кромѣ того, по окружности трубы, въ продольномъ направленіи, расположены шесть желѣзныхъ полосъ сѣченія 44×6 мм., заключенныхъ между тѣми-же спиралями. Эти полосы служатъ для соединенія между собою отдѣльныхъ трубъ.

Самое соединеніе дѣлалось посредствомъ проушинъ и желѣзныхъ клиньевъ, какъ представлено на фиг. 7 таблицы 36.

Стыки трубъ, кромѣ того, заливались сурикомъ.

Въ нижней части колодца труба оканчивалась чугуныиъ рѣзцомъ. Кромѣ того, внутри, на высоту 0,90 метровъ отъ рѣзца, бетонъ былъ защищенъ металлическимъ листомъ толщиной 6 мм. по всей окружности цилиндра, съ цѣлю предохранить бетонъ отъ ударовъ рабочихъ инструментовъ: лопать, кирокъ и т. д., какъ показано на фиг. 5 табл. 36.

На практикѣ, впрочемъ, эта предосторожность оказалась излишней.

Колодцы эти проходили послѣдовательно сквозь слой гравія, песка и глины, до глубины 11 метровъ отъ уровня воды. Опусканіе колодцевъ производилось посредствомъ выемки грунта обыкновеннымъ способомъ, безъ помощи сжатого воздуха.

Въ случаѣ необходимости, конечно, можно было примѣнить такой колодець для работы сжатыиъ воздухомъ: стоило только въ верхней его части приболтить кессонный шлюзъ.

По окончаніи опусканія такихъ колодцевъ, внутренность ихъ была заполнена бетономъ, при чемъ предварительно стѣнки колодца внутри были тщательно очищены и обмыты отъ грязи.

Система Симонса (Simons).—Колодцы этой системы, какъ увидимъ далѣе, строго говоря, нельзя назвать опускаемыми; кромѣ того они примѣнимы лишь для работъ съ очень малымъ водоотливомъ, но все-таки эта система заслуживаетъ вниманія въ виду ея удобства для устройства основаній въ довольно сухихъ и слабыхъ грунтахъ, требующихъ сильнаго укрѣпленія котловановъ.

Способъ швейцарскаго инженера Симонса состоитъ въ слѣдующемъ: въ землѣ выкапывается котлованъ требуемаго размѣра, глубиною около 0,90 метр., на дно котораго укладывается прямоугольная рама изъ брусковъ трапецидальнаго сѣченія, сверху которой устанавливается ящикъ изъ досокъ 30×7 сант., поставленныхъ на ребро (фиг. 8, табл. 36).

По каждой сторонѣ прямоугольника, между деревянной формой и стѣнками котлована, втыкаются въ грунтъ два желѣзныхъ стержня длиною 35 сант., съ загнутыми крючкомъ концами, какъ это видно на фиг. 8. Затѣмъ этотъ промежутокъ заполняется бетономъ. Въ бетонъ во время трамбованія укладываются стержни круглаго сѣченія, расположенные горизонтально вблизи внутренней поверхности колодца; концы-же этихъ стержней загнываются внаружу къ угламъ колодца, какъ видно на планѣ (фиг. 9, табл. 36).

Добавляя послѣдовательно формы изъ досокъ, поставленныхъ на ребро, продолжаютъ бетонированіе колодца до уровня земли.

По затвердѣніи бетона, т.-е. дня черезъ четыре, продолжаютъ выемку котлована, насколько позволяетъ родъ грунта и для дальнѣйшаго устройства колодца пользуются той-же деревянной рамой и формами изъ досокъ, опуская ихъ ниже.

Связь между двумя отдѣльными частями колодца обезпчивается посредствомъ вертикальныхъ стержней, указанныхъ выше.

Для того, чтобы имѣть возможность трамбовать бетонъ между оконченной частью стѣнокъ колодца и формами, на нижней рамѣ изъ брусковъ сдѣланъ такой наклонный срѣзъ, чтобы на бетонѣ получилась снизу фаска въ 7,5 сант., какъ это видно на фиг. 8 табл. 36. Подобная-же фаска дѣлается и вверху нижняго кольца колодца, такъ что трамбованіе бетона происходитъ черезъ отверстіе въ 15 сантиметровъ, посредствомъ металлическихъ трамбовокъ съ соотвѣтственно изогнутыми ручками.

Колодцы такой конструкціи примѣнялись, между прочимъ, при устройствѣ основаній для моста Koginhaus въ Бернѣ и для фундаментовъ подъ колонны городского театра въ томъ-же городѣ.

Кессоны.—Ничто не мѣшаетъ устраивать изъ желѣзо-бетона пневматическіе кессоны для постройки мостовыхъ опоръ, но до сего времени, сколько извѣстно, такіе кессоны, цѣликомъ изъ желѣзо-бетона, еще не имѣли примѣненій.

Далѣе опишемъ лишь нѣсколько случаевъ частнаго примѣненія желѣзо-бетона къ устройству кессоновъ, служившихъ для постройки мостовъ на Восточно-Китайской ж. д.

Кессоны на Восточно-Китайской желѣзной дорогѣ.—При постройкѣ мостовъ на Восточно-Китайской жел. дорогѣ обыкновенно отдавалось преимущество кессонамъ изъ каменной кладки, такъ какъ желѣза на мѣстѣ не было, а деревянные кессоны имѣли тотъ недостатокъ, что, послѣ окончательнаго заполнения кессона кладкой, между послѣдней и каменной кладкой самой мостовой опоры получался толстый слой деревяннаго потолка кессона, нарушавшій монолитность опоры.

Каменные кессоны съ желѣзо-бетонными потолками на Восточно-Китайской жел. дорогѣ устраивались по привилегированной системѣ инженера А. Н. Лентовскаго, и имѣли нѣсколько типовъ, описанныхъ ниже.

Устройство кессона перваго типа показано на фиг. 1—4 табл. 36.

Кессонъ имѣетъ прямоугольную форму въ планѣ.

Ножъ кессона смѣшанной конструкціи и состоитъ изъ желѣзнаго рѣзца и деревянныхъ брусьевъ, прочно стянутыхъ болтами.

На деревянномъ кольцѣ изъ брусьевъ основывается каменная кладка стѣнъ кессона. Чтобы уменьшить уклонъ каменныхъ стѣнъ внутри кессона, послѣднимъ сразу придавалась внизу большая толщина. Это достигалось укладкой на нѣкоторыхъ разстояніяхъ деревянныхъ брусьевъ или рельсъ, при чемъ промежутокъ между этими рельсами и поясомъ кессона заполнялся досками, которыя однимъ концомъ клались на подошву рельса, а другимъ на деревянный брусъ ножа, къ которому прибивались гвоздями.

Каменная кладка стѣнъ кессона соединялась съ деревяннымъ ножомъ посредствомъ особыхъ болтовъ.

Для сопротивленія боковому сжатію отъ давленія грунта по длинѣ кессона ставились двѣ металлическія распорки тавроваго сѣченія, прикрѣпленныя къ ножу посредствомъ болтовъ.

Для уменьшенія тренія о грунтъ при опусканіи кессона, стѣнки послѣдняго снаружи были обшиты досками. Эти доски пришивались къ деревяннымъ рамамъ со стойками. Нижніе концы досокъ вертикальной обшивки кессона прикрѣплялись къ ножу посредствомъ болтовъ и гвоздей.

По окончаніи каменной кладки стѣнъ устраивался желѣзо-бетонный потолокъ.

На уровнѣ потолка вдоль продольныхъ стѣнъ кессона укладывались стержни изъ круглаго желѣза діам. около 14 мм., изогнутаго зигзагообразно, при чемъ петли этихъ стержней выступали изъ каменной кладки на длину около 50 мм. (фиг. 3, табл. 36).

За эти петли зацѣплялись концы прутьевъ арматуры потолка, загнутые крючками. Арматура устраивалась по системѣ Кенена.

Затѣмъ эта арматура затрамбовывалась бетономъ.

Потолокъ этого типа составлялъ одно цѣлое съ каменной кладкой стѣнъ кессона и послѣдующей кладкой опоръ.

Размѣры арматуры и толщины потолка опредѣлялись расчетомъ въ зависимости отъ ширины кессона.

Въ другомъ типѣ кессона арматура потолка состояла изъ металлическихъ двутавровыхъ балокъ. Во всемъ-же остальномъ устройство кессона вполне тождественно съ вышеописаннымъ.

Въ третьемъ типѣ потолокъ состоялъ изъ старыхъ рельсъ, зацѣпленныхъ въ бетонъ.

Пользуясь вышеописанной конструкціей, инженеръ Лентовскій въ теченіе 1901 и 1902 года опустил 62 такихъ кессона при постройкѣ мостовъ черезъ рѣки Сунгари первая и Сунгари вторая, Хунхэ, Нонни и Тайдзы.

О П О Р Ы.

Выше было описано нѣсколько типовъ желѣзо-бетонныхъ устоевъ мостовъ, на примѣръ моста Châtellerault, Суассонскаго моста, въ видѣ ящиковъ съ довольно тонкими стѣнками, усиленными внутренними контрфорсами. Здѣсь укажемъ еще одинъ типъ мостоваго устоя.

Устой моста въ Monticello на ж.-д. линіи Wabash Railroad (С. Америка).—На рис. 79 представленъ устой моста на «Wabash Railroad» въ Штатѣ Иллинойсѣ. Ширина подошвы этого устоя равна около половины его высоты. Объемъ такого устоя составляетъ менѣе 50% массивнаго устоя изъ бетонной или бутовой кладки, обыкновеннаго типа.

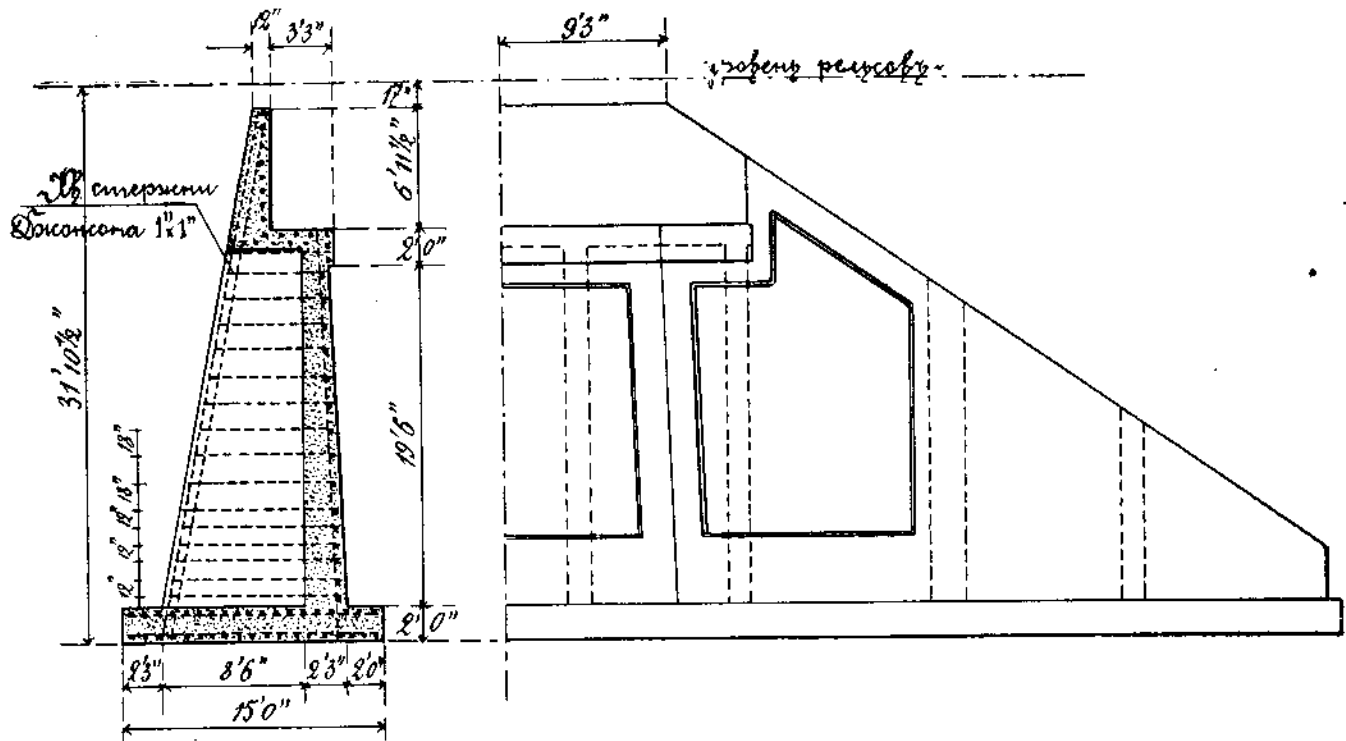


Рис. 79.—Устой моста въ Monticello.

Что касается его цѣны, то она равна 47% стоимости устоя изъ обыкновенной бутовой кладки при томъ-же коэффициентѣ устойчивости и прочности.

Слѣдуетъ замѣтить, что въ устояхъ этого типа необходимо обращать особое вниманіе на вполне совершенный отводъ воды сзади устоя, посредствомъ дренажей, во избѣжаніе выпучиванія грунта между контрфорсами во время морозовъ.

Указанный устой былъ сдѣланъ для желѣзнодорожнаго моста подъ два пути, перекрытаго металлическими балочными фермами, закрытыми снаружи желѣзо-бетонными стѣнками, придающими мосту видъ массивнаго бетоннаго сооруженія.

Ледорѣзы быковъ моста на р. Lehigh River въ Glen Opeka (Пенсильванія). — Устройство этихъ ледорѣзовъ показано на рис. 80. Здѣсь ребро ледорѣза покрыто уголкою сѣченія $200 \times 200 \times 19$ мм. и двумя металлическими полосами сѣченія 500×19 мм.

Это металлическое покрытие прикрѣплено къ бетонному массиву устоя болтами діаметромъ 25 мм., какъ это представлено на поперечныхъ сѣченіяхъ ледорѣза (рис. 80 см. на стр. 100).

Ледорѣзы мостовъ на ж.-д. линіи Illinois Central Railroad. (Соед. Штаты).— На рис. 81 представленъ типъ ледорѣза, примѣненный на ж. д. Illinois Central Railroad, а также и на нѣкоторыхъ другихъ ж. дорогахъ въ С. Америкѣ.

Здѣсь ребро ледорѣза усилено двутавровой балкой, прочно связанной съ арматурой быка. Опасались, что удары льда и измѣненія длины балки въ зависимости отъ колебаній температуры, будутъ вредно отзываться на прочности бетонной массы въ быкѣ, но практика показала, что опасенія эти были напрасны.

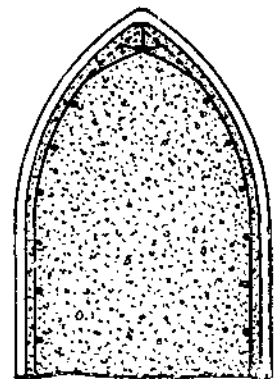


Рис. 81.

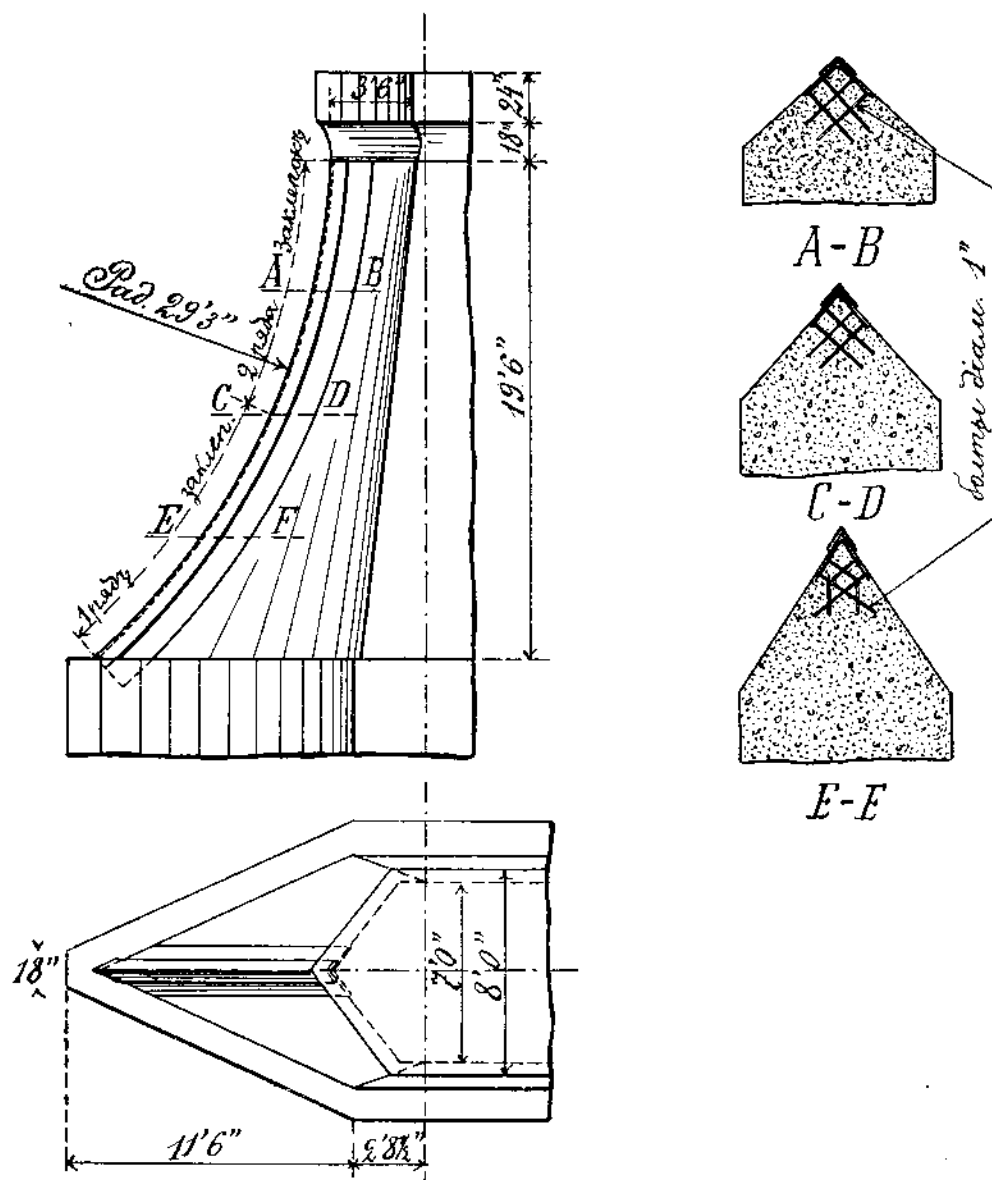


Рис. 80.—Ледорёзы моста въ Glen Opoка (Пельсинванія).

ТРОТТУАРЫ НА СВЪСАХЪ.

Таблица 37.

Въ своемъ мѣстѣ мы видѣли устройство троттуаровъ на-вѣсу въ нѣкоторыхъ желѣзо-бетонныхъ мостахъ, какъ напр., мостъ въ Châtellerault, мостъ черезъ Rio Caudal въ Mières и друг.

Приведемъ далѣе примѣръ устройства желѣзо-бетонныхъ троттуаровъ, съ такими-же консолями, устроенныхъ на каменныхъ надсводныхъ стѣнкахъ мостовъ съ массивными бетонными сводами черезъ пойму р. Дона на Владикавказской ж. дорогѣ.

Работа эта замѣчательна по своей величинѣ (общая длина троттуаровъ болѣе версты) и тщательности исполненія.

Троттуары мостовъ на поймѣ р. Дона на 3, 6 и 8 вер. Владикавказской жел. дороги.
Линія Владикавказской желѣзной дороги на протяженіи своихъ первыхъ десяти верстъ отъ гор. Ростова на Дону пересѣкаетъ пойму р. Дона, при чемъ для пропуска весеннихъ водъ и паводковъ, кромѣ моста на главномъ руслѣ, отв. 125 саж., на поймѣ р. Дона существовали до самаго послѣдняго времени еще три моста съ рѣшетчатыми металлическими фермами пролетами по 10 саж. на клепаныхъ трубчатыхъ опорахъ.

Вслѣдствіе ветхости этихъ мостовъ и слабости ихъ фермъ, эти мосты въ періодъ времени 1905—1906 года замѣнены мостами съ бетонными сводами пролетами по 10 саж. на каменныхъ опорахъ. Отверстія такихъ перестроенныхъ мостовъ: на 3 верстѣ 200 саж., на 6 верстѣ 250 саж. и на 8 верстѣ 30 саж.

Въ виду громаднаго пѣшеходнаго движенія между Ростовомъ и подгородними селами по желѣзнодорожной насыпи, Владикавказская желѣзная дорога рѣшила устроить вдоль мостовъ особый троттуаръ для пѣшеходовъ на консоляхъ, укрѣпленныхъ въ надсводныхъ стѣнкахъ строящихся мостовъ.

Конструкція такого троттуара, нѣсколько напоминающая троттуаръ на набережной De-billy въ Парижѣ, описанный у П. Кристофа ¹⁾, представлена вполне детально на таблицѣ 37. Троттуаръ этотъ устраивался послѣ возведенія надсводныхъ стѣнокъ, при чемъ въ послѣднихъ оставались соответственные прорѣзы или гнѣзда для помѣщенія желѣзо-бетонныхъ консолей троттуара, какъ это показано на фиг. 1 табл. 37. Надъ ключомъ свода, гдѣ высота надсводной стѣнки невелика, въ бетонной массѣ свода оставались отверстія трапецидальной формы для закрѣпленія верхнихъ металлическихъ тяжей консоли. Форма этихъ отверстій показана пунктиромъ на той-же фиг. 1 табл. 37.

Въ самомъ началѣ постройки этихъ троттуаровъ были замѣчены весьма нежелательныя явленія, на которыя здѣсь полезно указать. Дѣло въ томъ, что троттуары были спроектированы непрерывными и монолитными по всей длинѣ каждого моста, такъ что, напримѣръ для наиболѣе длиннаго моста отв. 250 саж., длина троттуара была 270 саж. (576 метровъ). При такой длинѣ и при среднемъ колебаніи температуры въ 30° С, удлиненіе троттуара должно достигнуть весьма замѣтной величины:

$$576 \times 0,0000125 \times 30 = 21,6 \text{ сант.}$$

Между тѣмъ желѣзо-бетонная конструкція троттуара была совершенно неразрывно связана съ массивными надсводными стѣнками изъ бутовой кладки на цементѣ, не только стержнями консолей, но также еще дополнительными тяжами, образованными посредствомъ удлиненія стержней плоской части троттуара, параллельныхъ консолямъ и также закрѣпленныхъ въ надсводной стѣнкѣ моста. Такое слишкомъ прочное закрѣпленіе желѣзо-бетонной конструкціи вызвало разрушеніе троттуаровъ: къ счастью, при возведеніи небольшой части таковыхъ (около 50 пог. саж.), уже было обнаружено появленіе значительныхъ трещинъ, пересекающихъ плоскую часть троттуара нормально къ его длинѣ, вблизи консолей, съ обеихъ сторонъ каждой консоли. Трещины эти увеличивались или уменьшались въ зависимости отъ состоянія погоды и температуры и быстро разрушали близлежащую область бетона.

Для выясненія причинъ появленія такихъ трещинъ и изысканія мѣръ для ихъ предупрежденія, въ сентябрѣ 1905 года была назначена особая комиссія изъ инженеровъ, въ составъ которой вошелъ и авторъ настоящей книги. Послѣ всесторонняго осмотра и обсужденія на мѣстѣ работъ, комиссія пришла къ заключенію, что работа исполняется вполне добросовѣстно и трещины не зависятъ отъ качества работъ или матеріаловъ, но приписываются вліянію колебаній температуры, съ цѣлью устраненія вреднаго дѣйствія которыхъ конструкція троттуаровъ должна быть измѣнена для возможности перемѣщеній илитъ, происходящихъ отъ этихъ колебаній.

Для удовлетворенія такому положенію верхнее плоское покрытіе должно быть отдѣлено отъ консолей и надсводной стѣнки и имѣть возможность свободно скользить по таковымъ. Поэтому плоское желѣзо-бетонное покрытіе должно прерываться черезъ кронштейны, являясь въ видѣ непрерывной плиты только на протяженіи двухъ пролетовъ между кронштейнами (5 метровъ). Въ продольномъ направленіи плита должна быть разрѣзана вдоль всего моста позади охраннаго бруса (бетоннаго).

Толщина такихъ швовъ, показанныхъ на фиг. 1—4 табл. 37, опредѣлена въ 1/4 дюйма, при чемъ вертикальные швы признано полезнымъ заливать гудрономъ

¹⁾ P. Christophe. Le béton armé et ses applications. 1902 г., стр. 313.

Для того, чтобы плита действительно могла имѣть незначительныя перемѣщенія въ горизонтальной плоскости по своимъ опорамъ отъ дѣйствія температуры, въ горизонтальныхъ швахъ должны быть уложены прокладки изъ кровельнаго 10-фунтоваго желѣза въ одинъ листъ во всѣхъ мѣстахъ, гдѣ плоское покрытие соприкасается съ кронштейнами и надсводными стѣнками.

Закрѣпленіе поперечныхъ стержней плоскаго покрытия въ надсводной стѣнкѣ было признано необходимымъ уничтожить. Закрѣпленіе же верхнихъ тяжей консолей должно быть сдѣлано, какъ показано на фиг. 1 табл. 37, при помощи желѣзо-бетонной продольной балки сѣченіемъ 300×300 мм., при чемъ тяжи зацѣпляются крючкомъ за поперечные короткіе стержни подъ нижней продольной арматурой балокъ.

Для того, чтобы чугунныя колонки перилъ моста не могли служить препятствіемъ незначительнымъ перемѣщеніямъ свободнолежащихъ на опорахъ плитъ плоскаго покрытия, признано необходимымъ ставить эти колонки въ овальныхъ отверстіяхъ плиты, располагая овалъ большою осью вдоль моста, при чемъ нижняя часть колонки, попадающая въ кронштейнъ, должна быть зацѣплена цементомъ, часть-же, проходящая черезъ овальное отверстіе плоскаго покрытия,—гудрономъ. Дальнѣйшее устройство троттуаровъ продолжалось по предложенному выше способу, что не замедлило дать самые благопріятные результаты: трещины совершенно не появлялись, между тѣмъ какъ въ теченіе одного только года первая, вполнѣ монолитная, часть троттуара являла видъ полнаго разрушенія отъ разрастающихся трещинъ.

Полная длина троттуаровъ всѣхъ трехъ мостовъ на поймѣ р. Дона равна 523 саж. (1115,87 метр.).

Стоимость устройства одной погонной сажени троттуара съ матеріаломъ и металлическими перилами обошлась около 40 рублей.

Для расчета кронштейновъ и плоскаго покрытия троттуаровъ были приняты допускаемые напряженія бетона на сжатіе 30 кил. на кв. сант. и желѣза на растяженіе 600 кил. на кв. сант.

Временная равномерная нагрузка отъ пѣшеходовъ принята въ 400 кил. на кв. метръ площади троттуара.

Составъ бетона былъ 1:2,5:5.

ШАРНИРЫ АРОЧНЫХЪ МОСТОВЪ.

Въ желѣзо-бетонной практикѣ весьма распространена постройка мостовъ большихъ пролетовъ съ трехшарнирными сводами.

Мы видѣли выше описаніе такихъ мостовъ, напр., черезъ р. Rio Caudal въ Испаніи и Steyr въ Австріи.

Въ такихъ мостахъ въ бетонномъ сводѣ зацѣпляются металлическія рѣшетчатые арки, благодаря чему конструкція шарнировъ получается смѣшанная: металлическіе шарниры для арокъ и каменные или бетонные для бетонныхъ сводовъ.

Шарниры для металлическихъ арокъ обыкновенно дѣлаются изъ литой стали или состоятъ изъ чугунныхъ подушекъ со стальными цилиндрическими вкладышами и клиньями. Устройство такихъ шарнировъ можно видѣть на таблицѣ 32 и 33 (мосты черезъ р. Steyr и р. Rio Caudal).

Ниже приводимъ для примѣра детальныя чертежи пятового и ключевого шарнировъ для металлическихъ арокъ желѣзо-бетоннаго моста Франца Іосифа въ Лайбахѣ (Австрія), пролетомъ 33 метра, подъ обыкновенную дорогу (рис. 82 и 83).

Въ общемъ конструкція такихъ шарнировъ ничѣмъ не отличается отъ конструкціи шарнировъ металлическихъ арочныхъ мостовъ.

Что касается шарнировъ бетонныхъ сводовъ въ промежуткахъ между металлическими арками, то они дѣлаются въ видѣ отдѣльныхъ камней изъ естественнаго камня твердыхъ породъ или готовятся искусственнымъ образомъ изъ бетона.

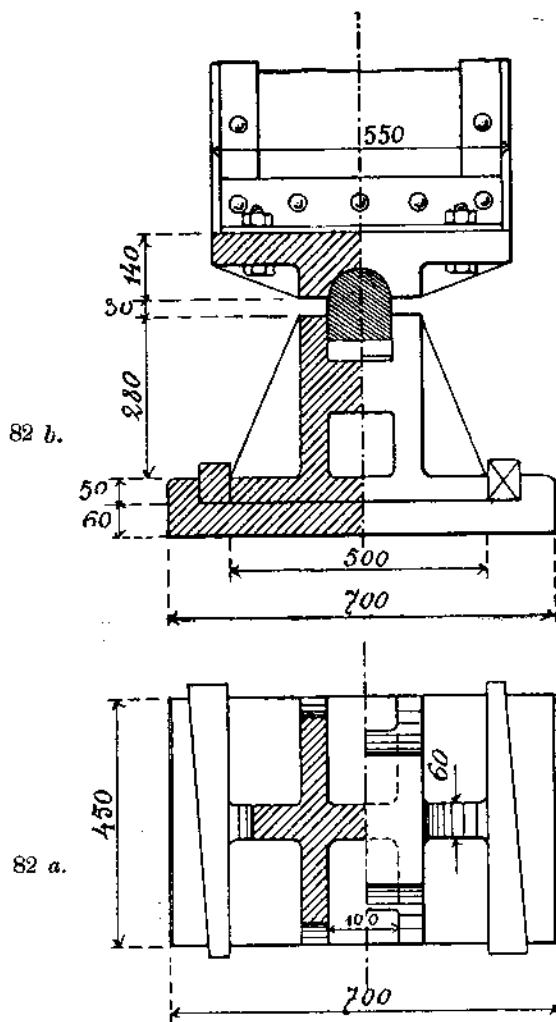


Рис. 82.—Шарниръ въ пять.

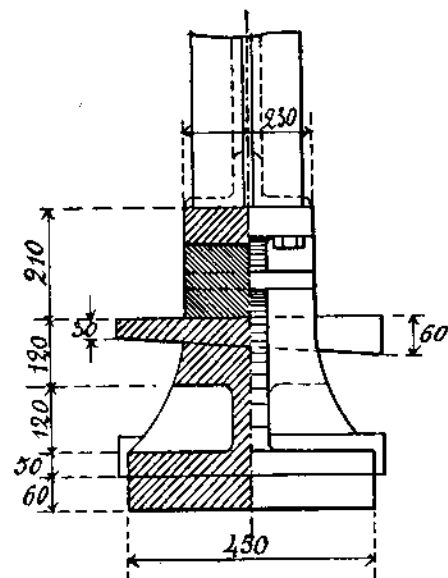


Рис. 83.—Шарниръ въ ключъ.

Одинъ изъ этихъ шарнирныхъ камней имѣетъ выпуклую цилиндрическую поверхность, а другой плоскую или впадную поверхность, какъ показано на рис. 84 и 85.

Прочное сопротивление такихъ шарнировъ въ сильной степени зависитъ отъ твердости матеріала и тщательности изготовленія шарнирныхъ камней.

Въ бетонныхъ шарнирныхъ камняхъ, во избежаніе расслаиванія бетона отъ чрезмернаго давленія, полезно

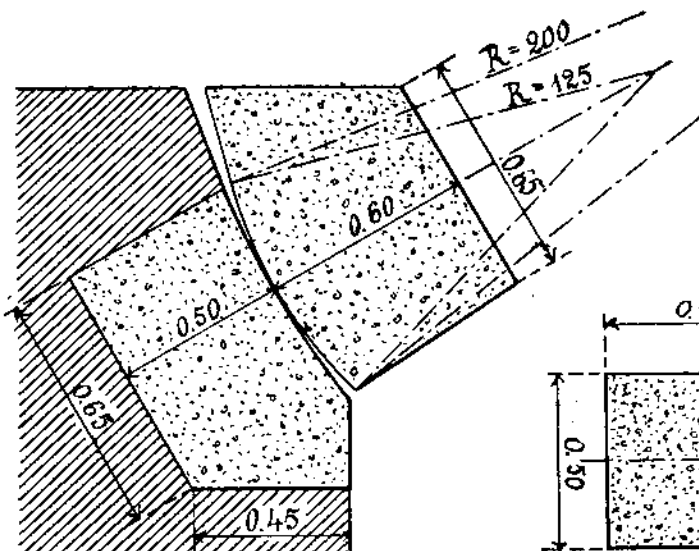


Рис. 84.—Бетонный шарниръ въ пять.

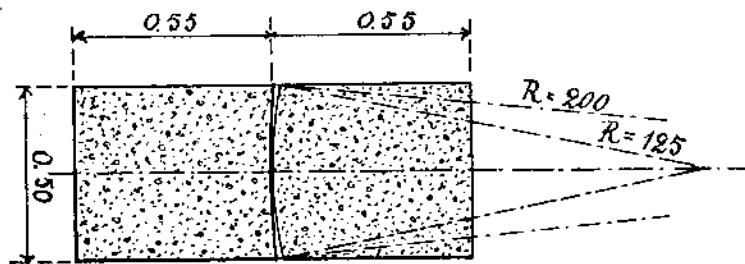


Рис. 85.—Бетонный шарниръ въ ключъ.

помѣщать поперечную арматуру, сопротивляющуюся боковому выпучиванію бетона отъ сжатія.

Составъ бетона въ этихъ камняхъ берется обыкновенно на 1 ч. цемента 3 части песку или 4 части хорошо промытой смѣси песку и мелкаго гравія.

Для обезпеченія равномерной передачи давленія между соприкасающимися поверхностями шарнирныхъ камней прокладываются свинцовые листы или полоски, шириною около 10 сант. и толщиною 1,5—2,0 сант.

Иногда для этой цѣли примѣнялись асбестовыя прокладки, какъ, напр., въ мостѣ Steyr, но асбестъ оказался непригоднымъ въ данномъ случаѣ, вслѣдствіе сильной сжимаемости подъ дѣйствіемъ давленія отъ горизонтальнаго распора свода.

Водоснабженіе и канализація.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ.

Главнѣйшимъ матеріаломъ во всѣхъ работахъ по водоснабженію до сего времени служилъ металл: чугуны для трубъ и желѣзо для всевозможныхъ баковъ, резервуаровъ и т. д.

Непродолжительность службы послѣднихъ извѣстна: металлическіе баки водосмныхъ зданій, несмотря на всѣ заботы и надлежащемъ содержаніи ихъ, своевременную періодическую окраску и т. п., служатъ всего около 30 лѣтъ; резервуары-же подземные погибаютъ гораздо скорѣе, вслѣдствіе разрушенія отъ ржавчины.

Чугунныя трубы большихъ діаметровъ содержатъ много лишняго металла, составляющаго запасъ на износъ отъ ржавчины и для приданія надлежащей жесткости трубамъ, что сильно увеличиваетъ ихъ вѣсъ и цѣну. Тоже самое можно сказать и о клепанныхъ желѣзныхъ трубахъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ желѣзо-бетонъ успѣшно конкурируетъ съ металломъ, нерѣдко представляя меньшую стоимость и въ то же время давая гораздо большія гарантіи прочности и долговѣчности по сравненію съ металлической конструкціей, при почти полномъ отсутствіи издержекъ на ремонтъ.

За границей и въ Россіи существуетъ много желѣзо-бетонныхъ резервуаровъ и бассейновъ большой емкости, постройка которыхъ дала вполне удовлетворительные результаты.

Точно также существуютъ водопроводныя магистрали изъ желѣзо-бетонныхъ трубъ, устроенныя на большія протяженія, и выдерживающія громадныя давленія, даже выше допускаемыхъ для чугунныхъ трубъ.

Для отстойныхъ бассейновъ, фильтровъ, и вообще вмѣстителей большой емкости, устроенныхъ на уровнѣ земли или подъ землею, до сего времени обыкновенно примѣнялся кирпичъ и камень; массивныя каменные стѣны такихъ бассейновъ перекрывались не менѣе массивными кирпичными сводами на каменныхъ столбахъ. Въ ближайшемъ будущемъ такія сооруженія, существующія во многихъ большихъ городахъ, будутъ представлять изъ себя археологическую рѣдкость, какъ памятники былого строительнаго искусства.

Эти громоздкія сооруженія, требующія громадныхъ затратъ денегъ, труда и времени на ихъ постройку, все-таки обыкновенно, въ слабыхъ грунтахъ, обнаруживаютъ трещины, дающія мѣсто нежелательнымъ фильтраціямъ воды изъ бассейна въ грунтъ, или обратно, вредныхъ грунтовыхъ водъ въ бассейнъ, и ихъ нельзя сравнить съ легкими и изящными бассейнами желѣзо-бетонной конструкціи, требующими гораздо меньшаго количества земляныхъ работъ, менѣе серьезныхъ основаній и воздвигаемыми почти со сказочной быстротой, благодаря малому объему бетонныхъ работъ по сравненію съ емкостью самаго бассейна.

Далѣе приведемъ нѣсколько примѣровъ желѣзо-бетонныхъ работъ по водоснабженію, главнымъ образомъ исполненныхъ въ Россіи.

БАССЕЙНЫ.

Таблицы 38, 39, 40. 41

Отстойные бассейны на ст. Евлахъ и Поти, Закавказской ж. дороги.— На Закавказской ж. дорогѣ имѣется нѣсколько одинаковыхъ отстойныхъ бассейновъ изъ желѣзо-бетона: пять на ст. Евлахъ и три на ст. Поти.

Діаметръ пяти первыхъ бассейновъ, построенныхъ на ст. Евлахъ и трехъ бассейновъ на ст. Поті, равняъ 13,44 метра (6,30 саж.), высота ихъ 2,45 метра (1,15 саж.) и вмѣстимость ихъ по 340 куб. метровъ (35 куб. саж.).

Размѣры двухъ другихъ сборныхъ бассейновъ на ст. Евлахъ, построенныхъ позднѣе, слѣдующіе: діаметръ 16,22 метр. (7,60 саж.), высота 2,45 метр., глубина воды 2,24 метр. (1,05 саж.) и вмѣстимость 485 куб. метр. (50 куб. саж.).

Бассейны большого объема (фиг. 1, табл. 38) имѣютъ основаніе круглой формы въ планѣ, 16,68 метр. діаметромъ и 0,26 метр. толщиною; по окружности фундамента имѣется утолщеніе до 0,47 метр. и шириною 0,53 метр.

Вертикальныя стѣнки резервуара имѣютъ толщину 107 миллим. (0,05 саж.), при чемъ въ верхней части, на высоту 213 мм., имѣется утолщеніе до 150 миллиметровъ, имѣющее цѣлью придать большую жесткость окружности бассейна.

Арматура стѣнокъ состоитъ изъ вертикальныхъ стержней діам. 8 мм., расположенныхъ на разстояніяхъ 149 мм. по окружности; эти стержни непрерывно переходятъ изъ вертикальнаго положенія въ горизонтальную арматуру дна и затѣмъ снова въ вертикальное положеніе, образуя въ днѣ резервуара квадратную сѣтку съ клѣтками размѣромъ 149 мм. Четыре сегмента, лишенные поперечной арматуры, снабжены добавочной арматурой.

Въ точкахъ пересѣченія стержни арматуры соединены перевязкой изъ проволоки толщиной 1,6 мм. ($\frac{1}{16}$ дюйма). Въ днѣ резервуара арматура лежитъ непосредственно на плоскости фундамента и покрыта слоемъ цементнаго раствора толщиной 43 миллиметра (0,02 саж.).

Всего вертикальныхъ стержней 340 штукъ. Въ поперечномъ направленіи имѣется арматура въ видѣ 33 колець изъ желѣза діаметромъ 11 мм. ($\frac{7}{16}$ дюйма). Кольца эти расположены по высотѣ стѣнки на неравныхъ разстояніяхъ, увеличивающихся кверху, какъ показано на вертикальномъ разрѣзѣ бассейна (фиг. 1 табл., 38).

Арматура въ стѣнкахъ расположена на разстояніи 43 мм. отъ внутренней поверхности. Для средней части стѣнокъ, толщиной 85 мм., бетонъ состоялъ изъ 1 части цемента и 3 частей песку; для поверхностныхъ частей, толщиной по 11 мм., составъ бетона былъ изъ 1 ч. цемента и 2 частей песку, и наконецъ затирка всѣхъ поверхностей дѣлалась растворомъ въ составѣ 1:1.

Вертикальныя стѣнки соединены съ дномъ выкружкой изъ бетона радіусомъ 21 сант.

Для расчета этихъ бассейновъ былъ принятъ вѣсъ куб. метра бетона 2200 кил.; допускаемое сопротивленіе желѣза растяженію 1000 кил. на кв. сант. (400 пуд. на кв. дм.) и срѣзыванію 760 кил. на кв. сант. (300 пуд. на кв. дм.). Работы по устройству этихъ бассейновъ велись слѣдующимъ образомъ:

По окончаніи фундамента и установки чугунныхъ трубъ, діаметромъ 5 дюймовъ, устанавливали формы, какъ показано на фиг. 2 табл. 38. Съ наружной стороны устанавливались фермы въ видѣ треугольника изъ 1-вершковыхъ досокъ (толщ. 44 мм.), упирающихся въ кольца или сваи, забитыя въ землю.

Въ верхней части такой треугольной фермы, выше верхняго края бассейна, устанавливались на болтахъ парныя схватки изъ досокъ, между концами которыхъ, обращенными внутрь бассейна, можно было помѣстить вертикальную доску, которая закрѣплялась въ надлежащемъ положеніи посредствомъ клиньевъ между схватками. Такія фермы устанавливались черезъ каждыя 0,50 саж. (1,07 метр.) по окружности бассейна.

Вверху и внизу этихъ фермъ, къ вертикальнымъ стойкамъ прибывались доски толщ. 1 дюймъ (25 мм.), изогнутыя по окружности. На верхнемъ кольцѣ изъ досокъ были намѣчены мѣста расположенія вертикальной арматуры.

На бетонномъ фундаментѣ также были отбиты посредствомъ шнура положенія прутьевъ арматуры. Затѣмъ вертикальныя стержни арматуры подвѣшивались верхними концами къ гвоздямъ, забитымъ въ верхнее деревянное кольцо, и изгибались, проходя непрерывно черезъ дно бассейна, образуя сѣтку арматуры дна.

Въ то время какъ одна партія рабочихъ бетонировала дно, другая партія продолжала устройство арматуры стѣнокъ, увязывая направляющія кольца изъ желѣза діам. 11 мм.,

которые ставились по рейкѣ съ намѣченными на ней разстояніями по всей высотѣ стѣнокъ бассейна.

По окончаніи дна бассейна приступали непрерывно къ бетонированію стѣнокъ. Съ этою цѣлью между верхними схватками наружныхъ треугольных фермъ устанавливались упомянутыя выше вертикальныя доски, нижніе концы которыхъ привязывались проволокой къ арматурѣ, а верхніе закрѣплялись клинѣми.

Къ этимъ доскамъ, такъ же какъ и вертикальнымъ стойкамъ треугольных фермъ, прикрѣплялись посредствомъ скобъ, видныхъ на фиг. 2 (табл. 38), дюймовыя доски, внутреннее разстояніе между которыми точно соответствовало толщинѣ бетонныхъ стѣнокъ.

Трамбованіе бетона въ полученной такимъ образомъ кольцевой формѣ производилось одновременно съ обѣихъ сторонъ каркаса, и, для полученія болѣе однообразной работы по всей стѣнкѣ, рабочіе, время отъ времени, мѣнялись мѣстами. По мѣрѣ трамбованія скобы снимались и ставились слѣдующія кольца изъ досокъ, которыя укрѣплялись тѣми-же скобами.

Въ верхней части вертикальныхъ стѣнокъ бассейна дѣлалось утолщеніе, которое достигалось соответственнымъ вырѣзомъ въ наружной вертикальной стойкѣ, куда помѣщалась верхняя доска кольцевой опалубки (фиг. 2, табл. 38).

По достиженіи надлежащей высоты стѣнокъ, выступающіе концы вертикальныхъ проволокъ обрѣзались и верхъ стѣнокъ сглаживался по уровню цементнымъ растворомъ.

По затвердѣніи бетона снимали формы, выдѣлывали выкружку изъ бетона въ сопряженіи стѣнокъ и дна внутри бассейна и затирали всю поверхность бетона цементнымъ растворомъ въ пропорціи 1:1.

Отстойные бассейны на станціяхъ Евлахъ и Поти, вмѣстимостью по 340 куб. метровъ (35 куб. саж.), устраивались точно такимъ-же образомъ. (табл. 38).

Вертикальныя стѣнки этихъ резервуаровъ имѣютъ толщину 85 миллиметровъ (0,04 саж.), при чемъ въ верхней части стѣнокъ имѣется утолщеніе до 150 мм., на высоту 213 мм. отъ верха стѣнокъ.

Арматура стѣнокъ расположена на разстояніи 43 мм. отъ внутренней поверхности и состоитъ изъ вертикальныхъ стержней діам. 8 мм., расположенныхъ на разстояніяхъ 149 мм. другъ отъ друга и продолжающихся непрерывно во днѣ резервуара до другой стѣнки, вполнѣ подобно вышеописанному.

Кольцевая арматура состоитъ изъ желѣза діаметромъ 11 мм., расположеннаго на неравныхъ разстояніяхъ, увеличивающихся по направленію отъ низа къ верху, какъ показано на фиг. 6 табл. 38. Составъ бетона въ этихъ бассейнахъ былъ тотъ-же, какъ и въ описанныхъ выше.

Стоимость одного резервуара емкостью 35 куб. саж. была 2000 р., а емкостью 50 куб. саж. — 2700 руб., не считая оборудованія чугунными трубами и прочими водопроводными частями.

Отстойные бассейны на ст. Синельниково, Екатерининской ж. дороги. — Въ концѣ 1903 года на Екатерининской ж. дорогѣ были построены два отстойныхъ бассейна для водоснабженія станціи Синельниково изъ р. Днѣпра. Эти бассейны, емкостью 667,5 куб. метровъ (68 куб. саж.) каждый, представленные на таблицѣ 39, наполовину находятся подъ землею; верхняя-же часть ихъ, перекрытая купольными сводами, также покрыта земляною засыпкою. Кольцевой фундаментъ подъ стѣнками бассейна имѣетъ ширину 80 сант. и толщину 50 сант. Плоское дно бассейна, толщиною 20 сант., усилено снизу девятью продольными выступами-балками и двумя поперечными, сѣченіемъ 40×20 сант.

Сводчатое перекрытіе каждого бассейна также усилено снизу пятнадцатью радіальными выступами-арками переменнаго сѣченія высотой 20 сант. въ ключѣ и 40 сант. въ пятахъ и однообразной толщины 18 сантиментовъ. Между двумя бассейнами находится колодезь для помѣщенія трубъ и вентиляей.

Поперечные размѣры этого колодца $4,50 \times 1,70$ метра. Колодезь этотъ ограниченъ съ двухъ сторонъ стѣнками бассейновъ, а съ двухъ другихъ сторонъ добавочными стѣнками, толщиною 18 сант. въ верхней ихъ части.

Для заделки трубъ въ бетонъ онѣ были отлиты съ поперечными реборами изъ чугуна. Устройство арматуры стѣнокъ, дна и покрытія резервуаровъ детально показано на таблицѣ 39.

Для расчета этихъ резервуаровъ было принято напряженіе для желѣза на разрывъ въ 10 кил. на кв. мм. и на срѣзываніе 8 кил. на кв. мм.

Составъ бетона въ этихъ бассейнахъ былъ принять слѣдующій.

Для дна и стѣнокъ 1 ч. цемента, 3 части песку и 4 части гравія.

Для свода 1 ч. цемента, $3\frac{1}{2}$ части песку и 4 части гравія.

Размѣры гравія для стѣнокъ и дна были около 2 — 3 дюймовъ (5 — 7,5 сант.) и для свода 1 дюймъ (2,5 сант.).

Стоимость этихъ бассейновъ была 14300 рублей, считая исключительно только желѣзо-бетонныя работы.

Отстойные бассейны на ст. Кавказская и Невинномысская, Владикавказской ж. дороги.—На таблицахъ 40 и 41 показана конструкція отстойныхъ бассейновъ, устроенныхъ въ 1906 году на станціяхъ Кавказская и Невинномысская Владикавказской ж. дороги для отстаиванія воды изъ р. Кубани.

На каждой изъ этихъ двухъ станцій построено по 3 такихъ бассейна, емкостью по 150 куб саж. каждый.

Бассейны устроены изъ землѣ и имѣютъ въ планѣ прямоугольную форму.

Дно каждого бассейна представляетъ кривую поверхность съ подъемомъ къ стѣнамъ и состоитъ изъ тонкой части, поддерживаемой снизу продольными и поперечными балками.

Дно бассейна снабжено арматурой; размѣры и расположеніе которой показаны на чертежахъ. (Табл. 40 и 41.).

Стѣнки бассейна, толщиною 0,50 метра, сдѣланы изъ бетона безъ арматуры, равно какъ и столбы, поддерживающіе покрытіе бассейна. Последнее состоитъ изъ тонкой части, поддерживаемой продольными и поперечными балками, опирающимися на бетонныя колонны.

Устройство арматуры этихъ бассейновъ со всѣми ея размѣрами также указано на таблицахъ 40 и 41.

Покрытіе засыпано сверху землею. Посрединѣ покрытія каждого бассейна устроена восьмигранная будка изъ желѣзо-бетона съ металлическими жалюзи въ окнахъ. Будка эта предназначена для вентиляціи и обслуживания бассейна; внутри ея находится металлическая лѣстница для спуска внутрь бассейна.

Въ серединѣ дна каждого бассейна имѣется осадочный колодезь, въ которомъ установленъ сифонъ, предназначенный для вытягиванія осѣвшей грязи изъ бассейна въ случаѣ промывки послѣдняго.

Сифонъ запирается вентилемъ, маховикъ отъ котораго, укрѣпленный на длинной штангѣ, находится въ вышеуказанной будкѣ.

Кромѣ того, бассейнъ оборудованъ двумя трубами: приводящей воду и разводящей, изъ которыхъ послѣдняя снабжена сѣткой и поплавкомъ для того, чтобы брать воду изъ верхнихъ отстоявшихся слоевъ въ бассейнѣ.

Ходъ работъ по постройкѣ бассейна былъ слѣдующій: дно земляного котлована отдѣлялось по шаблону, при чемъ въ опредѣленныхъ мѣстахъ точно выкапывались выемки для балокъ дна бассейна и для фундаментовъ стѣнъ и столбовъ, послѣ чего производилось бетонированіе послѣднихъ.

Затѣмъ ставилась арматура балокъ и тонкой части дна, при чемъ бетонированіе всего дна старались производить непрерывно съ тѣмъ, чтобы по возможности закончить работу въ одинъ день.

Въ бетонѣ дна бассейна оставались гнѣзда для столбовъ, глубиною въ 5 сантиметровъ.

По затвердѣніи дна устанавливались формы для стѣнъ, въ видѣ деревянныхъ щитовъ на всю высоту стѣнъ. Эти щиты поддерживались наклонными подпорками, которыя упирались въ прямоугольную раму изъ бревенъ, уложенную на днище бассейна.

Стѣны набивались до уровня нижней поверхности плоской части покрытія, съ оставленіемъ мѣстъ или гнѣздъ для балокъ.

По затвердѣніи стѣны формы снимались, и весь лѣсъ изъ бассейна убирался. Ставились формы для столбовъ, которыя вмѣстѣ съ тѣмъ поддерживали формы для балокъ и опалубку покрытія.

Затѣмъ въ теченіе одного дня, по возможности, происходило бетонированіе всѣхъ столбовъ и балокъ, а затѣмъ въ слѣдующіе два дня заканчивалась укладка арматуры и бетонированіе плоскаго покрытія бассейна.

Для производства указанныхъ работъ требовалось ежедневно 30 бетонщиковъ и 8 плотниковъ.

Составъ бетона былъ: для фундаментовъ 1:3:6, для дна, стѣнъ и покрытія 1:2:5; штукатурка 1:1. Наибольшій размѣръ гравія допускался $1\frac{1}{2}$ дюйма.

Для каждого бассейна требовалось 68 куб. саж. бетона и 450 пудовъ желѣза разнаго сорта.

Стоимость одного бассейна съ оборудованіемъ трубами была опредѣлена по смѣтѣ 8.400 рублей.

Первоначальная стоимость формъ съ матеріаломъ, установкой и разборкой, для перваго бассейна обошлась въ 4.300 рублей, послѣ чего эти формы служили 6 разъ.

РЕЗЕРВУАРЫ.

Таблицы 42, 43 и 44.

Напорный резервуаръ на ст. Желѣзноводскъ, Владикавказской ж. дороги. — Этотъ резервуаръ, емкостью 243 куб. метр. (25 куб. саж.) построенъ зимою 1903 года для снабженія станціи Желѣзноводскъ водою изъ городского казеннаго водопровода. Вода изъ городского водопровода поступаетъ въ этотъ резервуаръ по пріемной трубѣ діаметромъ 25 мм. (1 дюймъ) и затѣмъ изъ резервуара идетъ въ станціонную сѣть по трубѣ діаметромъ 100 мм. (4 дюйма).

Внутренній діаметръ резервуара 8,50 метр., высота воды въ немъ 4,30 метр.

Резервуаръ перекрытъ купольнымъ сводомъ съ люкомъ посрединѣ. Снаружи резервуара имѣется отдѣльный бетонный колодезь, діаметромъ 1,07 метра, для помѣщенія запорныхъ винтелей.

Вся конструкція резервуара со всѣми размѣрами фундамента, дна, стѣнокъ и покрытія, съ расположеніемъ арматуры и т. п., детально представлена на фиг. 1 — 5 таблицы 42.

Грунтъ, въ которомъ построенъ резервуаръ, представляетъ изъ себя плотную глину съ небольшими гранитными валунами размѣромъ до 0,30 метр.

Составъ бетона въ днѣ, стѣнкахъ и покрытіи резервуара былъ: 1 ч. цемента, 1 часть песку и 2 части гравія.

Всѣ видимыя поверхности резервуара тщательно затирались цементнымъ растворомъ въ составѣ 1 ч. цемента и 1 ч. мелкаго песку. Всѣ желѣзо-бетонныя работы по постройкѣ этого резервуара, включая установку формъ, устройство арматуры и бетонированіе, были исполнены въ 18 рабочихъ дней.

Стоимость работъ по устройству этого резервуара опредѣляется слѣдующей краткой смѣтой:

№ по порядку.	НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЪ.	Количество.	ЦѢНА.		СУММА.	
			РУБ.	КОП.	РУБ.	КОП.
1	Вырыть котлованъ для резервуара . куб. саж.	30,48	5	—	102	40
2	Сложить фундаментъ куб. саж.	2,93	65	—	184	60
3	Изготовление арматуры въ днѣ, стѣнкахъ и купольномъ покрытіи резервуара съ перевязкой въ пересѣченіяхъ проволокой діам. $1\frac{1}{16}$ " со стоимостью матеріала пуд.	170	2	25	382	50
4	Устройство дна, стѣнокъ и покрытія резервуара изъ бетона въ составѣ 1:1:2 съ оштукатуркой внутренней поверхности растворомъ 1:1 и со стоимостью формъ и опалубки куб. саж.	2,20	200	—	440	—
5	Желѣзное кольцо въ пятахъ купольнаго свода изъ 2 уголковъ $90 \times 90 \times 12$ мм. съ перекрытіемъ стыковъ уголковыми накладками пуд.	58,82	3	—	176	—
6	Желѣзное кольцо въ отверстіи свода для люка изъ 2 уголковъ $45 \times 45 \times 5$ мм. съ перекрытіемъ стыковъ такими-же уголками пуд.	0,88	3	—	2	64
7	Чугунный люкъ шт.	1	10	—	10	—
8	Колодезь діаметромъ 1,07 метр. (0,50 саж.). шт.	1	50	—	50	—
9	Непредвидѣнные расходы 5% со стоимости резервуара	—	—	—	70	08
Всего		—	—	—	1424	53

Для сравненія вспомнимъ, что стоимость отстойныхъ бассейновъ, емкостью 35 куб. саж. на ст. Евлахъ и Поти Закавказской ж. дороги, выполнѣ подобной-же конструкціи, но устроенныхъ подъ открытымъ небомъ, надъ землею и безъ купольнаго покрытія, и притомъ въ количествѣ нѣсколькихъ штукъ, обошлась въ 2000 р. на каждый резервуаръ, что стоитъ гораздо дороже по сравненію съ только что описаннымъ резервуаромъ Владикавказской ж. дороги.

Резервуаръ въ Булони на Сень (Франція). — Этотъ резервуаръ емкостью 300 куб. метровъ построенъ въ 1892 году Обществомъ «Compagnie général des eaux», и по общему виду своей конструкціи подобенъ вышеописанному резервуару въ Желѣзноводскѣ.

Цилиндрическая часть резервуара, діаметромъ 10,00 метровъ, перекрыта купольнымъ сводомъ. Запорные вентиля помѣщены внутри резервуара, а не въ отдѣльномъ колодезѣ, какъ въ предыдущемъ случаѣ, что стѣсняетъ управленіе ими и представляетъ громадные неудобства въ случаѣ ремонта металлическихъ водопроводныхъ частей оборудованія резервуара.

Арматура стѣнокъ, дна и свода резервуара состоитъ изъ желѣза двутаврового сѣченія малыхъ размѣровъ и расположена вполне подобно арматурѣ изъ желѣза круглаго сѣченія въ вышеописанномъ Желѣзноводскомъ резервуарѣ.

Здѣсь нечего говорить о томъ, что примѣненіе арматуры изъ двутавровыхъ балочекъ значительно дороже и затруднительнѣе, чѣмъ арматуры изъ круглаго желѣза.

Водоемное зданіе на ст. Екатеринодаръ, Владикавказской ж. дороги.—На станціи Екатеринодаръ въ декабрѣ 1902 г. была окончена постройка водоемного зданія съ бакомъ изъ желѣзо-бетона, емкостью 25 куб. саж. (243 куб. метр.), системы Интце. Кожухъ вокругъ бака и крыша его также сдѣланы изъ желѣзо-бетона.

На таблицѣ 43 представлены наружный видъ зданія и нѣсколько размѣровъ его въ разныхъ плоскостяхъ, а на таблицѣ 44 детальныя разрѣзы бака и кожуха съ крышей, съ указаніемъ точныхъ размѣровъ и расположенія всѣхъ частей арматуры. Башни этого водоемного зданія вначалѣ была спроектирована высотой 11 метровъ отъ обрѣза фундамента до опорнаго кольца дна бака, полная-же высота зданія отъ земли до верха колпака вытяжной трубы равнялась 21,40 метр., какъ показано на чертежахъ таблицы 43.

Во время-же постройки этого зданія высота башни была увеличена до 13,50 метра, а полная высота зданія, слѣдовательно, увеличилась до 23 90, метра.

Зданіе это построено съ подряда французскимъ инженеромъ Данре (Armand Dandré), по его-же проекту.

Башня основана на бетонномъ фундаментѣ глубиною 2,00 метра съ 8 круглыми отверстиями по его окружности, діам. 1,20 метр., предназначенными какъ для пропуска чугунныхъ водопроводныхъ трубъ, такъ и для облегченія вѣса фундамента. Но такое устройство оказалось непрактичнымъ: при довольно плохомъ грунтѣ въ мѣстности Екатеринодара, въ фундаментѣ появились трещины вблизи вертикальныхъ діаметровъ отверстій, гдѣ толщина бетона не велика.

Башня, высотой 13,50 метра, имѣетъ въ основаніи діаметръ 8,35 метра и состоитъ изъ двухъ этажей, раздѣленныхъ желѣзо-бетоннымъ поломъ. Внутри башни находится бетонная винтовая лѣстница съ желѣзными перилами.

Стѣны башни внутри поляя, при чемъ наружная, коническая, поверхность стѣнъ сдѣлана изъ бетона, съ горизонтальными и вертикальными внутренними выступами по всей высотѣ башни, набитыми въ деревянныхъ формахъ, которыя по мѣрѣ достаточнаго затвердѣнія бетона снимались.

Внутренняя-же, цилиндрическая, поверхность стѣнъ образована посредствомъ кладки на цементѣ изъ цементныхъ кирпичей размѣромъ $10 \times 10 \times 25$ сант. Составъ этихъ кирпичей былъ 1 ч. цемента, 3 ч. песку и 6 ч. мелкаго гравія.

Такое устройство стѣнъ было принято въ видахъ уменьшенія объема бетонной кладки въ стѣнахъ башни, но на практикѣ оказалось весьма невыгоднымъ; при дешевой новороссійскаго цемента на Владикавказской ж. дорогѣ (3 р. 25 к. боченокъ), стоимость деревянныхъ формъ для пустотъ въ стѣнахъ, а также стоимость кладки изъ цементныхъ кирпичей, превышала стоимость массивныхъ бетонныхъ стѣнъ.

Въ среднемъ, стоимость кубической сажени бетона въ стѣнахъ, считая деревянные формы, обходилась въ 250 рублей.

Желѣзо-бетонный бакъ состоитъ изъ цилиндрическихъ стѣнокъ внутренняго діаметра 8,60 метра, которыя соединяются съ дномъ посредствомъ кривой части до горизонтальнаго опорнаго кольца, имѣющаго ширину 0,50 метр.; средняя часть дна имѣетъ сферическую форму въ видѣ купольнаго свода, въ центрѣ котораго находится вертикальная желѣзо-бетонная труба, діам. 1,50 метра, для пропуска дымовой трубы отъ зимняго подогревателя и для вентиляціи зданія.

Бакъ окруженъ снаружи желѣзо-бетоннымъ кожухомъ, который связанъ съ бакомъ восемью ребрами. Этотъ кожухъ покрытъ крышей сферической формы, на верху которой помѣщенъ фонарь, съ жалюзи для вентиляціи, и вытяжная труба.

Наружный діаметръ кожуха 9,84 метра.

Всѣ размѣры бака и кожуха, а также расположеніе арматуры въ нихъ, детально представлены на фиг. 1 и 2 табл. 44.

Большое неудобство при постройкѣ этого водоемнаго зданія встрѣтилось въ установкѣ чугунныхъ трубъ внутренняго оборудованія зданія.

Три трубы (нагнетательная, разводящая и спускная) были поставлены внутри бака въ опорномъ кольцѣ, задѣланы въ бетонъ стѣнокъ башни и затѣмъ выведены колѣнами внутрь башни, какъ показано на рис. 86.

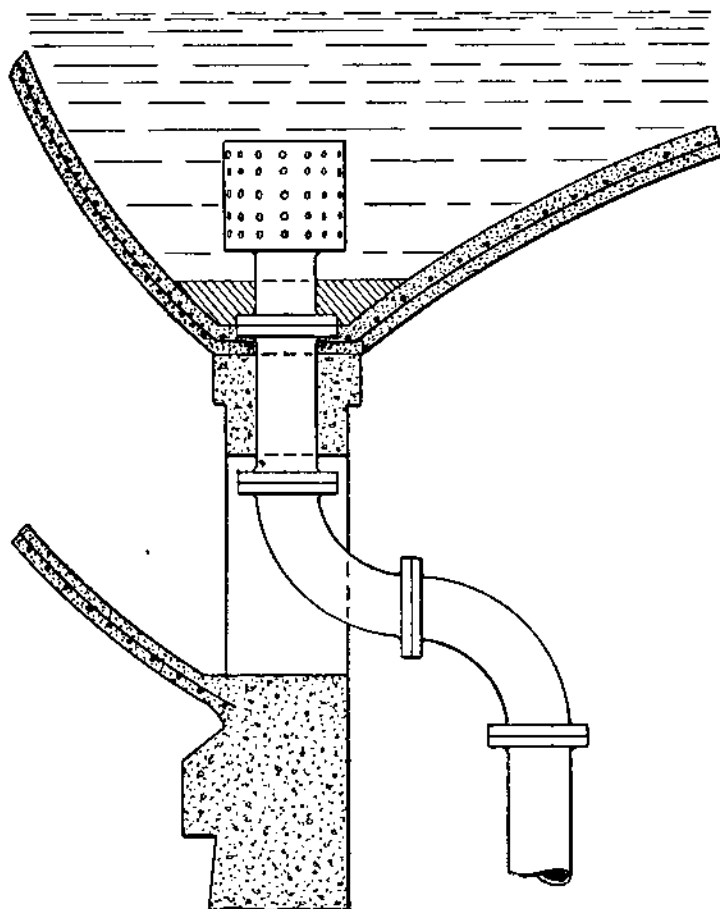


Рис. 86.

Въ мѣстахъ задѣлки этихъ трубъ въ скоромъ времени обнаружилась течь, что и слѣдовало ожидать по многимъ причинамъ, какъ напр. плохое сдѣлание бетона съ поверхностью чугунныхъ трубъ, продольныя движенія послѣднихъ отъ измѣненій температуры, осадка зданія и т. п.

Для уничтоженія такой течи впослѣдствіи внутри бака былъ сдѣланъ слой бетона, какъ показано на рис. 86.

Благодаря принятію этой мѣры течь значительно уменьшилась, но не прекратилась вполнѣ.

Все это зданіе было построено въ теченіе 4 $\frac{1}{2}$ мѣсяцевъ и обошлось въ 16.000 рублей. Такую, нѣсколько высокую, цѣну слѣдуетъ приписать стоимости деревянныхъ формъ и подмостей, которая цѣликомъ легла на одно зданіе.

При постройкѣ нѣсколькихъ такихъ зданій формы и подмости могли-бы, съ незначительными исправленіями, служить до 8-10 разъ, и въ такомъ случаѣ полная стоимость одного водоемнаго зданія не превосходила-бы 10.000 рублей.

Составъ бетона былъ слѣдующій:

Для фундаментовъ:	1 ч.	цемента	2 ч.	песку	и 6 ч.	гравія.
» стѣнъ	1 ч.	»	2 ч.	»	» 3 ч.	»
» бака	1 ч.	»	2 ч.	»	» 2 ч.	»
» кожуха	1 ч.	»	2.5 ч.	»	» 3 ч.	»

Снятие формъ съ бака и кожуха производилось черезъ три недѣли по окончаніи бетонирования.

По снятіи формъ, бакъ внутри подвергался желѣзненію для увеличенія его водонепроницаемости; стоимость такого желѣзненія обходилась въ 2 р. 50 к. за кв. саж.

Для расчета бака были приняты слѣдующія допускаемые напряженія: для желѣза на растяженіе 8 кил. на кв. мм., а на срывываніе 6 кил. на кв. мм.; для бетона на сжатіе 30 кил. на кв. сант.

Для испытанія бакъ медленно наполнялся водой въ теченіе недѣли; по полученіи удовлетворительныхъ результатовъ, вода изъ бака была выпущена и зданіе передано для эксплуатаціи.

Т Р У Б Ы.

Общая замѣчанія.—Желѣзо-бетонныя трубы для водопроводныхъ или канализаціонныхъ цѣлей обыкновенно дѣлаются круглаго или овоидальнаго сѣченія. Трубы эти, въ существующей практикѣ сооружений, зачастую выдерживаютъ громадныя давленія изнутри, соотвѣтственно чему къ конструкціи ихъ предъявляются два требованія: прочность и непроницаемость.

Первое условіе удовлетворяется соотвѣтствующимъ расположеніемъ арматуры въ стѣнкахъ трубы.

Обыкновенно арматура трубъ состоитъ изъ направляющихъ, расположенныхъ въ бетонѣ по окружности трубы, въ видѣ отдѣльныхъ колецъ или непрерывной спирали какого угодно сѣченія (круглаго или фасоннаго) и изъ образующихъ, расположенныхъ: для трубъ, выдерживающихъ внутреннее давленіе, съ внутренней стороны колецъ направляющихъ. Образующія также могутъ имѣть какой угодно профиль поперечнаго сѣченія.

Такимъ образомъ получается каркасъ въ видѣ сѣтки изъ пересѣкающихся направляющихъ и образующихъ. При большихъ размѣрахъ клѣтокъ каркаса трубы, особенно въ случаѣ употребленія фасоннаго желѣза, арматура трубы иногда дополняется еще сѣткой Монье изъ тонкой проволоки или цѣльнорѣшетчатого металла, для приданія соотвѣтствующаго сопротивленія бетоннымъ стѣнкамъ трубы въ промежуткахъ между основной арматурой изъ фасоннаго желѣза.

Далѣе приведемъ описанія устройства арматуры въ различныхъ системахъ трубъ.

Что касается второго условія, т.-е. непроницаемости, то вопросъ этотъ довольно сложный и находится въ связи съ изнашиваніемъ внутренней поверхности трубъ отъ механическихъ примѣсей въ жидкости, напримѣръ песка и т. п., отъ химическаго дѣйствія воды или вообще жидкостей протекающихъ по трубамъ и, главнымъ образомъ, отъ давленій въ трубахъ.

Въ своемъ мѣстѣ всѣ эти вопросы будутъ разсмотрѣны подробно; пока только ограничимся указаніемъ, что при давленіи воды, не превосходящемъ 2,5—3 атмосферъ, не требуется особыхъ предосторожностей противъ фильтраціи воды сквозь бетонныя стѣнки трубъ.

При давленіяхъ-же, достигающихъ 10 атмосферъ и болѣе, въ бетонныхъ стѣнкахъ трубъ уже приходится задѣлывать особыя сплошныя трубы изъ металлическихъ листовъ (напр. система Бонна, описанная далѣе) и обращать особое вниманіе на непроницаемость стыковъ въ трубахъ.

Перейдемъ къ описанію различныхъ системъ трубъ.

Система Монье.—Трубы старѣйшей конструкціи, представляющія одно изъ первыхъ примѣненій системы Монье, имѣютъ арматуру въ видѣ сѣтки изъ круглой проволоки, свернутой въ цилиндръ, при чемъ концы направляющихъ накладываются другъ на друга и связываются тонкой проволокой.

Въ другомъ типѣ, арматура трубъ Монье состоитъ изъ продольныхъ образующихъ круглаго сѣченія и спирали изъ круглой проволоки, обмотанной вокругъ образующихъ и перевязанной въ пересѣченіяхъ тонкой отоженной проволокой.

Трубы Монье круглаго сѣченія обыкновенно изготовляются діам. отъ 0,08 метр. до 2,00—2,50 метра и примѣняются для небольшихъ, сравнительно, давленій.

Эти трубы, большею частью, изготавливаются на бетонных заводах, избравших эту фабрикацию своей специальностью.

До диаметра 0,50 метр. сѣтъ Монье обыкновенная, и стыки отдѣльных трубъ, длиною около 1,00 метра, дѣлаются посредствомъ раструбовъ, съ заливкою ихъ цементнымъ растворомъ.

Въ трубахъ большого диаметра арматура обыкновенно состоитъ изъ двухъ проволочныхъ сѣтокъ у наружной и у внутренней поверхностей стѣнокъ трубы. Соединеніе трубъ въ этомъ случаѣ дѣлается посредствомъ муфтъ въ видѣ желѣзо-бетонныхъ трубъ меньшей длины и большого диаметра, съ заливкою стыка цементнымъ растворомъ.

Двойная сѣтъ арматуры въ данномъ случаѣ имѣетъ цѣлью предупрежденіе появленія трещинъ снаружы по горизонтальному диаметру, въ томъ случаѣ, когда труба подвержена давлению свѣжей засыпки земель.

Примѣръ устройства трубъ Монье большихъ поперечныхъ размѣровъ мы видѣли при описаніи трубъ подъ насыпями на желѣзной дорогѣ Витебскъ-Жлобинъ и Московско-Казанской ж. дороги (табл. 27).

Сѣченія трубъ Монье, какъ уже было сказано, могутъ имѣть не только круглую форму, но и какую угодно другую, на примѣръ овоидальную, и даже прямоугольную.

Система Борденава (Bordenave).—Труба системы Борденава, названной изобрѣтателемъ sidero-ciment, представлена на рис. 87.

Такия трубы, весьма распространенныя во Франціи для водопроводовъ, съ давленіемъ воды до 3 атмосферъ, дѣлаются обыкновенно фабричнымъ способомъ на бетонныхъ заводахъ, диаметромъ отъ 0,25 метр., до 0,80 метр., при длинѣ трубъ въ 1 метрѣ.

Арматура этихъ трубъ, какъ видно на рис. 87, дѣлается изъ литого желѣза особаго двутавроваго сѣченія малыхъ профилей, изогнутаго въ видѣ спирали, обороты которой соединены внутри прямыми стержнями того-же профиля, перевязанными въ точкахъ пересѣченія металлической проволокой.

Для устройства этой арматуры приняты двутавровые профили десяти сортовъ, размѣромъ отъ $\frac{8 \times 3,5}{1,2}$ до $\frac{26 \times 11}{2,4}$ миллиметра, вѣсомъ отъ 0,119 кил. до 0,817 кил. въ пог. метрѣ.

Трубы Борденава обыкновенно имѣютъ цилиндрическую форму. Соединеніе стыковъ дѣлается при помощи кольца той-же конструкціи, какъ и самая труба. Прозоры въ стыкахъ двухъ трубъ и между кольцомъ и трубами заполняются цементнымъ растворомъ.

По системѣ Борденава устроено въ 1893, 95 и 96 годахъ въ Алжирѣ нѣсколько трубопроводовъ для проведенія питьевой воды, общою длиною около 35 километровъ.

Эти трубы имѣютъ внутренней диаметръ 0,60 метра и выдерживаютъ давленіе отъ 2 до 3 атмосферъ.

Арматура этихъ трубъ состоитъ изъ желѣза профиля $\frac{12 \times 5}{1,4}$ мм., вѣсомъ 0,212 кил. въ пог. метрѣ. Толщина стѣнокъ трубъ отъ 40 до 50 мм.: разстоянія между оборотами спирали отъ 82 до 49 мм. Разстоянія между образующими 83,5 мм.

Система Бонна (Bonpl).—Трубы системы Бонна, инженеръ въ Парижѣ, по своей конструкціи, въ общемъ, подобны трубамъ Борденава (sidero-ciment), но предназначаются для большихъ давленій, превосходящихъ 10 атмосферъ; диаметръ трубъ Бонна достигаетъ 2 метровъ.

Арматура трубъ Бонна состоитъ изъ фасоннаго литого желѣза или стали, крестоваго сѣченія.

Направляющія представляютъ изъ себя отдѣльные кольца, со склепанными концами, или спираль. Съ внутренней стороны этихъ колецъ расположены продольные стержни, также крестоваго сѣченія, перевязанные въ мѣстахъ пересѣченія проволокой.

Въ трубахъ системы Бонна, предназначенныхъ для большихъ давленій, обращено особое вниманіе на непроницаемость стѣнокъ. Съ этою цѣлью въ бетонныхъ стѣнкахъ трубы задѣ-

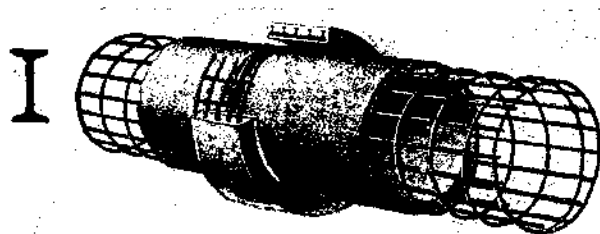


Рис. 87.—Труба системы Борденава.

лывается тонкій металлическій листъ, согнутый въ видѣ трубы, простой или луженый свинцомъ. Сопротивленіе этого листа не принимается въ расчетъ при опредѣленіи прочныхъ размѣровъ арматуры трубы.

Такая непроницаемая оболочка окружается двумя арматурами изъ стержней крестового сѣченія: одна находится внутри, другая снаружи. Въ расчетъ сопротивленія трубы принимается только наружная арматура, внутренняя-же идетъ въ запасъ прочности и можетъ имѣть небольшіе размѣры поперечныхъ сѣченій стержней.

Для канализаций промышленныхъ водъ, содержащихъ химическія вещества, вредно дѣйствующія на цементъ, Бонна вставляетъ внутри своихъ трубъ стеклянныя трубы, состоящія изъ частей небольшой длины, соединенныхъ мастикой. Чтобы стеклянная труба могла выдерживать извѣстное давленіе не лопааясь, ее прорѣзаютъ алмазомъ по производящей. Въмѣсто стекла, для той-же цѣли употребляется иногда эмалированное желѣзо, эбонитъ, битумная бумага и т. п. или штукатурка изъ особыхъ составовъ.

Стыки трубъ Бонна перекрываются муфтами въ видѣ такихъ-же трубъ или колецъ небольшой длины, подобно системѣ Борденава. Здѣсь также обращено особое вниманіе на достиженіе водонепроницаемости стыковъ, для чего примѣняется совершенно особая конструкція.

По системѣ Бонна выполнены громадныя трубопроводы для большихъ давленій въ канализации города Парижа, описанной далѣе, съ детальнымъ указаніемъ устройства арматуры и стыковъ трубъ Бонна.

Различныя комбинаціи арматуры въ трубахъ.—Кромѣ описанныхъ выше трехъ системъ трубъ могутъ существовать еще какія угодно комбинаціи арматуръ въ трубахъ. Напримѣръ, Парижскій подрядчикъ Шассенъ (Chassin) примѣнялъ для устройства сифона въ канализации Парижа, въ Chennevières, трубы круглаго сѣченія, діаметромъ 2,00 метра, съ арматурой изъ колецъ тавроваго желѣза, выступъ котораго обращенъ внутрь, на разстояніяхъ 0,25 метр., и производящихъ изъ коробчатаго желѣза въ числѣ четырехъ на окружность. Въ каждой точкѣ пересѣченія производящія соединялись съ кольцами посредствомъ двухъ болтовъ.

Внутри такого остова изъ фасоннаго желѣза помѣщалась арматура въ видѣ сѣтки Монье изъ проволоки 6—8 мм., съ клѣтками размѣромъ 8—10 сантиметровъ, при чемъ производящія проходили сквозь отверстія въ вертикальныхъ выступахъ колецъ тавроваго сѣченія.

Арматура сифона Chennevières заготовлялась заранее въ частяхъ длиною 2,50 — 3,00 метра, бетонированіе-же производилось на мѣстѣ, непрерывно по всей длинѣ трубопровода, чѣмъ устранялась необходимость въ устройствѣ стыковъ.

Точно также примѣняется иногда цѣльно-рѣшетчатый металлъ для устройства либо самостоятельной арматуры въ трубахъ, либо лишь какъ заполненіе клѣтокъ остова изъ фасоннаго металла, подобно предыдущему примѣру.

Само собою разумѣется, что всѣ вышеприведенныя системы пригодны для какихъ угодно устройствъ водопроводныхъ и канализационныхъ, для фасонныхъ частей, какъ-то колѣнъ, тройниковъ, сифоновъ, смотровыхъ и вентиляционныхъ колодцевъ и т. п.

Устройство трубопроводовъ.—Какъ мы уже видѣли, трубопроводы укладываются или изъ отдѣльныхъ трубъ небольшой длины, соединенныхъ между собою въ стыкахъ посредствомъ муфтъ той-же конструкціи, какъ и трубы, съ принятіемъ соответственныхъ мѣръ для водонепроницаемости стыковъ, или изготовляются на мѣстѣ посредствомъ непрерывнаго бетонирования трубы неограниченной длины.

Разсмотримъ отдѣльно эти два способа.

Отдѣльныя трубы, и муфты для перекрытія стыковъ трубъ, изготовляются обыкновенно на специальныхъ бетонныхъ заводахъ, откуда доставляются на мѣсто работъ. При круныяхъ работахъ устраиваются временныя заводы вблизи мѣста работъ.

Трубы разныхъ системъ фабрикуются различными способами.

Обыкновенно трубы приготовляются въ специальныхъ металлическихъ формахъ, изъ коихъ одна внутренняя, другая наружная; формы эти должны имѣть приспособленія для свободнаго снятія ихъ послѣ затвердѣнія бетона. Трубы обыкновенно набиваются бетономъ въ вертикальномъ положеніи.

Въ случаѣ употребленія арматуры Монье изъ круглой проволоки, и при достаточной толщинѣ стѣнокъ трубы, допускающей проходъ для трамбовки между арматурой и стѣнками формъ, бетонъ готовится изъ портландскаго цемента и трамбуется тонкими слоями въ формахъ, какъ это дѣлается обыкновенно для всякихъ бетонныхъ работъ.

Когда-же арматура состоитъ изъ фасонныхъ профилей (системы Борденава, Бонна, Шассена и т. д.), то цементный растворъ долженъ быть достаточно жидкимъ для того, чтобы онъ могъ совершенно заполнить всѣ впадины арматуры. Трамбованіе бетона здѣсь непримѣнимо, и въ этомъ случаѣ жидкій растворъ прямо наливается въ формы.

Для ускоренія затвердѣнія такого раствора и скорѣйшаго освобожденія дорогихъ металлическихъ формъ, въ такихъ случаяхъ бетонъ имѣетъ сложный составъ съ примѣсью цемента съ быстрымъ схватываніемъ, количество котораго въ растворѣ измѣняется въ зависимости отъ разныхъ причинъ: размѣровъ трубы, состоянія погоды, температуры и проч.; въ сухую и теплую погоду, напримѣръ, примѣсь цемента съ быстрымъ схватываніемъ должна быть меньше, чѣмъ въ сырое и холодное время.

Отливка трубъ въ формахъ въ данномъ случаѣ также производится въ вертикальномъ положеніи. Детальные способы фабрикаціи желѣзо-бетонныхъ трубъ въ большихъ размѣрахъ будутъ изложены далѣе въ главѣ «Производство работъ» при описаніи устройства и оборудования бетонныхъ заводовъ.

Непрерывное изготовленіе трубопроводовъ на мѣстѣ обыкновенно дѣлается слѣдующимъ образомъ: при достаточно большихъ поперечныхъ размѣрахъ трубы, сначала устанавливается въ опредѣленномъ положеніи арматура, затѣмъ набивается бетономъ нижняя часть трубы, на которой устанавливаются кружала и боковыя наружныя формы для верхней части трубы, совершенно такъ же, какъ это дѣлается для сводовъ небольшихъ пролетовъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ для образованія внутренней поверхности трубы примѣняются передвижныя металлическія формы, различныхъ конструкцій.

Во всякомъ случаѣ, при указанномъ способѣ работъ, внутренніе поперечные размѣры трубы должны быть достаточны для того, чтобы рабочій могъ проникнуть внутрь трубы для разборки деревянныхъ кружалъ или для сокращенія винтовыхъ стяжекъ металлическихъ формъ.

Какъ примѣръ устройства металлическихъ формъ для данной цѣли укажемъ одну изъ

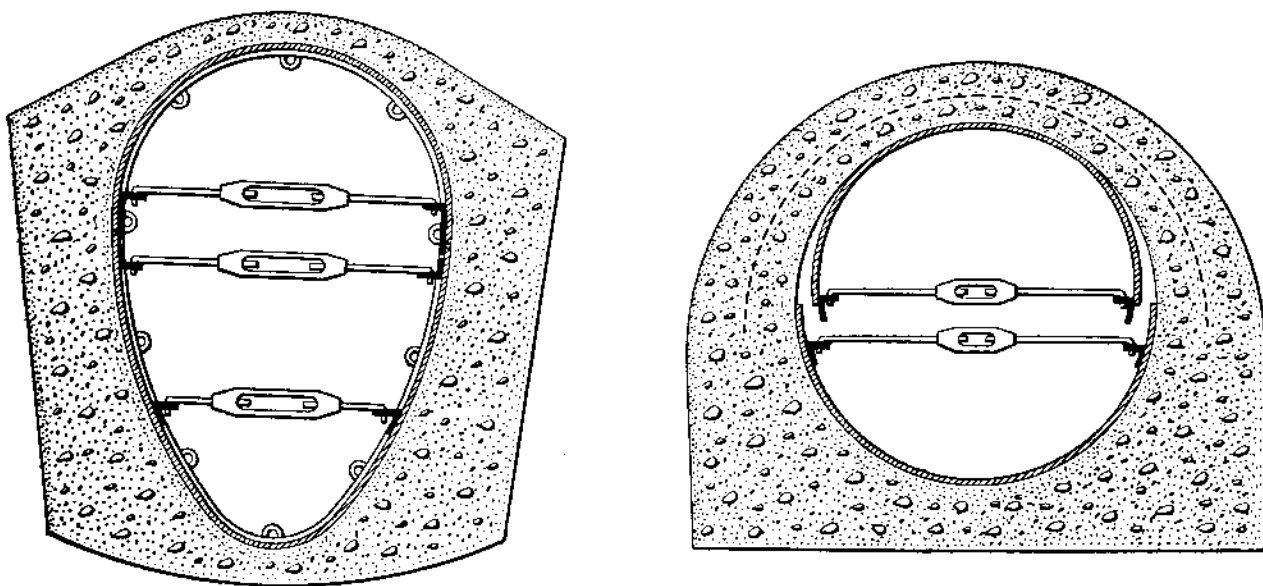


Рис. 88—89.—Внутреннія формы для водопроводовъ.

наиболѣе простыхъ конструкцій, имѣющихъ громадное распространеніе въ С. Америкѣ. (Рис. 88-89).

Иногда нижняя часть трубопровода изготовляется въ видѣ отдѣльныхъ кусковъ определенной длины, затѣмъ опускается въ траншею посредствомъ крановъ или лебедки, послѣ чего устраивается арматура верхней части трубопровода, которая связывается съ выступающими изъ бетона концами арматуры нижней части трубопровода.

Послѣ этого устанавливаются внутреннія формы и производится непрерывное бетонированіе трубопровода по всей его длинѣ.

Далѣе, при описаніи нѣкоторыхъ водопроводныхъ и канализационныхъ сооружений, мы встрѣтимся съ детальными описаніями всѣхъ этихъ способовъ производства работъ на живыхъ примѣрахъ.

В О Д О П Р О В О Д Ы.

Водопроводъ въ Сити, Мексика.—Въ городѣ Сити въ Мексикѣ въ 1905—1906 году строился новый водопроводъ, для снабженія города чистой родниковой водой изъ обильныхъ ключей, расположенныхъ въ 27 километрахъ отъ Сити, въблизи городка Хосхимилсо. Вода здѣсь собирается изъ ключей, занимающихъ мѣстность отъ 2 до 3 километровъ въ поперечникѣ, у подошвы высокихъ горъ, расположенныхъ къ юго-востоку отъ города Сити, при чемъ мѣстоположеніе этихъ ключей находится нѣсколько выше города.

Пористая базальтовая порода горъ поглощаетъ всѣ атмосферныя осадки, задерживая стокъ воды, благодаря чему обширная площадь безплодной лавы содержитъ массу ключей и изобилуетъ ручьями.

Поглощенная такимъ образомъ влага съ откосовъ горъ спускается посредствомъ фильтраціи сквозь горныя породы въ долину и выходитъ тамъ въ видѣ родниковъ кристаллически чистой воды, при температурѣ 13° С и притомъ въ количествѣ большемъ, чѣмъ это необходимо для снабженія самаго большого города.

Въ первоначальномъ проектѣ было предположено доставлять воду самотекомъ изъ ключей въ городъ, придавъ водопроводу необходимый уклонъ, посредствомъ траншеи, съ возрастающей глубиной, до главной водоподъемной станціи, имѣющей быть расположенной въблизи мѣстечка Chapultepec.

Но такъ какъ это канава была-бы очень глубока къ нижнему ея концу, и притомъ на большей части ея длины дно ея оказывалось ниже уровня грунтовыхъ водъ, то этотъ способъ оказался очень дорогимъ и представлялъ опасность въ видѣ фильтрацій плохихъ грунтовыхъ водъ внутрь водопровода. Кромѣ этихъ неудобствъ представлялась еще возможность встрѣтить плывучіе пески.

Поэтому было рѣшено устроить водопроводную линію на одинаковой глубинѣ по всему ея протяженію, слѣдуя профилю земли, такъ чтобы получить наименьшую засыпку сверхъ трубъ въ 1 метр., а въ верхнемъ концѣ водопровода поставить насосъ для нагнетанія воды въ водопроводную линію. Общій уклонъ трубопровода при этомъ получился въ 0,0003, при расходѣ воды въ немъ 2,212 куб. метра въ секунду или почти 8000 куб. метровъ въ часъ, для населенія 650000, въ добавленіе въ водѣ, получаемой изъ ключей въблизи Chapultepec.

• Въ нижнемъ концѣ водопровода устроена водоподъемная станція, которая должна поднимать воду на высоту 53 метра въ резервуаръ, устроенный на возвышенности, въблизи историческаго поля сраженія Molino del Rey.

Этотъ резервуаръ въ скалистомъ грунтѣ обдѣланъ бетономъ и покрытъ желѣзо-бетонными сводами, съ засыпкою сверху земель для сохраненія низкой температуры воды.

Насосы, центробѣжные, непосредственно соединены съ электромоторами.

Постановка этихъ работъ была поистинѣ замѣчательна.

Прежде всего, по всей длинѣ трубопровода былъ построенъ узкоколейный желѣзный путь съ необходимыми развѣздами и вѣтками къ каменнымъ карьерамъ.

Полотно подъ дорогу было приготовлено на ширину 25 метровъ, для устройства пути, выемки котлована подъ трубопроводъ, и для складыванія выкинутой земли и матеріаловъ.

Вдоль пути былъ устроенъ электропроводъ, доставляющій электрическую энергію для приведенія въ движеніе насосовъ, откачивающихъ воду, камнедробилокъ, бетонырокъ и т. п.

Затѣмъ производились земляныя работы по выкопкѣ траншей для трубопровода.

Поперечное сѣченіе этого трубопровода съ арматурой изъ цѣльно-рѣшетчатого металла представлено на рис. 90.

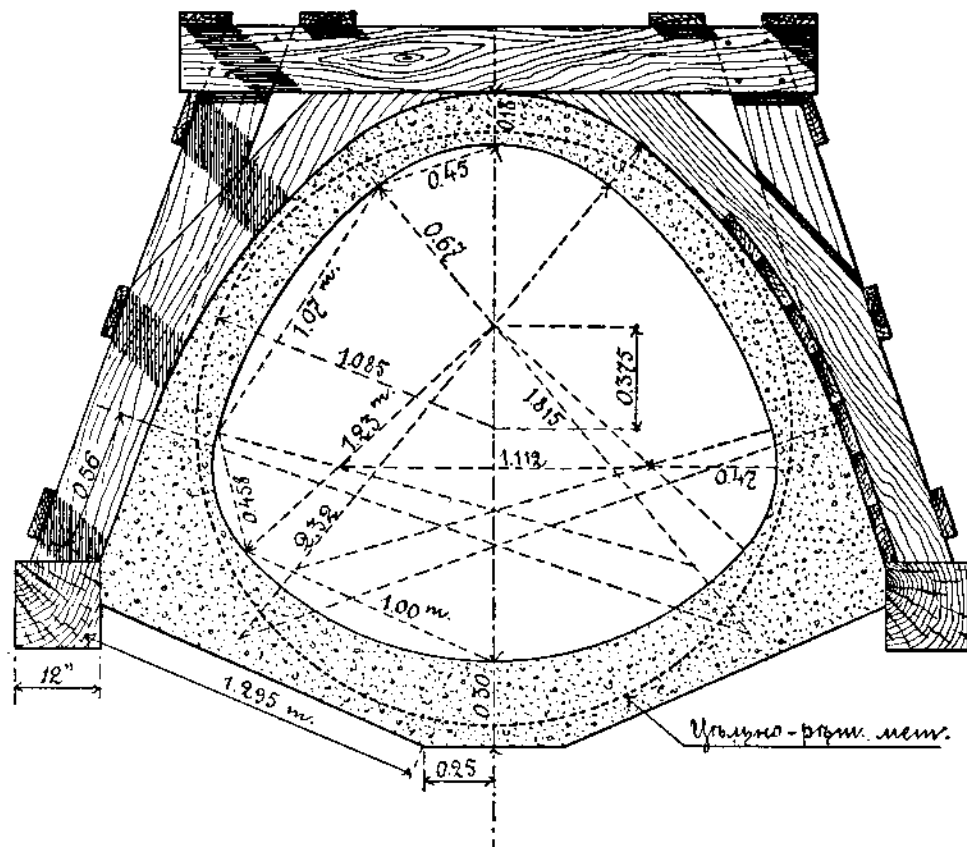


Рис. 90.—Устройство водопровода для города City, Мексика.

Арматура изъ цѣльно-рѣшетчатого металла, заготовленная заранее, поддерживалась въ траншеѣ во время работъ особыми бетонными подставками, которыя затѣмъ задѣлывались въ бетонъ нижней части трубы.

Для бетонирования водопровода примѣнялись внутреннія формы изъ котельнаго литого желѣза, съ винтовыми стяжками, типа описаннаго выше (см. рис. 88-89).

Наружныя-же формы для трубопровода дѣлались изъ дерева и состояли изъ отдѣльных рамокъ, собранныхъ изъ досокъ (рис. 90), которыя устанавливались на мѣсто и затѣмъ расширялись въ продольномъ направленіи деревянными рейками.

Между такими рамами закладывались доски, образующія опалубку для бетонирования трубопровода.

Эти доски имѣли небольшую длину, равную разстоянію между двумя сосѣдними рамами (около 2 метровъ) и закладывались по одной штукѣ, по мѣрѣ трамбованія бетона, удерживаясь на мѣстѣ посредствомъ особыхъ планокъ, прибитыхъ сбоку деревянныхъ рамокъ. Арматура изъ цѣльно-рѣшетчатого металла, а также деревянныя формы приготовлялись въ особыхъ мастерскихъ, устроенныхъ вблизи Chapultepec и доставлялись на мѣсто работъ по желѣзнодорожному пути вдоль трубопровода.

На томъ-же пути стояли передвижные двигатели съ бетоныерками, изъ коихъ приготовленный бетонъ по поперечнымъ желобамъ поступалъ въ формы, установленныя на мѣстѣ въ траншеѣ, вырытой для трубопровода.

Щебень для бетона получался посредством раздробления дробильными машинами твердой базальтовой породы; весь песок также получился посредством механического раздробления той-же горной породы.

Бетонъ составлялся въ пропорціи 1 : 3 : 3 и приготавливался очень сырымъ; трамбованіе его производилось легкими трамбовками.

Размѣры щебня были такіе, что онъ проходилъ сквозь 2-дюймовое кольцо.

Благодаря заблаговременно и детально разработанному плану работъ, съ вышеописанной широкой постановкой ихъ, была достигнута крайняя быстрота и экономичность постройки.

Въ среднемъ, стоимость водопровода обошлась въ 55 долларовъ на пог. метръ.

Стоимость земляныхъ работъ была опредѣлена по контракту въ 0,23 доллара за куб. метръ, включая водоотливъ; обратная-же засыпка траншеи землей 0,13 доллара за куб. метръ.

Поченная плата бетонщикамъ и рабочимъ была 0,75 доллара.

Въ январѣ 1906 года работа по устройству этого водопровода была окончена на протяженіи 5 километровъ и всю работу предполагалось окончить въ теченіе того-же года.

Водопроводъ въ Los Angeles, Калифорнія. — Быстрое развитіе города Los Angeles и приращеніе населенія потребовало усиленія его водоснабженія, что вызвало необходимость устройства новыхъ водопроводныхъ сооружений для снабженія города водой изъ ключей на южныхъ склонахъ горъ Сьерра Мадре. Между прочими водопроводными сооружениями были устроены галереи для сбора воды, поперечное сѣченіе которыхъ показано на рис. 91.

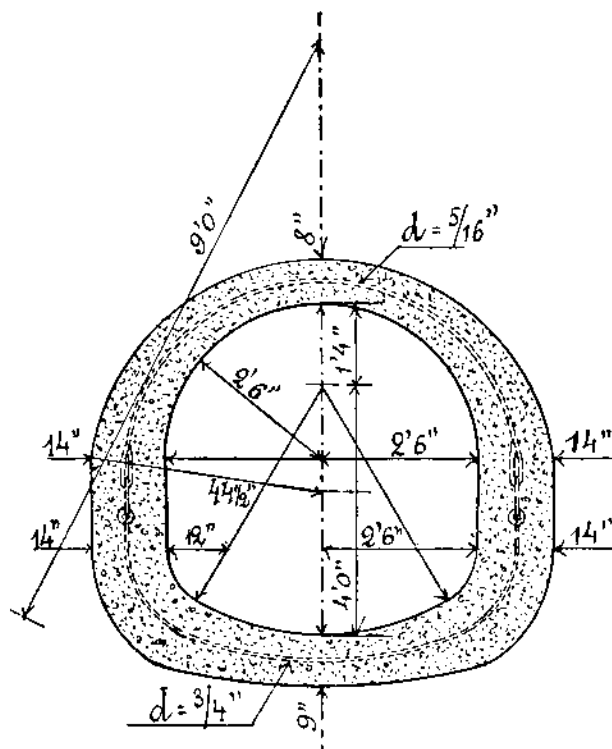


Рис. 91.

Эти галереи устраивались въ выемкахъ или котлованахъ, глубиною до 20 фут.

Нижняя часть галереи состоитъ изъ отдѣльныхъ частей, въ 2 фута длины, которыя изготовлялись на поверхности земли, сбоку котлована. По достаточномъ затвердѣніи эти части опускались въ котлованъ и крѣпко подбивались хрящомъ и гравіемъ до надлежащаго ихъ положенія.

Отдѣльныя части укладывались въ котлованъ вплотную другъ къ другу.

Работа по опусканію такихъ отдѣльныхъ частей показана на рис. 92.

Верхняя часть галлерей устраивалась на мѣстѣ въ котлованѣ и продолжалась непрерывно по всей ея длинѣ.

Соединеніе верхней части съ нижней происходило слѣдующимъ образомъ: въ каждомъ нижнемъ кускѣ галлерей при его изготовленіи задѣлывался стержень діам. $\frac{3}{4}$ " , проходящій по срединѣ толщины бетона; выступающіе изъ бетона концы такого стержня имѣли проушины.

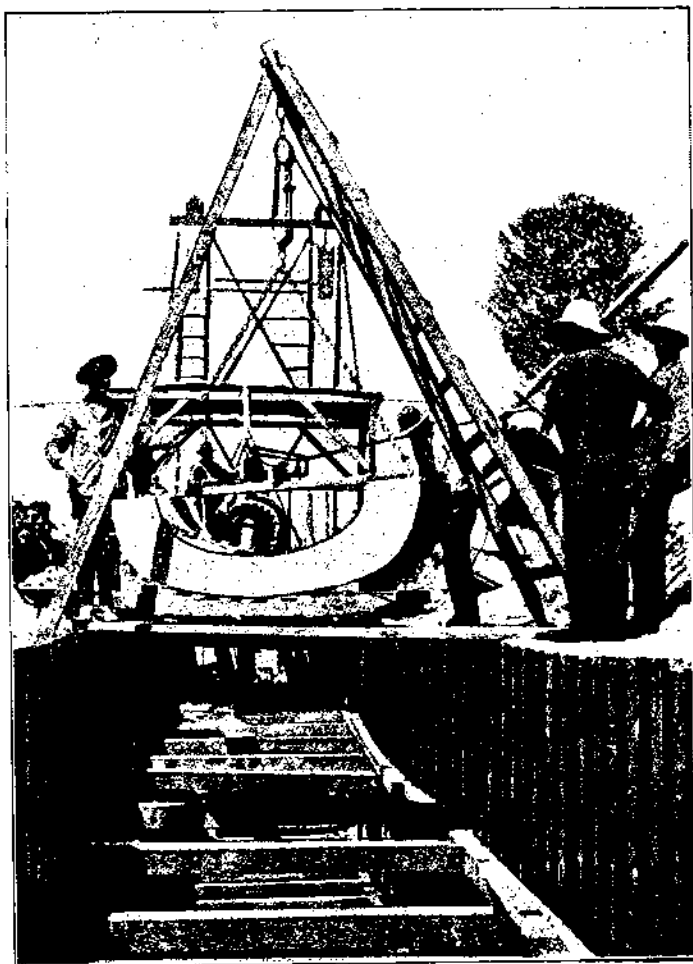


Рис. 92.

При устройствѣ верхней части галлерей въ выступающія проушины продѣвался двойной стержень діаметромъ $\frac{5}{16}$ " , проходящій въ срединѣ толщины верхней части галлерей.

Длина всей галлерей равна 28.927 футовъ (8 вер. 132 саж.); постройка ея окончена въ 1904 году и стоимость ея обошлась въ 5 долларовъ за пог. футъ (69 руб. за пог. саж.).

Водопроводъ въ Southern City (С. Америка).—На рис. 93 показано поперечное сѣченіе трубопровода, устроеннаго въ Southern City, на протяженіи около 140.000 пог. фут. (40 вер.).

Діаметръ этого трубопровода 42 дюйма (0, 50 саж.); арматура его состоитъ изъ отдѣльныхъ колецъ изъ гладкаго квадратнаго желѣза $\frac{1}{2}$ " $\times$ $\frac{1}{2}$ " на разстояніяхъ 14 дюймовъ другъ отъ друга.

На рис. 93 показано также устройство стыковъ этихъ колецъ.

Концы стержней колецъ загибались внутрь въ бетонъ на глубину 2 дюйма.

Въ продольномъ направленіи по окружности трубопровода имѣется 13 стержней также квадратнаго сѣченія $\frac{1}{2}$ " $\times$ $\frac{1}{2}$ ".

Внутри трубопроводъ покрывался слоемъ цементной штукатурки раствора 1:2, толщиной $\frac{3}{4}$ дюйма.

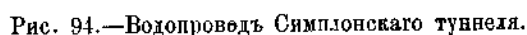
2



Этот канал, длиною 3 километра, имѣетъ уклонъ въ 0,0012 и доставляетъ воду, необходимую для приведенія въ движеніе вентиляціи, перфораторовъ и освѣщенія туннеля.

Этот канал, длиною 3 километра, имѣетъ уклонъ въ 0,0012 и доставляетъ воду, необходимую для приведенія въ движеніе вентиляціи, перфораторовъ и освѣщенія туннеля.

Продольный разръзъ.



Устройство арматуры канала со всеми его размерами показано на рис. 94.

Давленіе воды въ этомъ каналѣ незначительно, всего 0,40 метр. высоты водяного столба.

Каналь этотъ расположенъ частью по дну долины, частью по склону горы. Высота опорныхъ ногъ достигаетъ 10 метровъ, въ среднемъ-же равна 4—6 метрамъ.

Стоимость этого устройства равна 100 франковъ за пог. метръ (около 80 руб. за пог. сажень).

Интересно отмѣтить, что здѣсь своевременно были приняты мѣры для доставленія конструкции возможности свободного расширенія отъ измѣненій температуры. Съ этой цѣлью на опорахъ были сдѣланы сквозные швы, которые замазывались цементнымъ растворомъ.

Въ условіяхъ подряда былъ указанъ терпимый предѣлъ потери воды отъ утечки сквозь швы.

Въ дѣйствительности, благодаря тому, что каналъ постоянно наполненъ водой, вліяніе измѣненій температуры весьма незначительно.

КАНАЛИЗАЦІЯ.

Таблица 45.

Канализация города Парижа.—Въ 1892—1895 годахъ въ Парижѣ были исполнены громадныя канализаціонныя работы для проведенія сточныхъ водъ къ земледѣльческому парку Achères.

На фиг. 1 таблицы 45 представлена главная галлерей d'Argenteuil, со сводомъ эллиптической формы, заключающая въ себѣ два трубопровода.

Эта галлерей устроена по системѣ Монье и исполнена фирмой Эдмондъ Коанье въ Парижѣ.

Галлерей, шириною 5,16 метра, имѣетъ видъ туннеля и состоитъ изъ свода, опирающагося пятами въ стѣнки котлована и въ лотокъ, который сдѣланъ изъ бетона безъ арматуры. Эллиптическій сводъ имѣетъ арматуру въ видѣ сѣти стержней круглаго сѣченія, состоящей изъ отдѣльныхъ кривыхъ направляющихъ и продольныхъ прямыхъ производящихъ.

Петли сѣти имѣютъ размѣръ 0,11 метра въ сторонѣ въ обоихъ направленіяхъ.

Направляющія, непрерывныя по всему очертанію свода, опираются концами въ коробчатое желѣзо размѣромъ 50×25 мм., задѣланное въ бетонъ лотка. Производящія положены внутри направляющихъ до высоты 1 метра отъ основанія, а въ остальной части свода снаружи направляющихъ.

Въ точкахъ пересѣченія направляющихъ и производящихъ сдѣлана перевязка проволокой.

Сѣченіе направляющихъ, т.-е. стержней сопротивленія, представляетъ 2% сѣченія свода. Арматура помѣщена въ серединѣ толщины свода.

Составъ бетона былъ 450 кил. цемента на 1 куб. метръ песку. Галлерей внутри покрыта слоемъ цементной штукатурки, толщиной 1 сант.

Работы по устройству этой галлерей производились слѣдующимъ образомъ: послѣ устройства бетоннаго дна въ котлованѣ укладывали коробчатое желѣзо для упора направляющихъ металлической арматуры, затѣмъ ставились на мѣсто направляющія, изогнутыя по требуемой формѣ. Въ верхней части эти направляющія поддерживались козлами съ прикрѣпленными къ нимъ рейками, имѣющими зарубки на извѣстныхъ разстояніяхъ.

Затѣмъ укладывали и привязывали производящія, начиная снизу. По окончаніи устройства арматуры на нѣкоторую высоту, ставили внутри галлерей опалубку и трамбовали бетонъ между этой опалубкой и стѣнками котлована посредствомъ деревянныхъ трамбовокъ.

По затвердѣніи бетона устанавливали кружала для верхней части свода, и продолжали устройство арматуры и бетонированіе.

Открытая верхняя поверхность свода сглаживалась лопатками. Для того, чтобы сдѣлать водонепроницаемыми кюветы и полъ галлерей, бетонъ покрывался тонкимъ свинцовымъ ли-

томъ, поверхъ котораго укладывалась металлическая сѣтка изъ тонкой проволоки, и все это покрывалось слоемъ жирнаго цементнаго раствора. Длина этой галлерей всего 2351,51 пог. метра. Стоимость ся 372 франка за пог. метръ, что дало экономію въ 11% сравнительно со стоимостью подобной галлерей изъ каменной кладки.

Внутри этой эллиптической галлерей помѣщены два трубопровода, діаметромъ 1,80 метра. Одинъ изъ этихъ трубопроводовъ желѣзный, а другой желѣзобетонный, системы Бонна, для давленій, достигающихъ 22 метра.

Послѣдній трубопроводъ составленъ изъ отдѣльныхъ трубъ, длиною 2,50 метра.

Часть этихъ трубъ, давленіе въ которыхъ выше 13,60 метр., имѣетъ внутреннее покрытие изъ четырехъ стальныхъ листовъ, согнутыхъ и склепанныхъ въ трубу.

Толщина этихъ листовъ 3,5 мм. для давленій отъ 13,60 м., до 15,35 м., и 4,5 мм. для болѣе высокихъ давленій.

Трубы эти соединяются между собою посредствомъ двойного стыка. Стыкъ для внутреннихъ трубъ, которыя для этого выступаютъ изъ цементныхъ сѣтокъ, состоитъ изъ каучуковаго кольца и гидроннаго шнура; все это сжато посредствомъ полосы желѣза, состоящей изъ трехъ частей, соединенныхъ уголками и болтами.

Это соединеніе закрыто сверху желѣзо-бетоннымъ кольцомъ той-же конструкціи, какъ и трубы. Пустота между кольцомъ и трубами заполняется цементнымъ растворомъ.

Трубы безъ внутренняго металлическаго листа соединялись просто посредствомъ желѣзобетоннаго кольца съ заполненіемъ стыка цементнымъ растворомъ.

Каждая труба опирается серединой на подставку изъ бетона.

Длина такого трубопровода всего 1461,55 метр., и стоимость его въ среднемъ 219,49 франковъ за пог. метръ, при чемъ часть безъ внутренней металлической трубы обоилась около 200 франковъ, а остальная часть около 300 франковъ за пог. метръ.

Въ большей части *акведука*, проводящаго сточныя воды къ земледѣльческому парку Achères, теченіе воды происходило при атмосферномъ давленіи.

Трубопроводъ этой части, круглаго сѣченія, имѣлъ діаметръ 3 метра и былъ исполненъ по той-же системѣ, какъ и галлерей Argenteuil (табл. 45).

Арматура этого трубопровода гораздо слабѣе; сѣченіе направляющихъ достигаетъ только 0,5% сѣченія бетона. Для того, чтобы сдѣлать арматуру болѣе жесткою во время работы, помѣщали черезъ каждые 2 метра одну направляющую діаметра 16 мм.

Производящія были расположены внутри направляющихъ въ нижней части трубы до уровня на 0,66 метр. выше горизонтальнаго діаметра, а на остальной части окружности трубы снаружи направляющихъ.

Акведукъ поддерживается контрфорсами изъ желѣзо-бетона на разстояніяхъ 4,20 метра, и покоится по всей длинѣ на бетонномъ массивѣ шириною 1,50 метра, толщина котораго измѣняется соотвѣтственно роду грунта въ основаніи.

Длина этого акведука 561,40 метра, по цѣнѣ 214,15 франка за пог. метръ.

Ходъ работъ по устройству этого акведука былъ слѣдующій: послѣ устройства основанія устанавливали направляющія, предварительно изогнутыя въ видѣ полного круга и соединенныя на концахъ перевязкой.

Эти направляющія опирались нижней частью на бетонъ, а верхней частью на кружала, шириной 1 метръ, подвѣшенныя къ поперечинамъ, покоющимся на двухъ стойкахъ съ каждой стороны, при чемъ положеніе ихъ регулировалось клиньями.

Затѣмъ укрѣплялись нѣсколько производящихъ для удержанія проволочныхъ круговъ въ надлежащемъ положеніи, послѣ чего укладывались слѣдующія производящія, начиная снизу.

Разстоянія между направляющими опредѣлялись деревянной зубчатой рейкой.

Когда устройство арматуры было окончено до уровня горизонтальнаго діаметра, то производилось заполненіе бетономъ нижней половины трубопровода.

Наружная опалубка была прикрѣплена къ стойкамъ, упомянутымъ выше. По окончаніи нижней части укладывались производящія верхней части, устанавливалась опалубка и продолжалось бетонированіе.

Сеть *распределения сточных водъ* въ паркѣ Achères, общей длиною около 34 километровъ, была построена цѣликомъ изъ трубъ системы Бонна разныхъ диаметровъ отъ 1,10 метр. до 0,30 метр., для давленій до 40 метровъ въ нормальной работѣ.

Онѣ состоятъ изъ внутренней трубы, согнутой изъ трехъ желѣзныхъ листовъ, луженыхъ свинцомъ, толщиной 6 мм., загнутыхъ фальцами и спаянныхъ, и двухъ арматуръ изъ стержней фасонной стали, помѣщенныхъ снаружи и внутри сплошной металлической трубы.

Наружныя спирали (въ числѣ 45—60 на пог. метръ) образованы изъ крестовой стали $\frac{20 \times 14}{2}$ до $\frac{10 \times 10}{1,4}$ мм. Производящія (въ числѣ 10—24 на окружность), а также и внутреннія спирали (50—60 на пог. м.) имѣютъ профиль $\frac{6 \times 6}{1,2}$ мм.. Все это заключено въ цементную стѣнку толщиной отъ 75 до 35 мм.

Трубы діаметромъ 0,30 метра составляли исключеніе и имѣли только наружную арматуру, металлическая-же труба помѣщалась внутри.

Длина трубъ отъ 2 до 3 метровъ.

На концахъ трубъ металлическая труба выступала изъ бетона на 0,04 метра. Въ стыкѣ трубъ полученный такимъ образомъ желобокъ въ 0,08 метра обмазывался слоемъ сурика, на который накладывалась асбестовая лента, увязанная желѣзной проволокой по окружности трубъ.

Этотъ стыкъ закрывался кольцомъ изъ желѣзо-бетона, шириною 0,20 метр., и затѣмъ заливался цементнымъ растворомъ.

Въ трубахъ діаметра большаго 0,60 метр. стыкъ еще изнутри подмазывался цементомъ.

Того-же типа канализація была устроена и для полей орошенія Méry Pierrelaye и Carrières Tricel, дополняющихъ утилизацію сточныхъ водъ города Парижа.

С м ѣ с ъ.

Въ настоящій отдѣлъ войдутъ различныя работы, гдѣ желѣзо-бетонъ имѣлъ пока почти единичныя примѣненія, но въ большихъ размѣрахъ и не безъ успѣха, который обезпечилъ желѣзо-бетонной конструкціи дальнѣйшее примѣненіе въ тѣхъ отрасляхъ строительнаго искусства, куда бетонъ проникалъ очень рѣдко, и не въ силахъ былъ до сего времени вытѣснить употребительные матеріалы: дерево, желѣзо, кирпичъ и камень, какъ, напримѣръ, платформы, фабричныя трубы, туннели, заборы, шпалы и т. п.

П Л А Т Ф О Р М Ы.

Таблицы 46 и 47.

Платформа при цементныхъ печахъ Франко-Русскаго О-ва заводовъ портландъ-цемента въ Чудовѣ.—Дѣятельность Франко-Русскаго Общества заводовъ портландскаго цемента въ Чудовѣ (Новгородской губерніи) лѣтомъ 1903 года была временно приостановлена по случаю уничтоженія пожаромъ деревянной платформы. Платформа эта служила для нагрузки сырья, подлежащаго обжигу, и обслуживала сразу шесть цементныхъ печей.

При возобновленіи сгорѣвшаго сооруженія правленіе Общества, желая оградить себя на будущее время отъ всякихъ случайностей, рѣшило произвести постройку изъ матеріала не-сгораемаго, долговѣчнаго и, главнымъ образомъ, позволяющаго произвести эту постройку въ минимальный срокъ.

Выборъ остановился на желѣзо-бетонной конструкціи системы Геннебика.

На фиг. 1, 2 и 3 (таблица 46) представлены планъ, продольный и поперечный разрѣзы платформы.

Верхняя площадка платформы находится на высотѣ 12,00 метр. (5,62 саж.) надъ поверхностью земли и по всей своей площади 36 м. $\times$ 12,60 м. = 453,60 кв. метр. (96,16 кв. саж.)

поддерживается семью главными поперечными балками изъ желѣзо-бетона, изъ коихъ пять среднихъ имѣютъ размѣры въ сѣченіи 70 сант. $\times$ 35 сант., а двѣ боковыя 70 сант. $\times$ 20 сант.

Кромѣ этихъ главныхъ балокъ, въ продольномъ направленіи платформы, въ средней ея части, идутъ чстыре балки размѣрами въ сѣченіи 32 сант. $\times$ 20 сант., а по бокамъ желѣзо-бетонныя стѣнки, служащія балками, толщиною 10 сант. и высотой 3,23 метр. Каждая изъ главныхъ балокъ непосредственно опирается на три колонны, такъ что въ продольномъ направленіи платформы получается три ряда по 7 колоннъ въ каждомъ; размѣры этихъ колоннъ 35 сант. $\times$ 35 сант.

Въ виду необходимости оставить промежутки между печами свободными для пропуска вагонетокъ, колонны, расположенныя въ этихъ промежуткахъ, въ нижней части своей опираются на желѣзо-бетонныя перемычки, расположенныя на должной высотѣ и поддерживаемыя двумя боковыми колонками. Размѣры поперечнаго сѣченія перемычекъ 70 сант. $\times$ 40 сант., а колонокъ 40 сант. $\times$ 20 сант.

Самая платформа несетъ въ средней своей части два ряда колоннъ (20 сант. $\times$ 20 сант.), высотой въ 3,50 метр., перекрытыхъ въ продольномъ и поперечномъ направленіяхъ желѣзо-бетонными балками (60 сант. $\times$ 12 сант.), а съ боковъ платформа ограждена желѣзо-бетонными стѣнками, толщиною 3 сант., на высоту 2,20 метра, поддерживаемыми продолженіями боковыхъ колоннъ (фиг. 3).

Вся эта конструкція поддерживаетъ стропила изъ двутавровыхъ желѣзныхъ балокъ, обрѣшетку изъ коробчатого желѣза и, наконецъ, кровлю изъ волнистаго желѣза.

На платформу ведетъ удобная желѣзо-бетонная лѣстница въ шесть маршей съ площадками. Для подачи сырья наверхъ съ одной боковой стороны платформы устроены два элеватора съ крытымъ помѣщеніемъ при каждомъ для динамо-мотора, лебедки и другихъ передаточныхъ механизмовъ.

Помѣщеніе это, выступающее на 1,93 метра за боковую стѣнку платформы, и высотой отъ уровня верхняго пола 5,36 м., несмотря на большой вѣсъ расположенныхъ въ немъ машинъ и поднимаемаго груза (въ общемъ болѣе 600 пудовъ), съ одной стороны опирается на желѣзо-бетонную переборку элеватора, а съ другой на кронштейнъ, также изъ желѣзо-бетона.

При этомъ, во время работы машинъ никакихъ колебаній не происходитъ, а самая установка машинъ, при готовомъ бетонномъ основаніи, очень удобна. Вся эта конструкція, благодаря своей монолитности, отличается большою жесткостью.

По сравнительнымъ подсчетамъ подобная металлическая конструкція оказывается значительно дороже.

Работы по сооруженію этой платформы были начаты 22 августа 1903 года, съ перерывомъ съ 24 сентября по 21 октября, вслѣдствіе наступившихъ морозовъ. За это время устанавливались деревянныя формы подъ колонны, балки и стѣнки верхней части платформы, а также собиралось металлическое покрытие.

Благодаря наступившимъ оттепелямъ бетонныя работы были снова начаты 22 октября, а 5 ноября были совершенно закончены. Такимъ образомъ все это зданіе было выстроено въ 40 рабочихъ дней. При проектированіи этой платформы была принята равномерно распределенная нагрузка въ 1000 килогр. на кв. метр. (около 278 пуд. на кв. саж.); при этомъ каждая изъ колоннъ, поддерживающихъ платформу, несетъ грузъ отъ 66,000 кил. до 78,000 кил. (около 4,000—4,700 пудовъ); въ расчетѣ принималось также дѣйствіе вѣтра.

На фиг. 4 таблицы 47 детально представлена главная поперечная балка съ кронштейномъ подъ машиннымъ отдѣленіемъ, а на фиг. 5 сѣченіе этой балки, съ показаніемъ расположенія арматуры въ бетонѣ.

Товарныя платформы и наклаузы.—Весьма существенную пользу желѣзо-бетонъ могъ-бы принести въ примѣненіи къ устройству складочныхъ помѣщеній на станціяхъ желѣзныхъ дорогъ, въ портахъ, и т. п., въ видѣ товарныхъ платформъ, навѣсовъ, наклаузовъ и амбаровъ для храненія грузовъ, взамѣнъ общепринятыхъ деревянныхъ и металлическихъ конструкцій, благодаря своей огнеупорности и долговѣчности, а также ничтожныхъ издержекъ на ремонтъ

Къ сожалѣнію, до сихъ поръ примѣненіе желѣзо-бетона въ этой отрасли почти исключительно ограничивалось устройствомъ покрытій и стѣнокъ по готовой металлической конструкціи; желѣзо-бетонъ здѣсь игралъ роль простого заполнения пустотъ металлическаго остова, въ видѣ плитъ системы Монье и подобныхъ ей.

Опытъ уже достаточно показалъ неудовлетворительность такого рода «несгораемыхъ» помѣщеній, гдѣ главная металлическая конструкція, какъ напр. стропила, балки и т. п., остается обнаженной и подверженной дѣйствію огня: при воспламененіи массы сложенного груза, нагретый до-красна металлическій остовъ деформируется и разрушается вмѣстѣ съ несгораемыми желѣзо-бетонными полами и изолирующими переборками, не допуская даже тушенія пожара.

Несравненно лучшими въ этомъ отношеніи слѣдуетъ считать складочныя помѣщенія цѣликомъ изъ желѣзо-бетона.

З А В О Д Ы.

Таблицы 48 и 49.

Зубчатая покрытія рафинаднаго завода въ Saint-Ouen, Сена.—Существуетъ нѣсколько зубчатыхъ покрытій изъ желѣзо-бетона, по системѣ Геннебика, на разныхъ заводахъ и мастерскихъ. Приведемъ для примѣра покрытіе Парижскаго рафинаднаго завода въ Saint-Ouen, устроеннаго въ 1894 году (таблица 48).

Въ этомъ случаѣ зданіе, шириною 22,05 метра, раздѣлено по ширинѣ продольнымъ рядомъ колоннъ на двѣ части; каждый пролетъ перекрытъ двумя зубцами съ затяжками по низу и по верху, что образуетъ простую раскосную ферму (фиг. 1), гдѣ наклонныя стропильныя ноги представляютъ раскосы, а затяжки—попояса. По наклоннымъ стропиламъ расположена кровля изъ желѣзо-бетона, толщиною 8 сантиметровъ, а вертикальныя стороны покрытія застеклены. Вся эта монолитная конструкція представляетъ большую жесткость. Поперечныя сѣченія отдѣльныхъ частей представлены на фиг. 2—6 таблицы 48.

Подобнаго-же рода зубчатое покрытіе было устроено въ 1898 году надъ мастерскими механическаго завода Фонтена въ Булони на Сенѣ и въ Мануфактурѣ Грея въ Дижонѣ.

Одно изъ большихъ преимуществъ такого рода зубчатыхъ покрытій передъ металлическими состоитъ въ удобствѣ отвода воды изъ впадинъ между отдѣльными зубцами покрытія: въ металлическихъ покрытіяхъ обыкновенно вода отводится желѣзными желобами, которые въ нашемъ климатѣ отъ постоянной влажности, несмотря на окраску, часто ржавеютъ, требуютъ дорогого ремонта, и, при малѣйшемъ недосмотрѣ, накопившаяся вода протекаетъ на цѣнные станки и машины, находящіяся внутри помѣщенія, и вызываетъ ржавчину въ металлической конструкціи самаго покрытія. Въ желѣзо-бетонномъ покрытіи этотъ недостатокъ устраненъ.

Литейная завода Бабкокъ и Вилькоксъ въ Courneuve (Сена). На рис. 95 представлена система стропиль изъ желѣзо-бетона на заводѣ Бабкокъ и Вилькоксъ, устроенная по системѣ Геннебика и представляющая полное подражаніе деревянной конструкціи.

Стропильныя фермы имѣютъ пролетъ 12 метровъ между крайними столбами.

Покрытіе паровозныхъ мастерскихъ въ Böhm-Leipa на ж. д. Aussig—Teplitz (Австрія).—Это покрытіе надъ паровозосборнымъ цехомъ желѣзнодорожныхъ мастерскихъ въ Böhm-Leipa, показанное на фиг. 1—2 таблицы 49, состоитъ изъ двухъ главныхъ продольныхъ балокъ на разстояніи 7,86 метра другъ отъ друга и 7,57 метра отъ стѣнъ зданія (фиг. 2), съ шестью средними пролетами въ 6,20 метра и двумя крайними въ 2 метра. По длинѣ эти балки поддерживаются каждая семью колоннами. Сѣченіе балокъ 25×60 сант.

Второстепенныя балки, того же сѣченія, находятся на разстояніяхъ 3,10 метра, при чемъ въ средней части, между двумя рядами колоннъ, сѣченіе ихъ равно 25×45 сант.

Колонны, въ числѣ четырнадцати, поддерживающія покрытіе, имѣютъ размѣры 25×25 сант. въ поперечномъ направленіи и отъ 6,12 до 6,74 метра въ высоту, такъ какъ все покрытіе имѣетъ уклонъ 0,04.

Балки перекрыты плоскимъ поломъ, который прорѣзанъ въ продольномъ направленіи тремя свѣтовыми фонарями, шириною 3 метра, какъ видно на фиг. 1—2 таблицы 49, гдѣ показаны также расположеніе и размѣры всѣхъ частей арматуры балокъ и плоскаго покрытія.

Все покрытіе, между свѣтовыми фонарями, для уменьшенія теплопроводности засыпано слоемъ гравія, а желоба для стока воды сдѣланы изъ кровельнаго желѣза.

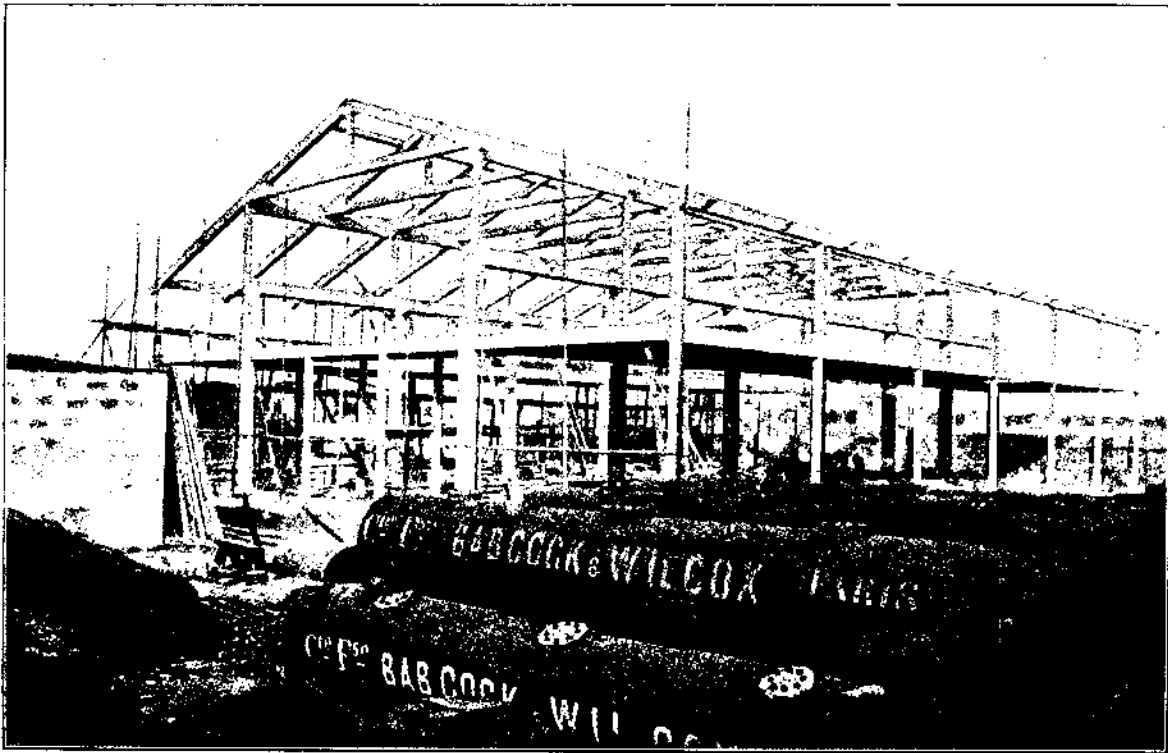


Рис. 95.—Стропила завода Бабкокъ и Вилькоксъ въ Соммерсее.

Подобнаго-же типа покрытіе устроено на лѣсопильномъ заводѣ при станціи Mähr-Ostrau на ж. д. Kaiser-Ferdinands Nordbahn въ Австріи.

Вообще существуетъ много самыхъ разнообразныхъ типовъ всевозможныхъ покрытій для заводовъ и мастерскихъ, среди которыхъ можемъ указать, какъ выдающіеся по размѣрамъ и красотѣ конструкціи, покрытіе механической мастерской Sautter-Harlé et C^{ie} въ Парижѣ, представляющее полное подражаніе металлической конструкціи, и стропила типографіи Oberthur въ Ремес (Франція), дающія совершенно новый и изящный типъ конструкціи, свойственный одному лишь желѣзо-бетону.

ФАБРИЧНЫЯ ТРУБЫ.

Таблицы 50 и 51.

Между наиболѣе интересными примѣненіями желѣзо-бетона слѣдуетъ указать устройство фабричныхъ трубъ, для которыхъ желѣзо-бетонъ въ большинствѣ случаевъ даетъ значительную экономію во времени постройки и въ стоимости по сравненію съ кирпичными трубами.

Мы можемъ перечислить здѣсь нѣсколько наиболѣе замѣчательныхъ примѣровъ устройства фабричныхъ трубъ изъ желѣзо-бетона.

Въ Амстердамѣ фабрика *Ten Cate et C^o* имѣетъ трубу высотой 17,75 метр., составленную изъ четырехъ трубъ системы Монье, діаметръ которыхъ измѣняется отъ 0,75 м. въ основаніи до 0,50 м. вверху. Эта труба построена въ 1897 году.

Но главнымъ образомъ желѣзо-бетонныя фабричныя трубы встрѣчаются въ С. А. Соединенныхъ Штатахъ.

Одна труба, высотой 45,72 метр. и наружного диаметра 2,13 метр., была построена в 1898 году в *Constable Hook* (Нью-Джерсей) для Общества *Pacific Coast Borax Co*; она состоит из двух цилиндрических концентрических стенок, соединенных внутренними радиальными выступами; наиболее подверженный жару пояс трубы одет огнеупорным кирпичом.

Другая труба, высотой 32,92 метр., диаметра внутреннего 2,44 м. и наружного 3,45 мм., была построена в 1901 году в *Jersey City* для общества *Central Lard Co*.

Для постройки этой трубы было употреблено 141 куб. метр бетона и 3650 килограммов стали; основание устроено на сваях. Кроме этих труб было построено еще две совершенно одинаковых трубы, высотой 45,72 м. и диаметром 2,13 м. в *South Bend* (Индiana) для *Компани швейных машин Зингера*.

В 1904 году была построена еще одна труба, высотой 53 метра и диаметром 4,62 метра, в *Los Angeles* (Калифорния) для новой электрической станции *Pacific Electric Railway Co*. Укажем еще трубу, высотой 32 метра, построенную в *Elisabetport* для *К^о Зингер* и трубу, высотой 67 метров и диаметром 2,45 метра внутри, для завода *Plymouth Cordage Co*.

Кроме этих труб, за последние годы, главным образом в С. Америке, построено множество фабричных труб из железобетона. Американские трубы устраиваются по одному типу и имеют двойные стенки из железобетона, одну внутреннюю, а другую наружную, имеющие между собою только несколько точек соприкосновения.

Работа ведется при помощи деревянных форм, в которых трамбуется бетон, имеющий арматуру в виде колец, соединенных продольными стержнями.

Деревянная форма поднимается вверх по мере возведения трубы, посредством ворота, помещенного внутри трубы на подмостях, которые в свою очередь поднимаются посредством наращивания стоек, так, чтобы держать их выше пояса работы.

Этот способ усовершенствован Обществом *Compagnie Ransome Concrete* в Нью-Йорке, которое построило большую часть вышеуказанных труб. Далее мы укажем некоторые детали устройства трех труб, на основании данных, опубликованных в журнале *Engineering Record* за 1904 год.

Труба Pacific Electric Railway Co (Калифорния).—Общество Тихоокеанских электрических дорог в 1904 году строило большую сеть пригородных дорог у *Los Angeles* в Калифорнии, и хотя могло получить необходимую энергию для питания всех этих линий, позднее, при устройстве центральной гидроэлектрической станции на р. Керн, но было вынуждено установить паровые двигатели, в ожидании устройства этой станции.

Указанная фабричная труба (фиг. 1—11 таблица 50) построена для этой паровой установки. Проект был составлен инженером Чальзом Леонардом; железобетон был принят в виду преимущества его перед кирпичом в смысле большей устойчивости и сопротивления, а в данном случае, еще и меньшей стоимости.

Размеры трубы.—Полная высота трубы с фундаментом 53,03 метр., из коих 4,72 метра находятся ниже поверхности земли.

Нижняя часть трубы, образующая пьедестал, имеет высоту 10,96 метр. над землей и диаметр 5,49 метр. снаружи. Верхняя часть имеет высоту 34 метра и диаметр 4,62 м.; сечение цилиндрическое.

Верх трубы увенчан капиталью, имеющей высоту 2,14 м., сверх которой выступает цилиндрическая часть трубы на 1,22 метр. Фундамент трубы, основанный на слое речного гравия, представляет бетонный массив, диаметром 9,45 метр., в котором заложены два ряда рельсов; к последним прикреплены стержни вертикальной арматуры, продолжающиеся по всей высоте трубы. (фиг. 1)

Детали конструкции.—Труба состоит из двух концентрических стенок, отделенных друг от друга пустотой в 279 мм. в основании и 406 мм. в вершине. Толщина наружной стенки изменяется по высоте трубы: 0,23 м., 0,15 м., и 0,13; толщина же внутренней стенки изменяется последовательно от 0,13 м. до 0,11 м. и 0,10 м. для каждой трети высоты.

Внутренняя стѣнка оканчивается ниже капители; она можетъ свободно расширяться при повышеніи температуры независимо отъ наружной стѣнки.

Черезъ каждые 0,76 метр., по окружности кольцевая пустота уменьшается до 57 мм. на ширинѣ 0,15 метр., и черезъ каждые 1,52 м. сближенная часть уменьшена до 19 мм., посредствомъ ряда бетонныхъ кирпичей, заѣданныхъ въ стѣнки. Такимъ образомъ независимыя колебанія той и другой стѣны ограничены, и наружная стѣна можетъ податься на 19 мм. подъ давленіемъ вѣтра, не касаясь еще внутренней трубы.

Детали арматуры.—Труба была построена по системѣ Рансома, съ арматурой изъ квадратной стали, скрученной въ холодномъ состояніи. Въ горизонтальномъ направленіи арматура состояла изъ круговъ квадратной стали сѣченіемъ 6 мм. $\times$ 6 мм., черезъ каждые 0,46 метра для внутренней трубы, и 0,61 м. для наружной трубы. Кромѣ того, въ наружной трубѣ имѣлась вертикальная арматура изъ стержней 19 мм. $\times$ 19 мм. черезъ каждые 0,30 метр. для нижней трети трубы; черезъ каждые 0,61 метр. для второй трети, и 1,22 метр. для верхней трети. Для внутренней трубы служили стержни 6 мм. $\times$ 6 мм. на разстояніяхъ 0,91 метр. по окружности.

Детали капители.—Декоративная капитель имѣетъ 2,14 метр. въ высоту; она состоитъ изъ 28 частей, которыя были отлиты на землѣ, а затѣмъ подняты, посредствомъ талей, на верхъ трубы, гдѣ были поставлены на мѣсто и соединены между собою посредствомъ цилиндрической надставки надъ трубой, толщиною 51 мм., съ арматурой изъ цѣльнорѣшетчатого металла.

Каждая отдѣльная часть капители представляетъ полный ящикъ, со стѣнками толщиною 51 мм., усиленными поперечными перегородками съ арматурой изъ скрученной квадратной стали. Послѣ отливки, такую часть капители оставляли въ формѣ на одинъ сутки, а затѣмъ на воздухѣ, послѣ снятія формъ, по меньшей мѣрѣ три дня. Въ дѣло-же готовыя части употребляли лишь по истеченіи 15 дней. Каждая такая часть вѣсила 567 килограммовъ (около 35 пудовъ).

Послѣ поднятія, каждую часть аккуратно ставили наверху трубы, вывѣряли ея положеніе при помощи деревянныхъ клиньевъ и затѣмъ подливали цементнымъ растворомъ. Черезъ отверстія въ стѣнкахъ были пропущены стержни діаметромъ 13 мм. для того, чтобы связать отдѣльныя части между собою, и наконецъ затрамбовывалось бетономъ верхнее кольцо.

Вся капитель полностью была поднята и установлена въ теченіе трехъ дней.

Матеріалы.—Для постройки этой трубы употреблялся портландскій цементъ изъ Кольтона (городъ въ 96 километрахъ отъ г. Los Angeles'а къ западу) и кремнистый песокъ изъ русла рѣки Los Angeles. Щебень, употреблявшійся для наружной трубы, былъ изъ краснаго песчаника, замѣчательнаго по своей твердости и сопротивленію высокой температурѣ. Для внутренней трубы употреблялся гранитный щебень изъ Arroyo Seco. Бетонъ перемѣшивался въ бетоньеркахъ системы Рансома.

Цементъ тщательно испытывался подрядчикомъ, и образчики бетона, толщины, равной предполагаемой толщинѣ трубы, предварительно заготавливались каждый день и испытывались черезъ опредѣленные промежутки времени. Пропорціи были приняты слѣдующія:

Внутренняя труба.	{ 1 часть цемента. 2 части песку. 4 части щебня.
Наружная труба	{ 1 часть цемента. 2 части песку. 6 частей щебня.

На постройку трубы пошло около 566 куб.метровъ бетона (около 56 куб. саж.), для чего было израсходовано 850 боченковъ цемента. Кромѣ того, потребовалось 4536 килогр. квадратной скрученной стали и 1814 килогр. старыхъ рельсъ для фундамента

Вся труба вѣситъ около 1297 тоннъ, что даетъ давленіе въ основаніи 2 килогр. на кв. см. грунта.

Снаружи труба не сглаживалась подъ лопатку, не затиралась, не штукатурилась, а была оставлена въ томъ видѣ, какъ вышла изъ формъ, и, тѣмъ не менѣе, получилась совершенно гладкой.

Техническія условія.—Цементъ долженъ былъ представлять сопротивленіе на разрывъ въ 35 кил. на кв. см. по истеченіи семи дней, а также выдержать удовлетворительно горячую пробу.

Щебень и гравій должны имѣть размѣры не менѣе 25 мм.

Сопротивленіе на разрывъ стержней арматуры не должно быть ниже 42 кил. на кв. мм., кромѣ того, эти стержни должны выдержать безъ трещинъ въ холодномъ состояніи изгибъ вокругъ стержня того-же діаметра, на 180°.

Шагъ крученія стержней долженъ быть слѣдующій: отъ 10 до 12 оборотовъ для стержней 6 мм., отъ 7 до 8 оборотовъ для стержней 9,5 мм., 5—6 оборотовъ для стержней 12,7 мм., 2—3 оборота для 19 мм., и отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ оборотовъ для стержней въ 25 мм. Эти стержни скручивались въ холодномъ состояніи при помощи горизонтальной машины съ ременной передачей; полагалось, что при этомъ предѣлъ упругости значительно повышается.

Бетонъ перемѣшивался съ достаточнымъ количествомъ воды, настолько, чтобы онъ могъ медленно сползать по наклонной плоскости, уклономъ $\frac{1}{2}$, когда его вываливали изъ тачки.

Круги поперечной арматуры изгибались на мѣстѣ и укладывались на поверхность бетона по мѣрѣ возведенія трубы, при чемъ концы круговъ заходили одинъ за другой отъ 0,30 до 0,46 метр. и связывались проволокой.

Стыки вертикальныхъ стержней соединялись нарѣзными муфтами.

Подмости.—Общая организація работъ, подмости и формы были хорошо разработаны и на практикѣ не допускали никакихъ затрудненій.

Благодаря выработанному расположенію, избѣжали безполезнаго вѣса подмостей, при сохраненіи полной точности въ исполненіи проекта, и въ то же время безопасность для рабочихъ была вполне обезпечена.

Внутреннія подмости размѣромъ 1,98 метр. въ квадратѣ, устраивались по оси трубы, такимъ образомъ, что постоянно возвышались надъ бетонной кладкой трубъ, по мѣрѣ поднятія послѣдней. Подмости эти состояли изъ четырехъ стоекъ сѣченіемъ 102×152 мм., съ горизонтальными распорками изъ досокъ 254×51 мм., на разстояніяхъ 1,52 метра, раскошенными крестами изъ досокъ 152×25 мм., по всѣмъ четыремъ сторонамъ подмостей.

Стойки срачивались въ полъ-дерева и стыки сбалчивались. Вверху подмостей укладывалась пара поперечныхъ балокъ, длиною около 4,88 метр., концы которыхъ подпирались подкосами и предназначались для подвѣски формъ.

Надъ балками, перпендикулярно къ нимъ, помѣщался брусъ, длиною 6,10 метр., къ которому подвѣшивалась нижняя кольцевая платформа, снаружи трубы, поддерживавшая также нижній край наружной формы.

Внутренняя, какъ и наружная, формы подвѣшивались къ балкѣ посредствомъ четырехъ желѣзныхъ стержней, имѣвшихъ длинную рѣзьбу на верхнихъ концахъ, съ гайками, позволявшими поднимать или опускать формы по желанію.

Все это устройство показано на рис. 96.

Поднятіе матеріаловъ производилось посредствомъ электрической лебедки, въ центрѣ подмостей. Внутри трубы на подмостяхъ укладывались доски, на которыхъ становились рабочіе, трамбовавшіе бетонъ.

Кромѣ того, вокругъ наружной формы была устроена кольцевая платформа, около 0,91 м. ширины, на кронштейнахъ изъ углового желѣза, и окруженная простыми деревянными перилами.

Для облегченія поднятія балокъ, по мѣрѣ повышенія подмостей, внутри послѣднихъ была устроена скользящая рама, высотой 7,31 метр.; и каждыйразъ сначала поднималась рама на требуемую высоту и переносились балки. Затѣмъ устанавливалась новая часть подмостей, къ которымъ подвѣшивались формы и наружныя подмости и т. д.

Для поднятія подмостей и формъ каждый разъ требовалось около 2 $\frac{1}{2}$ часовъ.

Формы.—Формы составлялись изъ вертикальныхъ клепокъ, длиною 3,66 метр. съ краями, соструганными подъ угломъ 10°, для образованія непрерывной поверхности, обращенной къ бетону; снаружи при этомъ получались зазоры между клепами въ видѣ буквы V.

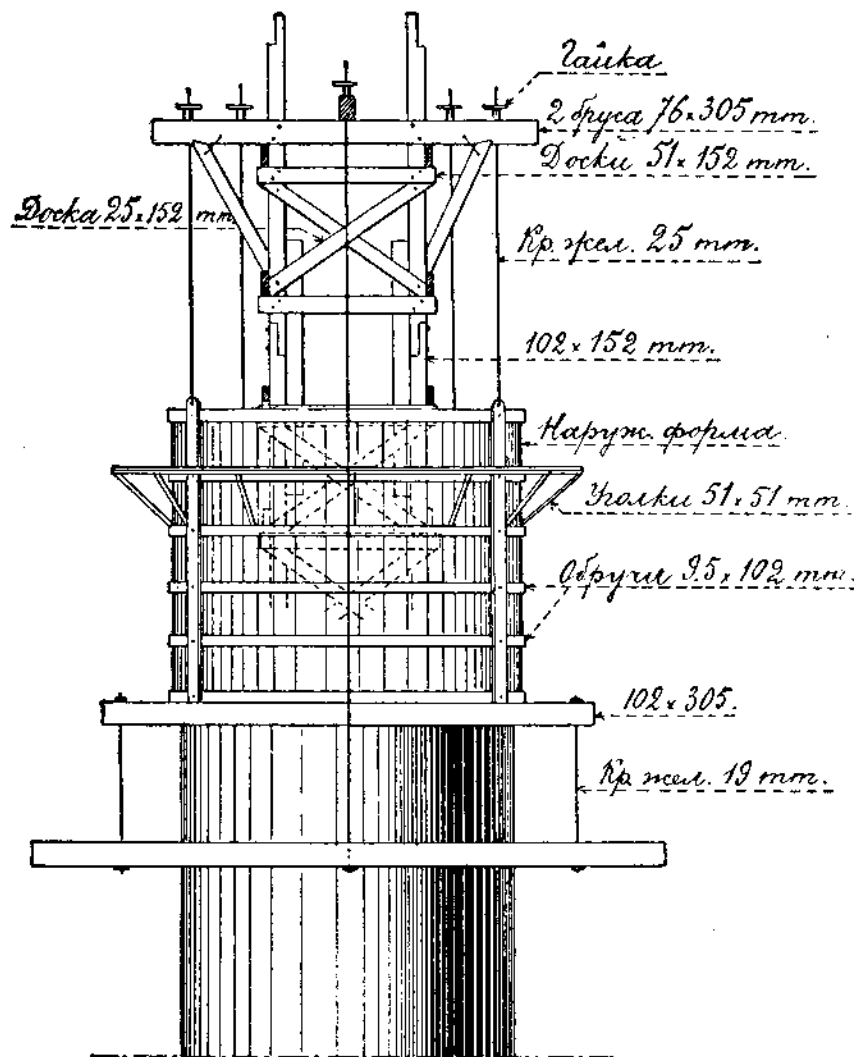


Рис. 96.—Устройство подмостей.

Клепки стягивались обручами изъ полосового желѣза посредствомъ особыхъ стяжныхъ муфтъ (фиг. 4, 5 и 10, 11 таблицы 50).

Формы зацѣплялись за подвижные стержни посредствомъ крюковъ, продѣтыхъ въ проушины, находящіяся вверху четырехъ вертикальныхъ полосъ сѣченіемъ 38×6 мм., прикрѣпленныхъ болтами къ каждому обручу.

Средняя форма.—Кольцевой промежутокъ между наружной и внутренней трубами получался посредствомъ особой средней формы, высотой 1,83 метра, весьма остроумно устроенной (фиг. 6, 7, 8 и 9), такимъ образомъ, что она устанавливалась и вынималась безъ всякаго затрудненія.

Каждая такая форма состояла изъ двухъ отдѣльныхъ половинъ, которыя раздвигались посредствомъ двухъ длинныхъ клинѣвъ въ серединѣ, сдѣланныхъ изъ досокъ, соструганныхъ соответствующимъ образомъ.

Во время трамбованія бетона такой клинъ удерживался въ надлежащемъ положеніи посредствомъ болта діаметромъ 9,5 мм., пропущеннаго сквозь двѣ доски съ обѣихъ сторонъ клина (фиг. 9 табл. 50).

Ходъ работъ.—Вся работа происходила внутри трубы, гдѣ поднимались матеріалы помощью электрической лебедки и гдѣ находились шесть рабочихъ, трамбовавшихъ бетонъ тонкими

слоями въ формахъ. Эти рабочіе были выбраны изъ наиболѣе опытныхъ среди постоянного состава рабочихъ подрядчика.

Подача бетона наверхъ начиналась съ полудня и дневная работа бетонирования, составлявшая 1,52 метра по высотѣ трубы, оканчивалась къ 5 час. вечера.

Утромъ слѣдующаго дня разжимали обручи наружной формы, поднимали ее и укрѣпляли въ новомъ положеніи къ десяти часамъ утра, при этомъ форма сильно сжимала, на высотѣ около 0,60 метра, верхнюю часть бетона, сдѣланнаго наканунѣ, 14 часовъ назадъ.

Внутренняя и среднія формы трубы поднимались въ то же время на 1,52 метра, такъ что верхній край этихъ формъ находился всегда ниже наружной формы.

Наружная поверхность трубы смачивалась водой посредствомъ кольцевой трубки съ отверстиями, прикрѣпленной къ нижней части наружной формы и соединенной съ городскимъ водопроводомъ.

Внутри трубы воздухъ былъ прохладный и сырой, почему смачиваніе бетона водой было признано лишнимъ.

Нижніе концы вертикальныхъ прутьевъ арматуры, какъ уже было сказано, закрѣдлялись въ фундаментѣ; во время работы вертикальные прутья поддерживались въ надлежащемъ положеніи посредствомъ проволоки, увязанной за гвозди, вбитые вверху формъ.

Четыре штуки этихъ прутьевъ были пропущены въ грунтъ ниже подошвы фундамента и, продолжаясь непрерывно сквозь всю трубу, выступали надъ верхомъ трубы на 1,52 метра; на нихъ были сдѣланы мѣдные наконечники, для того, чтобы эти стержни могли служить громоотводами.

Поверхности формъ, прилегающія къ бетону, во время работы періодически очищались и смазывались нежтлю для предотвращенія схватыванія бетона съ деревомъ.

Труба въ Елизаветпортъ.—Эта труба, построенная для Компаніи Зингеръ, имѣетъ высоту 38 метровъ и діаметръ 2,70 метр., она цилиндрическая, вѣсъ ея составляетъ 250 тоннъ; труба покоится на кругломъ фундаментѣ, діаметромъ 6,10 метра, что даетъ давленіе 8,6 кил. на кв. см.; въ расчетѣ устойчивости ея принимали давленіе вѣтра 100 кил. на кв. см. вертикальной проекціи.

Конструкція этой трубы показана на фиг. 1—4 таблицы 51.

Бетонъ для устройства этой трубы имѣлъ составъ: 1 ч. порландскаго цемента, три части песку и пять частей гравія. Послѣдній просѣивался сквозь грохотъ въ 20 мм.; бетонъ приготавливался механическимъ способомъ.

Труба состоитъ изъ двухъ кольцевыхъ стѣнъ; толщина наружной стѣнки измѣняется отъ 75 до 225 мм.; внутренняя стѣнка имѣетъ меньшую толщину: отъ 75 до 100 мм. Эти стѣнки соединяются между собою въ шести точкахъ по окружности. Фундаментъ представляетъ бетонный массивъ, діаметромъ 9,10 метр. и толщиной 0,75 метр.

Въ этомъ массивѣ заделаны стержни изъ квадратнаго желѣза 20 мм., скрученнаго предварительно, и расположеннаго по радіусамъ окружности массива.

Стержни того-же сѣченія и той-же формы, въ числѣ восьми, заделаны въ наружную стѣнку по всей высотѣ; во внутренней стѣнкѣ заделано всего 6 стержней, размѣромъ 12,5 мм., также квадратнаго сѣченія и скрученныхъ. Наконецъ, въ обѣихъ стѣнкахъ помѣщены горизонтальные круги изъ квадратнаго скрученнаго желѣза размѣромъ 12,5 мм., на разстояніяхъ 75 сантиметровъ, по всей высотѣ трубы.

Способъ производства работъ по возведенію трубы былъ вполнѣ аналогиченъ вышеописанному способу постройки трубы въ Los Angeles и поэтому не будемъ его здѣсь описывать; укажемъ только устройство капители и отдѣлку наружной поверхности трубы.

Капитель, увѣнчивающая эту трубу, менѣе сложная, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ, отливалась на мѣстѣ въ формахъ изъ гипса, которыя были подняты и установлены наверху трубы.

Особая отдѣлка, подъ натуральный камень съ поясами изъ рядовъ цементнаго кирпича, придаетъ этой трубѣ удовлетворительный вѣншній видъ. Эти ряды кирпича, кромѣ того, имѣли цѣлью прикрывать линіи ежедневныхъ перерывовъ въ работѣ.

Труба С^о Plymouth Cordage (фиг. 5—8 таблицы 51).—Эта труба, самая высокая изъ всѣхъ перечисленныхъ нами, представляетъ извѣстный интересъ благодаря самой своей высотѣ 67 метр. Ея внутренній діаметръ 2,45 метр.; наружный-же діаметръ измѣняется отъ 5,25 метра въ основаніи до 3,50 метра вверху. Она опирается на бетонный массивъ, діаметромъ 11,60 метр. въ основаніи.

Какъ и предыдущія трубы, эта труба состоитъ изъ двухъ концентрическихъ желѣзобетонныхъ стѣнокъ. Внутренняя труба, вертикальная по всей своей высотѣ, образована изъ трехъ цилиндровъ, съ толщиною стѣнокъ соответственно 40, 30 и 20 мм. Наружная труба представляетъ усѣченный конусъ съ различными наклонами, отъ 0,030 въ нижней части до 0,010 въ верхней части наружной поверхности трубы.

Наружная труба имѣетъ, кромѣ того, на внутренней поверхности четыре выступа по всей высотѣ, цѣль которыхъ увеличить ея жесткость и поддерживать внутреннюю трубу, которая имѣетъ свободное расширеніе отъ нагрѣванія.

Вершина трубы утолщена для образованія капители и покрыта листовымъ желѣзомъ.

На капители по окружности поставлены мѣдныя трубки, служація наконечниками громоотводовъ (фиг. 8 таблицы 51).

М А Я К И.

Таблицы 52 и 53.

Въ устройствѣ маяковъ до сего времени желѣзо-бетонъ не находилъ себѣ примѣненія ни въ одной изъ странъ свѣта. Первый и единственный пока еще въ мірѣ желѣзо-бетонный маякъ построенъ въ 1904 году въ Россіи, на Черномъ морѣ; описаніе его приводимъ ниже.

Маякъ въ Николаевѣ.—Въ 1903 году въ Николаевѣ на Черномъ морѣ предполагалось построить маякъ, высотой 17 сажень, для обстановки канала, ведущаго съ моря въ портъ.

Изъ нѣсколькихъ проектовъ этого маяка, составленныхъ разными лицами и изъ различныхъ матеріаловъ, Главнымъ Управленіемъ Торговаго Мореплаванія и Портовъ былъ утвержденъ къ исполненію проектъ желѣзо-бетоннаго маяка, представленный инженерами путей сообщенія Н. Пятницкимъ и А. Барышниковымъ.

Конструкція этого маяка, показанная на таблицахъ 52 и 53, состоитъ изъ желѣзо-бетонной, постепенно уширяющейся книзу, полой трубы, представляющей собою башню маяка; нижнимъ концомъ эта труба прочно скрѣплена съ толстой желѣзо-бетонной подошвой, которая лежитъ непосредственно на грунтѣ; на верхнемъ концѣ башни насажены два фонаря, одинъ надъ другимъ, изъ которыхъ первый, большаго діаметра, служитъ мѣстомъ для склада матеріаловъ, а другой для помѣщенія огня.

Внутри башни имѣется винтовая лѣстница. Размѣры маяка, въ общемъ и въ отдѣльныхъ его частяхъ, опредѣлены съ такимъ расчетомъ, чтобы все сооруженіе отвѣчало прочности и устойчивости отъ дѣйствія внѣшнихъ силъ, т.-е., въ данномъ случаѣ, боковаго давленія вѣтра.

Для того, чтобы маякъ не могъ опрокинуться отъ дѣйствія вѣтра, желѣзо-бетонная подошва, составляющая одно цѣлое съ башней маяка, сильно загружена; размѣръ этой загрузки опредѣленъ въ предположеніи, чтобы коэффициентъ устойчивости на опрокидываніе, при самомъ сильномъ вѣтрѣ, былъ не менѣе $3\frac{1}{2}$.

Что-же касается самой башни, то, будучи соединена въ одно цѣлое съ подошвой, неподвижность которой обеспечивается только-что упомянутой загрузкой, она работаетъ какъ брусъ, закрѣпленный однимъ концомъ и подверженный сплошной равномерно распределенной нагрузкѣ въ видѣ давленія вѣтра на боковую поверхность самой башни.

Для того, чтобы желѣзо-бетонная труба, представляющая башню, могла выполнить роль подобнаго бруса, она снабжена каркасомъ изъ желѣзныхъ прутьевъ круглаго сѣченія, поставленныхъ параллельно вертикальной оси маяка; расчетъ этихъ прутьевъ сдѣланъ въ томъ предположеніи, чтобы они самостоятельно, безъ всякаго участія бетона, составляющаго стѣнки

башни, могли-бы сопротивляться всѣмъ внутреннимъ напряжениямъ, вызываемымъ внѣшними силами.

Такимъ образомъ, работа бетона совершенно не принимается въ расчетъ, и, на первый взглядъ, кажется, что здѣсь теряется выгода примѣненія желѣзо-бетона, такъ какъ въ этомъ случаѣ всѣ металл вертикальныхъ стержней получается равнымъ всѣмъ сплошной металлической трубы. Однако, на дѣлѣ это не такъ: мы видѣли, что тоже самое явленіе имѣетъ мѣсто въ желѣзо-бетонныхъ водопроводныхъ трубахъ, гдѣ практика оказалась на сторонѣ желѣзо-бетона.

Это явленіе объясняется, во-первыхъ, возможностью быстрого производства работъ, во-вторыхъ, всѣмъ металлу въ желѣзо-бетонной конструкціи строго отвѣчаетъ теоретическому расчету, тогда какъ въ сооруженіяхъ, сдѣланныхъ изъ листового желѣза, приходится давать значительный излишекъ въ толщинѣ для износа отъ ржавчины и для полученія надлежащей жесткости конструкціи.

Стоимость круглаго желѣза также ниже стоимости сортового и листового, а работа по набивкѣ бетона дешевле работы по сборкѣ и склепкѣ.

Наконецъ, желѣзо-бетонная конструкція является болѣе жесткою и долговѣчною по сравненію съ металлической.

Въ данномъ случаѣ стоимость желѣза составляетъ лишь $\frac{1}{5}$ общей стоимости маяка.

Въ расчетѣ прочности и устойчивости маяка было принято давленіе вѣтра въ 275 килограммовъ на кв. метръ поверхности, перпендикулярной направленію вѣтра. Давленіе вѣтра на цилиндрическую поверхность принято равнымъ $\frac{2}{3}$ давленія на его діаметральную плоскость.

Допускаемое напряженіе металла въ арматурѣ маяка была принято равнымъ 10 кил. на кв. мм.

Для опредѣленія моментовъ силъ маякъ разбитъ на отдѣльные элементы, при чемъ предположено, что вѣтеръ дѣйствуетъ на башню маяка въ видѣ отдѣльныхъ силъ, приложенныхъ въ серединѣ высоты каждаго элемента.

Опредѣленіе моментовъ внѣшнихъ силъ сдѣлано графическимъ способомъ, съ помощью многоугольника силъ и веревочнаго многоугольника.

По найденнымъ величинамъ моментовъ для каждаго сѣченія опредѣлены размѣры и площадь желѣзнаго кольца, могущаго сопротивляться появляющимся отъ дѣйствія момента внутреннимъ усиліямъ.

Затѣмъ кольцо это замѣнено извѣстнымъ числомъ круглыхъ стержней, діаметромъ $\frac{7}{8}$ дюйма (22 мм.), такъ, что общая площадь ихъ поперечнаго сѣченія равняется площади сплошного кольца. Въ тѣхъ сѣченіяхъ, гдѣ происходитъ измѣненіе въ числѣ прутьевъ, тѣ изъ нихъ, которые прерываются, продолжены на длину одного метра дальше расчетной.

Это сдѣлано съ цѣлью получить въ данномъ сѣченіи полную работу прутьевъ, принимая во вниманіе достаточное сдѣленіе металла съ бетономъ.

Устройство арматуры въ данномъ случаѣ не представляетъ ничего особеннаго; интересно только устройство стыковъ продольныхъ и поперечныхъ прутьевъ. Стыки эти расположены такъ, чтобы они не приходились въ одномъ поперечномъ сѣченіи.

Прочность-же самихъ стыковъ достигается за счетъ силы сдѣленія бетона съ желѣзомъ: именно, на основаніи опытовъ Баушингера и французской Service des phares et Balises, можно вывести, что при задѣлкѣ круглаго прута въ бетонъ на длину, равную около 25 его діаметровъ, сила сдѣленія его съ бетономъ равна временному сопротивленію разрыву самаго прута.

Въ виду-же возможныхъ недостатковъ въ трамбованіи бетона, для данного случая эта длина увеличена до 30 діаметровъ и, кромѣ того, для запаса сдѣлано еще усиленіе стыка, именно: во-первыхъ, концы прутьевъ загнуты крючками, обращенными къ внутренней поверхности стѣнокъ башни; затѣмъ около конца верхняго прута, сверху и снизу крючка, помѣщены два прута діаметромъ $\frac{3}{4}$ дюйма по окружности стѣны башни, на такую длину, чтобы они захватывали по два сосѣднихъ продольныхъ прута каркаса, для усиленія сопротивленія вырыванію конца продольнаго прута, при изгибѣ башни отъ давленія вѣтра.

Концы прутьевъ расщеплены въ видѣ ласточкина хвоста, и самые прутья перевязаны тонкою отоженной проволокой (фиг. 3 табл. 52). Кромѣ продольныхъ прутьевъ имѣются еще горизонтальные прутья по окружности башни, по всей ея высотѣ, изъ круглаго желѣза діаметромъ $\frac{3}{8}$ дюйма=9,5 мм., расположенныхъ на разстояніи 50 сант. другъ отъ друга съ наружной стороны продольныхъ прутьевъ и на разстояніи 25 сант. съ внутренней стороны сказанныхъ прутьевъ. Устройство стыка этихъ поперечныхъ прутьевъ каркаса показано на фиг. 4 табл. 52. Кромѣ того, по высотѣ башни, съ внутренней стороны каркаса, поставленъ рядъ обручей изъ коробчатого желѣза сѣченіемъ 60×30 мм. въ нижней части башни и 130×55 мм. вверху, предназначенныхъ для удержанія каркаса въ неизмѣнномъ положеніи во время трамбованія бетона.

Въ наиболѣе опасномъ сѣченіи башни, т.-е. въ мѣстѣ соединенія ея съ фундаментомъ, поставленъ прочный обручъ, состоящій изъ шести круглыхъ стержней діаметромъ $1\frac{1}{2}$ дюйма=38 мм., при чемъ три стержня идутъ съ внутренней стороны продольнаго каркаса, а три съ наружной стороны, какъ показано на фиг. 1 табл. 53.

Устройство фундамента.—Въ виду переменнаго дѣйствія вѣтра каждый вертикальный прутья арматуры башни можетъ испытывать или сжимающія или вытягивающія усилія, поэтому обращено особое вниманіе на прочное соединеніе башни маяка съ его основаніемъ, представляющимъ толстую желѣзо-бетонную подошву, покоющуюся непосредственно на грунтѣ.

Каждый прутья арматуры продолженъ до нижнихъ слоевъ подошвы, загнутъ горизонтально и продолженъ по радіусу къ центру на длину 1,50 метра; конецъ прута загнутъ крючкомъ, обращеннымъ вверхъ; кромѣ того, по окружности подошвы проложены три желѣзныхъ стержня діаметромъ 32 мм. каждый, для лучшей передачи усилія отъ вертикальныхъ стержней каркасу подошвы.

Для передачи подошвѣ сжимающихъ усилій отъ вертикальныхъ прутьевъ, къ каждому изъ нихъ придѣлана арматура въ видѣ консоли изъ желѣза, діаметромъ 22 мм.; концы ея прилегаютъ къ продольнымъ прутьямъ каркаса башни и связаны съ ними тонкою вязательною проволокою, при чемъ верхній конецъ консоли проходитъ сквозь упомянутый выше обручъ, находящійся на уровнѣ цоколя (фиг. 1 табл. 53).

Консоли эти передаютъ давленіе подошвѣ посредствомъ трехъ стержней, діаметромъ 32 мм., помѣщенныхъ по окружности подошвы, выше ея арматуры.

Самая подошва имѣетъ толщину въ 75 сант. и въ планѣ видѣ круга, діаметромъ 8,60 метра. Арматура ея двойная, симметричная, состоитъ изъ двухъ параллельныхъ сѣтей изъ стержней круглаго желѣза, діаметромъ 32 мм., пересѣкающихся подъ прямымъ угломъ, на разстояніяхъ 40 сант. другъ отъ друга. Обѣ сѣти, верхняя и нижняя, связаны между собою вертикальными связями изъ круглаго желѣза, діаметромъ 6 мм. (фиг. 1—2 табл. 53).

Устройство фонаря.—Устройство арматуры для верхняго барабана и фонаря сдѣлано на основаніи конструктивныхъ соображеній, такъ какъ теоретическій расчетъ ихъ даетъ слишкомъ малые размѣры.

Дно большого фонаря или барабана, толщиною 8 сантиметровъ, поддерживается 12 консолями, которыя прикрѣпляются къ продольнымъ прутьямъ каркаса башни, какъ это видно на фиг. 3—4 таблицы 53.

Арматура пола состоитъ изъ прутьевъ діаметромъ 5 мм., расположенныхъ по окружности, и прутьевъ діаметромъ 6 мм., расположенныхъ по радіусамъ; эти послѣдніе продолжаютъ въ стѣнкахъ барабана до верхняго его перекрытія; кромѣ того, въ стѣнкахъ помѣщены еще горизонтальные стержни изъ желѣза діаметромъ 5 мм., на разстояніяхъ 25 сантиметровъ другъ отъ друга. Арматура верхняго перекрытія барабана двойная симметричная изъ прутьевъ діаметромъ 6 мм., идущихъ параллельно одному изъ діаметровъ (фиг. 5 табл. 53).

Арматура малаго фонаря и его купола состоитъ также изъ вертикальной проволоки діаметромъ 6 мм. и горизонтальныхъ круговъ изъ желѣза діаметромъ 5 мм.; для общей связи между обоими фонарями вертикальныя проволоки малаго фонаря отогнуты и задѣланы въ перекрытіи барабана до его стѣнокъ.

На фиг. 5 таблицы 53 представлена деталь устройства верхняго карниза на барабанѣ.

Устройство лестницы.—Внутри башни, вдоль ее стѣнокъ, идетъ снизу до верхняго фонаря винтовая желѣзо-бетонная лѣстница, конструкція которой показана на фиг. 6—8 таблицы 53.

Въ стѣнкахъ башни, на опредѣленныхъ разстояніяхъ, поставлены кронштейны изъ желѣза діаметромъ 19 мм.; концы этихъ кронштейновъ загнуты въ противоположныя стороны и заходятъ за два продольныхъ прута арматуры башни.

Къ кронштейнамъ прикрѣплена желѣзо-бетонная балочка, по винтовой линіи, прямоугольнаго сѣченія $20 \times 7,5$ сант.; къ этой балочкѣ прикрѣпляется висячая лѣстница, такимъ образомъ, что подступенокъ каждой ступени представляетъ консольную балочку сѣченіемъ $4 \times 20,5$ сант., какъ показано на фиг. 53, поддерживающую проступь съ постоянной и временной нагрузкой.

Толщина проступи всего 2,5 сант.

Для расчета лѣстницы была принята временная нагрузка въ видѣ человѣка съ ношей, стоящаго на краю ступени, вѣсомъ 8 пудовъ=130 килограммовъ.

Устойчивость маяка.—Благодаря вышеописанному устройству арматуры башня маяка съ фонарями и нижней подошвой представляетъ одно нераздѣльное цѣлое, вполне удовлетворяющее условіямъ прочности во всѣхъ сѣченіяхъ.

Повѣрка устойчивости необходима въ плоскости подошвы; сопротивление всего маяка опрокидыванію подѣйствию вѣтра достигается посредствомъ загрузки нижней подошвы камнемъ, въ объемѣ 62,17 куб. мстровъ, вѣсомъ 111,906 килограммовъ, или, вмѣстѣ съ вѣсомъ самой башни маяка, всего 459,906 килограммовъ, что даетъ коэффициентъ устойчивости маяка равный 4,02.

Величина давленія вѣтра и способъ опредѣленія опрокидывающаго момента были указаны выше.

Наибольшее давленіе на грунтъ получается равнымъ 1,6 кил. на кв. сант., или около 0,25 пуда на кв. дюймъ.

Производство работъ.—Послѣдовательный ходъ работъ состоялъ въ устройствѣ деревянныхъ формъ, внутреннихъ и наружныхъ, установкѣ металлической арматуры и набивкѣ формъ бетономъ.

Послѣ производства земляныхъ работъ было приступлено къ набивкѣ подошвы и боковъ стѣнокъ фундамента до уровня цоколя при помощи деревянныхъ формъ самаго простого устройства.

Въ то-же время были поставлены лѣса вокругъ предполагаемаго маяка, а набивка стѣнокъ башни производилась въ промежуткѣ между двумя кольцевыми формами, наружной и внутренней.

Для наружной формы были установлены, въ разстояніяхъ $1\frac{1}{2}$ сажени другъ отъ друга по высотѣ, деревянные кольца, срубленные изъ бревень съ правильно обдѣланною окружностью внутри. Кольца эти съ внутренней стороны обшивались досками въ вертикальномъ направленіи. Доски брались дюймовыя чистообрѣзныя, длиною 3 сажени.

Для полученія гладкой поверхности бетона слѣдили за тѣмъ, чтобы не было щелей между досками, и въ крайнемъ случаѣ штукатурили внутреннюю поверхность этой обшивки гипсомъ, такъ чтобы эта поверхность соотвѣтствовала точно наружнымъ стѣнамъ маяка.

Высота отдѣльныхъ частей наружной обшивки соотвѣтствовала длинѣ досокъ, т.-е. 3 сажени.

Внутренняя-же опалубка состояла изъ отдѣльныхъ элементовъ, имѣющихъ высоту 0,50 саж. для низа маяка и 0,33 саж. для верхнихъ его частей; это сдѣлано для удобства трамбованія бетона.

Металлическая арматура устанавливалась послѣ устройства наружной деревянной обшивки, при чемъ, благодаря поперечнымъ кольцевымъ связямъ изъ коробчатаго желѣза, достигалось неизмѣнное положеніе каркаса во время работы. Подъемъ бетона производился посредствомъ ручной лебедки, установленной на одну сажень выше той площадки, гдѣ производилось трамбованіе бетона.

Составъ бетона былъ:

портландъ цемента	300 килогр.
крупнаго песку	0,400 куб. метра
гравія	0,800 куб. метра

или по объему: 1 часть цемента, 1,7 ч. песку и 3,7 ч. гравія. Песокъ и гравій передъ употребленіемъ въ дѣло промывались.

Гравій былъ такой крупности, что могъ свободно проходить черезъ отверстіе въ 1 дюймъ.

Въ виду трудности трамбованія въ тонкихъ стѣнкахъ консистенція бетона была съ нѣкоторымъ избыткомъ воды. Въ стыкахъ арматуры, гдѣ сцѣпленіе бетона съ металломъ играетъ большую роль, поверхность желѣза смачивалась чистымъ цементнымъ растворомъ.

Для арматуры бралось литое желѣзо съ временнымъ сопротивленіемъ разрыву въ 42—45 кил. на кв. мм., при чемъ на мѣсто работъ доставлялось желѣзо опредѣленной длины, согласно точной спецификаціи. Расплющиваніе и отгибаніе концовъ толстыхъ прутьевъ производилось въ горячемъ состояніи.

Для устройства лѣстницы одновременно съ набивкою стѣнъ башни ставились въ назначенныхъ мѣстахъ кронштейны изъ круглаго желѣза. По окончаніи набивки стѣнъ башни и снятіи формъ, было приступлено къ устройству винтовой балки, поддерживаемой кронштейнами, и самыхъ ступеней лѣстницы.

По окончаніи всего маяка послѣдній былъ выкрашенъ снаружи бѣлою краской, для чего поверхность бетона была подготовлена соответственнымъ образомъ.

Извѣстно, что на свѣжемъ бетонѣ масляныя краски держатся плохо, такъ какъ щелочи цемента и гидратъ извести обмываютъ кислоты масляныхъ красокъ и этимъ вызываютъ ихъ разрушеніе.

Поэтому, если покраска производится до полного затвердѣнія бетона, то его приходится покрывать составами, растворяющими щелочи. Въ данномъ случаѣ поверхность бетона обрабатывалась Кеслеровыми флюатами; сначала поверхность бетона обмывалась слабымъ растворомъ 1:10, а затѣмъ растворомъ 1:5, до тѣхъ поръ, пока поверхность бетона не окрашивала синюю лакмусовую бумажку въ красный цвѣтъ.

Послѣ этого поверхность башни обмывалась чистою водою, а по высыханіи бетона была окрашена масляною краской.

Стоимость маяка опредѣляется слѣдующей смѣтой:

Смѣта на устройство маяка.

№ № по порядку.	НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЪ.	Количе- ство.	ЦѢНА.		СУММА.		Примѣчаніе.
			Руб.	Коп.	Руб.	Коп.	
1	Заготовка и положеніе въ дѣло бетона съ подноской, утрамбовкой, а также съ установкой арматуры куб. м.	175	24	00	4200	00	Въ эту статью включена также стоимость работъ по обдѣлкѣ концовъ.
2	Желѣза для изготовленія арматуры пуд.	1100	2	00	2200	00	
3	Изготовленіе перилъ для лѣстницы съ окраскою и установкою пуд.	126	00	5	630	00	

№ по порядку.	НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЪ.	Количество.	ЦѢНА.		СУММА.		Примѣчаніе.
			Руб.	Коп.	Руб.	Коп.	
4	Камня для загрузки подошвы маяка . . . куб. саж.	6,50	40	00	260	00	
5	Желѣзныя рамы и переплеты: малыхъ шт.	15	15	00	225	00	
	большихъ »	2	20	00	40	00	
	надъ дверью »	1	10	00	10	00	
6	Устройство перилъ около верхняго фонаря оптомъ .	—	—	—	50	00	Перила состоятъ изъ желѣзо-бетонныхъ стоекъ, такого-же поручня и тягъ круглаго желѣза 1" diam.
7	Устройство карнизовъ и украшеній надъ окнами и дверью всего	—	—	—	175	00	
8	Устройство ступеней у входа.	—	—	—	50	00	
9	Земляныя работы по устройству котлована куб. саж.	25,00	1	80	45	00	
10	Устройство громоотвода . .	—	—	—	50	00	
11	Лѣсного матеріала для изготовленія деревянн. формъ и подмостей	—	—	—	1435	00	Досокъ 1" длиною 3 саж. и шириною 6 вер. шт. 700. Бревенъ 4 вер. шт. 700.
12	Плотничная работа по устройству деревянн. формъ и подмостей и разборка ихъ послѣ набивки, сдѣльно .	—	—	—	900	00	Стоимость работы опредѣлена по Урочному Положенію, принимая, что на 1 куб. футъ дерева для устройства сложныхъ частей требуется 0,25 плотника.
13	Окраска маяка въ бѣлый цвѣтъ съ флюатированіемъ его поверхности кв. саж.	100	5	00	500	00	
14	Техническій надзоръ	—	—	—	500	00	Сюда входитъ вознагражденіе опытному технику специалисту за два мѣсяца наблюденія. Наемъ-же десятниковъ и старшихъ рабочихъ входитъ въ стоимость заготовленія бетона.
15	Непредвидѣнные расходы .	—	—	—	1000	—	
	А всего стоимость маяка безъ включенія освѣтительныхъ приборовъ и стоимости лѣстницы . .	—	—	—	12270	—	

Для сравненія можемъ привести стоимость кирпичнаго маяка и желѣзнаго, въ тѣхъ-же самыхъ условіяхъ. Проекты этихъ двухъ маяковъ были составлены ранѣе, еще до предположенія устройства желѣзо-бетоннаго маяка. По смѣтамъ, составленнымъ для всѣхъ этихъ

трехъ маяковъ, стоимость ихъ опредѣляется слѣдующимъ образомъ, при совершенно равныхъ условіяхъ, исключая при этомъ непредвидѣнные расходы и стоимость технического надзора:

железо-бетонный маякъ	10,500 руб.
кирпичный »	17,000 »
железный »	18,000 »

Кромѣ громадной экономіи въ пользу железо-бетоннаго маяка, послѣдній представляетъ громадныя достоинства въ техническомъ и архитектурномъ отношеніяхъ. Кирпичный маякъ, при своемъ громоздкомъ и тяжеломъ видѣ (стѣнки его внизу имѣютъ толщину въ $5\frac{1}{2}$ кирпичей или 0,72 саж.), имѣетъ громадный вѣсъ, въ 3 раза болѣе железо-бетоннаго, что вызываетъ устройство серьезнаго фундамента.

Железный-же маякъ, въ видѣ цилиндрической железной трубы, съ фонаремъ наверху, поддерживаемый по всей высотѣ раскосной системой изъ шести ногъ, разставленныхъ на большое разстояніе въ уровнѣ земли, не говоря уже объ архитектурномъ безобразіи, имѣетъ еще серьезные техническіе недостатки. Извѣстно, что въ приморскихъ мѣстностяхъ, гдѣ воздухъ содержитъ, кромѣ влажности, еще соленые пары, железо подвергается сильной ржавчинѣ, что особенно замѣтно на югѣ, напримѣръ на Черномъ морѣ, гдѣ испареніе воды происходитъ сильнѣе, чѣмъ въ холодномъ климатѣ.

Извѣстно также, что ржавчина на желѣзѣ не ограничивается одною поверхностью, а проникаетъ въглубь металла, что заставляетъ придавать металлической конструкціи значительный излишекъ въ толщинѣ на 2—2,5 мм. противъ расчетной, что вредно отражается на экономичности железной конструкціи, не говоря уже о расходахъ на періодическую окраску металлическихъ частей.

Кромѣ того, благодаря малой жесткости металлической конструкціи, она испытываетъ колебанія отъ переменнаго дѣйствія вѣтра, которыя со временемъ разстраиваютъ всю конструкцію. Это подтверждается наблюденіями надъ металлическими мостами, гдѣ необходимъ постоянный осмотръ и замѣна ослабшихъ заклепокъ благодаря переменному дѣйствию подвижной нагрузки. Съ теченіемъ времени та-же причина вызываетъ полное измѣненіе въ строеніи самаго металла, который дѣлается болѣе хрупкимъ и вообще теряетъ свои первоначальныя механическія свойства.

ТУННЕЛИ.

Таблицы 54, 55, 56, 57 и 58.

Съ чрезмѣрнымъ приростомъ населенія въ громадныхъ С.-Американскихъ и нѣкоторыхъ Западно-Европейскихъ городахъ, возрастающее развитіе коммерческихъ и иныхъ сношеній между разными частями города вызывало требованіе быстрыхъ и удобныхъ сообщеній, которому существующія улицы на поверхности земли по своей тѣснотѣ уже не удовлетворяли; параллельно съ надземными улицами образовывались цѣлыя системы подземныхъ улицъ—туннелей, гдѣ идетъ та-же кипучая жизнь, какъ и на поверхности земли, то-же движеніе трамваевъ и пѣшеходовъ.

Одновременно съ развитіемъ жизни городовъ, канализація всѣхъ родовъ достигла громадныхъ размѣровъ: десятки трубопроводовъ для воды, газа, провода для передачи электрической энергіи занимаютъ всю площадь улицы подъ мостовой. Ремонтъ всей такой сѣти, при густомъ движеніи на улицахъ, почти совершенно невозможенъ.

Практикуемое иногда размѣщеніе этой сѣти внутри туннелей представляетъ громадныя удобства для ремонта вполне доступныхъ осмотру во всякое время трубъ и проводовъ.

Вмѣстѣ съ туннелями соединяются водостоки, уличные и домовые, и вентиляціонные каналы.

Мы приводимъ далѣе одинъ изъ замѣчательныхъ примѣровъ подобнаго рода туннелей, для движенія трамваевъ подъ одной изъ улицъ города Бостона.

Какъ другой примѣръ укажемъ туннель для желѣзной дороги подъ рѣкою Detroit River въ С.-А. Соединенныхъ Штатахъ.

Туннель подъ Вашингтонской улицей въ Бостонѣ (С.-А. Соед. Штаты).—Вслѣдствіе громаднаго развитія движенія по Вашингтонской улицѣ въ Бостонѣ въ 1902 году былъ поднятъ вопросъ объ устройствѣ туннеля подъ этой улицей, для движенія трамваевъ, на протяженіи отъ Haymarket Square до Pleasant Street, и въ 1904 году было приступлено къ постройкѣ этого туннеля, дальнѣйшее описаніе котораго заимствуемъ изъ отчета мистера Говарда Керзона (Mr. Howard Carson), главнаго инженера *the Boston Transit Commision*, отъ 30 іюня 1905 года ¹⁾.

Полная длина этого туннеля всего около 6,500 футовъ (почти 2 версты), при чемъ на этомъ протяженіи внутри туннеля имѣется четыре станціонныхъ платформы, расположенныхъ на горизонтальныхъ площадкахъ, длиною около 50 саж.; на остальномъ протяженіи туннель представляетъ уклоны отъ 0,020 до 0,050. Въ планѣ туннель имѣетъ закругленія, описанныя радіусами отъ 500 до 5,000 фут. Типы поперечныхъ сѣченій этого туннеля въ различныхъ его частяхъ представлены на фиг. 1—4 таблицы 54 и на таблицахъ 55 и 56. Характеръ поперечныхъ сѣченій туннеля измѣняется соотвѣтственно его расположенію подъ улицей и его назначенію.

Въ *первой* части туннель почти цѣликомъ идетъ подъ домами, за исключеніемъ поперечныхъ улицъ, при чемъ фундаменты этихъ домовъ опираются на верхнее покрытіе туннеля, состоящее изъ поперечныхъ двутавровыхъ балокъ, высотой отъ 12 до 24 дюймовъ, на разстояніяхъ отъ 1 до 4 футовъ, поддерживаемыхъ продольными балками, въ свою очередь опирающимися на металлическія колонны (фиг. 1 табл. 54). Въ этой части туннеля работа производилась одновременно съ двухъ концовъ отъ улицъ Беннета и Гарвардской, частями отъ 12 до 20 футовъ длиною.

Земляныя работы производились по частямъ на требуемую глубину, при чемъ земля вытаскивалась бадьями, которыя затѣмъ поднимались и опоражнивались въ особыя повозки, для вывозки ея отъ мѣста работъ.

По окончаніи земляныхъ работъ устраивалось дно туннеля, затѣмъ боковыя стѣнки, послѣ чего ставились на мѣсто колонны и металлическія балки покрытія туннеля и склепывались; затѣмъ покрытіе заполнялось бетономъ, въ которомъ совершенно задылывались двутавровыя балки потолка туннеля.

Дно и боковыя стѣнки туннеля дѣлались цѣликомъ изъ бетона, съ арматурой изъ скрученной стали квадратнаго сѣченія $\frac{7}{8}$ дюйма (система Рансома). Бетонъ перемѣшивался машиннымъ способомъ въ ротационной бетоньеркѣ Смита и подавался въ туннель черезъ особыя отверстія въ желѣзныхъ бадьяхъ.

Фундаменты зданій во время работы поддерживались двутавровыми балками изъ литого желѣза, а затѣмъ, по окончаніи потолка туннеля, поддылывались кирпичной кладкой.

Во время земляныхъ работъ и постройки такихъ короткихъ частей туннеля эти двутавровыя балки опирались непосредственно на остающуюся невынутую землю и на сосѣднюю оконченную часть туннеля.

Вторая часть туннеля, между улицами Эліота и Клейлендской, пересекающими Вашингтонскую улицу, на протяженіи 40 пог. футовъ, состоитъ изъ бетоннаго дна, безъ арматуры, боковыхъ стѣнокъ изъ бетона съ двойной арматурой изъ скрученной стали квадратнаго сѣченія $\frac{7}{8}$ дюйма и покрытія изъ двутавровыхъ балокъ литого желѣза, высотой 15", на разстояніяхъ 5 футовъ центръ отъ центра, задыланныхъ въ сплошномъ бетонномъ слой потолка туннеля.

На протяженіи слѣдующихъ 120 погонныхъ футовъ конструкція дна и стѣнокъ вполнѣ подобна предыдущей, но покрытіе устроено въ видѣ плоскаго свода съ двутавровыми балками высотой 15", задыланными въ бетонный слой толщиной 18 дюймовъ (фиг. 2 табл. 54). Въ

¹⁾ Engineering News. 1906. Апр. 19.

этой-же части находится станціонная платформа, шириной отъ 11 до 17 футъ у западной стѣнки туннеля, между улицами Лагранжъ и Бойльстонъ-Стритъ. Сѣченіе туннеля въ этомъ мѣстѣ показано на фиг. 3 таблицы 54.

Въ *третьей* части туннеля, около улицы Эссексъ-Стритъ, гдѣ находится вторая станціонная платформа, сѣченіе туннеля сильно измѣняется (фиг. 4 табл. 54).

Полъ платформы и дно туннеля въ этомъ мѣстѣ сдѣлано изъ бетона безъ арматуры.

Западная стѣнка состоитъ изъ металлическихъ колоннъ, на разстояніяхъ 5 футовъ центръ отъ центра, задѣланныхъ въ массу бетона.

Покрытіе надъ платформой и первымъ путемъ туннеля состоитъ изъ продольныхъ и поперечныхъ кленанныхъ металлическихъ балокъ, поддерживаемыхъ металлическими-же колоннами.

Восточная стѣнка туннеля для второго пути сдѣлана изъ бетона, съ двойной вертикальной арматурой изъ скрученной стали квадратнаго сѣченія $\frac{7}{8}$ дюйма на разстояніяхъ 10", а покрытіе состоитъ изъ бетоннаго полуциркульнаго свода съ такой-же арматурой, на разстояніяхъ 20 дюймовъ центръ отъ центра.

Ширина платформы отъ 8 футъ до 26,5 футъ.

Въ *четвертой* части, вблизи Западной улицы, конструкція туннеля состоитъ изъ бетоннаго дна съ частичной арматурой изъ стержней квадратнаго желѣза $\frac{7}{8}$ ", на разстояніяхъ 4 дюйма, переходящихъ затѣмъ въ вертикальную арматуру стѣнокъ, въ которыхъ, кромѣ того, имѣется еще второй рядъ арматуры того-же состава, которая продолжается на нѣкоторое разстояніе отъ пяти въ сводчатомъ покрытіи (таблица 55).

Покрытіе туннеля представляетъ бетонный сводъ, укрѣпленный затяжками изъ круглаго желѣза діаметромъ 2 $\frac{1}{4}$ дюйма, на разстояніяхъ 2,5 фута для противодѣйствія горизонтальному распору въ сводѣ (табл. 55). Между *Temple Place* и *Winter Street* у западной стѣнки туннеля имѣется платформа, длиною около 350 футовъ и шириною отъ 16 до 17 футовъ, для южныхъ поѣздовъ.

Къ сѣверу отъ *Winter Street* имѣется точно такая-же платформа у восточной стѣнки туннеля для сѣверныхъ поѣздовъ (табл. 56).

Здѣсь покрытіе туннеля состоитъ изъ двутавровыхъ металлическихъ балокъ, на разстояніяхъ 5 футовъ другъ отъ друга, съ бетоннымъ заполненіемъ между ними.

Эти балки опираются на бетонныя стѣнки съ вертикальной арматурой изъ скрученной квадратной стали $\frac{7}{8}$ " на разстояніяхъ 4 дюйма, и на два ряда металлическихъ колоннъ.

Вслѣдствіе близости фундаментовъ зданій на всемъ протяженіи этой части туннеля пришлось вырубать часть фундаментовъ домовъ для подведенія стѣнокъ туннеля, что, конечно, не составило большихъ затрудненій.

Въ *пятой* части конструкція туннеля состояла изъ бетоннаго дна, безъ арматуры, боковыхъ стѣнокъ съ арматурой подобной предыдущей, и бетоннаго покрытія съ задѣланными въ немъ металлическими двутавровыми балками 20 и 24 дюйма выотою, на разстояніяхъ 5 футовъ.

Во всѣхъ частяхъ этого туннеля въ составъ его конструкціи входили разныя канализаціонныя трубы и вентиляціонные каналы.

Бетонныя стѣнки, дно и покрытіе туннеля съ наружной стороны покрыты слоемъ непроницаемаго для воды матеріала, сверхъ котораго сдѣлана цементная смазка толщиною отъ 2 до 3 дюймовъ. Поверхность-же платформъ покрыта пирогранитными плитками.

Внутри туннель окрашенъ въ бѣлый цвѣтъ и освѣщается электричествомъ.

Туннель подъ р. Detroit River на Центральной Мичиганской ж. д. — Въ 1906 году предполагалось начать постройку второго туннеля на желѣзной дорогѣ *Michigan Central Railway* черезъ рѣку *Detroit River*.

Въ 1890 году Канадская и Американская линіи желѣзной дороги *Grand Trunk Railway* были соединены между собою посредствомъ туннеля подъ этимъ важнымъ воднымъ путемъ.

До этого практиковалась переправа поѣздовъ съ одного берега на другой посредствомъ парома.

Подобная-же переправа существует до сих поръ на другой большой желѣзнодорожной линіи, именно *Michigan Central RR*, при чемъ ее предполагалось замѣнить мостомъ или туннелемъ. Выборъ остановился на туннелѣ, во избѣжаніе стѣсненій для судоходства.

Общество инженеровъ *Detroit River Tunnel Co* энергично принялось за изысканія и составленіе проекта этого туннеля, который 1 февраля 1906 года былъ представленъ уже въ окончательной формѣ. Ширина рѣки въ мѣстѣ, пересѣкаемомъ туннелемъ, составляетъ 2625 футовъ, т.-е. 375 сажень; полная-же длина туннеля со въѣздами 12800 футовъ (около 3,66 версты).

Туннель проектированъ для двухъ путей въ видѣ двухъ параллельныхъ и соединенныхъ между собою трубъ.

Продольный профиль туннеля представленъ на фиг. 1 таблицы 57. Туннель по всей его длинѣ проходитъ въ грунтѣ, представляющемъ смѣсь синей глины и песку. Развѣдка грунта была произведена посредствомъ буровыхъ скважинъ черезъ каждые 100 футовъ по длинѣ туннеля между въѣздами въ него и четырехъ открытыхъ колодцевъ, по два на каждомъ берегу рѣки.

Диаметръ буровыхъ скважинъ былъ $2\frac{1}{2}$ дюйма.

На фиг. 2 таблицы 57 показанъ поперечный разрѣзъ въѣзда въ туннель, который представляетъ открытую выемку, ограниченную подпорными стѣнками изъ бетона, основанную на деревянныхъ сваяхъ и ростверкѣ изъ старыхъ рельсовъ.

Части туннеля подъ землей на обѣихъ берегахъ рѣки, вполне одинаковой конструкціи, состоятъ изъ двухъ параллельныхъ трубъ, раздѣленныхъ среднею стѣнкой; поперечный разрѣзъ и планъ этой части туннеля представленъ на фиг. 3—4 таблицы 57.

Здѣсь можно обратить вниманіе на устройство особыхъ камеръ въ туннелѣ изъ желѣзобетона для помѣщенія кабелей и проводовъ всякаго рода. Остальные детали конструкціи достаточно ясно видны изъ чертежа.

Способъ постройки этого туннеля представляется выбору подрядчика, съ одобренія главнаго инженера.

Для облегченія постройки туннеля въ проектѣ предвидѣно устройство двухъ шахтныхъ колодцевъ на обѣихъ берегахъ рѣки; мѣста расположенія этихъ колодцевъ показаны на продольномъ профилѣ туннеля (фиг. 1 табл. 57).

Конструкція этихъ колодцевъ детально представлена на фиг. 1—3 таблицы 58.

Что касается туннеля подъ дномъ рѣки, то въ проектѣ было предложено два способа постройки: посредствомъ открытой траншеи по дну рѣки, и посредствомъ подкopa при помощи щита (*shield, bouclier*).

Послѣдній способъ подобенъ тому, который примѣнялся при постройкѣ стараго туннеля подъ Темзой въ Лондонѣ, а также метрополитена въ Парижѣ.

Въ этомъ вариантѣ туннель представляетъ изъ себя двѣ совершенно отдѣльныхъ и параллельныхъ другъ другу цилиндрическихъ трубы изъ металла, одѣтыхъ внутри бетономъ. Такъ какъ эта конструкція довольно далека отъ желѣзо-бетона въ тѣсномъ смыслѣ слова, то описывать ее здѣсь не будемъ ¹⁾.

Перейдемъ къ описанію перваго способа, имѣющаго также три варианта, отличающихся другъ отъ друга довольно значительными измѣненіями въ самомъ способѣ производства работъ, почему мы опишемъ ихъ здѣсь отдѣльно.

Первый вариантъ указанный на фиг. 4—5 таблицы 58 предложенъ инженеромъ Mr. W. I. Wilgus, который охарактеризовалъ его преимуществами слѣдующими словами: «уменьшеніе подъемовъ пути, сохраненіе времени постройки, наименьшій рискъ и широкое сбереженіе денегъ».

¹⁾ Для интересующихся можемъ указать источники: «Engineering News» 15 февр. 1906 г. № 7; а вообще о постройкѣ туннелей при помощи щита (горизонтальный пневматическій кессонъ) имѣется подробная статья «Examen critique de l'emploi du bouclier à la construction des tunnels» въ *Revue technique*. 1901 г. №№ 9, 10, 11 и 12 (туннель подъ Темзой, Парижскій метрополитенъ и др.).

Вкратцѣ, идея этого способа состоитъ въ замѣнѣ проницаемаго грунта ложа рѣки непроницаемымъ цементнымъ бетономъ, помѣщеннымъ подъ водою, въ которомъ, безъ всякаго пользованія щитами, можно провести туннель, какъ въ обыкновенномъ твердомъ и плотномъ грунтѣ, при полномъ отсутствіи воды и воздушнаго давленія. Этотъ методъ совершенно избавляетъ отъ употребленія кессоновъ.

Послѣдовательный ходъ работъ въ этомъ вариантѣ слѣдующій:

1) производство выемки поперекъ дна рѣки, согласно очертанія, показаннаго на фиг. 4 таблицы 58. Способъ производства выемки предоставляется выбору подрядчика.

2) засыпка слоемъ камня, толщиною 18", дна траншеи для полученія твердой постели между песчаноглинистымъ грунтомъ и бетономъ.

3) устройство временныхъ плотовъ съ установкой машинъ, бетоньерокъ и т. п., могущихъ перемѣщаться поперекъ рѣки, по мѣрѣ драгировки траншеи и другихъ работъ.

4) укладка бетона подъ водою посредствомъ трубъ или инымъ способомъ, съ одобренія инженера, слоями толщиною около двухъ футовъ.

5) устройство, на подмостяхъ или на плотяхъ, формъ въ видѣ трубъ, деревянныхъ или металлическихъ, по выбору подрядчика, частями удобной длины, отъ 50 до 500 футовъ и погруженіе ихъ въ назначенное мѣсто подъ водою, для образованія туннеля въ сплошной массѣ бетона.

6) Бетонированіе вокругъ формъ, съ погруженіемъ бетона въ воду посредствомъ мѣшковъ, бадей, трубъ, или инымъ способомъ, съ одобренія инженера во время работъ, смотря по производительности и доброкачественности работы, такимъ образомъ, чтобы получить сѣченіе бетона, показанное на фиг. 4 табл. 58.

7) по окончаніи бетонирования вода можетъ быть выкачана изъ туннеля, и, если получится просачиваніе воды сквозь бетонъ, то удалить его посредствомъ сжатого воздуха, при достаточномъ давленіи, можно одѣть стѣнки туннеля водонепроницаемымъ покрытіемъ, а затѣмъ уже безъ всякихъ затрудненій устраивать внутреннія трубы туннеля.

8) если-бы подрядчикъ предпочелъ формы изъ котельнаго желѣза, то онѣ должны быть устроены съ непроницаемыми стыками, чтобы могли служить, какъ водонепроницаемое покрытие для внутреннихъ трубъ туннеля.

Если-бы, наоборотъ, подрядчикъ предпочелъ деревянные формы, то водонепроницаемый слой можетъ быть помѣщенъ снаружи формъ, до установки ихъ на мѣсто, такъ что, по удаленіи формъ, непроницаемый слой долженъ остаться на мѣстѣ.

Этотъ способъ требуетъ употребленія сжатого воздуха для устраненія просачиванія воды сквозь поврежденные мѣста непроницаемаго покрытія.

9) послѣ принятія всѣхъ мѣръ съ цѣлью полученія полной непроницаемости для воды данной части туннеля, приступаютъ къ устройству внутреннихъ трубъ туннеля изъ желѣзобетона съ двойной арматурой, согласно фиг. 4 таблицы 58.

По *второму варианту* внутреннія трубы туннеля должны быть устроены сначала частями на плотяхъ или на берегу, а затѣмъ подведены на плаву къ мѣсту работъ и погружены на мѣсто, на бетонный слой основанія, устроенный подобно предыдущему.

Соединеніе трубъ между собою должно быть сдѣлано такъ, чтобы обезпечить непрерывность и непроницаемость конструкціи.

Этотъ вариантъ былъ предложенъ Керзономъ (Mr. H. A. Carson) инженеромъ «Advisory Board of Engineers».

Ходъ работъ, при этомъ способѣ, слѣдующій:

1) земляныя работы по устройству выемки въ днѣ рѣки, засыпка слоемъ камня дна траншеи, бетонированіе на требуемую глубину, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

2) трубы изъ желѣзобетона, послѣ приведенія ихъ на плаву, погружаются на мѣсто, и стыки, какъ уже было сказано, устраиваются такимъ образомъ, чтобы получить непроницаемость и прочность ихъ такую-же, какъ въ цѣлой трубѣ, такъ, чтобы стыкъ не представлялъ слабаго элемента въ конструкціи трубы.

3) вокруг и между положенных на место частей труб производится бетонирование, которое доводится лишь до уровня немногим выше линии горизонтальных диаметров труб.

4) по окончании бетонирования остальная часть траншеи засыпается каким-либо подходящим материалом, одобренным инженером.

5) поверх засыпки помещается слой булыжного камня.

Что касается *третьего варианта*, то он в сущности ничем не отличается от первого, за исключением некоторых деталей арматуры внутренних труб туннеля, и поэтому описывать его здесь не будем.

ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ.

Таблица 59.

Угольная станция для паровозов в South Easton на железной дороге Lehigh Valley Railroad. (С. Америка).—Между различными новейшими применениями железобетона на Lehigh Valley Railroad заслуживает внимания угольная станция для паровозов в South Easton, совершенно особой конструкции (табл. 59).

Станция эта назначена для снабжения углем маневровых паровозов и паровозов, выходящих из депо. В день набирают уголь около 100 паровозов.

Станция South Easton представляет наиболее крупный пункт, по густоте графика поездов, на всей линии Lehigh Valley Railroad и безусловно ни одна из существующих там станций не может сравниться с South Easton по своему местоположению.

С северной стороны вдоль большей части путей находится очень ценный канал, а с южной стороны вблизи самых путей имеется высокая отвесная скала, в которой и было решено сделать выемку для устройства рассматриваемой конструкции.

Easton—конечный пункт для некоторых родов грузов и все проходящие поезда принимают там паровозы.

Проходящие паровозы вообще жгут антрацит в кусках, в то время как местные паровозы употребляют смесь антрацитной мелочи и курного угля.

Этот вопрос о перебивании более чем половины ежедневного расхода угля, составляющего 500—600 тонн, заставил принять тип угольной платформы, расположенной выше той плоскости, в которой происходит нагрузка угля в тендер из угольных ящиков. По этой площадке могут передвигаться однетонные ручные повозки, посредством которых в паровозные тендера загружается поочередно антрацит и курной уголь. В конце угольных ящиков расположен песочный закром, снабженный сушильным аппаратом и способный вместить около 850 тонн сырого песка.

На поперечном разрезе угольных ящиков показан способ устройства люков для загрузки угля, которых имеется в каждом ящике по два. Каждый люк имеет два ручных рычага для открывания, с обеих сторон, при помощи которых люк поднимается вверх и уголь загружается в повозку, поставленную под люком.

Для устройства угольных ящиков пошло около 7000 пог. футов скрученного железа Рансома $\frac{5}{8} \times \frac{5}{8}$ дюйма.

Верхний, разгрузочный путь для угля находится на 40—41 фут выше угольного пути для паровозов и имеет уклон в 0.004.

В дополнение к стоимости земляных работ пришлось сделать около 2000 куб. ярдов подпорных стенок из сухой кладки, высотой от 4 до 22 футов.

Большая затруднения представляла выемка и удаление скалы известковой породы. Как было уже сказано, движение в этом месте очень густое и не прерывалось во время работы. Эта работа производилась в пределах города и нужно было соблюдать большую предосторожность при взрывных работах.

Пользовались двумя маленькими сверлильными машинками Ingersoll's, просверливающими скважины от 3 до 9 фута глубины. Давление сжатого воздуха в машинах поддерживалось

отъ 80 до 120 фунтовъ, посредствомъ трехъ $9\frac{1}{2}$ дюймовыхъ воздушныхъ насосовъ Вестингауза отъ старыхъ паровозовъ.

Въ среднемъ ежедневно высверливалось въ скалѣ 31 пог. фут. скважинъ, но доходили до 54 пог. футовъ.

Проектъ этого сооруженія былъ составленъ инженеромъ W. E. Phelps, подъ руководствомъ инженера R. G. Kenly.

Ш П А Л Ы.

Таблица 64.

Общая замѣчанія.—Вслѣдствіе быстрой порчи деревянныхъ шпалъ на желѣзныхъ дорогахъ и дороговизны ремонта пути, вызываемаго этимъ обстоятельствомъ, было предложено много способовъ для пропитки деревянныхъ шпалъ разными антисептическими средствами въ цѣляхъ предохраненія шпалъ отъ гніенія.

Но всѣ эти способы пропитки шпалъ требуютъ устройства цѣлыхъ заводовъ и вызываютъ большіе расходы, а иногда оказываются прямо вредными, напр. сулема и мѣдный купоросъ, вызывающіе сильную ржавчину на рельсахъ, костыляхъ и шурупахъ, или креозотъ, благодаря вредному для здоровья испаренію и легкой воспламеняемости пропитанныхъ ими шпалъ.

Въ среднемъ, сосновые шпалы хорошаго качества служатъ около 5—6 лѣтъ, а дубовыя отъ 10 до 12 лѣтъ, при благоприятныхъ условіяхъ полотна и хорошемъ климатѣ.

Поэтому въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, гдѣ вслѣдствіе дороговизны дерева и неблагоприятнаго климата, употребленіе деревянныхъ шпалъ оказалось невыгоднымъ, постепенно стали переходить къ желѣзнымъ шпаламъ самыхъ разнообразныхъ профилей.

Стоимость такой желѣзной шпалы, однако, очень высока: во Франціи, примѣръ, около 10,5 франковъ т.-е. ровно 4 рубля серебромъ. Но все-таки и желѣзные шпалы оказались непрактичными: отверстія для болтовъ сильно изнашиваются отъ толчковъ и ударовъ подвижного состава, а самыя шпалы быстро ржавеютъ.

Поэтому срокъ службы желѣзныхъ шпалъ оказался не болѣе, чѣмъ деревянныхъ.

Кромѣ того, обыкновенно, при тѣспереніемъ стремленія увеличивать вѣсъ поѣздовъ и проектированіи новыхъ тяжелыхъ паровозовъ, а также вслѣдствіе износа рельсъ въ пути, послѣдніе на многихъ дорогахъ постепенно замѣняются болѣе тяжелымъ типомъ, съ подошвой, уширенной противъ прежняго, что вызываетъ сверленіе новыхъ дыръ въ шпалахъ для шуруповъ, прикрѣпляющихъ рельсъ къ шпалѣ. Такъ какъ такая сплошная смѣна рельсъ происходитъ, въ среднемъ, каждые 15—20 лѣтъ, то послѣдняя цифра и служитъ предѣльнымъ срокомъ службы желѣзной шпалы, при прочихъ благоприятныхъ условіяхъ.

При этомъ, одновременно со сплошной смѣной рельсъ въ пути, придется также одно временно производить сплошную смѣну желѣзныхъ шпалъ, что весьма затруднительно и вызываетъ громадныя расходы.

Были попытки дѣлать шпалы изъ разнаго дешеваго матеріала: напр., стеклянные, но эти попытки не имѣли успѣха.

Въ послѣднее время, съ развитіемъ желѣзо-бетона, стали дѣлать попытки примѣненія его къ подѣлкѣ шпалъ.

Результаты первыхъ опытовъ, въ большинствѣ случаевъ, оказались удовлетворительными, что представляетъ заманчивую перспективу примѣненія ихъ въ широкихъ размѣрахъ, при наличіи дешевизны ихъ изготовленія.

Шпалы эти довольно тяжелы: 8—9 пудовъ, но такой большой вѣсъ имѣетъ даже нѣкоторое преимущество въ смыслѣ большей устойчивости пути.

Впервые желѣзо-бетонныя шпалы появились въ Америкѣ и оттуда уже перешли въ Европу.

Въ Нью-Йоркскомъ журналѣ «The Cement» (1903, сентябрь) приведенъ отчетъ о цѣломъ рядѣ опытовъ, произведенныхъ инженеромъ Bühner'омъ на желѣзнодорожной линіи Lake Shore and Michigan Southern Railway.

Сперва Bühner, вмѣсто арматуры, заделывалъ въ бетонную призму куски старыхъ желѣзныхъ рельсъ, обращенныхъ подошвой къ верхней поверхности шпалы. Поперечное сѣченіе послѣдней представляло трапецію высотой 140 мм., а шириною 200 мм. по низу и 115 мм. по верху.

Для прикрѣпленія путевыхъ рельсъ были устроены особыя гнѣзда подъ подошвой рельса, заделаннаго въ бетонъ, куда закладывались фасонныя головки болтовъ.

Такія шпалы, уложенныя на ст. Allis въ 1902 году, были демонстрированы черезъ годъ передъ членами желѣзнодорожнаго конгресса и оказались вполне удовлетворительными.

Ободренныи этимъ успѣхомъ Bühner предпринялъ новые опыты въ гораздо большемъ масштабѣ на разныхъ участкахъ пути.

Между прочимъ, такія шпалы были уложены на одной вѣткѣ по всей кривой, гдѣ деревянные шпалы держались особенно плохо; затѣмъ на прямой по длинѣ 360 метровъ, при среднемъ разстояніи между осями шпалъ въ 0,53 метра.

На станціи Чикаго желѣзо-бетонныя шпалы были уложены на длинѣ пути 2000 метровъ. Поперечное сѣченіе этихъ шпалъ было нѣсколько измѣнено: высота равнялась 115 мм., а ширина по низу 230 мм.; на одной трети высоты боковыя грани шпалы немного скашивались по направленію къ верху.

Старые рельсы были замѣнены фасоннымъ желѣзомъ двутавроваго и коробчатого сѣченія. Эти шпалы вѣсили около 200 килограммовъ (12 пудовъ) и при укладкѣ переносились особыми щипцами, которые подхватывали шпалу снизу.

Въ путь шпалы укладывались черезъ 30 дней по изготовленіи, и къ этому времени пріобрѣтали такую крѣпость, что безъ вреда могли подвергаться случайнымъ ударамъ кирки при набивкѣ балласта.

Въ Испаніи, въ виду климатическихъ условій, сильно сокращающихъ срокъ службы деревянныхъ шпалъ, желѣзнодорожныя общества весьма заинтересованы вопросомъ о замѣнѣ дерева какимъ-либо другимъ, болѣе долговѣчнымъ матеріаломъ. Въ послѣдніе годы въ Испаніи общество Сѣверныхъ желѣзныхъ дорогъ занялось испытаніемъ желѣзо-бетонныхъ шпалъ системы инженера Unciti, уложенныхъ на станціи Барселона.

Арматура этихъ шпалъ состоитъ изъ четырехъ продольныхъ прутьевъ, по два сверху и снизу, заделанныхъ въ призматическій бетонный брусъ и соединенныхъ поперечными хомутами въ формѣ треугольниковъ.

Рельсъ прикрѣпляется къ шпалѣ посредствомъ шуруповъ, завинчиваемыхъ въ куски дерева, предварительно заделанные въ бетонъ.

Средняя цѣна шпалы для нормальной колеи въ 1,50 метра равна 8,50 фр. (около 3 р. 20 к.), что значительно дешевле желѣзной шпалы.

Опыты пока дали удовлетворительные результаты, но окончательную оцѣнку пригодности и выгоды этихъ шпалъ придется отложить до полученія данныхъ относительно ихъ работы за нѣсколько лѣтъ.

Далѣе приведемъ примѣры различныхъ конструкцій желѣзо-бетонныхъ шпалъ.

Система ж.-дор. линіи «Rete Adriatica» (Италія).—Общій видъ шпалы и сѣченіе ея показаны на фиг. 1—3 табл. 60.

Полная длина этой шпалы 2,60 метра для нормальной колеи 1,50 метр.; ширина шпалы по низу 0,20 метр. и толщина 0,13 метр. Поперечное сѣченіе ея представляетъ треугольникъ со срѣзанными вершинами.

Арматура шпалы состоитъ изъ 29 прутьевъ круглаго желѣза діам. 10 мм., расположенныхъ такъ, что сверху приходится одинъ рядъ изъ 5 проволокъ, а внизу два ряда изъ 15 проволокъ; между этими рядами помѣщено въ вертикальномъ направленіи 9 проволокъ въ трехъ рядахъ.

Для прикрѣпленія рельсъ къ шпалѣ устроены особыя отверстія съ металлическими втулками, куда проускаются болты. Въ этихъ мѣстахъ прутья арматуры немного сдвигаются въ сторону.

Содержаніе желѣза въ этой шпалѣ по отношенію къ бетону очень велико и равняется почти 10%, тогда какъ обыкновенно въ желѣзо бетонныхъ конструкціяхъ оно не превышаетъ 5%, а чаще равняется всего 1%—2%.

Вѣсъ такой шпалы 190 килогр.

Такія шпалы уложены лѣтомъ 1900 года вблизи станціи Анконы и до сихъ поръ (1906 годъ) держатся хорошо.

Стоимость такой шпалы опредѣлялась въ 11—12 франковъ, что оказалось выгоднымъ съ экономической точки зрѣнія, такъ какъ деревянные шпалы на той-же италіанской линіи стоятъ до 5 франковъ за штуку.

При болѣе-же рациональномъ распредѣленіи арматуры въ бетонѣ и уменьшеніи вѣса желѣза можно значительно понизить стоимость такой шпалы.

Система Sarda. — Шпалы системы Sarda испытывались во Франціи на разныхъ казенныхъ желѣзныхъ дорогахъ и на парижемскомъ метрополитенѣ, а также и въ Испаніи на линіи желѣзной дороги Мадридъ—Сарагосса.

Общій видъ шпалъ показанъ на фиг. 4 и 5 таблицы 60.

Длина шпалы, для нормальной колеи 1,50 метра, равняется 2,45 метра, ширина ея по верху 0,22 метра и по низу 0,24 метра, толщина ея равна 0,10 метра въ средней части и по концамъ, и 0,15 метра въ мѣстахъ прикрѣпленія рельса.

Способъ прикрѣпленія рельса къ этимъ шпаламъ указанъ на фиг. 4, 6 и 7.

Болты, діаметромъ 20 мм., вставляются сверху въ желѣзные втулки, задѣланные въ бетонной массѣ; на болты эти надѣваются фасонныя шайбы, прижимающія подошву рельса къ шпалѣ при завинчиваніи гайки.

Чтобы болты оставались неподвижными во время завинчиванія гайекъ, во втулкахъ сдѣлано приспособленіе, понятное изъ фиг. 7.

Между шпалою и подошвою рельса укладываются прокладки изъ прессованнаго войлока 6 мм. толщины для смягченія ударовъ отъ колесъ подвижного состава.

Арматура шпалы состоитъ изъ четырехъ полосъ цѣльно-рѣшетчатого металла, поставленныхъ на ребро и связанныхъ между собою проволочными хомутами.

Вмѣсто рѣшетчатого металла можно устраивать арматуру и изъ прутьевъ круглаго сѣченія.

Вѣсъ шпалы 140 килогр., при чемъ вѣсъ металла составляетъ 6,5 килогр. Цѣна шпалы отъ 10,5 до 11 франковъ за штуку со всеми приспособленіями.

По мнѣнію изобрѣтателя такая шпала должна служить въ среднемъ до 40 лѣтъ.

Эта система по испытаніи на казенныхъ желѣзныхъ дорогахъ дала удовлетворительные результаты.

Первая серія этихъ шпалъ была уложена осенью 1900 года на станціи Бордо. Послѣ годового испытанія рѣшено было продолжать опыты и вторая серія шпалъ была уложена весною 1903 года на сосѣднихъ участкахъ.

Шпалы той-же системы испытывались въ Испаніи на станціи Барселона.

Между прочимъ 1000 штукъ такихъ шпалъ было уложено на берегу Ivoire (Африка), гдѣ климатъ почти не допускаетъ употребленія деревянныхъ шпалъ.

Система Жильбо (Gilbaud). — Кромѣ шпалъ системы Sarda, во Франціи испытывалась еще одна система для узкоколейной ж. дороги, шириною 1 метръ отъ Voiron до Saint Bérone, предложенная помощникомъ директора этой дороги Gilbaud.

Длина этой шпалы 1,80 метр., ширина 0,18 м. и толщина 0,14 метр.; вѣсъ ея 105 килогр.

Общій видъ этой шпалы показанъ на фиг. 8 и 9 таблицы 60.

Арматура шпалы, изъ мягкой стали, состоитъ изъ трехъ небольшихъ формъ, связанныхъ горизонтальными хомутами вблизи мѣста прикрѣпленія рельса.

Каждая ферма состоитъ изъ верхняго и нижняго прута и одного изогнутаго зигзагообразно (фиг. 10); верхніе и нижніе прутья связаны вертикальными хомутами изъ проволоки 2 мм.

Арматура находится на разстояніи 15 мм. отъ наружной поверхности бетона.

Способъ прикрѣпленія рельсъ къ шпалѣ показанъ на фиг. 10 и 11; шурупы заворачиваются въ деревянные нагеля, забитые въ прямоугольныя отверстія, сдѣланныя въ шпалѣ, размѣромъ 42×34 мм.

Верхняя часть отверстія укрѣплена желѣзнымъ кольцомъ діам. 34 мм. съ реборами, заделанными въ массу бетона во время отливки шпалы.

Чтобы при забивкѣ нагеля въ отверстіе, шпала не дала трещины, вокругъ стѣнокъ отверстія сдѣлана специальная арматура въ видѣ спирали по всей высотѣ отверстія.

Подъ подошву рельса укладывается подкладка изъ пресованнаго войлока.

Опытъ показалъ, что такая шпала, подпертая только посрединѣ, выдержала нагрузку отъ оси въ 5,8 тоннъ до появленія первой трещины.

Стоимость заготовленія такой шпалы равна 4,5 франка.

Управленіе ж. д. Voiron-Saint-Béron уложило подрядъ 60 такихъ шпалъ на ст. Révol и затѣмъ столько-же шпалъ въ прямомъ участкѣ пути, попеременно съ деревянными шпалами, еще весною 1903 года.

Въ 1905 году то-же общество уложило еще 250 штукъ шпалъ этого образца.

Система Кемпбелла (Campbell).—Кемпбеллъ, главный директоръ линіи «Elgin, Joliet and Eastern Railway» предложилъ новую систему желѣзо-бетонной шпалы, которая была испытана на упомянутой линіи.

Поперечное сѣченіе этой шпалы имѣетъ форму прямоугольника шириною 7 дюймовъ (178 мм.) и высотой 6 дюймовъ (152 мм.) съ фасками на всѣхъ четырехъ углахъ.

Въ мѣстахъ прикрѣпленія рельсъ, на нѣкоторую длину, ширина шпалы увеличивается до 10 дюймовъ (254 мм.), какъ видно на фиг. 12—13 таблицы 60. Полная длина шпалы $8\frac{1}{2}$ футовъ (2,59 метра). Арматура шпалы состоитъ изъ двухъ дымогарныхъ паровозныхъ трубъ, наружнаго діаметра $2\frac{1}{4}$ дюйма (57 мм.) и длиною 7 футовъ (2,13 метр.), помѣщенныхъ рядомъ въ одной горизонтальной плоскости, такъ что конецъ одной трубы заходитъ за другой на $7\frac{1}{2}$ дюймовъ (190 мм.).

Трубы эти окружены мелкой проволоочной сѣткой; кромѣ того, въ мѣстахъ расположенія рельсъ помѣщенъ листъ желѣза размѣромъ 6×8 дюймовъ (152×203 мм.), пропущенный сквозъ щели, продѣланныя въ дымогарныхъ трубахъ, какъ видно на фиг. 13 табл. 60.

Рельсы уложены на костыльных подкладкахъ стараго типа и прикрѣпляются къ шпаламъ посредствомъ болтовъ, изогнутыхъ въ видѣ буквы U съ двумя нарезанными концами, на которые наворачиваются гайки, прижимающія подошву рельса при помощи особыхъ прокладокъ (фиг. 12—13 табл. 60).

Стоимость этихъ шпалъ отъ 1,50 до 1,75 долларовъ (2 р. 85 к.—3 р. 30 к.), въ зависимости отъ размѣровъ шпалы.

7-го сентября 1904 года такія шпалы, въ количествѣ 65 штукъ, были уложены въ главный путь на перегонѣ съ наиболѣе густымъ движеніемъ и служили вполне исправно.

Шесть штукъ изъ этихъ шпалъ были испытаны на изгибъ. Двѣ первыхъ испытывались въ обратномъ направленіи, то-есть клались на опоры мѣстами прикрѣпленія рельсъ и подвергались нагрузкѣ посрединѣ.

Начальная нагрузка 450 килогр. увеличивалась каждыи разъ на ту-же величину до 1800 килогр., а затѣмъ по 90 килогр. до разрушенія шпалы. Наибольшій разрушающій грузъ получился равнымъ 4450 килограммовъ, при стрѣлѣ прогиба шпалы 10,54 мм.

Въ трехъ шпалахъ, также положенныхъ на опоры точками прикрѣпленія рельсъ, но съ нагрузкой, приложенной на разстояніяхъ 23 сантиметра отъ каждаго конца шпалы, разрушеніе наступило при нагрузкахъ 6400, 5900 и 5170 килограммовъ, при соответствующихъ стрѣлахъ прогиба 14,53, 12,64 и 11,81 миллиметра.

Наконецъ, шестая шпала подверглась раздробленію въ одной изъ точекъ прикрѣпленія рельсъ. При давленіи 36290 килограммовъ на боковой сторонѣ шпалы получилась трещина по всей высотѣ шпалы. Полное раздробленіе наступило при нагрузкѣ 45360 килограммовъ, т.-е. при давленіи 95 килограммовъ на кв. сантиметръ.

Въ Россіи также въ послѣдніе годы дѣлались опыты съ желѣзо-бетонными шпалами; между прочимъ такіе шпалы уложены близъ Выборга въ Финляндіи.

Опыты эти въ Россіи, впрочемъ, были очень малочисленны и не всегда правильно поставлены; такъ, напримѣръ, шпалы не укладывались въ путь, а подвергались лишь механическому испытанію на изгибъ и раздробленіе, что представляетъ чисто научный интересъ и не имѣетъ большого практическаго значенія.

Къ такимъ опытамъ слѣдуетъ отнести испытаніе пустотѣлыхъ желѣзо-бетонныхъ шпалъ системы инженера Ольденборгера въ Механической Лабораторіи Института инженеровъ Путей Сообщенія.

Система Ольденборгера.—Поперечное сѣченіе шпалы представлено на рис. 97.

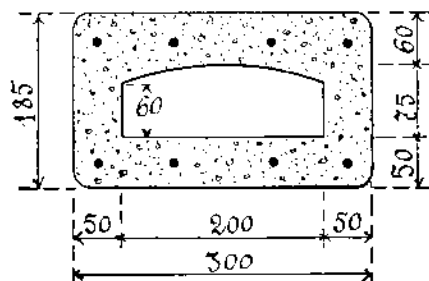


Рис. 97.—Шпала системы Ольденборгера.

Шпалы эти пустотѣлыя, для облегченія ихъ вѣса.

Продольная арматура состоитъ изъ 8 проволокъ діам. 10 миллиметровъ; въ мѣстахъ прикрѣпленія рельсовъ имѣется еще поперечная арматура изъ трехъ спиральныхъ оборотовъ вокругъ продольныхъ стержней.

Шпалы испытывались на пореломъ на прессѣ Амслера и на машинѣ Вердера. Разстояніе между опорами было принято 1524 мм., равное нормальной ширинѣ колесъ.

Разрушеніе шпалъ наступало въ среднемъ при грузѣ въ 4 тонны.

Кромѣ того, шпалы были испытаны на раздробленіе въ мѣстахъ прикрѣпленія рельсовъ слѣдующимъ образомъ: на шпалу въ соответствующемъ мѣстѣ ставился кусокъ рельса, длиною 30 сант.; между подошвой рельса и шпалой для равномерности передачи давленія клали резиновую прокладку и съ помощью прессы Амслера производили давленіе на рельсъ. Опыты показали, что трещины въ бетонѣ шпалы начинали появляться, въ среднемъ, при нагрузкѣ 14 тоннъ.

Заключеніе.—Несомнѣнно, что при возрастающей дороговизнѣ дерева, вслѣдствіе истребленія лѣсовъ и большихъ расходовъ на ремонтъ пути по смѣнѣ шпалъ, желѣзные дороги по необходимости вынуждены будутъ замѣнить дерево для шпалъ другимъ какимъ-либо матеріаломъ.

Наиболѣе подходящимъ въ этомъ случаѣ матеріаломъ является желѣзо-бетонъ, благодаря своей прочности и долговѣчности.

Однако, возлагать слишкомъ большія надежды на долговѣчность желѣзо-бетонныхъ шпалъ—напримѣръ, какъ полагаетъ изобрѣтатель Sarda и другіе, срокъ службы такой шпалы до 40 лѣтъ,—не слѣдуетъ, по причинамъ, которыя мы сейчасъ укажемъ.

Во-первыхъ опыты надъ службой желѣзо-бетонныхъ шпалъ вообще еще непродолжительны: не болѣе 5 лѣтъ, а въ среднемъ всего 2—3 года. Можно бояться истиранія и выкрашиванія нижнихъ реберъ и подошвы шпалъ при періодической подбивкѣ, подъемкѣ, исправленіи толчковъ и т. п., тамъ, гдѣ употребляется нижній балластъ изъ твердаго гравія и хряща, что имѣетъ мѣсто и на нѣкоторыхъ русскихъ желѣзныхъ дорогахъ. При малой толщинѣ бетоннаго слоя, отдѣляющаго арматуру отъ нижней поверхности шпалы (около 1,5—2 сант.), металлъ можетъ обнажиться и затѣмъ подвергаться ржавчинѣ.

Во-вторыхъ, какъ уже было сказано выше, по техническимъ соображеніямъ, въ среднемъ, каждыя 20 лѣтъ происходитъ замѣна старыхъ рельсовъ новыми, болѣе тяжелаго типа

и съ болѣ широкой подошвой, что вызываетъ измѣненіе въ расположеніи отверстій для шуруповъ въ шпалѣ. Въ большинствѣ предположенныхъ до сего времени типовъ желѣзо-бетонныхъ шпалъ измѣнить положеніе этихъ отверстій невозможно, и, слѣдовательно, шпалы придется замѣнять другими черезъ 20 лѣтъ.

Срокъ службы шпалы въ 40 лѣтъ невозможенъ еще и потому, что при дальнѣйшемъ развитіи техники трудно ожидать, чтобы современное устройство верхняго строенія пути черезъ 40 лѣтъ осталось въ томъ-же видѣ, какъ и теперь, безъ всякихъ измѣненій; и желѣзо-бетонныя шпалы, уложенныя теперь, рискуютъ не долежать полного срока своей службы въ 40 лѣтъ, такъ сказать, по независящимъ отъ нихъ причинамъ.

Итакъ, слѣдуетъ принимать за норму средній срокъ службы желѣзо-бетонныхъ шпалъ въ 20 лѣтъ.

Опредѣлимъ, какая должна быть стоимость желѣзо-бетонной шпалы для того, чтобы она могла конкурировать съ деревянной при настоящихъ цѣнахъ на русскихъ желѣзныхъ дорогахъ.*

Считая срокъ службы дубовой шпалы 10 лѣтъ, принимаемъ, что желѣзо-бетонная шпала будетъ лежать въ пути вдвое больше деревянной. Стоимость дубовой шпалы, уложенной въ путь, опредѣлится по слѣдующему подсчету:

цѣна дубовой шпалы ¹⁾	1 р. 30 к.
перевозка и выгрузка на пути.	0 р. 03½ к.
зарубка, сверленіе дыръ и клейменіе	0 р. 06 к.
укладка въ путь	0 р. 10½ к.
итого	1 р. 50 к.
а для двухъ шпалъ	3 р. 00 к.

Для желѣзо-бетонной шпалы стоимость перевозки и выгрузки, а также укладки въ путь, должна быть увеличена на 50% вследствие значительно большаго вѣса самой шпалы, что даетъ:

перевозка и выгрузка.	0 р. 05 к.
укладка въ путь	0 р. 16 к.
итого	0 р. 21 к.

Слѣдовательно, стоимость заготовленія одной желѣзо-бетонной шпалы должна быть равна 3 р. 00 к.—0 р. 21 к.—2 р. 79 к. для того, чтобы такая шпала могла конкурировать съ деревянной въ настоящее время.

Въ дѣйствительности-же мы видимъ, что стоимость желѣзо-бетонной шпалы въ среднемъ доходитъ до 4 рублей.

Весьма возможно, что при массовомъ заготовленіи цѣна эта нѣсколько понизится; принимая-же во вниманіе еще и сбереженія въ издержкахъ на текущій ремонтъ пути: исправленіе толчковъ, рехтовку и перешивку пути при желѣзо-бетонныхъ шпалахъ, послѣднія все-таки могутъ имѣть преимущество, хотя и спорное, передъ деревянными, даже при существующихъ цѣнахъ на дерево.

ЗАБОРЫ.

Таблица 61.

Въ примѣненіи къ устройству заборовъ для огражденія дворовъ, усадебныхъ мѣстъ, разныхъ площадей и т. п., желѣзо-бетонъ незамѣнимъ: ни дерево, ни кирпичъ не могутъ конкурировать съ нимъ въ этомъ отношеніи, по его экономичности и рациональности примѣненія въ данномъ случаѣ, и надо только удивляться малому распространенію желѣзо-бетона въ этой отрасли.

* Цѣны приняты существующія на Владикавказской ж. д.

Дѣйствительно, сплошной деревянный заборъ не представляетъ никакой гарантіи ни въ случаѣ покушеній со стороны любителей чужой собственности, которые часто въ захламленныхъ воруютъ даже самыя доски, отрывая ихъ отъ забора, ни въ пожарномъ отношеніи.

Кромѣ того, стоимость ремонта деревяннаго забора очень высока, благодаря тому, что деревянные столбы забора очень быстро подгниваютъ на уровнѣ земли.

Заборъ изъ кирпичной стѣнки не требуетъ такого ремонта, и безопасенъ въ пожарномъ отношеніи, но стоимость его еще выше деревяннаго, и, сверхъ того, онъ точно также не представляетъ гарантіи отъ воровъ, которые весьма легко разбираютъ по кирпичу тонкую кладку (толщиною отъ $\frac{1}{2}$ до 1 кирпича), сложенную на извести.

Желѣзо-бетонный заборъ не имѣетъ этихъ недостатковъ и совершенно не требуетъ никакого ремонта. Кромѣ того, благодаря малой толщинѣ стѣнокъ, желѣзо-бетонный заборъ занимаетъ въ планѣ не болѣе мѣста, чѣмъ деревянный.

Экономичность-же такого забора выяснится изъ примѣрнаго подсчета, который мы приведемъ далѣе.

До сего времени намъ извѣстенъ только одинъ типъ желѣзо-бетоннаго забора, применявшійся на Владикавказской желѣзной дорогѣ, гдѣ за послѣдніе годы было устроено нѣсколько тысячъ погонныхъ сажень такихъ заборовъ на разныхъ станціяхъ.

Типъ бетоннаго забора на Владикавказской ж. д.—Конструкція этого забора показана на фиг. 1—3 таблицы 61.

Стѣпка забора, толщиною 0,04 сажени, и высотой 1,00 саж., имѣетъ арматуру изъ двухъ сѣтей Монье, вблизи обѣихъ наружныхъ поверхностей стѣнки, изъ проволоки, толщиной 5 мм. въ горизонтальномъ направленіи и 3 мм. въ вертикальномъ, съ кѣтками размеромъ $0,14 \times 0,14$ саж., при чемъ проволоки двухъ сѣтей расположены въ шахматномъ порядкѣ, почему на вертикальной проекціи (фиг. 2) размеры кѣтокъ представляются въ видѣ $0,07 \times 0,07$ саж.

Стѣнка поддерживается бетонными контрфорсами, на разстояніяхъ 1,50 саж. ось отъ оси, и толщиною 0,20 саж.

Арматура каждаго контрфорса состоитъ изъ трехъ старыхъ дымогарныхъ трубъ, задѣланныхъ въ одинъ рядъ нижними концами въ бетонный фундаментъ размеромъ $0,30 \times 0,25 \times 0,50$ саж.; верхніе концы трубъ соединены вмѣстѣ и связаны проволокой, такъ что средняя изъ трехъ трубъ остается въ вертикальномъ положеніи (къ ней прикрѣпляются горизонтальныя проволоки арматуры стѣнки), а двѣ крайнія трубы получаютъ наклонное положеніе, соотвѣтственно наклоннымъ гранямъ самаго бетоннаго контрфорса (фиг. 1 табл. 61).

Подъ желѣзо-бетонной стѣнкой также имѣется бетонный фундаментъ, глубиною 0,10 саж.

Верхъ стѣнки утѣнчивается общимъ карнизомъ шириною 0,12 саж. и высотой 0,07 саж., такъ что полная высота стѣнки отъ земли равняется ровно одной сажени.

Самый ходъ работы по устройству такого забора крайне простъ: именно, черезъ каждыя 1,50 саж. выкапываются въ землѣ котлованы подъ фундаменты контрфорсовъ и забиваются бетономъ, въ который задѣлываются дымогарныя трубы, какъ было указано выше.

Одновременно дѣлается также изъ толстаго бетона фундаментъ подъ продольныя стѣнки между контрфорсами.

Слѣдомъ за этой работой натягивается одна сѣтка на всю высоту, а другая вяжется впослѣдствіи для удобства бетонирования.

Затѣмъ устанавливаются формы для контрфорсовъ, и соотвѣтственнымъ образомъ укрѣпляются неподвижно. Боковыя наклонныя грани этихъ формъ остаются открытыми и забиваются небольшими поперечными дощечками по мѣрѣ бетонирования.

Для стѣнки съ задней стороны ставится форма сразу на всю высоту, а спереди постепенно закладываются отдѣльныя доски формы по мѣрѣ трамбованія бетона. Одновременно съ этимъ вяжется вторая сѣтка Монье.

Такимъ образомъ работы могутъ идти постепенно, и во время твердѣнія бетона въ формахъ рабочіе продолжаютъ работу по устройству фундаментовъ и арматуры.

Формы обыкновенно снимаются через 2 суток.

Составъ бетона: 1 ч. цемента, 3 части песку и 6 частей грохоченаго гравія средней крупности.

Послѣ снятія формъ поверхность стѣнки затирается цементнымъ растворомъ въ составѣ 1 ч. цемента и 2 ч. мелкаго песку.

Для устройства такого забора Управленіе желѣзной дороги разрѣшало кредитъ въ 10 рублей на 1 пог. сажень, но эта цѣна оказалась низкою и въ дѣйствительности стоимость забора доходила до 11—12 рублей за 1 пог. сажень, считая весь матеріалъ и формы.

Приведемъ для сравненія стоимость самаго простого деревяннаго забора, той-же высоты, т.-е. 1,00 саж.:

На 1 пог. саж. забора.

Матеріалъ:

столбовъ изъ 4 вер. лѣса пог. саж.	$1,50 \times 1,20 = 1$ р. 80 к.
досокъ 1 вер. сосновыхъ 13 ар. шт.	$2,5 \times 1,65 = 4$ » 13 »
гвоздей 5" пуд.	$0,10 \times 3,50 = 0$ » 35 »

Работа:

установка столбовъ съ выкопкой ямъ и обрат- ной засыпкой и утрамбовкой шт.	$1 \times 0,25 = 0$ р. 25 к.
пришивка досокъ съ остружкой съ обѣихъ сто- ронъ кв. саж.	$1,00 \times 1,50 = 1$ » 50 »
подѣлка сливной доски по верху пог. саж. . . .	$1,00 \times 0,30 = 0$ » 30 »
окраска съ матеріаломъ съ обѣихъ сторонъ кв. саж. .	$2,20 \times 0,60 = 1$ » 32 »
Итого	9 р. 65 к.
доставка матеріаловъ и надзоръ 3% отъ суммы.	0 р. 29 к.
Всего	9 р. 94 к.

или почти 10 рублей за 1 пог. сажень, то-есть деревянный заборъ стоитъ лишь немногимъ дешевле желѣзо-бетоннаго; принимая же во вниманіе отсутствіе издержекъ на ремонтъ, послѣдній оказывается болѣе экономичнымъ.

ПРОКАТНЫЕ СТОЛБЫ.

Приготовленіе желѣзо-бетонныхъ столбовъ посредствомъ набивки въ формахъ имѣетъ громадныя неудобства, которыя были указаны въ свое время при описаніи способовъ изготовленія желѣзо-бетонныхъ свай.

Эти неудобства возростають въ весьма сильной степени съ увеличеніемъ длины столбовъ, заготавливаемыхъ гдѣ-либо въ одномъ мѣстѣ и затѣмъ подлежащихъ переноскѣ и установкѣ, какъ напр. столбы для воздушной канализаціи: телеграфныя, телефонныя, электрическаго освѣщенія, трамвайныя и т. п.

Въ настоящее время въ С. Америкѣ примѣняется способъ приготовленія желѣзо-бетонныхъ столбовъ круглаго сѣченія безъ формъ, посредствомъ прокатки. Способъ этотъ предложенъ и патентованъ Mr. A. C. Chenoweth, инженеромъ въ Бруклинѣ.

Способъ прокатки такихъ столбовъ показанъ схематически на рис. 98.

На рис. 98 видно поперечное сечение столба; буквой А обозначена желѣзная трубка, В—листъ цѣльно-рѣшетчатого металла или проволочная сѣтка и С—продольные желѣзные стержни.

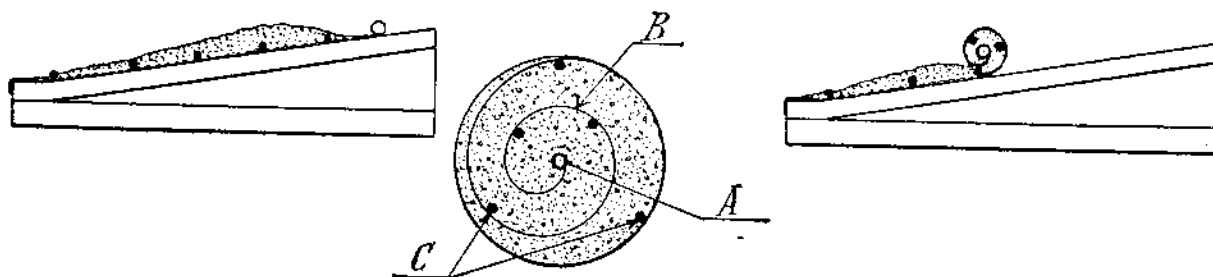


Рис. 98.

Трубка А представляетъ центръ, вокругъ котораго прокатывается столбъ, а сѣтка В и стержни С составляютъ арматуру столба.

Для прокатки столбовъ существуетъ особая машина деревянной конструкціи, въ составъ которой входитъ рабочая платформа и валь, между которыми прокатывается цилиндрическій столбъ.

Для приготовленія столба на наклонной платформѣ раскладывается металлическая сѣтка съ прикрѣпленной къ ней трубкой и продольными металлическими стержнями и все это покрывается слоемъ сырого бетона, какъ показано на лѣвой сторонѣ рис. 98.

Нижній продольный край сѣтки прикрѣпленъ къ краю платформы.

При прокаткѣ посредствомъ вала сѣтка съ бетономъ свертывается въ спираль, какъ видно на правой сторонѣ рис. 98. Въ то-же время и съ тою-же скоростью наклонная платформа движется назадъ подѣ прокатнымъ валомъ, благодаря чему увеличивается разстояніе между валомъ и платформой, соответственно возрастающей толщинѣ прокатываемаго бетоннаго слоя. При этомъ давленіе катка или вала на бетонъ остается все время постояннымъ.

При прокаткѣ металлическая сѣтка закрывается продавливающейся сквозь нее бетонной массой и поверхность столба получается совершенно гладкой.

При такомъ способѣ выдѣлки столбовъ устраняется необходимость въ формахъ.

Въ 1906 году готовились такіе столбы длиною 61 футъ; при условіи удлиненія рабочей машины, изобрѣтатель обѣщаетъ безъ всякихъ затрудненій прокатывать столбы длиною до 100 фут. Установка такихъ столбовъ длиною 61 футъ діаметромъ 13 дюймовъ уже имѣла мѣсто для различныхъ надобностей въ Бруклинѣ. Однако, стоимость этихъ столбовъ довольно велика и достигаетъ 60 долларовъ (около 116 рублей) за штуку.

Стоимость-же столба длиною 30 футовъ обходится въ 1 долларъ за пог. футъ. Вообще-же цѣна 1 погоннаго фута такихъ столбовъ сильно возрастаетъ съ увеличеніемъ ихъ длины.

Послѣднимъ примѣромъ мы оканчиваемъ первую главу, изъ которой видно, что нѣтъ той отрасли строительнаго искусства, куда бы не проникъ желѣзо-бетонъ, давая въ большинствѣ случаевъ наиболѣе удачное и экономическое рѣшеніе вопроса.

ГЛАВА II.

Матеріалы и производство работъ.

МАТЕРІАЛЫ.

ЦЕМЕНТЫ.

Цементы раздѣляются на двѣ категоріи: цементы *быстро схватывающіеся* и цементы *медленно схватывающіеся*.

Первые носятъ названіе *романскихъ* цементовъ, а цементы медленно схватывающіеся вообще называются *портландскими* цементами.

Названіе *романскій* всегда указываетъ на быстроту схватыванія, тогда какъ одного названія *портландскій* недостаточно для того, чтобы указать этимъ на медленность затвердѣванія: есть портландскіе цементы быстро схватывающіеся.

Кромѣ исключительныхъ случаевъ, для желѣзобетонныхъ работъ всегда употребляется *портландскій цементъ, медленно схватывающійся*.

Портландскій цементъ находится въ продажѣ укупореннымъ въ бочки, вѣсомъ около 10 пудовъ, или въ мѣшки, около 5 пудовъ netto.

Главнѣйшія требованія, предъявляемыя къ портландскому цементу въ отношеніи тонкости помола, плотности, удѣльнаго вѣса, продолжительности схватыванія, постоянства объема и сопротивленій, тѣ-же, какъ и для обыкновенныхъ бетонныхъ работъ и опредѣляются нормами Министерства Путей Сообщенія, при чемъ, въ случаѣ пріемки большихъ партій цемента, послѣдній долженъ подвергаться установленнымъ испытаніямъ.

Здѣсь укажемъ только на одно весьма важное условіе, имѣющее громадное вліяніе на послѣдующую прочность цементнаго раствора, именно *возрастъ цемента*.

Практика показываетъ, что между изготовленіемъ цемента на заводѣ и его употребленіемъ въ дѣло долженъ пройти нѣкоторый промежутокъ времени, напр. нѣсколько мѣсяцевъ, въ теченіе котораго свѣжій цементъ долженъ вылеживаться на заводѣ въ закрытыхъ помѣщеніяхъ съ хорошей вентиляціей.

Дѣло въ томъ, что всякій свѣжій цементъ содержитъ нѣкоторое количество свободной извести, и надо дать время, чтобы влажность и углекислота воздуха успѣли обратить эту известь въ углекислую. Вспучиваніе негашеной извести въ цементномъ растворѣ приноситъ громадный вредъ прочности бетонной массы.

Иногда говорятъ, что вылеживаніе цемента ненужная предосторожность. Практика же показываетъ, что такое мнѣніе вытекаетъ лишь изъ желанія избавиться отъ постройки дорого стоящихъ амбаровъ для храненія цемента.

Укупорка цемента, какъ уже было сказано, производится въ боченкахъ или мѣшкахъ. При употребленіи цемента въ дѣло, боченки разбиваются, идутъ на топливо и вообще безслѣдно исчезаютъ съ мѣста работъ и не имѣютъ никакой цѣнности. Мѣшки же принимаются обратно заводами по цѣнѣ около 10 коп. за штуку, или могутъ быть проданы на сторону по болѣе высокой цѣнѣ, которая, такъ сказать, даетъ экономію въ стоимости цемента въ мѣшкахъ, по сравненію съ боченками.

Напримѣръ, Глухоозерскій заводъ (С. Петербургъ) уплачиваетъ потребителямъ по 10 коп. за каждый возвращенный мѣшокъ, и такъ какъ по вѣсу одинъ боченокъ цемента равенъ двумъ мѣшкамъ, то $10\frac{1}{4}$ пудовъ чистаго цемента въ мѣшечной упаковкѣ обходится на 20 коп. дешевле цемента въ бочечной упаковкѣ. Каждый мѣшокъ отпускается съ заводскою свинцовою пломбой.

Романскій цементъ.—Цементы съ быстрымъ схватываніемъ не имѣютъ практическаго примѣненія въ исполненіи крупныхъ работъ. Приготовление раствора изъ романскихъ цементовъ должно дѣлаться руками, малыми количествами, работа должна исполняться быстро и растворъ долженъ быть очень жидкимъ. Для обращенія съ такими цементами требуются особые спеціалисты рабочіе.

По всѣмъ этимъ причинамъ, а также и потому, что романскіе цементы имѣютъ весьма различный составъ и сопротивленіе, они стоятъ ниже портландскихъ цементовъ съ медленнымъ схватываніемъ.

Правда, романскіе цементы даютъ возможность скоро освобождать формы, что составляетъ экономію въ издержкахъ на эти формы, но такое преимущество идетъ въ ущербъ прочности конструкцій.

Въ практикѣ цементы съ быстрымъ схватываніемъ употребляются почти исключительно для отдѣлки деталей и въ такихъ гидротехническихъ сооруженіяхъ, гдѣ требуется особенно быстрое затвердѣніе бетона.

Главное употребленіе романскаго цемента встрѣчается въ фабрикаціи желѣзо-бетонныхъ трубъ. Въ нѣкоторыхъ системахъ трубъ съ арматурой изъ фасоннаго желѣза (Борденавъ, Бонна и др.) послѣдняя заливается цементнымъ растворомъ, затвореннымъ очень жидко. Цементъ съ медленнымъ схватываніемъ не годится для этой цѣли, т. к. трескается отъ высыхания. Романскій цементъ не представляетъ этихъ неудобствъ. Употребленіе его, кромѣ того, даетъ большую экономію въ числѣ формъ.

Обыкновенно составляется сложный растворъ изъ смѣси портландскаго и романскаго цемента, при чемъ количество послѣдняго измѣняется въ зависимости отъ массивности работы и состоянія погоды и температуры.

Шлаковые цементы.—При плавленіи рудныхъ породъ въ доменныхъ печахъ всегда прибавляются постороннія вещества для облегченія плавленія (флюсы), напр., известнякъ или доломитъ. Нѣкоторые шлаки, выходящіе изъ доменныхъ печей, будучи обращены въ порошокъ, обладаютъ свойствомъ давать въ смѣси съ гашеной известью довольно хорошій цементъ. Для этой цѣли годятся только основные шлаки, т.-е. въ которыхъ содержаніе глинозема и извести болѣе содержанія кремнезема.

При выходѣ изъ доменной печи горячій шлакъ подвергаютъ дѣйствію сильнаго потока холодной воды. Шлакъ отъ этого разсыпается въ зерна и съ виду дѣлается похожъ на крупную поваренную соль. Полученный продуктъ подвергается просушкѣ, затѣмъ размалывается жерновами, послѣ чего смѣшивается съ жирной известью, гашеной въ порошокъ (пушонка) и хорошо просѣянной. Количество добавляемой извести колеблется отъ 15% до 30% въ зависимости отъ природы шлака.

Смѣсь двухъ порошковъ снова подвергается перемалыванію въ цилиндрическихъ мельницахъ съ чугунными шарами, вращающихся съ большою скоростью.

Шлаковый цементъ стоитъ на 30% дешевле портландскаго. Сопротивленіе его растворовъ соперничаетъ съ сопротивленіями лучшихъ портландскихъ цементовъ.

Шлаковый цементъ можетъ употребляться въ дѣло непосредственно вслѣдъ за изготовленіемъ. Но онъ имѣетъ многіе недостатки.

Схватываніе шлакового цемента совершается очень медленно, отъ 8 до 12 часовъ. На воздухѣ шлаковый цементъ скорѣе растрескивается, чѣмъ портландскій, для устраненія чего его безусловно необходимо обильно поливать водою въ теченіе первыхъ пятнадцати дней по окончаніи постройки.

Онъ весьма чувствителенъ къ дѣйствию холода и работать съ нимъ въ зимнее время совершенно невозможно. Точно также онъ не годится для морскихъ работъ.

Сюда же можно отнести непостоянство состава шлаковыхъ цементовъ. Все это объясняетъ, почему до сихъ поръ шлаковый цементъ совершенно не находитъ примѣненія въ желѣзо-бетонныхъ работахъ.

ИНЕРТНЫЕ МАТЕРІАЛЫ.

Въ составъ бетона, кромѣ цемента, входятъ всевозможные другіе матеріалы: песокъ, гравій, щебень, шлаки, пемза и т. д.

Выборъ этихъ матеріаловъ долженъ быть сдѣланъ очень тщательно, такъ какъ ихъ характеръ имѣетъ громадное вліяніе на сопротивленіе бетона. Конечно, этотъ выборъ прежде всего ограничивается мѣстными матеріалами, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при ихъ негодности, лучше доставлять матеріалъ издалека.

Главнѣйшими матеріалами въ данномъ случаѣ являются песокъ и гравій.

Песокъ.—Форма отдѣльныхъ песчинокъ, идущихъ на приготовленіе бетона, имѣетъ громадное вліяніе на весь характеръ послѣдняго. Его крѣпость или способность сопротивляться дѣйствию воды и атмосферныхъ вліяній стоитъ въ непосредственной связи съ этой формой. Поэтому ясное представленіе о томъ, какой песокъ наиболѣе пригоденъ для дѣла и почему именно, является безусловной необходимостью для всякаго бетоннаго техника.

Нѣтъ сомнѣнія, каждый мастеръ знаетъ, что чистый кристаллическій песокъ лучше всего подходитъ для бетона, и, въ большинствѣ случаевъ, можетъ съ перваго же взгляда оцѣнить его надлежащимъ образомъ.

Песокъ долженъ быть чистый, кварцевый, съ острыми ребрами.

Но дѣло въ томъ, что подобные пески встрѣчаются довольно рѣдко и пользоваться ими всегда для желѣзо-бетонныхъ работъ, подвозя песокъ изъ отдаленныхъ мѣстностей, конечно, немыслимо.

Въ большинствѣ случаевъ приходится довольствоваться какимъ-нибудь мѣстнымъ пескомъ, понижая требованія къ нему иногда до крайняго минимума.

Крѣпость портландъ-цементнаго раствора неразрывно связана съ крѣпостью зеренъ песка; кромѣ того, для хорошаго бетона нужно еще и прочное скрѣпленіе между собою отдѣльныхъ его частицъ.

Послѣднее зависитъ съ одной стороны отъ связующей силы цемента, съ другой же отъ размѣра и формы поверхностей связуемыхъ тѣлъ, и всякій практикъ знаетъ, что шероховатый или угловатый песокъ даетъ болѣе прочный бетонъ, чѣмъ гладкій песокъ.

Не менѣе важную роль играетъ также и самый размѣръ зеренъ, и песокъ, состоящій изъ зеренъ различной величины и формы, оказывается самымъ лучшимъ для бетона.

Песокъ, состоящій изъ равномѣрныхъ и одинаковой формы зеренъ, всегда оставляетъ между ними пустыя пространства, и пустоты эти тѣмъ больше, чѣмъ равномѣрнѣе зерна песка.

Если же величина зеренъ различна, то болѣе мелкія зерна заполняютъ пустоты, образующіяся между крупными зернами.

Для заливки равномѣрнаго песка, слѣдовательно, потребуется гораздо больше цемента, чѣмъ для смѣшаннаго. Такъ что даже съ экономической точки зрѣнія приходится отдать преимущество смѣшанному песку, и при томъ тѣмъ больше, чѣмъ меньше пустотъ между песчинками, т.-е. чѣмъ песокъ плотнѣе.

Для опредѣленія плотности песка насыпаютъ безъ встряхиванія сухимъ пескомъ сосудъ, емкостью 1 литръ (0,001 куб. метра) и опредѣляютъ его вѣсъ.

Укупорка цемента, какъ уже было сказано, производится въ боченкахъ или мѣшкахъ. При употребленіи цемента въ дѣло, бочки разбиваются, идутъ на топливо и вообще безслѣдно исчезаютъ съ мѣста работъ и не имѣютъ никакой цѣнности. Мѣшки же принимаются обратно заводами по цѣнѣ около 10 коп. за штуку, или могутъ быть проданы на сторону по болѣе высокой цѣнѣ, которая, такъ сказать, даетъ экономію въ стоимости цемента въ мѣшкахъ, по сравненію съ боченками.

Напримѣръ, Глухоозерскій заводъ (С. Петербургъ) уплачиваетъ потребителямъ по 10 коп. за каждый возвращенный мѣшокъ, и такъ какъ по вѣсу одинъ боченокъ цемента равенъ двумъ мѣшкамъ, то $10\frac{1}{4}$ пудовъ чистаго цемента въ мѣшечной упаковкѣ обходится на 20 коп. дешевле цемента въ бочечной упаковкѣ. Каждый мѣшокъ отпускается съ заводскою свинцовою пломбой.

Романскій цементъ.—Цементы съ быстрымъ схватываніемъ не имѣютъ практическаго примѣненія въ исполненіи крупныхъ работъ. Приготовленіе раствора изъ романскихъ цементовъ должно дѣлаться руками, малыми количествами, работа должна исполняться быстро и растворъ долженъ быть очень жидкимъ. Для обращенія съ такими цементами требуются особые специалисты рабочіе.

По всѣмъ этимъ причинамъ, а также и потому, что романскіе цементы имѣютъ весьма различный составъ и сопротивленіе, они стоятъ ниже портландскихъ цементовъ съ медленнымъ схватываніемъ.

Правда, романскіе цементы даютъ возможность скоро освобождать формы, что составляетъ экономію въ издержкахъ на эти формы, но такое преимущество идетъ въ ущербъ прочности конструкцій.

Въ практикѣ цементы съ быстрымъ схватываніемъ употребляются почти исключительно для отдѣлки деталей и въ такихъ гидротехническихъ сооруженіяхъ, гдѣ требуется особенно быстрое затвердѣніе бетона.

Главное употребленіе романскаго цемента встрѣчается въ фабрикаціи желѣзо-бетонныхъ трубъ. Въ нѣкоторыхъ системахъ трубъ съ арматурой изъ фасоннаго желѣза (Борденавъ, Бонна и др.) послѣдняя заливается цементнымъ растворомъ, затвореннымъ очень жидко. Цементъ съ медленнымъ схватываніемъ не годится для этой цѣли, т. к. трескается отъ высыханія. Романскій цементъ не представляетъ этихъ неудобствъ. Употребленіе его, кромѣ того, даетъ большую экономію въ числѣ формъ.

Обыкновенно составляется сложный растворъ изъ смѣси портландскаго и романскаго цемента, при чемъ количество послѣдняго измѣняется въ зависимости отъ массивности работы и состоянія погоды и температуры.

Шлаковые цементы.—При плавленіи рудныхъ породъ въ доменныхъ печахъ всегда прибавляются постороннія вещества для облегченія плавленія (флюсы), напр., известнякъ или доломитъ. Нѣкоторые шлаки, выходящіе изъ доменныхъ печей, будучи обращены въ порошокъ, обладаютъ свойствомъ давать въ смѣси съ гашеной известью довольно хорошій цементъ. Для этой цѣли годятся только основныя шлаки, т. е. въ которыхъ содержаніе глинозема и извести болѣе содержанія кремнезема.

При выходѣ изъ доменной печи горячій шлакъ подвергаютъ дѣйствію сильнаго потока холодной воды. Шлакъ отъ этого разсыпается въ зерна и съ виду дѣлается похожъ на крупную поваренную соль. Полученный продуктъ подвергается просушкѣ, затѣмъ размалывается жерновами, послѣ чего смѣшивается съ жирной известью, гашеной въ порошокъ (пушонка) и хорошо просѣянной. Количество добавляемой извести колеблется отъ 15% до 30% въ зависимости отъ природы шлака.

Смѣсь двухъ порошковъ снова подвергается перемалыванію въ цилиндрическихъ мельницахъ съ чугунными шарами, вращающихся съ большою скоростью.

Шлаковый цементъ стоитъ на 30% дешевле портландскаго. Сопротивленіе его растворовъ соперничаетъ съ сопротивленіями лучшихъ портландскихъ цементовъ.

Шлаковый цементъ можетъ употребляться въ дѣло непосредственно вслѣдъ за изготовленіемъ. Но онъ имѣетъ многіе недостатки.

Схватываніе шлакового цемента совершается очень медленно, отъ 8 до 12 часовъ. На воздухѣ шлаковый цементъ скорѣе растрескивается, чѣмъ портландскій, для устраненія чего его безусловно необходимо обильно поливать водою въ теченіе первыхъ пятнадцати дней по окончаніи постройки.

Онъ весьма чувствителенъ къ дѣйствию холода и работать съ нимъ въ зимнее время совершенно невозможно. Точно также онъ не годится для морскихъ работъ.

Сюда же можно отнести непостоянство состава шлаковыхъ цементовъ. Все это объясняетъ, почему до сихъ поръ шлаковый цементъ совершенно не находитъ примѣненія въ желѣзо-бетонныхъ работахъ.

ИНЕРТНЫЕ МАТЕРІАЛЫ.

Въ составъ бетона, кромѣ цемента, входятъ всевозможные другіе матеріалы: песокъ, гравій, щебень, шлаки, пемза и т. д.

Выборъ этихъ матеріаловъ долженъ быть сдѣланъ очень тщательно, такъ какъ ихъ характеръ имѣетъ громадное вліяніе на сопротивленіе бетона. Конечно, этотъ выборъ прежде всего ограничивается мѣстными матеріалами, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при ихъ негодности, лучше доставлять матеріалъ издалека.

Главнѣйшими матеріалами въ данномъ случаѣ являются песокъ и гравій.

Песокъ.—Форма отдѣльныхъ песчинокъ, идущихъ на приготовленіе бетона, имѣетъ громадное вліяніе на весь характеръ послѣдняго. Его крѣпость или способность сопротивляться дѣйствию воды и атмосферныхъ вліяній стоитъ въ непосредственной связи съ этой формой. Поэтому ясное представленіе о томъ, какой песокъ наиболѣе пригоденъ для дѣла и почему именно, является безусловной необходимостью для всякаго бетоннаго техника.

Нѣтъ сомнѣнія, каждый мастеръ знаетъ, что чистый кристаллическій песокъ лучше всего подходитъ для бетона, и, въ большинствѣ случаевъ, можетъ съ перваго же взгляда оцѣнить его надлежащимъ образомъ.

Песокъ долженъ быть чистый, кварцевый, съ острыми ребрами.

Но дѣло въ томъ, что подобные пески встрѣчаются довольно рѣдко и пользоваться ими всегда для желѣзо-бетонныхъ работъ, подвозя песокъ изъ отдаленныхъ мѣстностей, конечно, невысказано.

Въ большинствѣ случаевъ приходится довольствоваться какимъ-нибудь мѣстнымъ пескомъ, понижая требованія къ нему иногда до крайняго минимума.

Крѣпость портландъ-цементнаго раствора неразрывно связана съ крѣпостью зеренъ песка; кромѣ того, для хорошаго бетона нужно еще и прочное скрѣпленіе между собою отдѣльныхъ его частицъ.

Послѣднее зависитъ съ одной стороны отъ связующей силы цемента, съ другой же отъ размѣра и формы поверхностей связуемыхъ тѣлъ, и всякій практикъ знаетъ, что шероховатый или угловатый песокъ даетъ болѣе прочный бетонъ, чѣмъ гладкій песокъ.

Не менѣе важную роль играетъ также и самый размѣръ зеренъ, и песокъ, состоящій изъ зеренъ различной величины и формы, оказывается самымъ лучшимъ для бетона.

Песокъ, состоящій изъ равномерныхъ и одинаковой формы зеренъ, всегда оставляетъ между ними пустые пространства, и пустоты эти тѣмъ больше, чѣмъ равномернѣе зерна песка.

Если же величина зеренъ различна, то болѣе мелкія зерна заполняютъ пустоты, образующіяся между крупными зернами.

Для заливки равномернаго песка, слѣдовательно, потребуется гораздо больше цемента, чѣмъ для смѣшаннаго. Такъ что даже съ экономической точки зрѣнія приходится отдать преимущество смѣшанному песку, и при томъ тѣмъ больше, чѣмъ меньше пустотъ между песчинками, т. е. чѣмъ песокъ плотнѣе.

Для опредѣленія плотности песка насыпаютъ безъ встряхиванія сухимъ пескомъ сосудъ, емкостью 1 литръ (0,001 куб. метра) и опредѣляютъ его вѣсъ.

Для большей равномерности насыпки употребляется показанный на рис. 99 лотокъ.

Затѣмъ опредѣляютъ количество поглощаемой пескомъ воды. Для этого обыкновенно наливаютъ изъ градуированной мѣрки воду въ песокъ, пока она не польется черезъ край литрового сосуда, при чемъ сумма всѣхъ пустотъ между отдѣльными песчинками выражается въ кубическихъ сантиметрахъ, соответственно количеству воды, употребленному на смачиваніе песка.

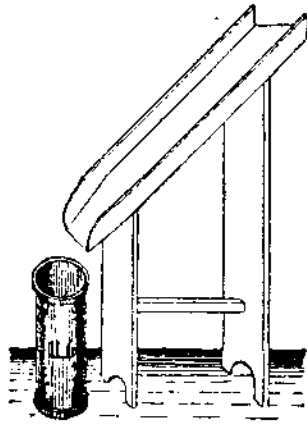


Рис. 99.

Способъ этотъ довольно сложенъ, и все-таки не отличается особенной точностью, такъ какъ невозможно совершенно изгнать изъ сосуда прилипшіе къ песку пузырьки воздуха.

Поэтому опредѣленіе плотности песка дѣлается гораздо проще.

Всѣ кубической единицы сухого песка дѣлятся на удѣльный вѣсъ песка, равняющійся въ среднемъ 2,65, и полученное частное будетъ выражать пространство, занятое всѣми песчинками.

Хотя этотъ способъ точно также не вполне точенъ, по его достоинство заключается въ простотѣ. Для практическаго же обихода точность его вполне достаточна.

Предположимъ, на примѣръ, что вѣсъ литра сухого песка найденъ равнымъ 1648 граммовъ. Раздѣливши это число на 2,65, мы найдемъ

$\frac{1648}{2,65} = 622$ куб. сант., т.-е. объемъ, занятый пескомъ. Остальное пространство до одного литра, т.-е. $1000 - 622 = 378$ куб. сант., занято, слѣдовательно, пустотами.

Если для выбора имѣется нѣсколько сортовъ песка, то стоитъ лишь опредѣлить ихъ относительные вѣса одного литра и тогда обнаружится, какой песокъ слѣдуетъ предпочесть для дѣла.

Кромѣ экономической выгоды нельзя не замѣтить, что, при одной и той же затратѣ портландъ-цемента, бетонъ съ болѣе плотнымъ пескомъ гораздо прочнѣе, чѣмъ съ легкимъ, благодаря тому, что связующая способность цемента используется при этомъ гораздо совершеннѣе.

Въ природѣ имѣется много мѣстъ, гдѣ смѣшанный песокъ находится уже готовымъ, болѣею же частью пески, въ силу своего осадочнаго происхожденія, располагаются слоями съ тончайшимъ наверху и грубѣйшимъ внизу. Въ такомъ случаѣ для работы слѣдуетъ брать смѣсь изъ разныхъ слоевъ, и указанная выше проба покажетъ ясно, на какой изъ этихъ смѣсей слѣдуетъ остановиться.

Во всякомъ случаѣ слѣдуетъ помнить два правила: 1) песокъ не долженъ быть слишкомъ мелкимъ, въ силу его легкости и 2) не имѣть никакихъ глинистыхъ или землистыхъ примѣсей. Это крайній минимумъ требованій, предъявляемыхъ къ строительнымъ пескамъ.

Гравій.—Все сказанное выше относительно песка вполне применимо и къ гравію, по причинѣ однороднаго происхожденія этихъ обоихъ матеріаловъ. Они отличаются только размѣрами, и гравіемъ обыкновенно называютъ уже такой крупный песокъ, размѣры зеренъ котораго превосходятъ 5 мм.

Въ природѣ гравій обыкновенно встрѣчается въ видѣ смѣси голышей разной крупности съ пескомъ и валунами, или булыжникомъ.

Для железобетонныхъ работъ почти никогда не употребляютъ гравія размѣромъ крупнѣе 2,5—3 сант.

Съ другой стороны, гравій долженъ быть свободенъ отъ песка, чтобы можно было точно опредѣлить пропорцію составныхъ частей въ бетонѣ; песокъ смѣшивается съ цементомъ отдѣльно.

Поэтому добытый изъ грунта или ложа рѣки гравій долженъ подвергаться сортировкѣ и очисткѣ. Крупные валуны отбираются руками, и гравій затѣмъ просѣивается сквозь проволочныя рѣшета (грохота) съ клѣтками двухъ размѣровъ: для отдѣленія крупныхъ частей и для отсеиванія песка, и, слѣдовательно, полученія матеріала опредѣленной крупности, не превосходящей заданныхъ размѣровъ. Полученный матеріалъ, до употребленія въ дѣло, долженъ еще

подвергаться промывкѣ, съ цѣлью освобожденія отъ пыли и постороннихъ землястыхъ примѣсей.

Размѣры гравія находятся въ зависимости отъ толщины или массивности желѣзобетоннаго сооруженія.

Гравій долженъ имѣть происхожденіе отъ твердыхъ горныхъ породъ и быть достаточно крѣпкимъ для того, чтобы не понижать общаго сопротивленія цементнаго раствора, въ который этотъ гравій вводится.

Щебень.—Гравій не всегда можно получить въ данной мѣстности и тогда пользуются щебнемъ, приготовленнымъ искусственно посредствомъ размельченія горныхъ породъ. Щебень долженъ быть наколотъ изъ твердаго камня и притомъ отнюдь не слонистой породы, чтобы щебень не получался въ видѣ пластинокъ, а имѣлъ приблизительно форму, близкую къ кубической.

Передъ употребленіемъ въ дѣло щебень долженъ быть просѣянъ сквозь грохотъ и промытъ для освобожденія отъ каменной пыли и разныхъ примѣсей.

Нѣкоторые строители предпочитаютъ щебень гравію для бетона, основываясь на теоріи, что цементъ лучше соединяется съ шероховатой поверхностью многограннаго щебня, имѣющаго острые ребра, чѣмъ съ довольно гладкою поверхностью округленнаго гравія.

Но это неправильно; всякій практикъ предпочтетъ гравій для желѣзо-бетонной работы. Дѣйствительно, это подтверждается слѣдующими соображеніями:

1) Благодаря малымъ поперечнымъ размѣрамъ частей желѣзо-бетонныхъ сооружений и присутствію арматуры, размѣры щебня не должны быть болѣе 2—3 сант., а въ большихъ случаяхъ еще менѣе; приготовленіе же такого мелкаго щебня стоитъ слишкомъ дорого.

2) При разбивкѣ щебня нарушается крѣпость камня; очень часто отдѣльныя щебенки даже изъ крѣпкихъ породъ удается разламывать руками, благодаря волоснымъ трещинамъ, оставшимся на ихъ поверхности при разбиваніи камня молоткомъ.

3) Объемъ пустотъ въ щебнѣ гораздо больше, чѣмъ въ гравіи, главнымъ образомъ потому, что искусственный щебень почти всегда имѣетъ однообразные размѣры; гравій же состоитъ изъ зеренъ различной крупности.

4) При трамбованіи гравій въ бетонѣ даетъ болѣе компактную массу и лучше проникаетъ во всѣ промежутки между арматурой и формами, благодаря своей округленной формѣ, чѣмъ угловатый щебень.

Въ послѣднемъ иногда могутъ даже оставаться пустоты, незаполненные цементнымъ растворомъ, какъ напр. показано на рис. 100, гдѣ двѣ щебенки, ставшія случайно вертикально, накрываются сверху третьей щебенкой, препятствующей прониканію раствора между ними.

Такіе случаи неоднократно приходится наблюдать при разломкѣ старыхъ бетонныхъ работъ, особенно со щебнемъ большой крупности.

Кромѣ всего сказаннаго, предпочтительнѣе употреблять гравій уже потому, что не всегда можно найти для щебня камень достаточно крѣпкихъ породъ; гравій же всегда имѣетъ достаточную крѣпость, благодаря сортировкѣ самой природой гравія воднымъ путемъ, такъ какъ болѣе слабыя части горныхъ породъ, давшихъ происхожденіе гравію, размельчаются въ песокъ и уносятся водою далѣе.

Шлаки.—Въ нѣкоторыхъ системахъ, не придающихъ значенія сопротивленію бетона, напр. система Матран, а также для разныхъ покрытій небольшихъ пролѣтовъ въ С. А. Соединенныхъ Штатахъ, иногда примѣняютъ вмѣсто гравія шлаки отъ сгоранія каменнаго угля, главнымъ образомъ, въ виду дешевизны такого матеріала.

Шлаки должны быть хорошо сортированы для устраненія частицъ угля и разныхъ рыхлыхъ элементовъ.

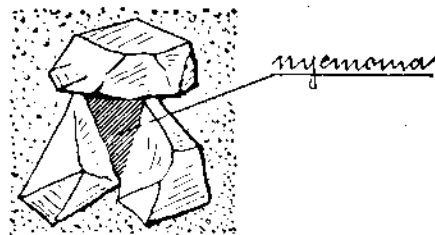


Рис. 100.

Въ защиту шлаковъ для этой цѣли приводится то соображеніе, что такой бетонъ дешевъ, легокъ и, вслѣдствіе пористости, лучше изолируетъ тепло, хуже проводитъ звукъ, позволяетъ вбиваніе гвоздей и т. п.

Но всѣ эти преимущества падаютъ въ сравненіи съ двумя очень серьезными неудобствами примѣненія шлаковъ для бетона: во-первыхъ, бетонъ такого рода имѣетъ несравненно меньшее сопротивленіе, по сравненію съ бетономъ изъ гравія, и непримѣнимъ для сильно работающихъ частей сооружений, а во-вторыхъ, шлаки, благодаря присутствію въ нихъ сѣрнистыхъ соединений, дѣйствуютъ разъѣдающимъ образомъ на металлическую арматуру.

Въ виду этихъ обстоятельствъ примѣненіе шлаковъ для желѣзо-бетонныхъ работъ безусловно воспрещается и можетъ быть допущено только въ видѣ исключенія для временныхъ построекъ.

Пемза и другіе матеріалы.—Пемза, вулканическіе туфы и т. п., примѣняемые вмѣсто гравія, точно также даютъ бетонъ легкій, который обладаетъ плохой тепло-и звукопроводностью и хорошей вентилирующей способностью и допускаетъ забиваніе въ него гвоздей и т. д.

Но такой бетонъ вмѣстѣ съ тѣмъ имѣетъ довольно слабое сопротивленіе и примѣнимъ лишь для самыхъ второстепенныхъ частей сооружений, и то лишь въ мѣстностяхъ, изобилующихъ вулканическими туфами.

Такое же значеніе, какъ туфы, имѣетъ для бетона обыкновенный кирпичный щебень.

М е т а л л ъ.

Для арматуры въ бетонѣ преимущественно употребляется мягкое желѣзо; въ послѣднее же время стали примѣняютъ литое желѣзо и сталь.

Желѣзо.—Въ большинствѣ конструкцій примѣняется круглое и полосовое сварочное желѣзо высшаго качества, хорошо прокатанное.

Въ круглыхъ стержняхъ требуется временное сопротивленіе на разрывъ около 35 кил. на кв. мм., при удлиненіи отъ 8 до 12%, измѣренномъ на длинѣ 20 сантиметровъ.

Въ послѣднее время, особенно въ Америкѣ, въ большомъ ходу круглое, квадратное или полосовое желѣзо, поверхность котораго обработана посредствомъ особой прокатки съ цѣлью увеличенія сцепленія металла съ цементомъ. (См. въ главѣ I «Особые профили арматуры»).

Литое желѣзо.—Фасонныя профили для сложныхъ арматуръ, напр. желѣзо угловое, тавровое, двутавровое, крестовое и т. п. приготовляются изъ литого желѣза. Такія арматуры часто представляютъ изъ себя цѣлыя клепанныя фермы. Требованія, предъявляемые въ этомъ случаѣ къ матеріалу и его обработкѣ, тѣ же самыя, какъ и для обыкновенныхъ металлическихъ конструкцій.

Сталь.—Въ послѣднее время въ нѣкоторыхъ сооруженияхъ получаетъ распространеніе мягкая литая сталь съ временнымъ сопротивленіемъ разрыву отъ 42 до 50 килограммовъ на кв. мм., при удлиненіи въ 20—25%.

Сюда можно отнести квадратную сталь, скрученную въ холодномъ состояніи по системѣ Рансома, съ цѣлью повышенія предѣла ея упругости.

Цѣльно-рѣшетчатый металлъ также готовится особымъ способомъ на заводахъ изъ листовъ мягкой стали высшаго качества, временное сопротивленіе которой равняется 35—40 кил. на кв. мм., при удлиненіи въ 25—26%.

Твердая сталь на практикѣ не нашла себѣ примѣненія въ желѣзо-бетонныхъ конструкціяхъ по причинѣ многихъ неудобствъ, связанныхъ съ ея употребленіемъ.

Производство работъ.

Въ предыдущей главѣ, при описаніи различныхъ желѣзо-бетонныхъ конструкцій и сооружений, мы попутно указывали также и на тѣ приемы, которые примѣнялись при возведеніи того или иного сооруженія. Какъ мы уже видѣли, приемы эти весьма разнообразны и въ дальнѣйшемъ изложеніи мы дадимъ лишь общее описаніе способовъ производства работъ, наиболѣе характерныхъ для отдѣльных элементовъ желѣзо-бетонныхъ конструкцій.

Вообще исполненіе работы въ желѣзо-бетонныхъ конструкціяхъ имѣетъ наиболѣе важное значеніе для прочности и долговѣчности сооруженія.

Хорошая работа оцѣнивается правильнымъ расположеніемъ арматуры, согласно проекту, тщательнымъ приготовленіемъ и трамбованіемъ бетона, рациональнымъ устройствомъ опалубки и правильнымъ ходомъ работъ.

Строго выработанный сначала ходъ работъ и правильная ихъ постановка, кромѣ того, позволяютъ избѣгнуть безполезной траты матеріаловъ, главнымъ образомъ для опалубки и арматуры, и излишняго расхода рабочей силы, къ чему всегда слѣдуетъ стремиться, конечно, въ предѣлахъ разумной экономіи.

Описаніе различныхъ приемовъ для этихъ работъ и послужитъ предметомъ дальнѣйшаго изложенія.

ФОРМЫ И ОПАЛУБКИ.

Общая замѣчанія. — Самымъ дорогимъ элементомъ въ желѣзо-бетонной работѣ, въ большинствѣ случаевъ, являются формы. Поэтому послѣднія всегда должны устраиваться такъ, чтобы ихъ можно было употребить въ дѣло нѣсколько разъ, для чего, по конструкціи своей, формы должны легко разбираться и переноситься съ мѣста на мѣсто, особенно при работахъ крупныхъ размѣровъ, напр., при большой площади покрытій, стѣнъ, большомъ протяженіи трубопроводовъ и т. п.

Обыкновенно формы и опалубка дѣлаются изъ дерева, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ выгоднѣе примѣнять металлическія формы.

Небольшое увеличеніе стоимости первоначальнаго устройства формъ иногда съ излишкомъ окупается значительнымъ сбереженіемъ матеріала на возобновленіе формъ при дальнѣйшемъ повтореніи той же работы, а также и рабочей силы, благодаря удобству и быстротѣ снятія формъ.

Кромѣ того, формы или опалубка должны быть достаточно жестки для того, чтобы во время трамбованія и твердѣнія бетона въ сооруженіи, въ немъ не вызывалось вредныхъ деформаций.

Поверхности, соприкасающіяся съ бетономъ, должны быть возможно глаже, для уменьшенія толщины послѣдующей штукатурки и для полученія гладкой поверхности бетона, если его не предполагается штукатурить.

Доски опалубки должны быть пригнаны по возможности плотнѣе; отъ сырости бетона доски разбухаютъ и сжимаются довольно плотно, но при этомъ необходимо, чтобы онѣ не коробились.

Если въ опалубкѣ есть щели, то вода изъ бетона, при трамбованіи, просачиваясь въ щели, увлекаетъ за собою частицы раствора, и по снятіи формъ, на поверхности бетона можно замѣтить швы, лишенные раствора; бетонъ въ этихъ мѣстахъ, конечно, слабѣе.

Далѣе укажемъ нѣсколько типовъ устройства опалубки и формъ для наиболѣе простыхъ элементовъ желѣзо-бетонныхъ конструкцій, какъ то: сплошныхъ покрытій, столбовъ, стѣнъ и т. д.

Покрытія по металлическимъ балкамъ. — Для половъ или вообще всякихъ покрытій по металлическимъ балкамъ, при устройствѣ опалубки, можно совершенно избѣжать подпоръ и

подмостей, подвѣсивъ опалубку къ балкамъ на крючкахъ, какъ показано на рис. 101, изображающемъ устройство опалубки для пола системы Кенена.

Крючки изъ полосового желѣза въ видѣ буквы Z верхними лапками накладываются на нижнюю полку двутавровой балки, а на нижнія лапки кладутся обтесанные по формѣ сводика кружала или бруски изъ 2-дюймовыхъ досокъ, по которымъ настилается опалубка изъ досокъ толщиной 1 — 1 1/4 дюйма.

Во избѣжаніе соскальзыванія кружалъ съ крючковъ, въ лапкахъ послѣднихъ имѣются дырочки, черезъ которыя крючки прибиваются небольшими гвоздями къ кружаламъ.

Такая опалубка сама по себѣ можетъ быть устроена между металлическими балками на какой угодно высотѣ безъ всякихъ подмостей во время ея устройства, такъ какъ для подвѣшиванія кружалъ на крючкахъ къ металлическимъ балкамъ достаточно настлатъ поверхъ послѣднихъ нѣсколько досокъ, на которыхъ могутъ стоять плотники во время работы.

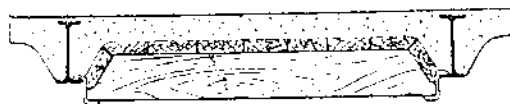


Рис. 101. — Опалубка для покрытія системы Кенена.

Для освобожденія кружалъ достаточно выдернуть гвозди и молоткомъ сбить или отогнуть крючки съ одной стороны и опалубка упадетъ. При этомъ и опалубка и крючки снова могутъ идти въ дѣло для слѣдующихъ пролетовъ.

Еще удобнѣе измѣнить эту систему, сдѣлавъ крючки длиннѣе, и кружала опереть не непосредственно на крючки, а на рейку, положенную на крючкахъ вдоль балки. (Рис. 102).

Въ этомъ случаѣ расположеніе кружалъ не зависитъ отъ положенія крючковъ.

Такая система опалубки можетъ быть примѣнена вообще для устройства всякихъ бетонныхъ сводиковъ между металлическими балками, и какъ видно, благодаря отсутствію подпорокъ, дастъ экономію въ лѣсѣ и во время работъ не стѣсняетъ пространства подъ покрываемъ.

Для плоскихъ покрытій, опирающихся на нижнія полки металлическихъ балокъ, какъ, напр., потолки, опалубка устраивается также на крючкахъ, какъ показано на рис. 103.

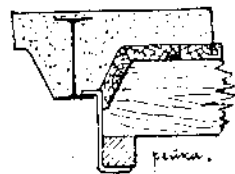


Рис. 102. — Опалубка для системы Кенена.

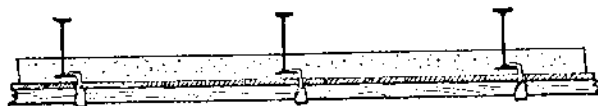


Рис. 103. — Опалубка для плоскихъ потолковъ на металлическихъ балкахъ.

При такомъ устройствѣ опалубки, рейки, опирающіяся на крючки, выгоднѣе помѣщать, особенно при большомъ числѣ пролетовъ, поперекъ балокъ, а доски опалубки вдоль балокъ.

При этомъ облегчается устройство опалубки, такъ какъ нѣтъ необходимости подсовывать доски подъ нижнія полки балокъ и доски укладываются легко по готовымъ рейкамъ, при чемъ можно пользоваться для опалубки тонкими досками, напр. 1", независимо отъ величины пролетовъ между балками, такъ какъ рейки можно расположить на какомъ угодно близкомъ разстояніи другъ къ другу.

Кромѣ того, рейки и доски при такомъ устройствѣ часто остаются цѣлыми и непорѣзанными на куски, и, по окончаніи бетонныхъ работъ, могутъ быть употреблены въ дѣло для другой цѣли.

Доски, предварительно притесанные, только изрѣдка прибиваются небольшими гвоздями къ рейкамъ. Такое устройство опалубки было примѣнено, между прочимъ, при устройствѣ желѣзо-бетонныхъ потолковъ системы Монье въ 1904 году въ зданіяхъ Кадетскаго Корпуса въ г. Владикавказѣ, общую площадь до 6000 кв. саж.

Крючки для этой цели, въ формѣ буквы Z, должны быть вывернуты такимъ образомъ, чтобы горизонтальныя лапки ихъ находились подъ прямымъ угломъ другъ къ другу.

Для крючковъ обыкновенно достаточно употреблять полосовое желѣзо отъ $1'' \times \frac{1}{4}''$ до $1\frac{1}{4}'' \times \frac{3}{8}''$.

Взамѣнъ деревянныхъ реекъ съ крючками заграничей иногда употребляются металлическія поддержки для досокъ, типа, показаннаго на рис. 105.

Эта конструкція пригодна для покрытій съ переменными разстояніями между балками. На рис. 105 концы поперечинъ изъ полосового или углового желѣза снабжены крючками на шарнирахъ; крючки эти зацѣпляются за нижнія полки металлическихъ балокъ. Другіе концы поперечинъ складываются сбоку другъ друга и соединяются двумя желѣзными кольцами или хомутами изъ полосового желѣза, надѣтыми на поперечины. Очевидно, длину такой поперечины можно измѣнять по желанію.

Для снятія опалубки, сдвигаютъ кольца посредствомъ ударовъ молотка, стержни поворачиваются на шарнирахъ крючковъ и доски падаютъ. Для болѣе тяжелыхъ бетонныхъ перекрытій по составнымъ металлическимъ балкамъ, напр., для сводовъ

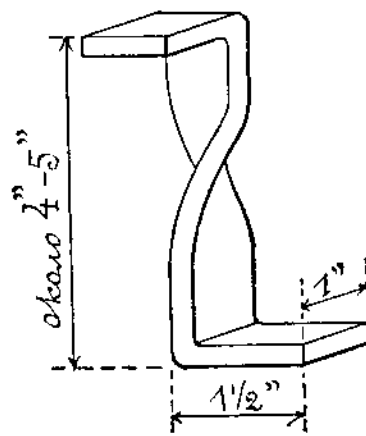


Рис. 104.—Крючекъ.

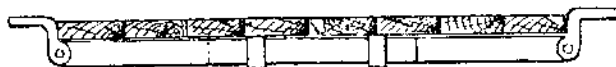


Рис. 105.

системы Мелана, опалубка подвѣшивается къ балкамъ посредствомъ хомутовъ изъ круглаго или полосового желѣза, какъ показано на рис. 106.

Въ данномъ случаѣ положеніе опалубки и распредѣленіе нагрузки на металлическія балки или фермы регулируется посредствомъ клиньевъ А.

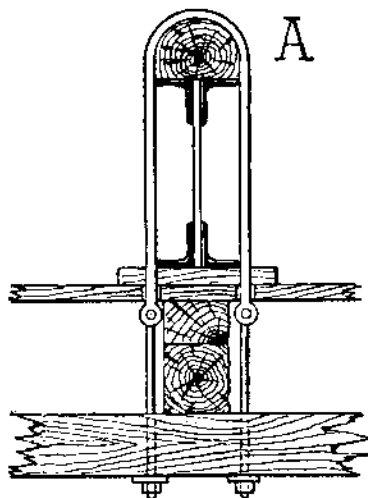


Рис. 106.

Хомуты во время бетонирования изолируются, чтобы ихъ можно было вынуть изъ бетона послѣ снятія опалубки.

Однако, такое устройство опалубки, особенно для тяжелыхъ конструкцій, какъ, напр., мостовыя своды, нельзя назвать рациональнымъ, благодаря тому, что въ данномъ случаѣ бетонъ схватывается вокругъ металлическихъ арокъ, уже подверженныхъ нѣкоторому напряженію отъ вѣса кружалъ и бетона, который до полного затвердѣнія не принимаетъ участія въ работѣ сооруженія, и во время схватыванія бетона происходитъ обратная деформация металлическихъ частей; приведенныя же обстоятельства не соотвѣтствуютъ расчетнымъ предположеніямъ.

Вообще этотъ приемъ, въ случаяхъ составной и фасонной арматуры, даже опасенъ, такъ какъ жесткія металлическія части, во время работъ находятся подъ дѣйствіемъ переменной нагрузки. Колебанія отъ трамбованія, передвиженія людей и т. п., черезъ опалубку передаются металлическимъ фермамъ и могутъ нарушить сцѣпленіе бетона съ ними, во время его схватыванія.

Это явленіе не имѣетъ значенія, напримѣръ, для половъ на металлическихъ двутавровыхъ балкахъ, т. к. послѣднія представляютъ лишь опоры для перекрытій того или другого типа, Кенена, Монье, и т. д.; въ сводахъ же системы Мелана металлическія балки или фермы сами по себѣ составляютъ арматуру свода и по существу должны быть нераздѣльно связаны съ бетонной массой посредствомъ сцѣпленія цементнаго раствора съ металломъ, безъ чего онѣ не могутъ участвовать въ совместной работѣ съ бетономъ при послѣдующей эксплуатаціи сооруженія.

подмостей, подвѣсивъ опалубку къ балкамъ на крючкахъ, какъ показано на рис. 101, изображающемъ устройство опалубки для пола системы Кенена.

Крючки изъ полосового желѣза въ видѣ буквы Z верхними лапками накладываются на нижнюю полку двутавровой балки, а на нижнія лапки кладутся обтесанные по формѣ сводика кружала или бруски изъ 2-дюймовыхъ досокъ, по которымъ настилается опалубка изъ досокъ толщиной 1—1¼ дюйма.

Во избежаніе соскальзыванія кружалъ съ крючковъ, въ лапкахъ послѣднихъ имѣются дырочки, черезъ которыя крючки прибиваются небольшими гвоздями къ кружаламъ.

Такая опалубка сама по себѣ можетъ быть устроена между металлическими балками на какой угодно высотѣ безъ всякихъ подмостей во время ея устройства, такъ какъ для подвѣшиванія кружалъ на крючкахъ къ металлическимъ балкамъ достаточно настлатъ поверхъ послѣднихъ нѣсколько досокъ, на которыхъ могутъ стоять плотники во время работы.

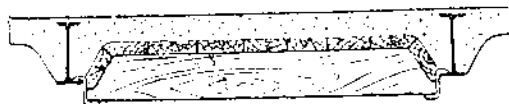


Рис. 101.—Опалубка для покрытія системы Кенена.

Для освобожденія кружалъ достаточно выдернуть гвозди и молоткомъ сбить или отогнуть крючки съ одной стороны и опалубка упадетъ. При этомъ и опалубка и крючки снова могутъ идти въ дѣло для слѣдующихъ пролетовъ.

Еще удобнѣе измѣнить эту систему, сдѣлавъ крючки длиннѣе, и кружала опереть непосредственно на крючки, а на рейку, положенную на крючкахъ вдоль балки. (Рис. 102).

Въ этомъ случаѣ расположеніе кружалъ не зависитъ отъ положенія крючковъ.

Такая система опалубки можетъ быть примѣнена вообще для устройства всякихъ бетонныхъ сводковъ между металлическими балками, и какъ видно, благодаря отсутствію подпорокъ, даетъ экономію въ лѣсѣ и во время работъ не стѣсняетъ пространства подъ покрытіемъ.

Для плоскихъ покрытій, опирающихся на нижнія полки металлическихъ балокъ, какъ, напр., потолки, опалубка устраивается также на крючкахъ, какъ показано на рис. 103.

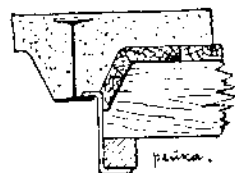


Рис. 102.—Опалубка для системы Кенена.

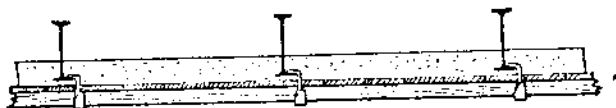


Рис. 103.—Опалубка для плоскихъ потолковъ на металлическихъ балкахъ.

При такомъ устройствѣ опалубки, рейки, опирающіяся на крючки, выгоднѣе помѣщать, особенно при большомъ числѣ пролетовъ, поперекъ балокъ, а доски опалубки вдоль балокъ.

При этомъ облегчается устройство опалубки, такъ какъ нѣтъ необходимости подсовывать доски подъ нижнія полки балокъ и доски укладываются легко по готовымъ рейкамъ, при чемъ можно пользоваться для опалубки тонкими досками, напр. 1", независимо отъ величины пролетовъ между балками, такъ какъ рейки можно расположить на какомъ угодно близкомъ разстояніи другъ къ другу.

Кромѣ того, рейки и доски при такомъ устройствѣ часто остаются цѣлыми и непригодными на куски, и, по окончаніи бетонныхъ работъ, могутъ быть употреблены въ дѣло для другой цѣли.

Доски, предварительно притесанные, только изрѣдка прибиваются небольшими гвоздями къ рейкамъ. Такое устройство опалубки было примѣнено, между прочимъ, при устройствѣ желѣзо-бетонныхъ потолковъ системы Монье въ 1904 году въ зданіяхъ Кадетскаго Корпуса въ г. Владикавказѣ, общеою площадью до 6000 кв. саж.

Крючки для этой цѣли, въ формѣ буквы Z, должны быть вывернуты такимъ образомъ, чтобы горизонтальныя лапки ихъ находились подъ прямымъ угломъ другъ къ другу.

Для крючковъ обыкновенно достаточно употребляютъ полосовое желѣзо отъ $1'' \times \frac{1}{4}''$ до $1\frac{1}{4}'' \times \frac{3}{8}''$.

Взамѣнъ деревянныхъ реекъ съ крючками за границей иногда употребляются металлическія поддержки для досокъ, типа, показаннаго на рис. 105.

Эта конструкція пригодна для покрытій съ переменными разстояніями между балками. На рис. 105 концы поперечинъ изъ полосового или углового желѣза снабжены крючками на шарнирахъ; крючки эти зацѣпляются за нижнія полки металлическихъ балокъ. Другіе концы поперечинъ складываются сбоку другъ друга и соединяются двумя желѣзными кольцами или хомутами изъ полосового желѣза, надѣтыми на поперечины. Очевидно, длину такой поперечины можно измѣнять по желанію.

Для снятія опалубки, сдвигаютъ кольца посредствомъ ударовъ молотка, стержни поворачиваются на шарнирахъ крючковъ и доски падаютъ. Для болѣе тяжелыхъ бетонныхъ перекрытій по составнымъ металлическимъ балкамъ, напр., для сводовъ

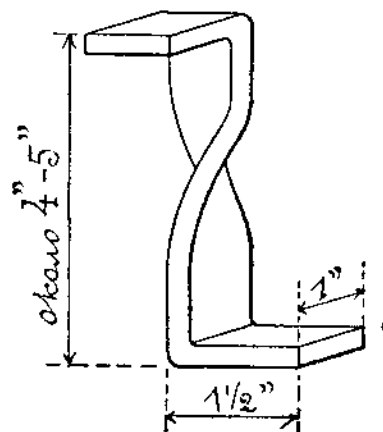


Рис. 104.—Крючекъ.



Рис. 105.

системы Мелана, опалубка подвѣшивается къ балкамъ посредствомъ хомутовъ изъ круглаго или полосового желѣза, какъ показано на рис. 106.

Въ данномъ случаѣ положеніе опалубки и распределеніе нагрузки на металлическія балки или фермы регулируется посредствомъ клиньевъ А.

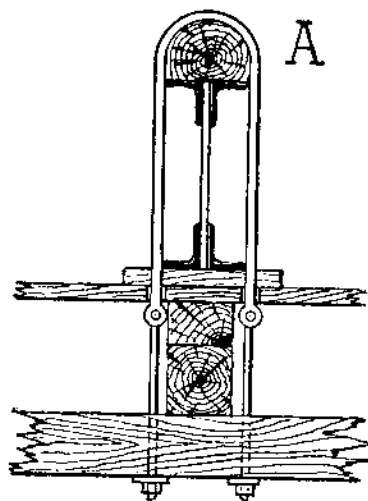


Рис. 106.

Хомуты во время бетонирования изолируются, чтобы ихъ можно было вынуть изъ бетона послѣ снятія опалубки.

Однако, такое устройство опалубки, особенно для тяжелыхъ конструкцій, какъ, напр., мостовые своды, нельзя назвать рациональнымъ, благодаря тому, что въ данномъ случаѣ бетонъ схватывается вокругъ металлическихъ арокъ, уже подверженныхъ нѣкоторому напряженію отъ вѣса кружалъ и бетона, который до полного затвердѣнія не принимаетъ участія въ работѣ сооруженія, и во время схватыванія бетона происходитъ обратная деформация металлическихъ частей; приведенныя же обстоятельства не соотвѣтствуютъ расчетнымъ предположеніямъ.

Вообще этотъ приемъ, въ случаяхъ составной и фасонной арматуры, даже опасенъ, такъ какъ жесткія металлическія части, во время работъ находятся подъ дѣйствіемъ переменной нагрузки. Колебанія отъ трамбованія, передвиженія людей и т. п., черезъ опалубку передаются металлическимъ фермамъ и могутъ нарушить сцѣпленіе бетона съ ними, во время его схватыванія.

Это явленіе не имѣетъ значенія, напримѣръ, для половъ на металлическихъ двутавровыхъ балкахъ, т. к. послѣднія представляютъ лишь опоры для перекрытій того или другого типа, Кенена, Монье, и т. д.; въ сводахъ же системы Мелана металлическія балки или фермы сами по себѣ составляютъ арматуру свода и по существу должны быть нераздѣльно связаны съ бетонной массой посредствомъ сцѣпленія цементнаго раствора съ металломъ, безъ чего онѣ не могутъ участвовать въ совместной работѣ съ бетономъ при послѣдующей эксплуатаціи сооруженія.

Крючки для этой цели, въ формѣ буквы Z, должны быть вывернуты такимъ образомъ, чтобы горизонтальныя лапки ихъ находились подъ прямымъ угломъ другъ къ другу.

Для крючковъ обыкновенно достаточно употреблять полосовое желѣзо отъ $1'' \times \frac{1}{4}''$ до $1\frac{1}{4}'' \times \frac{3}{8}''$.

Взамѣнъ деревянныхъ реекъ съ крючками заграницей иногда употребляются металлическія поддержки для досокъ, типа, показаннаго на рис. 105.

Эта конструкція пригодна для покрытій съ переменными разстояніями между балками. На рис. 105 концы поперечинъ изъ полосового или углового желѣза снабжены крючками на шарнирахъ; крючки эти зацѣпляются за нижнія полки металлическихъ балокъ. Другіе концы поперечинъ складываются сбоку другъ друга и соединяются двумя желѣзными кольцами или хомутами изъ полосового желѣза, надѣтыми на поперечины. Очевидно, длину такой поперечины можно измѣнять по желанію.

Для снятія опалубки, сдвигаютъ кольца посредствомъ ударовъ молотка, стержни поворачиваются на шарнирахъ крючковъ и доски падаютъ. Для болѣе тяжелыхъ бетонныхъ перекрытій по составнымъ металлическимъ балкамъ, напр., для сводовъ

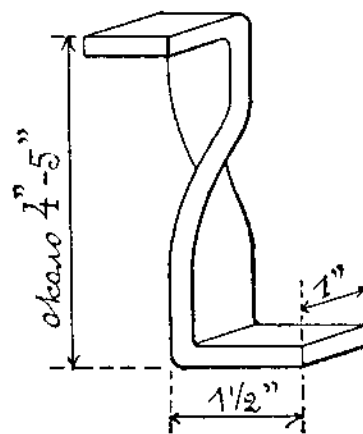


Рис. 104.—Крючекъ.



Рис. 105.

системы Мелана, опалубка подвѣшивается къ балкамъ посредствомъ хомутовъ изъ круглаго или полосового желѣза, какъ показано на рис. 106.

Въ данномъ случаѣ положеніе опалубки и распределеніе нагрузки на металлическія балки или фермы регулируется посредствомъ клиньевъ А.

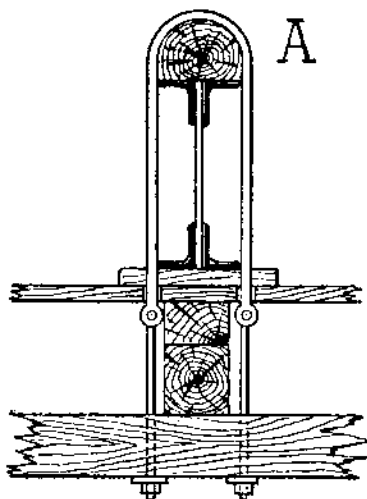


Рис. 106.

Хомуты во время бетонирования изолируются, чтобы ихъ можно было вынуть изъ бетона послѣ снятія опалубки.

Однако, такое устройство опалубки, особенно для тяжелыхъ конструкцій, какъ, напр., мостовые своды, нельзя назвать рациональнымъ, благодаря тому, что въ данномъ случаѣ бетонъ схватывается вокругъ металлическихъ арокъ, уже подверженныхъ нѣкоторому напряженію отъ вѣса кружалъ и бетона, который до полного затвердѣнія не принимаетъ участія въ работѣ сооруженія, и во время схватыванія бетона происходитъ обратная деформация металлическихъ частей; приведенныя же обстоятельства не соотвѣтствуютъ расчетнымъ предположеніямъ.

Вообще этотъ пріемъ, въ случаяхъ составной и фасонной арматуры, даже опасенъ, такъ какъ жесткія металлическія части, во время работъ находятся подъ дѣйствіемъ переменной нагрузки. Колебанія отъ трамбованія, передвиженія людей и т. п., черезъ опалубку передаются металлическимъ фермамъ и могутъ нарушить сцѣпленіе бетона съ ними, во время его схватыванія.

Это явленіе не имѣетъ значенія, напримѣръ, для половъ на металлическихъ двугавровыхъ балкахъ, т. к. послѣднія представляютъ лишь опоры для перекрытій того или другого типа, Кенена, Монье, и т. д.; въ сводахъ же системы Мелана металлическія балки или фермы сами по себѣ составляютъ арматуру свода и по существу должны быть нераздѣльно связаны съ бетонной массой посредствомъ сцѣпленія цементнаго раствора съ металломъ, безъ чего онѣ не могутъ участвовать въ совместной работѣ съ бетономъ при послѣдующей эксплуатаціи сооруженія.

Монолитныя перекрытія. — Для монолитныхъ перекрытія, напр., половъ съ желѣзо-бетонными балками и съ арматурой изъ круглаго желѣза или иныхъ, слабыхъ, профилей, нельзя обойтись безъ подпорокъ ¹⁾. Подъ желѣзо-бетонныя балки прежде всего устраивается дно формы изъ доски, толщиною около 2", на подпоркахъ. Ширина доски должна имѣть точно размѣръ толщины балки. Къ этой доскѣ (рис. 107) приставляются боковыя доски, которыя прибиваются къ первой гвоздями или удерживаются сжимами изъ желѣза или дерева посредствомъ клиньевъ.

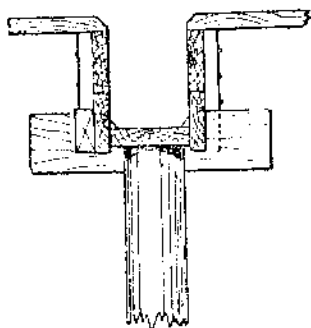


Рис. 107.

На эти боковыя доски сверху, или на рейки, прибитыя къ тѣмъ же доскамъ сбоку, кладется опалубка для пола, которая, при большихъ пролетахъ между балками, также поддерживается промежуточными опорами.

Для снятія такой опалубки достаточно освободить боковыя доски формы балки отъ сжимовъ, выбить клинья.

Опалубка съ боковыми досками освободится, а балка будетъ поддерживаться еще снизу одной доской съ подпорками, которую слѣдуетъ оставлять возможно дольше, пока балка окончательно не окрѣпнетъ.

Для полученія фасокъ въ углахъ балки, употребляются рейки треугольнаго сѣченія, которыя прибиваются къ доскамъ. На торцахъ досокъ опалубки также срѣзывается фаска, что, кромѣ того, облегчаетъ и раскружаливаніе. Последнее, при разбуханіи досокъ, иногда становится весьма затруднительнымъ, почему слѣдуетъ дѣлать всю опалубку легко разбираемой и избѣгать прибивки досокъ наглухо гвоздями. Особенно трудно снимаются доски опалубки, которыя при разбуханіи зажимаются торцами между балками, почему иногда полезно ихъ разрѣзать въ серединѣ пролета между двумя бетонными балками и подъ стыкъ подкладывать поперечную доску, поддерживаемую отдѣльными подпорками (рис. 108).

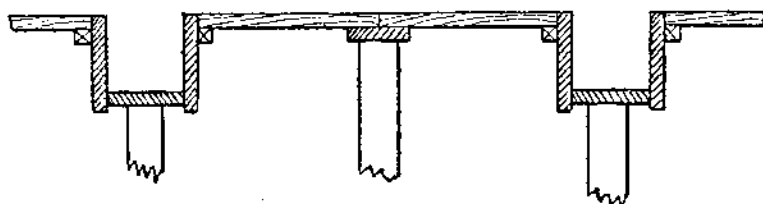


Рис. 108.

При такомъ устройствѣ достаточно убрать подпорки, чтобы опалубка упала и бетонъ освободился отъ формъ.

Стѣны. — Для устройства сплошныхъ стѣнъ, обыкновенно, опалубка ставится съ одной стороны въ видѣ сплошнаго щита на всю высоту стѣны, а съ другой стороны доски закладываются по мѣрѣ заполнения стѣнки бетономъ.

Для очень тонкихъ стѣнокъ, толщина которыхъ не допускаетъ трамбованія бетона между опалубкой формъ и каркасомъ, опалубка ставится только съ задней стороны стѣнки на всю ея высоту, и затѣмъ стѣнка арматуры забрасывается цементнымъ растворомъ, соответственной густоты, который прижимается къ опалубкѣ и затирается деревянными терками наподобіе обыкновенной штукатурки. При трамбованіи бетона въ стѣнахъ, обыкновенно, формы сильно раздаются въ стороны, благодаря чему толщина стѣнокъ получается болѣе проектной. Во избѣжаніе этого явленія необходимо ставить подпорки для укрѣпленія опалубки стѣнъ по возможности чаще, но это затрудняетъ работу и требуетъ большого расхода лѣсныхъ матеріаловъ.

¹⁾ Въ главѣ I было помѣщено описаніе системы «Unit», съ арматурой изъ круглаго и полосового желѣза, въ примѣненіи которой избѣгается устройство подпорокъ: формы посредствомъ особыхъ болтовъ подвѣшиваются къ металлической арматурѣ. Эта система, впрочемъ, представляетъ почти единственный примѣръ въ этомъ родѣ.

Для той же цѣли можно употреблять желѣзные болты, которыми стягиваются черезъ опредѣленные разстоянія противоположныя стѣнки опалубки, какъ показано на рис. 109.

Такіе болты, съ длинною рѣзбой, могутъ служить для постройки стѣнъ разной толщины.

Отверстія, оставшіяся послѣ вынутія болтовъ и снятія опалубки, задылаются цементнымъ растворомъ. Во избѣжаніе сцѣпленія цемента съ болтами, послѣдніе смазываются саломъ или обертываются бумагой.

Столбы.—Для столбовъ прямоугольнаго сѣченія формы дѣлаются съ трехъ сторонъ на всю высоту, изъ довольно толстыхъ и прочныхъ досокъ, поставленныхъ вертикально; четвертая же сторона составляется изъ болѣе тонкихъ, короткихъ досокъ, прибиваемыхъ гвоздями, по мѣрѣ трамбованія бетона въ столбѣ.

На рис. 110 показано наиболѣе простое устройство формъ для столба: одна изъ трехъ вертикальныхъ досокъ (толщ. 2") имѣетъ ширину, равную точно толщинѣ столба, а двѣ боковыя доски прижимаются къ ней посредствомъ деревянныхъ сжимовъ съ клиньями, на нѣкоторыхъ разстояніяхъ по высотѣ столба. Съ четвертой стороны болѣе тонкія (1") доски прибиваются гвоздями по мѣрѣ трамбованія бетона въ столбѣ.

Вмѣсто сжимовъ могутъ употреблены поперечныя рейки, прибитыя къ вертикальнымъ доскамъ, съ выступающими концами, въ которыхъ имѣются отверстія для закладки желѣзныхъ чекъ или болтовъ, какъ показано на рис. 111.

Достаточно вынуть эти болты, чтобы освободить бетонный столбъ отъ формъ.

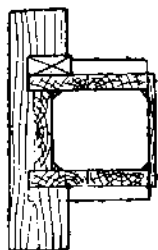


Рис. 110.

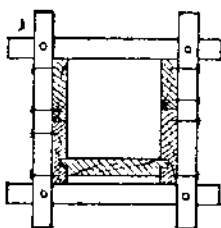


Рис. 111.

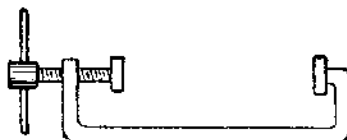


Рис. 112.

Вмѣсто деревянныхъ сжимовъ могутъ употребляться желѣзныя струбчинки, типа, показаннаго на рис. 112.

На рис. 113 показанъ еще одинъ типъ формъ для столбовъ, болѣе сложной конструкціи.

Жесткость формъ.—Громадное значеніе, для послѣдующей прочности сооруженія, имѣетъ жесткость и прочность формъ, въ которыхъ набивается бетонъ. Необходимо, чтобы при трамбованіи послѣдняго, а также при передвиженіи людей и матеріаловъ не происходило дрожанія и колебаній опалубки, благодаря которымъ можетъ измѣняться положеніе арматуры въ бетонѣ, а также появляться вредныя деформации бетона при схватываніи послѣдняго.

Дѣйствительно, возьмемъ для примѣра наиболѣе простой случай плоскаго перекрытія въ видѣ сплошной плиты (рис. 114 и 115).

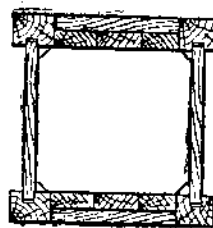


Рис. 113.



Рис. 114.



Рис. 115.

Въ случаѣ слабой опалубки, благодаря ея прогибу и дрожаніямъ при трамбованіи бетона, проволоки арматуры прорѣзаютъ свѣжій бетонъ и арматура, вмѣсто нормальнаго положенія

(рис. 114), приобретает неправильное положение (рис. 115), благодаря чему стержни, которые должны находиться у нижней поверхности покрытия, в действительности по окончании трамбования будут занимать положение, близкое к нейтральной оси плиты, а иногда и выше ее, что конечно сильно изменяет сопротивление плиты внешним усилиям и даже может вызвать обрушение покрытия при незначительной нагрузке или непосредственно вследствие снятия опалубки, чему бывали неоднократные примеры, даже при вполне добросовестном исполнении работы во всех других отношениях и полной правильности расчета.

То же самое, еще в большей степени, имеет место в балках, столбах и т. п. В столбах, при слабых формах, может получиться не только неправильное положение арматуры, но и самый столб выйдет из прямолинейного вертикального положения и окажется непригодным для предназначенной ему работы.

Формы для сложных частей.—Для сложных частей, как напр., карнизы, пояски, разные выступы и т. д., формы обыкновенно делаются из сухого леса довольно чистой столлярной работы, с тем, чтобы эти формы можно было употреблять в дело несколько раз и затем сохранить для будущих работ. Иногда бывает выгодно готовить такие формы из железа, особенно при многих повторениях одной и той же конструкции, напр., вентиляционные, или смотровые колодцы для канализаций, трубы, сифоны и т. д.

Для наружной отделки стен разных зданий или надсводных стен мостов часто применяется отделка рустами. Для этой цели достаточно к вертикальной обшивке форм прибавить рейки треугольного или прямоугольного сечения соответственно разбивке рустов.

Для более сложных украшений или орнаментации применяются формы из всевозможных материалов: чугуна, бетона, гипса, глины и т. д., о чем будет еще речь впереди.

Меры против сцепления бетона с формами.—Бетон вообще сильно сцепляется с поверхностью деревянных, металлических или иных форм, благодаря чему, при снятии последних, отрываются частицы бетонной поверхности, что портит наружный вид сооружения и, кроме того, заставляет очищать формы от приставшего цементного раствора.

Для устранения такого сцепления бетона с формами применяется несколько способов, имеющих, кроме того, целью получить возможно гладкую поверхность бетона.

Деревянную опалубку вообще рекомендуется устраивать так, как показано на рис. 116,

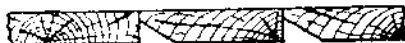


Рис. 116.

именно на одном ребре каждой доски снимать фаску; во время бетонирования такое скошенное ребро скоро набухает и прижимается плотно к ребру соседней доски, закрывая щель между досками. При этом доски, кроме того, не так скоро коробятся от сырости.

Доски вообще следует остругивать, как для получения гладкой поверхности бетона, так и для устранения сцепления бетона с деревом.

Для устранения этого сцепления опалубку часто смазывают разными жирными веществами: салом, минеральным маслом, нефтью (мазутом) и т. п., но это иногда мало достигает цели, т. к. от трения раствора о доски, эта смазка стирается и иногда, попадая в бетон, вредно действует на его прочность. Нефть же быстро впитывается в дерево, а часть ее испаряется и все-таки происходит сцепление бетона с деревом, не говоря уже о том, что смазка нефтью портит лес.

Гораздо лучше употребляемый в Америке способ натирания гладко оструганных досок мылом, слегка смоченным в воде.

На практике автором был испытан еще один способ: именно, поверхность опалубки покрывается посредством мочальной кисти жидким раствором цемента в воде. При этом даже на нестроганных досках замазываются все шероховатости и сцепления бетона с опалубкой не замечается; по снятии же последней получается весьма гладкая поверхность бетона.

Иногда опалубка, например, для перекрытий, покрывается бумагой (из цементных боченков) или дешевой тканью (джутовыми мешками).

Внутренняя поверхность дорогихъ деревянныхъ формъ для сложныхъ частей часто окрашивается масляной краской или обивается кровельнымъ желѣзомъ.

Иногда деревянные формы внутри отдѣляются гипсомъ или алебастромъ для уничтоженія шероховатостей, такъ какъ бетонъ съ этими матеріалами не сдѣпляется.

Металлическія формы, или листовая обшивка деревянныхъ формъ, обыкновенно красятся масляной краской во избѣжаніе сдѣпленія съ бетономъ, но эта мѣра не долговѣчна, такъ какъ покраска скоро стирается и бетонъ пристаётъ къ обнаженнымъ мѣстамъ. Самое лучшее, что можно рекомендовать въ настоящемъ случаѣ, это тщательно очищать формы послѣ каждого употребленія и промазывать какимъ-либо маслянымъ веществомъ, что вмѣстѣ съ тѣмъ предупреждаетъ и появленіе ржавчины.

Намъ случалось видѣть металлическихъ формы съ приставшимъ къ нимъ цементнымъ растворомъ, благодаря небрежности уже отвердѣвшимъ настолько, что очистка ихъ даже посредствомъ стального зубила была невозможна и формы оставалось бросить, какъ негодныя.*

А Р М А Т У Р А.

Для арматуры преимущественно употребляется круглое и полосовое желѣзо. Желѣзо квадратное скрученное (система Рансома), а также различныхъ специальныхъ профилей готовится по особому заказу на заводахъ и поступаетъ на работу въ кускахъ опредѣленной длины, согласно точной спецификаціи. Всевозможныя же сложныя арматуры изъ фасоннаго желѣза, соединеннаго заклепками или болтами, изготавливаются заблаговременно въ особыхъ мастерскихъ.

Приготовленіе арматуры.—Работа по приготовленію арматуры на мѣстѣ работъ сводится къ слѣдующимъ довольно простымъ манипуляціямъ, не требующимъ специальныхъ познаній отъ рабочихъ, именно: 1) выпрямленіе стержней, 2) обрѣзка по требуемой длинѣ, 3) обдѣлка концовъ, 4) очистка наружной поверхности стержней, 5) изгибъ по требуемой формѣ и 6) укладка на мѣсто и перевязка тонкой проволокой.

Выпрямленіе стержней вообще производится деревянными молотками на гладкой чугунной плитѣ. Металлическихъ молотковъ (кроме свинцовыхъ) отнюдь не слѣдуетъ допускать.

Желѣзо или сталь рубится на опредѣленные куски зубиломъ, послѣ чего обдѣляются соответственнымъ образомъ концы стержней.

Обдѣлка эта состоитъ или въ загибѣ конца подъ прямымъ угломъ на длину 2—3 діаметра стержня, или въ расплющиваніи и разрубкѣ концовъ наподобіе ласточкинаго хвоста. Указанная работа, особенно для толстыхъ стержней, обязательно должна производиться въ горячемъ состояніи.

До употребленія въ дѣло, поверхность стержней рекомендуется очищать отъ ржавчины стальными проволочными щетками, а отъ масла или сала слабымъ растворомъ соляной кислоты.

Затѣмъ стержни, если это требуется, изгибаются по шаблону отъ руки или посредствомъ деревянныхъ молотковъ, а для очень толстыхъ стержней иногда приходится примѣнять винтовой прессъ. Полосовое желѣзо для скобъ въ системѣ Геннебика, обыкновенно небольшой толщины, отъ 1,5 до 3 мм., изгибается въ холодномъ состояніи. Болѣе же толстые стержни, при изгибѣ подъ угломъ сверхъ 90°, необходимо обрабатывать кузнечнымъ способомъ въ нагрѣтомъ состояніи. То же самое относится и къ пробивкѣ дыръ въ стержняхъ, если таковыя не предполагается просверливать, за исключеніемъ распорокъ изъ полосового желѣза въ столбахъ Геннебика, гдѣ можно допускать продавливаніе дыръ въ холодномъ состояніи, такъ какъ распорки эти несутъ незначительную работу и играютъ лишь второстепенную роль въ сооруженіи.

Круглое желѣзо получается въ прямыхъ стержняхъ ограниченной длины или смотанное въ круги. Въ первомъ случаѣ пріобрѣтеніе желѣза невыгодно, если длина прутьевъ не соответствуетъ требуемой длинѣ стержней арматуры, такъ какъ обрѣзки желѣза будутъ пропадать непроизводительно.

Поэтому вообще предпочтительнее приобретать круглое железо, особенно небольшой толщины (проволоку), в кругахъ.

Для выпрямления проволоки или круглого железа при разматывании круговъ применяется особый приборъ (рис. 117), состоящій изъ желѣзной или чугунной доски, на которой по одной линіи укрѣплены три стальныхъ ролика, съ желобками, вращающіеся на неподвижныхъ вертикальныхъ осяхъ. Противъ этихъ роликовъ въ шахматномъ порядкѣ находятся два такихъ же ролика, оси которыхъ могутъ перемѣщаться такимъ образомъ, что эти ролики приближаются или удаляются отъ неподвижныхъ роликовъ, соответственно толщинѣ выпрямляемаго круглого желѣза. Ролики закрѣпляются въ опредѣленномъ положеніи посредствомъ винтовъ.

На рис. 117 представлено детально устройство такого прибора для выпрямления проволоки діаметромъ до $\frac{1}{2}$ " ; при большей толщинѣ круглого желѣза конструкція прибора должна

Чертежъ станка для выпрямленія проволоки.

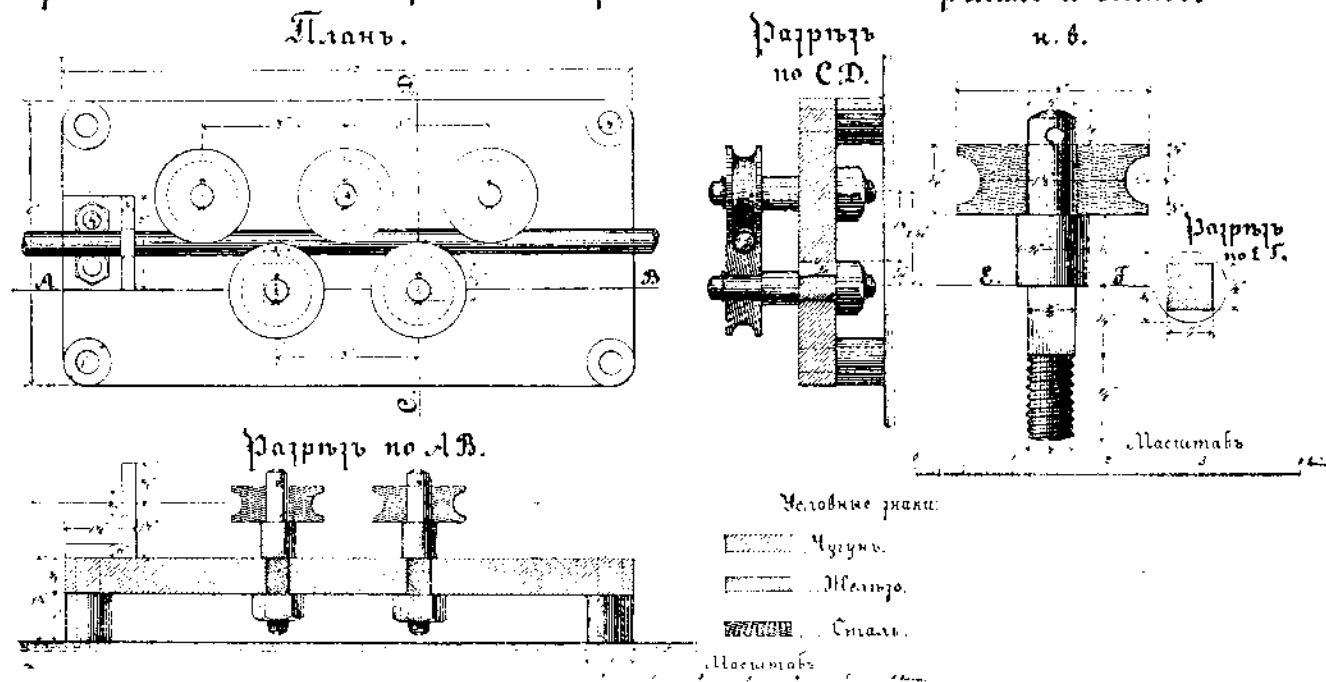


Рис. 117.

быть солиднѣе и діаметръ роликовъ, а также размѣры желобковъ въ нихъ соответственнымъ образомъ увеличены.

Выпрямленіе проволоки происходитъ слѣдующимъ образомъ: приборъ съ роликами неподвижно укрѣпляется на особомъ длинномъ столѣ на козлахъ (рис. 118), или на столбахъ,

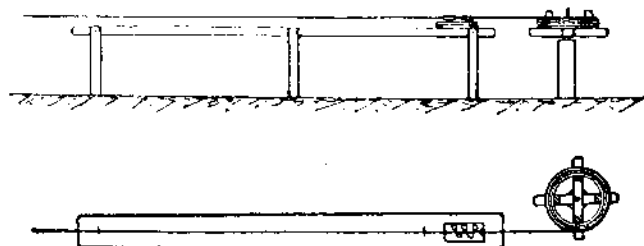


Рис. 118.

врытыхъ въ землю, у одного конца стола. Противъ этого конца на отдѣльномъ столбѣ, вровень со столомъ, помѣщается деревянный крестъ, свободно вращающійся на вертикальномъ штырѣ въ центрѣ.

На этотъ крестъ накладывается кругъ смотанной проволоки; конецъ проволоки продевается между роликами, и, если діаметръ желѣза не болѣе 8 мм., то желѣзо захватываютъ ручными щипцами-острогубцами (кусачками) и тянутъ вдоль стола, съ мѣтками, по которымъ дѣлается обрѣзка проволоки.

При діаметрѣ желѣза болѣе 8 мм., оно вытягивается посредствомъ лебедки и веревки или цѣпи, съ особымъ зажимомъ, захватывающимъ конецъ желѣза.

Для разрѣзки круглаго желѣза употребляются американскія ножницы, которыя могутъ свободно, при среднемъ усилии одного человѣка, рѣзать желѣзо діаметромъ до $\frac{7}{8}$ ". Цѣна такихъ ножницъ въ Россіи, въ зависимости отъ ихъ размѣра, отъ 7 до 22 рублей.

Описанное устройство, для выпрямленія и нарѣзки проволоки, примѣнялось, между прочимъ, при желѣзо-бетонныхъ работахъ на Владикавказской ж. дорогѣ.

Устройство стыковъ.—Стыки стержней въ вытянутыхъ и сжатыхъ частяхъ арматуры устраиваются различнымъ образомъ.

Вообще слѣдуетъ избѣгать стыковъ вытянутыхъ стержней арматуры, но иногда это дѣлается въ силу необходимости, напримѣръ, какъ мы это видѣли, для длинныхъ продольныхъ стержней фабричныхъ трубъ и маяковъ или для направляющихъ колецъ въ канализаціонныхъ и водопроводныхъ трубахъ.

На основаніи опытовъ Баушингера и французской Service des phares et balises можно вывести заключеніе, что при задрѣлкѣ круглаго прута въ бетонъ, сопротивленіе его вырыванію изъ бетонной массы превосходитъ сопротивленіе разрыву самого прута, если послѣдній задрѣланъ на глубину, равную около 25 его діаметровъ.

Опираясь на это заключеніе, достаточно, чтобы въ стыкѣ оба прута заходили другъ за друга на длину, равную отъ 25 до 30 ихъ діаметровъ, безъ всякихъ другихъ соединеній. Однако, для того, чтобы прутья не измѣняли своего положенія во время трамбованія, ихъ связываютъ тонкой отоженной проволокой.

Кромѣ того, для увеличенія сопротивленія вырыванію прутьевъ изъ бетона, концы послѣднихъ загибаются подъ прямымъ угломъ на небольшую длину, внутрь бетонной массы, какъ это мы видѣли въ устройствѣ маяка въ Николаевскомъ портѣ. Если толщина бетона не позволяетъ сдѣлать такого загиба концовъ прутьевъ, то послѣдніе на концахъ расплющиваются или разрубаются въ видѣ ласточкинаго хвоста. (Стойки моста въ Purfleet, Англія).

Концы круглыхъ стержней, подверженныхъ сильному вытягивающему напряженію, иногда соединяются посредствомъ нарѣзныхъ муфтъ, а полосовое и фасонное желѣзо при помощи заклепокъ.

Стыки сжатыхъ стержней дѣлаются въ притыкъ и перекрываются муфтой въ видѣ короткой трубки, длиною около 5 діаметровъ стержня, свободно надѣваемой на концы соединяемыхъ стержней.

Перевязка.—Перевязка стержней арматуры обыкновенно дѣлается посредствомъ тонкой проволоки, діаметромъ 1—1,5 мм., которая предварительно должна быть отожжена.

Наиболѣе удобный способъ перевязки для стыковъ или для пересѣкающихся стержней,

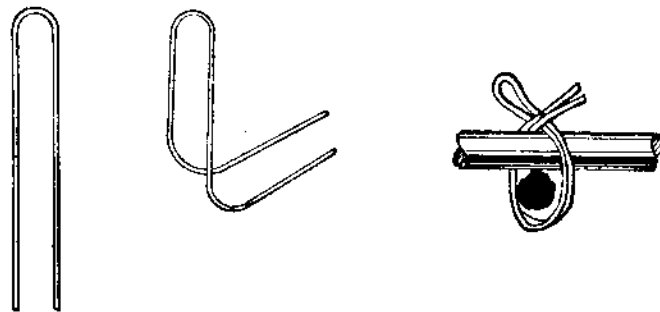


Рис. 119.

напр. въ каркасѣ Монье, слѣдующій: проволока нарѣзается небольшими кусками, которые затѣмъ сгибаются вдвое въ видѣ женской шпильки (рис. 119).

Затѣмъ эту проволоку подкладываютъ снизу пересѣченія стержней, сгибаютъ ее вокругъ нихъ и закручиваютъ концы прямо пальцами или щипцами-плоскогубцами. При этомъ сразу получается перевязка въ двѣ проволоки, безъ необходимости обматывать проволоку два раза вокругъ стержней.

ПРИГОТОВЛЕНІЕ БЕТОНА.

Общая замѣчанія.—Приготовленіе бетона производится ручнымъ или механическимъ способомъ; и въ томъ и въ другомъ случаѣ цементъ и песокъ, идущіе на приготовленіе раствора, должны быть сначала тщательно смѣшаны между собою въ сухомъ видѣ до полученія однородной смѣси. Для этой цѣли песокъ долженъ быть по возможности совершенно сухой.

Каменные матеріалы, какъ то: гравій, щебень и т. п. предварительно прогрохоченные и освобожденные отъ постороннихъ примѣсей, должны быть промыты водой передъ употребленіемъ въ дѣло.

Ручное приготовленіе бетона.—Для ручного приготовленія бетона необходимо имѣть плотно пригнанный полъ или платформу изъ досокъ, достаточно обширную для того, чтобы на ней можно было безъ стѣсненія производить двѣ операции: перемѣшиваніе сухой смѣси цемента и песка и приготовленіе бетона, т.-е. влажной смѣси цемента, песка и гравія. Лучше же всего имѣть два отдѣльныхъ пола для этихъ операций.

Существуютъ два способа производства бетона вручную: по *первому* способу предварительно промытый и еще влажный щебень или гравій разсыпаютъ грядкой по платформѣ, закидываютъ сверху сухой смѣсью песка и цемента и затѣмъ перемѣшиваютъ желѣзными лопатами до равномерной смѣси. При этомъ каждый отдѣльный камешекъ оказывается какъ бы облитымъ приставшимъ къ нему со всѣхъ сторонъ растворомъ.

Но такъ какъ при этомъ одной влажности каменнаго матеріала всегда бываетъ недостаточно для того, чтобы смочить весь сухой растворъ до желаемой степени влажности, то при перемѣшиваніи приходится прибавлять извѣстное количество воды, посредствомъ поливки смѣси изъ леекъ съ сѣтками, или иногда прямо изъ ведеръ. Вода эта разливается по платформѣ и, обмывая уже облитые растворомъ камешки, увлекаетъ за собою частицы раствора.

Кромѣ того, при каждомъ новомъ замѣсѣ бетона приходится прибавлять неопредѣленное количество воды, каждый разъ опредѣляя его на глазъ.

Поэтому такой способъ долженъ быть признанъ неудовлетворительнымъ.

По *второму* способу сухая смѣсь цемента и песка затворяется водою отдѣльно, какъ обыкновенный растворъ для каменной кладки до желаемой влажности и затѣмъ этимъ растворомъ забрасывается разсыпанный по платформѣ грядкой гравій или щебень, предварительно смоченный, и все это перемѣшивается лопатами до полученія равномерной и однородной смѣси.

При этой операциіи растворъ долженъ быть довольно сухой, т.-е. съ малымъ количествомъ воды, а гравій влажный, по знаменитому правилу Вика: «*густой растворъ и влажный матеріалъ*»—правилу, относящемуся къ каменной кладкѣ и, равнымъ образомъ, применимому къ фабрикаціи бетона.

При этомъ способѣ возможно въ первомъ же замѣсѣ точно опредѣлить необходимое количество воды, согласно погодѣ и роду матеріала.

Послѣ перемѣшиванія, растворъ въ бетонѣ долженъ быть достаточно сырымъ и не слишкомъ жидкимъ. Обыкновенно требуется, чтобы шарикъ, скатанный изъ него, лежалъ на ладони руки, не расплываясь и не рассыпаясь, и имѣлъ влажную поверхность.

Вообще-же количество воды въ бетонѣ трудно поддается точному опредѣленію, т. к. зависитъ въ весьма сильной степени отъ состоянія погоды и температуры, а также отъ пористости матеріаловъ. Кромѣ того, слѣдуетъ помнить, что нѣкоторая часть воды изъ бетона стекаетъ, а довольно значительная часть ея впитывается въ деревянные формы и испаряется.

При достаточномъ трамбованіи сухого бетона, на поверхности его всегда выступить влага, но это требуетъ усиленной работы, и, кромѣ того, въ бетонѣ все-таки остаются пустоты вблизи стѣнокъ формъ и около арматуры, куда сухой растворъ не имѣлъ возможности проникнуть.

Поэтому за послѣднее время, особенно въ Америкѣ, отдаютъ предпочтеніе очень влажному бетону, который не можетъ держаться въ кучѣ и расплзается по плоскости.

При такой консистенціи бетона онъ легко выполняетъ всѣ пустоты въ формахъ, вытѣсняетъ воздухъ изъ промежутковъ между отдѣльными щебенками и совершенно обволакиваетъ металлическую арматуру.

Извѣстно, что сцѣпленіе металла съ бетономъ значительно увеличивается въ зависимости отъ степени влажности раствора, а таковое сцѣпленіе имѣетъ громадное значеніе для прочности желѣзо-бетоннаго сооруженія.

При этомъ также не требуется столь тщательнаго трамбованія массы въ формахъ, что освобождаетъ отъ необходимости полагаться на добросовѣстность рабочихъ.

Съ другой стороны, при слишкомъ жидкомъ бетонѣ, растворъ получается пористымъ, и, кромѣ того, его невозможно трамбовать, т. к. онъ разбрызгивается во всѣ стороны.

Формы или опалубка при этомъ должны быть довольно плотными, т. к. иначе жидкій растворъ можетъ легко просачиваться въ щели и ослаблять конструкцію.

Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что работы съ бетономъ вообще запрещается производить при температурѣ ниже -4° — -5° С. При болѣе высокой температурѣ (отъ 0° до -5°) работы хотя и не рекомендуются, но допускаются для второстепенныхъ частей при условіи употребленія теплой воды и отнюдь не мерзлаго песку и щебня. Иногда прибавляютъ къ водѣ поваренную соль. Послѣднее средство, какъ и теплая вода, имѣетъ цѣлью ускорить схватываніе и твердѣніе цемента, пока влажный бетонъ въ сооруженіи не успѣетъ замерзнуть. Вообще-же эти средства вліяютъ въ смыслѣ пониженія сопротивленія бетона и безусловно недопустимы для первостепенныхъ, сильно работающихъ сооружений.

Механическое приготовленіе бетона. — Приготовленіе бетона механическимъ способомъ производится или посредствомъ силы тяжести самой смѣси при помощи довольно примитивныхъ устройствъ, въ родѣ прибора Krantz'a (рис. 120), который состоитъ изъ прямоугольной деревянной трубы съ наклонными полками на противоположныхъ стѣнкахъ, или при помощи вращенія въ специальныхъ бетоньеркахъ всевозможныхъ конструкций, приводимыхъ въ дѣйствіе паровыми, керосиновыми, электрическими и т. п. двигателями.

Механическое перемѣшиваніе бетона имѣетъ многія преимущества и, благодаря полученію болѣе равномерной смѣси матеріаловъ, входящихъ въ составъ бетона, содержаніе цемента въ данномъ случаѣ можетъ быть уменьшено по сравненію съ ручнымъ приготовленіемъ. Кромѣ того, при большомъ производствѣ бетона, приготовленіе его механическимъ способомъ оказывается болѣе выгоднымъ.

Существуетъ множество различныхъ типовъ бетоньерокъ, основанныхъ на разныхъ принципахъ и приводимыхъ въ дѣйствіе различными двигателями, особенно въ С. Америкѣ, гдѣ механическое приготовленіе бетона весьма распространено.

Поэтому описывать здѣсь конструкцію бетоньерокъ всѣхъ различныхъ системъ невозможно по неимѣнію мѣста въ настоящемъ сочиненіи и, кромѣ того, бесполезно, такъ какъ интересующіеся этимъ дѣломъ всегда могутъ найти требуемыя свѣдѣнія въ каталогахъ и объявленіяхъ соответствующихъ

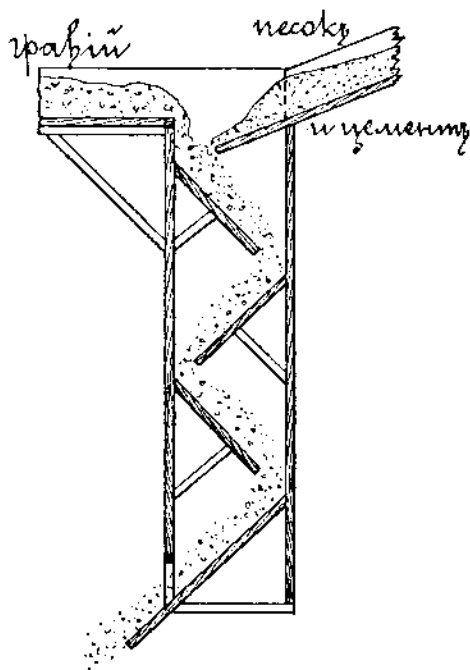


Рис. 120.—Приборъ Кранца.

фирмъ. Для примѣра на рис. 121 показанъ внѣшній видъ бетоньерки системы Рансома, приводимой въ движеніе паровымъ двигателемъ съ вертикальнымъ котломъ. Главное требованіе въ механическомъ приготовленіи бетона то, чтобы бетоньерка находилась по возможности



Рис. 121.—Бетоньерка Рансома.

ближе къ мѣсту работъ и чтобы подача выходящаго изъ нея бетона на работу происходила удобно и не требовала продолжительнаго времени, въ теченіе котораго можетъ начаться схватываніе цементнаго раствора.

Поэтому въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ мы уже видѣли въ главѣ I, бетоньерки съ двигателями иногда устанавливаются на тѣлѣжкахъ и передвигаются по рельсовому пути вдоль мѣста работъ, при чемъ бетонъ поступаетъ на работу непосредственно изъ бетоньерокъ по желобамъ или посредствомъ конвейеровъ.

Составъ бетона.—Пропорціи составныхъ частей бетона бываютъ весьма различны въ зависимости отъ требуемой работы: сопротивленія и непроницаемости, и опредѣляются по объему или по вѣсу цемента, входящаго въ составъ бетона.

Въ Россіи пропорціи бетона опредѣляются почти исключительно по объему.

Наиболѣе употребительная пропорція цемента и песку для тонкихъ частей сооружений 1:3; иногда эта пропорція измѣняется отъ 1:2 до 1:4 для плитъ, половъ и т. п.; для сооружений-же, подверженныхъ давленію воды, отъ 1:1½ до 1:2.

Для смѣси цемента, песку и гравія или щебня берутся пропорціи 1 ч. цемента, 2 ч. песку и 4 ч. гравія, или 1:2,5:5. Иногда для второстепенныхъ и болѣе массивныхъ частей сооружений примѣняется дозировка 1:3:6, но вообще рѣдко.

Указанныя пропорціи соотвѣтствуютъ слѣдующему содержанію цемента по вѣсу въ одномъ кубическомъ метрѣ трамбованнаго бетона:

1:2	650	килогр.
1:3	450	»
1:4	350	»
1:2:4	300	»
1:2½:5	250	»

Геннебикъ обыкновенно употребляетъ слѣдующую пропорцію составныхъ частей бетона при ручномъ перемѣшиваніи:

цемента	300 кил.
песку	0,400 куб. метр.
гравія	0,850 » »

что даетъ въ среднемъ 1,10 куб. метра трамбованнаго бетона и соответствуетъ приблизительно составу бетона 1:2:4 по объему.

Если бетонъ готовится въ бетоньеркѣ, то Геннебикъ уменьшаетъ содержаніе цемента до 250 кил. при томъ-же объемѣ прочихъ матеріаловъ. Другіе конструкторы примѣняютъ подобныя же формулы, измѣняя лишь относительное количество цемента и гравія, такимъ образомъ, однако, что сумма ихъ остается равной 1.200 куб. метр. при количествѣ цемента въ 300 кил.

Всѣхъ цемента, въ среднемъ, можно принимать равнымъ 1.400 килогр. въ 1 куб. метрѣ.

Для морскихъ работъ, въ виду особыхъ условій сопротивленія бетона дѣйствію морской воды, количество цемента увеличивается вдвое, т.-е. до 500—600 кил. на куб. метрѣ трамбованнаго бетона.

УПОТРЕБЛЕНІЕ БЕТОНА ВЪ ДѢЛО.

Подача бетона на мѣсто работы. — Бетонъ долженъ всегда приготовляться по возможности ближе къ мѣсту его употребленія въ дѣло; подача его должна производиться быстро и удобно.

Длиныя перевозки бетона опасны, такъ какъ въ продолженіе такихъ перевозокъ можетъ имѣть мѣсто начало схватыванія бетона, особенно въ лѣтнее время.

Кромѣ того, подъ вліяніемъ постоянного сотрясенія во время продолжительной перевозки въ вагонеткахъ или тачкахъ, растворъ всплываетъ наверхъ, а камни опускаются на дно повозки; однородность бетона нарушается и послѣдній требуетъ вторичнаго перемѣшиванія. Это неудобство замѣтно при мокрыхъ бетонахъ.

Для подачи бетона на работу пользуются различными орудіями: въ случаѣ, если бетоньерки находятся въ очень близкомъ разстояніи отъ мѣста работы, то, какъ уже было сказано, примѣняются желоба и конвейеры (безконечное полотно).

Чаще-же всего, если перевозка бетона совершается въ горизонтальномъ направленіи, то пользуются тачками и повозками разныхъ типовъ, а при большихъ работахъ вагонетками, передвигаемыми по рельсамъ.

Въ вертикальномъ направленіи подача бетона производится въ бадьяхъ или ящикахъ особой конструкціи.

Основное требованіе, предъявляемое ко всѣмъ такимъ орудіямъ подачи бетона, состоитъ въ томъ, чтобы они были приспособлены для удобства опрокидыванія и выгрузки изъ нихъ бетона.

Тачки и повозки. — Для перевозки бетона можетъ служить обыкновенная деревянная тачка съ однимъ колесомъ, типа употребляемаго для земляныхъ работъ, но въ виду ея громоздкости, лучше употреблять легкія металлическія тачки, вошедшія уже въ большое употребленіе за границей, особенно въ Америкѣ.

На рис. 122—123—124 представлено нѣсколько типовъ такихъ тачекъ съ однимъ колесомъ.

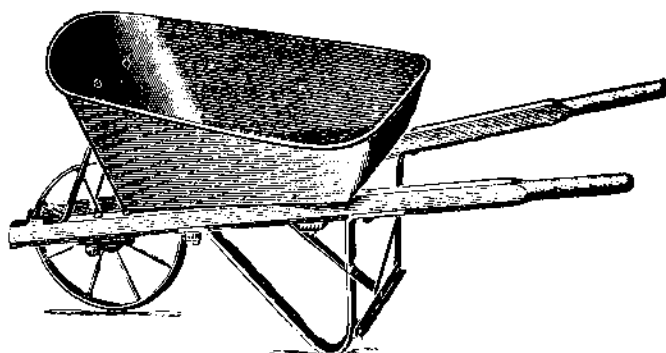


Рис. 122.

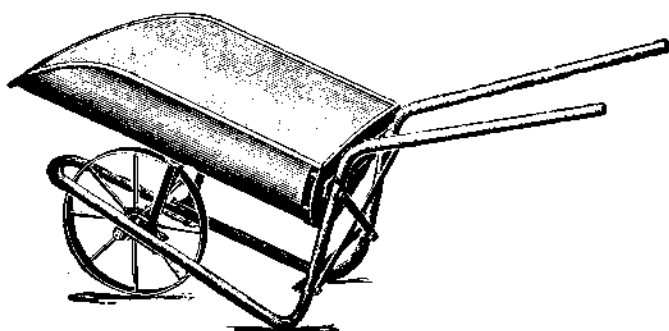


Рис. 123.

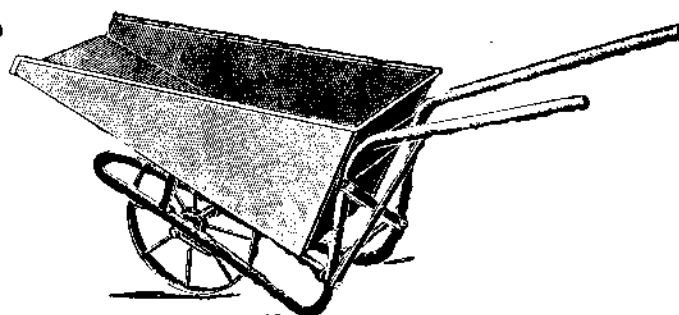


Рис. 124.

Тачки, показанныя на рис. 123 и 124, особенно удобны для опоражниванія. Ручки ихъ сдѣланы изъ металлическихъ трубокъ для облегченія вѣса.

На рис. 125 показана повозка на двухъ колесахъ, большей вмѣстимости.

Наиболѣе удобной изъ такихъ двухколесныхъ повозокъ является повозка Рансома, представленная на рис. 126.

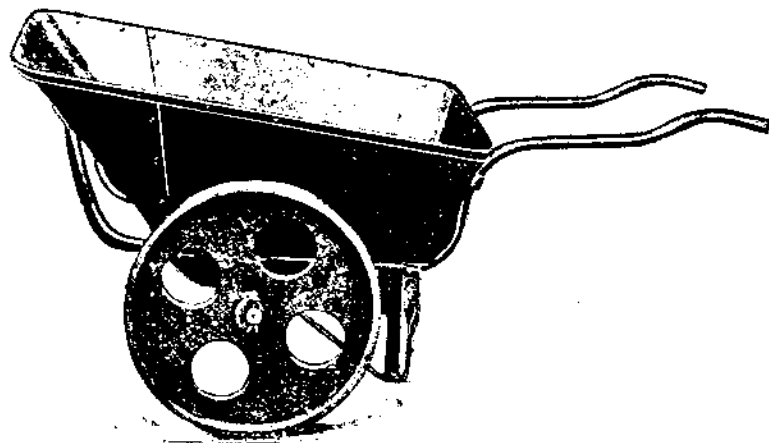


Рис. 125

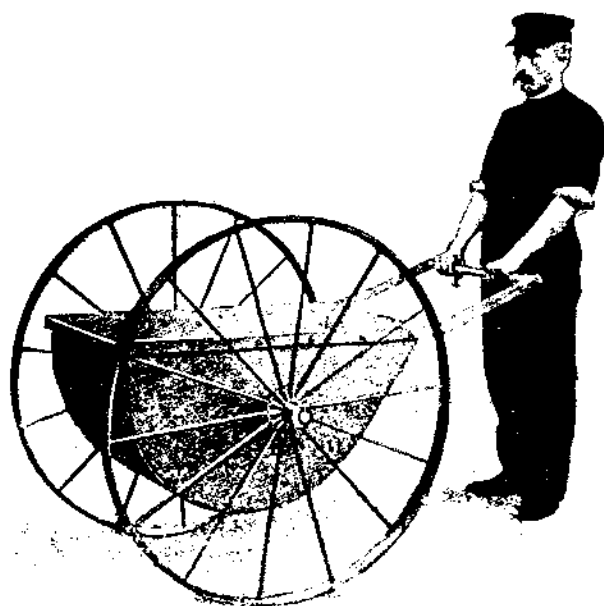


Рис. 126.

На рис. 127 показана вагонетка, передвигаемая по рельсамъ. Кузовъ этой вагонетки



Рис. 130.

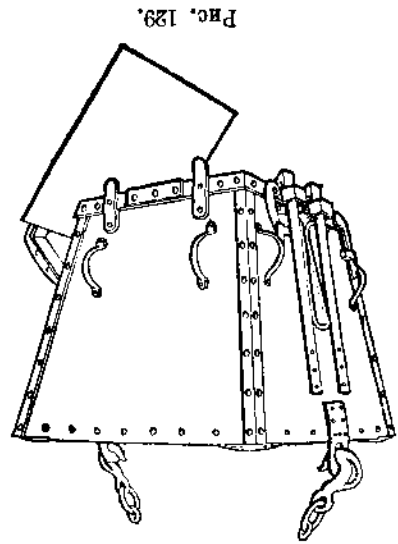


Рис. 129.

(Данъ типъ такого вѣшка представляется на рис. 129—130.

мися днѣтами.

мѣняются металлическіе вѣшки различныхъ системъ съ открывающими-
Для правильно организованной и успешной работы бетона при-
ихъ отъ приставшаго бетона.

благодаря устройству при ихъ опрокидываніи, съ цѣлью освобожденія
нымъ образомъ, скоро разбиваются и приходятъ въ полную негодность,
довольно малую вѣстимость, неудобны для опоражниванія и, глав-
Всѣ эти приборы, годные только для ручной работы, имѣютъ
обыкновенная бадья въ видѣ деревянной кадки съ желѣзными обручами.
окованный желѣзомъ съ желѣзными проушинами для подниманія, или
Для той-же цѣли употребляется вѣщикъ, сдѣланный изъ досокъ и

показано на рис. 128.

Бадья и вѣшки.—Наибольше простой приборъ для подниманія бетона вверхъ состоитъ изъ
перевѣзъ, т.-е. цементнаго боченка, распятого поперекъ и обвязаннаго веревкой, какъ

Рис. 128.

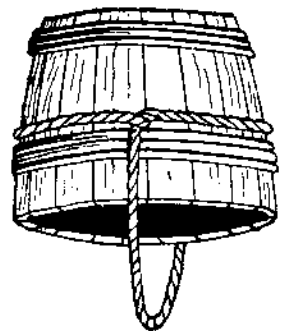
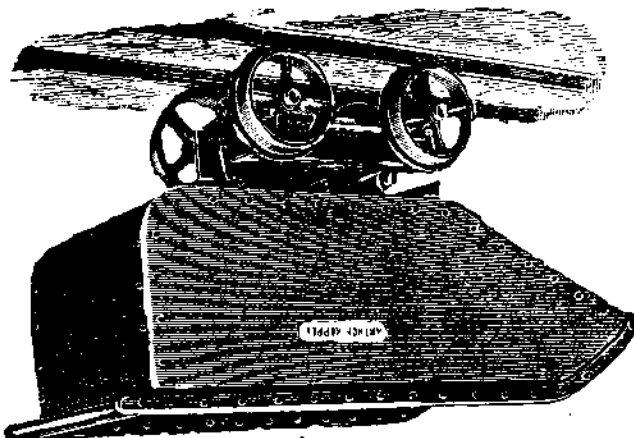


Рис. 127.



поворачивается на вертикальной оси и затѣмъ опрокидывается для выгрузки бетона въ же-
лезномъ направлении.

На рис. 131 представленъ другой типъ ящика, приспособленнаго для той-же цѣли.

Поднятіе бетона. — Поднятіе бетона для работъ, производящихся на нѣкоторой высотѣ надъ уровнемъ земли, производится ручнымъ способомъ, конною тягой, или посредствомъ подъемныхъ машинъ.

Ручная подача производится посредствомъ блоковъ или ручныхъ лебедокъ и пригодна лишь для небольшихъ работъ и при небольшой высотѣ подачи бетона. Последний при этомъ по необходимости подается малыми количествами и самая подача происходитъ слишкомъ медленно.

Примѣненіе конной тяги, въ данномъ случаѣ, въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ сильно распространено. Въ общихъ чертахъ, для такого примѣненія необходимо устройство всего двухъ направляющихъ блоковъ, одного внизу и одного вверху, какъ показано схематически на рис. 132.

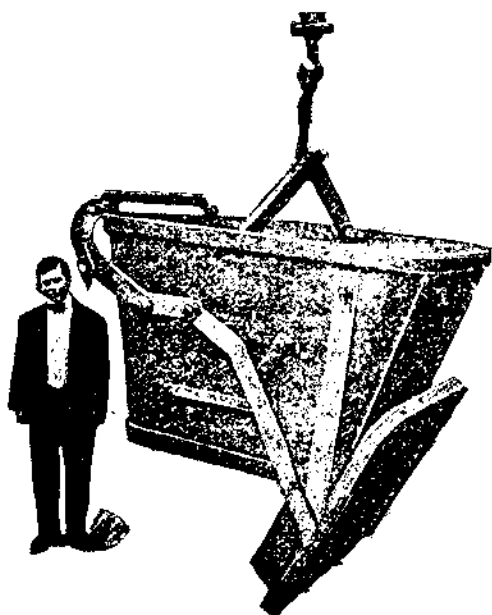


Рис. 131.

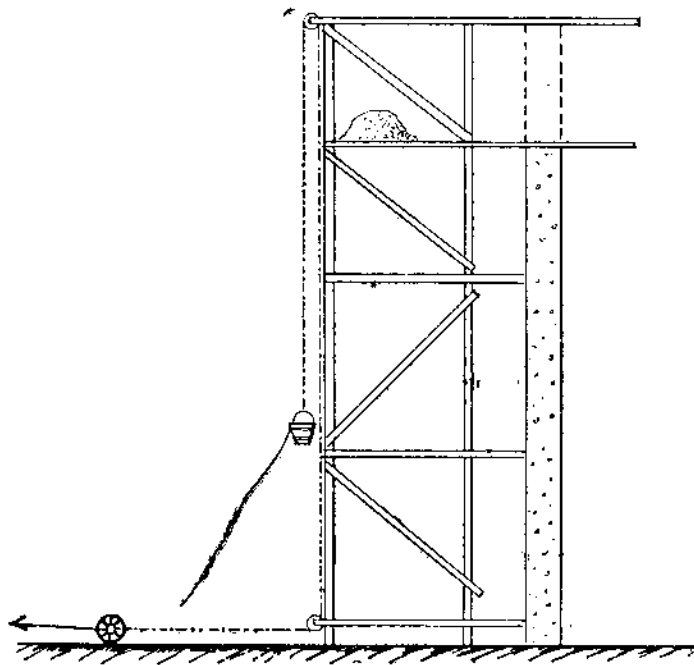


Рис. 132.

Конецъ веревки, выходящій изъ-подъ нижняго блока, завязывается или лучше зацѣпляется посредствомъ желѣзнаго крюка за передокъ съ двумя колесами, снятый съ обыкновенной телѣги, при чемъ тяга можетъ быть одноконная въ оглобляхъ или парная въ дышлѣ.

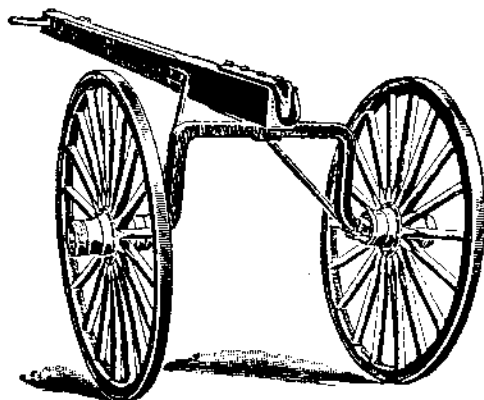


Рис. 133.

Въ С. Америкѣ для этой цѣли употребляются особой конструкціи оси съ дышломъ (рис. 133).

Къ бадью или ящику привязывается тонкая веревка, при помощи которой рабочій, находящійся на землѣ, управляетъ поднятіемъ, чтобы бадья при поднятіи не раскачивалась и не зацѣплялась за подмости. При большихъ работахъ для поднятія бетона употребляются паровые, керосиновые, электрическіе и т. п. двигатели, соединенные съ лебедками. Для этой-же цѣли существуетъ множество типовъ подъемныхъ машинъ, устанавливаемыхъ на подвижныхъ рамахъ или телѣжкахъ и легко перевозимыхъ съ мѣста на мѣсто.

Вообще преимущество и выгода механической подачи бетона по вертикальному направлению сильно возрастаютъ въ зависимости не столько отъ количества бетона, сколько отъ высоты подъема.

Не останавливаясь на описаніи этихъ машинъ, приведемъ для примѣра лишь одинъ наиболѣе простой способъ подачи бетона по методу Рансома, весьма распространенному въ С. Америкѣ, который съ достаточною ясностью представленъ на рис. 134.

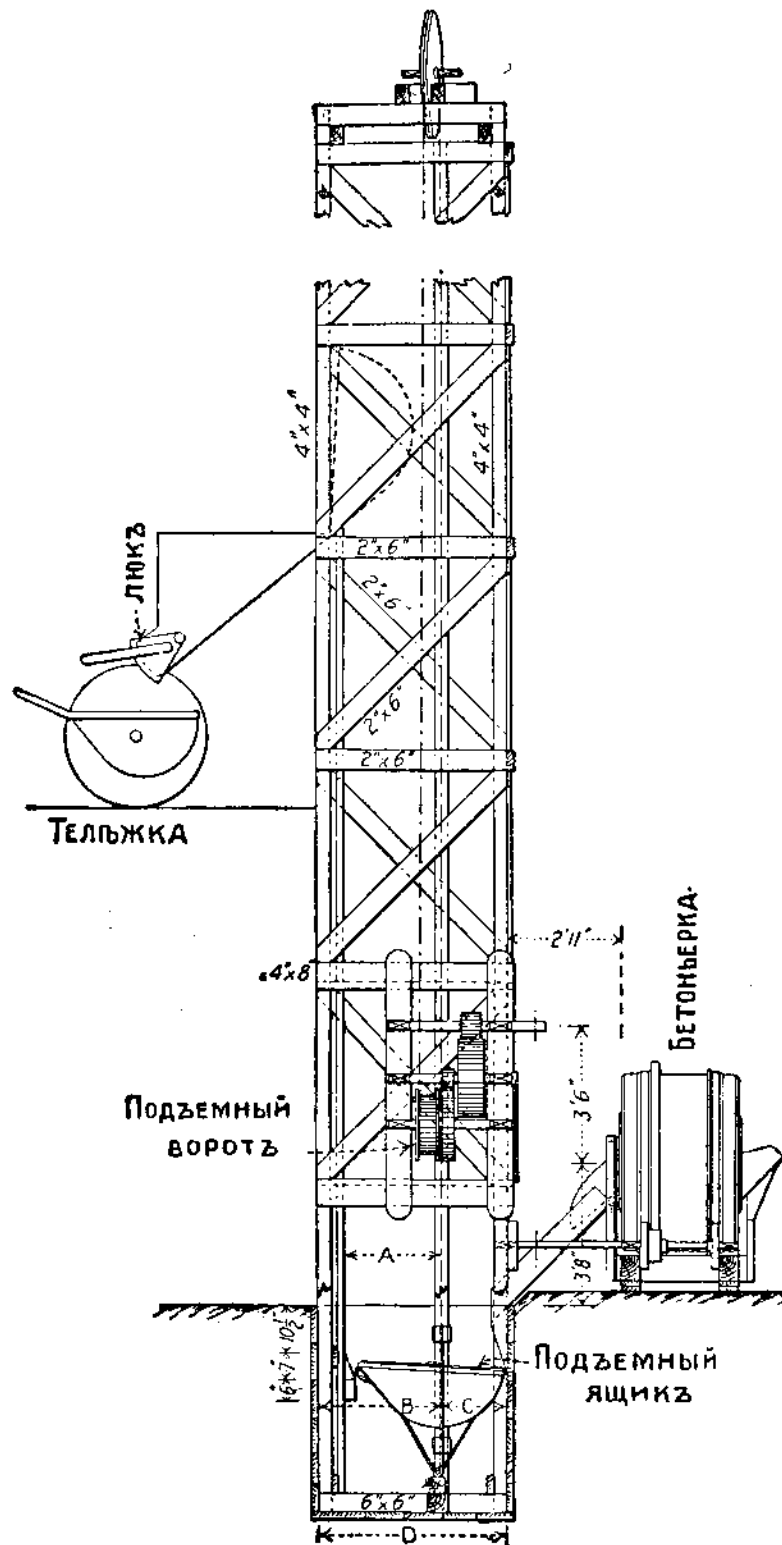


Рис. 134.

Трамбованіе.—Бетонъ насыпается въ формы тонкими и ровными слоями, толщиною отъ 5 до 10 сант. при чемъ мокрый бетонъ можно насыпать болѣе толстымъ слоемъ, но при этомъ никогда не слѣдуетъ высыпать бетонъ изъ ведеръ, тачекъ и т. п. съ нѣкоторой высоты или раскидывать его лопатами по поверхности опалубки, такъ какъ при этомъ болѣе

тяжелые камни или щебенки отдѣляются отъ раствора, чѣмъ нарушается однородность бетона.

Высыпать бетонъ надо осторожно и какъ можно ближе къ опалубкѣ и затѣмъ разгребать лопатами до полученія ровнаго слоя, послѣ чего бетонъ трамбуется легкими и частыми ударами трамбовокъ, проходя по всей поверхности бетона нѣсколько разъ и добавляя новые слои бетона, пока на его поверхности не появится влага или выступить вода, что служить признакомъ достаточнаго уплотненія бетона.

Этотъ кажущійся излишекъ воды вскорѣ, т.-е. черезъ 1—3 часа, исчезаетъ: часть впитывается въ формы, часть испаряется, а нѣкоторое количество поглощается самой бетонной массой при схватываніи цемента.

Для трамбованія бетона служатъ трамбовки деревянныя или металлическія.

Типы деревянныхъ трамбовокъ показаны на рис. 135—136.



Рис. 135.



Рис. 136.

При этомъ пользоваться сосновой трамбовкой неудобно, такъ какъ нижній конецъ ея скоро размочаливается и при щебнѣ съ острыми ребрами, послѣдній часто захватывается мягкой трамбовкой и вытаскивается изъ массы бетона.

Въ трамбовкѣ типа, показаннаго на рис. 136, нижняя часть сдѣлана изъ дубоваго обрубка, окованнаго внизу полосовымъ желѣзомъ, съ двумя прибитыми по бокамъ ручками сосноваго или другого какого-либо дерева. Такую трамбовку рабочій держитъ сразу обѣими руками.

Вообще-же трамбовки должны имѣть такой вѣсъ, чтобы рабочій могъ свободно работать ею, одною рукой.

Тяжелыя трамбовки вредны, потому что скоро утомляютъ рабочаго, трамбованіе происходитъ неравномѣрно, иногда щебень или галька въ растворѣ отъ ударовъ раскалываются и оставляютъ волосные швы, незаполненные растворомъ, формы, сбитыя на гвоздяхъ, отъ сильныхъ ударовъ расходятся, арматура отъ толчковъ также можетъ измѣнить свое положеніе и т. п.

Металлическія трамбовки представляютъ изъ себя чугунную или желѣзную плиту, размеромъ отъ 0,10×0,10 метр. до 0,20×0,20 метр. съ вертикальнымъ раструбомъ, въ который вставляется деревянная ручка (рис. 137 и 138).



Рис. 137.



Рис. 138.

Для трамбованія бетона между арматурой, а также для тонких стѣнокъ, употребляются трамбовки типовъ, представленныхъ на рис. 139, 140 и 141.

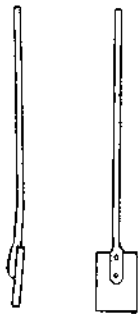


Рис. 139.

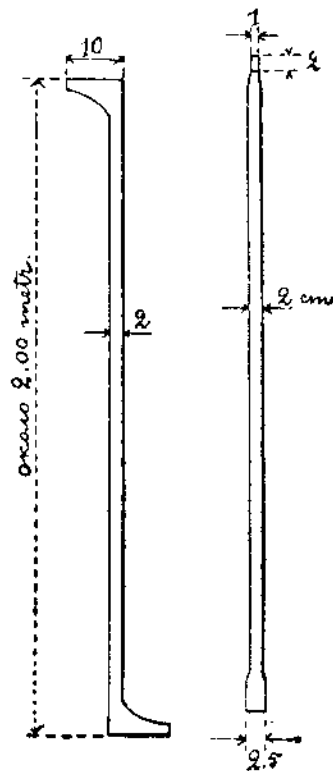


Рис. 140.

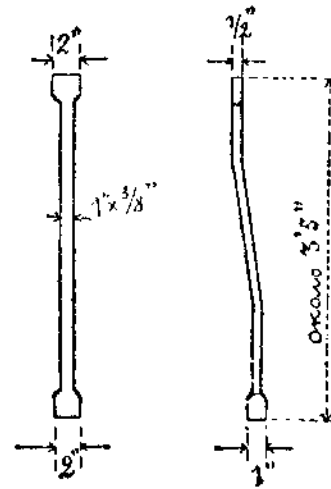


Рис. 141.

Металлическія ручки такихъ трамбовокъ можно по желанію изгибать или выпрямлять для удобства трамбованія въ тѣсныхъ и узкихъ мѣстахъ.

Предохраненіе бетона во время тверднѣнія. — По окончаніи трамбованія бетонную работу на открытомъ воздухѣ слѣдуетъ предохранить отъ дѣйствія солнца, вѣтра, сквозняка и т. п. атмосферныхъ вліяній, для устраненія быстрого высыханія бетона, ослабляющаго нормальное сопротивленіе цементнаго раствора, и, кромѣ того, могущаго быть причиной появленія трещинъ на поверхности бетона.

Само собою разумѣется, что части сооруженія, закрытыя формами, достаточно защищены отъ всевозможныхъ атмосферныхъ перемѣнъ; что-же касается открытыхъ поверхностей бетона, то для предохраненія послѣднихъ рекомендуется принимать слѣдующія мѣры.

Черезъ 6—12 часовъ по окончаніи трамбованія полезно полить поверхность бетона водою и поддерживать влажность отъ 3 до 14 дней, въ зависимости отъ массивности сооруженія и состоянія погоды.

Для этой цѣли, полы и всякія покрытія полезно засыпать слоемъ смоченнаго песка, который дольше сохраняетъ влажность бетона и защищаетъ его отъ непосредственнаго дѣйствія солнца, вѣтра, дождя и т. д.

Тѣ части сооруженій, на которыхъ песокъ не можетъ держаться, закрываются мокрыми рогожами, мѣшками и т. п., или постоянно смачиваются водою изъ горизонтальныхъ трубокъ съ мелкими отверстіями, какъ это мы видѣли, на примѣръ, при постройкѣ фабричныхъ трубъ въ С. А. Соединенныхъ Штатахъ.

Точно также, при производствѣ работъ въ холодное время, слѣдуетъ принимать мѣры для защиты бетона отъ дѣйствія морозовъ въ теченіе процесса его тверднѣнія.

Какъ было уже сказано, обыкновенно въ холодное время для затворенія бетона пользуются подогревою водою въ надеждѣ, что бетонная масса не успѣетъ охладиться до точки замерзанія ранѣе окончанія процесса схватыванія цементнаго раствора.

Этому способствует также и внутренняя теплота, развиваемая во время схватывания цемента. Проф. Гари, наблюдавший тепловые явления при схватывании цемента¹⁾, замѣтилъ, что для быстро схватывающихся цементовъ повышение температуры бываетъ весьма значительно и достигаетъ 20° С, но вскорѣ быстро падаетъ, при чемъ наивысшая точка температуры показываетъ конецъ схватыванія.

Для порландскихъ цементовъ въ смѣси съ пескомъ этотъ процессъ происходитъ гораздо медленнѣе и повышение температуры твердѣющаго раствора значительно менѣе, но все-таки достигаетъ довольно замѣтной величины въ нѣсколько градусовъ Цельсія.

Замѣчено также, что бетонъ, исполненный въ морозное время и не твердѣющій въ течение нѣсколькихъ дней, при первой оттепели схватывается и твердѣетъ съ новою силой.

Несмотря на это, вообще не рекомендуется производить бетонныя работы при температурахъ ниже —5°С, а устройство сильно нагруженныхъ желѣзо-бетонныхъ конструкций при такихъ температурахъ безусловно воспрещается.

Для защиты-же отъ морозовъ уже исполненной работы, ее необходимо закрывать соломой, конечно безъ поливки водой.

Снятие формъ.—Что касается времени снятія формъ, то трудно опредѣлить общій срокъ для всѣхъ желѣзо-бетонныхъ конструкций, такъ какъ онъ зависитъ отъ многихъ факторовъ, въ томъ числѣ отъ состоянія погоды, массивности сооруженія, первоначальной влажности бетонной смѣси, и для каждого даннаго случая опредѣляется достаточнымъ затвердѣніемъ бетона.

При тонкихъ перекрытіяхъ и стѣнкахъ и при небольшихъ пролетахъ можно снимать опалубку на 4-й или 5-й день, не подвергая ихъ сразу нагрузкѣ, хотя лучше выдерживать конструкцию на опалубкѣ не менѣе недѣли.

Солидные перекрытія большихъ пролетовъ рекомендуется выдерживать на опалубкѣ не менѣе двухъ недѣль, а наиболѣе серьезныя сооруженія, наприм., мосты, до одного мѣсяца.

Во всякомъ случаѣ, отъ поздняго раскружаливанія нельзя опасаться никакихъ вредныхъ послѣдствій, могущихъ произойти отъ большой поспѣшности въ этомъ дѣлѣ.

Скорое снятіе формъ вызывается, главнымъ образомъ, сбереженіемъ расходовъ на нихъ, чтобы освободившіяся формы и опалубку переносить съ оконченной части сооруженія на слѣдующія части.

Поэтому, при большихъ работахъ, во избѣжаніе перерывовъ въ работѣ, необходимо имѣть количество формъ немного больше того, которое требуется для исполненія работы въ теченіе срока, положеннаго на снятіе формъ.

ОТДѢЛКА ПОВЕРХНОСТЕЙ.

Послѣ окончательнаго затвердѣнія бетона и снятія формъ, всѣ наружныя поверхности сооруженія подвергаются нѣкоторой отдѣлкѣ. Иногда, при особенно тщательной работѣ формъ, наружная поверхность желѣзобетоннаго сооруженія получается достаточно гладкой, обыкновенно-же она носитъ слѣды досокъ опалубки, бумаги или ткани, которой были покрыты формы.

Кромѣ того, на поверхности бетона всегда получаются пузырьки отъ воздуха, раковины и т. п., которые необходимо замазывать цементнымъ растворомъ.

При этомъ вообще трудно получить совершенно ровную и однообразнаго цвѣта поверхность, почему обыкновенно предпочитается сплошная перетирка или штукатурка всей поверхности желѣзобетоннаго сооруженія. Кромѣ обыкновенной штукатурки, примѣняется иногда желѣзнение бетонныхъ поверхностей, особенно для гидравлическихъ сооружений, окраска, шлифованіе или отдѣлка подъ натуральный камень, а также орнаментация.

Штукатурка.—Штукатурка вообще должна дѣлаться непосредственно по снятіи формъ, пока поверхность бетона не успѣла запылиться и загрязниться.

¹⁾ М. Gary. Tonindustrie Zeitung. 1904, стр. 1220.

Въ полахъ и тому подобныхъ покрытіяхъ, гдѣ верхняя поверхность открыта, рекомендуется, сейчасъ-же по окончаніи трамбованія, начисто затирать еще свѣжій растворъ, дѣлая заранѣе верхній слой бетона изъ болѣе жирнаго раствора съ мелкимъ пескомъ.

Наиболее употребительный раствор для наружной штукатурки 1 ч. цемента и 2 ч. мелкого песку; иногда употребляется пропорция 1:1½, но более жирного раствора употреблять не следует, т. к. при большом содержании цемента, штукатурка трескается и отваливается кусками.

Свѣжую штукатурку вообще слѣдуетъ предохранять отъ дѣйствія солнца, вѣтра, дождя и т. д. въ теченіе нѣсколькихъ дней.

Существуетъ два способа цементной штукатурки. По первому способу, вообще рекомендуемому для тщательныхъ работъ на открытомъ воздухѣ, слой штукатурки долженъ быть совершенно незначителенъ, отъ 2 до 5 мм.; это, собственно, не штукатурка, а затирка цементнымъ растворомъ раковинъ и шероховатостей на бетонной поверхности.

По другому способу, при грубыхъ и неровныхъ поверхностяхъ бетона, а также въ гидравлическихъ сооруженияхъ, отъ которыхъ требуется водонепроницаемость, применяется штукатурка въ настоящемъ смыслѣ, т. е. довольно толстымъ слоемъ, отъ 1 до 2 сант. Такая штукатурка притирается деревянными терками, подобно обыкновенной штукатуркѣ известковымъ растворомъ.

Поверхность такой штукатурки может желѣзниться.

Желѣзненіе.—Процессъ желѣзненія бетона или цементной штукатурки состоитъ въ томъ, что затертая деревянными терками поверхность изъ жирнаго раствора, еще достаточно влажная, передъ схватываніемъ цемента, посыпается отъ руки, или лучше черезъ сито, сухимъ цементнымъ порошкомъ и затѣмъ крѣпко притирается желѣзной или стальной лопаткой (кельмой). Для той-же цѣли употребляются спеціальныя желѣзныя терки (Рис. 142).

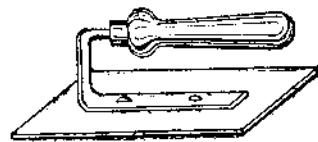


Рис. 142.

При этомъ поверхность принимаетъ черноватый цвѣтъ и характерный металлическій (железный) блескъ. Образуется тонкая корка, сильно увеличивающая твердость слоя: его не беретъ даже стальное зубило.

Слѣдуетъ замѣтить, что желѣзненіе большихъ поверхностей представляетъ очень трудную работу и требуетъ особыхъ специалистовъ рабочихъ. Послѣдніе, между прочимъ, иногда имѣютъ привычку употреблять немножко сажки, чтобы сообщить черноватый цвѣтъ бетону подъ лопаткой, и, при недостаточномъ освѣщеніи, трудно различить обманъ; характернаго металлическаго блеска и уплотненія цемента при этомъ, конечно, не будетъ. Желѣзненіе сильно вліяетъ въ пользу водонепроницаемости бетона и очень полезно для внутреннихъ поверхностей стѣнокъ и дна резервуаровъ.

Такъ, напримѣръ, желѣзобетонный бакъ, емкостью 25 куб. саж., на водосемномъ зданіи ст. Екатеринодаръ, Владикавказской ж. д. внутри также подвергался желѣзненію.

Мыры для увеличенія водонепроницаемости.—Водонепроницаемость желѣзо-бетонныхъ сооружений во многихъ случаяхъ имѣетъ громадное значеніе. Кромѣ желѣзненія, существуютъ еще нѣкоторые другіе способы, напримѣръ, промазка поверхности штукатурки растворомъ квасцовъ и соды. Для той-же цѣли можетъ служить щелокъ, сваренный изъ березовой золы.

Растворъ дѣлается изъ 1 части соды, 5 частей квасцовъ и $7\frac{1}{2}$ частей воды. На ведро такого раствора насыпается три ведра портландъ-цемента и все это разбавляется водой до получения жидкой массы, которою и покрывается поверхность бетона. Пores въ бетонѣ совершенно закупориваются образующимся въ растворѣ глиноземомъ.

Иногда для той-же цѣли употребляется расплавленный парафинъ, который заполняетъ поры въ бетонѣ на глубину до 1 миллиметра. Тоже самое можно сказать и относительно другихъ средствъ: мыло, кремнекислый натръ, растворимое стекло, квасцы и т. д... Вообще же бетонъ самъ по себѣ, съ теченіемъ времени, становится водонепроницаемымъ благодаря тому, что вода растворяетъ свободную известь и отлагаетъ ее вблизи поверхности бетона,

образуя корку, закупоривающую поры въ бетонѣ. Это явленіе особенно часто наблюдалось въ водопроводныхъ трубахъ.

Шлифованіе.—Для полученія красивыхъ поверхностей нѣкоторыхъ частей сооруженій, напримѣръ, половъ, лѣстницъ, колоннъ и т. п., ихъ иногда отдѣлываютъ мраморнымъ шпательнымъ и шлифуютъ, окрашивая при томъ и самый цементный растворъ. Въ виду сравнительной дороговизны мрамора, а также вредности окраски для сопротивленія бетона, мраморно-мозаичный слой дѣлается довольно тонкимъ, отъ 2 до 5 сантиметровъ.

Для такого слоя составляется растворъ изъ одной части краски и отъ 4 до 5 частей цемента. Краска и цементъ передъ употребленіемъ въ дѣло просѣиваются и тщательно смѣшиваются въ сухомъ видѣ.

На 1 часть такой смѣси краски съ цементомъ прибавляется отъ 1 до $1\frac{1}{2}$ части битаго мрамора, предварительно просѣянаго и промытаго.

Иногда, при крупномъ мраморѣ и болѣе грубыхъ работахъ, на 1 часть смѣси краски съ цементомъ прибавляется всего $\frac{2}{3}$ части битаго мрамора. Песокъ въ такомъ растворѣ совершенно отсутствуетъ.

Растворъ готовится довольно сухимъ и сильно трамбуется. Жидкій растворъ не примѣняется потому, что въ немъ образуется масса мелкихъ пузырьковъ, которые при шлифованіи даютъ пористую поверхность.

Затѣмъ черезъ 1 или 2 недѣли, когда твердость цементнаго раствора достигнетъ приблизительно твердости мрамора, поверхность трутъ довольно грубымъ плоскимъ песчаникомъ, а затѣмъ болѣе мелкозернистымъ.

При этомъ сначала стирается неровный верхній слой раствора и постепенно выступаетъ мраморъ. Во время такого шлифованія, поверхность бетона обильно смачивается водой посредствомъ кисти или губки. Поверхность бетона послѣ такого шлифованія получается покрытой многочисленными раковинами отъ пузырьковъ воздуха въ бетонѣ, выкрошившагося мрамора и т. п. Такую поверхность, тщательно вымытую, сейчасъ-же по окончаніи перваго шлифованія, и высушенную, покрываютъ шпаклевкой, съ цѣлью замазать всѣ раковины.

Шпаклевка составляется слѣдующимъ образомъ: сухая смѣсь цемента и краски, предварительно просѣянныхъ сквозь самое мелкое сито и растертыхъ въ сухомъ видѣ, затѣмъ смачивается водою и тщательно растирается на гладкой каменной или чугунной плитѣ, при чемъ получается жирная на видъ масса, въ видѣ густой сметаны или масла.

Полученная масса намазывается на поверхность бетона и растирается по ней посредствомъ мраморной плитки до тѣхъ поръ, пока всѣ поры и раковины не заполнятся совершенно равномерно. Такая шпаклевка, при растираніи по поверхности бетона, схватывается весьма быстро: въ 10—15 минутъ.

По прошествіи 3—4 дней покрытую шпаклевкой поверхность подвергаютъ вторичному шлифованію посредствомъ оселка изъ шифера или самого тонкаго песчаника.

При этомъ особенно надо слѣдить, чтобы подъ оселокъ не попадали песчинки и т. п. вещества, которые царапаютъ поверхность бетона по всевозможнымъ направленіямъ и портятъ шлифовку. Для полученія болѣе плотной и гладкой поверхности лучше всего продерживать зашпаклеванную поверхность до вторичнаго шлифованія возможно дольше, не менѣе недѣли, хотя для ускоренія работы иногда начинаютъ шлифованіе на третій день послѣ наложенія шпаклевки.

Полученную совершенно гладкую и однообразную мозаичную поверхность, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напр., для половъ, ступеней и т. п., можно оставить безъ дальнѣйшей отдѣлки. Въ послѣдствіи, отъ ходьбы, мытья и т. п., такая поверхность становится блестящею.

Иногда, для красоты, при окончательной сдачѣ работы, мозаичная поверхность протирается насухо льнянымъ масломъ, или, еще лучше, натирается мастикой, употребляемой для паркетныхъ половъ.

Для колоннъ, мелкихъ издѣлій и т. п. шлифованная мозаичная поверхность, все-таки нѣсколько матовая, подвергается особому полированію, которое производится нижеслѣдующимъ способомъ.

Шлифованная поверхность протирается насухо грубымъ (солдатскимъ) сукномъ. Для удобства, при полировкѣ довольно большихъ поверхностей, кусокъ дерева обивается войлокомъ, а сверху войлока сукномъ.

Затѣмъ эта поверхность подвергается слѣдующимъ операціямъ:

1) посыпается слегка *сырой* въ порошокъ и сбрызгивается водой въ очень маломъ количествѣ, послѣ чего протирается той-же болванкой, обитой сукномъ, при чемъ вся *сыра* удаляется совершенно.

2) посыпается такъ называемымъ *русскимъ порошокомъ*, сбрызгивается слегка водой и протирается другимъ чистымъ сукномъ. Русский порошокъ легко готовится изъ олова и соляной кислоты: именно, на 1 фунтъ соляной кислоты, въ какомъ-либо глиняномъ или фаянсовомъ сосудѣ, выливается сквозь проволочное сито 4 фунта расплавленного олова.

По окончаніи происходящей при этомъ химической реакціи, въ сосудѣ получается густая масса, которая по высыханіи обращается въ пористое твердое тѣло блѣдно-желтоватаго цвѣта, легко измельчаемое въ порошокъ, который для большей тонкости растирается еще на особой плитѣ.

При изготовленіи такого продукта слѣдуетъ остерегаться брызгъ и паровъ соляной кислоты, во время выливанія расплавленного олова.

3) Поверхность бетона, по окончаніи полировки *русскимъ порошокомъ*, вытирается начисто и окончательно полируется другимъ, *итальянскимъ порошокомъ*, употребляемымъ при полировкѣ мрамора, точно такимъ-же образомъ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

Послѣ этого получается совершенно блестящая и гладкая поверхность.

Слѣдуетъ замѣтить, что окончательные результаты шлифованія и полировки въ весьма сильной степени зависятъ отъ того, насколько тщательно было сдѣлано просѣиваніе и перемѣшиваніе цемента и краски для бетона и отъ тщательности наложенія шпаклевки. Точно также слѣдуетъ по возможности выдерживать дольше зашпаклеванную поверхность, т. е., несмотря на возрастающую трудность шлифованія, твердый матеріалъ дастъ болѣе гладкую поверхность, чѣмъ мягкій и рыхлый, неокрѣпшій растворъ.

Нѣкоторыя, не особенно крупныя вещи, напр., мозаичныя колонки для балюстрады и т. п., можно точить на токарномъ станкѣ при помощи песчаника и оселка.

Наилучшіе результаты мозаичныхъ работъ получаются при растворахъ со слѣдующими красками: голландская сажа (черно-сѣрый цвѣтъ), мумія (красный цвѣтъ), охра (желтый цвѣтъ). Прочія краски слишкомъ разрушительно дѣйствуютъ на цементъ, и растворъ получается слабымъ и вполнѣ негоднымъ для шлифованія.

Ультрамаринъ (голубой цвѣтъ), хотя и не вреденъ для цемента, но растворъ въ послѣдствіи теряетъ голубую окраску и пріобрѣтаетъ бѣловато-сѣрый видъ («выгораетъ», какъ говорятъ въ обществѣ).

Искусственные камни.—Очень часто наружныя поверхности разныхъ сооружений, напр., мостовъ или зданій, отдѣляются подъ натуральный камень, при чемъ стараются подражать какой-либо горной породѣ.

Для полученія окрашенной поверхности, наружный слой бетона долженъ быть изъ болѣе жирнаго раствора съ мелкимъ пескомъ, при чемъ окраска достигается примѣшиваніемъ къ раствору какой-либо краски, которая обязательно должна быть минеральнаго происхожденія и нечувствительна къ щелочамъ.

Но во всякомъ случаѣ всѣ эти краски, за исключеніемъ ультрамарина, вредны для сопротивленія бетона и не слѣдуетъ употреблять ихъ безъ особенной надобности.

Для полученія *сатлаго*, почти *бѣлаго* тона, къ цементу примѣшиваютъ бѣлую известь, алебастръ, мелкій бѣлый песокъ или мраморную пыль. Для полученія *цвѣтныхъ* искусственныхъ камней употребляется песокъ изъ толченыхъ известняковъ желаемого цвѣта, или цвѣтного мрамора.

Такой растворъ сильно трамбуется, или сдавливается прессомъ, а иногда отливается подъ давленіемъ въ довольно жидкомъ состояніи и, по затвердѣніи, обрабатывается, какъ обыкновенный камень.

Этотъ способъ принятъ, между прочимъ, фирмами E. Schwenk и Schobinger und Rehfuss въ Ульмѣ, выставившими свои экспонаты на выставкѣ бетона въ Дюссельдорфѣ въ 1902 году.

Для приданія бетону шероховатой поверхности натурального камня, затвердѣвшую его поверхность промываютъ соляной кислотой. Для приданія же блеска, при отдѣлкѣ подъ гранитъ, къ раствору примѣшиваютъ толченное стекло.

Такіе искусственные камни готовятся отдѣльно, или такой отдѣлкѣ подвергаются на мѣстѣ цѣлыя поверхности желѣзо-бетонныхъ сооружений.

Орнаментация.—Поверхности фасадныхъ стѣнъ нѣкоторыхъ желѣзо-бетонныхъ сооружений иногда покрываются какой угодно орнаментацией. Последняя отливается изъ жирнаго портланд-цементнаго раствора въ пропорціи 1:2 или 1:3, къ которому иногда прибавляется романскій цементъ.

Формы для такихъ отливокъ дѣлаются изъ дерева, чугуна, желѣза, а для различныхъ сложныхъ скульптурныхъ украшеній изъ цемента, гипса или глины.

Такія украшенія удерживаются на поверхности стѣнъ посредствомъ небольшихъ металлическихъ стержней, или проволокъ, выступающихъ для этой цѣли внаружу изъ бетонной массы сооружения.

Б Е Т О Н Н Ы Е З А В О Д Ы .

Общая замѣчанія.—При производствѣ крупныхъ сооружений, въ одномъ, наиболѣе удобномъ для того мѣстѣ, устраивается бетонный заводъ.

Въ составъ такого завода, независимо отъ его расположенія, должны входить слѣдующія постройки и приспособленія:

- 1) Сарай для храненія цемента.
- 2) Навѣсъ для сохраненія песка въ сухомъ видѣ.
- 3) Сарай и навѣсы для изготовленія и исправленія формъ, инструментовъ и храненія машинъ и разныхъ принадлежностей работъ.
- 4) Мѣста для складыванія и сортировки сырыхъ каменныхъ матеріаловъ.
- 5) Машины и приспособленія, а также помосты для приготовленія раствора и бетона.
- 6) Водоемы для воды или водопроводъ.
- 7) Пути и приспособленія для подачи и развозки матеріаловъ и приготовленнаго бетона.
- 8) Небольшія мастерскія съ кузнечнымъ горномъ для наръзки желѣза арматуры, обдѣлки концовъ, а также исправленія инструментовъ.

9) Различный инвентарь: инструменты, машины, тачки, вагонетки, лошади для ихъ передвиженія и т. д.

Мѣсто, выбранное для завода и относительное расположеніе всѣхъ его построекъ должно быть таково, чтобы въ подачѣ и передвиженіи матеріаловъ не встрѣчалось никакихъ препятствій и работа завода могла происходить непрерывно, безъ всякихъ задержекъ.

Заводы на ровной мѣстности.—Примѣръ устройства бетоннаго завода въ совершенно горизонтальной мѣстности, или имѣющей очень слабый уклонъ, представленъ на рис. 143.

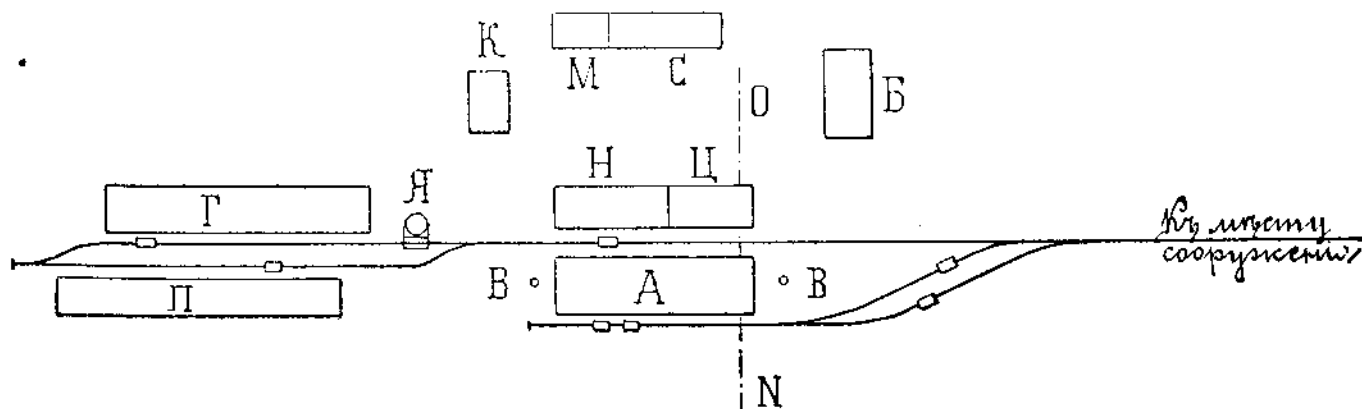


Рис. 143.

Вообще удобнѣе, если мѣстность имѣетъ хотя небольшой уклонъ; тогда платформа для ручного приготовленія бетона или бетоньерки могутъ быть расположены выше того пути, по которому двинутся вагончики, отвозящіе бетонъ, чѣмъ значительно облегчается нагрузка послѣдняго, какъ показано на рис. 144, представляющемъ поперечный разрѣзъ бетоннаго завода по О N.

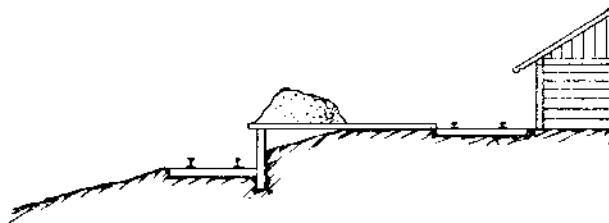


Рис. 144.—Разрѣзъ по О N.

А—платформа для перемѣшиванія бетона или мѣсто для бетоньерокъ.

Н и Ц—навѣсъ для сухого песка и сарай для цемента.

В, В—водопроводные краны.

Г и П—склады гравія и песка.

Я—яма для промывки гравія.

М и С—мастерскія и складъ инструментовъ и формъ.

Б—баракъ для рабочихъ.

К—конюшни.

Примѣрное устройство бассейна и ямы для промывки гравія показано на рис. 145.

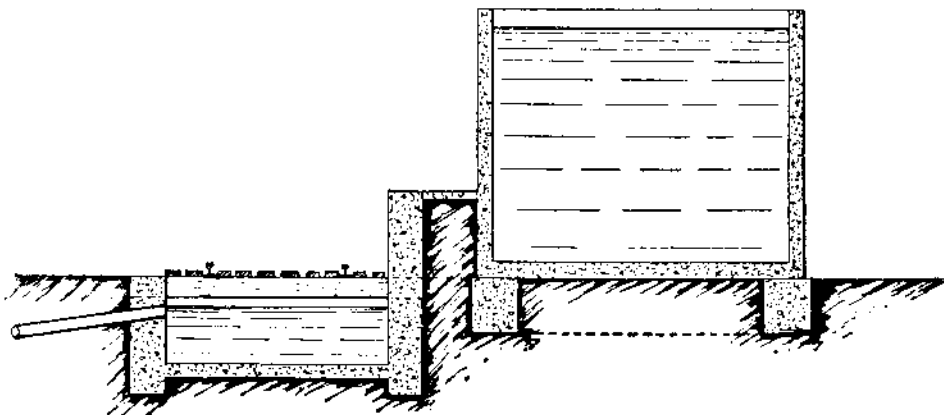


Рис. 145.—Промывной бассейнъ.

Рабочій, стоящій на небольшой платформѣ, черпаетъ изъ бассейна воду ведромъ и выливаетъ ее съ высоты на гравій, подающійся мимо бассейна на работу въ вагонеткахъ, которыя для этой цѣли останавливаются надъ промывной ямой. Последняя покрыта рѣшетчатымъ помостомъ, на которомъ уложенъ путь. Въ днѣ вагонетки имѣются отверстія, сквозь которыя стекаетъ вода.

Для того, чтобы такіе вагончики годились въ случаѣ надобности для другихъ службъ, достаточно закрыть дно съ отверстіями листомъ кровельнаго желѣза.

Избытокъ воды изъ промывной ямы стекаетъ прочь по водостоку, а время отъ времени эту яму требуется чистить отъ ила и мелкаго песка.

Вагончики съ гравіемъ, еще влажнымъ, подаются дальше къ бетоньеркамъ. Бассейнъ для воды можетъ быть круглой формы или прямоугольной на длину нѣсколькихъ вагончиковъ, для одновременной промывки безъ передвиженія ихъ.

Нѣсколько иной типъ завода представленъ на рис. 146.

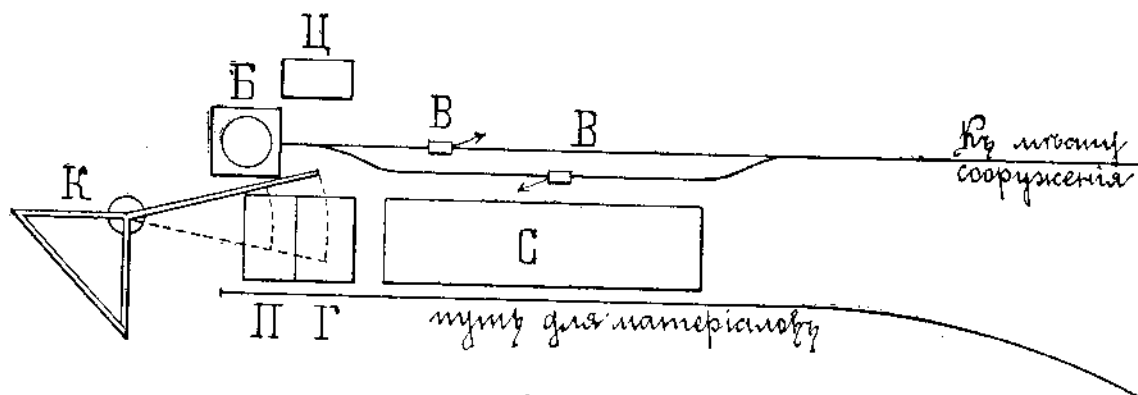


Рис. 146.

Б—бетоньерка.

К—подъемный кранъ.

П и Г—чистый песокъ и гравій.

С—мѣсто для склада и сортировки матеріаловъ.

Ц— сарай для цемента.

В—вагонетки.

Этажные заводы.—Примѣръ устройства бетоннаго завода въ нѣсколько этажей при наличіи мѣстности въ видѣ крутого откоса или отвѣсной стѣны, показанъ на рис. 147.

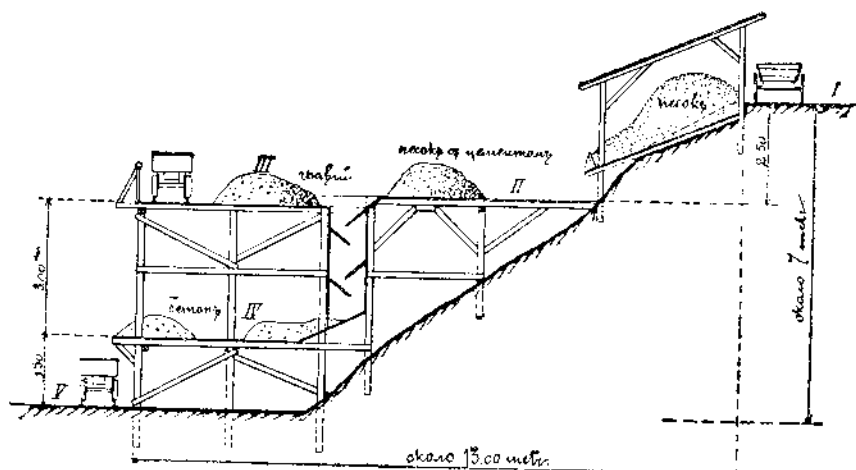


Рис. 147.—Этажное расположеніе бетоннаго завода.

Здѣсь по самой верхней площадкѣ I подвозится вагончиками, тачками или прямо телегами песокъ, который выгружается на наклонную плоскость подъ навѣсомъ, могущимъ вмѣстѣ запасъ песку на два дня работы.

Изъ-подъ этого навѣса по наклонной плоскости песокъ поступаетъ черезъ особые люки или затворы въ мѣрки и высыпается на площадку II, гдѣ перемѣшивается насухую вмѣстѣ съ цементомъ, подкатываемымъ въ боченкахъ по той же площадкѣ II.

На площадкѣ III по особому пути доставляется вагончиками гравій, уже промытый, который высыпается и отмѣряется на той же площадкѣ.

Затѣмъ одновременно смоченный гравій и растворъ цемента съ пескомъ сталкиваются въ смѣшивающій приборъ инженера Кранца, уже описанный въ свое время.

Такихъ приборовъ по длинѣ площадки III можетъ быть нѣсколько штукъ, числу которыхъ соответствуетъ и число люковъ или затворовъ у песчаного навѣса.

Перемѣшанный въ приборѣ Кранца бетонъ поступаетъ изъ него непосредственно на площадку IV, откуда уже сгружается въ вагончики, стоящіе на пути, расположенномъ въ уровнѣ площадки V.

Разность уровней верхней и нижней площадок (I и V) должна быть около 7 метровъ. Вся конструкція такого завода деревянная, въ видѣ эстакады.

Фабрикація трубъ. — Многие бетонные заводы специально приспособляются для выдѣлки желѣзо-бетонныхъ трубъ. При большихъ же канализационныхъ работахъ изготовленіе трубъ часто представляетъ почти единственное назначеніе завода.

Трубы вообще дѣлаются при помощи двухъ формъ, наружной и внутренней, когда толщина бетонныхъ стѣнокъ достаточно велика для того, чтобы оставался свободный проходъ для трамбовки между арматурой и стѣнками формъ.

Такия формы почти исключительно дѣлаются металлическія. На рис. 148—152 представлены детальныя чертежи одного изъ типовъ такихъ металлическихъ формъ для трубъ оvoidальнаго сѣченія. Нижнее чугунное кольцо (рис. 152), укладываемое на землю, при сборкѣ формъ, служитъ для формовки стыка бетонныхъ трубъ.

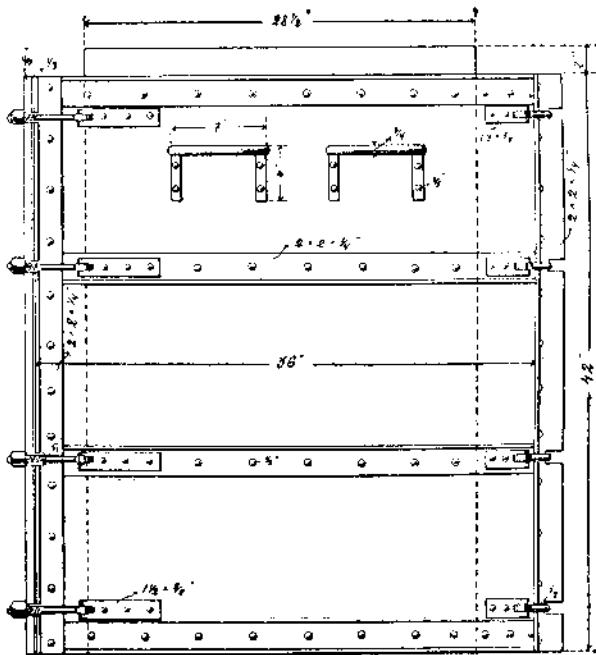


Рис. 148.

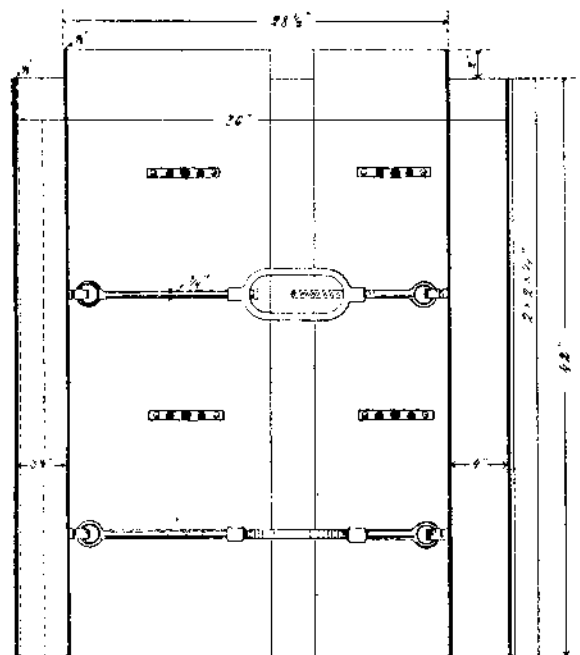


Рис. 150.

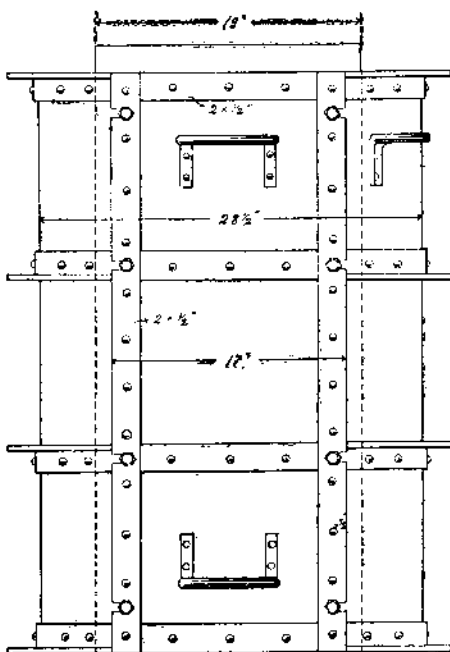


Рис. 149.

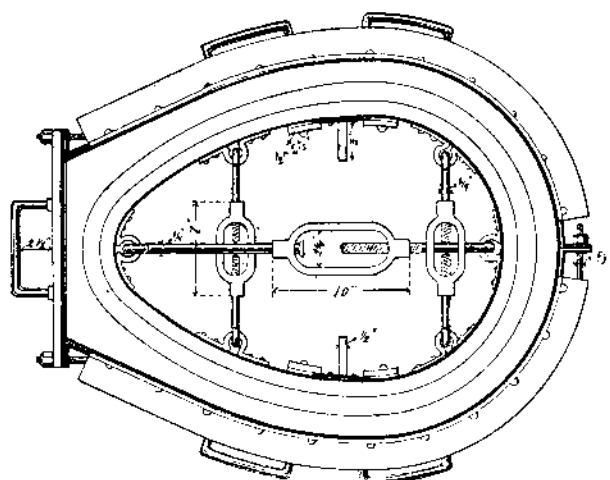


Рис. 151.

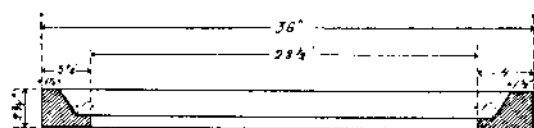


Рис. 152.

Когда арматура трубы состоитъ изъ фасоннаго желѣза, какъ, напр., въ системахъ Бордена или Бонна, то трамбованіе бетона дѣлается невозможнымъ и необходимо наливать въ формы цементный растворъ, довольно жидкій для того, чтобы онъ заполнилъ всѣ впадины арматуры. Въ этомъ случаѣ пользуются цементомъ съ быстрымъ схватываніемъ (см. «Материалы». Романскій цементъ).

Отливка трубъ дѣлается въ вертикальномъ положеніи.

Въ системѣ Бордена арматура готовится при помощи машины, которая свертываетъ стержни изъ двутавровой стали въ цилиндрическую спираль желаемого діаметра. Затѣмъ къ этой спирали привязываются посредствомъ проволоки продольные стержни.

Въ системѣ Бонна стержни крестового сѣченія, нарезанные на определенную длину, сгибаются въ кругъ и склепываются на концахъ накладками. Затѣмъ къ нимъ привязываются продольные стержни.

Отливка такихъ трубъ дѣлается при помощи особой машины, названной французами *rondeuse* (букв. курица, несущая яйца).

Эта машина состоитъ изъ подмостей съ поломъ, на нѣкоторой высотѣ отъ земли, на которомъ находятся рабочіе, исполняющіе отливку, а также инструменты и матеріалы. Сверху этотъ полъ накрытъ крышей, которая можетъ состоять изъ брезента, натянутого по рейкамъ.

На землѣ кладется чугунное или деревянное кольцо, соответствующее въ планѣ формѣ трубы. На это кольцо ставится вертикально металлическая арматура, потомъ опускаютъ въ середину ея внутреннюю форму или барабанъ, посредствомъ отдѣльнаго крана (рис. 153), или блока, находящагося на самой платформѣ.

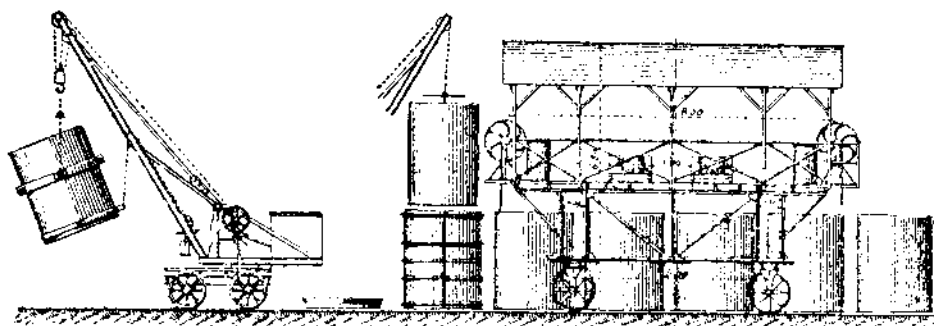


Рис. 153.

Діаметръ внутреннего барабана, по желанію, можетъ уменьшаться для освобожденія его послѣ затвердѣнія бетона.

Наружныя стѣнки формы, раскрытыя на двѣ половины, подвѣшены къ полу. Ихъ также опускаютъ на мѣсто и соединяютъ болтами. Затѣмъ при помощи воронки наливаютъ растворъ, постукивая деревянными колотушками по наружной формѣ для облегченія опусканія раствора.

По наполненіи формы, снимаютъ воронку и сглаживаютъ верхнюю часть трубы.

Когда цементъ достаточно затвердѣетъ, то вынимаютъ барабанъ, раскрываютъ наружныя стѣнки формы и поднимаютъ ихъ.

Вся машина «*rondeuse*» стоитъ на колесахъ, которые катятся по рельсовому пути, уложенному по окружности въ планѣ.

Вновь сдѣланная труба остается на мѣстѣ, тогда какъ машина подвигается дальше, для изготовленія новой трубы. Когда машина обойдетъ весь кругъ и вернется на прежнее мѣсто, на что потребуется 2—3 дня, то трубы уже будутъ сняты краномъ, который ходитъ по другому пути, концентричному съ первымъ и уложенному внутри перваго.

Трубы укладываются на особые низенькіе вагончики для отвозки на мѣсто работъ или въ складъ.

Сложный растворъ для отливки трубъ содержитъ обыкновенно 0,615 куб. метр. песку и 450 килогр. цемента, изъ которыхъ 350 кил. цемента съ быстрымъ схватываніемъ и 100 кил. цемента съ медленнымъ схватываніемъ.

гдѣ:

- f — стрѣла прогиба.
- l — пролетъ балки.
- h — высота балки.
- P — временная нагрузка.
- Q — постоянная нагрузка.

Испытаніе дѣлается черезъ два—три мѣсяца, и во всякомъ случаѣ не ранѣе одного мѣсяца по окончаніи сооруженія.

Измѣрительные приборы.—Для измѣренія прогиба сооруженій подѣ дѣйствіемъ нагрузки пользуются разными приборами. Самый простой изъ нихъ состоитъ изъ линейки, имѣющей дѣленія и укрѣпленной на неподвижной рейкѣ или сваѣ, и указателя, прикрѣпленнаго къ конструкции въ мѣстѣ, гдѣ опредѣляется прогибъ.

Въ такомъ случаѣ стрѣлы прогиба, отсчитываемыя по линейкѣ, получаютъ въ натуральную величину.

Примѣняя неравноплечій рычагъ для указателя, можно получать стрѣлы прогиба съ увеличеніемъ, напр., въ 10 разъ противъ натуральной величины, что способствуетъ большей точности отсчета.

Для той же цѣли существуетъ нѣсколько системъ специальныхъ приборовъ, называемыхъ флексиметрами.

Изъ послѣднихъ приведемъ здѣсь одинъ такой приборъ, наиболѣе удачной конструкціи, именно флексиметръ инженера Griot въ Цюрихѣ (рис. 154—155).

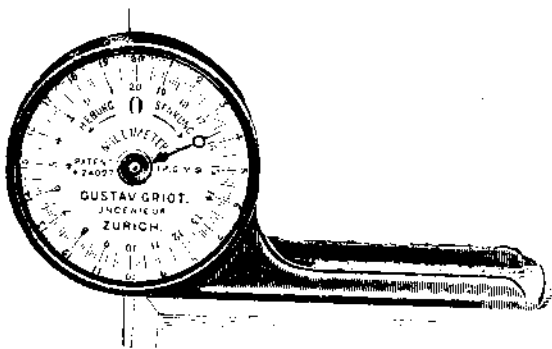


Рис. 154.

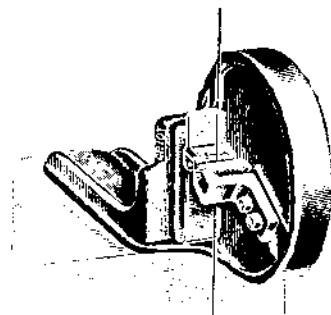


Рис. 155.

Дѣйствіе этого аппарата заключается въ томъ, что тонкая желѣзная проволока, обязательно *отожженная*, пропускается между двумя валиками изъ алюминиевой бронзы, прикрѣпленными съ задней стороны циферблата.

На оси одного изъ валиковъ, проходящей въ центрѣ циферблата, имѣется стрѣлка, которая показываетъ на круговомъ циферблатѣ стрѣлы прогиба съ точностью до $\frac{1}{20}$ миллиметра.

Цифры на циферблатѣ идутъ по окружности въ ту и другую сторону, что позволяетъ дѣлать отсчеты при движеніи стрѣлки вправо или влево, при прогибѣ или обратномъ поднятіи сооруженія.

Этотъ аппаратъ очень компактный и его легко носить въ карманѣ.

Для его установки достаточно повернуть его двумя небольшими шурупами къ какому-либо неподвижному предмету, напр., къ простой табуреткѣ, поставленной на землѣ. Одинъ конецъ проволоки прикрѣпляется къ той точкѣ сооруженія, прогибъ которой желательнао измѣрить, а къ свободному концу привязывается какой-либо грузъ (камень, гиря), вѣсомъ около 10—15 фунтовъ, достаточный для натяженія проволоки и приданія ей вертикальнаго направленія.

Послѣ прикрѣпленія проволоки, ее вводятъ между двумя валиками аппарата, устанавливая послѣдній вмѣстѣ со своей опорой такъ, чтобы проволока сохраняла точно вертикальное направленіе.

Нельзя при этомъ употреблять гладкую, блестящую проволоку, такъ какъ послѣдняя скользитъ между валиками и показанія прибора получаются неточныя.

Передъ измѣреніемъ, стрѣлка ставится на нулевое дѣленіе, для чего одинъ изъ валиковъ на пружинѣ отводится въ сторону.

На рис. 156—158 показаны разныя положенія прибора: А—для измѣренія прогиба въ

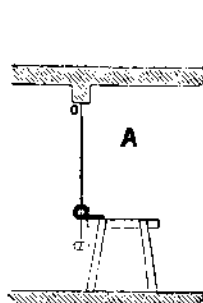


Рис. 156.

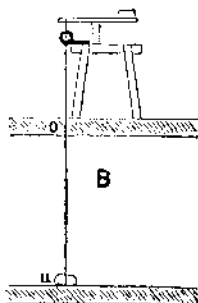


Рис. 157.

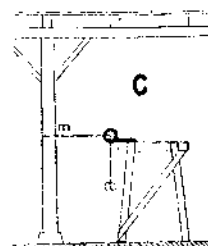


Рис. 158.

точкѣ *o*, В—для измѣренія прогиба въ точкѣ *u*, С—для измѣренія бокового изгиба въ точкѣ *u* колонны или стѣны.

Въ послѣднемъ случаѣ, для измѣренія боковыхъ прогибовъ, употребляется очень тонкая проволока ($\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$ мм.), которая прилагается при самомъ приборѣ въ видѣ металлической нитки, за неимѣніемъ которой можно употреблять сухую льняную нитку. Эта нитка, натянутая грузомъ, огибаетъ центральный валикъ прибора подъ прямымъ угломъ. Другой валикъ, на пружинѣ, при этомъ отводится въ сторону и удерживается посредствомъ особой металлической вилки.

СТОИМОСТЬ РАБОТЪ.

Составленіе сметы.—Трудно дать какія-либо точныя указанія относительно предварительнаго исчисленія стоимости желѣзо-бетонныхъ конструкцій, въ виду крайняго разнообразія таковыхъ, а главнымъ образомъ потому, что въ данномъ случаѣ весьма важную роль играютъ самыя приемы производства работъ, различныя вспомогательныя устройства, формы, ихъ использование и т. п. факторы, зависящіе отъ способностей и предпримчивости строителя, что предвидѣть въ сметѣ совершенно невозможно.

Стоимость желѣзо-бетоннаго сооруженія вообще складывается изъ отдѣльныхъ стоимостей:

- 1) Бетона, съ заготовкою матеріаловъ, приготовленіемъ его и трамбованіемъ.
- 2) Металла арматуры, съ его обработкой и положеніемъ въ дѣло.
- 3) Формъ и подмостей, со стоимостью матеріала и работы.
- 4) Отдѣлки сооруженія.

Въ виду того, что отдѣлка бетонныхъ поверхностей можетъ варьировать отъ простой цементной штукатурки до сложной скульптурной орнаментаціи, расцѣнка которой отвлечетъ насъ далеко отъ трактуемаго предмета, то послѣдній пунктъ мы вовсе не будемъ разсматривать. Приведемъ лишь нѣкоторые соображенія относительно расцѣнки стоимости бетона, арматуры и формъ въ обыкновенныхъ условіяхъ практики.

Бетонъ.—Стоимость бетона складывается изъ отдѣльныхъ стоимостей цемента, песку и гравія, а затѣмъ перемѣшиванія этихъ составныхъ частей, и употребленія готоваго бетона въ дѣло.

Количество цемента въ 1 куб. метрѣ бетона въ сооруженіи можно опредѣлить по вѣсу, пользуясь слѣдующей приблизительной таблицей:

Составъ бетона по объему. . .	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 2 : 4	1 : 2 $\frac{1}{2}$: 5
Цементъ по вѣсу	650 кил.	450 кил.	350 кил.	300 кил.	250 кил.

на 1 куб. метрѣ бетона, принимая вѣсъ куб. метра цемента въ 1400 килограммовъ.

Отсюда, зная всё боченка цемента, можно определить количество боченков цемента, а следовательно и стоимость цемента для одной куб. сажени бетона данного состава ¹⁾.

Что касается песка, то цена кубической единицы его складывается из стоимости его добычи, просивания и доставки и вполне определенная для данной местности.

Количество песка надо всегда считать с запасом против нормального размера, полагая на утерю от 30% до 100%, при чем больший процент утери падает на более мелкую работу.

Стоимость гравия определяется также из стоимостей его добывания, доставки, грохочения и промывки. Стоимость этих операций вообще имеет большие колебания в зависимости от размеров гравия и количества получаемых на грохот отбросов материала, негодящегося для данной работы по своей крупности.

Что касается ручного перемешивания, то в артели из нескольких человек, каждый может приготовить в день 0,10 куб. саж. или 1 куб. метр бетона, считая отмеривание материалов, приготовление сухой смеси, перемешивание бетона и трамбование.

Арматура.—Стоимость арматуры складывается из стоимости металла и его обработки.

Для стальных арматур цена плетения каркаса чаще всего определяется от квадратной единицы площади каркаса, при диаметре железа до $\frac{3}{8}$ ". При большей толщине, а также для металла разных сечений, приготовление арматуры расценивается с пуда.

Ниже приведены сведения о потребном количестве рабочей силы и материалов для некоторых наиболее употребительных работ по изготовлению арматуры, выработанные личной практикой автора настоящей книги.

§ 1. Для сделанной сетки Монье с выпрямлением проволоки, смотанной в круги, нарезкою по определенной длине, положением в дѣло и перевязкою тонкой отоженной проволокой во всех пересечениях:

на 1 кв. саж.:

а) при размере петель сетки в 0,035 саж.:

	Рабочихъ	1,60	—
Проволоки $\frac{1}{4}$ " (6 м.м.)	пуд.	—	1,80
» 1 м.м. отожд.	фунт.	—	1,00

б) при размере петель сетки в 0,05 саж.

	Рабочихъ	1,10	—
Проволоки $\frac{1}{4}$ " (6 м.м.)	пуд.	—	1,26
» 1 м.м. отожд.	фунт.	—	0,70

в) при размере петель сетки в 0,05 саж.:

	Рабочихъ	2,50	—
Проволоки $\frac{3}{8}$ " (9,5 м.м.)	пуд.	—	2,80
» 1 м.м. отожд.	фунт.	—	1,10

§ 2. Для положения в дѣло арматуры из железа круглого, полового или квадратного сечения, состоящей из продольных стержней и поперечных связей, типа Коанье, Геннебика и т. п. для балок, арок и столбов, с выпрямлением железа, разрубкою его на куски определенной длины, обдѣлкою концов, очисткою от грязи и ржавчины, с промывкою 2% раствором соляной или серной кислоты, соединением

¹⁾ Принимая чистый весь цемента в боченки=10,25 пуд., получим следующую таблицу:

Состав бетона по объему	1:2	1:3	1:4	1:2:4	1:2:4:5
Цемент бочекъ	39	27	21	18	15
на 1 куб. саж. бетона.					

отдѣльных частей и установкой на мѣстѣ, на каждый пудъ желѣза въ дѣлѣ полагать:

	Кузнецовъ	0,25	—
	Плотниковъ	0,10	—
	Рабочихъ	0,60	—
Угля древеснаго	четвертей	—	0,50
Кислоты	фунт.	—	0,10
Пакли	фунт.	—	0,25
Проволочныхъ щетокъ	шт.	—	0,01

На угаръ желѣза полагать 5% для частей, подвергающихся нагреванію.

Примѣчаніе. Въ столбахъ системы Геннебика, для пробивки дыръ въ планкахъ изъ полосового желѣза, на 1 пудъ планокъ въ дѣлѣ добавлять:

	Кузнецовъ	2,25	—
Угля древеснаго	четвертей	—	2,00
Все остальное безъ измѣненій.			

§ 3. Арматуры изъ фасоннаго желѣза, какъ, на примѣръ, Мелана, Вунша и т. п. должны быть заводской работы, безъ окраски.

На очистку 1 пуда желѣза по установкѣ на мѣсто полагать:

	Рабочихъ	0,20	—
Кислоты	фунт.	—	0,08
Пакли	фунт.	—	0,20
Проволочныхъ щетокъ	шт.	—	0,005

Формы. — Формы обыкновенно представляютъ наиболѣе дорогой элементъ въ желѣзобетонныхъ сооруженіяхъ. При расцѣнкѣ работъ необходимо принимать во вниманіе то обстоятельство, что при нѣсколькихъ одинаковыхъ сооруженіяхъ формы могутъ быть употреблены нѣсколько разъ, и цѣна ихъ разложится на отдѣльныя сооруженія, съ добавленіемъ лишь стоимости ремонта и установки формъ.

Очень часто, при составленіи предварительныхъ смѣтъ, стоимость формъ включаютъ въ цѣну кубической единицы бетона, нѣсколько повышая послѣднюю. Однако, такой пріемъ на практикѣ приводитъ къ очень непріятнымъ послѣдствіямъ, въ смыслѣ полученія неожиданныхъ перерасходовъ, благодаря тому, что стоимость формъ не была подсчитана по смѣтѣ съ достаточною точностью.

Поэтому рекомендуется, при составленіи смѣты, намѣтить хотя приблизительный ходъ работъ и расположеніе формъ, подмостей и т. п. вспомогательныхъ устройствъ и рассчитать ихъ стоимость по количеству матеріаловъ и потребной на такія устройства рабочей силы.

ВНѢШНЯЯ ВЛІЯНІЯ НА ПРОЧНОСТЬ ЖЕЛѢЗО-БЕТОННЫХЪ КОНСТРУКЦІЙ.

Удары и сотрясенія. — При описаніи нѣкоторыхъ мостовъ, мы видѣли, что испытанія ихъ динамической нагрузкой дали весьма благопріятные результаты, и колебанія желѣзо-бетонныхъ мостовъ получались весьма незначительными по сравненію съ металлическими мостами, что слѣдуетъ приписать, главнымъ образомъ, жесткости желѣзо-бетонной конструкціи и большей ея массѣ, по сравненію съ металлической, благодаря чему происходитъ быстрое поглощеніе ударовъ и вибрацій, вызванныхъ прохожденіемъ подвижной нагрузки.

Съ другой стороны, большая упругость желѣзо-бетона допускаетъ деформаціи конструкцій безъ всякихъ признаковъ разрушенія.

Кромѣ мостовъ, нагляднымъ примѣромъ сказаннаго можетъ служить ежедневная практика фабрикъ, заводовъ и мельницъ, построенныхъ изъ желѣзо-бетона. На желѣзо-бетонныхъ

не замечалось никаких сдвигов ржавчины.

Чешской стойкой была во время переустройства выдуха через Итаву в Австрию. На момент

Недавно был найден стальной молоток в заповедной бетонной бетонной метал-

более 200 лет тому назад, вполне сохранившийся.

В Испании, например, были найдены куски акорных цвней, заделанные в бетон

около 200 лет.

Видение неопровержимо приходило автору настоящих книг, при

пробитых отверстий в железобетонных стенах и стенах, простоявших уже на-

катных вальцах.

Образ совершенно натуральный голубоватый блеск, как немедленно по выходе из про-

бетона по истечении многих лет, не было никаких сдвигов ржавчины, а, наоборот, при-

Можно привести массу примеров, когда железо, освобожденное от окружавшего его

оружия.

пронизывались лабораторные опыты и осматривались существующие железобетонные со-

Для пояснения вопроса о неокисляемости железа в бетон многих исследователями

уничтожению ржавчины, покрывающей обыкновенно железо, находящееся в пролазе.

бое свойства: он не только предохраняет железо от окисления, но даже способствует

Описание арматуры. — Давно замечено, что цементный раствор имеет совершенно осо-

из себя лишь обгоревшие руины или груды щебня и мусора.

Постройки же из других материалов, напр. камня, железа и дерева представляли

столь естественное положение.

Многие сооружения, напр. башни, наклонились под углом 45° и даже упали совер-

шенно, но развалившись окончательно, а сохраняя свою форму, несмотря на трещины и

город.

принимать такие дома сдвигались и от свертывавшегося во время землетрясения пожара в

против разрушающей силы землетрясения и получили лишь трещины в стенах. Между

дверь в большинстве случаев, громадные многотажные дома из железобетона устояли

наз пострадавшего землетрясения в Сан-Франциско (Калифорния) в 1906 году.

Массу интереснейших примеров стойкости железобетонных сооружений можно видеть

часть находящиеся исправные сооружения в случае надобности.

Взрывы очень часто только обнажают от бетона, оставаясь неразрушенными, что облег-

железобетона остается совершенно без всяких повреждений. Стержни арматуры в мостов

повреждение, распространяющееся на весьма незначительное расстояние; окружающая же часть

кроме того, взрывы железобетонных сооружений почти производят лишь местное

в полное разрушение, обращаясь в прах развалины.

Бетонные же сооружения, гораздо более массивные, при тех же условиях, приходится

ним посредством арматуры, которая остается почти совершенно неповрежденной.

по рабочим слоям трамбованы, но сооружение все-таки стоит неподвижно, будучи связан-

При повторных действиях взрыва или снарядов бетон дает трещины, распадаются

расслаивается бетон и снарядов бетон дает трещины, распадаются

расслаивается бетон и снарядов бетон дает трещины, распадаются

Обыкновенно в этом случае в железобетонной стене, например, получается во-

на взрыв и на пробитие артиллерийскими снарядами.

Еще более сильные примеры представляются испытаниями железобетонных сооружений

Нельзя себе представить опыта, более убедительного.

Самое же то, что остается совершенно неповрежденным.

зачастую в том, что 200 пудов, разрушают только небольшую часть бетона в том

кроме того, опыты показывают, что при ударе железобетонных свай, удары баш,

работ машин, что несколько не нарушает прочности сооружений.

бетонных перекрытиях, так что такое состояние совершенно постоянно вибрация при

Испытания и разные станы устанавливаются непосредственно на междуэтажных железоб-

и подушки для разных транспортных.

колоннах и балках таких промышленных заведений часто устанавливаются кронштейны

То же самое было замѣчено въ водопроводныхъ трубахъ въ Мьенѣ и въ Парижѣ, которыя съ цѣлью изслѣдованія были разрушены въ нѣкоторыхъ мѣстахъ по истеченіи 14-лѣтней и 7-лѣтней службы, при чемъ поверхность обнаженной арматуры имѣла совершенно чистый видъ съ голубоватымъ отливомъ, несмотря на дѣйствіе сырости и сильное давленіе жидкости въ этихъ трубахъ.

Это свойство цементнаго бетона объясняютъ различнымъ образомъ и вообще приписываютъ образованію двойного силиката алюминія и окиси желѣза, который поглощаетъ ржавчину и покрываетъ металлъ тонкимъ непроницаемымъ слоемъ, предохраняющимъ желѣзо отъ окисленія.

Иногда встрѣчается мнѣніе, что очистка желѣза отъ ржавчины можетъ быть приписана просто механическому дѣйствию цементнаго раствора, который, при освобожденіи металла изъ бетона, благодаря сѣпленію, стираетъ ржавчину съ поверхности металла, но такое объясненіе врядъ ли можно считать основательнымъ, такъ какъ простое сѣпленіе цемента съ металломъ не могло бы мѣшать медленной работѣ окисленія, которое постепенно продолжалось бы внутри и разрушало бы металлъ.

Въ дѣйствительности же, какъ показываетъ опытъ, металлъ вполне предохраняется отъ разрушенія. Здѣсь кстати замѣтить, что сохраненіе желѣза въ цементѣ настолько хорошо извѣстный фактъ, что иногда находятъ выгоднымъ, вмѣсто окраски, покрывать металлическія части жирнымъ растворомъ цемента.

Интересно привести также результаты изслѣдованій профессора Нортонъ въ Америкѣ въ 1902 году, съ цѣлью всесторонняго выясненія разсматриваемаго вопроса.

Для своихъ опытовъ Нортонъ приготовлялъ бетонныя призмы квадратнаго сѣченія $7,5 \times 7,5$ сант. и высотой 30 сант., разнаго состава, и разной густоты растворовъ, съ пескомъ, щебнемъ и шлаками двухъ сортовъ.

Въ эти призмы задылывалось желѣзо въ видѣ стержня діам. 6 мм., листа толщиной 0,8 мм. и шириною 2,5 сант., и полосы толщ. 25 мм. $\times$ 2,5 мм. Эти образцы желѣза предварительно были хорошо очищены отъ ржавчины погруженіемъ сначала въ слабый растворъ сѣрной кислоты, а затѣмъ въ подогрѣтое известковое молоко, послѣ чего известь была счищена проволочной щеткой, такъ что желѣзо получило совершенно чистую блестящую поверхность.

Часть образцовъ въ бетонныхъ призмахъ была помѣщена въ закрытыхъ ящикахъ съ атмосферою пара, воздуха и угольной кислоты, другая часть въ атмосферу воздуха и пара, а третья часть въ воздухъ, насыщенный углекислотою.

По истеченіи трехъ мѣсяцевъ образцы были вскрыты, и освобожденное отъ бетона желѣзо сравнено съ такими же кусками желѣза, которые сохранялись рядомъ съ бетонными, но безъ всякаго покрытія.

При этомъ оказалось слѣдующее:

- 1) Желѣзо, задыланное въ чистомъ портландскомъ цементѣ, оказалось совершенно чистымъ.
- 2) Желѣзо, бывшее безъ всякаго покрытія, превратилось почти въ сплошную ржавчину.
- 3) Всѣ пробы желѣза въ шлаковомъ бетонѣ болѣе или менѣе заржавѣли, при чемъ покрытыя ржавчиною мѣста всегда приходились противъ пустоты въ бетонѣ или совпадали съ кускомъ неперегорѣвшей золы. Ржавленіе желѣза въ этомъ случаѣ вызывается кромѣ сѣрнистыхъ соединений въ шлакахъ, также заключающейся въ золѣ желѣзной окисью.

4) Въ бетонѣ со щебнемъ, приготовленномъ довольно жидкимъ, желѣзо сохранилось неизмѣненнымъ, такъ какъ тонкая цементная пленка, покрывшая желѣзо, предохраняла его отъ ржавчины.

Приведенными соображеніями и результатами опытовъ объясняется, почему для желѣзобетонныхъ конструкций рекомендуется готовить бетонъ довольно жидкой консистенціи, т. е. съ нѣкоторымъ избыткомъ воды.

Дѣйствіе морской воды.—Что касается сохраненія желѣзо-бетона въ постоянномъ соприкосновеніи съ морской водой, то на этотъ счетъ высказываются нѣкоторыя сомнѣнія.

Въ техническомъ мірѣ давно поднятъ и не разрѣшенъ еще вопросъ о разрушающемъ вліяніи солей морской воды на нѣкоторые портланд-цементы.

Какъ мѣры противъ этого въ морскихъ сооруженіяхъ рекомендуется употреблять вдвое большее количество цемента въ бетонѣ, по сравненію съ сухопутными сооруженіями, а иногда прибавлять къ портландъ цементу нѣкоторые гидравлическія примѣси, напр. пуццоланы.

Вредное дѣйствіе морской воды особенно отражается на еще не окрѣпшемъ бетонѣ, почему послѣдній необходимо защищать отъ соприкосновенія съ морскою водою до полного его затвердѣнія и по возможности дольше.

Цементные техники и заводчики сильно озабочены изысканіемъ средствъ изготовленія портландъ-цемента, не поддающагося вредному вліянію морской воды, и можно надѣяться, что трудъ ихъ увѣнчается успѣхомъ.

Съ другой стороны вредное дѣйствіе морскихъ солей на желѣзо-бетонныя сооруженія можетъ проявляться въ окисленіи арматуры, благодаря прониканію раствора солей сквозь поры бетона.

Извѣстно, что морская вода дѣйствуетъ разрушительно на желѣзо; будучи непосредственно подвержено дѣйствію солей морской воды, желѣзо постепенно преобразуется въ зеленовато-черный, липкій и густой осадокъ.

На Брестскомъ рейдѣ (Франція) были вынуты изъ воды желѣзные стержни, имѣвшіе снаружи довольно хорошій видъ и давшіе сопротивленіе разрыву почти равное обыкновенному, но разсмотрѣніе металла въ лупу позволяло замѣтить многочисленныя продольныя волосныя трещины и поры, указывающія, что въ самой массѣ металла фибры менѣе плотныя и болѣе слабыя уже разрушены.

Лиди (Lidy), инженеръ des ponts et chaussées въ Брестѣ въ 1900 году подвергалъ образчики изъ желѣзо-бетона въ различномъ составѣ дѣйствію концентрированной морской воды и электрическаго тока, для усиленія разрушающаго дѣйствія послѣдней.

Изъ этихъ опытовъ вытекаетъ, что дѣйствіе морскихъ солей на желѣзный стержень, заключенный въ бетонѣ, тѣмъ слабѣе, чѣмъ растворъ богаче цементомъ и чѣмъ толще цементная оболочка, окружающая желѣзо.

Лиди замѣтилъ, однако, самъ, что быстрое дѣйствіе солей на желѣзо въ его опытахъ не можетъ вызвать сильныхъ опасеній на практикѣ, такъ какъ образчики были въ возрастѣ всего одного мѣсяца и предохранительная пленка вокругъ желѣза еще не успѣла образоваться. Кромѣ того желѣзо вообще было заключено въ очень тонкомъ слой раствора. Слѣдовательно, вѣроятно, что разрушительное дѣйствіе морской воды на арматуру въ бетонѣ, конечно неоспоримое, происходитъ на практикѣ весьма медленно.

Различныя предохранительныя мѣры, примѣняемыя иногда, напр. покрытіе поверхности бетона смолой и т. п., мало дѣйствительны, такъ какъ такое наружное покрытіе довольно быстро стирается и исчезаетъ.

Опытъ, вообще, до настоящаго времени недостаточенъ для того, чтобы судить о службѣ желѣзо-бетонныхъ конструкций въ морской водѣ, но, во всякомъ случаѣ, онѣ несравненно долговѣчнѣ металлическихъ или деревянныхъ, чѣмъ и объясняется, напр., примѣненіе желѣзо-бетона при производствѣ грандіозныхъ работъ по переустройству металлической пристани Steel Pier въ Нью-Джерсеѣ, описанной въ главѣ I, а также существованіе нѣкоторыхъ набережныхъ и эстакадъ изъ желѣзо-бетона въ приморскихъ городахъ.

Дѣйствіе ключевой воды.—Чистая прѣсная вода не оказываетъ никакого дѣйствія на желѣзо-бетонъ. Ключевая же вода, содержащая свободную углекислоту, оказываетъ довольно разрушительное дѣйствіе на цементные растворы. Иногда замѣчалось, что вполне окрѣпшая портландъ-цементная штукатурка резервуаровъ, омываемыхъ чистой ключевой водой, размягчается водою настолько, что черезъ два года легко отдѣляется пальцами подобно мягкой глинѣ.

Подобныя явленія, а также разрушеніе бетона и даже раствора въ швахъ каменной кладки на цементѣ было замѣчено въ водопроводныхъ сооруженіяхъ въ Лейпцигѣ, Годесбергѣ, Аахенѣ, Ганноверѣ и Франкфуртѣ на Майнѣ.

Подобное явленіе разрушенія портландъ-цементныхъ растворовъ объясняется тѣмъ, что свободная углекислота, содержащаяся въ водѣ, соединяется съ имѣющеюся въ цементѣ углекислой известью и даетъ двойную углекислую известь, которая легко растворяется въ водѣ

и поэтому, при постепенномъ обновленіи такой воды, происходитъ выщелачиваніе углекислой извести изъ отвердѣвшаго цементнаго раствора, что влечетъ за собою его размягченіе и разрушеніе.

Въ теченіе двухъ лѣтъ въ Лейпцигскихъ резервуарахъ размягченіе отвердѣвшей цементной штукатурки произошло на глубину 1—1,5 мм. Въ 1 куб. метрѣ ключевой воды, питавшей резервуаръ г. Лейпцига, найдено 72,3 грамма углекислоты. Перемена воды въ каждомъ резервуарѣ происходитъ въ среднемъ 300 разъ въ годъ.

При ежедневномъ возобновленіи воды съ такимъ содержаніемъ углекислоты, является вполне возможнымъ разрушительное дѣйствіе ея на цементные растворы.

Изъ различныхъ испытаній (было сдѣлано 80 пробъ разныхъ составовъ и способовъ штукатурки), черезъ 2 года оказались слѣдующіе результаты, которые можно резюмировать въ нѣсколькихъ словахъ:

1) Сглаженные поверхности штукатурки были значительно меньше повреждены, чѣмъ несглаженные.

2) Тошчіе растворы повреждены больше, чѣмъ растворы жирные. Лучшее всего оказался растворъ состава 1:1, тщательно затертый сверху чистымъ цементомъ.

3) Штукатурки изъ смѣшанныхъ растворовъ портландъ и романъ-цемента, а также изъ одного романъ-цемента, хорошо затертого, дали хорошіе результаты.

4) Штукатурки, покрытыя предохранительнымъ составомъ «Сидеростень» (смолистая краска) сохранились въ зависимости отъ гладкости затирки. Штукатурки незатертыя разрушались подъ слоемъ Сидеростена такъ же, какъ и не покрытыя имъ.

Въ тѣхъ же Лейпцигскихъ резервуарахъ было замѣчено, что штукатурка дна, покрытая тонкимъ слоемъ пла, подверглась меньшему разрушенію, чѣмъ штукатурка стѣнъ, благодаря предохраняющей роли пла отъ непосредственнаго дѣйствія воды.

Вообще-же разрушеніе цемента отъ воды, содержащей углекислоту, даже въ столь большомъ количествѣ, какъ въ Лейпцигѣ, довольно незначительно: за 2 года максимумъ 1—1,5 мм. Можно полагать, что такой слой размягченнаго раствора, остающійся въ видѣ осадка на стѣнкахъ резервуаровъ или трубъ, уже является предохранительнымъ средствомъ отъ дальнѣйшаго непосредственнаго дѣйствія воды и углекислоты на цементную штукатурку или бетонъ.

Кромѣ того, штукатурка хорошо затертая и сглаженная, мало подвергается разрушительному дѣйствію углекислоты, почему и рекомендуется «желѣзнить» внутри стѣнки резервуаровъ, предназначенныхъ для ключевой воды.

Дѣйствіе кислотъ и газовъ.—Сточные воды, содержащія зачастую органическія кислоты, вообще не оказываютъ на практикѣ никакого вреднаго вліянія на бетонныя стѣнки канализаціонныхъ трубъ, съ одной стороны потому, что трубы всегда дѣлаются изъ жирнаго раствора, а съ другой стороны потому, что стѣнки трубъ предохраняются слоемъ органическихъ отложений.

Количество свободныхъ кислотъ въ большинствѣ случаевъ въ сточныхъ водахъ невелико, за исключеніемъ нѣкоторыхъ промышленныхъ водъ, въ отношеніи которыхъ иногда, какъ мы видѣли выше, при описаніи канализацій, примѣняются разныя спеціальныя предохранительныя средства и внутреннія покрытія трубъ, до стекла включительно.

Что касается газовъ и дыма, то желѣзо-бетонъ сопротивляется ихъ вліянію превосходно.

Мы видѣли, что во многихъ случаяхъ находятъ полезнымъ задѣлывать въ бетонъ металлическія фермы мостовъ, подвергающихся разбѣдающему дѣйствію дыма паровозовъ.

На многихъ паровозныхъ депо и кузницахъ, въ паровозныхъ мастерскихъ на Владикавказской желѣзной дорогѣ, существуютъ желѣзо-бетонныя покрытія по металлическимъ балкамъ, подвергающіяся непрерывному дѣйствію нефтяного и угольнаго дыма и, несмотря на это, остаются вполне неповрежденными, въ чемъ авторъ настоящей книги имѣлъ случай неоднократно убѣдиться.

То-же самое можно сказать и относительно фабричныхъ трубъ изъ желѣзо-бетона, существующихъ въ Бельгіи и С. Америкѣ, и подвергающихся, кромѣ дѣйствія газовъ и дыма, одновременно еще и высокой температурѣ.

Дѣйствіе маселъ и жировъ.—На цементной испытательной станціи желѣзной дороги Чикаго-Мильвокей въ 1904—1905 году были произведены обширныя лабораторныя изслѣдованія съ цѣлю выясненія дѣйствія маселъ и жировъ на отвердѣвшіе цементные растворы.

Были приготовлены образцы нормального типа для испытанія на разрывъ, какъ изъ чистаго цемента, такъ и съ 3 частями песка, которымъ дали затвердѣть на влажномъ воздухѣ 4 дня.

Образцы сначала ежедневно, затѣмъ черезъ болѣе продолжительныя промежутки, пропитывались сигнальнымъ масломъ (смѣсь минеральнаго смазочнаго масла съ животнымъ жиромъ).

Первыя трещины были замѣчены черезъ 2½ мѣсяца, а черезъ 6 мѣсяцевъ образцы безъ усилій разрушались рукой.

Далѣе была изслѣдована сила дѣйствія различныхъ маселъ; изслѣдовано дѣйствіе животныхъ жировъ: свиного сала и ворвани; растительныхъ маселъ: льняного и кастороваго, и минеральнаго—нефти.

Образцы изъ цементовъ разныхъ марокъ, чистыхъ и въ смѣси съ пескомъ 1:3, послѣ изготовленія твердѣли 7 дней на влажномъ воздухѣ и затѣмъ пропитывались масломъ. Не развалившіеся пробы испытывались черезъ 1, 3, 6 и 9 мѣсяцевъ на разрывъ.

Наиболѣе разрушительное дѣйствіе оказываютъ животныя жиры; ими разрушаются всѣ сорта цемента. Замѣчено, что образцы изъ чистаго цемента распадались быстрее, чѣмъ изъ смѣси цемента съ пескомъ.

Шлаковые цементы въ этомъ отношеніи оказались наиболѣе слабыми: они выдерживаютъ только обработку льнянымъ масломъ и нефтью.

Сигнальное масло является вторымъ по силѣ дѣйствія, вѣроятно, благодаря содержанію животныхъ жировъ.

Ворвань и касторовое масло дѣйствуютъ уже значительно слабѣе, а льняное масло и нефть не оказываютъ замѣтнаго вліянія. Нефть нѣсколько понизила сопротивленіе на разрывъ и проникла вглубь образцовъ.

Льняное масло покрываетъ образецъ оболочкой, благодаря окисленію на поверхности, которая не допускаетъ прониканія масла внутрь бетона, и является единственнымъ масломъ, не уменьшающимъ сопротивленія на разрывъ.

Дальнѣйшіе опыты были предприняты съ цѣлю опредѣлить вліяніе продолжительности затвердѣнія образцовъ и способа ихъ сохраненія на разрушаемость масломъ.

Растворъ для этихъ цѣлей составлялся изъ разныхъ частей портландъ-цемента и песка, измолотаго вмѣстѣ; къ такому песчаному цементу прибавляли для приготовленія образцовъ 0, 1, 2 и 3 части песка.

Пролежавшіе 1 годъ въ водѣ образцы, 20 дней сушились на тепломъ воздухѣ и обрабатывались затѣмъ втеченіе года сигнальнымъ масломъ: всѣ образцы, за исключеніемъ одного самаго тощаго, не показывали ни слѣда разрушенія, между тѣмъ какъ другой точно такой же тощій образецъ, остался невредимъ.

За все время продолжавшихся 2 года опытовъ изслѣдовано сверхъ 800 цементныхъ образцовъ.

Изъ этого богатаго матеріала можно вывести слѣдующія заключенія:

- 1) Большинство маселъ, проникая въ бетонъ, грозитъ ему разрыхленіемъ.
- 2) Бетонъ, не окрѣпшій совершенно, не способенъ противостоятъ разрушительному дѣйствію маселъ.
- 3) Жирный бетонъ менѣе подверженъ дѣйствію масла, чѣмъ тощій.
- 4) Попадающія при обыкновенныхъ условіяхъ на бетонъ количества масла не могутъ замѣтно повредить его.
- 5) Животныя жиры и масла дѣйствуютъ энергичнѣе медленно высыхающихъ растительныхъ маселъ; далѣе слѣдуетъ быстро высыхающія растительныя масла, какъ льняное и, наконецъ, минеральныя масла, напр. нефть.

До сихъ поръ еще не найдено средствъ для предохраненія бетона отъ дѣйствія маселъ.

Льняное масло не оправдало возложенных на него надежд и покрытый имъ образецъ былъ разрушенъ сигнальнымъ масломъ.

Разныя средства, какъ напр. покрытіе цементныхъ образцовъ растворомъ квасцовъ и мыла, парафиномъ, растворимымъ стекломъ и т. п., дѣлающія бетонъ водонепроницаемымъ, мало помогаютъ въ этомъ случаѣ.

Дѣйствіе мороза и огня. — На вполне окрѣпшій бетонъ даже самыя сильныя морозы не производятъ никакого дѣйствія; то-же самое можно сказать и о желѣзо-бетонѣ.

Въ покрытіяхъ большой площади, длинныхъ стѣнкахъ и т. п., рекомендуется оставлять сквозныя швы для возможности свободныхъ движеній конструкціи при измѣненіи температуры вообще.

При наличіи такихъ швовъ нечего бояться трещинъ на поверхности бетона даже при очень рѣзкихъ колебаніяхъ температуры.

Что касается сильнаго жара или дѣйствія огня, то желѣзо-бетонъ въ этомъ случаѣ можетъ быть названъ вполне огнеупорнымъ.

Это подтверждается многочисленными опытами надъ желѣзо-бетонными сооруженіями, подвергаемыми дѣйствію сильнаго жара, при температурѣ выше 1000° С., при весьма незначительныхъ поврежденіяхъ, вродѣ отпаденія нѣсколькихъ осколковъ цементной штукатурки, безъ уменьшенія сопротивленія при послѣдующихъ испытаніяхъ на разрушеніе.

То-же самое подтверждается существованіемъ печей для обжиганія извести и заводскихъ трубъ изъ желѣзо-бетона.

Въ С. Американскихъ большихъ городахъ, гдѣ принято строить громадныя многоэтажныя дома, предохраненіе ихъ въ пожарномъ отношеніи имѣетъ громадное значеніе.

Съ этой цѣлью въ Америкѣ образовалось множество, такъ назыв. противопожарныхъ фирмъ (Fireproofing Co), имѣющихъ спеціальностью возведеніе огнеупорныхъ сооружений, и примѣняющихъ исключительно желѣзо-бетонъ въ разныхъ его формахъ и въ видѣ разныхъ патентованныхъ системъ.

ГЛАВА III.

Расчеты и формулы.

Настоящей главѣ мы считаемъ необходимымъ предпослать небольшое предисловіе:

Въ § 1 «Reglement pour le calcul des constructions en béton armé» — Правилъ расчета желѣзо-бетонныхъ сооружений для города Парижа—сказано:

«Предполагается, что цементный бетонъ не способенъ сопротивляться растягивающимъ усилиямъ и, слѣдовательно, металлъ, входящій въ составъ желѣзо-бетона, рассматривается, какъ несущій совокупность растягивающихъ усилий.»

«Еслибы, въ силу обстоятельствъ, или себѣй предосторожности, признавалось возможнымъ «разсчитывать на сопротивление бетона растяженію, то это можетъ быть сдѣлано не иначе, какъ по представленію достаточныхъ тому оснований.»

Вообще, въ настоящее время, среди желѣзо-бетонныхъ техниковъ существуетъ два совершенно противоположныхъ лагеря: одинъ, напр. проф. Нейманъ, Резаль, Консидеръ и др., на основаніи научныхъ и опытныхъ данныхъ, въ своихъ расчетахъ рассматриваютъ желѣзо-бетонъ, какъ однородное упругое тѣло, и принимаютъ, что бетонъ, въ соединеніи съ металломъ, способенъ сопротивляться вытягивающимъ усилиямъ, не превосходящимъ предѣла упругости металла, безъ всякаго разрыва бетона.

Другіе, преимущественно практики, какъ Коанье и Тедеско, Гённебикъ, Кристофъ, предполагаютъ, что бетонъ совершенно не способенъ сопротивляться растягивающимъ усилиямъ и что таковыя выдерживаются исключительно металломъ, входящимъ въ составъ желѣзо-бетона.

На основаніи личной практики и опытовъ, произведенныхъ въ 1904 и 1905 годахъ ¹⁾, авторъ, для практическихъ расчетовъ, отдаетъ предпочтеніе методу проф. Неймана, развитому впоследствии Резалемъ (J. Résal) профессоромъ Ecole des ponts et chaussées въ Парижѣ.

Въ основу этого метода положены слѣдующія гипотезы:

- 1) *Солидарность бетона и металла*, при условіи, что арматура расположена такъ, чтобы достигнуть достаточной однородности желѣзо-бетона.
- 2) *Неизмѣняемость плоскихъ сѣченій.*
- 3) *Неизмѣняемость коэффициентовъ упругости бетона при сжатіи и растяженіи и равенство ихъ въ предѣлахъ употребительныхъ напряженій.*
- 4) *Отсутствіе начальныхъ напряженій.*

¹⁾ См. Б. Акимовъ. «Желѣзо-бетонъ. Теорія и расчетъ» СПб. 1905, и въ журналѣ «Цементъ, его производство и примѣненія» 1906 г. №№ 1—12. Статья «Изгибъ желѣзо-бетонныхъ балокъ».

Авторъ имѣлъ случай неоднократно убѣдиться, изъ сравнительныхъ расчетовъ прочности нѣкоторыхъ конструкций по методу П. Кристофа, пренебрегающему сопротивленіемъ бетона растяженію, и по разработанному имъ для разныхъ случаевъ методу Неймана и Резали, что результаты расчета почти совпадаютъ. Такимъ образомъ принятіе въ расчетъ сопротивленія бетона растягивающимъ усиліямъ, ограниченнаго сравнительно низкимъ предѣломъ, все-таки не представляетъ особенной предосторожности, какъ это предположено въ правилахъ города Парижа, и дастъ вполне экономическое рѣшеніе вопроса, оставляя увѣренность, что при нормальной работѣ сооруженія въ вытянутыхъ частяхъ бетона не появится разрыва, между тѣмъ, какъ другіе авторы, напр., Кристофъ, въ основу своихъ расчетовъ берутъ *a priori* предположеніе о появленіи трещинъ въ вытянутыхъ частяхъ бетона, въ предѣлахъ нормальныхъ нагрузокъ, что врядъ-ли допустимо на практикѣ.

Въ настоящей главѣ мы приводимъ лишь окончательныя формулы расчета различныхъ частей желѣзо-бетонныхъ сооружений, необходимыя для повседнежнаго употребленія на практикѣ, не утомляя читателей выводами и теоретическими разсужденіями.

Формулы эти упрощены для практическаго примѣненія ихъ настолько, что дѣлаютъ доступнымъ проектированіе и расчетъ всевозможныхъ конструкций для техникувъ со среднимъ образованіемъ.

Выводы и доказательства этихъ формулъ желающіе могутъ найти въ трудѣ автора «Желѣзо-бетонъ. Теорія и расчетъ» СИБ. 1905.

Расчетъ частей сооружений изъ желѣзо-бетона.

Прежде всего установимъ численныя значенія различныхъ коэффициентовъ и постоянныхъ величинъ, необходимыхъ для расчета желѣзо-бетона, а затѣмъ уже приведемъ формулы, иллюстрировавъ ихъ численными примѣрами расчета различныхъ конструкций.

ПОСТОЯННЫЯ ВЕЛИЧИНЫ.

Отношеніе коэффициентовъ упругости металла и бетона. — Въ расчетѣ желѣзо-бетона, основанномъ на его упругихъ свойствахъ, весьма важную роль играетъ значеніе отношенія коэффициентовъ упругости металла и бетона, обозначаемое

$$n = \frac{E'}{E}$$

гдѣ E' — коэффициентъ упругости металла
 E — — — — — бетона.

Довольно трудно установить коэффициентъ упругости для неоднороднаго тѣла (щебень, песокъ, цементъ), свойства котораго очень различны и зависятъ отъ способа изготовленія и употребленія.

Коэффициентъ упругости бетона, по разнымъ опытамъ, можно принять отъ $1,8 \times 10^5$ до $2,5 \times 10^5$, хотя по нѣкоторымъ опытамъ получались цифры болѣе высокія, до 3×10^5 и болѣе.

Разница въ значеніи коэффициентовъ упругости бетона происходитъ по большей части отъ способа испытаній и отъ толкованія данныхъ опыта.

Кромѣ того, по замѣчанію проф. Баха, значеніе этого коэффициента зависитъ не только отъ состава, но также и отъ качества матеріаловъ, входящихъ въ бетонъ; по Консидеру же это значеніе также сильно измѣняется въ зависимости отъ количества воды, употребленной при замѣшиваніи, и степени трамбованія.

Коэффициентъ же упругости металла считается постояннымъ и точно опредѣленнымъ, именно:

$$\begin{aligned} E' &= 20 \times 10^5 \text{ кил. на кв. см. для желѣза} \\ E' &= 22 \times 10^5 \text{ » » » » » стали.} \end{aligned}$$

Принимая болѣе вѣроятныя цифры коэффиціента упругости бетона, получимъ въ среднемъ значеніе:

$$n = \frac{E'}{E} = 10.5.$$

Это значеніе, которое никогда сильно не разнится отъ дѣйствительности, принято Консидеромъ и Резалемъ.

Кристофъ принимаетъ $n = 10$, тогда какъ многіе конструкторы-практики иногда допускаютъ для значенія $n = 15—20$ и даже еще большія цифры, что совершенно нельзя считать правильнымъ.

Итакъ, мы принимаемъ для n цифру 10,5, что, по мнѣнію большинства авторовъ, ближе отвѣчаетъ дѣйствительности.

Процентное содержаніе металла въ бетонѣ.—Въ сопротивленіи продольнымъ усиліямъ и изгибающимъ моментамъ принимаютъ замѣтное участіе продольные стержни арматуры, почему для работы сооруженія особо важное значеніе имѣетъ отношеніе $\frac{a'}{a} = k$, сѣченія продольныхъ стержней арматуры къ сѣченію бетона, или процентное содержаніе металла въ бетонѣ.

Въ сооруженіяхъ изъ желѣзо-бетона процентное содержаніе желѣза по отношенію къ бетону колеблется отъ 0,5% до 5%. Последняя цифра очень высока и вообще содержаніе желѣза отъ 4% до 5% относится къ употребленію арматуръ, составленныхъ изъ сильныхъ фасонныхъ профилей, могущихъ выдерживать извѣстную работу безъ помощи бетона. Это уже противорѣчитъ самому принципу солидарности бетона и металла, и такую конструкцію нельзя назвать желѣзо-бетономъ въ тѣсномъ смыслѣ.

Употребляя арматуры изъ круглаго желѣза, или вообще изъ стержней небольшого сѣченія, ограничиваются процентнымъ содержаніемъ металла отъ 0,5% до 2%.

Наиболѣе же употребительная и распространенная пропорція металла въ обыкновенныхъ конструкціяхъ, плитахъ, сводахъ $k = 1\%$, что вполне оправдывается практикой и представляетъ наиболѣе экономическое рѣшеніе вопроса.

Допускаемое напряженіе бетона на сжатіе.—По прусскимъ правительственнымъ нормамъ для бетона въ составѣ 1 ч. цемента, 2,5 ч. песку и 5 ч. щебня допускается въ сводахъ напряженіе отъ 20 до 35 кил. на кв. см.

Въ Америкѣ обыкновенно принимаютъ 35 кил. на кв. см. для такого бетона.

На основаніи приведенныхъ данныхъ, намъ кажется возможнымъ вполне безопасно принять для бетона допускаемое напряженіе на сжатіе 25 килогр. на кв. см., въ тѣхъ случаяхъ, когда бетонъ подвергается непосредственному сжатію, при отсутствіи второстепенныхъ напряженій.

Что касается напряженій въ сводахъ, то слѣдуетъ различать два случая:

1. Когда размѣры свода рассчитываются въ предположеніи равномернаго сжатія, по оси свода, при чемъ добавочныя усилія, отъ могущихъ появиться при неравномѣрной нагрузкѣ изгибающихъ моментовъ, не принимаются въ расчетъ.
2. Когда размѣры свода опредѣляются въ зависимости отъ значенія нормальныхъ усилій и изгибающихъ моментовъ, опредѣленныхъ въ предположеніи равномерной и неравномерной нагрузки.

Въ первомъ случаѣ, въ виду возможности изгиба свода отъ вѣшнихъ причинъ, вслѣдствіе могущихъ появиться изгибающихъ моментовъ, слѣдуетъ ограничиться меньшимъ допускаемымъ напряженіемъ бетона на сжатіе, смотря по важности предполагаемаго изгиба.

Въ общемъ для пологихъ сводчатыхъ перекрытій, рассчитанныхъ по первому способу, въ предположеніи, что кривая давленій совпадаетъ съ осевой линіей свода, можно ограничиться напряженіемъ бетона 10—15 кил. на кв. см., такъ какъ при такомъ расчетѣ получаются вообще очень небольшія значенія толщины свода.

Во второмъ случаѣ, для опредѣленія допускаемаго напряженія бетона на сжатіе, обратимся къ заграничной практикѣ.

Ниже указаны наибольшія напряжения на сжатіе, допущенныя въ большихъ мостахъ изъ бетона за границей.

	Пролетъ. м.	Подъемъ. м.	Наиб. напряж. на сжатіе въ бетонѣ.
Munderginken	50.00	5.00	38.00 кил. на кв. см.
Inzigkofen	43.30	4.61	42.50 » » » »
Coulouvrenière	40.00	5.55	33.00 » » » »
Las Segadas	50.00	5.00	40.53 » » » »

Все эти мосты имѣютъ трехшарнирные своды.

Составъ бетона въ этихъ сводахъ отъ 1:2.5:5 до 1:3:6.

Отсюда мы видимъ, что среднее допускаемое сопротивленіе бетона сжатію въ сводахъ за границей принимается отъ 35 до 40 кил. на кв. см.

У насъ, въ Россіи, при малой распространенности механическаго приготовленія бетона и при неопредѣленности состава бетона по объему, безопасно остановиться на допускаемомъ напряженіи въ 25 кил. на кв. см., какъ для сводовъ трехшарнирныхъ, такъ и для сплошныхъ съ задѣланными пятами, гдѣ въ расчетъ принимается изгибъ свода ¹⁾.

Въ сводахъ же, рассчитанныхъ какъ плоская параболическая арка, въ предположеніи только равномерной нагрузки, какъ мы указали выше, слѣдуетъ ограничиться допускаемымъ напряженіемъ 10 кил. на кв. см., въ виду того, что въ расчетѣ этихъ сводовъ не принимаются во вниманіе дополнительныя напряжения отъ изгиба, могущія встрѣтиться на практикѣ.

Эти напряжения предполагаются для бетона въ составѣ отъ 1:2:4 до 1:3:6, каковыя пропорціи наиболѣе употребительны на практикѣ.

Допускаемое напряженіе бетона на растяженіе въ изгибаемыхъ тѣлахъ. — Въ изгибаемыхъ тѣлахъ, рассчитываемыхъ по принятому нами методу, напряженіе ограничивается, главнымъ образомъ, предѣльнымъ сопротивленіемъ бетона растяженію.

Поэтому особенно важно для расчета плитъ, балокъ, и тому подобныхъ конструкцій установить коэффициентъ допускаемаго напряженія бетона на растяженіе.

Изъ непосредственныхъ испытаній образчиковъ цемента на разрывъ, мы знаемъ, что временное сопротивленіе цементнаго раствора вытягиванію можно считать равнымъ 15—20 кил. на кв. сант., хотя оно иногда доходитъ до 45 кил. на сант.

Изъ опытовъ же разрушенія плитъ и балокъ, весьма многочисленныхъ со времени изобрѣтенія желѣзо-бетона замѣчено, что бетонъ не даетъ трещинъ даже при работѣ гораздо высшей предѣла упругости бетона и почти близкой къ его временному сопротивленію на растяженіе. Выше, при изученіи упругихъ деформаций желѣзо-бетона, мы видѣли, что присутствіе металла даетъ бетону способность получать безъ разрыва такія удлиненія, при которыхъ напряжения бетона превосходятъ его временное сопротивленіе растяженію. Вообще, когда крайнія фибры бетона въ вытянутой части балки напряжены до временнаго сопротивленія разрыву, то въ большей части вытянутой области балки это предѣльное напряженіе еще не достигнуто; напряженіе металлической арматуры еще незначительно (около 1,5 кил. на кв. мм.), его упругое удлиненіе мало, и бетонъ, благодаря сдѣленію, обязанный слѣдовать за деформациями металла, не можетъ въ дѣйствительности разорваться. Послѣ снятія нагрузки, металлъ, далеко не достигшій предѣла упругости, стремится принять точно свою начальную длину и возвратитъ балку въ первоначальную форму, и реакція матеріала, оставшаяся совершенно упругою, усиливаетъ реакцію металла.

Но является еще одно сомнѣніе: не теряетъ-ли бетонъ, разъ доведенный до напряженія равнаго временному сопротивленію разрыву, своихъ упругихъ свойствъ и сохраняетъ ли способность безконечно возвращаться въ первоначальное состояніе при повтореніи усилій?

¹⁾ Въ Правилахъ города Парижа также указано допускаемое напряженіе на сжатіе 25 кил. на кв. см. для сооружений первой важности.

На этотъ счетъ не имѣется прямыхъ наблюдений надъ желѣзо-бетономъ, но изъ опыта существующихъ конструкцій мы знаемъ, что часто бетонъ, завѣдомо работающій при напряженияхъ близкихъ и даже превосходящихъ его временное сопротивленіе разрыву, не даетъ трещинъ въ вытянутой области, которыя можно было-бы приписать дѣйствию переменныхъ нагрузокъ.

Консидеръ подвергалъ испытываемую имъ призму изъ желѣзо-бетона повторенію изгибающихъ успій, вызывающихъ въ бетонѣ удлиненія, при которыхъ напряжения бетона превосходили его временное сопротивленіе разрыву, до 139.000 разъ, при чемъ упругость бетона не уменьшалась и послѣдній каждый разъ, послѣ разгрузки, возвращался къ положенію равновѣсія.

Слѣдовательно, намъ кажется, что для расчета желѣзо-бетона, какъ упругаго тѣла, можно допустить напряженіе на разрывъ въ бетонѣ, равное временному сопротивленію бетона на вытягиваніе ¹⁾.

Принимаемъ это значеніе для бетона $R_b = 15$ кил. на кв. см., т.-е. меньшую цифру временнаго сопротивленія бетона разрыву.

Допускаемое напряженіе бетона на срѣзываніе.—Мы видѣли, что обыкновенно не дѣлаютъ повѣрки напряженія бетона на срѣзываніе, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ полезно повѣрить прочность изгибаемыхъ тѣлъ въ этомъ направленіи.

Съ другой стороны, непосредственные опыты не даютъ точныхъ цифръ временнаго сопротивленія бетона срѣзыванію, такъ какъ оно зависитъ отъ очень разнообразныхъ причинъ. Въ общемъ допускается, что сопротивленіе срѣзыванію бетона немного ниже его временнаго сопротивленія растяженію, и въ среднемъ, слѣдовательно, сопротивленіе бетона срѣзыванію можно принять равнымъ 10 кил. на кв. см. Для того же, чтобы тѣло представляло одинаковый запасъ прочности на срѣзываніе, какъ и для другихъ способовъ сопротивленія, слѣдуетъ принять гораздо меньшее сопротивленіе.

Мы принимаемъ допускаемое напряженіе бетона на срѣзываніе:

$$\tau = 2.5 \text{ кил. на кв. см.}$$

Если балка не представляетъ достаточнаго сопротивленія срѣзывающимъ усиліямъ при столь маломъ допускаемомъ напряженіи, то арматура ея должна быть пополнена поперечными связями, способными сопротивляться перерѣзывающимъ усиліямъ, развивающимся въ балкѣ.

Сцепленіе бетона съ металломъ.— При проектированіи желѣзо-бетонныхъ конструкцій никогда не дѣлается повѣрка въ отношеніи прочности сцепленія бетона съ арматурой, что вполне оправдывается практикой. Дѣйствительно, выше мы видѣли, что сцепленіе бетона съ металломъ значительно превосходитъ собственное сопротивленіе бетона срѣзыванію и даетъ, какъ мы видѣли изъ опытовъ, весьма большія цифры по сравненію со срѣзываніемъ бетона.

Слѣдовательно точное опредѣленіе допускаемаго коэффиціента сопротивленія для сцепленія бетона съ металломъ не имѣетъ никакого практическаго значенія.

¹⁾ Изъ лабораторныхъ опытовъ слѣдуетъ, что сопротивленіе поргандъ цементныхъ растворовъ разрыву равно приблизительно $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{12}$ временнаго сопротивленія сжатію.

Считая временное сопротивленіе бетона сжатію около 300 кил. на кв. см. по лабораторнымъ опытамъ и около 200 кил. на практикѣ, получимъ временное сопротивленіе вытягиванію отъ 15 до 25 кил. на кв. см.

По нѣкоторымъ же опытамъ получались цифры болѣе высокія, доходившія до 45 кил. на кв. см. при особо благоприятныхъ условіяхъ.

Для лучшихъ русскихъ цементовъ, временное сопротивленіе разрыву въ среднемъ можно считать около 25 кил. на кв. см., въ растворѣ 1 ч. цемента и 3 ч. песка при испытаніи нормальныхъ образчиковъ, съ сѣченіемъ разрыва 5 кв. см., черезъ 28 дней по затвореніи.

Слѣдовательно, въ среднемъ, мы можемъ считать временное сопротивленіе бетона вытягиванію на практикѣ 15—25 кил. на кв. см.

Допускаемая напряженія для металла.—Въ тѣлахъ изъ желѣзо-бетона напряженія металла находятся въ тѣсной зависимости отъ напряженій бетона, въ силу принципа солидарности бетона и металла.

Напряженіе металла на сжатіе, слѣдовательно, опредѣляется по формулѣ:

$$S_f = \frac{E'}{E} S_b = n S_b.$$

Такъ какъ для бетона на сжатіе допущено нами напряженіе $S_b = 25$ кил. на кв. см., то напряженіе металла будетъ:

$$S_f = 10,5 \times 25 = 262,5 \text{ кил. на кв. см.} = 2,62 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}.$$

Напряженіе бетона на растяженіе въ изгибаемыхъ тѣлахъ принято нами равнымъ $R_b = 15$ кил. на кв. см.; слѣдовательно соотвѣтствующее напряженіе металла на растяженіе будетъ:

$$R_f = 10,5 \times 15 = 157,5 \text{ кил. на кв. см.} = 1,58 \frac{\text{кил.}}{\text{мм.}^2}.$$

Въ тѣхъ случаяхъ, когда въ расчетъ принимается лишь сопротивленіе одного металла, напимѣръ въ трубахъ и резервуарахъ, то допускаются слѣдующія напряженія:

Для желѣза на растяженіе отъ 7 до 10 кил. на см.²

» стали » » » 10 » 12 » » »

Что же касается допускаемаго напряженія металла на срезываніе для повѣрки сѣченій поперечныхъ связей арматуры, то мы можемъ принять его, какъ это дѣлается обыкновенно, равнымъ $0,8 R$, гдѣ R допускаемое напряженіе металла на разстояніе въ обыкновенныхъ металлическихъ конструкціяхъ.

Слѣдовательно, для допускаемаго напряженія металла на срезываніе принимаемъ:

$\tau' =$ отъ 5,6 до 8,0 кил. на кв. см. для желѣза

$\tau' =$ » 8 » 9,6 » » » » » стали.

Вѣсъ желѣзо-бетона состоитъ изъ вѣса бетона и вѣса металла. Если k процентное содержаніе металла въ бетонѣ, то вѣсъ желѣзо-бетона γ опредѣлится по формулѣ:

$$\gamma = \gamma_1 (1 - k) + \gamma_2 k$$

гдѣ γ_1 вѣсъ куб. единицы бетона, а γ_2 вѣсъ металла.

Вѣсъ куб. метра бетона въ среднемъ принимается равнымъ $\gamma_1 = 2000$ килогр.

Вѣсъ одного куб. метра желѣза $\gamma_2 = 7800$ килогр.

Слѣдовательно, вѣсъ одного кубического метра желѣзо-бетона будетъ:

при $k = 0.005$:

$$\gamma = 2000 \times 0.995 + 7800 \times 0.005 = 2029 \text{ килогр.}$$

при $k = 0.05$:

$$\gamma = 2000 \times 0.95 + 7800 \times 0.05 = 2290 \text{ килогр.}$$

Послѣдняя пропорція, соотвѣтствующая содержанію металла въ 5%, почти не употребляется въ обыкновенныхъ желѣзо-бетонныхъ конструкціяхъ, и мы можемъ принять вѣсъ одного кубического метра желѣзо-бетона:

$$\gamma = 2200 \text{ килогр.}$$

въ среднемъ.

ОБОЗНАЧЕНИЯ.

Въ формулахъ, приведенныхъ далѣе, приняты слѣдующія обозначенія:

ω — сѣченіе бетона.

ω' — » металла.

E — коэффициентъ упругости бетона.

E' — » » металла.

$n = \frac{E'}{E}$ — отношеніе коэффициентовъ упругости металла и бетона — 10.5.

$k = \frac{\omega'}{\omega}$ — процентное содержаніе металла въ бетонѣ.

S_b — напряженіе бетона на сжатіе.

R_b — » » » растяженіе.

S_f — » металла на сжатіе.

R_f — » » » растяженіе.

h — высота балки или плиты.

b — ширина » » »

$\Omega = \omega + n\omega'$ — общее фиктивное сѣченіе однороднаго желѣзобетоннаго тѣла.

i — моментъ инерціи сѣченія бетона.

i' — » » » металла.

$J = i + ni^2 + nm^2 \frac{\omega \omega'}{\Omega}$ — общій фиктивный моментъ инерціи однороднаго желѣзобетоннаго тѣла.

m — разстояніе между центрами тяжести сѣченій бетона и металла.

t — сѣченіе металла въ вытянутой части тѣла.

s — » » » сжатой » »

M — изгибающій моментъ отъ дѣйствія внѣшнихъ силъ и собственнаго вѣса.

P — вертикальная нагрузка.

v — сѣченіе связи или скобы.

x — разстояніе между двумя связями или скобами.

τ — допускаемое напряженіе бетона на сдвѣзываніе.

τ' — » » » металла » »

c_1 — разстояніе центра сжатой арматуры отъ ближайшей наружной поверхности бетона.

c_2 — разстояніе центра вытянутой арматуры отъ ближайшей наружной поверхности бетона.

Р а с ч е т ы.

I. СТОЛБЫ.

Формулы для столбовъ. — Въ общемъ изложеніи теоріи желѣзо-бетона¹⁾ мы вывели для расчета сѣченія столба слѣдующія формулы:

сѣченіе бетона

$$\omega = \frac{P}{S_b} \frac{1}{1 + nk} \quad \dots \dots \dots (1)$$

сѣченіе металла

$$\omega' = k\omega \quad \dots \dots \dots (2).$$

Эти формулы вполне опредѣляютъ все элементы сѣченія столба съ продольной арматурой употребительнаго въ практикѣ типа.

¹⁾ «Желѣзо-бетонъ. Теорія и расчетъ». СПБ. 1903.

Въ этихъ формулахъ:

P — внешняя нагрузка.

$$n = \frac{E}{E_s} = 10.5$$

S'_b — допускаемое напряженіе на сжатіе бетона = $25 \frac{\text{кнл.}}{\text{см}^2}$.

k — процентное содержаніе металла, выбираемое по желанію.

Общее фиктивное напряженіе.—Въ формулѣ (1), приведенной выше, выраженіе:

$$S_b (1 + nk) = S'_b \quad (3)$$

представляетъ общее фиктивное напряженіе тѣла, предполагаемаго однороднымъ, въ функціи процентнаго содержанія металла k .

Подставляя въ формулу (3) выбранныя нами постоянныя величины, получимъ:

$$S'_b = 25 (1 + 10.5 k).$$

При помощи послѣдней формулы можетъ быть составлена слѣдующая таблица фиктивныхъ напряженій для различныхъ процентныхъ содержаній арматуры:

Т а б л и ц а 1.

Процентное содержаніе металла k .	Фиктивные напряженія въ кнл. на кв. см. S'_b .
0.5%	26.25
1%	27.62
2%	30.25
3%	32.88
4%	35.50
5%	38.12

Слѣдовательно, при помощи этой таблицы, сѣченіе бетона въ столбѣ опредѣлится по формулѣ:

$$\omega = \frac{P}{S'_b} \quad (4)$$

сѣченіе же металла:

$$\omega' = k \omega \quad (2).$$

Продольный изгибъ.—Для сжатыхъ тѣлъ, имѣющихъ большую длину, принимается во вниманіе увеличеніе напряженія отъ дѣйствія продольнаго изгиба. Для опредѣленія коэффициента уменьшенія основнаго напряженія можно пользоваться формулой Ранкина:

$$\varphi = \frac{1}{1 + \alpha \frac{R^2}{J^2}} \quad (5)$$

гдѣ коэффициентъ α принимается равнымъ:

$$\alpha = \frac{S}{8E}.$$

Для бетона мы допустили сопротивление сжатию $S=25$ кил. на кв. см., и принимая коэффициент упругости бетона въ среднемъ $E=200000$ кил. на кв. см., получимъ:

$$\alpha = \frac{25}{8 \times 200000} = 0.000015.$$

Если сѣченіе столба рассчитано для напряженія бетона S_b , то дѣйствительное напряженіе будетъ:

$$S_b \left(1 + 0.000015 \frac{\alpha}{f} l^2 \right).$$

Въ этой формулѣ расчетная высота столба l берется обыкновенно равной $\frac{3}{4} L$, полной длины столба (неполное закрѣпленіе).

Опредѣлимъ наибольшее увеличеніе напряженія въ сѣченіи столба, могущее произойти вслѣдствіе продольнаго изгиба.

Для столба квадратнаго сѣченія со стороною b и при наименьшемъ процентномъ содержаніи металла $k=0,005$, мы имѣемъ:

$$\Omega = \omega (1 + nk) = b^2 (1 + 10.5 \times 0.005) = 1.05 b^2.$$

$$J = i + ni'$$

гдѣ моментъ инерціи бетона,

$$i = \frac{b^4}{12} = 0.083 b^4$$

и моментъ инерціи металла:

$$i' = \omega' \left(\frac{b}{2} - c \right)^2 = kb^2 \left(\frac{b}{2} - c \right)^2$$

при чемъ мы пренебрегаемъ моментами инерціи стержней относительно осей, проходящихъ черезъ ихъ центры тяжести (рис. 159).

Въ практикѣ обыкновенно дѣлается $c=0,10 b$; слѣдовательно

$$\left(\frac{b}{2} - c \right) = 0.40 b.$$

И моментъ инерціи металла будетъ

$$i' = 0.005 \times (0.40b)^2 b^2 = 0.0008 b^4.$$

Слѣдовательно:

$$J = i + ni' = 0.083 b^4 + 10.5 \times 0.0008 b^4 = 0.091 b^4$$

и отношеніе

$$\frac{\alpha}{f} = \frac{1.05}{0.091} \cdot \frac{b^2}{b^4} = 11.65 \frac{1}{b^2}.$$

Дѣйствительное напряженіе бетона, слѣдовательно, будетъ:

$$S_b \left(1 + 0.000015 \times 11.65 \frac{l^2}{b^2} \right)$$

или

$$S_b \left(1 + 0.00016 \frac{l^2}{b^2} \right).$$

Въ практикѣ почти никогда не превосходится пропорція $\frac{l}{b}=20$; для этого отношенія увеличеніе напряженія бетона составитъ, слѣдовательно:

$$0.00016 \times 400 = 0.064$$

то-есть 6,4%, при наименьшемъ процентномъ содержаніи металла $k=0,5\%$; при большемъ содержаніи металла это увеличеніе напряженія будетъ еще меньше.

Слѣдовательно, кажется, что въ большинствѣ случаевъ бесполезно дѣлать повѣрку сопротивленія столба продольному изгибу.

Численный примѣръ.—Расчетъ столба для нагрузки 14,5 тоннъ.

Принимаемъ процентное содержаніе металла $k=1\%$, для котораго, по таблицѣ 2, фиктивное напряженіе

$$S'_b = 27.62 \text{ кил. на кв. см.}$$

Слѣдовательно, необходимос сѣченіе столба:

$$\omega = \frac{14500}{27.62} = 525 \text{ кв. см.}$$

и сѣченіе металла:

$$\omega' = 0.01 \times 525 = 5.25 \text{ кв. сант.}$$

Беремъ квадратное сѣченіе столба 23 сант. $\times$ 23 сант., что даетъ 529 кв. сант.

Для арматуры беремъ 4 продольныхъ стержня изъ желѣза діаметромъ 13 мм., что дастъ общес сѣченіе металла $1.33 \times 4 = 5.32$ кв. сант.

Для поперечныхъ связей можемъ взять проволоку діам. 6 мм. и размѣстить ихъ на разстояніяхъ, равныхъ приблизительно сторонѣ сѣченія столба, т.-е. на 23—25 сант.

Столбы системы Консидера (béton fretté) ¹⁾.—Въ главѣ I было сказано, что поперечная арматура въ видѣ непрерывной спирали или отдѣльныхъ поперечныхъ связей, расположенныхъ на достаточно близкомъ разстояніи для того, чтобы не проходило бокового выпучиванія бетона въ промежуткахъ между ними, придастъ бетону такое же сопротивленіе на сжатіе, какъ продольная арматура, объемъ или вѣсъ металла которой былъ-бы въ 2,4 раза болѣе, чѣмъ объемъ поперечной арматуры (frettes).

Слѣдовательно, сопротивленіе тѣла въ этомъ случаѣ складывается изъ трехъ элементовъ:

1. Собственнаго сопротивленія бетона.
2. Сопротивленія продольной арматуры, какъ въ предыдущемъ случаѣ.
3. Сопротивленія, которое дала-бы тѣлу продольная арматура, объемъ которой былъ-бы въ 2,4 раза болѣе, чѣмъ объемъ принятой поперечной арматуры.

Замѣнимъ, согласно послѣднему указанію, поперечную арматуру эквивалентной ей продольной, можемъ опредѣлить сѣченіе тѣла точно такимъ же способомъ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

При этомъ слѣдуетъ помнить, что такъ какъ на самомъ дѣлѣ въ сопротивленіи продольному изгибу принимаетъ участіе только продольная арматура, то при опредѣленіи коэффициента уменьшенія основнаго напряженія ϕ , слѣдуетъ принимать во вниманіе только дѣйствительно продольную арматуру.

Для опредѣленія же размѣровъ сѣченія необходимо принимать, кромѣ дѣйствительной продольной арматуры, еще и фиктивную продольную арматуру, эквивалентную поперечной, какъ указано выше.

Устройство поперечной арматуры.—Для того, чтобы поперечная арматура вполнѣ достигала своей цѣли, необходимо, чтобы разстоянія между отдѣльными ея оборотами были равны отъ $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{10}$ діаметра тѣла.

Лучшіе результаты достигаются, когда поперечная арматура имѣетъ видъ непрерывной спирали.

Съ внутренней стороны этой спирали для сопротивленія продольному изгибу и лучшаго противодѣйствія боковому расширенію бетона, необходимо помѣщать нѣсколько продольныхъ стержней небольшого сѣченія.

¹⁾ Кольцевая или спиральная арматура.

II. П Л И Т Ы.

Формулы для плитъ. — Наибольшее напряженіе бетона на растяженіе въ изгибаемыхъ тѣлахъ прямоугольнаго сѣченія выражается формулой:

$$R = \frac{6M}{h} \cdot \frac{\omega + \frac{\omega + z - 2\beta}{(\omega + 3z)} - 12\beta^2}{\omega + 4z} \quad (1).$$

Наибольшее напряженіе бетона на сжатіе:

$$S = R \frac{\omega + z - 12\beta^2}{\omega + 4z} \quad (2)$$

гдѣ α и β опредѣляютъ размѣры арматуры, именно:

$$\alpha = \frac{E'}{E} \omega' = n\omega'$$

гдѣ ω' — полное сѣченіе металла арматуры.

$$\beta = n \left(\frac{t-s}{2} \right)$$

если назовемъ t сѣченіе металла въ вытянутой части тѣла и s сѣченіе металла въ сжатой части тѣла.

Слѣдовательно:

$$\omega' = t + s.$$

Въ плитахъ, плоскихъ перекрытіяхъ половъ и проч. почти никогда не дѣлается двойная арматура.

Если арматура простая (металлъ только въ вытянутой части), то

$$\beta = \frac{\alpha}{2}$$

и формулы (1) и (2) примутъ видъ:

$$R = \frac{6M}{h} \cdot \frac{1}{\omega + 4z} \quad (1').$$

$$S = R \frac{\omega + 2z}{\omega} \quad (2').$$

Такъ какъ сопротивленіе изгибаемаго тѣла изъ желѣзо-бетона опредѣляется главнымъ образомъ предѣльнымъ сопротивленіемъ бетона растяженію, то мы займемся разсмотрѣніемъ только формулы (1').

Изъ формулы (1') получимъ значеніе изгибающаго момента:

$$M = \frac{1}{6} R h (\omega + 4z) \quad (3).$$

Въ последнемъ выраженіи:

$$\omega = k b$$

гдѣ h толщина плиты, а b ея ширина.

$$\alpha = n\omega' = nk\omega = nk b h = 10.5 k b h$$

гдѣ k процентное содержаніе металла арматуры. Кромѣ того, мы принимаемъ допускаемое напряженіе бетона на растяженіе $R = 15$ кил. на кв. см. Слѣдовательно, выраженіе изгибающаго момента приметъ видъ:

$$M = 2.50 b h^2 (1 + 42 k) \quad (4).$$

Въ плитахъ процентное содержаніе металла никогда не бываетъ болѣе 1% и выраженіе изгибающаго момента будетъ:

Для $k = 0.005$:

$$M = 3.03 bh^2 \text{ } ^1)$$

откуда толщина плиты:

$$h = 0.57 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

и сѣченіе металла:

$$\omega' = kbh = 0.005 bh.$$

Для $k = 0.01$:

$$M = 3.55 bh^2$$

$$h = 0.53 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\omega' = 0.01 bh.$$

Эти окончательныя формулы могутъ служить для расчета толщины плиты, когда извѣстенъ изгибающій моментъ M отъ вѣшной нагрузки и собственного вѣса плиты.

Примѣненіе формулъ. — Для того, чтобы рассчитать плиту, когда извѣстна нагрузка на кв. метръ площади q и пролѣтъ плиты l , задаемся а priori приблизительной толщиной плиты для опредѣленія собственного вѣса ся на кв. метръ площади p , опредѣляемъ общій изгибающій моментъ M и, выбравъ процентное содержаніе металла $k = 0.5\%$ или 1% , получимъ толщину плиты по формулѣ:

$$h = 0.57 \sqrt{M} \quad \text{для } k = 0.5\%$$

или

$$h = 0.53 \sqrt{M} \quad \text{для } k = 1\%$$

при ширинѣ плиты b равной единицѣ.

Принимая ширину плиты 1 метръ, получимъ толщину плиты:

$$h = 0.057 \sqrt{M} \quad \text{для } k = 0.5\%$$

или

$$h = 0.053 \sqrt{M} \quad \text{для } k = 1\%$$

въ сантиметрахъ, если моментъ M выраженъ въ килограммо-сантиметрахъ на ширинѣ плиты, равной 1 метру.

Общее сѣченіе желѣза на пог. метръ ширины плиты отдѣлится изъ:

$$\omega' = 0.5 h \quad \text{для } k = 0.5\%$$

или

$$\omega' = 1.0 h \quad \text{для } k = 1\%$$

въ кв. сантиметрахъ.

Для облегченія расчетовъ можно составить слѣдующую таблицу для употребительныхъ въ практикѣ размѣровъ плитъ.

¹⁾ Р. Christophe въ своей книгѣ «Le beton armé et ses applications» даетъ практическую формулу $M = 3.09 bh^2$ при допускаемомъ напряженіи бетона на сжатіе 30 кил. на кв. см. и желѣза на растяженіе 600 кил. на кв. см.

Мы пришли почти къ тому-же результату болѣе научнымъ путемъ.

Т а б л и ц а 2.

$$k = 0.5\%.$$

Толщина плиты въ сантим.	Диаметръ проволоки мм.	Разстояние между про- волками сант.	Вѣсъ про- волки на 1 кв. м. плиты кил.гр.	Изгибающіе моменты на ширину плиты 1 метра: кил. сант.
5	5	8.00	1.99	7.575
6	5	7.00	2.30	10.908
7	6	8.00	2.95	14.847
8	6	7.00	3.32	19.392
9	6	6.00	3.54	24.643
10	8	10.00	3.92	30.300
11	8	9.00	4.31	36.663
12	8	8.00	4.70	43.632
13	9	10.00	4.96	51.207
14	9	9.00	5.46	59.388
15	10	10.00	6.13	68.175
16	10	10.00	6.13	77.568

Таблица (2) составлена только для процентнаго содержанія металла $k = 0.5\%$ и для плитъ толщиной отъ 5 до 16 сант., такъ какъ плиты толще 16 сант. въ практикѣ почти не встрѣчаются.

При болѣе толщинѣ обыкновенно выгодыѣ уменьшать разстояніе между балками, чтобы получить меньшую толщину плиты.

Въ графѣ 2, 3 и 4 таблицы указаны: діаметръ проволоки, разстоянія между ними и вѣсъ на кв. метръ плиты, соответственно толщинѣ плиты ¹⁾.

Численный примѣръ.—Расчетъ плиты пролетомъ 2 метр., свободно лежащей на опорахъ, для нагрузки 400 кил. на кв. м. (около 2,5 пуд. на кв. футъ).

Пролетъ $l = 2.00$ метра.

Полезная нагрузка $q = 400$ кил. на кв. м.

Наибольшій изгибающій моментъ отъ нагрузки:

$$M_q = \frac{ql^2}{8} = \frac{400 \times 4}{8} = 2000 \text{ кил. см.}$$

Беремъ а priori толщину плиты $h = 10$ сант.

Наибольшій изгибающій моментъ отъ собственного вѣса:

$$M_p = \frac{pl^2}{8} = \frac{\gamma h^2}{8} = \frac{2200 \times 0.10 \times 4}{8} = 11000 \text{ кил. см.}$$

¹⁾ Вѣсъ проволоки (графа 4, табл. 2) указанъ только для одного направленія арматуры. При перекрестной арматурѣ вѣсъ этотъ долженъ быть увеличенъ въ 2 раза.

Слѣдовательно, полный изгибающій моментъ:

$$M = M_q + M_p = 31000 \text{ кил. см.}$$

По таблицѣ (3) этому моменту соответствуетъ толщина плиты:

$$h = 10 \text{ сант.}$$

Арматура ея состоитъ изъ проволоки діам. 8 мм., съ разстояніями въ 10 сант.

Расчетъ плитъ, опирающихся четырьмя сторонами.—Для расчета прямоугольныхъ плитъ, опирающихся по всему периметру, можно примѣнить тотъ же способъ, какъ и для металлическихъ плитъ. Наибольшее напряженіе въ этомъ случаѣ появляется въ центрѣ и въ направленіи меньшаго пролета. Если l и l_1 будутъ стороны прямоугольника, при чемъ $l < l_1$ и M изгибающій моментъ, рассчитанный для плиты, пролетомъ l , то наибольшій изгибающій моментъ въ центрѣ плиты будетъ:

$$M_c = M \frac{l_1^4}{l^4 + l_1^4} \quad (5)$$

и для плиты, свободно лежащей на опорахъ, слѣдовательно:

$$M_c = \frac{1}{8} \cdot ql^2 \frac{l_1^4}{l^4 + l_1^4}.$$

При $l_1 = \infty$, коэффициентъ уменьшенія равенъ единицѣ и мы имѣемъ случай плиты, имѣющей двѣ опоры.

При $l_1 = l$ коэффициентъ уменьшенія имѣетъ наименьшее значеніе $= \frac{1}{2}$ и мы имѣемъ плиту квадратной формы въ планѣ.

Для $l_1 = 2l$, коэффициентъ уменьшенія будетъ:

$$\frac{l_1^4}{l^4 + l_1^4} = \frac{16}{17} = 0,94.$$

Когда длина плиты болѣе, чѣмъ въ два раза превосходитъ ея ширину, то вліяніемъ поперечныхъ опоръ можно пренебрегать, и плита можетъ быть рассчитана, какъ балка пролетомъ l .

Опредѣливъ наибольшій изгибающій моментъ для плиты пролета l , какъ свободно лежащей на опорахъ или закрѣпленной, смотря по обстоятельствамъ, умножимъ этотъ моментъ на коэффициентъ уменьшенія, по формулѣ (5), и, получивъ значеніе изгибающаго момента въ центрѣ плиты M_c , далѣе опредѣлимъ размѣры плиты, по формуламъ, указаннымъ выше, именно:

для $k = 0,005$:

$$M_c = 3,03 bh^2$$

$$h = 0,57 \sqrt{\frac{M_c}{b}}$$

$$\omega' = 0,005 bh$$

и для $k = 0,01$:

$$M_c = 3,55 bh^2$$

$$h = 0,53 \sqrt{\frac{M_c}{b}}$$

$$\omega' = 0,01 bh$$

причемъ для опредѣленія h и ω' можно пользоваться таблицей (3) точно также, какъ было указано выше.

III. БАЛКИ.

а) Прямоугольные балки.

Формулы для балок.—Для определения напряжений на растяжение и на сжатие въ прямоугольных балкахъ мы имѣемъ слѣдующія формулы:

$$R = \frac{6M}{h} \cdot \frac{\omega + \alpha - 2\beta}{(\omega + \alpha)(\omega + 3\alpha) - 12\beta^2} \quad (1)$$

$$S = R \frac{\omega + \alpha + 2\beta}{\omega + \alpha - 2\beta} \quad (2)$$

гдѣ:

ω сѣченіе бетона

$\alpha = n\omega' = nk\omega = n(t + s)$, если t и s суть сѣченія вытянутой и сжатой арматуры.

$$\beta = \frac{n}{2} (t - s).$$

Простая арматура. Для простой арматуры, только въ вытянутой части балки, $\beta = \frac{\alpha}{2}$ и формулы (1) и (2) принимаютъ видъ:

$$R = \frac{6M}{h} \cdot \frac{1}{\omega + 4\alpha} \quad (1')$$

$$S = R \frac{\omega + 2\alpha}{\omega} \quad (2')$$

Принимая $\omega = bh$ и допуская для вытянутого бетона напряженіе $R = 15$ кил. на кв. см., получимъ изъ формулы (1') выраженіе изгибающаго момента въ томъ-же видѣ, какъ мы имѣли его для плитъ съ простой арматурой:

$$M = \frac{1}{6} R h (\omega + 4\alpha) \quad (3)$$

или

$$M = 2,50 bh^2 (1 + 42k) \quad (4)$$

Последняя формула (4) можетъ служить для опредѣленія размѣровъ балки, если извѣстенъ изгибающій моментъ и задано заранее процентное содержаніе арматуры k , или для проверки сопротивленія балки, размѣры которой извѣстны.

Для $k = 0,5\%$.

$$M = 3,03 bh^2$$

$$h = 0,57 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\omega' = kbh = 0,005 bh$$

Для $k = 1\%$.

$$M = 3,55 bh^2$$

$$h = 0,53 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\omega' = 0,01 bh$$

Для $k = 2\%$.

$$M = 4,60 bh^2$$

$$h = 0,47 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\omega' = 0,02 bh$$

Для $k = 3\%$.

$$M = 5,65 bh^2$$

$$h = 0,42 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\omega' = 0,03 bh$$

Для $k = 4\%$.

$$M = 6,70 bh^2$$

$$h = 0,39 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\omega' = 0,04 bh$$

Для $k = 5\%$.

$$M = 7,75 bh^2$$

$$h = 0,36 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\omega' = 0,05 bh.$$

Въ эти формулы входятъ двѣ неизвѣстныхъ величины:

b и h ширина и высота балки; кромѣ того M — изгибающій моментъ отъ нагрузки и собственного вѣса балки — также есть функція величинъ b и h .

Поэтому для расчета балки съ простой арматурой, задавшись по желанію опредѣленнымъ процентнымъ содержаніемъ металла, слѣдуетъ также задаться а priori размѣрами: высотой h и шириной b балки; опредѣливъ затѣмъ наибольшій моментъ M , повѣряемъ его по одной изъ формулъ, указанныхъ выше для соотвѣствующаго значенія k .

Значеніе момента, опредѣленнаго по формулѣ вида $M = A bh^2$ не должно отличаться отъ значенія изгибающаго момента, опредѣленнаго нами въ зависимости отъ нагрузки и собственного вѣса; въ противномъ случаѣ, измѣнивъ h или b , которыми мы задались а priori, опредѣляемъ снова изгибающій моментъ и дѣлаемъ вторичную повѣрку.

Симметричная арматура. — Для двойной симметричной арматуры $\beta = 0$ и формулы (1) и (2) примутъ видъ:

$$R = \frac{6M}{h} \cdot \frac{1}{\omega + 3\alpha} \quad (1'')$$

$$S = R \quad (2'')$$

Формула (1'') можетъ быть представлена въ видѣ:

$$M = \frac{1}{6} R h (\omega + 3\alpha) \quad (5)$$

или, для $R = 15$ кил. на кв. см. и $\omega = bh$,

$$M = 2,50 bh^2 (1 + 31,5 k) \quad (6)$$

Формула (6) можетъ служить для опредѣленія размѣровъ балки, когда извѣстна величина изгибающаго момента M и задано процентное содержаніе арматуры k .

Для $k = 0,5\%$.

$$M = 2,90 bh^2$$

$$h = 0,59 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\omega' = 0,005 bh$$

При $k = 3,2\%$, следовательно, мы еще имеем простую арматуру, при которой напряжению бетона 15 кил. на кв. сант. въ вытянутой части балки, соответствует напряжение 25 кил. на кв. см. въ сжатой части балки.

При $k > 0,032$ мы можем по формулѣ (9) опредѣлить соотношение $\frac{s}{t}$, при которомъ наибольшая работа бетона въ балкѣ будетъ оставаться постоянной: 15 кил. на кв. см. для растяженія и 25 кил. на кв. см. для сжатія.

Если же не стремиться къ тому, чтобы въ балкѣ работа бетона на сжатіе и растяженіе одновременно достигала назначенныхъ напряженій, то можно довольствоваться процентнымъ содержаніемъ металла k меньшимъ, чѣмъ $3,2\%$, при чемъ можно по желанію помѣщать въ некоторую часть металла въ сжатой области балки.

Если назовемъ отношеніе

$$\frac{s}{\alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{t-s}{t+s} = \varepsilon$$

то формула (1) приметъ видъ:

$$R = \frac{6M}{h} \cdot \frac{\omega + \alpha (1 - 2\varepsilon)}{(\omega + \alpha) (\omega + 3\alpha) - 12\varepsilon^2 \alpha^2}$$

или замѣняя $\alpha = nk\omega$ и $\omega = bh$:

$$R = \frac{6M}{bh^2} \cdot \frac{(1 + nk - 2nk\varepsilon)}{(1 + nk) (1 + 3nk) - 12n^2 k^2 \varepsilon^2}$$

откуда

$$M = \frac{1}{6} \cdot R \cdot \frac{(1 + nk) (1 + 3nk) - 12n^2 k^2 \varepsilon^2}{(1 + nk) - 12nk\varepsilon} \cdot bh^2 \quad (12)$$

или, подставляя $n = 10,5$ и $R = 15$ кил. на кв. см.

$$M = 2,50 \frac{(1 + 10,5k) (1 + 31,5k) - 1323k^2 \varepsilon^2}{(1 + 10,5k) - 121k\varepsilon} \cdot bh^2 \quad (13)$$

Послѣдняя формула (13) можетъ служить для опредѣленія размѣровъ балки съ несимметричной арматурой, если извѣстна величина изгибающаго момента M .

Для расчета такой балки необходимо выбрать процентное содержаніе металла k и задаться значеніемъ отношенія $\frac{s}{\alpha} = \varepsilon$. Подставивъ значенія k и ε въ формулу (13), получимъ ее въ общемъ видѣ:

$$M = Abk^2$$

гдѣ A численный коэффициентъ.

Далѣе опредѣленіе размѣровъ балки дѣлается такъ же, какъ и въ случаѣ простой или двойной симметричной арматуры, какъ было указано выше.

Численный примѣръ.—Расчетъ прямоугольной балки пролетомъ 4 метра.

Полезная нагрузка 775 кил. на пог. метръ.

Возьмемъ процентное содержаніе арматуры $k = 1\%$.

Распредѣляемъ желѣзо въ балкѣ такъ, чтобы сѣченіе арматуры въ сжатой части было вдвое менѣе, чѣмъ въ вытянутой части, т.-е.

$$s = \frac{1}{3} \omega'$$

$$t = \frac{2}{3} \omega'$$

Слѣдовательно,

$$\frac{s}{\alpha} = \varepsilon = \frac{1}{2} \cdot \frac{t-s}{t+s} = \frac{1}{6} = 0,167$$

Подставляя значенія $k = 0,01$ и $\varepsilon = 0,167$ въ формулу (13) получимъ:

$$M = 3,38 bh^2.$$

Задаваясь a priori размѣрами балки:

$$b \times h = 0,25 \times 0,50 \text{ метр.}^2 = 1250 \text{ кв. см.}$$

получимъ значеніе наибольшаго изгибающаго момента:

$$M_{max} = \frac{(775 + 0,125 \times 2200) \times 4^2}{8} = 2100 \text{ кил. метр.} = 210000 \text{ кил. сант.}$$

Моментъ же сопротивленія балки:

$$3,38 bh^2 = 3,38 \times 25 \times 2500 = 211250 \text{ кил. сант.}$$

т. е. выбранные нами размѣры балки:

$$b = 25 \text{ сант.}$$

$$h = 50 \text{ сант.}$$

удовлетворяютъ условіямъ прочности.

Сѣченіе металла въ балкѣ будетъ:

$$\omega' = k\omega = 0,01 \times 1250 = 12,50 \text{ сант}^2.$$

Возьмемъ для арматуры:

въ сжатой части два стержня діам. по 16 мм.

» вытянутой части два стержня діам. по 23 »

Сѣченіе желѣза, слѣдовательно, будетъ:

$$\text{въ сжатой части.} \quad s = 2 \times 2,01 = 4,02 \text{ кв. сант.}$$

$$\text{въ вытянутой части.} \quad t = 2 \times 4,15 = 8,30 \text{ » } \text{ »}$$

$$\text{полное сѣченіе металла.} \quad \omega' = 12,32 \text{ » } \text{ »}$$

Расчетъ поперечныхъ связей. — Для расчета сѣченія поперечныхъ связей или скобъ мы примемъ формулу:

$$v = \frac{\tau_0}{\tau'} \cdot bx \quad (14)$$

если пренебрегать сопротивленіемъ бетона срыву.

Здѣсь:

$$\tau' = 0,8 R_f = 5,60 \text{ кил. на кв. мм. для металла.}$$

b — ширина балки.

x — разстояніе между двумя сосѣдними связями.

$$\tau_0 = \frac{V}{Jb} \left[\frac{1}{2} y_2^2 b + n d_2 t \right] \quad (15)$$

гдѣ V — перерѣзывающее усиліе въ данной точкѣ.

$J = \frac{bh^3}{12}$ — моментъ инерціи сѣченія бетона.

t — сѣченіе вытянутой арматуры.

y_2 — разстояніе нижней поверхности балки отъ нейтральнаго волокна:

$$y_2 = \frac{h}{2} - u$$

$$u = \frac{n\omega'}{\omega + n\omega'} \cdot m = \frac{nk}{1 + nk} \cdot m$$

$$m = \frac{h}{2} - \frac{H_0 s}{\omega'} - c_2$$

$$d_2 = y_2 - c_2$$

если H_0 есть разстояніе между сжатой и вытянутой арматурой, а c_2 разстояніе вытянутой арматуры отъ нижней поверхности балки.

Слѣдовательно:

$$y_2 = \frac{h}{2} - \frac{nk}{1 + nk} \left[\frac{h}{2} - \frac{H_0 s}{\omega'} - c_2 \right].$$

Для $s = 0$; $t = \omega'$; (простая арматура):

$$y_2 = \frac{h}{2} - \frac{nk}{1 + nk} \left[\frac{h}{2} - c_2 \right].$$

Для $s = t = \frac{\omega'}{2}$; (симметричная арматура):

$$y_2 = \frac{h}{2} - \frac{nk}{1 + nk} \left[\frac{h}{2} - \frac{H_0}{2} - c_2 \right] = \frac{h}{2}.$$

Наибольшее отклоненіе нейтральной оси балки отъ $\frac{h}{2}$ будетъ имѣть мѣсто при простой арматурѣ и при наибольшемъ процентномъ содержаніи $k = 0,05$.

Для $t = \omega'$ и $k = 0,05$:

$$y_2 = \frac{h}{2} - 0,34 \left[\frac{h}{2} - c_2 \right].$$

Въ балкахъ обыкновенно $c_2 = 0,10 h$; слѣдовательно:

$$y_2 = \frac{h}{2} - 0,136 h.$$

Слѣдовательно, наибольшая разница въ значеніи y_2 , а также въ значеніи срѣзывающаго напряженія σ_0 , составляетъ 27%.

Для наиболѣе употребительной пропорціи металла $k = 0,01$, разница эта составитъ:

$$y_2 = \frac{h}{2} - 0,036 h$$

т. е. всего 7%; причемъ, если принять $y_2 = \frac{h}{2}$, то значеніе срѣзывающаго напряженія, а слѣдовательно и сѣченіе связей увеличится отъ 7% до 27%, для простой арматуры; для двойной симметричной арматуры $y_2 = \frac{h}{2}$ и увеличеніе это равно 0; несимметричная арматура занимаетъ среднее мѣсто.

Поэтому, для упрощенія расчета сѣченій поперечныхъ связей принимаемъ положеніе нейтральнаго волокна посрединѣ балки, т. е. беремъ

$$y_2 = \frac{h}{2}.$$

Формула (15) приметъ видъ:

$$\sigma_0 = \frac{V}{Jb} \left[\frac{h^2 b}{8} + 0,4 n h t \right]$$

или

$$\sigma_0 = \frac{V}{h^2 h^3} [1,50 b h + 50,40 t] \quad (15')$$

Отсюда сѣченіе скобы:

$$v = \frac{\sigma_0}{\tau} b x = \frac{V}{b h^2 \tau} [1,50 b h + 50,40 t] \cdot x$$

или

$$v = \frac{V}{560 b h^2} [1,50 b h + 50,40 t] \cdot x \quad (16')$$

въ сантиметрахъ.

Послѣдняя формула (16') можетъ служить окончательно для опредѣленія сѣченія связей или скобъ, если извѣстны размѣры балки и задано, по желанію, разстояніе между связями x .

Но на практикѣ предпочтительнѣе дѣлать всѣ скобы или связи одного сѣченія и измѣнять только разстояніе между ними.

Въ такомъ случаѣ, надо выбрать діаметръ проволоки для связей или сѣченіе полосового желѣза для скобъ и опредѣлить разстояніе между ними по формулѣ:

$$x = \frac{560 \cdot v \cdot b \cdot h^2}{V [1,50 b h + 50,40 t]} \quad (17)$$

Разстоянія x , очевидно, будутъ уменьшаться отъ середины пролета къ опорамъ, обратно пропорціонально измѣненію перерѣзывающаго усилія V .

При небольшихъ пролетахъ и нагрузкахъ возможно ограничиться опредѣленіемъ разстоянія x для первой скобы отъ опоры по формулѣ:

$$x = \frac{560 \cdot v b h^2}{A [1,50 b h + 50,40 t]}$$

гдѣ A — опорное сопротивленіе, и полученное разстояніе x сохранить по всей длинѣ балки.

Если поперечныя связи состоятъ изъ наклонныхъ элементовъ, то выбрать сѣченіе связи и опредѣливъ разстояніе x согласно указанному выше, распредѣляемъ связи такимъ образомъ, чтобы разстояніе между узлами треугольной рѣшетки было равно $2x$. (Рис. 160).

Примѣнимъ эти формулы къ расчету поперечныхъ связей въ балкѣ, рассчитанной выше.

Опорное сопротивленіе:

$$A = \frac{1}{2} \times (775 + 0,125 \times 2200) \times 4 = 2100 \text{ килогр.}$$

Беремъ для связей проволоку $d = 8$ мм.

Сѣченіе связей будетъ:

$$v = 2 \times 0,50 = 1,00 \text{ кв. сант.}$$

Разстояніе первой связи отъ опоры:

$$x_0 = \frac{560 \times 1,00 \times 1250 \times 50}{2100 \times [1,50 \times 1250 + 50,4 \times 8,30]} = 7,30 \text{ сант.}$$

На разстояніи $\frac{1}{4} l$ отъ опоры, промежутокъ между двумя сосѣдними связями долженъ быть:

$$x_1 = 2 \times 7,30 = 14,60 \text{ сант.}$$

Общее сѣченіе вѣхъ связей на протяженіи одной половины пролета опредѣлится по формулѣ:

$$\sum_{x=0}^{\frac{l}{2}} v = \frac{Al}{4 b h^2} \cdot [1,50 b h + 50,40 t] = 13,75 \text{ кв. сант.}$$

Расчетъ балки Геннебика.—Система Геннебика представляетъ смѣшанную арматуру; сжатые стержни наклоняются отъ опоръ книзу и соприкасаются въ средней части съ вытянутыми стержнями на протяженіи одной трети пролета (Рис. 161).

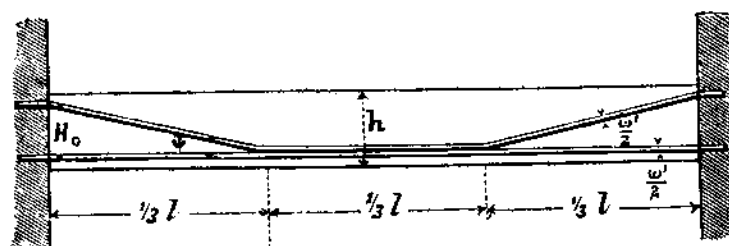


Рис. 161.

Такое расположеніе, очевидно, можетъ приносить существенную пользу только при закрѣпленіи балки на опорахъ.

Разсмотримъ случай, когда сѣченіе верхней и нижней арматуры одинаково и равно по-
рознь $\frac{\omega'}{2}$.

Балка должна быть проверена в двух сечениях: на опорах, где появляется отрицательный момент, и по середине пролета.

При равномерной нагрузке, изгибающий момент на опоре будет:

$$M_0 = -\frac{pl^2}{12}$$

где p нагрузка на пог. ед. пролета, включая собственный вес балки.

Проверка размеров в сечении закрепления делается, как указано выше для балки с симметричной арматурой:

$$M_0 = 2,50 bh^2 (1 + 31,5 k) \quad (6)$$

По середине пролета изгибающий момент:

$$M_1 = +\frac{pl^2}{24}$$

и проверка размеров делается, как для балки с простой арматурой:

$$M_1 = 2,40 bh^2 (1 + 42 k) \quad (4)$$

Поклонная арматура принимает часть срезающих усилий и поэтому в формулах (16') и (17) для расчета скоб вместо V следует взять значение:

$$V_1 = V - R_f w t g \phi$$

где w сечение наклонного стержня равно $\frac{\omega'}{2}$.

$$\tan \phi = \frac{3H_0}{l}$$

где H_0 — расстояние между верхней и нижней арматурой на опоре:

$$R_f = n \cdot R_b \cdot 10,5 \times 15 = 157,5 \text{ кл. на кв. см.}$$

Следовательно:

$$V_1 = V - 157,5 \cdot \frac{3H_0 \omega'}{2l} = V - 236,25 \cdot \frac{H_0 \omega'}{l}$$

Если же

$$V = 236,25 \cdot \frac{H_0 \omega'}{l}$$

или, что то-же самое:

$$\omega' \geq \frac{V \cdot l}{236,25 H_0}$$

то скобы в такой балке не требуются.

Таблицы для расчета прямоугольных балок. — Следующие таблицы 3—6 составлены для расчета прямоугольных балок с двойной симметричной арматурой для одного частного случая, при отношении ширины балки к высоте $b:h = 1:2$, что чаще всего встречается на практике, при процентных содержаниях металла продольной арматуры в бетоне k от 1% до 4%.

Здесь следует заметить, что чем больше сечение балки, тем рациональнее и выгоднее брать большее процентное содержание металла, как в видах уменьшения размеров балки, равно и для облегчения ее веса.

Основываясь на этом принципе, составлены нижеследующие таблицы (3, 4, 5 и 6).

Подобные таблицы могут быть составлены для какого угодно отношения $b:h$ и при любом процентном содержании металла k , пользуясь приведенными выше формулами.

Пользование этими таблицами, очевидно, не может составить никакого затруднения, после того как определен изгибающий момент M от внешних сил и собственного веса балки.

Такие таблицы могут сильно облегчить расчет железобетонных покрытий, особенно для технических бюро, занятых составлением многочисленных проектов этого рода.

Балки съ двойной симметричной арматурой.

Таблица 3.

$$k = 1^0/0; \omega' = 0,01 bh; M = 3,29 bh^2.$$

Высота балки h мм.	Ширина балки $b = \frac{1}{2} h$ мм.	Теоретиче- ское сѣченіе металла ω' кв. сант.	Диаметръ же- лѣза d мм.	Число стержней	Вѣсъ ме- талла на пог. метръ балки кил.	Вѣсъ 1 пог. метра балки кил.	Изгибающій мо- ментъ M , включая собственный вѣсъ балки. кил. метр.
200	100	2,00	11,11 = $\frac{7}{16}$ "	2	1,54	44,00	131,60
210	105	2,20	12,00	2	1,76	48,62	153,35
220	110	2,42	12,70 = $\frac{1}{2}$ "	2	1,97	53,24	175,09
230	115	2,65	13,00	2	2,07	58,19	201,25
240	120	2,88	14,00	2	2,40	63,36	227,40
250	125	3,13	14,00	2	2,40	68,86	258,20
260	130	3,38	15,00	2	2,76	74,36	288,99
270	135	3,65	15,87 = $\frac{5}{8}$ "	2	3,09	80,30	325,01
280	140	3,92	15,87 = $\frac{5}{8}$ "	2	3,09	86,24	361,04
290	145	4,21	16,00	2	3,10	92,62	402,59
300	150	4,50	17,00	2	3,54	99,00	444,15
310	155	4,81	17,50 = $\frac{11}{16}$ "	2	3,75	106,48	491,55
320	160	5,12	18,00	2	3,97	113,96	540,67
330	165	5,45	19,00 = $\frac{3}{4}$ "	2	4,42	120,56	592,96
340	170	5,78	19,00 = $\frac{3}{4}$ "	2	4,42	127,16	648,45

Таблица 4.

$$k = 2\%_0; \omega' = 0,02bh; M = 4,08bh^2.$$

Высота балки h мм.	Ширина балки $b = \frac{1}{2} h$ мм.	Отъёме мс- таппа ω' кв. сант.	Диаметр же- лѣза d мм.	Число стержней.	Вѣсъ мс- таппа на 1 метръ балки кнл.	Вѣсъ 1 пог. метра балки кнл.	Изгибающіе мо- менты M , включая собствен. вѣсъ балки кнл. метр.
300	150	9,00	24,00	2	7,06	99,00	550,80
310	155	9,61	25,00	2	7,66	106,48	607,73
320	160	10,24	25,40=1"	2	7,89	113,96	668,47
330	165	10,89	27,00	2	8,93	120,56	733,11
340	170	11,56	27,00	2	8,93	127,16	801,80
350	175	12,25	28,00	2	9,61	134,86	874,55
360	180	12,96	28,57=1 $\frac{1}{8}$ "	2	9,98	142,56	951,86
370	185	13,69	30,00	2	11,03	150,70	1033,26
380	190	14,44	31,75=1 $\frac{1}{4}$ "	2	12,32	158,84	1119,35
390	195	15,21	31,75=1 $\frac{1}{4}$ "	2	12,32	167,42	1209,72
400	200	16,00	22,22=7 $\frac{7}{8}$ "	4	12,08	176,00	1305,60
410	205	16,81	23,80=15 $\frac{5}{16}$ "	4	13,85	185,24	1405,56
420	210	17,64	23,80=15 $\frac{5}{16}$ "	4	13,85	194,48	1511,64
430	215	18,49	25,00	4	15,32	203,72	1621,18
440	220	19,36	25,00	4	15,32	212,96	1738,08
450	225	20,25	25,40=1"	4	15,79	222,86	1858,44
460	230	21,16	26,00	4	16,56	232,76	1984,92
470	235	22,09	27,00	4	17,86	243,10	2117,52
480	240	23,04	27,00	4	17,86	253,44	2256,24
490	245	24,01	28,00	4	19,21	264,22	2399,04
500	250	25,00	28,57=1 $\frac{1}{8}$ "	4	19,97	275,00	2550,00
510	255	26,01	29,00	4	20,61	286,22	2705,05
520	260	27,04	30,00	4	22,05	297,44	2868,24
530	265	28,09	30,00	4	22,05	308,97	3035,52
540	270	29,16	31,75=1 $\frac{1}{4}$ "	4	24,65	321,20	3210,96
550	275	30,25	31,75=1 $\frac{1}{4}$ "	4	24,65	332,73	3392,25
560	280	31,36	31,75=1 $\frac{1}{4}$ "	4	24,65	344,96	3582,24
570	285	32,49	32,00	4	25,09	357,37	3778,08
580	290	33,64	34,00	4	28,33	370,48	3980,04
590	295	34,81	34,00	4	28,33	382,89	4188,12

Таблица 5.

$$k = 3\text{‰}; \quad \omega' = 0,03bh; \quad M = 4,86bh^2$$

Высота балки h мм.	Ширина балки $b = \frac{1}{2} h$ мм.	Сечение ме- талла ω' кв. сант.	Диаметр же- лѣза d мм.	Число стержней.	Вѣсъ ме- талла на 1 пог. метр. балки кнл.	Вѣсъ 1 пог. метра балки кнл.	Изгибающие мо- менты M , включая собствен. вѣсъ балки кнл. метр.
500	250	34,50	33,30 = $1\frac{5}{16}$ "	4	27,25	275,00	3037,00
510	255	39,02	35,00	4	30,04	286,22	3223,40
520	260	40,56	36,00	4	31,76	297,44	3416,58
530	265	42,14	37,00	4	33,58	308,97	3618,27
540	270	43,74	37,00	4	33,58	321,20	3727,25
550	275	45,38	38,00 = $1\frac{1}{2}$ "	4	35,40	332,73	4043,50
560	280	47,04	39,00	4	37,30	344,96	4267,08
570	285	48,74	39,70 = $1\frac{9}{16}$ "	4	38,60	357,37	4500,36
580	290	50,46	40,00	4	39,20	370,48	4740,93
590	295	52,22	41,00	4	41,22	382,89	4991,22
600	300	54,00	41,30 = $1\frac{5}{8}$ "	4	41,88	396,00	5248,80
610	305	55,81	42,00	4	43,24	409,29	5516,10
620	310	57,66	43,00 = $1\frac{11}{16}$ "	4	45,44	425,92	5790,69
630	315	59,54	44,00	4	47,44	436,57	6077,43
640	320	61,44	44,50 = $1\frac{3}{4}$ "	4	48,53	455,84	6369,03
650	325	63,38	45,00	4	49,62	464,64	6672,78
660	330	65,34	46,00	4	51,80	482,24	6986,25
670	335	67,34	46,30 = $1\frac{3}{16}$ "	4	52,56	493,68	7309,44
680	340	69,36	47,00	4	54,14	508,64	7639,92
690	345	71,42	47,70 = $1\frac{7}{8}$ "	4	56,48	523,60	7982,55

Таблица 6.

$$k = 4\text{‰}; \omega' = 0,04bh; M = 5,63bh^2.$$

Высота балки h мм.	Ширина балки $b = \frac{1}{2} h$ мм.	Съёмное ме- талла ω' кв. сант.	Диаметр же- лѣза d мм.	Число стержней.	Вѣсъ ме- талла на 1 пог. метръ балки кил.	Вѣсъ 1 пог. метра балки кил.	Изгибающий мо- ментъ M , включая собствен. вѣсъ балки. кил. метр.
600	300	72,00	39,00	6	55,95	396,00	6091,20
610	305	74,42	$39,70 = 1\frac{9}{16}"$	6	57,95	409,29	6400,84
620	310	76,88	40,00	6	58,80	425,92	6720,91
630	315	79,40	$41,30 = 1\frac{5}{8}"$	6	60,62	436,57	7051,41
640	320	81,92	42,00	6	64,86	455,84	7392,35
650	325	84,50	$43,00 = 1\frac{11}{16}"$	6	68,01	464,64	7744,57
660	330	87,12	$43,00 = 1\frac{11}{16}"$	6	68,01	482,24	8107,50
670	335	89,78	44,00	6	71,16	493,68	8481,43
680	340	92,48	$44,50 = 1\frac{3}{4}"$	6	72,76	508,64	8866,93
690	345	95,22	45,00	6	74,37	523,60	9263,98
700	350	98,00	46,00	6	77,58	539,44	9642,30
710	355	100,82	$46,30 = 1\frac{13}{16}"$	6	78,77	554,40	10093,06
720	360	103,68	47,00	6	81,15	570,24	10525,65
730	365	106,58	$47,70 = 1\frac{7}{8}"$	6	83,54	586,08	10970,36
740	370	109,52	48,00	6	84,72	602,80	11427,20
750	375	112,50	49,00	6	87,80	618,84	11897,02
760	380	115,52	$49,50 = 1\frac{15}{16}"$	6	89,34	635,36	12379,24
770	385	118,58	50,00	6	91,89	652,19	12874,15
780	390	121,68	50,00	6	91,89	679,24	13382,31
790	395	124,82	$51,00 = 2"$	6	95,64	686,51	13903,73
800	400	128,00	45,00	8	99,24	704,00	14438,40
810	405	131,22	46,00	8	103,60	721,71	14986,61
820	410	134,48	$46,30 = 1\frac{13}{16}"$	8	104,93	739,64	15548,63
830	415	137,78	47,00	8	108,04	757,79	16124,48
840	420	141,12	$47,70 = 1\frac{7}{8}"$	8	111,15	776,16	16714,14
850	425	144,50	48,00	8	112,48	794,75	17318,47
860	430	147,92	49,00	8	117,50	813,56	17936,89
870	435	151,38	49,00	8	117,50	832,59	18569,70
880	440	154,88	$49,50 = 1\frac{15}{16}"$	8	120,01	851,84	19217,45
890	445	158,42	50,00	8	122,52	871,31	19880,15
900	450	162,00	$51,00 = 2"$	8	129,02	891,00	20557,80

Примечаніе. Разстояніе центра арматуры отъ ближайшей поверхности балки принимается равнымъ около $1,5d$, гдѣ d —диаметръ круглаго желѣза арматуры, или $\frac{1}{16} - \frac{1}{12} h$, гдѣ h полная высота балки.

Графическія таблицы.—Для предварительныхъ подсчетовъ и быстрого опредѣленія размѣровъ желѣзо-бетонныхъ балокъ можетъ служить прилагаемая здѣсь графическая таблица.

Опредѣливъ изгибающій моментъ въ килограммметрахъ (включая собственный вѣсъ балки, которымъ надо задаться а priori), беремъ соотвѣтствующую моменту ординату кривой, которая и представитъ намъ высоту балки h въ сантиметрахъ.

На таблицѣ даны кривыя высотъ балокъ съ простой арматурой, при процентномъ содержаніи металла $k =$ отъ 1% до 4% и съ двойной арматурой, при $k =$ отъ 2% до 5%.

Взявъ соотвѣтствующую высоту балки h и раздѣливъ ее на 2, получимъ ширину балки $b = \frac{h}{2}$.

Сѣченіе металла въ балкѣ опредѣлится черезъ умноженіе площади сѣченія bh на соотвѣтствующее процентное содержаніе металла $k = 0,01$ или 0,02, 0,03 и т. д.

Сѣченіе металла

$$\omega' = kbh.$$

Такія таблицы представляютъ то удобство, что даютъ возможность сдѣлать наиболѣе удачный выборъ процентнаго содержанія металла въ балкѣ въ зависимости отъ тѣхъ размѣровъ, какіе возможно или желательно придать балкѣ, насколько то позволяетъ высота перекрываемого помѣщенія, мѣстныхъ условій и проч.

в) Тавровыя балки.

Формулы.—Расчетъ тавровыхъ балокъ нѣсколько сложнее, чѣмъ прямоугольныхъ, особенно при несимметричной арматурѣ, что и имѣетъ мѣсто въ большинствѣ случаевъ.

Нами выведены слѣдующія формулы для расчета такихъ балокъ.

Площадь сѣченія балки:

$$\Omega = \omega + n\omega' \quad (1)$$

Моментъ инерціи сѣченія балки:

$$J = i + ni^2 + nm^2 \frac{\omega\omega'}{\Omega} \quad (2)$$

гдѣ моментъ инерціи сѣченія бетона:

$$i = \frac{1}{3} \left\{ \lambda d^3 - (\lambda - b)(d - h)^3 + b(H - d)^3 \right\}$$

моментъ инерціи сѣченія желѣза:

$$i' = \frac{H_o^2 s t}{\omega'}$$

Сѣченіе бетона:

$$\omega = bH + (\lambda - b)h$$

Сѣченіе металла:

$$\omega' = s + t$$

При чемъ всѣ обозначенія указаны на рис. 162.

Въ приведенныхъ формулахъ:

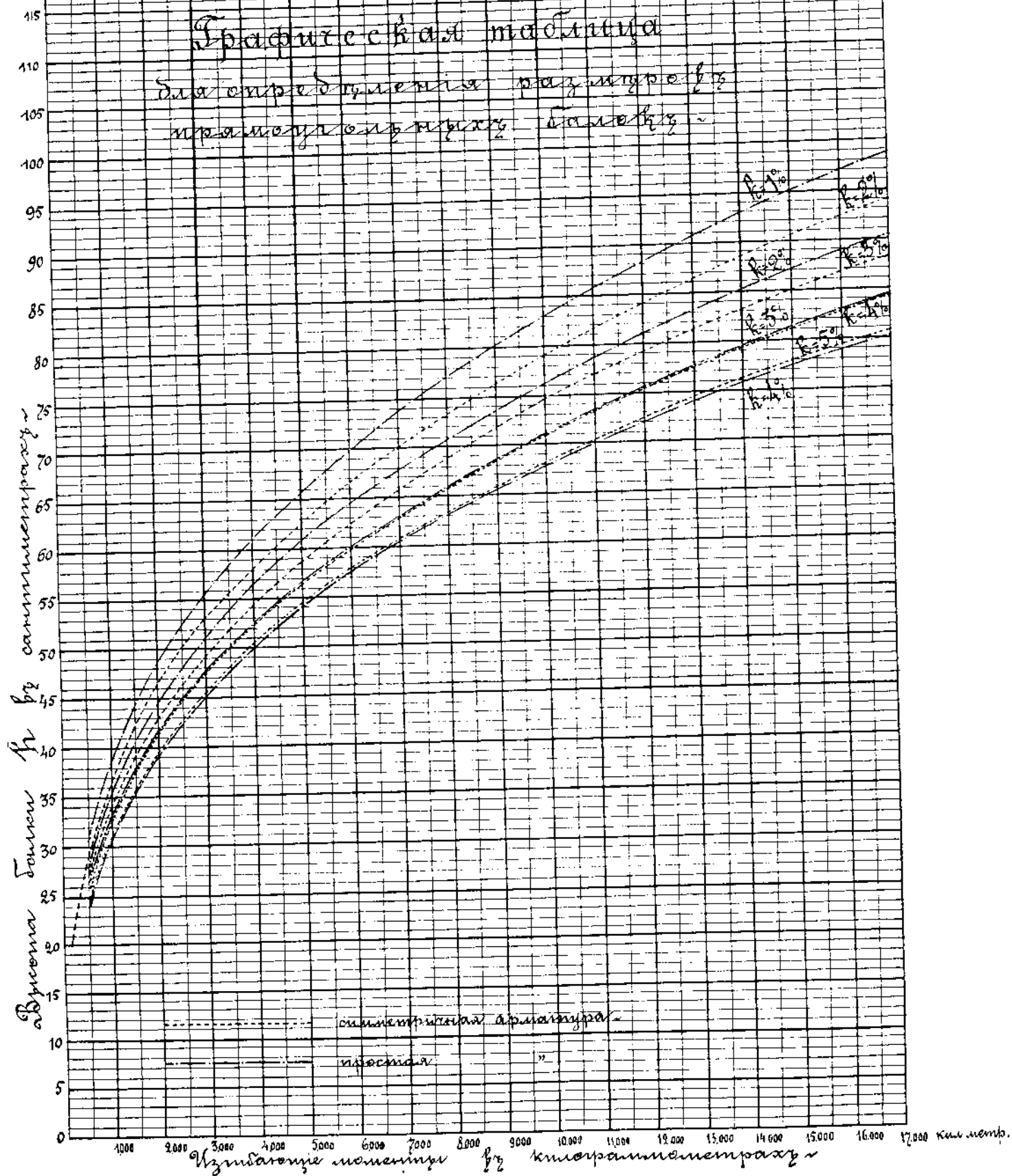
1) разстояніе центра тяжести сѣченія бетона отъ верхней поверхности балки:

$$d = \frac{bH^2 + (\lambda - b)h^2}{2\omega}$$

2) разстояніе центра тяжести сѣченія металла отъ верхней поверхности балки:

$$d' = \frac{H_o t}{\omega'} + c_1$$

180 сент.



- 3) расстояние центра тяжести фиктивного однородного сечения от верхней поверхности балки:

$$D = \frac{n\omega'}{\Omega} (d' - d) + d$$

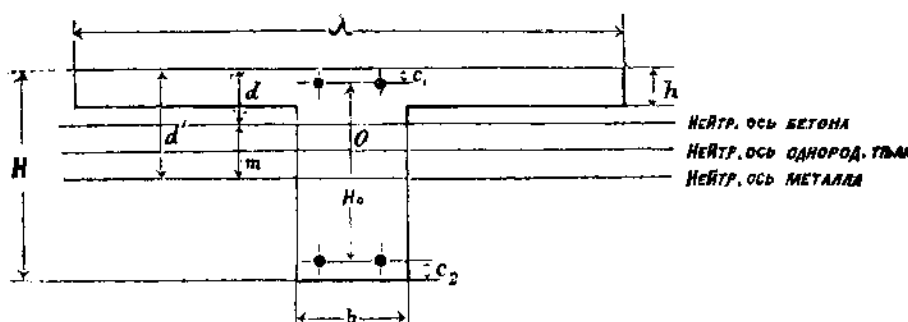


Рис. 162.

- 4) расстояние между центрами тяжести сечений бетона и металла:

$$m = d' - d.$$

Наибольшее напряжение на растяжение в бетоне получится по формуле:

$$R_b = \frac{M(H-D)}{J}.$$

Откуда момент сопротивления балки:

$$M = \frac{R_b J}{H-D}.$$

Численный пример.—Расчет монолитного пола с бетонными балками для полезной нагрузки 300 кил. на кв. метр.

Пролет балок пола . . . $L = 3,75$ метр.

Расстояние между балками: $l = 2,00$ »

Берем толщину плоского перекрытия между балками $h = 8$ сант. с процентным содержанием металла $k = 0,005$.

Наибольший изгибающий момент на ширину плиты 1 метр:

$$M = \frac{l^2}{12} [q + \gamma h] = \frac{(300 + 2200 \times 0,10) \times 4}{12} = 173,33 \text{ кил. метр.} = 17333 \text{ кил. сант.}$$

По таблицѣ 3 такому изгибающему моменту соответствует плита толщиной:

$$h = 8 \text{ сант.}$$

Диаметр проволоки 6 мм.; число ихъ на пог. метръ ширины плиты 15 шт.

Размѣры выступа балки (свиге) беремъ:

H 40 сант. (включая толщину плиты).

b 20 сант.

$c_1 = c_2 = 2,5$ сант.

Слѣдовательно:

$$H_0 = 40 - 5 = 35 \text{ сант.}$$

Кромѣ того:

$$\lambda = 2,00 \text{ метр.}$$

$$h = 8 \text{ сант.}$$

Арматуру балки составляемъ изъ:
въ верхней части — 2 стержня діаметромъ 10 м.м.

$$s = 2 \times 0,785 = 1,57 \text{ см.}^2.$$

въ нижней части 2 стержня діаметромъ 25 м.м.

$$t = 2 \times 7,065 = 15,13 \text{ см.}^2.$$

Слѣдовательно, площадь сѣченія всего желѣза:

$$\omega' = 1,57 + 15,13 = 16,70 \text{ кв. сантим.}$$

Что составляетъ около 2% сѣченія выступа балки.

Площадь сѣченія бетона:

$$\omega = 200 \times 8 + 32 \times 20 = 2250 \text{ кв. см.}$$

Опредѣляемъ всѣ элементы балки:

$$\Omega = 2240 + 10,5 \times 16,70 = 2415,35 \text{ кв. см.}$$

$$d = \frac{20 \times 40^2 + 180 \times 8^2}{2 \times 2240} = 9,70 \text{ сантим.}$$

$$d' = \frac{35 \times 15,13}{16,70} + 2,50 = 34,80 \text{ сантим.}$$

$$D = \frac{10,5 \times 16,70}{2415,35} \times 25,10 + 9,70 = 11,50 \text{ сантим.}$$

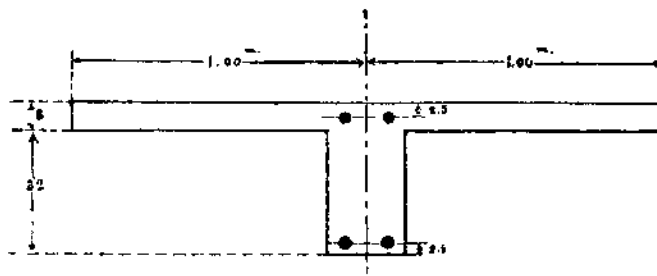


Рис. 163.

$$m = 34,80 - 9,70 = 25,10.$$

$$i = \frac{1}{3} \times \left[200 \times 9,70^3 - 180 \times 1,70^3 + 20 \times 30,30^3 \right] = 246004 \text{ см.}^4$$

$$i' = \frac{35^2 \times 1,57 \times 15,13}{16,70} = 1742 \text{ см.}^4$$

$$J = 246004 + 10,5 \times 1742 + 10,5 \times 25,10^2 \times \frac{2240 \times 16,70}{2415,35} = 369403 \text{ см.}^4$$

Полезная нагрузка на пог. метръ балки:

$$q_1 = 300 \times 2 = 600 \text{ килогр.}$$

Собственный вѣсъ балки на пог. метръ:

$$q_2 = 2200 \times 0,224 = 493 \text{ килогр.}$$

Слѣдовательно, полная нагрузка на пог. метръ балки:

$$p = 600 + 493 = 1093 \text{ килогр.}$$

Наибольший изгибающий моментъ:

$$M = \frac{pL^2}{8} = \frac{1093 \times 3,75^2}{8} = 1920,60 \text{ кил. метр.}$$

Моментъ же сопротивленія балки:

$$\frac{E_b J}{H - D} = \frac{15 \times 369403}{40,0 - 11,50} = 1944,23 \text{ кил. метр.}$$

т.-е. балка вполне удовлетворяетъ требованіямъ прочности.

Что же касается *поперечныхъ связей*, то онѣ рассчитываются точно такъ же, какъ и въ прямоугольныхъ балкахъ.

IV. С В А И.

По работѣ и конструкціи слѣдуетъ различать два вида свай:

1. Отдѣльныя сваи, служащія для поддерживанія ростверка или плоскаго фундамента и работающія, какъ столбы, подверженныя вертикальной нагрузкѣ.
2. Шпунтовые сваи, служащія для поддерживанія земли или берега набережной, и работающія, какъ подпорныя стѣнки.

Разсмотримъ эти два вида свай отдѣльно.

Отдѣльныя сваи могутъ быть круглаго, квадратнаго или прямоугольнаго сѣченія; по конструкціи своей онѣ совершенно подобны столбамъ. Конецъ такой сваи снабжается металлическимъ башмакомъ, а на голову сваи надѣвается чугунный колпакъ, наполняемый пескомъ или стружками для смягченія ударовъ бабы и сама свая забивается при помощи дубоваго подбабка.

Свая должна удовлетворять требованіямъ прочности въ дѣлѣ и во время забивки.

Опредѣленіе размѣровъ свай для данной нагрузки P дѣлается такимъ же способомъ, какъ это было указано для столбовъ по формуламъ:

$$\omega = \frac{P}{S_b(1 + nk)} \quad (1)$$

$$\omega' = k\omega$$

при чемъ для заданнаго процентнаго содержанія металла k , можно взять фактивное напряженіе $S_b(1 + nk) = S_b'$ изъ таблицы 2.

Тогда сѣченіе свай получится изъ:

$$\omega = \frac{P}{S_b'} \quad (2)$$

и сѣченіе арматуры:

$$\omega' = k\omega' \quad (3)$$

По опредѣленіи размѣровъ свай въ зависимости отъ данной нагрузки, необходимо еще сдѣлать повѣрку прочности ея при забивкѣ.

Если назовемъ Q вѣсъ бабы, h высоту паденія бабы, q вѣсъ сваи, e глубину опусканія, то работа сопротивленія грунта p на протяженіи e будетъ:

$$pe.$$

Съ другой стороны, эта работа должна равняться работѣ, поглощенной сваей и бабой послѣ момента удара и работѣ, совершенной ими при проходѣ пути e .

Определение размѣров сѣченія свай дѣлается затѣмъ точно такъ же, какъ для балки съ симметричной арматурой, по формулѣ:

$$M = 2,50bh^2(1 + 31,5k)$$

въ сантиметрахъ.

Кромѣ того, для такой свай должна быть опредѣлена безопасная высота паденія бабы и вѣсъ ея, какъ было сказано выше.

V. ПЛОСКИЕ ФУНДАМЕНТЫ.

За границей и преимущественно въ Соединенныхъ Штатахъ въ большомъ ходу плоскія основанія изъ желѣзо-бетона подъ тяжелыя сооруженія, когда твердый, несжимаемый грунтъ, находится на большой глубинѣ и устройство обыкновенныхъ фундаментовъ или свайныхъ основаній затруднительно или слишкомъ дорого.

Принципъ такихъ плоскихъ фундаментовъ состоитъ въ распредѣленіи вѣса сооруженія на достаточную площадь земли.

Такой фундаментъ можно разсматривать, какъ плиту, нагруженную сверху вѣсомъ сооруженія въ опредѣленныхъ точкахъ и подвергающуюся снизу равномерной реакціи грунта.

Чаще всего приходится устраивать такіе фундаменты подъ стѣны или колонны.

Фундаменты подъ стѣны. — Если назовемъ ширину плоскаго фундамента подъ стѣну, опредѣленную въ зависимости отъ плотности грунта:

$$l = \frac{P}{p}$$

гдѣ P вѣсъ стѣны на пог. единицу длины, p сопротивленіе грунта на кв. ед., то мы получимъ плиту, длиною l , закрѣпленную посрединѣ и подвергающуюся снизу равномерной нагрузкѣ отъ реакціи земли, равной p на пог. ед. ея длины.

Наибольшій изгибающій моментъ будетъ въ плоскости закрѣпленія:

$$M = \frac{pl^2}{8} = \frac{Pl}{8}.$$

Очевидно, въ данномъ случаѣ вытягивающее усиліе появляется въ нижней части плиты и, если арматура простая, то она должна находиться у нижней поверхности плиты.

Въ случаѣ *простой арматуры* толщина плоскаго фундамента опредѣляется, какъ и для плитъ, по формулѣ:

$$M = 2,50bh^2(1 + 42k)$$

дѣ h —ширину плиты, можно принять равной 1 метру. При этомъ можно пользоваться таблицей 3.

Въ случаѣ *симметричной арматуры* размѣры фундамента опредѣляются по формулѣ:

$$M = 2,50bh^2(1 + 31,5k)$$

или, по выведеннымъ для балокъ съ симметричной арматурой специальнымъ формуламъ, въ зависимости отъ выбраннаго процентнаго содержанія металла k .

Фундаменты подъ колонны.—Разсмотримъ случай, когда нѣсколько рядовъ колоннъ расположены на общемъ фундаментѣ (Рис. 164).

Такой фундаментъ мы можемъ разсматривать, какъ плиту, поддерживаемую въ точкахъ установки колоннъ и подверженную снизу равномерной нагрузкѣ p на кв. ед., отъ реакціи земли.

Назовемъ разстояніе между колоннами по одному направленію l , а по другому b , причемъ $b < l$.

Выделяя часть фундамента съ однимъ рядомъ колоннъ, мы получимъ плиту, шириною b , (Рис. 164), пролетомъ l , закрѣпленную на опорахъ.

Наибольшій изгибающій моментъ получится въ мѣстахъ закрѣпленія, т.-е. у колоннъ:

$$M = \frac{Pl^2}{12}$$

или

$$M = \frac{1}{12} \cdot \frac{Pl^2}{b}$$

гдѣ P нагрузка на одну колонну.

Опредѣливъ такимъ образомъ значеніе наибольшаго изгибающаго момента, легко найти толщину фундамента по формуламъ, приведеннымъ выше, для плитъ и балокъ съ простой или симметричной арматурой.

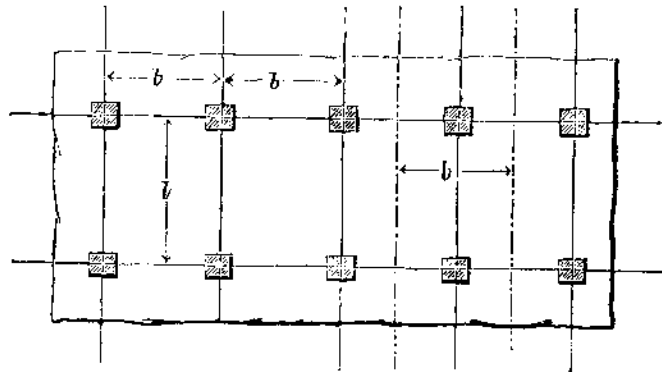


Рис. 164.

Въ этомъ случаѣ вытягивающее усиліе появляется, главнымъ образомъ, на верхней поверхности плиты между колоннами и у нижней поверхности плиты подъ колоннами, почему въ этомъ случаѣ полезно дѣлать двойную арматуру и, кромѣ того, располагать ее по двумъ направленіямъ, въ видѣ сѣтки.

Фундаменты подъ бассейны.—Въ прямоугольныхъ бассейнахъ, поставленныхъ на землю, дно можно разсматривать, какъ плиту, закрѣпленную по периметру и подвергающуюся снизу равномерной нагрузкѣ p на кв. ед. отъ реакціи земли.

Если общій вѣсъ стѣнокъ и дна P , то реакція земли будетъ:

$$p = \frac{P}{l \times l_1}$$

гдѣ l и l_1 длина сторонъ бассейна, при чемъ $l < l_1$.

Наибольшій изгибающій моментъ будетъ:

$$M = \frac{1}{12} pl^2 \cdot \frac{l_1^4}{l^4 + l_1^4} = \frac{1}{12} P \cdot \frac{l}{l_1} \cdot \frac{l_1^4}{l^4 + l_1^4}$$

Во всѣхъ случаяхъ плоскихъ фундаментовъ лучше дѣлать арматуру двойную симметричную, въ виду неопредѣленности направленія усилій въ случаѣ неравномернаго сопротивленія грунта и возможности появленія отрицательныхъ моментовъ въ мѣстахъ закрѣпленія.

VI. С В О Д Ы.

Формулы. — Для опредѣленія размѣровъ плоскихъ сводчатыхъ перекрытій, расположенныхъ по параболѣ или по дугѣ круга съ небольшимъ подъемомъ, и подверженныхъ равномерной нагрузкѣ по всему пролету служатъ слѣдующія формулы:

Толщина свода

$$h = \frac{ql}{2S \cos \alpha (1 + nk) - \gamma \tau} \quad (1)$$

Сѣченіе металла арматуры, при разстояніи между отдѣльными стержнями b :

$$\omega' = kbh \quad (2)$$

Въ этихъ формулахъ:

q — нагрузка на кв. единицу горизонтальной проекціи свода.

l — пролетъ свода.

α — длина осевой линіи свода, которую при небольшихъ подъемахъ свода $= \frac{1}{10} - \frac{1}{15} l$, можно, безъ большой погрѣшности въ опредѣленіи толщины свода h , принять равной длинѣ пролета l .

S — сопротивленіе бетона сжатію въ сводѣ, принятое нами въ 10 кил. на кв. см.

$n = 10,5$.

γ — вѣсъ одной кубической единицы желѣзо-бетона.

$$\cos \alpha = \frac{4lf}{l^2 + 4f^2}$$

гдѣ α есть уголъ, составленный касательною къ осевой линіи свода въ пятахъ съ вертикальною линіей, а f есть стрѣла подъема свода.

Если назовемъ

$$f = \frac{1}{m} l$$

то

$$\cos \alpha = \frac{4m}{m^2 + 4} \quad (3)$$

Подставляя постоянныя численныя величины въ формулу (1) получимъ:

$$h = \frac{ql}{20(1 + 10,5k) \cos \alpha - 0,0022l} \quad (1')$$

въ сантиметрахъ, если q нагрузка въ килограммахъ на кв. сант. горизонтальной проекціи свода, а l пролетъ свода въ сантиметрахъ.

Размѣры арматуры опредѣлятся изъ формулъ:

Для *простой* арматуры:

$$d = 1,13 \sqrt{kbh}$$

$$b = \frac{\pi d^2}{4kh}$$

гдѣ d — діаметръ проволоки, а b разстояніе между проволоками.

Для *симметричной* двойной арматуры

$$d = 0,80 \sqrt{kbh}$$

$$b = \frac{\pi d^2}{2kh}$$

Численный примѣръ.—Расчетъ свода для нагрузки въ 1000 кил. на кв. метръ.

Пролетъ свода $l = 10$ метр.

Подъемъ » $f = \frac{1}{15} l$; $m = 15$.

Слѣдовательно, по формулѣ (3)

$$\cos \alpha = \frac{4 \times 15}{15^2 + 4} = 0,262.$$

Принимая процентное содержаніе металла въ сводѣ $k = 0,5\%$, получимъ толщину свода по формулѣ (1'):

$$h = \frac{0,10 \times 1000}{20, \times 1,05 \times 0,262 - 0,0022 \times 1000} = 30,3 \text{ сант.}$$

Принимаетъ толщину свода:

$$h = 30 \text{ сант.}$$

Дѣлаемъ арматуру двойную симметричную изъ желѣза діаметромъ 10 миллиметровъ.

Разстояніе между стержнями арматуры по ширинѣ свода опредѣлится изъ:

$$b = \frac{2 \times 0,79}{0,005 \times 30} = 10,50 \text{ сант.}$$

Мостовые своды. — Для сводовъ большихъ пролетовъ, очерченныхъ не по параболѣ или дугѣ круга, и подверженныхъ неравномѣрной или односторонней нагрузкѣ, нельзя вывести одну формулу, выражающую толщину свода прямо въ функціи пролета и нагрузки, и расчетъ значительно усложняется.

Расчетъ такихъ сводовъ, основанный на теоріи упругости, требуетъ спеціальныхъ теоретическихъ познаній и, по сложности своей, въ настоящемъ практическомъ сочиненіи не приводится¹⁾.

VI. Т Р У Б Ы.

Общая замѣчанія. — По своей конструкціи цилиндрическія желѣзо-бетонныя трубы состоятъ изъ *направляющихъ*—отдѣльныхъ колецъ или спирали изъ желѣза круглаго, квадратнаго, крестоваго (система Бонна) или двутавроваго (система Берденава) сѣченія и изъ *образующихъ*—прямыхъ стержней такого же сѣченія.

Направляющія и образующія въ мѣстахъ пересѣченія перевязываются проволокой и затѣмъ скелетъ этотъ заключается въ бетонѣ.

По работѣ слѣдуетъ различать трубы, подвергающіяся давленію изнутри и трубы, подвергающіяся давленію снаружи.

Трубы, подверженныя внутреннему давленію. — Въ этомъ случаѣ образующія помещаются съ внутренней стороны колецъ или спирали и трубу можно считать работающею на разрывъ по двумъ производящимъ.

Мы знаемъ, изъ опытовъ Консидера, что бетонъ въ соединеніи съ металломъ можетъ слѣдовать безъ разрыва за деформациями металла, не превосходящими предѣла упругости послѣдняго.

Поэтому, въ расчетѣ трубъ, будемъ принимать только сопротивленіе разрыву металла при напряженіи $R = 7$ кил. на кв. миллим.

Назовемъ:

D — внутренний діаметръ круглой трубы.

δ — толщину стѣнокъ трубы.

¹⁾ Расчеты сводовъ: см. В. Акимовъ «Желѣзо-бетонъ. Теорія и расчетъ». 1905. стр. 144—150 и 166—168.

И. С. Подольскій. «Желѣзо-бетонные мосты и виадуки». 1906. стр. 401—458.

А. Николаи. Курсы мостовъ. Томъ IV. (Литографир. лекціи).

Съченіе направляющей опредѣлится изъ:

$$\omega'_1 = \frac{Dqb}{2R}.$$

И діаметръ круглаго желѣза для направляющей получимъ по формулѣ:

$$d_i = \sqrt{\frac{4\omega'_i}{\pi}} = 1,13 \sqrt{\frac{Dq\hbar}{2K}}$$

ИЛИ

$$d_i = 0,03 \vee D_{qib} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Толщина стѣнокъ трубы и сѣченіе образующихъ опредѣлится изъ условія сопротивленія изгибу стѣнки отъ внутренняго давленія въ промежуткѣ между двумя кольцами направляющихъ и можетъ быть рассчитана, какъ для плиты, задрѣланной на опорахъ.

При разстояніяхъ между отдѣльными образующими a , наибольшій изгибающій моментъ будетъ:

$$M = \frac{qab^2}{12}$$

и для процентнаго содержанія металла образующихъ въ стѣнкѣ трубы $k = 0,005$, имѣемъ толщину стѣнки ¹⁾):

$$\varepsilon = 0,57 \sqrt{\frac{qab^3}{l^3}}$$

ИЛИ

[illegible]

Съченіе образующей будетъ:

$$\omega' = 0,005 \delta a$$

и діаметръ ея:

$$d_s = 0.071 \sqrt{\delta a} \quad (2)$$

Во всѣхъ формулахъ (1), (2) и (3) величины δ , d , и d_2 получаются въ сантиметрахъ, если всѣ размѣры выражены въ сантиметрахъ, а q —давленіе въ атмосферахъ или въ килограммахъ на кв. сант.

Трубы, подверженныя наружному давлению. — Въ такихъ трубахъ образующія помѣщаются съ наружной стороны кольца или спирали и трубу можно считать работающею на сжатіе по двумъ производящимъ.

Назовемъ:

D_1 — наружный диаметр трубы.

q — наружное давление на кв. см.

S'_h — фиктивное напряжение желѣзо-бетона на сжатіе, въ зависимости отъ процентнаго содержанія металла k 2).

$$S_b = S_b (1 + nk)$$

при чемъ значеніе этого фиктивного напряженія можно взять изъ таблицы 2.

Тогда толщина стѣнокъ трубы опредѣлится по формулѣ:

[illegible]

¹⁾ См. ПЛАНТЫ.

²⁾ См. Столбы.

или

$$\delta = \frac{D_1 q}{2 S^2 h} \quad (5)$$

Съченіе-же одной направляющей при разстояніяхъ между ними h :

$$s_1 = kb\delta$$

и діаметръ сѣченія направляющихъ опредѣлится по формулѣ:

$$d_1 = 1,13 \sqrt{kb\delta} \quad (6)$$

Повѣрка толщины стѣнокъ трубы въ зависимости отъ мѣстнаго изгиба и опредѣленіе сѣченія образующихъ дѣлается точно такъ же, какъ въ предыдущемъ случаѣ для трубъ, подверженныхъ внутреннему давленію, по формуламъ (2) и (3).

При этомъ толщина стѣнокъ δ , рассчитанная по формулѣ 5), не должна быть менѣе толщины, опредѣленной въ зависимости отъ мѣстнаго изгиба, какъ для плиты, пролетомъ h ; въ противномъ случаѣ необходимо принять для толщины стѣнокъ послѣднее значеніе δ и соответственно измѣнить сѣченіе направляющихъ, подставивъ новое значеніе δ въ формулу (6).

Поперечный изгибъ въ трубахъ. — Трубы, уложенныя въ землѣ, вслѣдствіе неравномѣрныхъ осадокъ грунта, могутъ подвергаться изгибающимъ усиліямъ въ направленіи своей длины; подобное же явленіе замѣчается въ случаѣ, когда труба поддерживается отдѣльными опорами.

Слѣдовательно, опредѣливъ сѣченіе трубы изъ условія сопротивленія ся внѣшнему или внутреннему давленію, необходимо повѣрить се на сопротивленіе поперечному изгибу.

Трубу, въ предѣлахъ одного пролета между опорами, или на разстояніи между стыками, можно считать, какъ пустотѣлую бетонную балку на двухъ опорахъ, арматуру которой составляютъ продольные стержни — *образующія*.

Моментъ инерціи сѣченія трубы относительно горизонтальной оси трубы будетъ:

$$J = i + i' \quad (7)$$

гдѣ моментъ инерціи бетона:

$$i = \frac{\pi}{64} (D_1^4 - D^4) \quad (8)$$

при чемъ D_1 и D наружный и внутренній діаметръ трубы.

Для опредѣленія момента инерціи металла i' замѣнимъ сѣченіе всѣхъ отдѣльных стержней, расположенныхъ по окружности въ бетонѣ, на разстояніяхъ a другъ отъ друга, однимъ сплошнымъ кольцомъ изъ желѣза, толщина котораго η опредѣлится изъ:

$$\eta = \frac{\omega'_2}{a} \quad (9)$$

гдѣ ω'_2 — сѣченіе одного стержня.

Слѣдовательно, моментъ инерціи сѣченія металла будетъ ¹⁾:

$$i' = \frac{\pi}{64} \left[\left(\frac{D_1}{2} + D + \eta \right)^4 - \left(\frac{D_1}{2} + D \right)^4 \right] \quad (10)$$

Наибольшее вытягивающее напряженіе въ бетонѣ опредѣлится по формулѣ:

$$R_b = \frac{M D_1}{2J}$$

¹⁾ Таблицы для опредѣленія моментовъ инерціи кольцевыхъ сѣченій при данномъ діаметрѣ и толщинѣ кольца имѣются въ Hütte. 1897. Т. I. стр. 356.

откуда моментъ сопротивленія трубы:

$$M = \frac{2R_0 l}{D_1}$$

или

$$M = \frac{2R_0 (i + n^2)}{D_1} = \frac{30 \times (i + 10,5i^2)}{D_1} \quad (11)$$

въ килограммо-сантиметрахъ.

Наибольшій изгибающій моментъ равенъ

$$M = \frac{pl^2}{8} - \frac{Pl}{8} \quad (12)$$

гдѣ вѣсъ P равенъ вѣсу трубы, наполненной жидкостью.

Изгибающій моментъ, опредѣленный по формулѣ (12), не долженъ превосходить момента сопротивленія трубы, опредѣленного по формулѣ (11).

VIII. РЕЗЕРВУАРЫ (БАКИ).

Стѣнки круглыхъ резервуаровъ изъ желѣзо-бетона рассчитываются такъ же, какъ и трубы, подверженныя внутреннему давленію по формуламъ (1), (2) и (3), гдѣ давленіе

$$q = \Delta H$$

если назовемъ вѣсъ куб. ед. воды Δ , а глубину воды отъ поверхности до разсматриваемаго горизонтальнаго сѣченія стѣнки — H .

Или

$$q = 0,001 H$$

въ атмосферахъ, если H выражено въ сантиметрахъ.

Для расчета разбиваемъ высоту стѣнокъ резервуара на нѣсколько поясовъ, подобно тому, какъ это дѣлается въ расчетѣ металлическихъ баковъ.

Размѣры арматуры и толщина стѣнокъ бака въ каждомъ поясѣ опредѣляются по формуламъ:

Діаметръ круглаго желѣза для горизонтальныхъ направляющихъ:

$$d_1 = 0,00095 \sqrt{DHb} \quad (1)$$

гдѣ D внутренній діаметръ бассейна, а b разстояніе между отдѣльными кольцами арматуры въ сантиметрахъ.

Толщина стѣнки бака въ каждомъ поясѣ:

$$\delta = 0,0052 b \sqrt{Ha} \quad (2)$$

гдѣ a разстояніе между вертикальными стержнями арматуры.

Діаметръ круглаго желѣза для вертикальныхъ стержней арматуры одинаковъ по всей высотѣ резервуара и опредѣляется по формулѣ:

$$d_2 = 0,071 \sqrt{\delta a} \quad (3)$$

гдѣ δ въ этомъ случаѣ представляетъ толщину нижняго пояса бака.

Въ формулахъ (1) и (2) высота H переменная для каждого пояса.

Замѣчено, что давленія отъ зерна на стѣнки силоса весьма различны, смотря по тому, находится ли зерно въ состояніи покоя или въ состояніи движенія, вслѣдствіе открытія задвижки въ днѣ силоса. Въ послѣднемъ случаѣ, давленіе получается въ 3—4 раза болѣе, чѣмъ въ первомъ, при скоростяхъ опусканія зерна 0,3 миллиметра.

Зерно въ движеніи представляетъ изъ себя почти жидкость и, если давленіе зерна меньше давленія жидкости, то это потому, что зерна теряютъ часть живой силы вслѣдствіе тренія другъ о друга и о стѣнки силоса.

Это сѣпленіе также уменьшаетъ распоръ на стѣнки силоса, когда зерно находится въ покоѣ.

Вильфридь Эри (Wilfrid Airy), изучавшій теоретически дѣйствіе распора зерна въ силосахъ, рассматриваетъ два случая, смотря по тому, оканчивается ли плоскость наибольшаго обрушенія зерна на поверхности зерна или на противоположной стѣнкѣ силоса (Рис. 165 и 166).

Иначе говоря, эти два случая отличаются тѣмъ, что въ первомъ призма наибольшаго распора ограничена треугольнымъ сѣченіемъ, а во второмъ трапециoidalнымъ.

Въ обоихъ случаяхъ опредѣляется вѣсъ W этой призмы, прилагается въ центрѣ тяжести послѣдней; опредѣляется значеніе P полного распора на 1 пог. метръ ширины стѣнки по горизонтальному направленію и значеніе полного давленія R , нормальнаго къ плоскости обрушенія, т.-е. нормальная реакція зерна, находящагося въ покоѣ.

Силы P и R , произведенныя вѣсомъ W , вызываютъ треніе вдоль стѣнокъ и плоскости наибольшаго обрушенія.

Эти силы тренія будутъ:

$$\mu' P$$

если μ' назовемъ коэффициентъ тренія пшеницы о цементную стѣнку, который по опыту равенъ 0,444, и

$$\mu R$$

если μ будетъ коэффициентъ тренія зерна о зерно, который по опыту равенъ 0,466.

Для равновѣсія этихъ пяти силъ:

$$W, P, R, \mu' P, \mu R$$

необходимо, чтобы проекціи ихъ на двѣ различныя плоскости равнялись нулю.

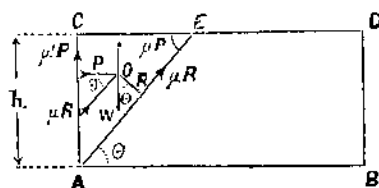


Рис. 165.

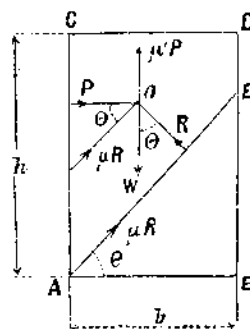


Рис. 166.

Въ этихъ двухъ уравненіяхъ входятъ двѣ неизвѣстныя величины P и R , которые легко опредѣлить, если извѣстенъ уголъ θ , т.-е. уголъ наклоненія плоскости наибольшаго обрушенія зерна къ горизонту.

Эри опредѣляетъ значеніе θ изъ условія, чтобы P достигло максимума.

При этомъ нѣкоторые авторы замѣчаютъ, что во второмъ случаѣ (фиг. 49) слѣдуетъ ввести еще новую силу P , дѣйствующую на противоположную сторону силоса DE.

Но это неправильно: Эри опредѣляетъ давленіе только на одну стѣнку силоса, отбрасывая остальные.

При квадратномъ силосѣ, уголь обрушенія одинаковъ для всѣхъ четырехъ стѣнокъ.

Въ случаѣ силоса шести-, восьмиугольнаго, или круглаго, слѣдуетъ ли поэтому разсматривать соотвѣтствующее количество силъ P , по числу стѣнокъ? Очевидно, нѣтъ.

Не слѣдуетъ забывать, что мы беремъ давленіе на 1 метръ ширины стѣнки и на всю высоту, а для опредѣленія распора во всемъ силосѣ, умножимъ единичное давленіе на периметръ сѣченія силоса.

Вѣсь призмы наибольшаго распора W выражается площадью треугольника ACE (Рис. 165) или трапеціи $ACDE$ (Рис. 166).

Изъ названныхъ выше уравненій равновѣсія получимъ значеніе распора P .

1-й случай:

$$P = \frac{qh^2}{2 \tan \Theta_1} \times \frac{\tan \Theta_1 - \mu}{1 - \mu\mu' + \tan \Theta_1 (\mu + \mu')} \quad (1)$$

гдѣ:

P_1 — давленіе на 1 пог. метръ стѣнки по всей высотѣ.

q — вѣсъ кб. ед. зерна.

Уголъ Θ_1 , при которомъ давленіе P_1 достигаетъ максимума, опредѣлится изъ уравненія:

$$\tan \Theta_1 = \mu + \sqrt{\frac{\mu(1+\mu^2)}{\mu+\mu'}} \quad (2)$$

Подставляя это значеніе $\tan \Theta_1$ въ уравненіе (1), получимъ:

$$P = \frac{qh^2}{2} : [\sqrt{\mu(\mu+\mu')} + \sqrt{1+\mu^2}]^2 \quad (3)$$

При $\mu = 0,466$; $\mu' = 0,444$; $q = 770$ килогр.

$$\tan \Theta_1 = 1,2555; \Theta_1 = 51^\circ 30'$$

И слѣдовательно:

$$P_1 = 125 h^2.$$

2-ой случай:

$$P_2 = \frac{qb}{2} (2h - b \tan \Theta_2) \frac{\tan \Theta_2 - \mu}{1 - \mu\mu' + \tan \Theta_2 (\mu + \mu')} \quad (4)$$

гдѣ P_2 давленіе при тѣхъ-же условіяхъ, какъ и въ первомъ случаѣ.

b — сторона квадратнаго силоса.

Значеніе Θ_2 , при которомъ P_2 достигаетъ максимума, выразится слѣд. образомъ:

$$\tan \Theta_2 = \sqrt{\frac{2h}{b}} \cdot \frac{1+\mu^2}{\mu+\mu'} + \frac{1+\mu^2}{\mu+\mu'} \cdot \frac{1-\mu\mu'}{\mu+\mu'} - \frac{1+\mu\mu'}{\mu+\mu'} \quad (5)$$

Подставивъ это значеніе въ ур. (4), получимъ:

$$P_2 = \frac{qb^2}{2(\mu+\mu')^2} \left[\sqrt{\frac{2h}{b}} (\mu+\mu') + (1-\mu\mu') - \sqrt{1+\mu^2} \right]^2 \quad (6)$$

Подставляя приведенныя выше значенія μ , μ' и q въ формулы (5) и (6), получимъ:

$$\tan \Theta_2 = \left[\sqrt{2,675 \frac{h}{b}} + 1,1657 - 0,87153 \right] \quad (5')$$

$$P_2 = 464,92 b^2 \left[\sqrt{1,82 \frac{h}{b}} + 0,793096 - 1,103 \right]^2 \quad (6')$$

Давленіе на дно силоса выражается формулой:

$$Q = qb^2h - P + 4b\mu' \quad (7)$$

Это выражение представляет полный вѣсъ зерна, уменьшенный на треніе зерна о четыре стѣнки силоса, при длинѣ сторонъ b и коэффициентѣ тренія μ' .

Легко рассчитать толщину стѣнокъ и дна квадратнаго силоса, когда опредѣлено значеніе давленія P и угла обрушенія зерна θ . Опредѣливъ давленіе P на 1 пог. метръ ширины стѣнки силоса и на всю высоту силоса по формулѣ (6'), получимъ полное давленіе зерна на всю стѣнку силоса Pb .

Расчитываемъ затѣмъ стѣнку силоса, какъ плиту, пролетомъ b , задрѣзанную на опорахъ и подверженную изгибающему моменту

$$M = \frac{Pb^2}{12h}$$

на 1 пог. метръ ширины плиты.

Дно силоса расчитывается, какъ квадратная плита, задрѣзанная по периметру, и подверженная изгибающему моменту

$$M = \frac{Qb^2}{24}$$

гдѣ Q опредѣляется по формулѣ (7).

Формулы, выведенныя нами для расчета разныхъ сооружений изъ желѣзо-бетона, чрезвычайно просты и пользованіе ими не можетъ представить никакихъ затрудненій.

Въ слѣдующемъ параграфѣ дадимъ нѣсколько краткихъ практическихъ указаній относительно проектированія желѣзо-бетонныхъ конструкций.

Практическія указанія для проектированія.

Расположеніе и форма тѣлъ.

Система опоръ.—Для изгибаемыхъ тѣлъ изъ желѣзо-бетона играетъ весьма важную роль свободное положеніе или закрѣпленіе на опорахъ.

Очевидно, а priori, что въ смыслѣ экономіи выгоднѣе всегда дѣлать закрѣпленіе на опорахъ, такъ какъ оно въ $1\frac{1}{2}$ раза уменьшаетъ наибольшій изгибающій моментъ и, соотвѣтственно, сѣченіе тѣла.

Но это закрѣпленіе не всегда достигается, а иногда даже не рекомендуется.

Главный недостатокъ закрѣпленія на опорахъ состоитъ въ томъ, что оно препятствуетъ движеніямъ тѣла отъ измѣненій температуры.

Выше мы указали, что расширеніе бетона можно считать одинаковымъ съ расширеніемъ желѣза, но, съ другой стороны, тѣла изъ желѣзо-бетона не подвергаются настолько сильнымъ колебаніямъ температуры, какъ металлическія конструкции.

Очевидно, что значительная перемена температуры воздуха можетъ произвести въ бетонѣ сокращенія или удлиненія, которые, въ случаѣ прочнаго закрѣпленія тѣла, вызовутъ въ бетонѣ добавочныя усилія или распоръ на опоры.

Закрѣпленіе, слѣдовательно, допустимо только для конструкций, защищенныхъ отъ дѣйствія рѣзкихъ колебаній температуры, какъ, напримѣръ, полы внутри зданій, основанія и т. п.

Наоборотъ, полы открытые, кровли, террасы, настилы мостовъ и т. д. должны быть свободными на опорахъ.

Слѣдуетъ замѣтить, впрочемъ, что вообще довольно трудно достигнуть полнаго закрѣпленія въ желѣзо-бетонныхъ конструкціяхъ.

Но во всякомъ случаѣ, если предполагается закрѣпленіе, необходимо обязательно повѣрять расчетомъ опорныя сѣченія въ отношеніи отрицательныхъ изгибающихъ моментовъ, такъ какъ часто балка, расчитанная, какъ свободно лежащая на опорахъ, можетъ оказаться непрочной въ дѣлѣ при закрѣпленіи ея на опорахъ, особенно если не имѣется арматуры въ верхней ея части.

Швы расширения.—На томъ же основаніи, какъ сказано выше, въ плоскихъ покрытіяхъ, занимающихъ большую площадь, для избѣжанія трещинъ отъ вліянія температуры, дѣлаются, на извѣстныхъ разстояніяхъ, швы расширения, т.-е. искусственныя сквозныя трещины, толщиной 2—5 миллиметровъ, заполняемыя смолой, гудрономъ, асфальтомъ и т. п., для свободнаго расширенія покрытія отъ измѣненій температуры.

Монолитные полы.—Мы видѣли выше, что, въ смыслѣ экономіи, выгодно дѣлать монолитные полы въ видѣ плоскаго покрытія съ выступами снизу, образующими балки таврового сѣченія, чѣмъ полы на отдѣльныхъ металлическихъ или бетонныхъ балкахъ.

Въ монолитныхъ полахъ толщина плиты находится въ функціи отъ разстоянія между балками-выступами; размѣры балокъ и ихъ число также представляютъ функціи этого разстоянія.

Поэтому, при проектированіи такого пола, если разстояніе между балками не задано, слѣдуетъ, путемъ нѣсколькихъ подсчетовъ, пользуясь таблицами 2—6, выбрать такое разстояніе между балками, чтобы толщина плиты и общее сѣченіе выступовъ-балокъ представляло въ суммѣ наименьшее количество матеріала.

Своды съ выступами.—Своды съ выступами внизу въ видѣ арокъ, перекрытыхъ тонкою плитой, представляютъ полную аналогію съ монолитными полами, но о нихъ нельзя сказать того же, что было сказано о полахъ, въ смыслѣ экономичности и рациональности.

Главнымъ ихъ недостаткомъ слѣдуетъ считать несимметричное распредѣленіе матеріала относительно осевой линіи, что не допускаетъ употребленія шарнировъ въ этомъ случаѣ.

Если хотятъ непремѣнно сохранить употребленіе выступовъ, то ихъ слѣдовало-бы дѣлать одинаково сверху и снизу тонкой части свода, такъ что сводъ въ поперечномъ сѣченіи представлялъ бы рядъ арокъ крестоваго сѣченія, соединенныхъ между собою.

Употребленіе выступовъ, кромѣ того, не позволяетъ располагать связи между продольными арматурами поперекъ моста, что очень полезно въ сжатыхъ тѣлахъ.

Поэтому, лучше употребить своды однообразной толщины по всей ширинѣ свода и избѣгать всякихъ мѣстныхъ утолщеній свода.

А Р М А Т У Р А.

а) Продольная арматура.

Простая и двойная арматура.—Мы видѣли выше, что нѣкоторые конструкторы дѣлаютъ въ изгибаемыхъ тѣлахъ простую арматуру въ вытянутой части бетона, не придавая никакого значенія сжатой арматурѣ. Другіе же, наоборотъ, рекомендуютъ исключительно двойную симметричную арматуру, какъ въ вытянутой, такъ и въ сжатой области бетона, и на этомъ предположеніи основываютъ свой расчетъ желѣзо-бетонныхъ балокъ.

Что касается балокъ, работающихъ на изгибъ, то мы видѣли выше, что металлическая арматура служитъ, главнымъ образомъ, для пополненія недостаточнаго сопротивленія бетона вытягиванію. Поэтому металлъ долженъ быть сконцентрированъ въ вытянутой области балки, возможно дальше отъ нейтральнаго волокна.

Такъ какъ мы приняли для бетона въ балкахъ напряженія въ 15 кил. на кв. см. для растяженія и 25 кил. на кв. см. для сжатія, то представляется вопросъ: какая-же можетъ быть польза отъ арматуры въ сжатой части, усиливающей и безъ того большее сопротивленіе бетона сжатію?

Дѣйствительно, опытъ показываетъ, что, въ плитахъ небольшой толщины, введеніе арматуры въ сжатую часть плиты не оказываетъ почти никакого вліянія на сопротивленіе плиты.

Въ балкахъ же, особенно имѣющихъ значительную высоту, мы имѣемъ нѣсколько иное явленіе.

Здѣсь введеніе арматуры въ сжатую часть, сѣченіемъ равной вытянутой арматурѣ, повышаетъ моментъ сопротивленія балки отъ 15% до 25%, при различныхъ процентныхъ содержаніяхъ арматуры.

Въ расчетѣ прямоугольныхъ балокъ нами было показано также, что при содержаніи арматуры болѣе 3,2% необходимо вводить часть общаго сѣченія арматуры въ сжатую область балки, для того, чтобы достигнуть пропорціональности работъ на сжатіе и растяженіе допускаемымъ напряженіемъ, т.-е. получить наиболѣе экономическое разрѣшеніе вопроса.

Мы предполагали до сихъ поръ, что вытягивающія усилія появляются на одной сторонѣ балки, а сжимающія—на другой. Это имѣетъ мѣсто въ случаѣ балки, задѣланной однимъ концомъ или свободно лежащей на опорахъ.

Въ случаѣ же балки, закрѣпленной на опорахъ, вытягивающія усилія могутъ появляться на разныхъ сторонахъ балки, и тогда двойная арматура обязательна при всякомъ процентномъ содержаніи металла. Въ балкахъ, свободно лежащихъ на опорахъ, но имѣющихъ значительную высоту, также полезно помѣщать небольшую часть металла въ сжатой области, для прикрѣпленія поперечныхъ связей, соединяющихъ вытянутую арматуру съ сжатой областью балки и служащихъ для принятія перерѣзывающихъ усилій, развивающихся въ балкѣ. Слѣдовательно, для прямыхъ изгибаемыхъ тѣлъ мы можемъ рекомендовать слѣдующія правила:

1. Въ *плитахъ* небольшой толщины арматура должна быть *простая*, при чемъ, въ случаѣ закрѣпленія на опорахъ, она должна у опоръ подниматься къ верхней части плиты, образуя нѣчто въ родѣ цѣпной линіи (система Кенена).

2. Въ *прямоугольныхъ балкахъ*, закрѣпленныхъ на опорахъ, арматура рекомендуется двойная симметричная.

3. Въ *балкахъ прямоугольнаго сѣченія*, свободно лежащихъ на опорахъ, арматура должна быть *двойная* несимметричная, съ небольшимъ сѣченіемъ металла въ сжатой части, для прикрѣпленія поперечныхъ связей.

Въ томъ случаѣ, когда процентное содержаніе металла превосходитъ $k = 0,032$, то сѣченіе сжатой арматуры должно быть определено изъ условія ¹⁾:

$$\frac{s}{t} = \frac{22k - 0,67}{35,07k - 0,67}.$$

4. Въ *табуретныхъ балкахъ* арматура, по свойству ихъ конструкціи, всегда должна быть *двойная несимметричная*, для прикрѣпленія какъ поперечныхъ связей, такъ и арматуры плоскаго перекрытія.

Въ *сводахъ* же, гдѣ вытягивающія усилія, при неравномѣрной нагрузкѣ, могутъ появляться, то на внутренней, то на наружной поверхности свода, можно всегда рекомендовать *двойную симметричную* арматуру, если это позволяетъ толщина свода.

Симметричная арматура имѣетъ въ этомъ случаѣ еще и то преимущество, что нейтральная ось свода совпадаетъ съ геометрической осевой линіей свода и, въ случаѣ совпаденія кривой давленія съ осевой линіей, всѣ сѣченія свода испытываютъ равномерное сжатіе.

Сѣченіе арматуры и родъ металла.—Арматура въ желѣзо-бетонныхъ конструкціяхъ можетъ быть составлена изъ стержней круглаго, квадратнаго, полосоваго или какого-либо фасоннаго сѣченія. Употребленіе фасоннаго желѣза неудобно въ томъ отношеніи, что оно затрудняетъ правильное трамбованіе бетона; во входящихъ углахъ трудно достигнуть полнаго уплотненія бетона.

Полосовое желѣзо также неудобно въ томъ отношеніи, что будучи положено въ плѣтѣ, сводѣ и т. п., плашмя, при небольшихъ разстояніяхъ, образуетъ какъ-бы сплошной металлическій шовъ, раздѣляющій бетонъ, что ослабляетъ конструкцію.

Если же полосовое желѣзо поставить на ребро, то оно занимаетъ большее мѣсто въ высоту, чѣмъ другія сѣченія, почему центр тяжести арматуры приближается къ нейтральной оси тѣла и полезное дѣйствіе арматуры уменьшается.

¹⁾ См. III. Балки. Несимметричная арматура. Стр. 215.

Вообще предпочтительнѣе употреблять для арматуры круглое желѣзо, какъ вслѣдствіе болѣе правильной его выдѣлки, большей однородности, такъ и вслѣдствіе лучшаго соединенія его съ бетономъ, вслѣдствіе отсутствія угловъ и реберъ, вызывающихъ образованіе трещинъ въ массѣ бетона.

Наиболѣе извѣстные конструкторы, какъ Кенентъ, Геннебикъ Коанье и др. рекомендуютъ исключительно круглое желѣзо для продольныхъ стержней арматуры.

Что касается *рода металла* для арматуры, то можно рекомендовать, для продольныхъ стержней, исключительно хорошее мягкое желѣзо.

Такъ какъ напряженіе металла въ продольныхъ стержняхъ арматуры обыкновенно невелико и зависитъ отъ напряженія бетона, то употребленіе стали для арматуры, съ большимъ допускаемымъ напряженіемъ, очевидно, не имѣетъ смысла.

Если нѣкоторые строители и употребляютъ сталь, то эта ошибка происходитъ отъ предположенія, что металлъ въ бетонѣ можетъ развивать желаемое сопротивленіе, независимо отъ напряженія бетона.

Процентное содержаніе арматуры. — Мы можемъ считать, въ среднемъ, желѣзо въ 50 разъ дороже бетона. Въ сопротивленіи же оно полезнѣе въ $n = 10,5$ разъ. Поэтому, желѣзо, въ тѣлѣ изъ желѣзо-бетона, стоитъ приблизительно въ 5 разъ дороже, чѣмъ бетонъ.

Съ теоретической точки зрѣнія, слѣдовательно, въ *столбахъ* процентное содержаніе k могло бы равняться нулю, въ смыслѣ наибольшей экономіи. Но продольная арматура въ столбахъ, кромѣ сжатія, сопротивляется еще второстепеннымъ усиліямъ. Практика показываетъ, что для этого случая можно ограничиваться значеніемъ k отъ 0,005 до 0,01, что и рекомендуется особенно для столбовъ.

Въ *плитахъ* системъ Монье, Кенена и т. п., гдѣ арматура состоитъ изъ большого числа стержней малаго сѣченія, по опыту, болѣе выгодное содержаніе металла $k = 0,005$ при простой арматурѣ, до $k = 0,01$ при двойной симметричной арматурѣ, въ плоскихъ основаніяхъ и днищахъ бассейновъ.

Что касается *балокъ*, то въ нихъ процентное содержаніе арматуры опредѣляется въ зависимости отъ размѣровъ, которые желаютъ придать балкѣ въ высоту, чтобы не стѣснять покрываемого помѣщенія, и отъ цѣны балки.

Мы видѣли, наиримѣръ, при расчетѣ прямоугольныхъ балокъ, что, при простой арматурѣ, увеличенію содержанія металла k отъ 1‰ до 5‰, соответствуетъ увеличеніе сопротивленія балки въ $\frac{7,75}{3,55} = 2,18$ раза, при тѣхъ же размѣрахъ балки.

Цѣна же балки увеличивается въ $\frac{1,0 + 0,05 \times 50}{1,0 + 0,01 \times 50} = 2,33$ раза. При увеличеніи же k отъ 1‰ до 2‰, сопротивленіе балки съ простой арматурой увеличивается въ $\frac{4,60}{3,55} = 1,30$ раза, т.-е. на 30%, а цѣна возрастаетъ въ 1,33 раза, т.-е. на 33%; въ этомъ случаѣ увеличеніе сопротивленія почти пропорціонально цѣнѣ. Очевидно, невозможно дать общія указанія относительно наивыгоднѣйшаго процентнаго содержанія металла въ балкахъ. Каждый разъ при проектированіи слѣдуетъ подыскать болѣе экономическое рѣшеніе вопроса въ зависимости отъ предполагаемаго расположенія арматуры (простой или двойной), о которомъ упоминалось выше.

Относительно содержанія арматуры въ сводахъ можно сказать то же, что было сказано въ отношеніи столбовъ и плитъ, такъ какъ своды одновременно подвергаются сжатію и изгибу.

Въ сводахъ Монье обыкновенно берется $k = 0,005$ при простой арматурѣ и $k = 0,01$ при двойной симметричной арматурѣ.

Распределеніе арматуры въ бетонѣ. — Въ основаніе расчета желѣзо-бетона мы положили, что металлъ участвуетъ въ деформацияхъ бетона, допустивъ, что арматура распределена въ бетонѣ насколько возможно равномерно для того, чтобы достигнуть однородности желѣзо-бетона въ смыслѣ полной солидарности и тождественности деформаций.

Посмотримъ, какимъ образомъ должно это выполняться на практикѣ.

На дѣлѣ нельзя уменьшать безконечно разстоянія между стержнями арматуры; необходимо, чтобы бетонъ совершенно окружалъ каждый стержень и чтобы арматура не образовала въ бетонѣ шва малой плотности. Разстояніе между стержнями арматуры зависитъ отъ крупности гравія и песка въ бетонѣ. Это обстоятельство также ограничиваетъ процентное содержаніе металла въ тонкихъ тѣлахъ. Такъ какъ въ такихъ тѣлахъ бетонъ состоитъ обыкновенно изъ довольно мелкихъ элементовъ или одного раствора цемента и песку, то вообще слѣдуетъ принять за правило, что, чѣмъ больше площадь сооруженія и меньше его толщина, напримѣръ въ плитахъ, полахъ, стѣнкахъ, сводахъ и проч., тѣмъ меньше слѣдуетъ брать сѣченіе желѣза и ближе помѣщать его другъ къ другу, такъ какъ при этомъ получается болѣе равномерное распредѣленіе металла въ бетонѣ и ближе достигается однородность желѣзо-бетоннаго тѣла. Въ балкахъ же предпочтительнѣе брать желѣзо крупнаго сѣченія, при томъ же, или нѣсколько большемъ, процентномъ содержаніи, съ тѣмъ, чтобы располагать его рѣже, насколько это требуется для удобства трамбованія вокругъ стержней.

Перекрестная арматура.—Мы видѣли выше, что «стержни распредѣленія» въ плитахъ Монье не играютъ никакой роли въ сопротивленіи при равномерныхъ нагрузкахъ. Они могутъ быть полезны только при мѣстныхъ, сосредоточенныхъ нагрузкахъ и въ этомъ случаѣ безразлично, перевязаны ли они со стержнями сопротивленія въ мѣстахъ пересѣченія, или нѣтъ. Если на практикѣ они и перевязываются въ нѣкоторыхъ точкахъ пересѣченія, то это дѣлается только для того, чтобы при трамбованіи они не сдвигались и сѣтка сохраняла правильное положеніе. Но встрѣчаются случаи, когда перекрестная арматура необходима и стержни распредѣленія принимаютъ часть общей работы. Это имѣетъ мѣсто въ *плитахъ*, опирающихся четырьмя сторонами, когда $l > 2l$. Если плита прямоугольная, то арматура, параллельная длиннымъ сторонамъ, слабѣе. Въ квадратной плитѣ обѣ серіи стержней должны имѣть одинаковое сѣченіе и одинаково расположены въ планѣ. Перевязка стержней въ мѣстахъ пересѣченія и въ этомъ случаѣ не имѣетъ особаго значенія.

Въ *плоскихъ основаніяхъ* и *днищахъ бассейновъ* также необходимо дѣлать перекрестную арматуру въ виду неравномерности и неопредѣленности напряженій отъ реакціи грунта.

Если плоское покрытіе подвержено вышнимъ вліяніямъ погоды и рѣзкимъ переменамъ температуры, то сѣтчатая арматура также весьма полезна для предупрежденія образованія трещинъ по разнымъ направленіямъ.

Въ *сводахъ* перекрестная арматура, соединяющая продольные стержни арматуры, усиливаетъ сопротивленіе свода боковому расширенію отъ сжатія, какъ это мы видѣли въ столбахъ (*frettage*), и, съ этой точки зрѣнія, равно какъ и для сопротивленія сосредоточеннымъ нагрузкамъ, для сводовъ слѣдуетъ рекомендовать арматуру въ видѣ сѣтки, но со стержнями распредѣленія меньшаго сѣченія, чѣмъ продольные стержни арматуры.

Цѣльно-рѣшетчатый металлъ.—Цѣльно-рѣшетчатый металлъ не требуетъ никакихъ приготовленій на мѣстѣ, что весьма увеличиваетъ быстроту работы, но размѣры его весьма ограничены, что стѣсняетъ въ выборѣ пролетовъ, съ одной стороны, чтобы избѣжать лишней траты матеріала, при обрѣзкѣ листовъ металла, полученныхъ съ завода, а съ другой стороны не позволяетъ увеличивать пролеты далѣе извѣстнаго предѣла. Сѣтка Монье не имѣетъ этого неудобства.

Кромѣ того, цѣна цѣльно-рѣшетчатого металла еще довольно высока, даже въ сравненіи съ сѣткой Монье, положенной на мѣсто.

в) Поперечная арматура.

Связи въ столбахъ. Связи въ балкахъ. Скобы. Вертикальныя и наклонныя связи.

Связи въ столбахъ. — Мы показали выше (система Консидера), какимъ образомъ можетъ быть рассчитана поперечная арматура въ столбахъ (*béton fretté*).

Но въ обыкновенныхъ конструкціяхъ столбовъ нѣсколько продольныхъ стержней арматуры соединяются на нѣкоторыхъ разстояніяхъ поперечными связями, которыя удерживаютъ продольные стержни во время трамбованія и играютъ роль обручей, удерживающихъ стержни отъ раздвиганія во время работы столба на сжатіе.

Въ системѣ Геннебика такія связи дѣлаются изъ полосового желѣза съ пробитыми на концахъ дырами, которыми онѣ надѣваются на стержни продольной арматуры.

Но употребленіе полосового желѣза для этой цѣли совершенно нельзя рекомендовать; въ этомъ случаѣ можно повторить то же, что было сказано относительно продольной арматуры изъ полосового желѣза.

При большой площади соприкасанія желѣза съ бетономъ, во время сокращенія послѣдняго отъ схватыванія, можетъ произойти нарушеніе сѣвленія и появленіе трещинъ въ мѣстѣ расположенія связей.

Самъ Геннебикъ, въ сваяхъ своей системы, гдѣ матеріалъ подвергается толчкамъ и сотрясеніямъ, дѣлаетъ связи изъ круглаго желѣза или проволоки, во избѣжаніе появленія трещинъ въ бетонѣ у этихъ связей при забивкѣ свай.

По этимъ причинамъ вообще предпочтительнѣе пользоваться для связей исключительно круглымъ желѣзомъ.

Кромѣ того, для связей въ столбахъ, полезнѣе брать довольно тонкое сѣченіе круглаго желѣза и помѣщать его по возможности чаще, чтобы достигнуть лучшей связи стержней арматуры (*frettage*).

Связи въ балкахъ дѣлаются въ видѣ скобъ изъ полосового желѣза (система Геннебика) и вертикальныхъ или наклонныхъ стержней изъ круглой проволоки, соединяющихъ сжатую и вытянутую арматуру въ балкѣ.

Разсмотримъ эти виды связей отдѣльно.

Скобы употребляются исключительно въ системѣ Геннебика; онѣ дѣлаются изъ полосового желѣза, изогнутаго въ видѣ подковы, охватывающей снизу вытянутый стержень арматуры, и своими загнутыми ланками на концахъ захватываютъ бетонъ въ сжатой части балки. Разстояніе между двумя вѣтвями одной такой скобы, очевидно, равно діаметру вытянутаго стержня.

Скобы ничѣмъ не соединяются съ продольными стержнями арматуры.

Легко видѣть нераціональность такой системы, несмотря на ея обширное распространеніе въ настоящее время.

Относительно употребленія полосового желѣза для скобъ можно повторить то же, что было сказано о связяхъ въ столбахъ. Кромѣ того, во время работы трудно удерживать скобы на мѣстѣ; онѣ могутъ имѣть нѣкоторое движеніе во время трамбованія и разстраивать связь съ бетономъ; трудно также достигнуть совершеннаго трамбованія въ тѣсномъ промежуткѣ между двумя вѣтвями одной скобы и особенно въ самомъ важномъ мѣстѣ ея соединенія съ вытянутымъ стержнемъ арматуры. Это трамбованіе дѣлается совершенно невозможнымъ въ промежуткѣ между нижнимъ прямымъ и верхнимъ изогнутымъ стержнями продольной арматуры, захватываемыми одной скобой. Здѣсь могутъ даже оставаться пустоты при крупномъ гравіи или щебнѣ.

Затѣмъ, поперечныя связи въ бетонной балкѣ, назначенныя для сопротивленія сдвѣгивающимъ усиліямъ, играютъ ту же роль, какъ болты и шпонки въ составныхъ деревянныхъ балкахъ и поэтому должны быть соединены съ продольными стержнями арматуры. Въ системѣ же Геннебика скобы независимы отъ продольныхъ стержней.

Кромѣ того, скоба при большой ея ширинѣ, очевидно, прерываетъ сдѣленіе бетона съ вытянутымъ стержнемъ арматуры, въ мѣстѣ соприкасанія, на всемъ протяженіи, равномъ ширинѣ полосового желѣза скобы.

Очевидно, что чѣмъ чаще поставлены скобы, тѣмъ менѣе дѣлается поверхность непосредственнаго сдѣленія бетона съ металломъ продольной арматуры, что въ сильной степени должно уменьшать сопротивленіе балки.

Такимъ образомъ увеличеніе сопротивленія балки срезыванію, при такомъ устройствѣ, уменьшаетъ ея устойчивость въ отношеніи изгиба.

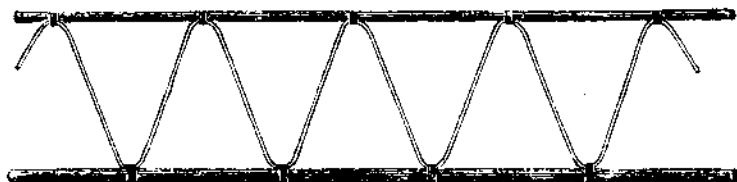


Рис. 167.

Вертикальныя и наклонныя связи.—Гораздо рациональнѣе употреблять для связей круглое желѣзо, при чемъ можно соединять верхній стержень арматуры съ нижнимъ посредствомъ отдѣльныхъ вертикальныхъ связей или въ видѣ треугольной рѣшетки (система Коанье), изъ круглаго желѣза.

Последнее расположеніе кажется болѣе удобнымъ, такъ какъ при этомъ не требуется рубить желѣза на отдѣльные куски.

Положивъ два стержня на полу параллельно другъ другу на требуемомъ разстояніи и намѣтивъ на нихъ заранѣе опредѣленные мѣста для связей, легко выгибать отъ руки одинъ длинный стержень круглаго желѣза, переходя постепенно отъ верхней арматуры къ нижней и наоборотъ; при этомъ мѣста изгиба связываются съ продольными стержнями тонкой отоженной проволокой (Рис. 167).

И С Т О Ч Н И К И:

1. Engineering News. (New York), за 1904, 1905 и 1906 г.г.
2. Bulletin du congrès international de chemins de fer, за 1904 г. №№ 6—12, за 1905 г. №№ 1—3 и № 12.
3. Annales des travaux publics de Belgique, за 1904, 1905 и 1906 г.г.
4. Annales des ponts et chaussées, за 1900, 1903 и 1904 г.г.
5. Le Ciment, son emploi et ses applications nouvelles, за 1902 г.
6. Nouvelles annales de la construction. Paris, за 1903, 1904, 1905 и 1906 г.г.
7. «Цементъ. Его производство и примѣненія». Органъ цементной техники и промышленности. За 1904, 1905 и 1906 г.г.
8. Извѣстія собранія Инженеровъ Путей Сообщенія за 1905 годъ.
9. P. Christophe. Le beton armé et ses applications. Paris. 1902 г.
10. Etudes des divers systèmes de constructions en ciment armé. Par. G. Lavergne. Paris. 1901.
11. Проектъ желѣзо-бетоннаго маяка высотой 17,00 саж. И. Пятницкій и А. Барышниковъ. СИБ. 1903.
12. Проекты и смѣты различныхъ желѣзо-бетонныхъ сооружений на Владикавказской желѣзной дорогѣ.

АЛЬБОМЪ

ЧЕРТЕЖЕЙ

ЖЕЛѢЗО-БЕТОННЫХЪ

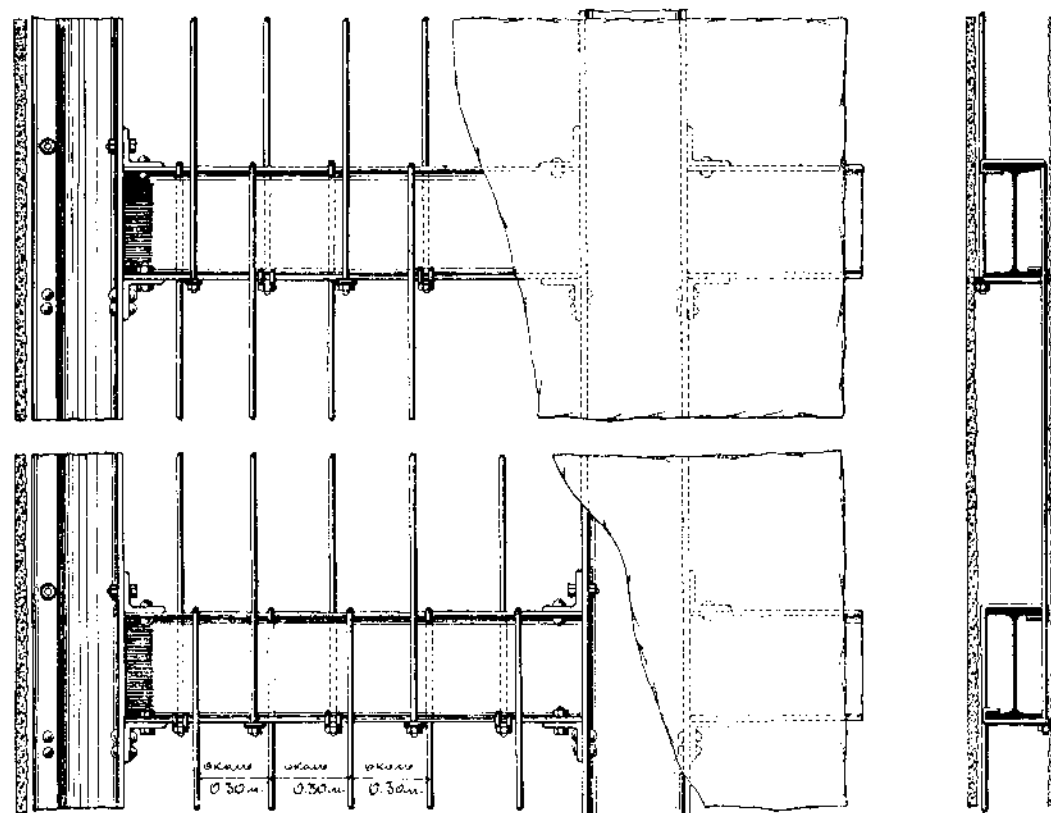
СООРУЖЕНІЙ

61 ТАБЛИЦА.

ЦѢЛЬНО-РѢШЕТЧАТЫЙ МЕТАЛЛЪ.

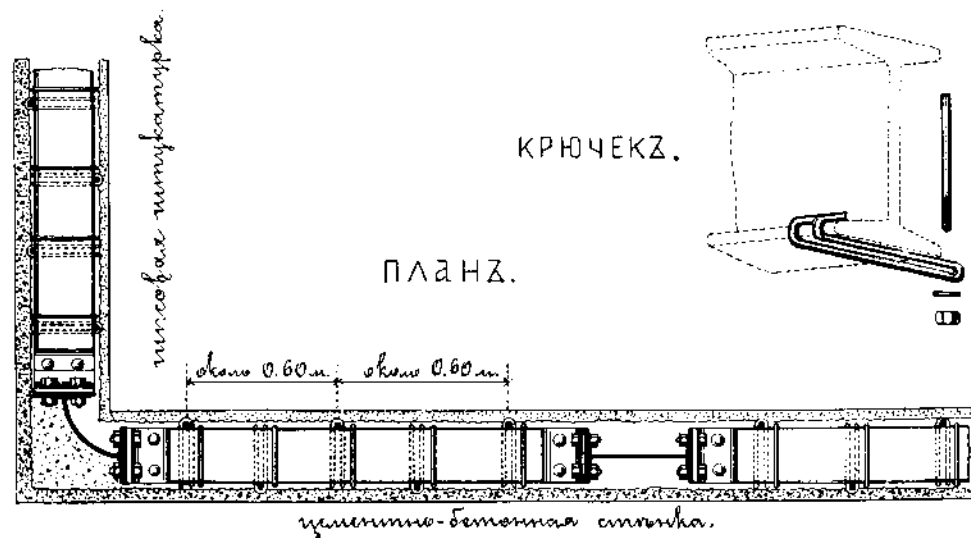
СТѢНЫ НАРУЖНЫЯ И ВНУТРЕННІЯ ЖИЛЫХЪ ДОМОВЪ.

наружная стѣна.



Фиг. 1.

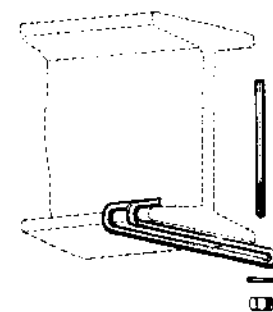
Фиг. 2.



Фиг. 3.

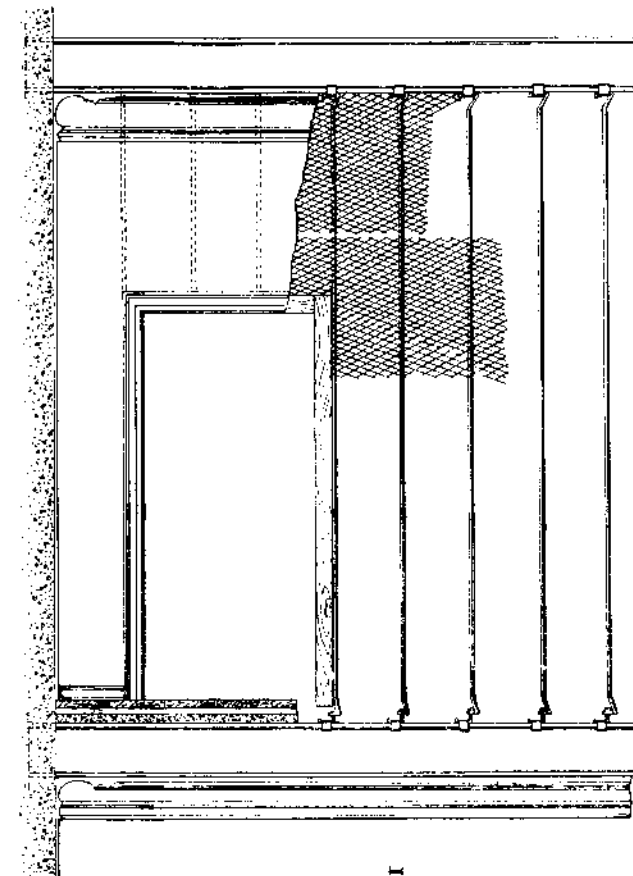
крючекъ.

планъ.

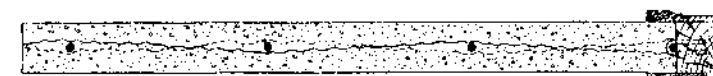


Фиг. 4.

внутренняя стѣна.

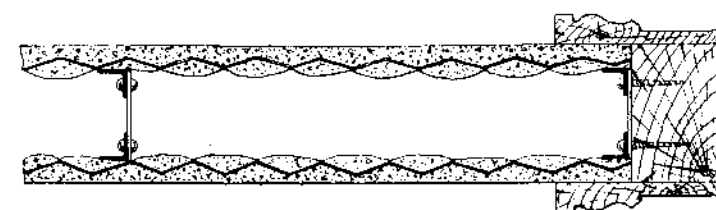


Фиг. 5.



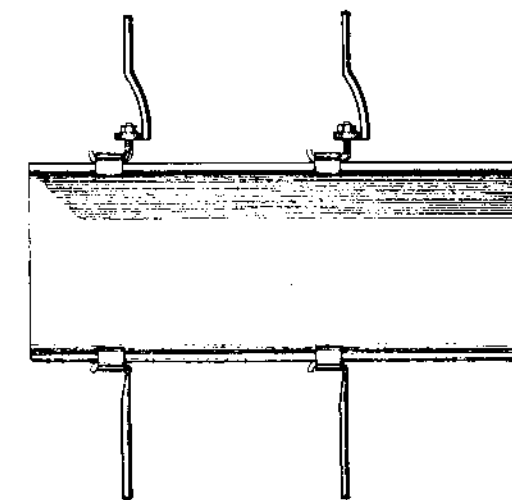
Фиг. 6.

двойная стѣнка.



Фиг. 9.

прикрѣпленіе вертикальныхъ стержней къ балкамъ.

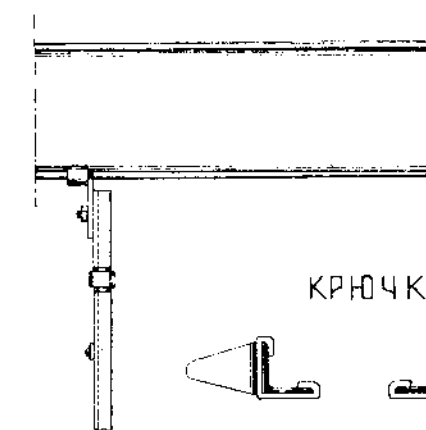


Фиг. 7.

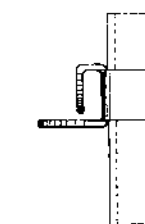


Фиг. 8.

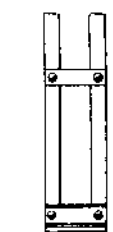
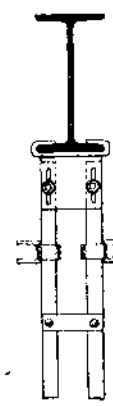
стойки для двойной стѣнки.



крючки.



Фиг. 12.



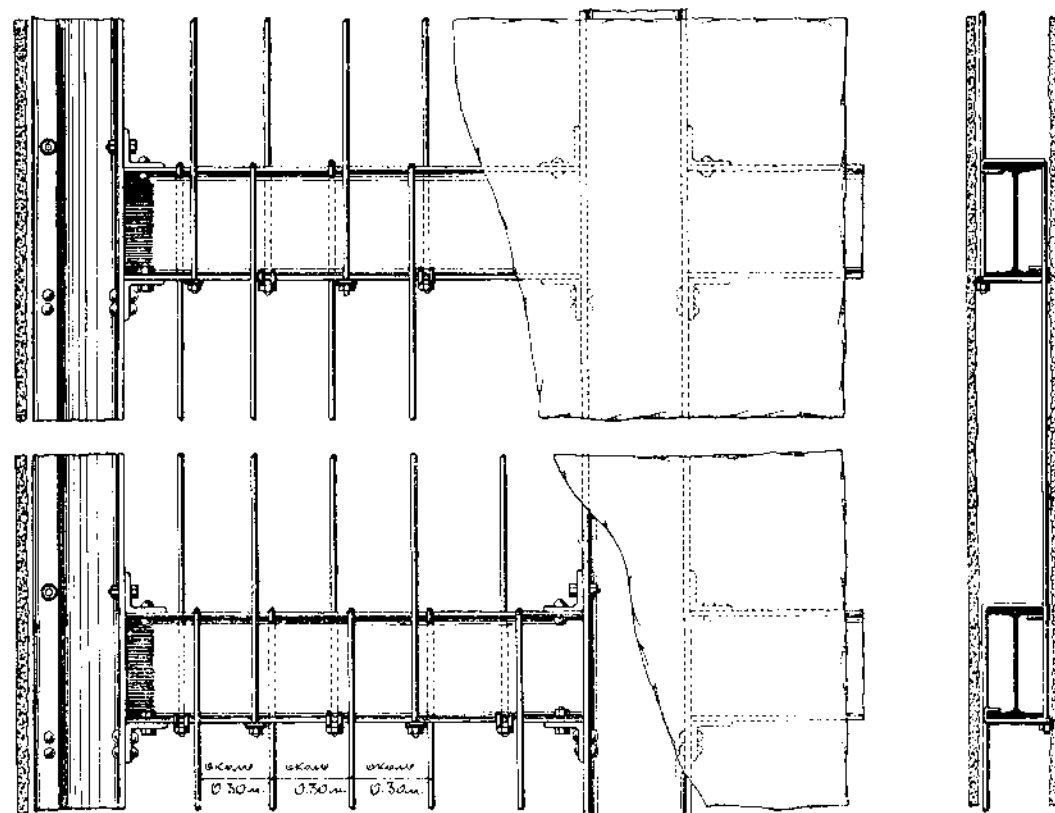
Фиг. 11.

Фиг. 10.

ЦѢЛЬНО-РѢШЕТЧАТЫЙ МЕТАЛЛЪ.

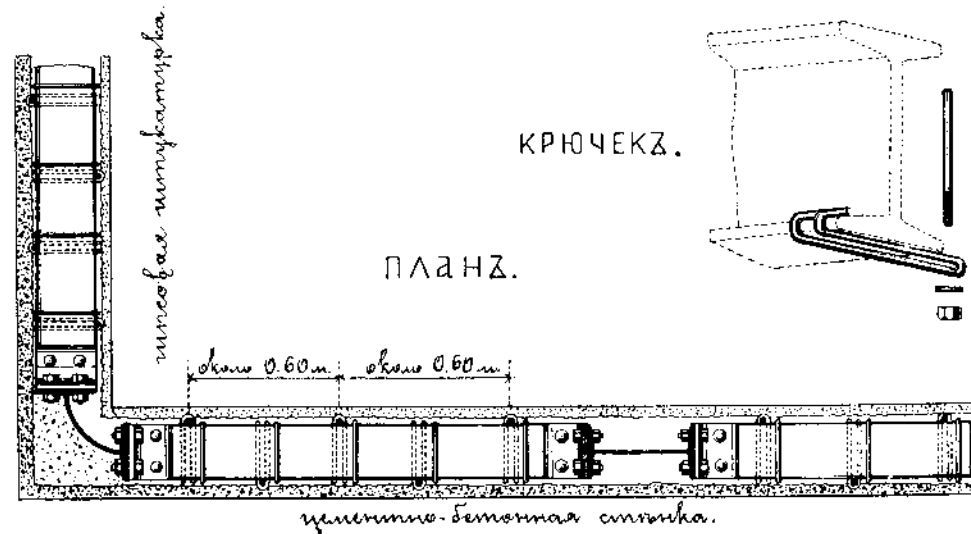
СТѢНЫ НАРУЖНЫЯ И ВНУТРЕННІЯ ЖИЛЫХЪ ДОМОВЪ.

наружная стѣна.



фиг. 1.

фиг. 2.



фиг. 3.

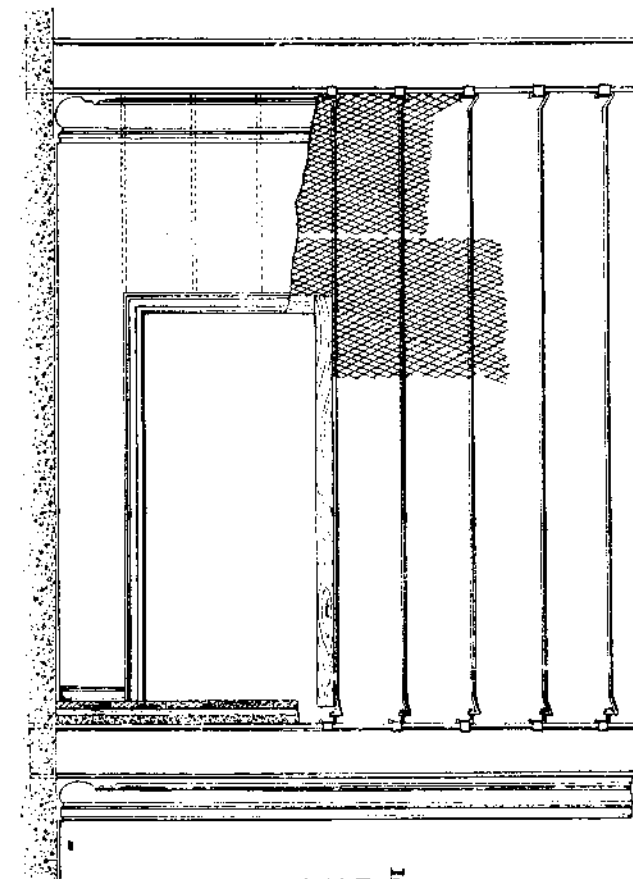
крючекъ.

планъ.

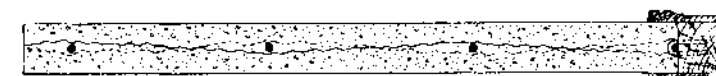
около 0.60 м.

цементно-бетонная стѣнка.

внутренняя стѣна.

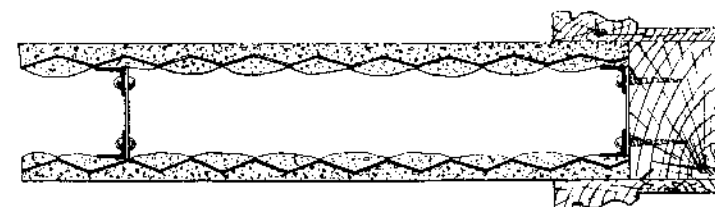


фиг. 5.



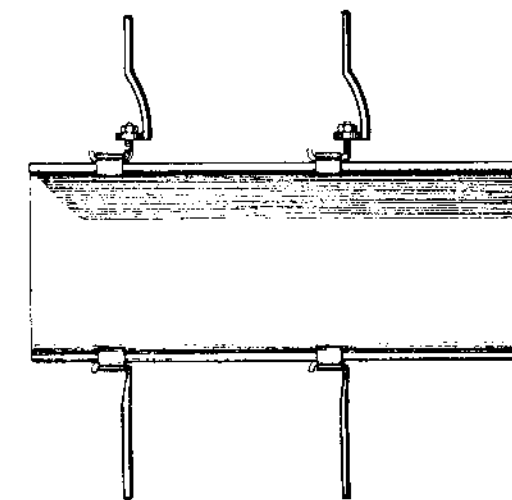
фиг. 6.

двойная стѣнка.



фиг. 9.

прикрѣпленіе вертикальныхъ стержней къ балкамъ.

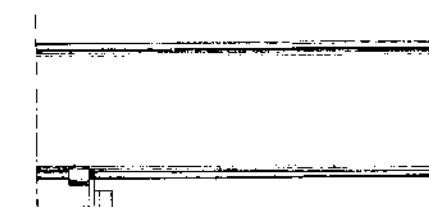


фиг. 7.

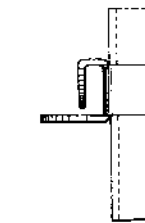


фиг. 8.

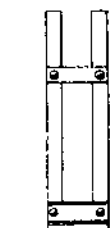
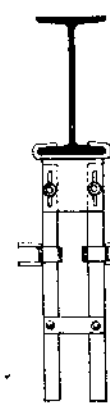
стойки для двойной стѣнки.



крючки.



фиг. 12.



фиг. 10.

фиг. 11.

ЧАСТИ ЗДАНІЙ.

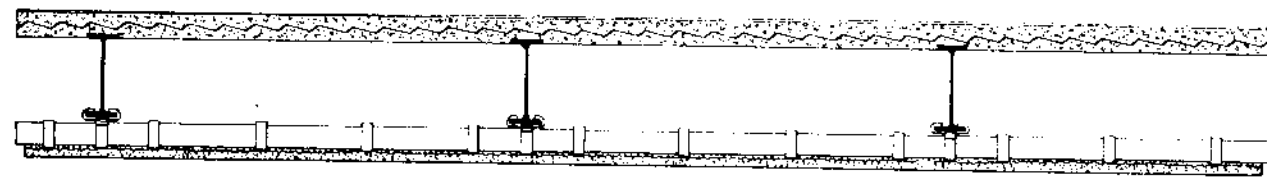
ТАБЛИЦА 2. фиг.1-13.

ЦѢЛЬНО-РѢШЕТЧАТЫЙ МЕТАЛЛЪ.

МЕЖДУЭТАЖНЫЯ ПЕРЕКРЫТІЯ.

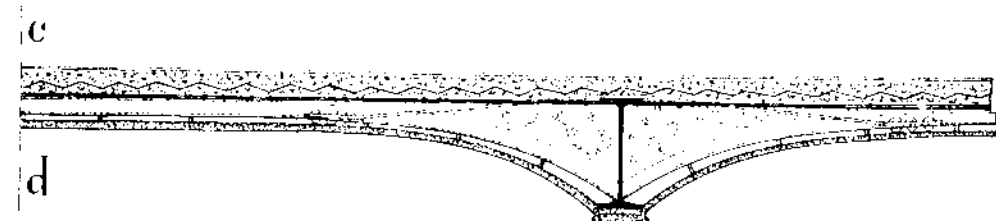
ПЛОСКОЕ ПОКРЫТІЕ.

СВОДЧАТЫЯ ПОКРЫТІЯ



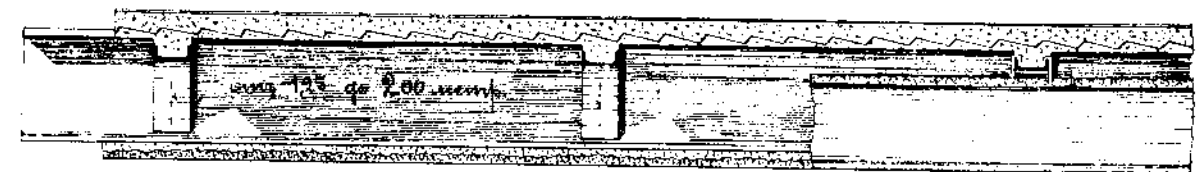
фиг.1.

опалубка для пола



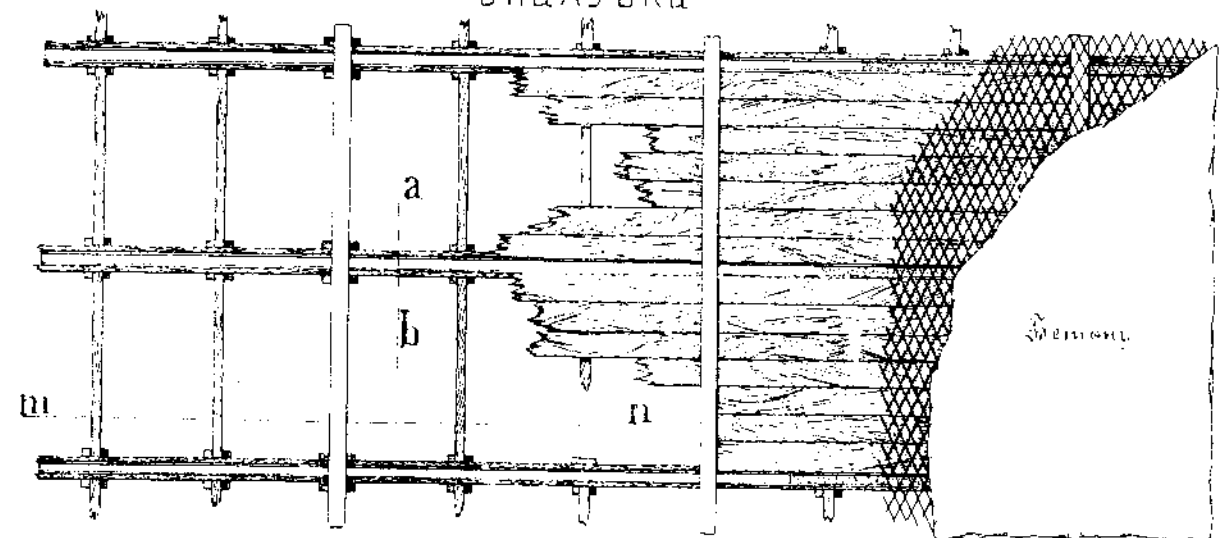
фиг.9.

по cd.



фиг.10.

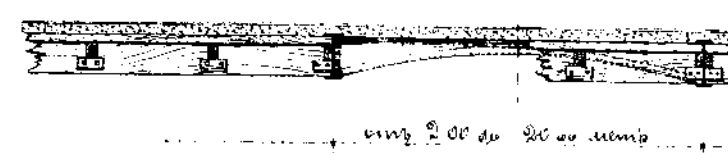
опалубка



фиг.11

по mn.

по ab.



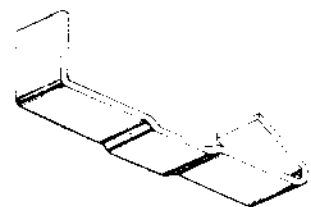
фиг.12.



фиг.13.

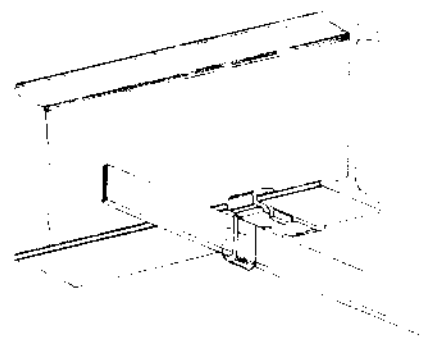
УСТРОЙСТВО ПОТОЛКА.

скоба.

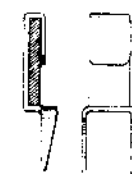


фиг.7.

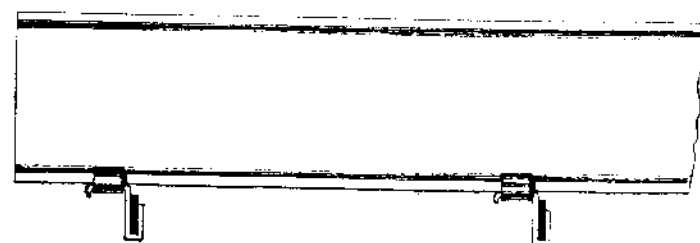
крючекъ.



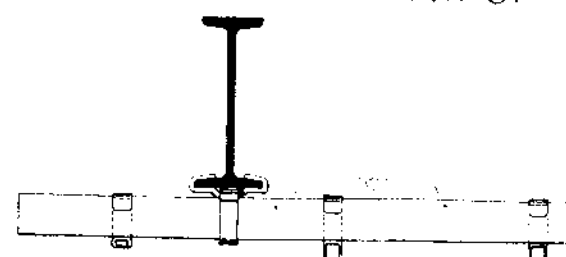
фиг.6



фиг.8.



фиг.4.



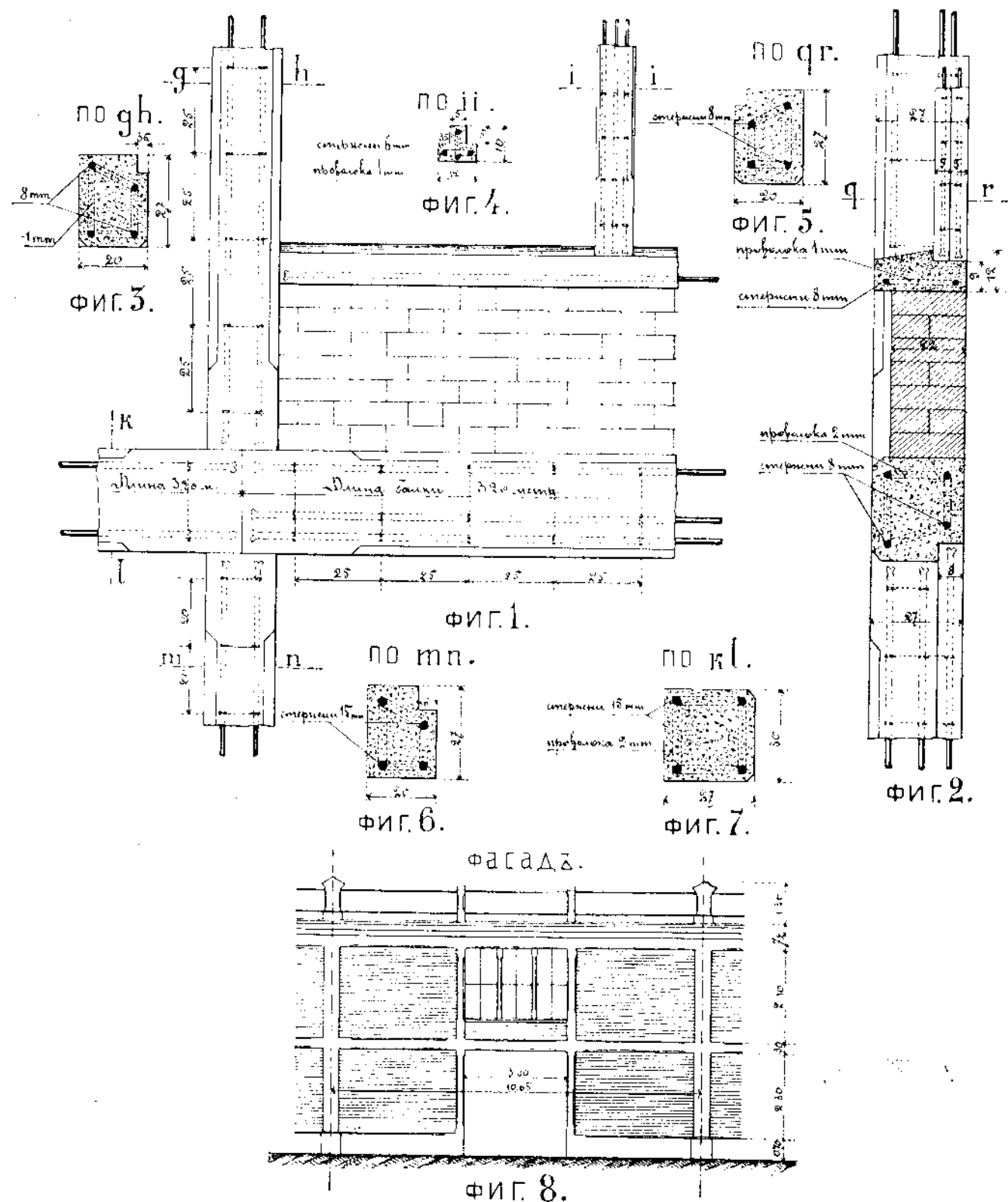
фиг.5.

ЧАСТИ ЗДАНИЙ.

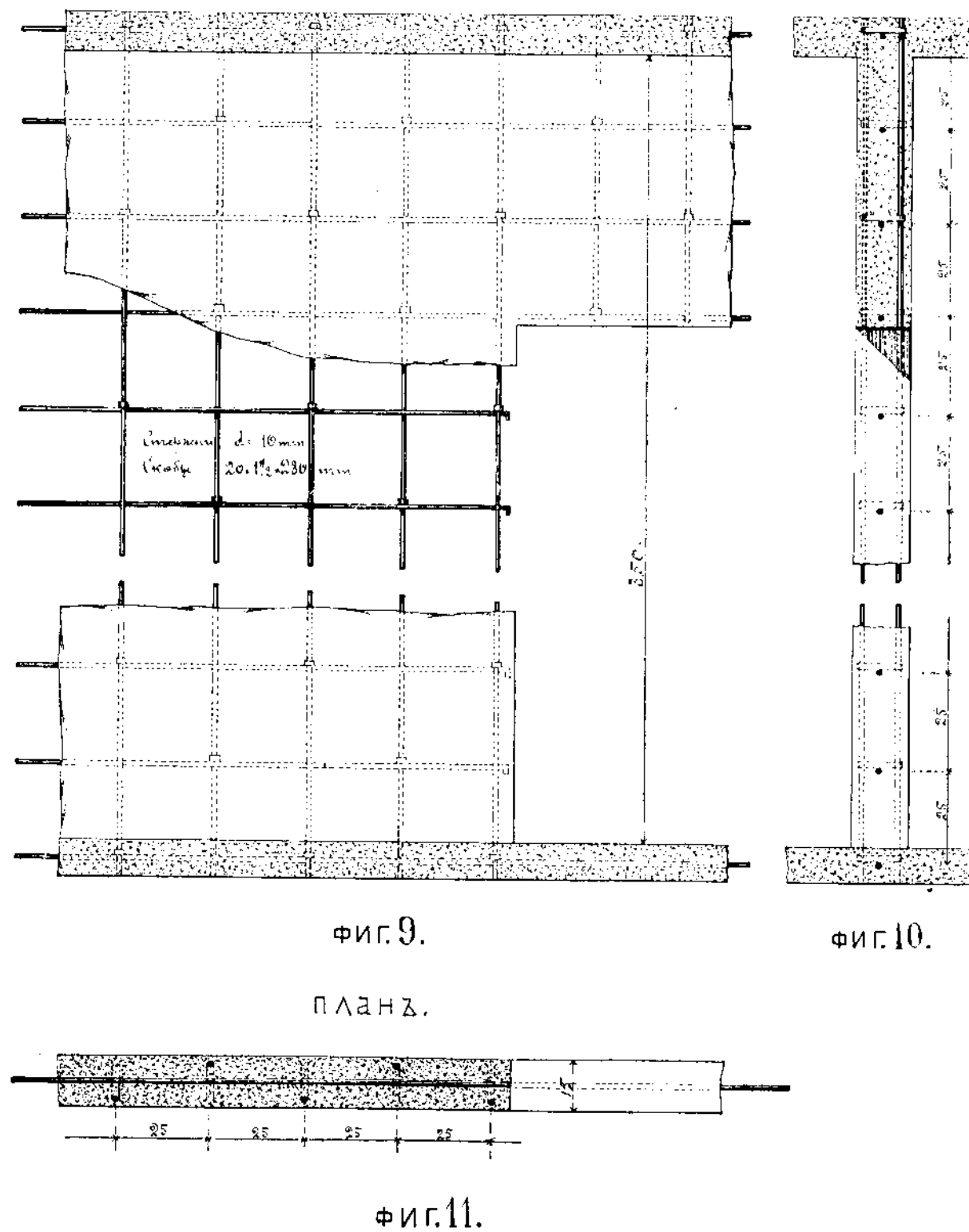
ТАБЛИЦА 3. Фиг.1-11.

СТѢНЫ. — СИСТЕМА ГЕННЕБИКА. — СТѢНЫ.

САХАРНЫЙ МАГАЗИНЪ ВЪ КАЛЕ.
НАРУЖНЫЯ СТѢНЫ.



ДОМЪ БАНКА ВЪ БАЗЕЛѢ.
ВНУТРЕННЯЯ СТѢНА.

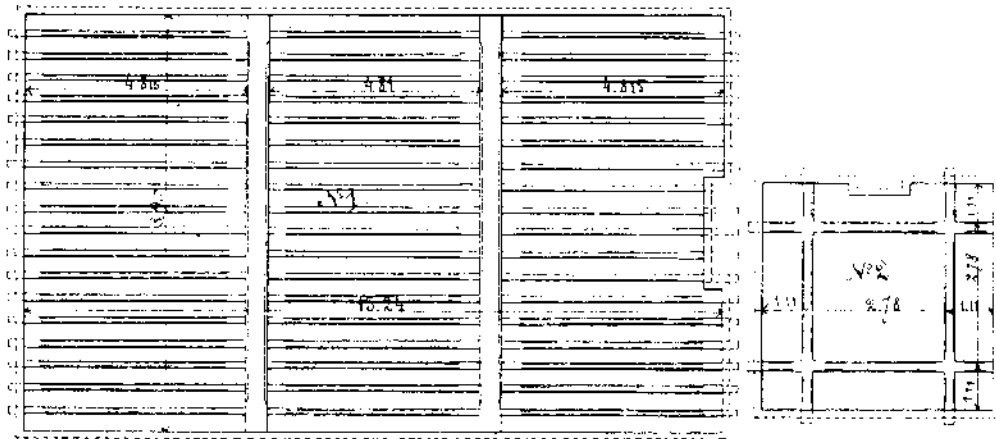


ЧАСТИ ЗДАНІЙ.

ТАБЛИЦА 4. Фиг.1-10.

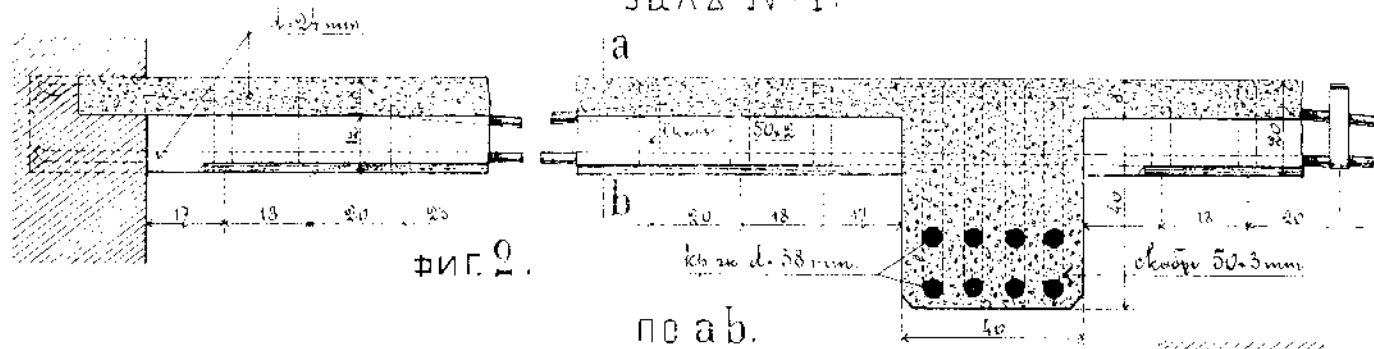
ПОЛЫ. - СИСТЕМА ГЕННЕБИКА. - ПОЛЫ.

ЗДАНИЕ СУДА ВЪ VERVIERS.
ПЛАНЪ.



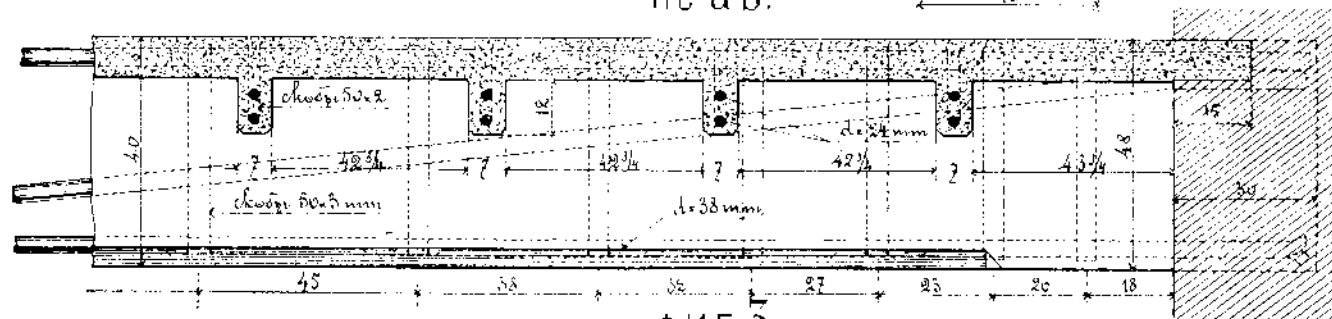
Фиг.1.

залъ №1.



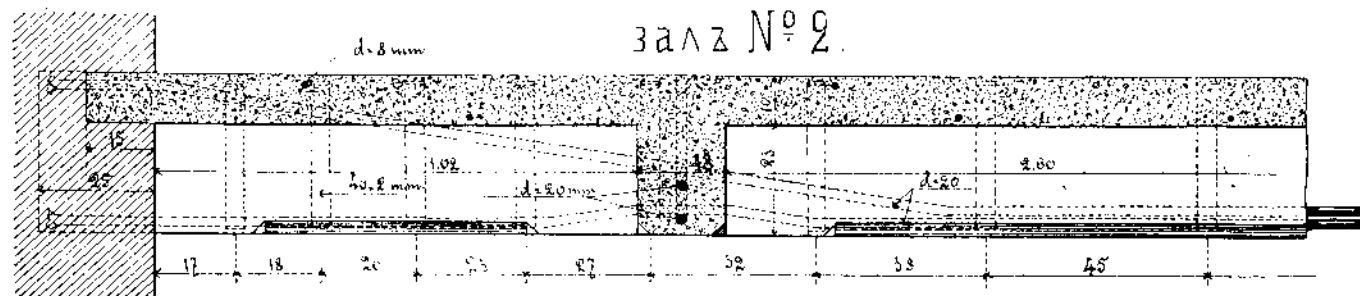
Фиг.2.

по а-б.



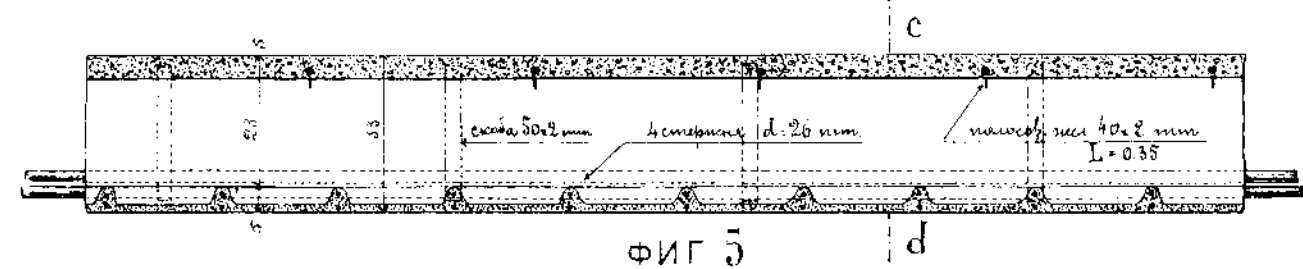
Фиг.3.

залъ №2.



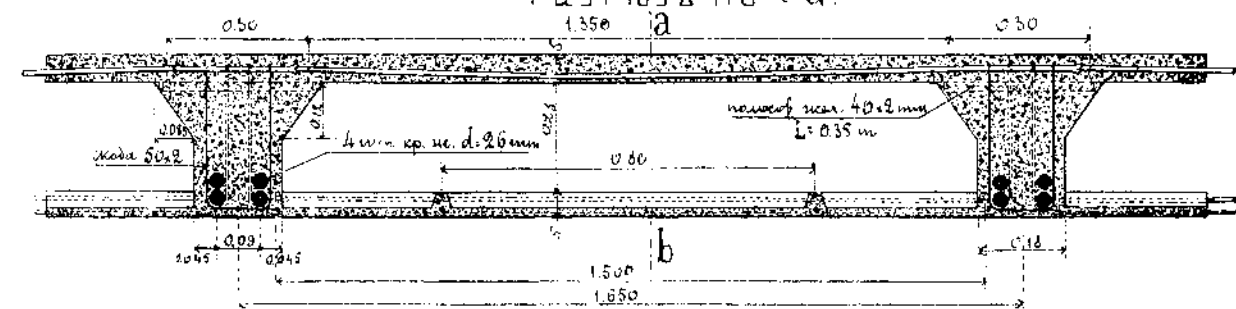
Фиг.4.

ГОСПИТАЛЬ TROUSSEAU ВЪ ПАРИЖѢ.
РАЗРѢЗЪ ПО а-б.



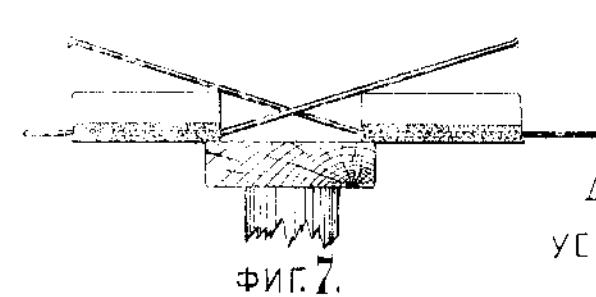
Фиг.5.

РАЗРѢЗЪ ПО с-д.

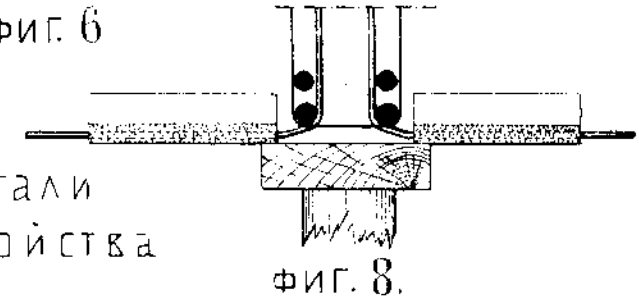


Фиг.6.

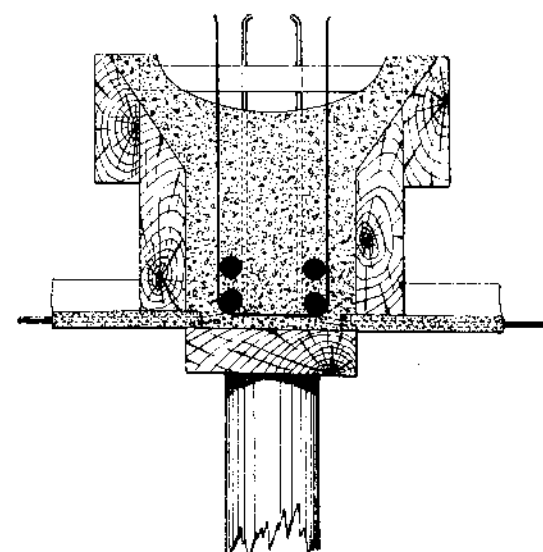
ДЕТАЛИ
УСТРОЙСТВА



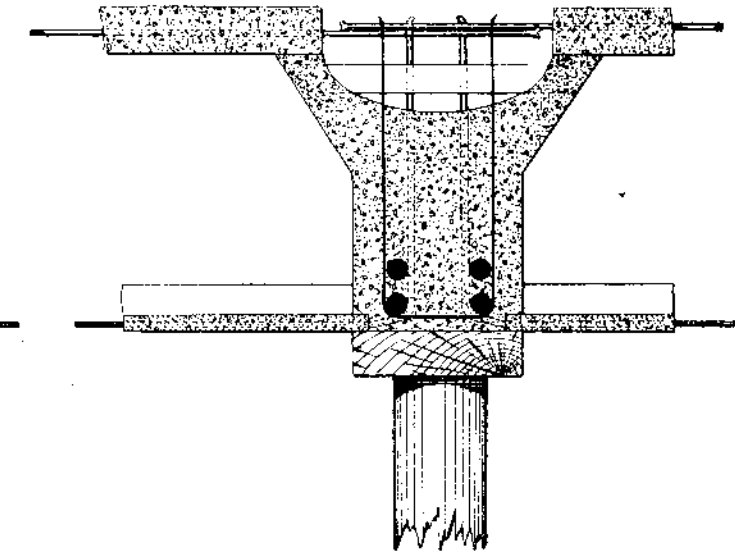
Фиг.7.



Фиг.8.



Фиг.9.



Фиг.10.

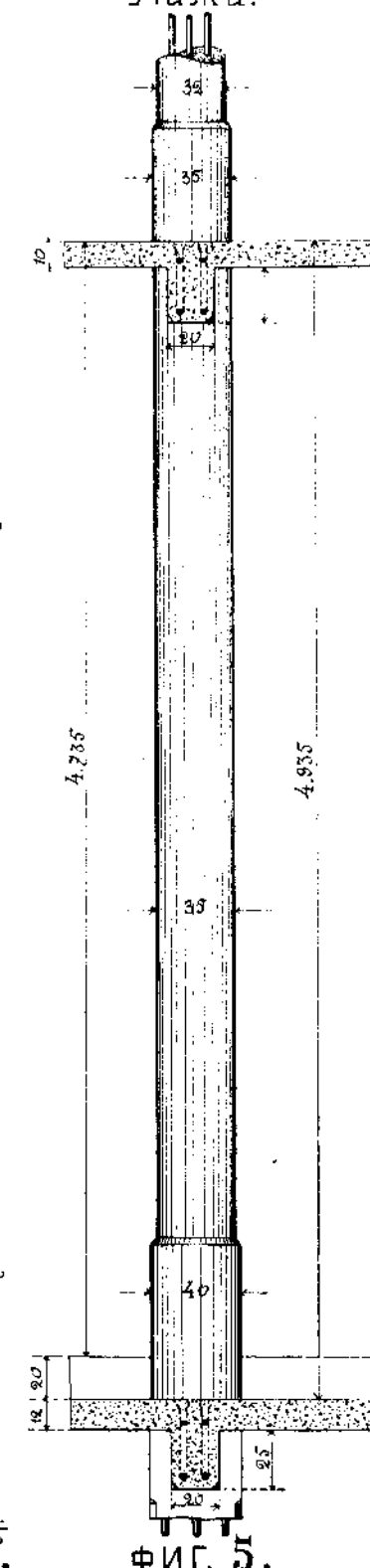
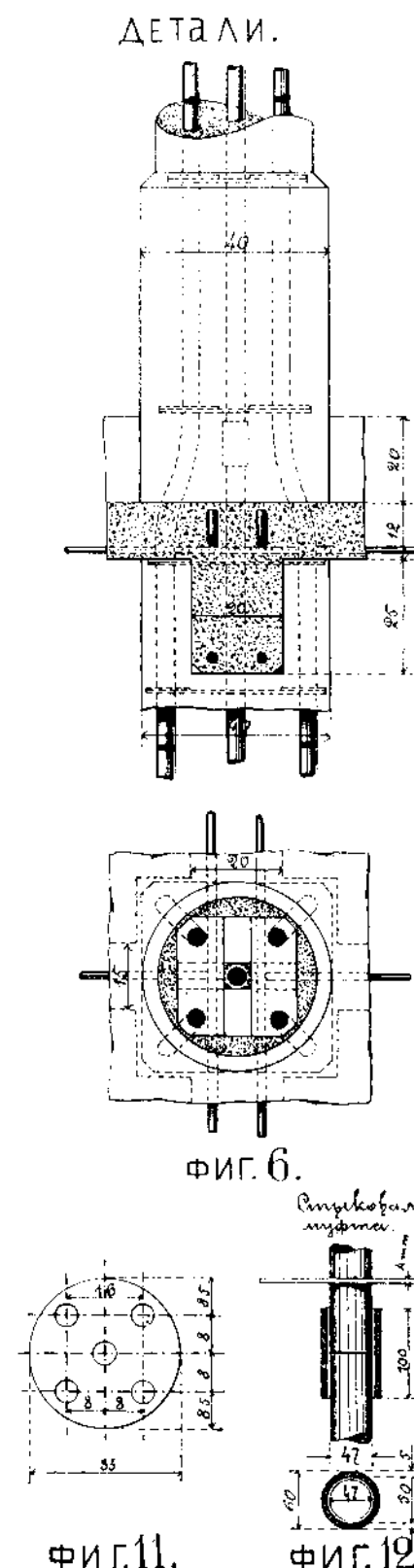
ТАБЛИЦА 5. фиг.1-12.

ЗДАНІЕ СУДА ВЪ VERVIERS.

ДОМЪ БАНКА ВЪ БАЗЕЛЪ.

КОЛОННА ПОДВАЛЬНОГО
ЭТАЖА.

КОЛОДНА ПЕРВАГО
ЭТАЖА.



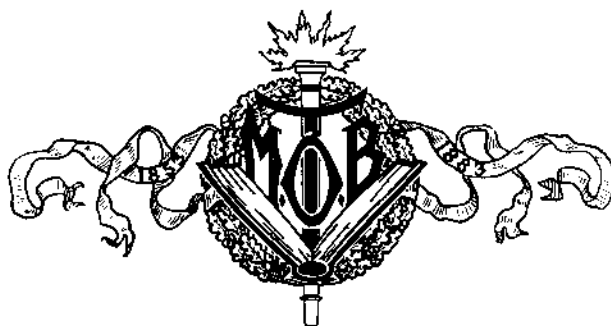
Б. Н. АКИМОВЪ
Инженеръ Пути Сообщенія

ЖЕЛѢЗО-БЕТОНЪ = ВЪ ПРАКТИКѢ =

Конструкціи, сооруженія, матеріалы, производство работъ,
внѣшнія вліянія, стоимость, расчеты.

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВЪ, СТУДЕНТОВЪ, ТЕХНИКОВЪ И ПОДРЯДЧИКОВЪ



Stichting door Einsatzstab AR
Reval.

Съ 167 рисунками въ текстѣ и съ приложеніемъ
альбома чертежей желѣзо-бетонныхъ сооруженій

61 таблица
№ 89

ЦЕНТРАЛЬНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

Ден.

14.11.08



ИЗДАНІЕ
Т-ВА М. О. ВОЛЬФЪ
С.-ПЕТЕРБУРГЪ И МОСКВА
1908

41357
Б. Н. АКИМОВЪ
ЖЕЛѢЗО-БЕТОНЪ
БССР

Мною преданъ
содѣтельствуемъ Обществу
Представительному
Демонии *
М. Барман

B. N. AKIMOFF
Ingénieur de Voies de Communication

LE BÉTON ARMÉ POUR LA PRATIQUE

B. N. AKIMOW
Ingenieur

EISENBETON FÜR DIE PRAXIS

B. N. AKIMOW
Engineer

REINFORCED CONCRETE FOR PRACTICE



ПЕЧАТЬ ТИПОГРАФІИ
ГЛА М.О.БОЛЬША
СПЕТЕРБУРГЪ. БАС. ОСТР. 16 АННІА СОВ. ДАМЪ

Initiative—not precedent—is the tap-root of engineering.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Initiative—not precedent—is the tap-root of engineering.—«починь, а не рутину, есть главный корень инженернаго дѣла»—эта американская поговорка имѣетъ глубокий смыслъ: не будь инициативы, техника не двигалась-бы впередъ далѣе устарѣлыхъ, допотопныхъ конструкций. Появившаяся впервые, около 28 лѣтъ тому назадъ, по почину Жозефа Монье, совершенно новая въ строительномъ дѣлѣ конструкция—соединеніе желѣза и цемента, благодаря смѣлой инициативѣ инженеровъ Старога и Новаго Свѣта, развивалась далѣе и вылилась въ цѣлую отрасль строительнаго искусства, которая съ каждымъ днемъ быстрыми шагами идетъ впередъ и дѣлаетъ возможнымъ примѣненіе этой новой системы—желѣзо-бетона—въ такихъ конструкціяхъ, гдѣ и не снилось первымъ его пионерамъ.

Въ настоящемъ трудѣ мы покажемъ успѣхи желѣзо-бетоннаго строительства послѣдняго времени и дадимъ, по возможности, самое полное изображеніе современнаго состоянія практики желѣзо-бетоннаго дѣла во всѣхъ странахъ земного шара.

Для инженера, проектирующаго желѣзо-бетонное сооруженіе, техника-практика, подрячика и т. д., детали и мелочи не менѣе важны, чѣмъ разныя общія соображенія, т. к. экономичность и успѣшность работы складываются именно изъ мелочей и всегда зависятъ отъ деталей проекта, отъ организаціи работъ, болѣе или менѣе остроумнаго устройства разныхъ приспособленій, вообще отъ того, насколько были предусмотрѣны всѣ возможные обстоятельства, могущія возникнуть при данной работѣ.

Поэтому въ настоящемъ трудѣ мы оставляемъ въ сторонѣ теоретическія разсужденія относительно способовъ расчета желѣзо-бетонныхъ конструкций, до которыхъ практику нѣтъ никакого дѣла; для интересующихся-же предлагаемъ сочиненіе по этому вопросу, изданное нами ранѣе, отдѣльной книгой ¹⁾).

Въ альбомѣ, прилагаемомъ къ настоящему сочиненію, мы постарались дать самыя полныя исполнительныя чертежи наиболѣе выдающихся сооружений изъ желѣзо-бетона, со всѣми деталями, дополненными въ текстѣ книги соответственными описаніями, съ указаніемъ, по возможности, въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ хода работъ, данныхъ для расчета, техническихъ условій и стоимости,—все, что можно было собрать наиболѣе замѣчательнаго изъ разныхъ свѣдѣній, разбросанныхъ по періодическимъ изданіямъ всего свѣта.

Глава *первая* посвящена описанію различныхъ конструкций и сооружений изъ желѣзо-бетона во всѣхъ отрасляхъ строительнаго искусства и дополняется прилагаемымъ альбомомъ чертежей желѣзо-бетонныхъ сооружений.

¹⁾ Б. Акимовъ. «Желѣзо-бетонъ. Теорія и расчетъ». Спб. 1905 г.

Глава *вторая*, о материалахъ и производствѣ работъ, содержитъ чисто практическія указанія относительно выбора матеріаловъ, устройства различныхъ приспособленій, и вообще всей организаціи желѣзо-бетонныхъ работъ съ экономической точки зрѣнія; отдѣльный параграфъ посвященъ выясненію вліяній разныхъ внѣшнихъ факторовъ на сопротивляемость и долговѣчность желѣзо-бетонныхъ конструкций, на основаніи новѣйшихъ научныхъ изслѣдованій, открывшихъ новыя свойства желѣзо-бетона, на которыя до самаго послѣдняго времени совершенно не обращалось вниманія со стороны техниковъ.

Глава *третья* содержитъ практическія формулы для расчета всевозможныхъ конструкций изъ желѣзо-бетона, необходимыя для техника или строителя-практика, съ численными примѣрами и таблицами въ нѣкоторыхъ случаяхъ и съ практическими указаніями для проектированія.

Однако, несмотря на сравнительно большой объемъ предлагаемаго сочиненія, мы далеки отъ мысли, что содержаніемъ его исчерпывается вся желѣзо-бетонная практика.

Послѣдняя идетъ впередъ съ каждымъ днемъ и хотя, въ большинствѣ случаевъ, мы пользовались примѣрами и учеными изслѣдованіями послѣднихъ лѣтъ (1904—1906), но можно быть вполне увѣреннымъ, что, даже за короткое время печатанія настоящаго труда, появятся еще самыя послѣднія новости желѣзо-бетоннаго дѣла, почему и сочиненія по настоящему вопросу скоро старѣются: такъ, напримѣръ, капитальный трудъ П. Кристофа «Le béton armé et ses applications», изданный въ 1902 году, въ настоящее время уже утратилъ значительную часть интереса новизны, благодаря ушедшей далеко впередъ практикѣ желѣзо-бетонныхъ конструкций.

Нашъ трудъ, въ данномъ случаѣ, представляетъ изъ себя только канву, которую мы по возможности стараемся заполнить самыми крупными и яркими примѣрами желѣзо-бетоннаго дѣла, и пустыя клѣтки которой могутъ впоследствии заполняться до безконечности.

Б. А.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

ГЛАВА I.

КОНСТРУКЦИИ И СООРУЖЕНИЯ.

Историческій обзоръ.	1

РАЗЛИЧНЫЯ СИСТЕМЫ ЖЕЛѢЗО-БЕТОННЫХЪ КОНСТРУКЦІЙ.

Идея желѣзо-бетона.

Общая замѣчанія. Сдѣлленіе бетона съ металломъ. Сохраненіе металла въ бетонѣ. Вліяніе измѣненій температуры	2

Главнѣйшія системы.

Общая замѣчанія	5

Конструкціи, подверженныя изгибу:

1. Сѣтчатая арматуры. Система Монье. Система Шлюттера. Система Нюатт'а. Система Коттансена. Цѣльно-рѣшетчатый металл	6
2. Арматуры съ прямыми стержнями. Система Стольта. Система Бонна. Система Мелана. Система Рансома. Система Габриша или Томаса и Штейгофа. Система Доната и Мюллера	8
3. Кривыя арматуры. Общая соображенія. Система Кенена. Система Вильсона. Система Клетта. Система Матраи. Система Меллера	10
4. Арматуры для сопротивленія срывающимъ усиліямъ. Система Шоди. Система Дегона. Система Кулару. Система Лохера и Комп. Система Геннебика. Система «Unit»	13
5. Двойныя Арматуры. Система Коанье. Система Павенъ де Лафаржъ. Система Société des Grèches. Система Лефорта. Система Вальзеръ-Жерара. Система Буссирона. Система Шоди. Система Невилля	15

6. Особые профили арматуры.

Профиль Thacher'a. Профиль Johnson'a. Профиль St. Louis Expanded Metal Fireproofing Co Профиль Kahn'a	18

Конструкции, подверженные сжатию.

Система Геннебика. Система Дегона. Система Вейсса. Система цѣльно-рѣшетчатого металла. Система Матраи. Другія системы. Система Консидера	19

Своды.

Система Монье. Система Мелана. Система Вунша. Система Геннебика. Система Меллера	23

ЧАСТИ ЗДАНІЙ.

Общая замѣчанія.

Цѣльно-рѣшетчатый металлъ.

Наружныя стѣны. Промежуточныя стѣны. Полы и потолки. Колонны. Фундаменты.	25

Система Геннебика.

Наружныя стѣны. Внутреннія стѣны. Полы и потолки. Колонны. Крыши. Свѣсы. Фундаменты. Оконныя перемычки.	28

Разныя системы.

Система Кенена, Система Монье. Новая система Гольдинга. Фундаментъ доходнаго дома въ Парижѣ	34

Лѣстницы.

Система Монье. Цѣльно-рѣшетчатый металлъ. Система Шоди. Система Геннебика. Лѣстница въ дѣтскомъ приютѣ въ Фельдсбергѣ.	36

ИСКУССТВЕННЫЯ СООРУЖЕНІЯ.

Инженерныя и гидротехническія сооруженія.

Сваи.

Общая замѣчанія. Система Перро и Дюма. Треугольныя сваи. Американская система. Сваи въ Новороссійскѣ. Сваи моста черезъ р. Лозоватку на Екатерининской ж. дорогѣ. Система Геннебика. Предохраненіе деревянныхъ свай. Шпунтовый рядъ системы Рехтерна, Веринга и Допкинга. Шпунтовый рядъ на канализъ Гента въ Терней-ценѣ. Изготовленіе свай. Забивка свай. Способъ, примѣняемый въ Вашингтонѣ	38

Эстакады.

Эстакада въ Вульстонѣ (Англія). Переустройство металлической пристани на Атлан-тичѣ-Сити въ Нью-Джерсеѣ (А. С. Соед. Шт.)	45

Набережныя.

Набережныя въ Берлинѣ. Набережныя въ Данцигѣ. Набережная въ Соутгэмптонѣ	49

Подпорныя стѣнки.

Общая замѣчанія. Подпорныя стѣнки на набережной Дебилли въ Парижѣ. Подпорныя стѣнки на Большой Сѣверной желѣзной дорогѣ въ С. Америкѣ	51

Укрѣпленіе береговъ.

Каналь изъ Одера въ Шпрее. Каналь изъ Дортмунда въ Эмсъ. Покрытіе въ Викар-
страндѣ. Покрытіе берега на Wentowkanal въ Маріенталѣ 53

Плотины.

Плотина въ Theresa (Нью-Йоркъ). Плотина въ Schuylerville (С. А. Соед. Шт.) . . . 56

М О С Т Ы.

Общія соображенія.

I. Мосты подѣ желѣзныя дороги.

Балочные мосты.

Типъ мостика отв. 0,50 саж. на Владикавказской ж. дорогѣ. Мостики отв. 1,00 и
2,00 саж. на Владикавказской ж. д. Мосты на Восточно-Китайской ж. дорогѣ. Мосты на
ж. дорогѣ Юра-Симплонъ (Швейцарія). Виадукъ въ Creux Dumas. Виадукъ въ Grossried'ѣ.
Мостикъ на р. Ruisse. Виадукъ надѣ проѣзжей дорогой въ Vauderens. Виадукъ близъ
Aigle et Ivorne. Мостики на Меридіональной ж. дорогѣ въ Италіи. Балочные виадуки
на желѣзной дорогѣ Клевелендъ-Цинцинати-Чикаго-Санъ-Луи 58

Мосты со сквозными фермами.

Предварительныя замѣчанія. Система Визиттини. Система Консидера. Мостъ въ
Иври на желѣзной дорогѣ Парижъ-Орлеанъ. Безраскосныя фермы жесткой системы.
Мостъ въ Purfleet (Англія) 65

Арочные мосты.

Мосты на ж. дорогѣ Cansas City, Mexico and Orient Railway. Виадукъ на ж. до-
рогѣ Illinois Central Railway. Мостъ въ Plano на ж. д. Chicago, Burlington and Quincy
Railway 73

Трубы.

Трубы на ж. д. Витебскъ-Жлобинъ. Труба на Московско-Казанской ж. д. 76

II. Мосты подѣ обыкновенныя дороги.

Балочные мосты.

Путепроводъ на желѣзной дорогѣ Kaiser-Ferdinands Nordbahn. (Австрія). Виадукъ на
159 верстѣ линіи Ясиноватая-Долинская Екатеринославской ж. д. Переустройство желѣзнаго
путепровода на желѣзо-бетонный на линіи Парижъ-Орлеанъ. Мостъ черезъ р. Bregenzer
Ache близъ г. Ybbs на Дунаѣ (Южная Австрія). 79

Арочные мосты.

Мостъ въ Nymphenburg'ѣ (Баварія). Мостъ черезъ р. Vienne въ Châtellerault (Фран-
ція). Мостъ черезъ р. Aisne въ Суассонѣ (Франція). Мостъ черезъ р. Steyr въ Штейрѣ
(Австрія). Мостъ черезъ р. Rio Caudal въ Mièges. (Испанія). Мостъ черезъ р. Charley
Creek близъ Wabash въ Штатѣ Индіана (С. Америка). Мостъ черезъ р. Wabash въ
Перу (Индіана). Мостъ съ двойнымъ сводомъ въ Muncie. (Индіана) 81

III. Пѣшеходные мостики.

Балочные мостики.

Мостикъ черезъ р. Schwarza въ Пейербахѣ (близъ Вѣны). Пѣшеходный мостикъ
на ж. д. Парижъ—Орлеанъ 95

Арочные мостики. 96

IV. Части мостовъ.

Фундаменты.

Опускные колодцы моста черезъ р. Cosle Creek близъ Сиднея (Австралія). Система Симонса. Кессоны на Восточно-Китайской ж. дорогѣ 96

Опоры.

Устой моста въ Monticello на ж. д. Wabash Railroad (С. Америка). Медорѣзы быковъ моста на р. Lehigh River въ Glen Onoka. (Пенсильванія). Медорѣзы мостовъ на ж. д. линіи Illinois Central Railroad. (Соед. Штаты) 98

Троттуары на свѣсахъ.

Троттуары мостовъ на поймѣ р. Дона на 3, 6 и 8 верстахъ Владикавказской желѣзной дороги 100

Шарниры арочныхъ мостовъ. 102

ВОДОСНАБЖЕНІЕ И КАНАЛИЗАЦІЯ.

Водоснабженіе.

Общія замѣчанія 104

Бассейны.

Отстойные бассейны на ст. Евлахъ и Шоти Закавказской ж. д. Отстойные бассейны на ст. Синельниково Екатерининской ж. дороги. Отстойные бассейны на ст. Кавказская и Невинномысская Владикавказской ж. дороги 104

Резервуары.

Напорный резервуаръ на ст. Желѣзноводскъ, Владикавказской ж. дороги. Резервуаръ въ Булони-на-Сенѣ (Франція). Водоемное зданіе на ст. Екатеринодаръ, Владикавказской ж. дороги 108

Трубы.

Общія замѣчанія. Система Монье. Система Борденава (Sidéro-ciment). Система Бонна. Различныя комбинаціи арматуры въ трубахъ. Устройство трубопроводовъ . . . 112

Водопроводы.

Водопроводъ въ City (Мексика). Водопроводъ въ Los Angeles (Калифорнія). Водопроводъ въ Southern City (С. Америка). Водопроводъ Симпловскаго туннеля 116

Канализація.

Канализація города Парижа 121

С М Ъ С Ъ.

Платформы.

Платформа при цементныхъ печахъ Франко-Русскаго О-ва заводовъ портландъ цемента въ Чудовѣ. Товарныя платформы и пакгаузы 123

Заводы.

Зубчатыя покрытія рафинаднаго завода въ Saint Ouen (Сена). Литейная завода Бабкокъ и Вилькоксъ въ Courmeuve (Сена). Покрытіе паровозныхъ мастерскихъ въ Böhm Leira на ж. д. Aussig-Teplitz (Австрія). 125

Фабричныя трубы.

Общія замѣчанія. Труба Pacific Electric Railway С°. (Калифорнія). Труба въ Елизаветпортѣ. Труба С°. Plymouth Cordage	126

Маяки.

Маякъ въ Николаевѣ	132

Туннели.

Туннель подъ Вашингтонской улицей въ Бостонѣ. Туннель подъ р. Detroit River на Центральной Мичиганской ж. дорогѣ	138

Желѣзныя дороги.

Угольная станція для паровозовъ въ South Easton на желѣзной дорогѣ Lehigh Valley Railroad. (С. Америка).	143

Шпалы.

Общія замѣчанія. Система ж. д. линіи «Rete Adriatica» (Италія). Система Sarda. Система Жильбо (Gilbaud). Система Кемпбелля (Campbell). Система Ольденбургера. Заключение	144

Заборы.

Типъ желѣзо-бетоннаго забора на Владикавказской ж. дорогѣ	149

Прокатные столбы	151

Г Л А В А II.

МАТЕРІАЛЫ И ПРОИЗВОДСТВО РАБОТЪ.

М А Т Е Р І А Л Ы.

Цементы.

Портландскій цементъ. Романскій цементъ. Шлаковые цементы	153

Инертные матеріалы.

Песокъ. Гравій. Щебень. Шлаки. Пемза и другіе матеріалы	155

Металлы.

Желѣзо. Литое желѣзо. Сталь	158

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТЪ.

Предварительныя соображенія.	159

Формы и опалубка.

Общая замѣчанія. Покрытія по металлическимъ балкамъ. Монолитныя перекрытія. Стѣны. Столбы. Жесткость формъ. Формы для сложныхъ частей. Мѣры противъ сцепленія бетона съ формами.	159

Арматура.

Приготовленіе арматуры. Устройство стыковъ. Перевязка	165

Приготовленіе бетона.

Общая замѣчанія. Ручное приготовленіе бетона. Механическое приготовленіе бетона. Составъ бетона.	168

Употребленіе бетона въ дѣло.

Подача бетона на мѣсто работы. Тачки и повозки. Бадьи и ящики. Поднятіе бетона. Трамбованіе. Предохраненіе бетона во время твердѣнія. Снятіе формъ	171

Отдѣлка поверхностей.

Штукатурка. Желѣзненіе. Мѣры для увеличенія водонепроницаемости. Шлифованіе. Искусственные камни. Орнаментація	178

Бетонные заводы.

Общая замѣчанія. Заводы на ровной мѣстности. Этажные заводы. Фабрикація трубъ. Разныя издѣлія	182

Испытанія и приемка.

Требованія приемки. Измѣрительные приборы	187

Стоимость работъ.

Составленіе смѣты. Бетонъ. Арматура. Формы	189

Внѣшнія вліянія на прочность желѣзо-бетонныхъ конструкций.

Удары и сотрясенія. Окисленіе арматуры. Дѣйствіе морской воды. Дѣйствіе ключевой воды. Дѣйствіе кислотъ и газовъ. Дѣйствіе маселъ и жировъ. Дѣйствіе мороза и огня.	191

Г Л А В А III.

РАЗСЧЕТЫ И ФОРМУЛЫ.

Предисловіе	198

РАЗСЧЕТЪ ЧАСТЕЙ СООРУЖЕНІЙ ИЗЪ ЖЕЛѢЗО-БЕТОНА.

Постоянныя величины.

Отношеніе коэффициентовъ упругости металла и бетона. Процентное содержаніе металла въ бетонѣ. Допускаемое напряженіе бетона на сжатіе. Допускаемое напряже-

ніе бетона на растяженіе въ изгибаемыхъ тѣлахъ. Допускаемое напряженіе бетона на срѣзываніе. Сдѣвленіе бетона съ металломъ. Допускаемыя напряженія для металла. Вѣсъ желѣзо-бетона	199
Обозначенія	204

Расчеты

I. Столбы.

Формулы для столбовъ. Общее фиктивное напряженіе. Продольный изгибъ. Численный примѣръ. Столбы системы Консидера. Устройство поперечной арматуры.	204

II. Плиты.

Формулы для плитъ. Примѣненіе формулъ. Численный примѣръ. Расчетъ плитъ, опирающихся четырьмя сторонами.	208

III. Балки.

а) Прямоугольныя балки.

Формулы для балокъ. Простая арматура. Симметричная арматура. Несимметричная арматура. Численный примѣръ. Расчетъ поперечныхъ связей. Расчетъ балки Гевнебика. Таблицы для расчета прямоугольныхъ балокъ	212

в) Тавровыя балки.

Формулы. Численный примѣръ	226

IV. Сваи.

Отдѣльныя сваи. Шпунтовые сваи	229

V. Плоскіе фундаменты.

Фундаменты подъ стѣны, колонны и подъ бассейны	231

VI. Своды.

Пологія сводчатыхъ перекрытія. Формулы. Численный примѣръ. Мостовые своды	233

VII. Трубы.

Общая замѣчанія. Трубы, подверженныя внутреннему давленію. Трубы, подверженныя наружному давленію. Поперечный изгибъ въ трубахъ	234

VIII. Резервуары (баки).

Стѣнки круглыхъ резервуаровъ. Плоское дно бака. Сферическое дно бака	237

IX. Силосы для зерна.	238

ПРАКТИЧЕСКІЯ УКАЗАНІЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНІЯ.

Расположеніе и форма тѣлъ.

Система опоръ. Швы расширенія. Монолитные полы. Своды съ выступами въ видѣ арокъ	241

Арматура.

а) Продольная арматура.

Простая и двойная арматура. Сѣченіе арматуры и родъ металла. Процентное содержаніе арматуры. Распредѣленіе арматуры въ бетонѣ. Перекрестная арматура. Цѣльно-рѣшетчатый металлъ 242

в) Поперечная арматура.

Связи въ столбахъ. Связи въ балкахъ. Скобы. Вертикальныя и наклонныя связи . 246

ИСТОЧНИКИ. 248



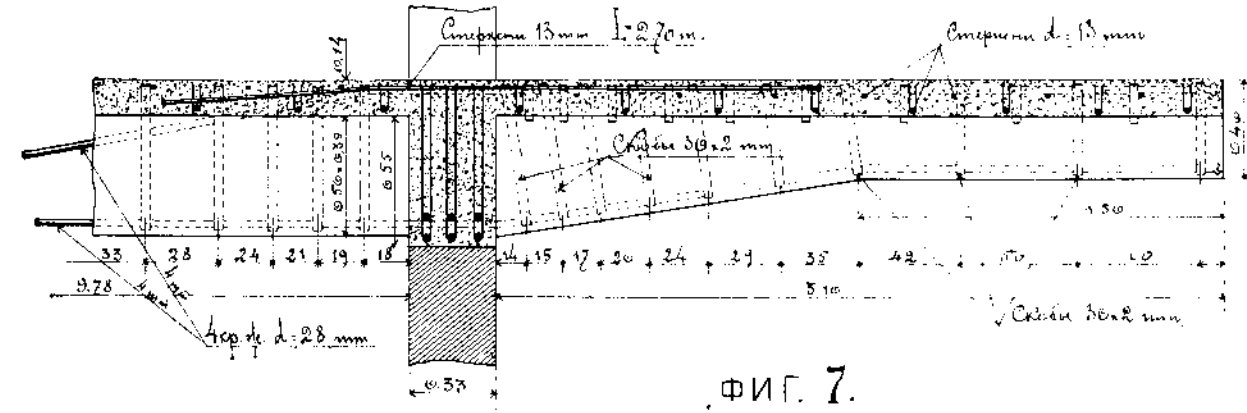
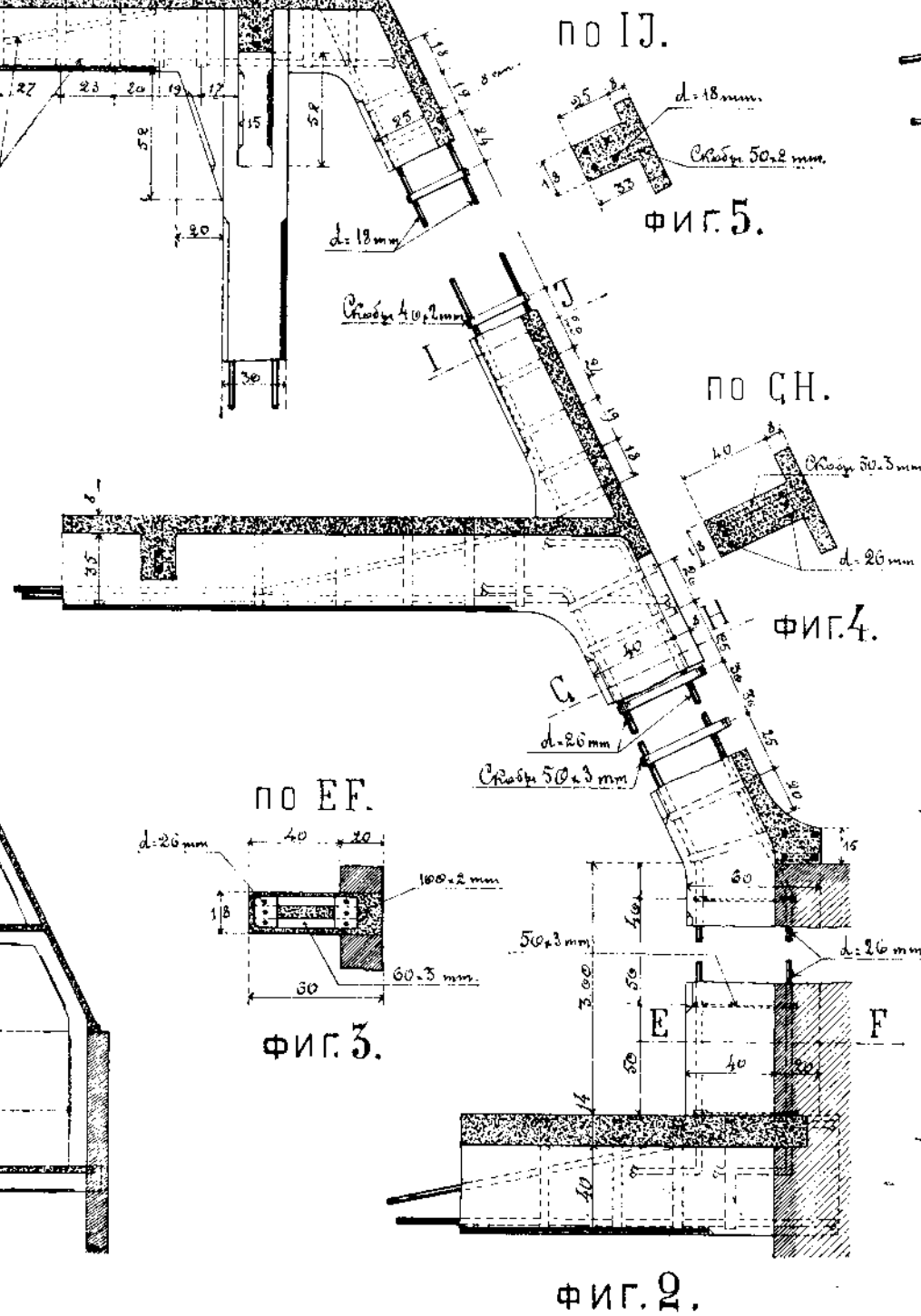
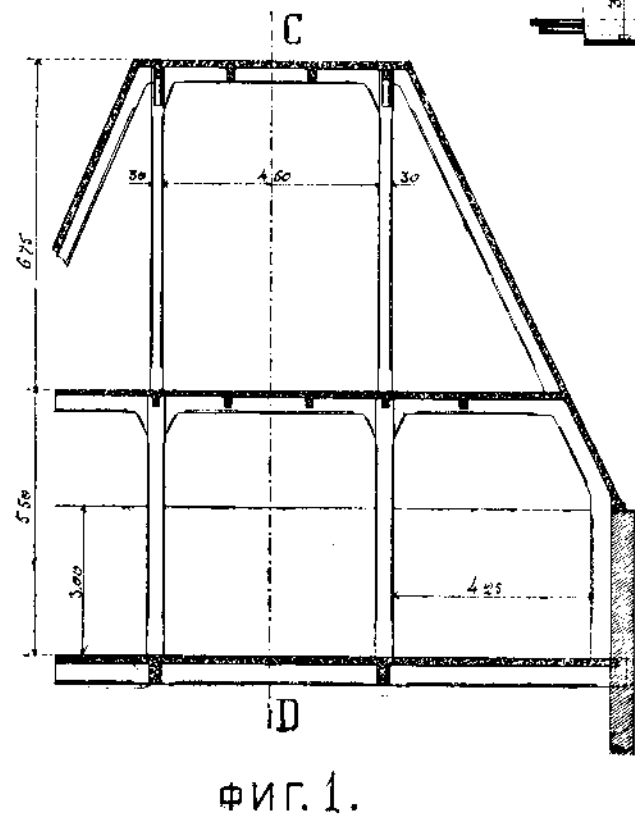
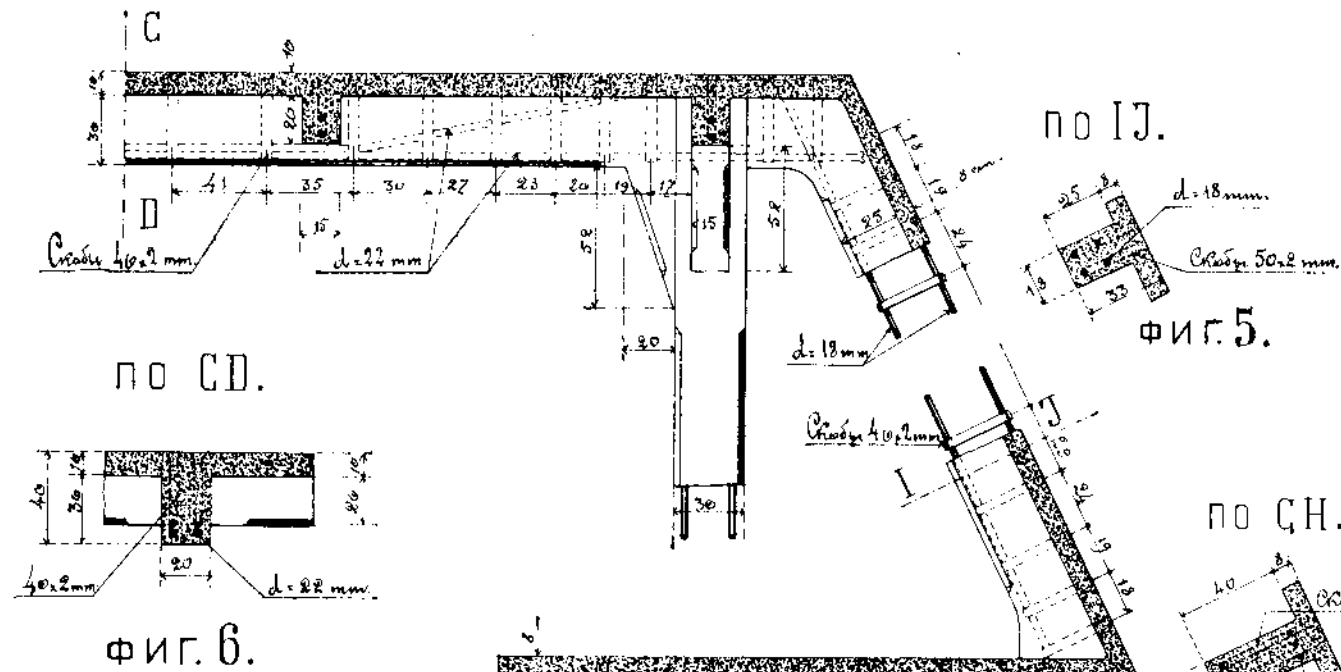
ЧАСТИ ЗДАНІЙ.

ТАБЛИЦА 6. фиг. 1-9.

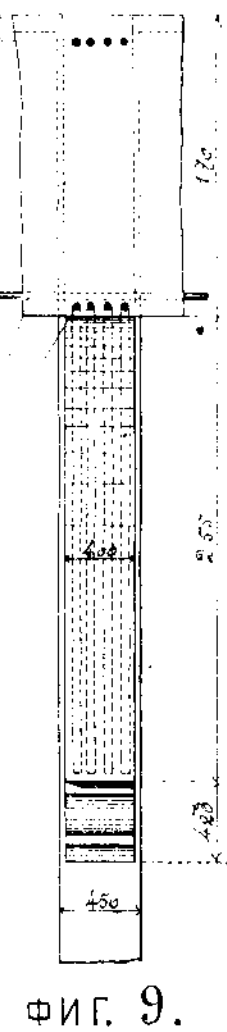
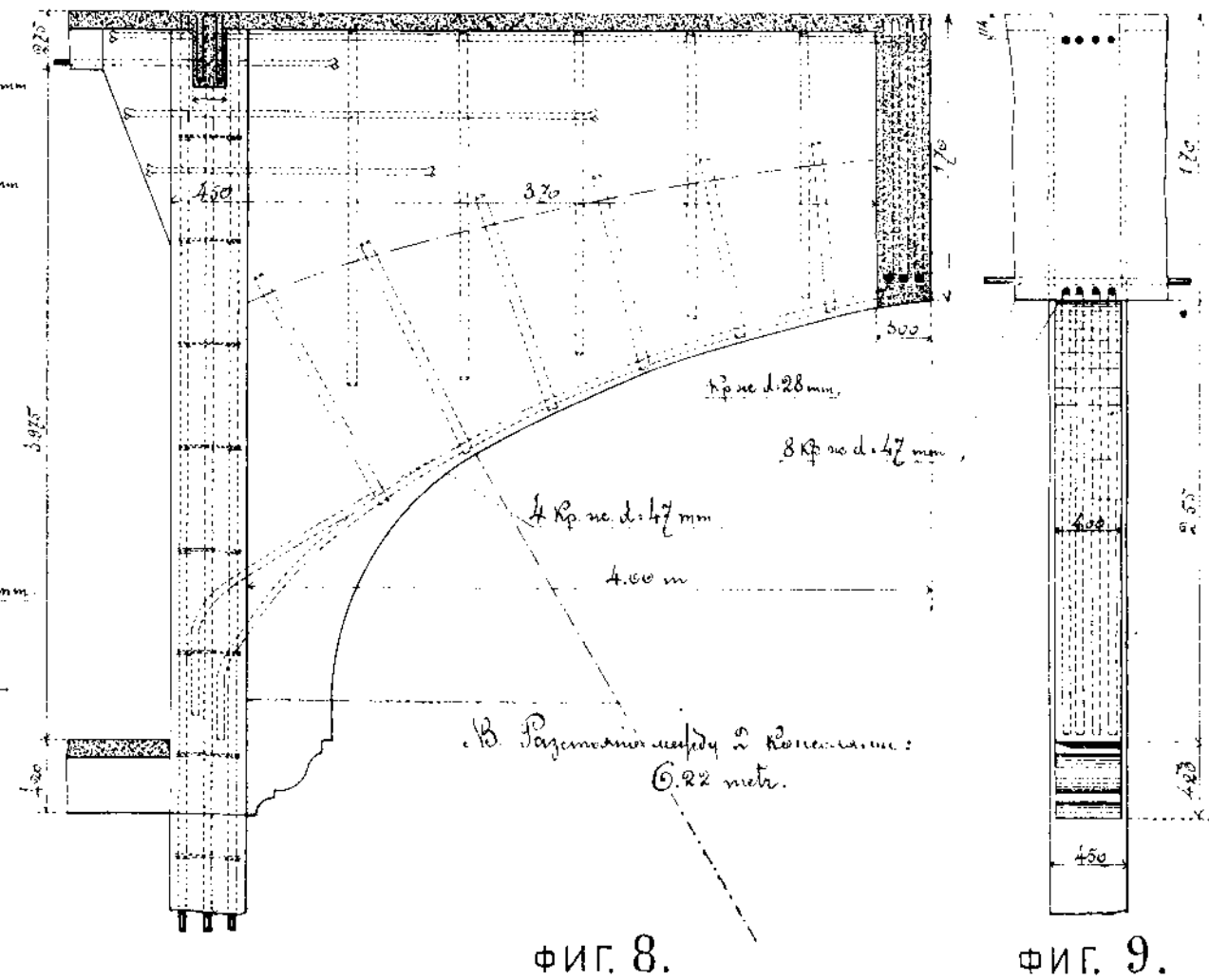
КРЫШИ. — СИСТЕМА ГЕННЕБИКА. — СВЪСЫ.

ЗДАНИЕ СУДА ВЪ VERVIERS.
[ФРАНЦІЯ.]

БОЛЬШОЙ ДВОРЕЦЪ ИСКУССТВЪ
ВЪ ПАРИЖѢ.



БОЛЬШІЯ МЕЛЬНИЦЫ ВЪ НАНТѢ.

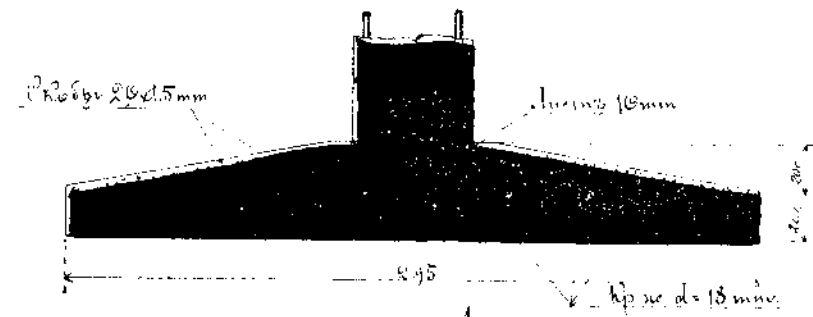


ЧАСТИ ЗДАНИЙ.

ТАБЛИЦА 7. Фиг. 1-9.

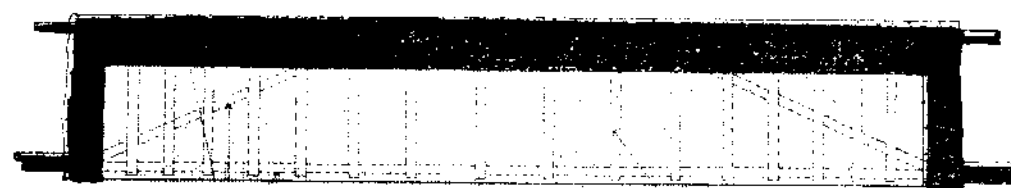
ФУНДАМЕНТЫ.

СИСТЕМА ГЕННЕБИКА.
ФУНДАМЕНТЫ КОЛОННЫ.



ФИГ. 1.

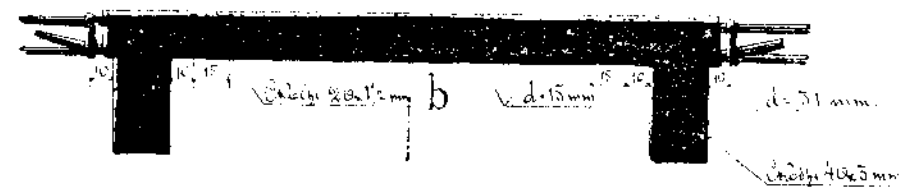
ВОДОПОДЪЕМНОЕ ЗАДНИЕ ВЪ SERRAINQ.
главная балка.



ФИГ. 2.

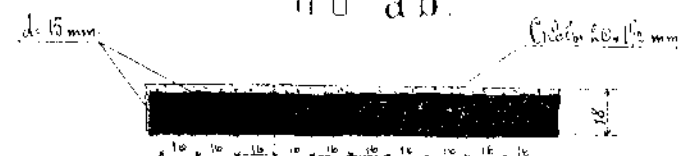
плоская плита.

а



ФИГ. 3.

по а в.



ФИГ. 4.



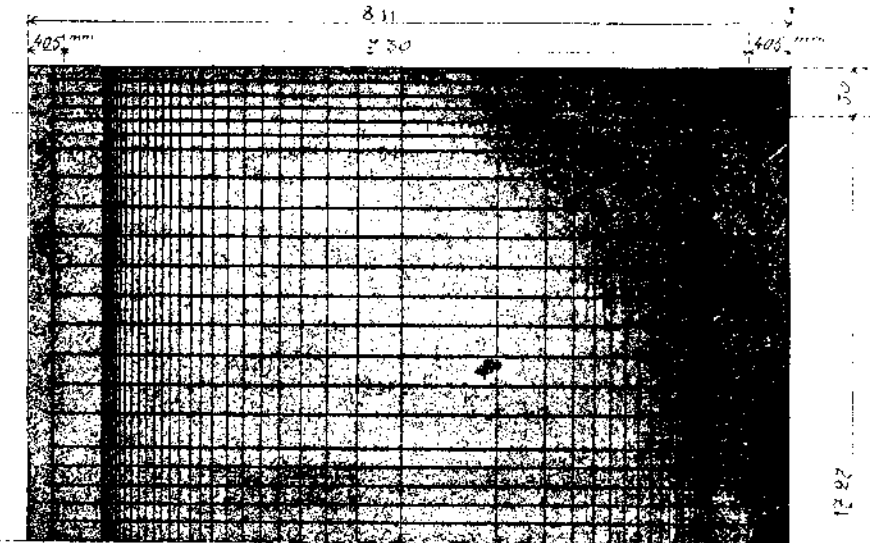
ФИГ. 5.

ВТОРОСТЕПЕННАЯ
БАЛКА.

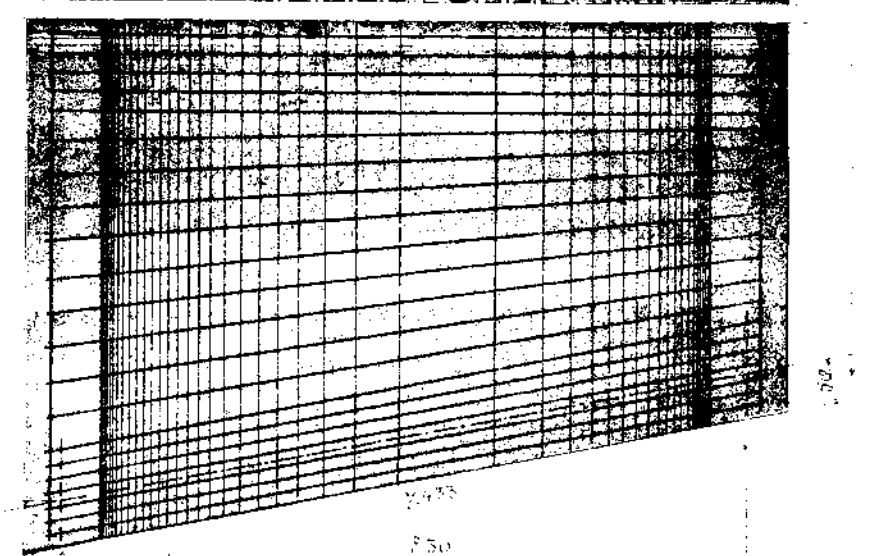


ФИГ. 6.

ДОМЪ ВЪ УЛИЦѢ DES PRAIRIES ВЪ ПАРИЖѢ.
ПЛАНЪ.



ФИГ. 7.



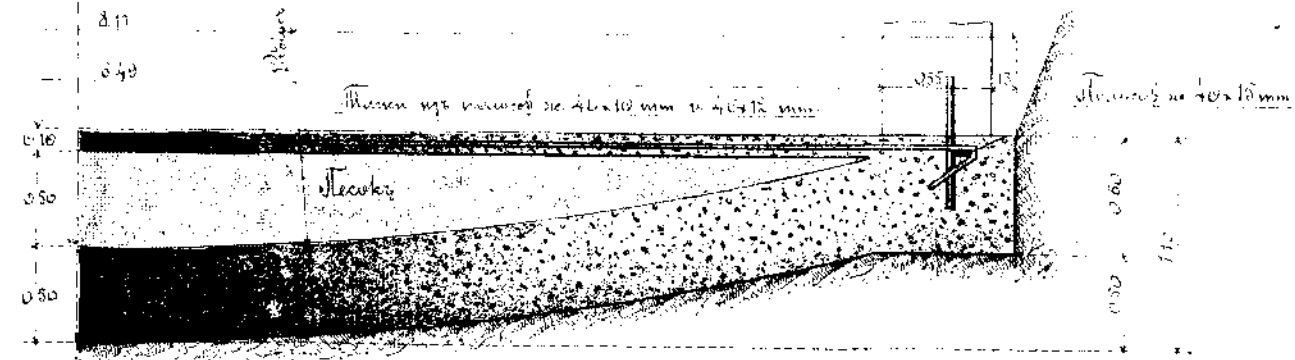
ФИГ. 8.

ПРОДОЛЖЕНІЕ РАЗРѢЗЪ.



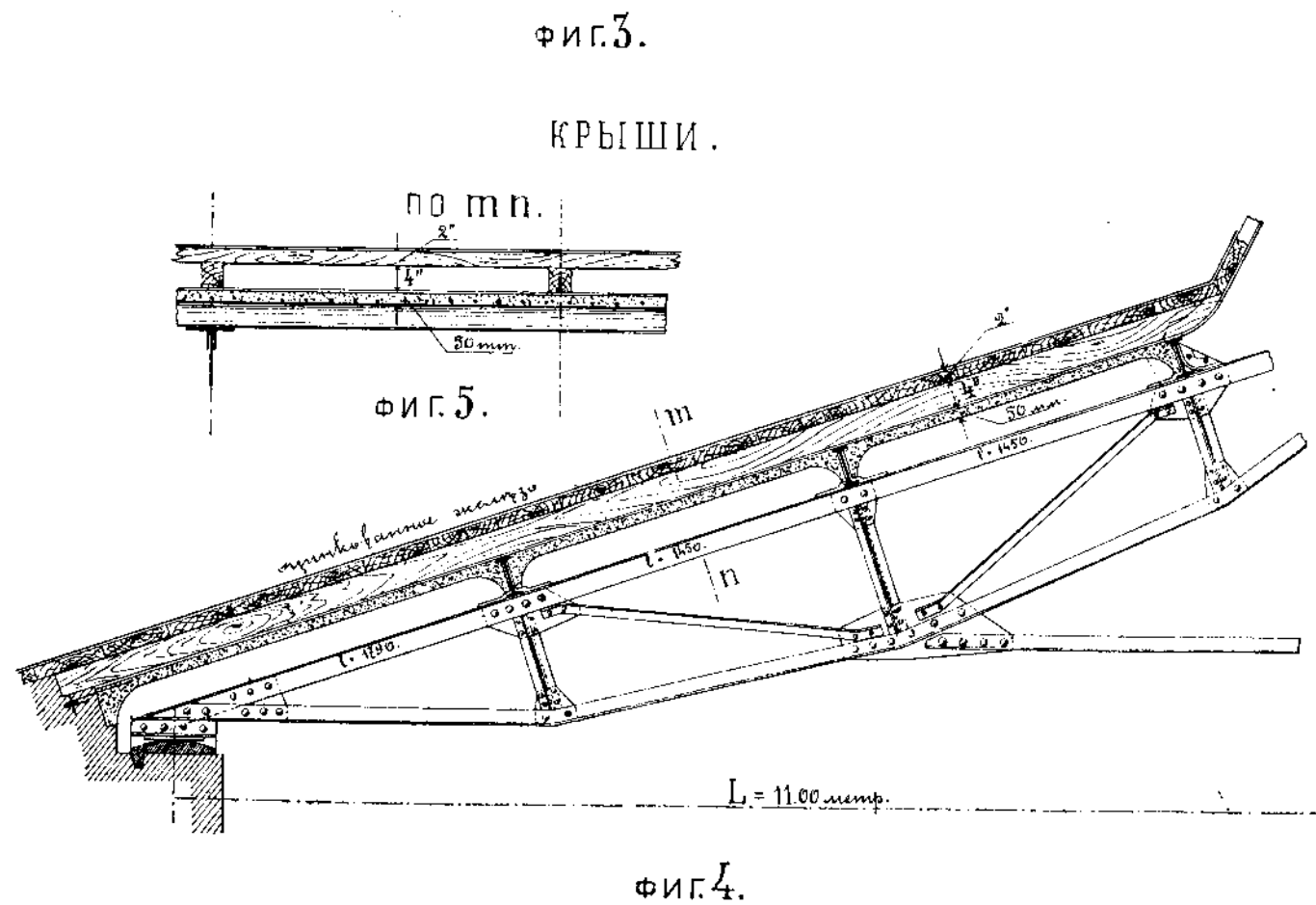
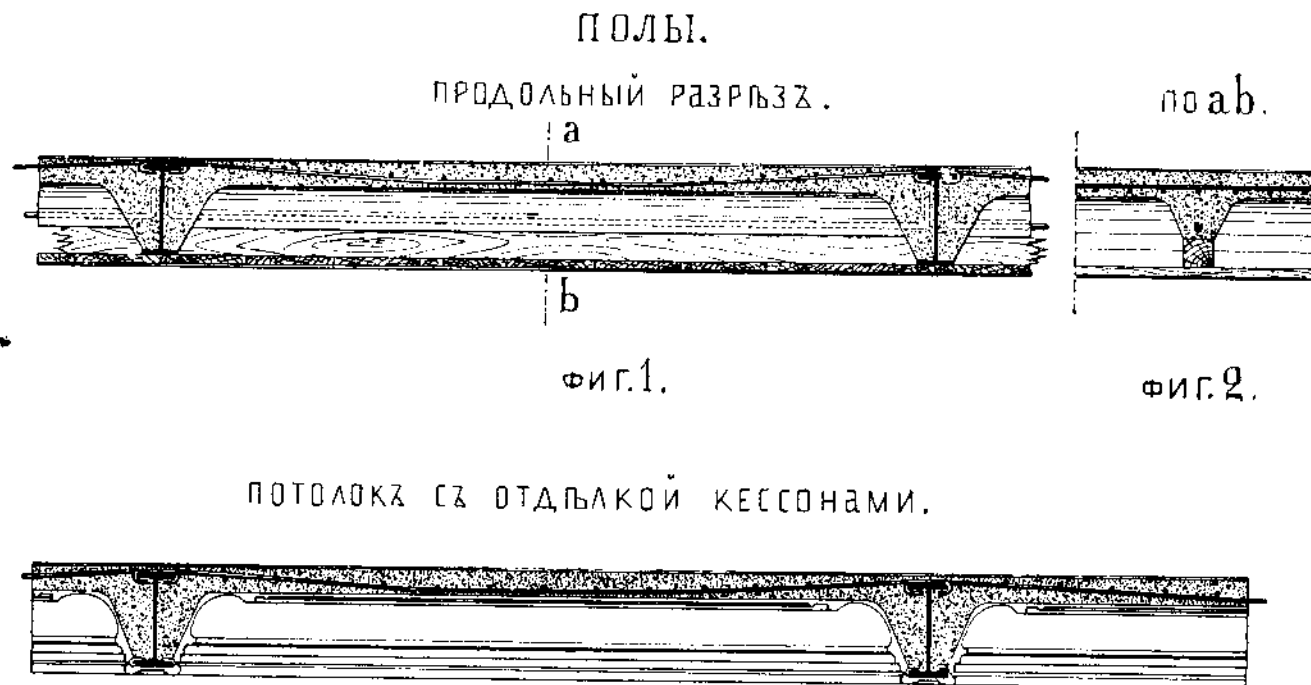
ФИГ. 9.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

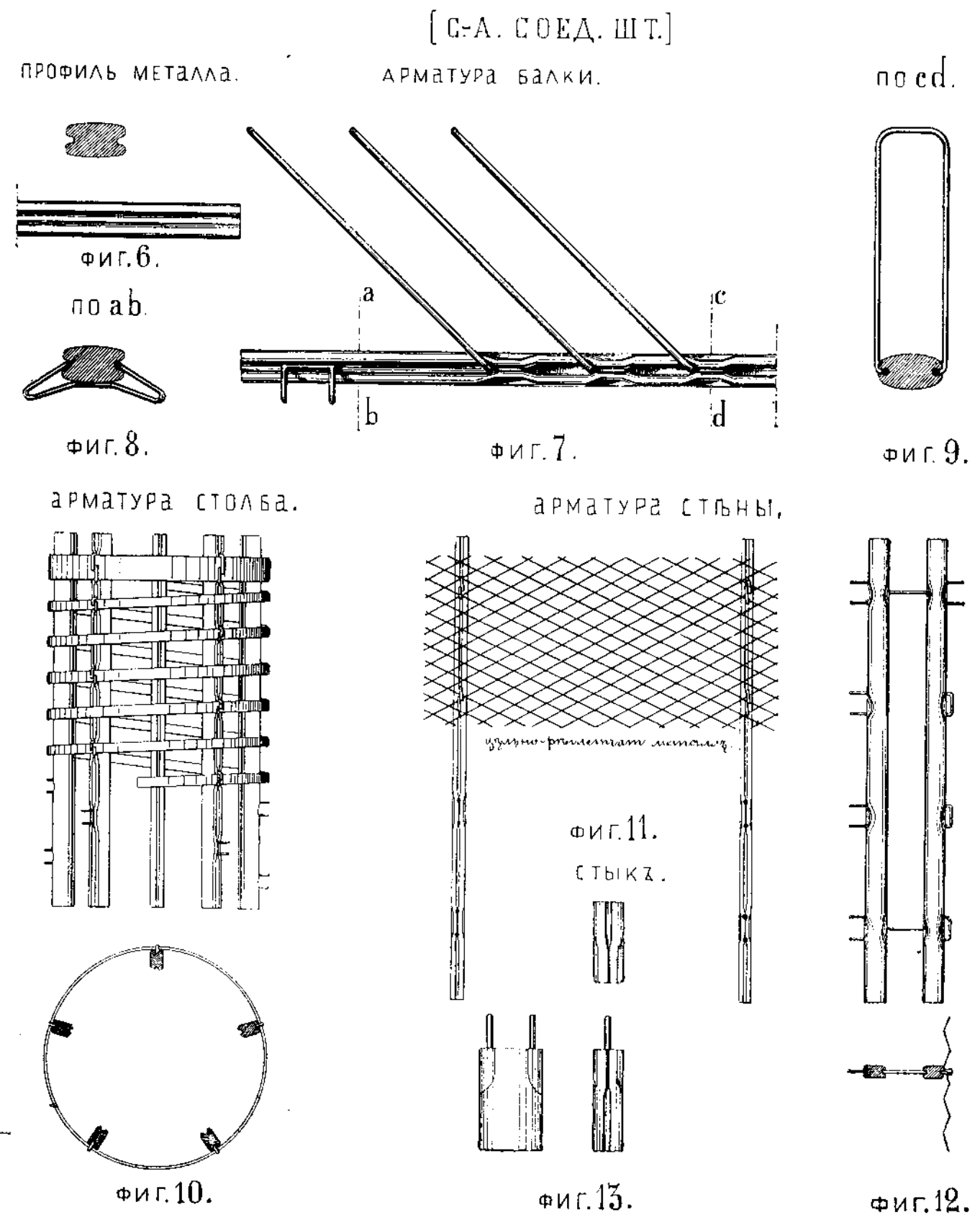


ФИГ. 10.

СИСТЕМА КЕНЕНА.



НОВАЯ СИСТЕМА ГОЛЬДИНГА.

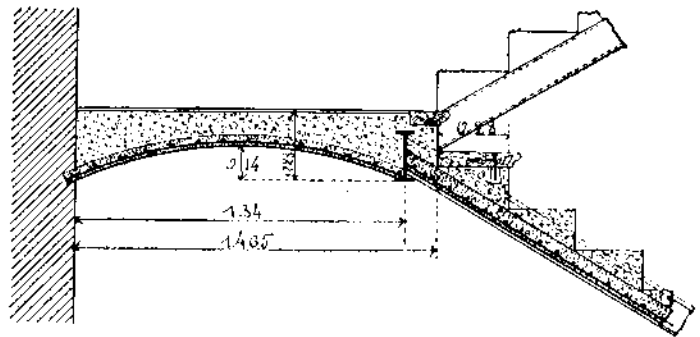


ЧАСТИ ЗДАНИЙ.

ТАБЛИЦА 9 Фиг.1-14.

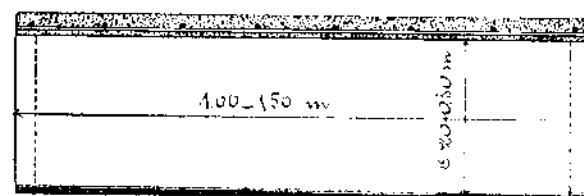
ЛѢСТНИЦЫ.

СИСТЕМА МОНЬЕ.

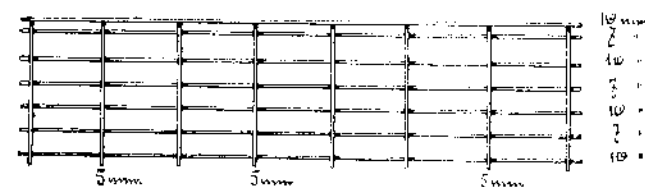


Фиг.1.

СТУПЕНЬ ВЪ ПЛАНѢ.

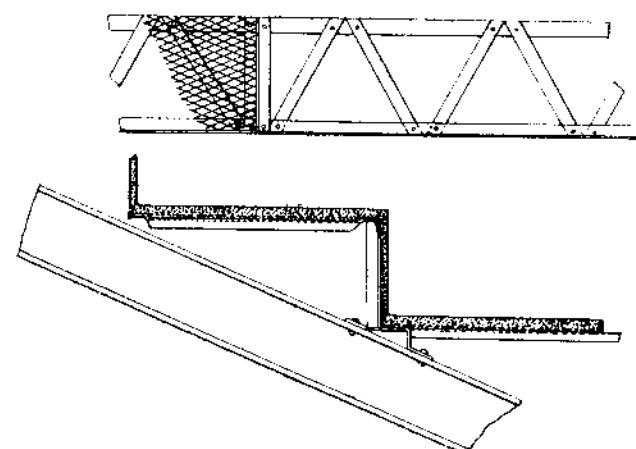


Фиг.4.



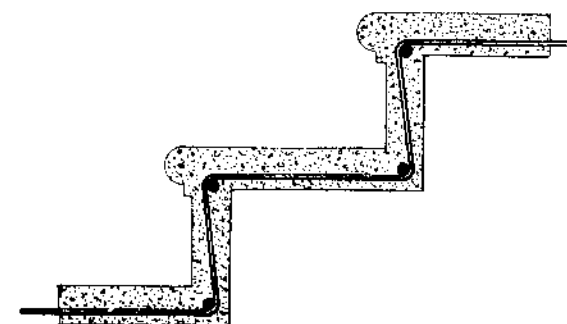
Фиг.5.

ЦѢЛЬНО РѢШЕТЧАТЫЙ
МЕТАЛЛЪ.



Фиг.7.

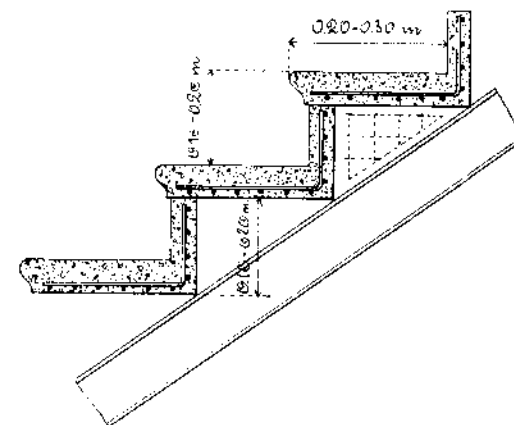
Фиг.6.



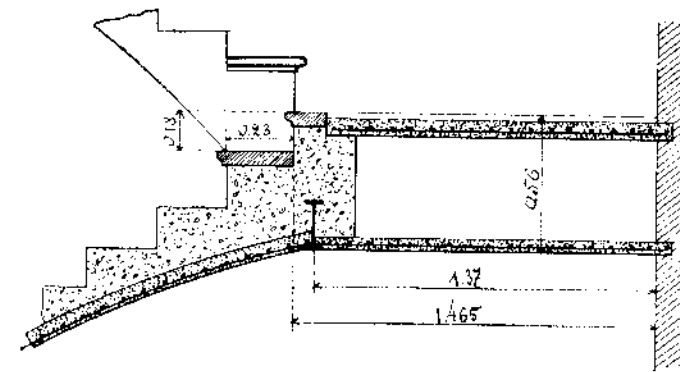
Фиг.8.

Фиг.3.

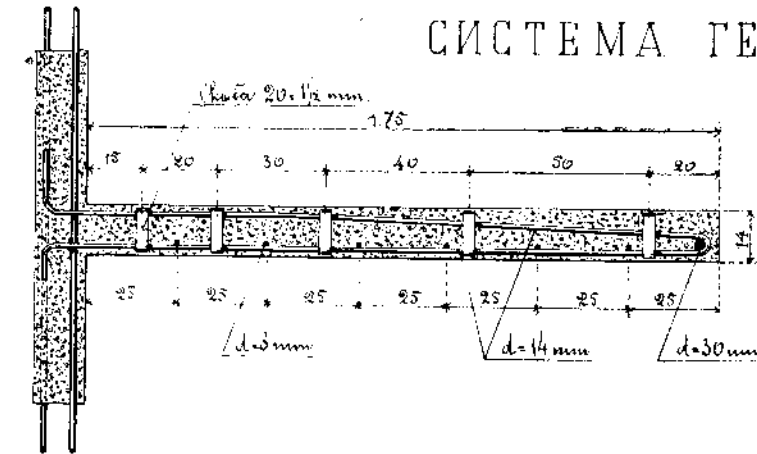
СИСТЕМА
ШОДИ.



Фиг.2.

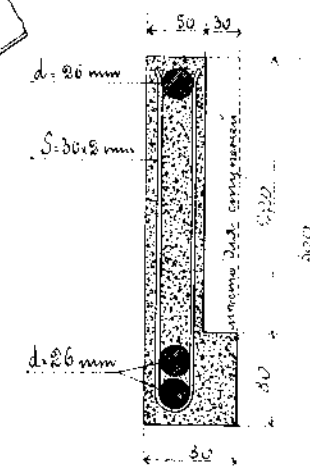


СИСТЕМА ГЕННЕБИКА.



Фиг.9.

ТЕТИВА.



ЧАСТИ ЗДАНІЙ.

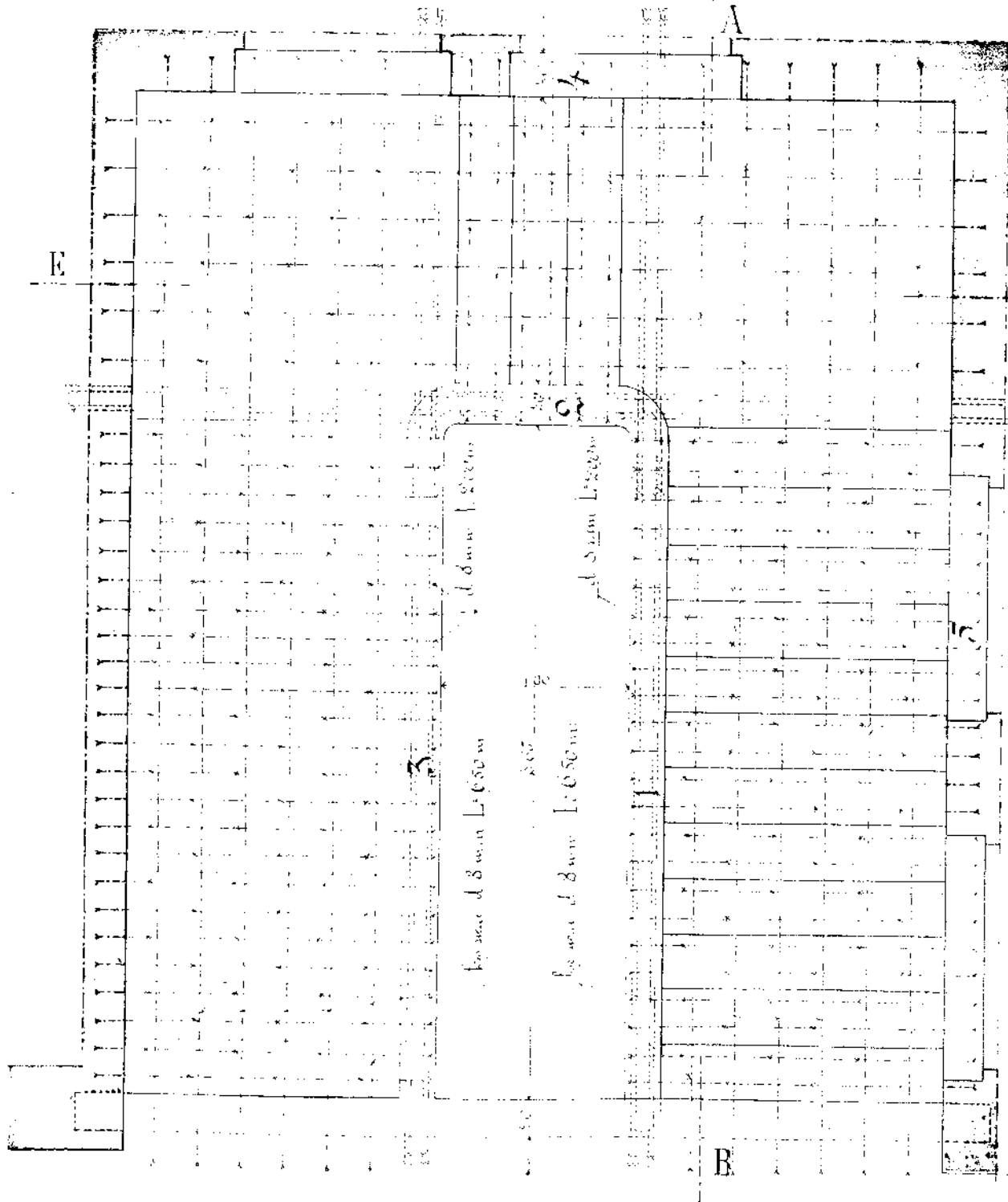
ТАБЛИЦА 10. Фиг.1-3.

ЛѢСТНИЦА ВЪ ДѢТСКОМЪ ПРІЮТѢ ВЪ ФЕЛЬДСБЕРГѢ.

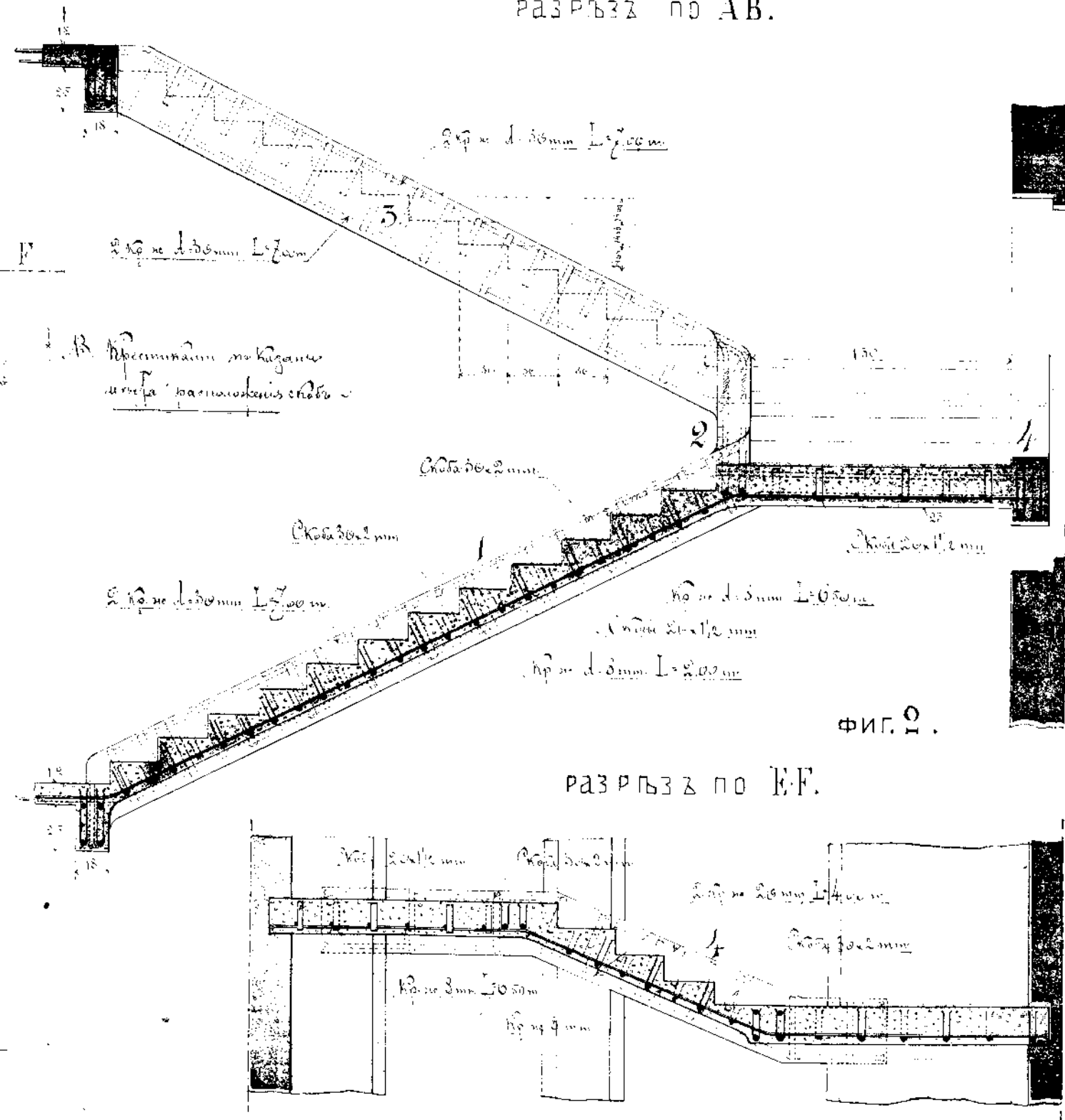
[KAISER FERDINANDS-NORDBAHN, АБСТРА.]

П л а н з.

РАЗРЪЗЪЗ ПО АВ.



ФИГ. 1.



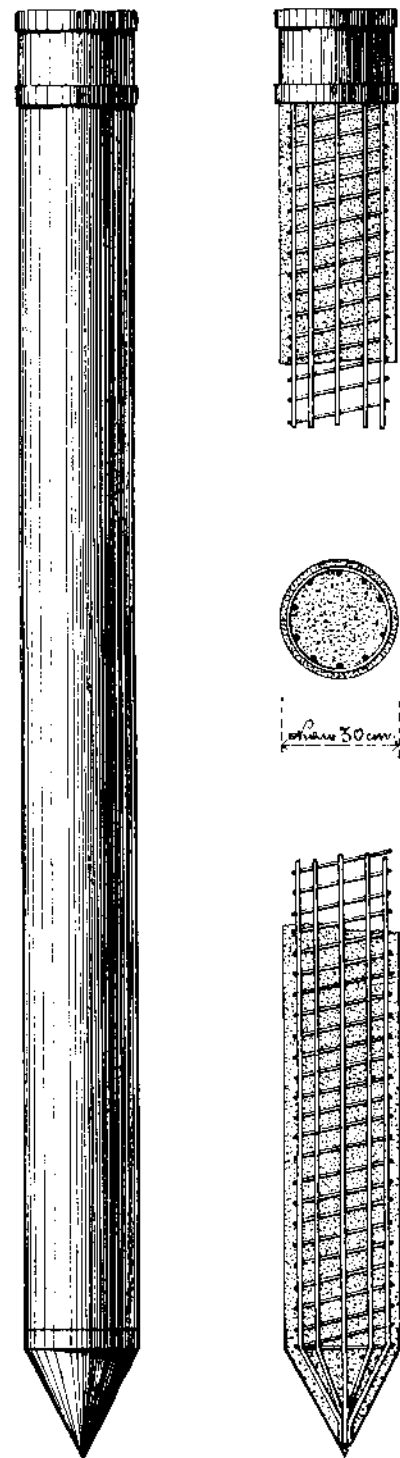
Ф И Г. 5.

СВАИ.

ТАБЛИЦА 11. Фиг.1-8.

РАЗЛИЧНЫЯ СИСТЕМЫ.

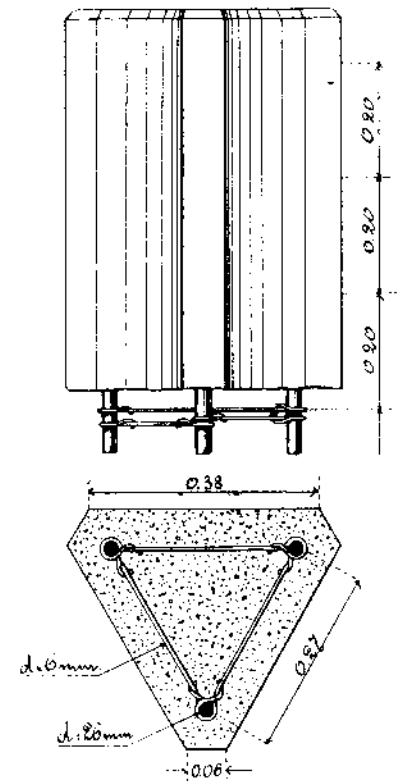
СИСТЕМА
ПЕРРО И ДЮМА.



ФИГ.1.

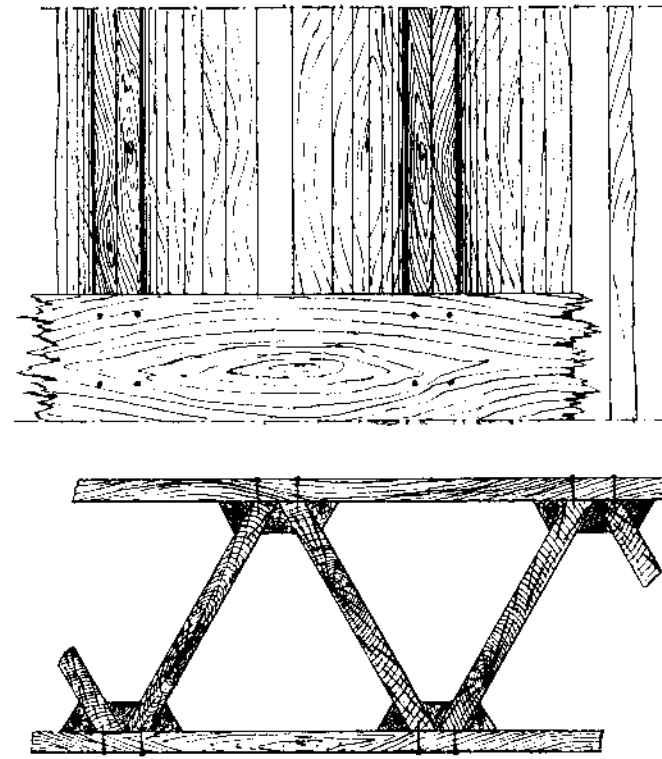
ФИГ.2.

ТРЕУГОЛЬНАЯ
СВАЯ.

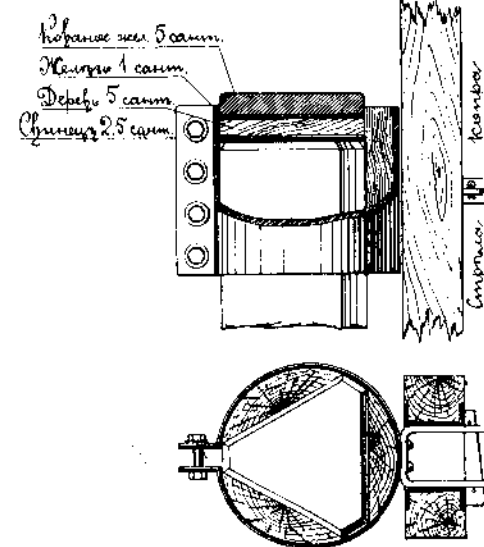


ФИГ.3.

ФОРМЫ ДЛЯ
ТРЕУГОЛЬНЫХ СВАЙ.

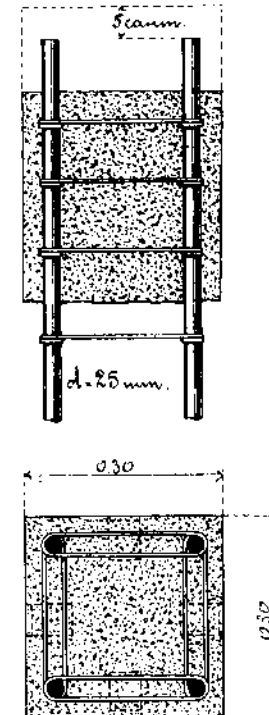


ФИГ.7.
ЗАБИВКА СВАЙ.



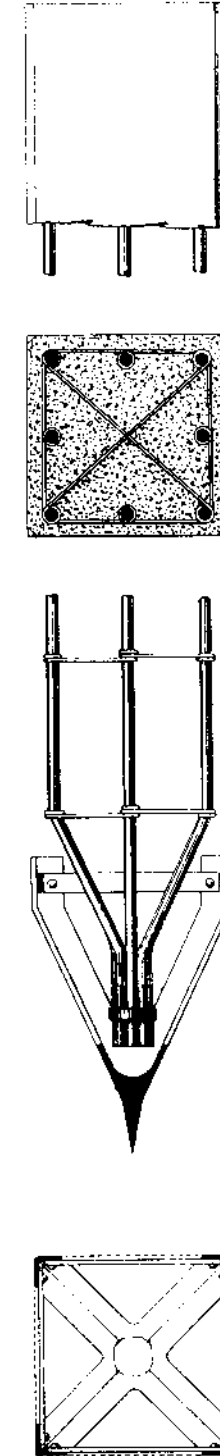
ФИГ.8.

АМЕРИКАНСКАЯ
СИСТЕМА.



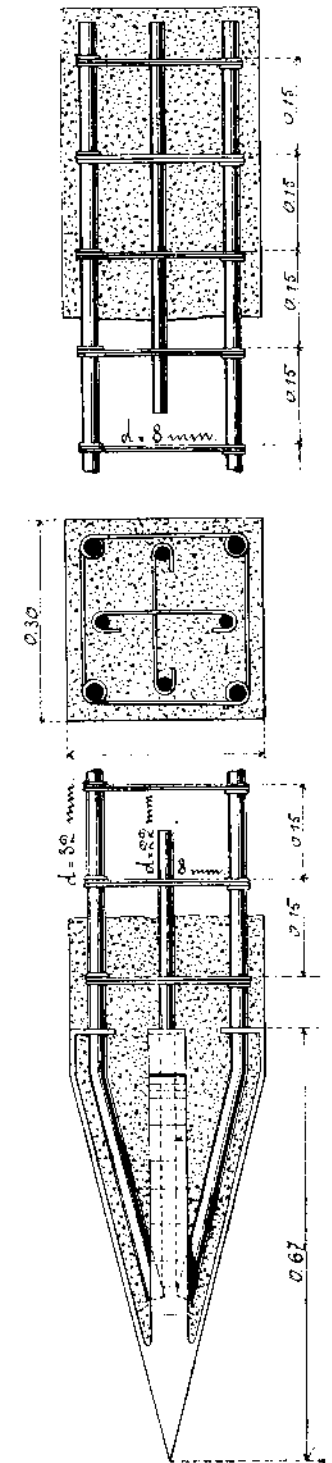
ФИГ.4.

НОВОРОССИЙСКАЯ
СВАИ.



ФИГ.5.

СВАИ
ЕКАТЕР. Ж.Д.



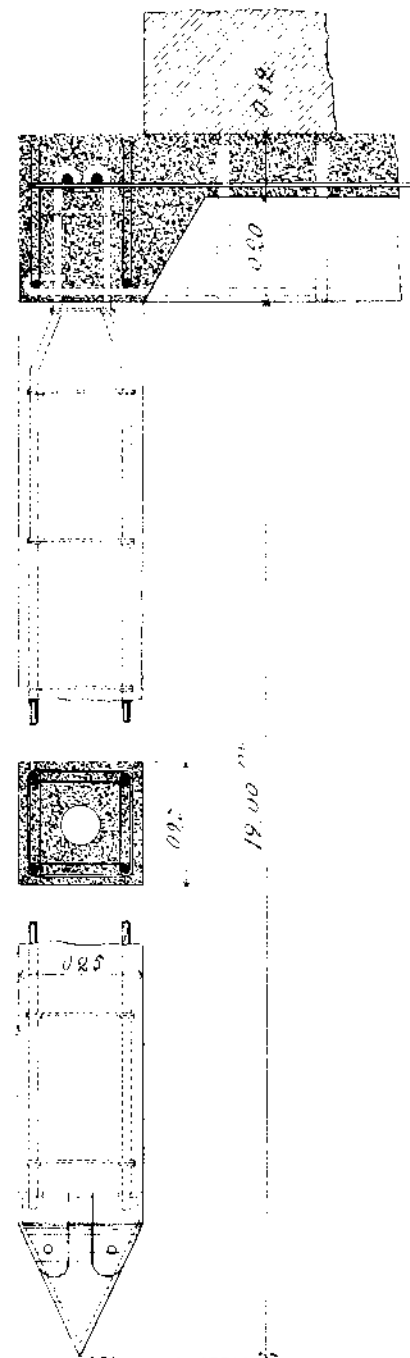
ФИГ.6.

СВАИ.

ТАБЛИЦА 12. Фиг. 1-9.

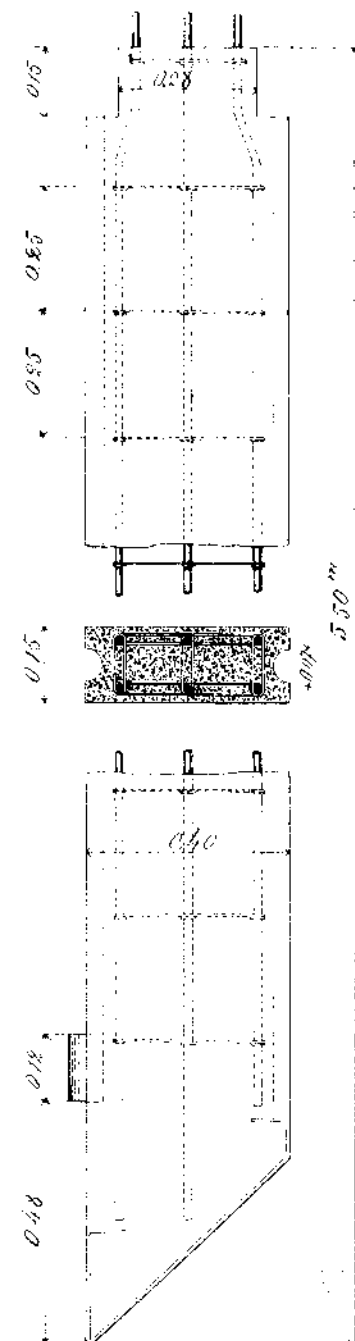
РАЗЛИЧНЫЯ СИСТЕМЫ.

СИСТЕМА ГЕННЕБИКА.
ОТДѢЛЬНАЯ
СВАЯ.



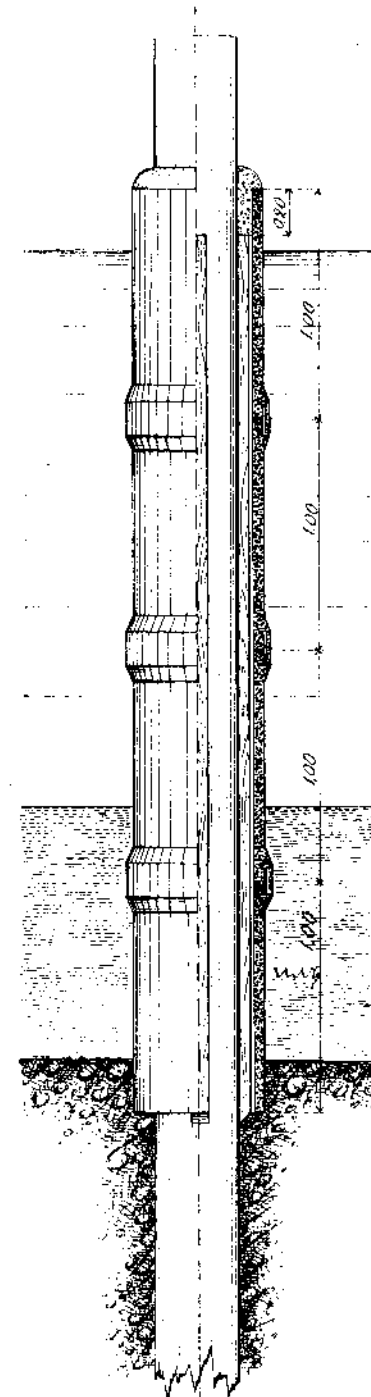
ФИГ. 1.

ШПУНТОВАЯ
СВАЯ.

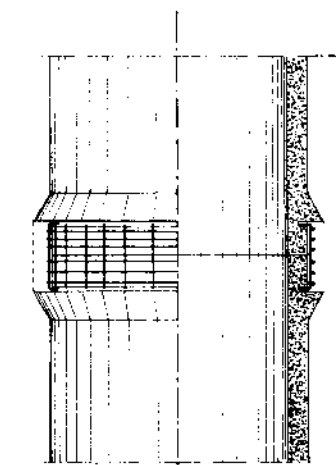


ФИГ. 3.

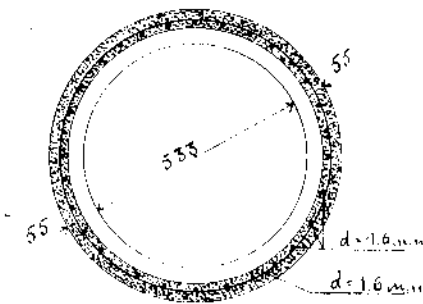
ПРЕДОХРАНЕНІЕ
ДЕРЕВЯННЫХЪ СВАЙ
ОТЪ ШАШНЯ.



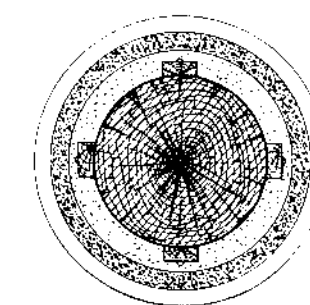
ФИГ. 4.



ФИГ. 5.

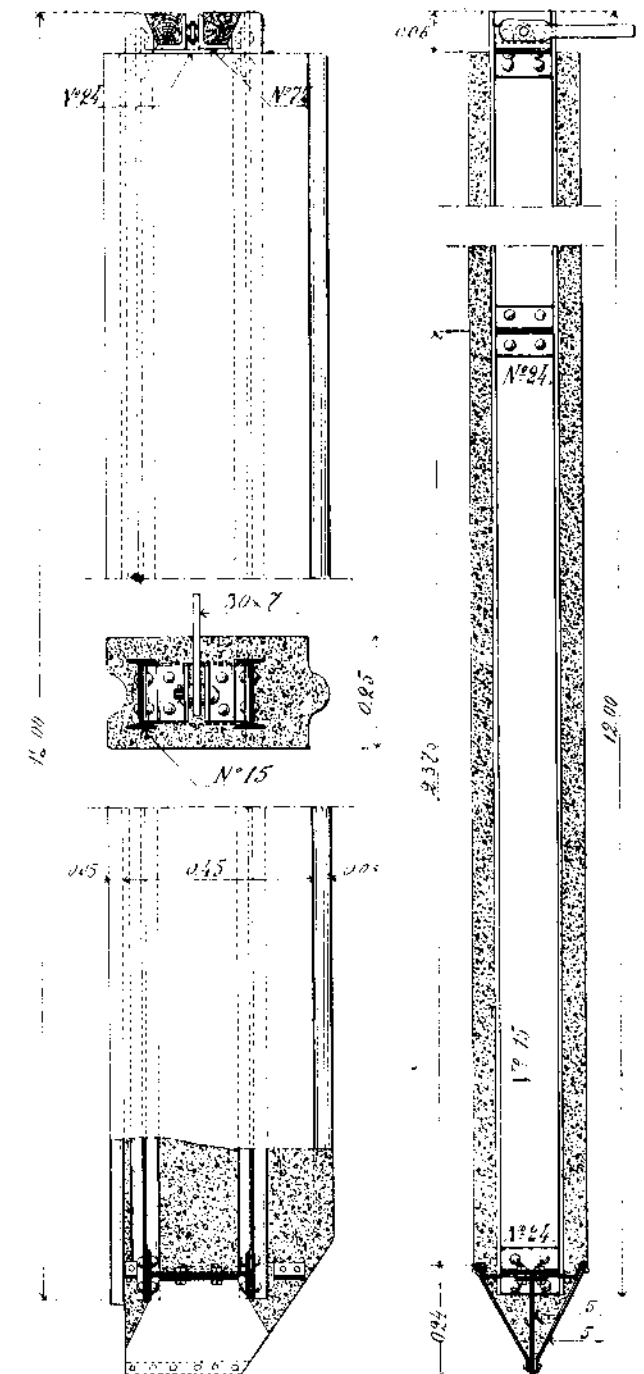


ФИГ. 6.

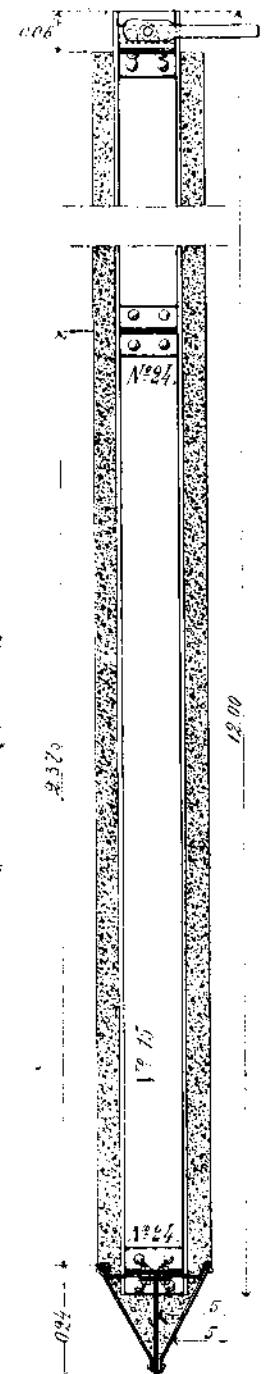


ФИГ. 7.

ШПУНТОВЫЯ СВАИ
СИСТЕМЫ
RECHTERN, VERING & DÖPKING.



ФИГ. 8.



ФИГ. 9.

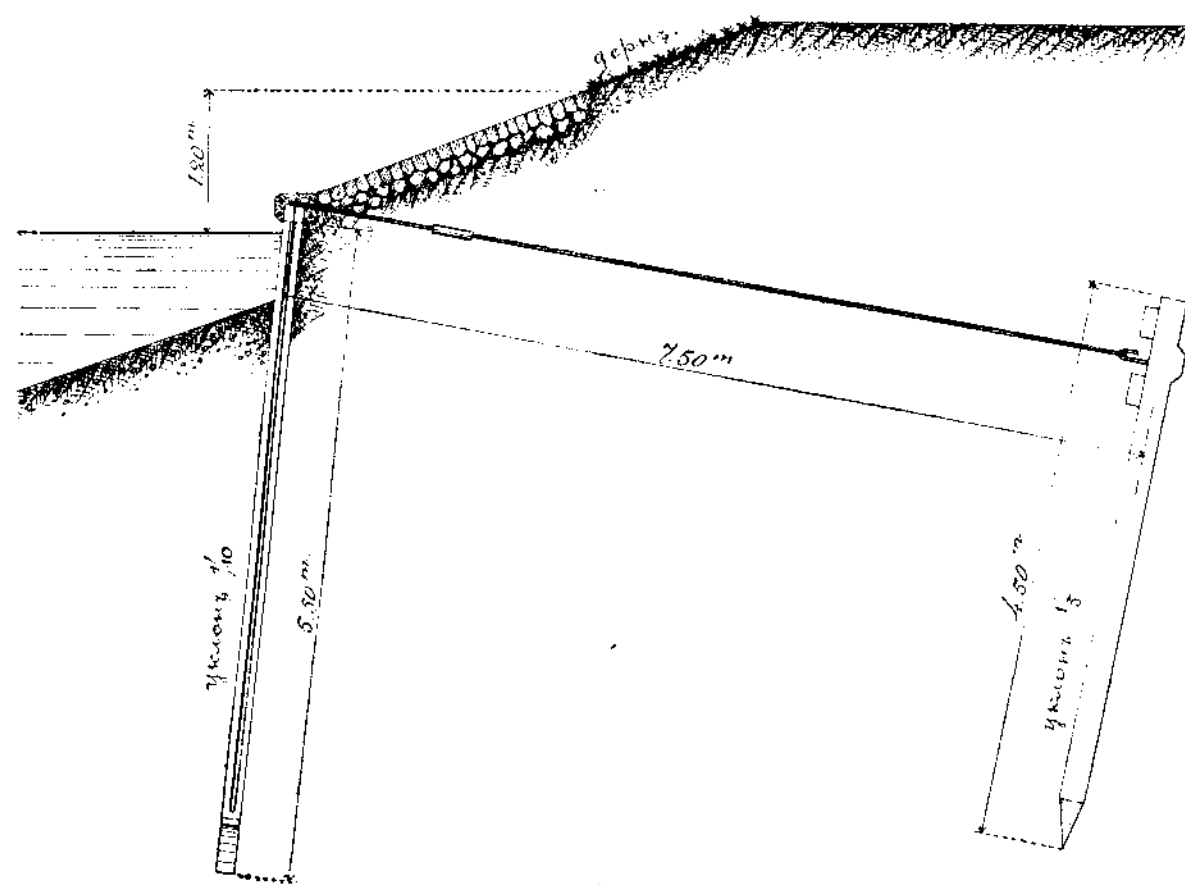
СВАИ.

ТАБЛИЦА 13. Фиг.1-7.

ШПУНТОВЫЙ РЯДЪ НА КАНАЛЪ ИЗЪ ГЕНТА ВЪ ТЕРНЕЙЦЕНЪ.

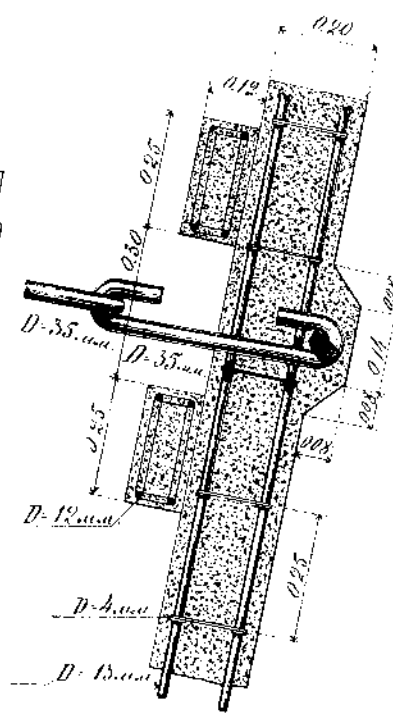
[БЕЛЬГІЯ.]

ОБЩІЙ ВИДЪ.



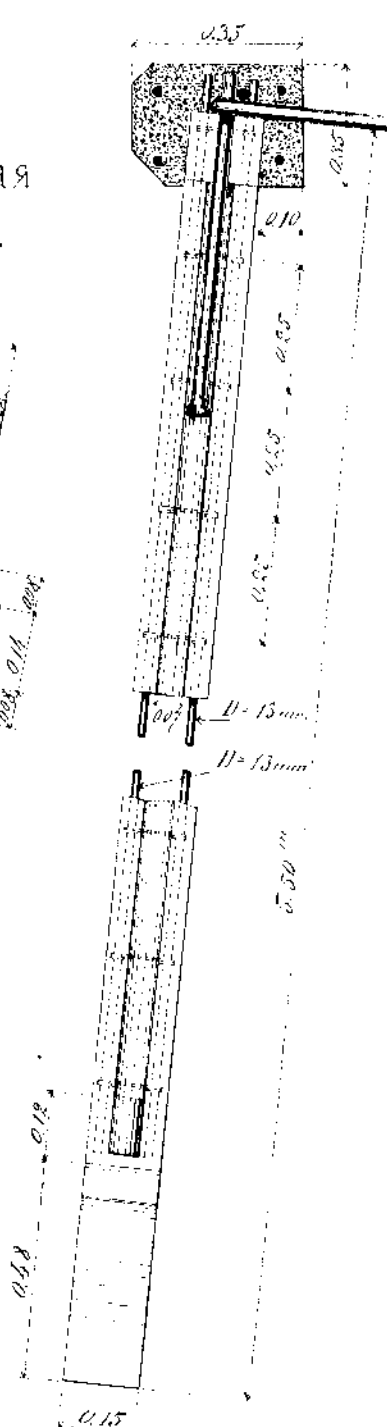
Фиг. 1.

АНКЕРНАЯ
СВАЯ.



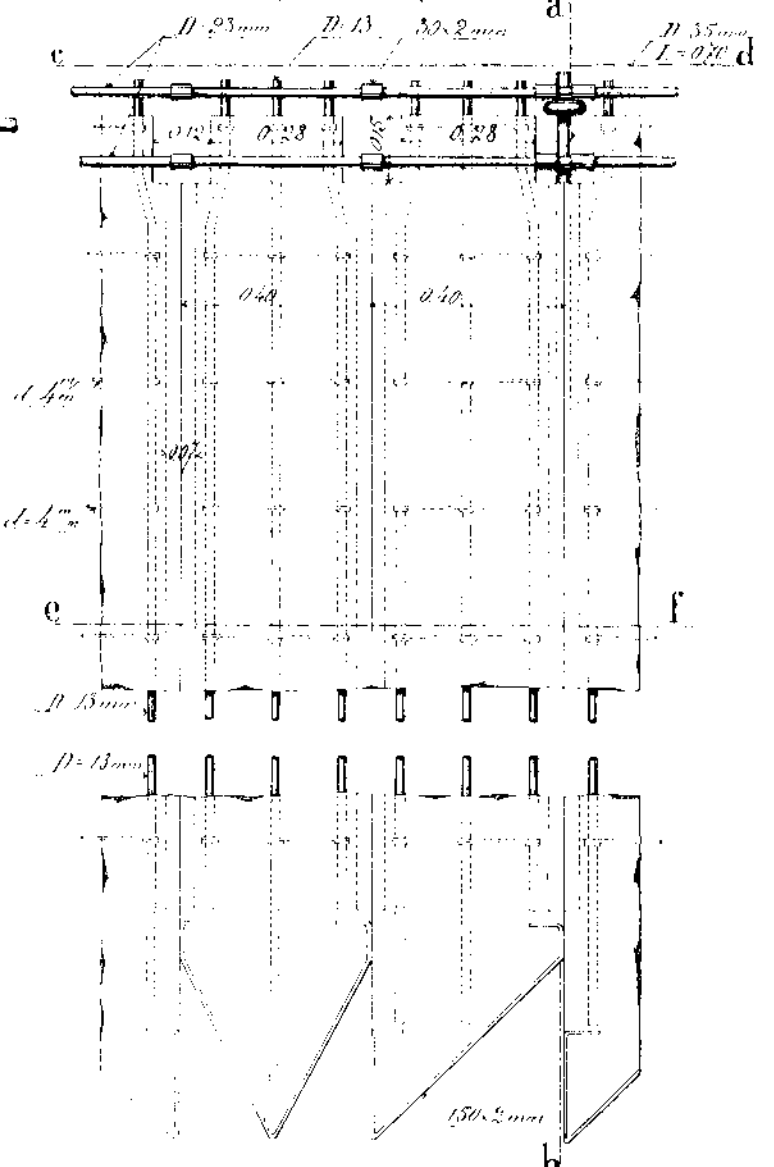
Фиг. 6.

РАЗРѢЗЪ ПО АВ.



Фиг. 3.

ВИДЪ СПЕРЕДИ.



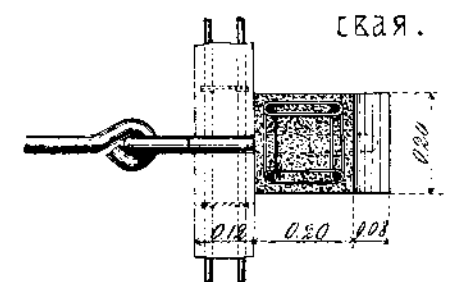
Фиг. 2.

РАЗРѢЗЪ ПО EF.



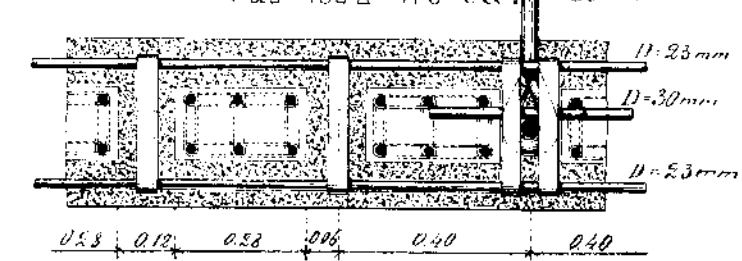
Фиг. 5.

АНКЕРНАЯ
СВАЯ.



Фиг. 7.

РАЗРѢЗЪ ПО CD.



Фиг. 4.

CBAN.

ТАБЛИЦА 14. Фиг.1-10.

ЗАБИВКА И ОПУСКАНИЕ СВАЙ.

ВАШИНГТОНСКІЙ СПОСОБЪ.

ВЗ КРЪПКОМЪ
ГРУНТЪ.

ВЗ СЛАЗОМЪ
ГРУНТЬ.

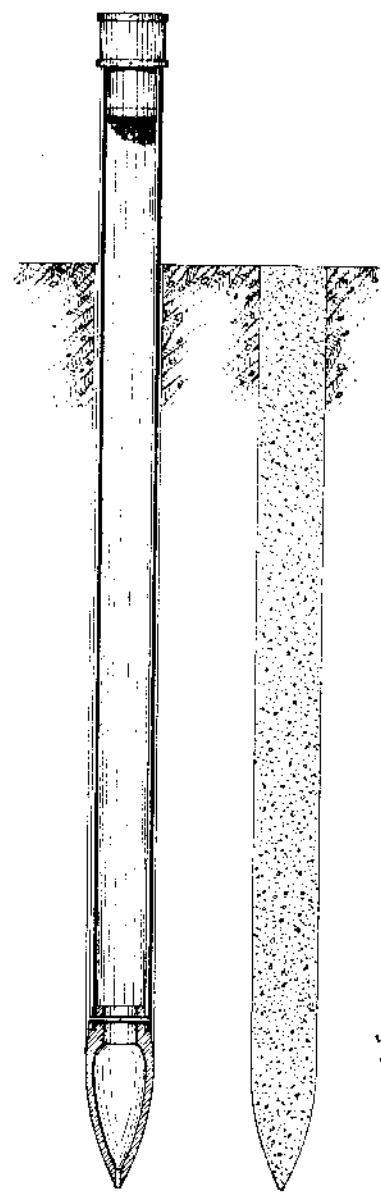
ПОДЪ
ВОДОЙ.

ШПУНТОВЫЙ РЯДЪ.

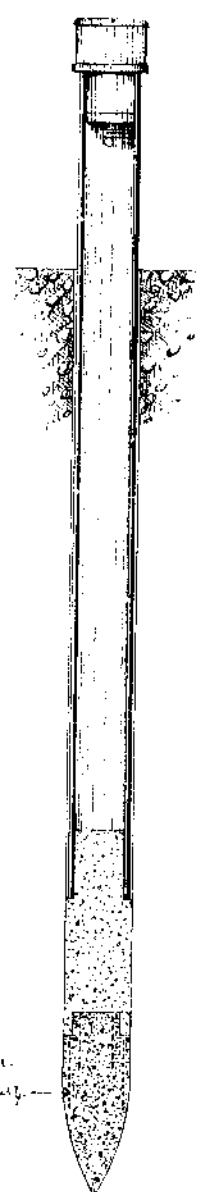
ЗАБІВКА КОПРОМЪ.

ВИДЪ СПЕРЕДИ.

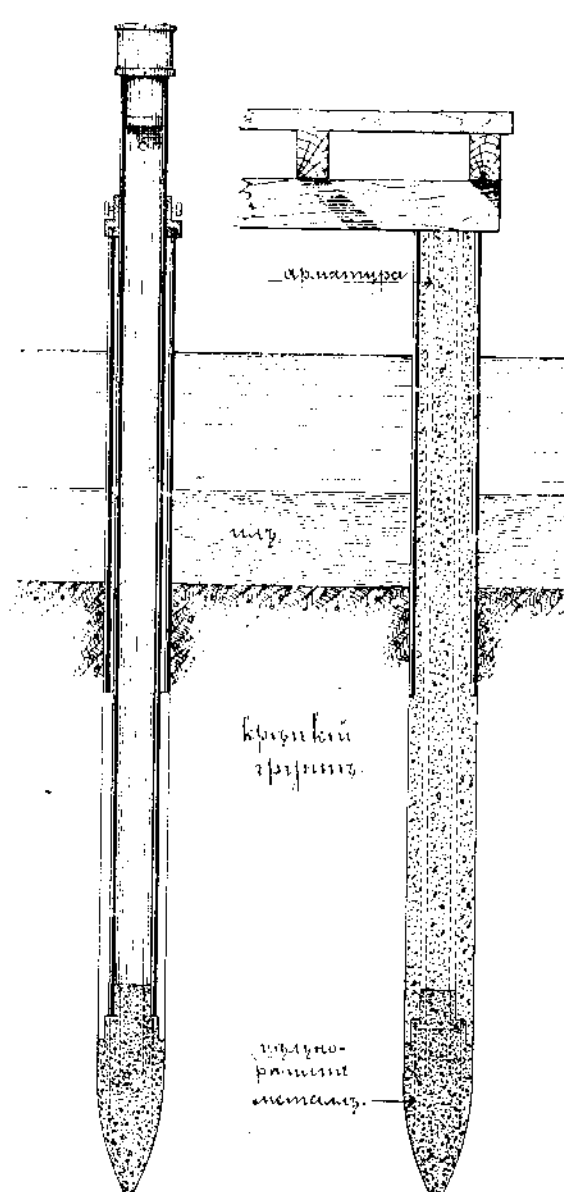
РАЗРЪЗЪ.



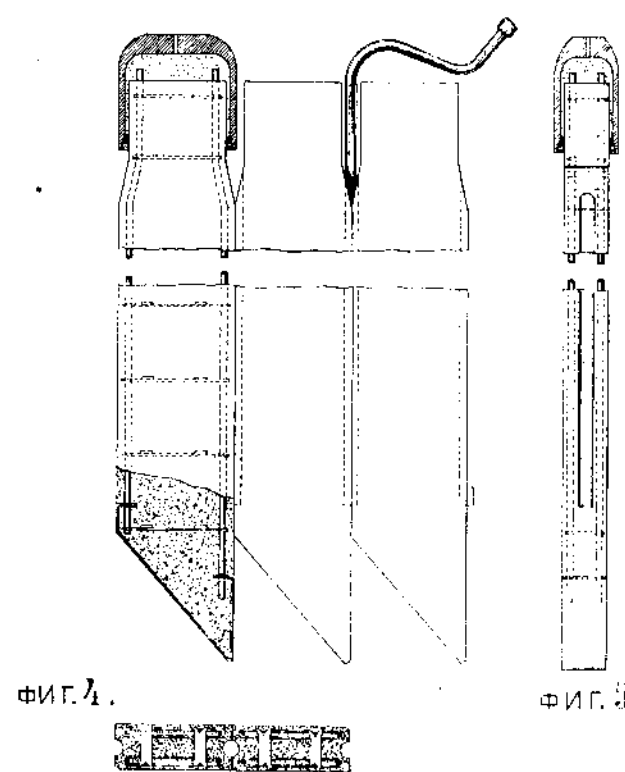
ФИГ. 1.



ФИГ. 2.



ФИГ. 3.

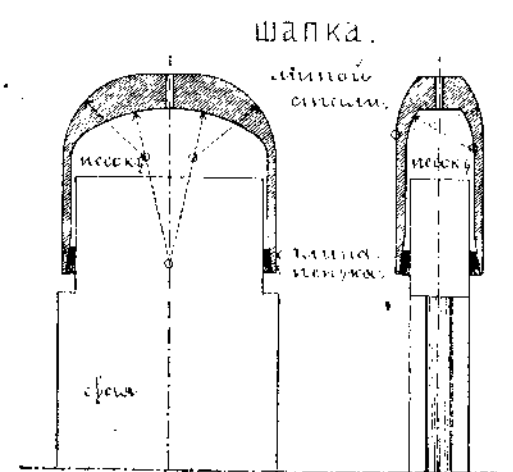


Фиг. 7.

Фиг. 5.

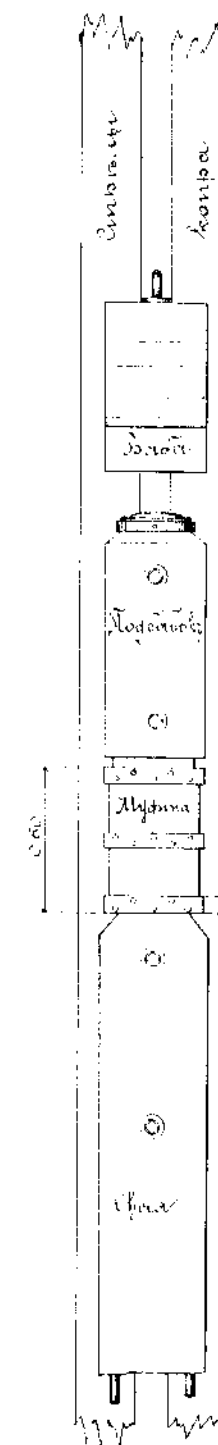


Фиг. 6.

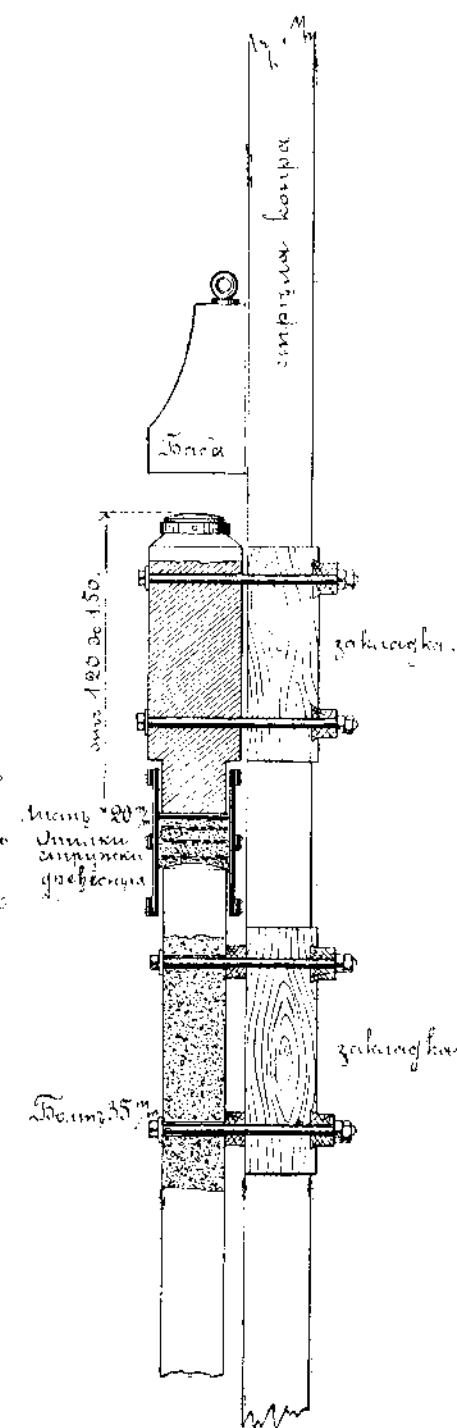


ФИГ. 7.

фиг. 8.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

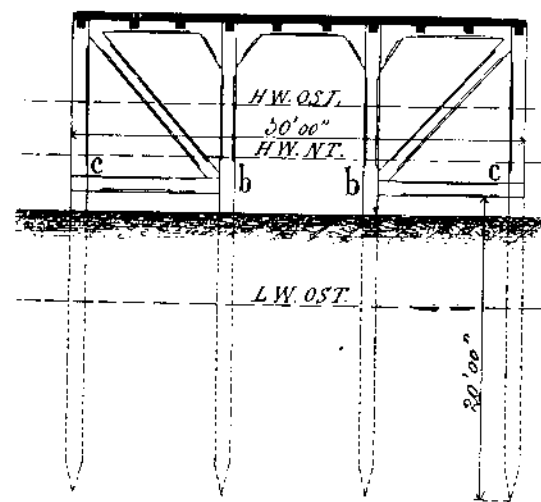
ЭСТАКАДЫ.

ТАБЛИЦА 15. Фиг. 1-11.

ЭСТАКАДА ВЪ ВУЛЬСТОНЬ.

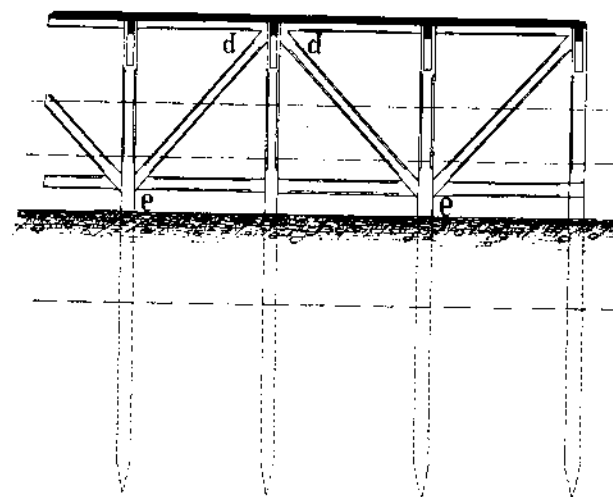
[АНГЛІЯ.]

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



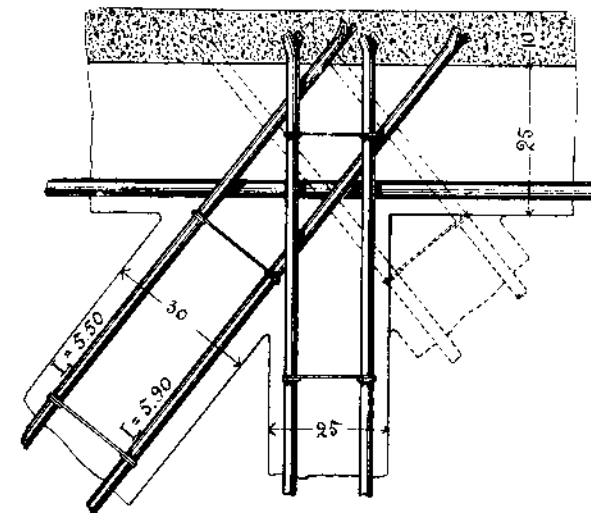
ФИГ. 1.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



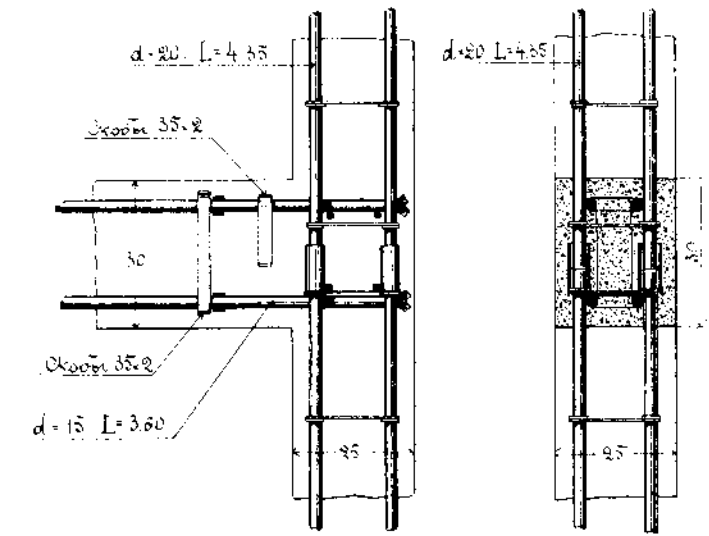
ФИГ. 2.

ДЕТАЛЬ СОЕДИНЕНІЙ d.



ФИГ. 3.

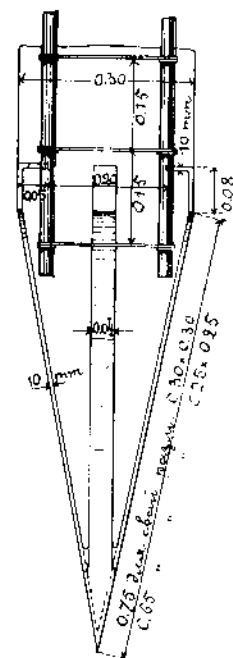
ДЕТАЛИ СОЕДИНЕНІЙ e.



ФИГ. 4.

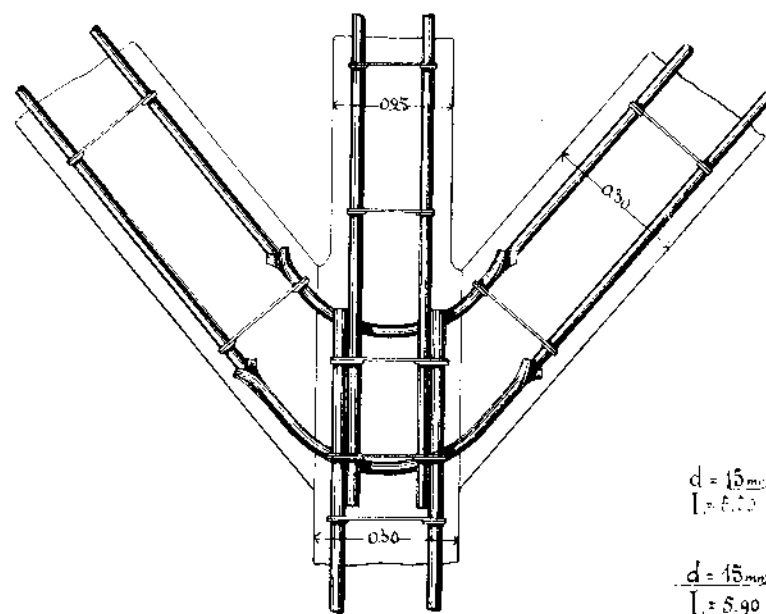
ФИГ. 5.

Башмакъ сваи.



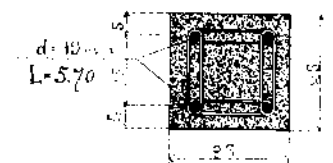
ФИГ. 7.

ДЕТАЛИ СОЕДИНЕНІЙ e.



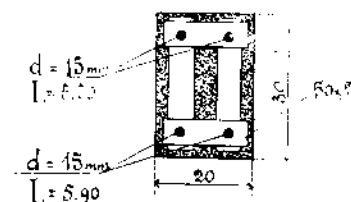
ФИГ. 8.

СЪЕДИНЕНІЕ СВАИ.



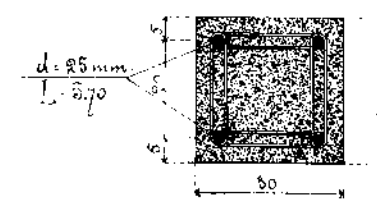
ФИГ. 6.

СЪЕДИНЕНІЕ РАСКОСА.



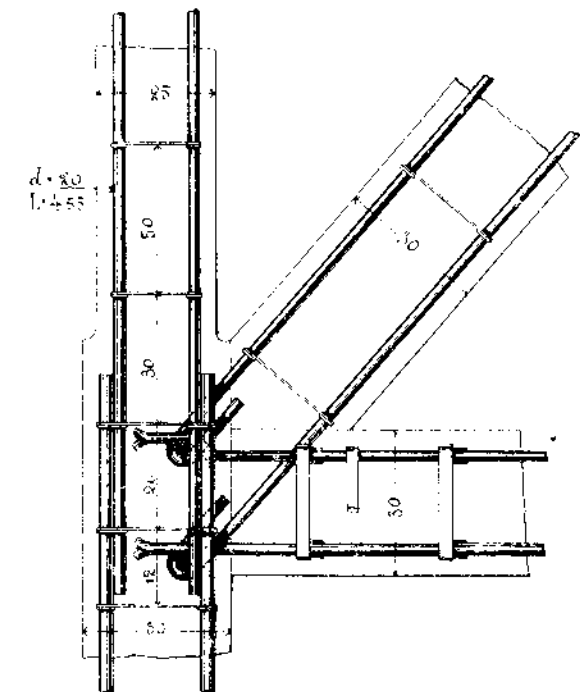
ФИГ. 9.

СЪЕДИНЕНІЕ СВАИ.



ФИГ. 10.

ДЕТАЛИ СОЕДИНЕНІЙ b.



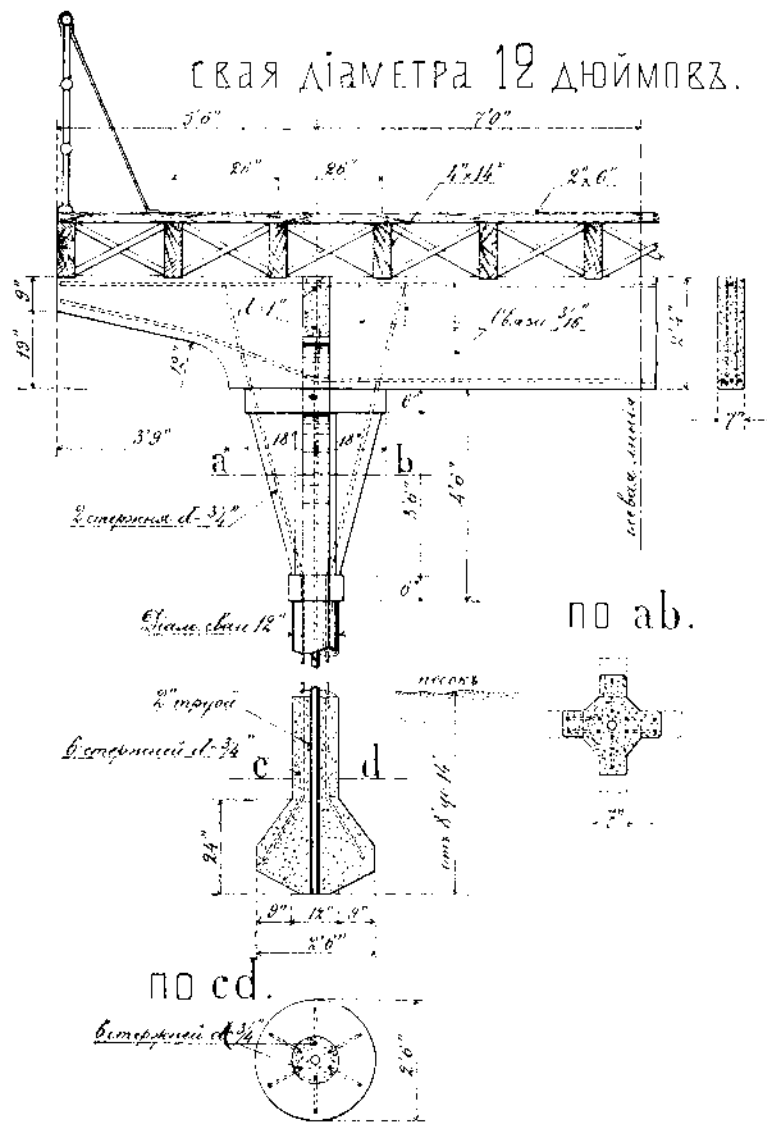
ФИГ. 11.

ЭСТАКАДЫ.

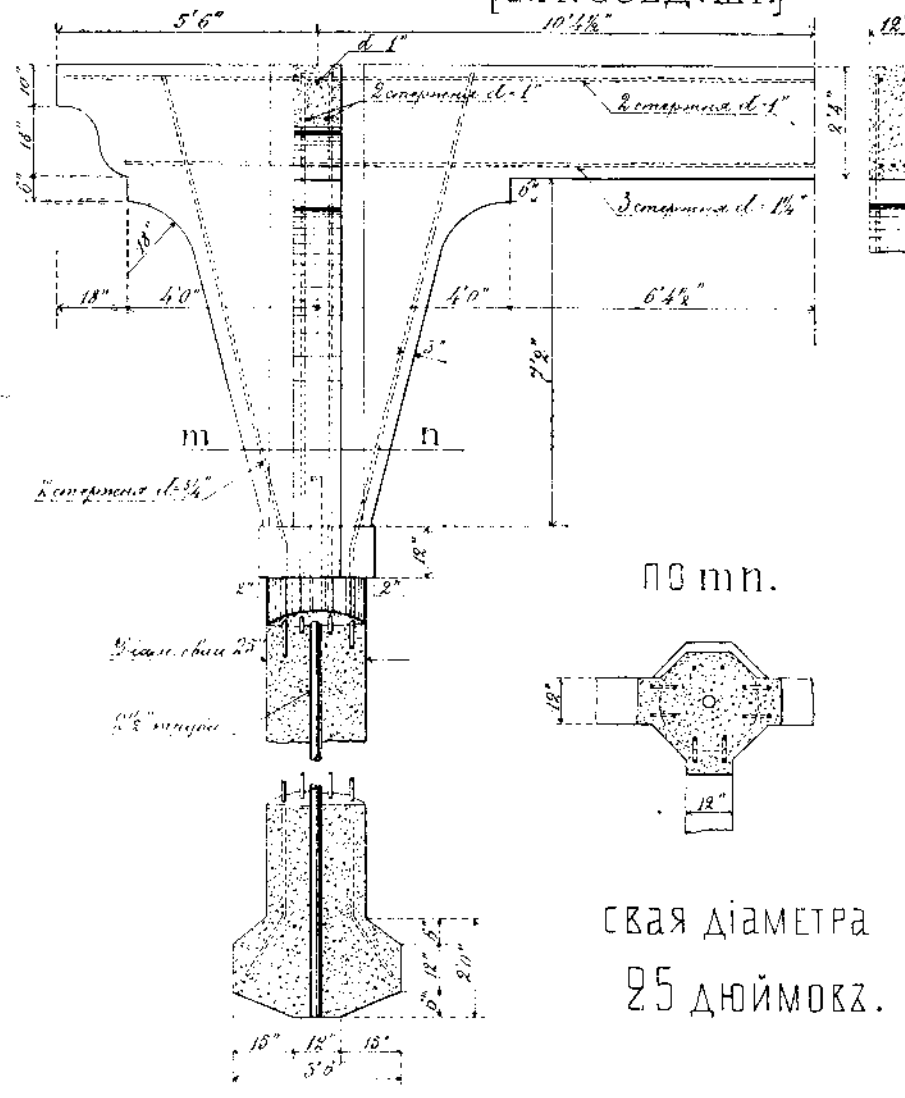
ТАБЛИЦА 16. Фиг. 1-4.

ПЕРЕУСТРОЙСТВО ПРИСТАНИ НА ATLANTIC CITY ВЪ НЬЮ-ДЖЕРСЕЪ.

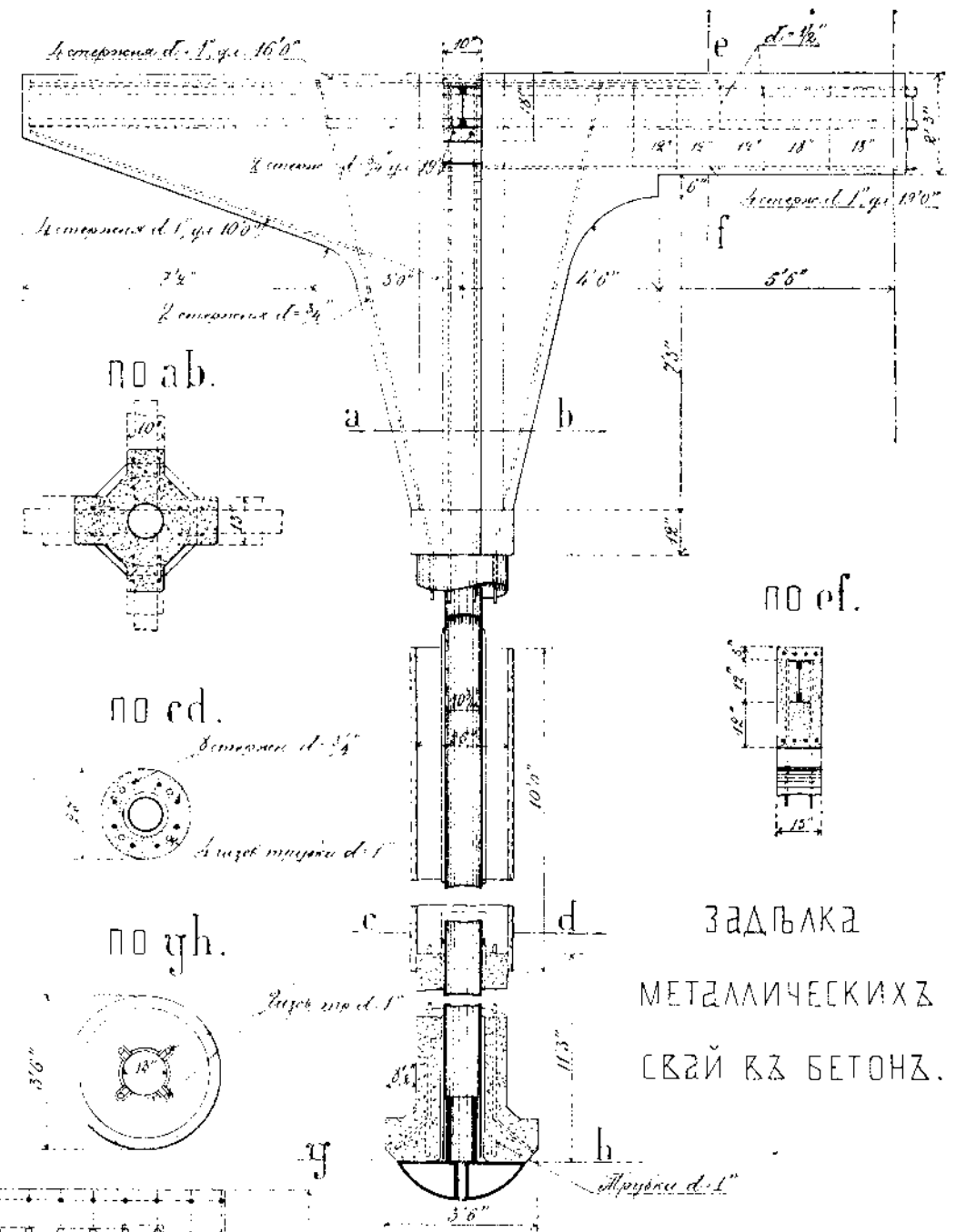
[С.А. СОЕД. ШТ.]



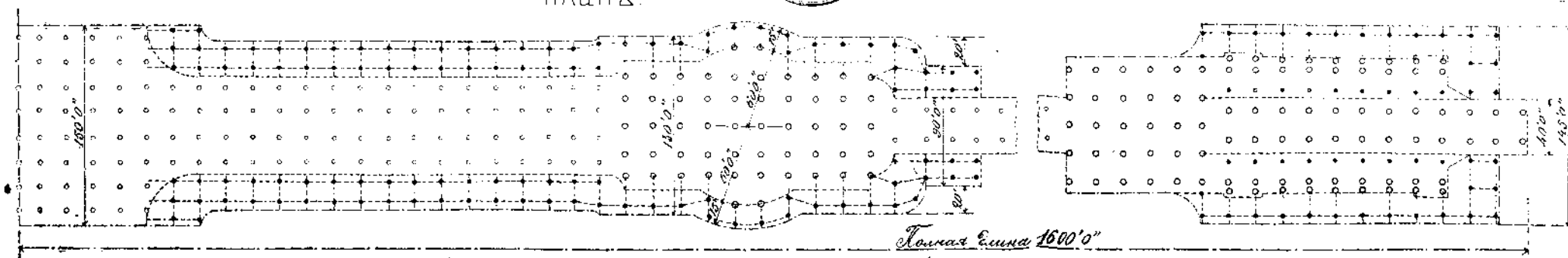
Фиг. 2.



Фиг. 3.



Фиг. 4.



- Старые сваи.
- Новые бетонные сваи.
- Новые сваи, работавшие в бетон.

НАБЕРЕЖЬЯ.

ТАБЛИЦА 17. Фиг. 1-10.

ВЪ БЕРЛИНѢ.

ВЪ ДАНЦИГѢ.

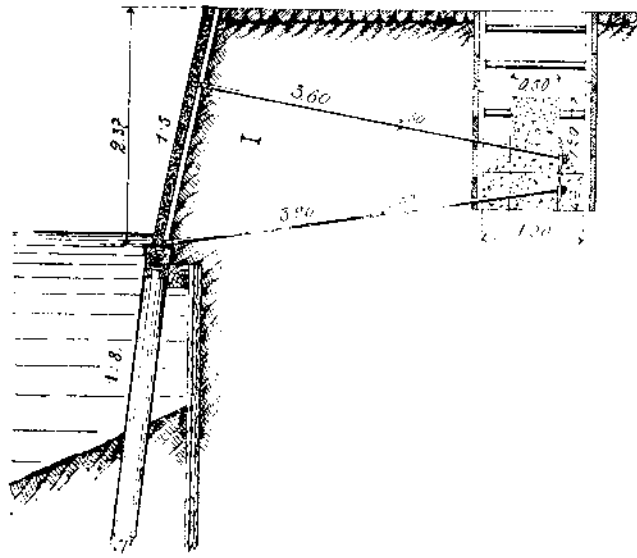
ПРОФИЛЬ №1.

LANÇE BRÜCKE.

РАЗРЪЗЪ.

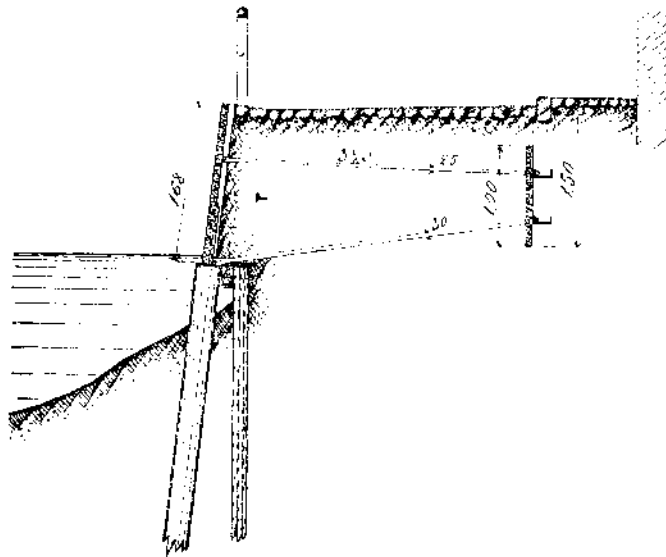
MATTENBUDEN.

РАЗРЕЗЪ

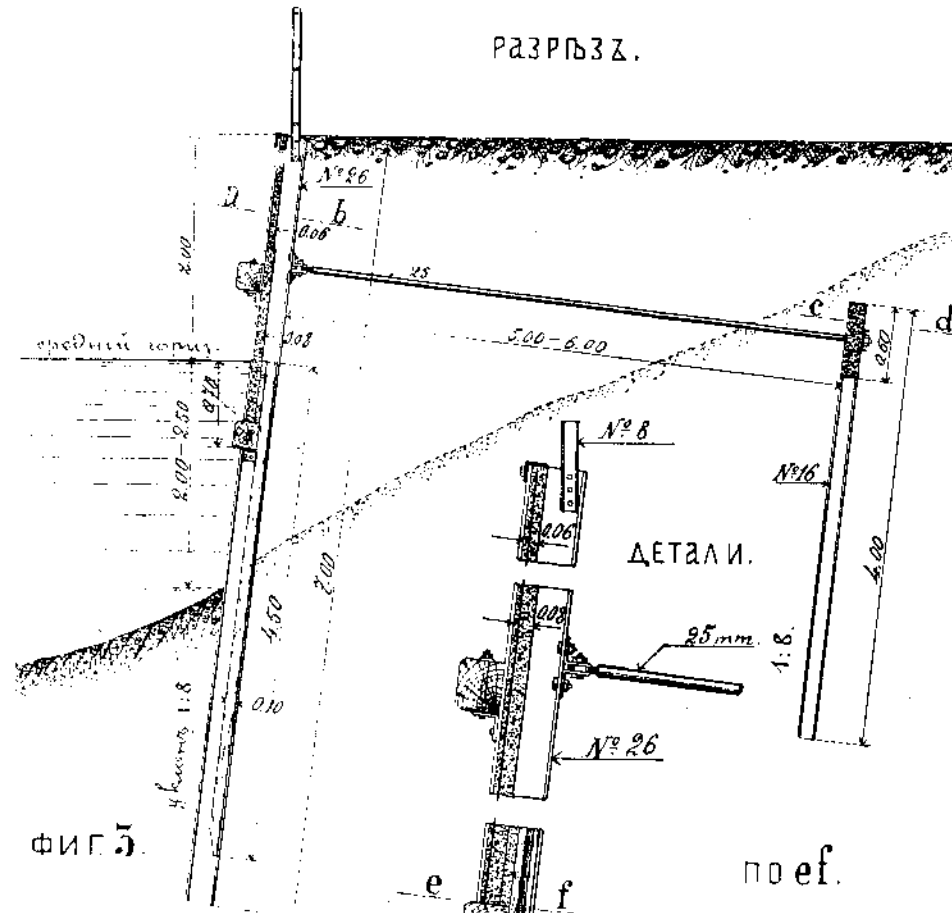


Фиг. 1.

ПРОФИЛЬ № 2.



ФИГ. 2.



фиг 5.

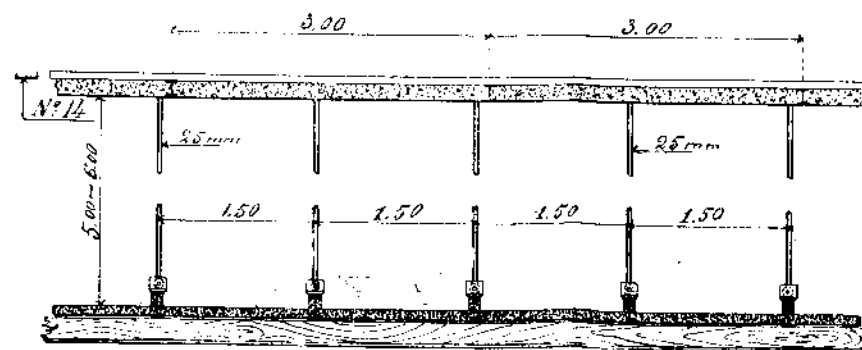
ДЕТАЛИ.

no ef.

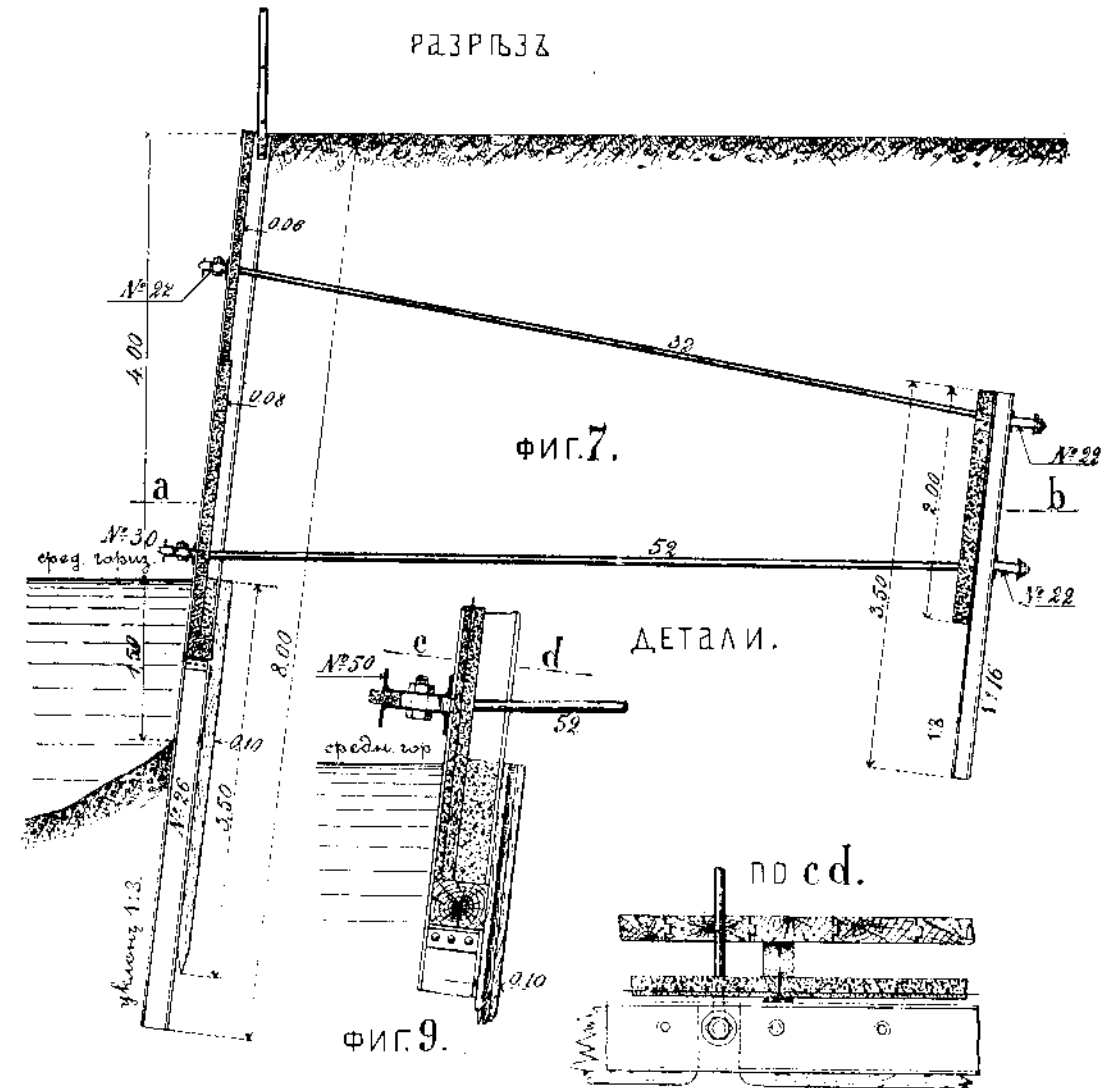
ФИГ. 5.

фиг.6.

планъ по $abcd$.



Фиг. 4.



фиг.7.

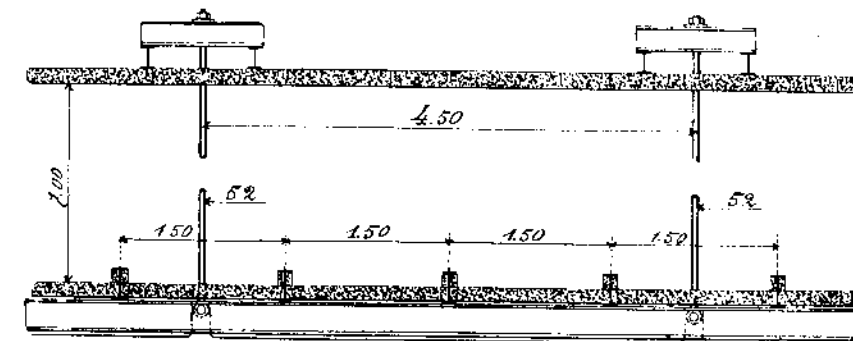
ДЕТАЛИ.

no cd.

Фиг. 9.

Фиг. 10.

ПЛАНЪ ПО а.б.



фиг. 8.

НАБЕРЕЖНАЯ.

ТАБЛИЦА 18. Фиг. 1-8.

НАБЕРЕЖНАЯ ВЪ СОУТГАМПТОНЬ.

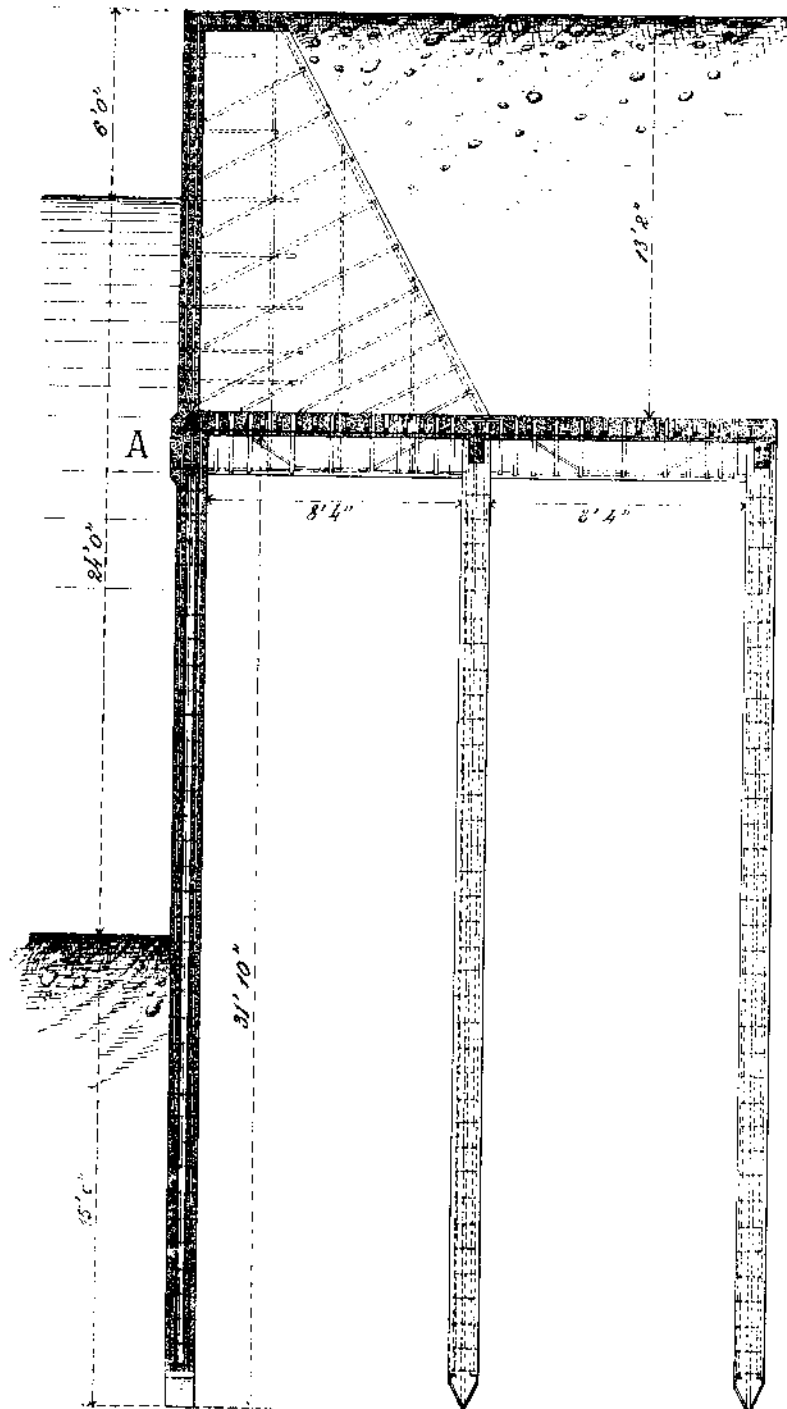
[АНГЛІЯ.]

РАЗРѢЗЪ.

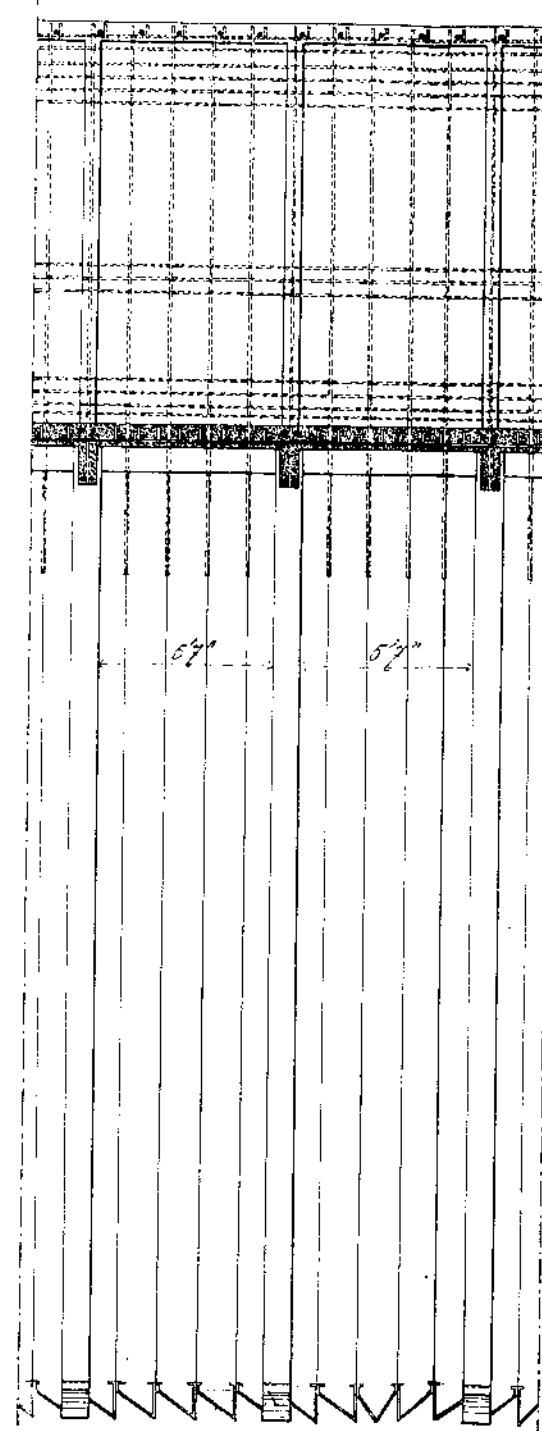
ВИДЪ СЗАДИ.

ПРОДОЛЬНАЯ БАЛКА.

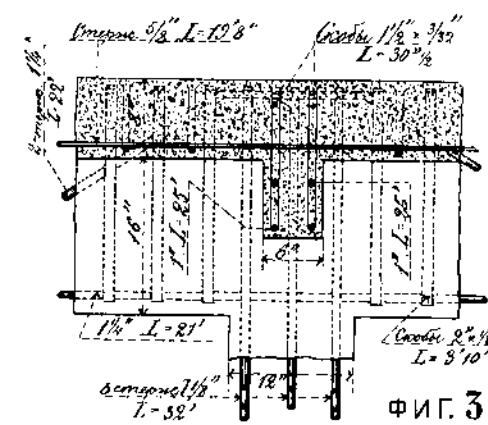
ПОПЕРЕЧНАЯ БАЛКА.



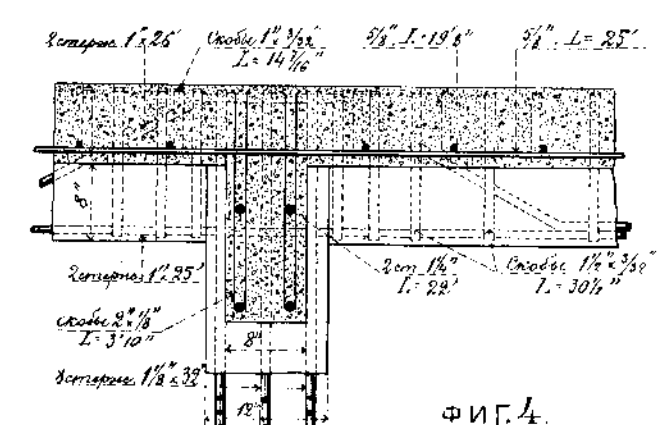
ФИГ. 1.



ФИГ. 2.

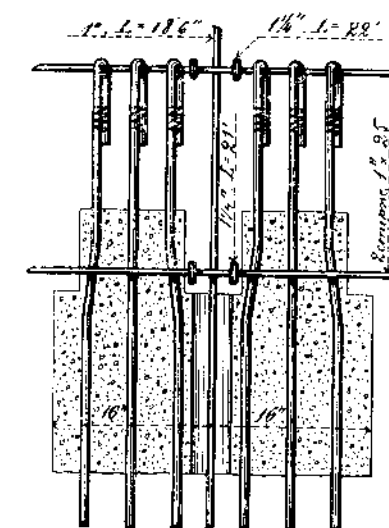


ФИГ. 3.

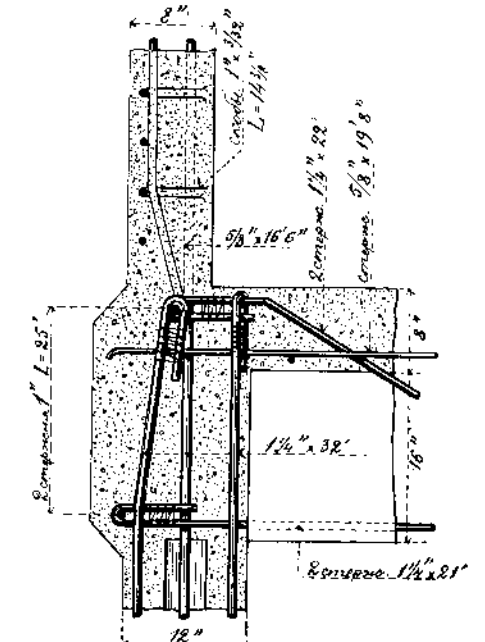


ФИГ. 4.

ДЕТАЛИ УЗЛА А

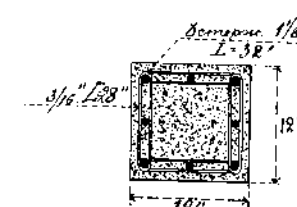


ФИГ. 5.

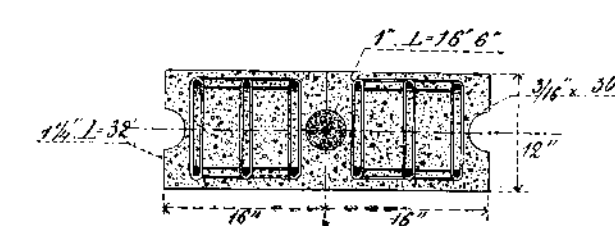


ФИГ. 6.

СПЪЧЕНІЯ СВАЙ.



ФИГ. 7.



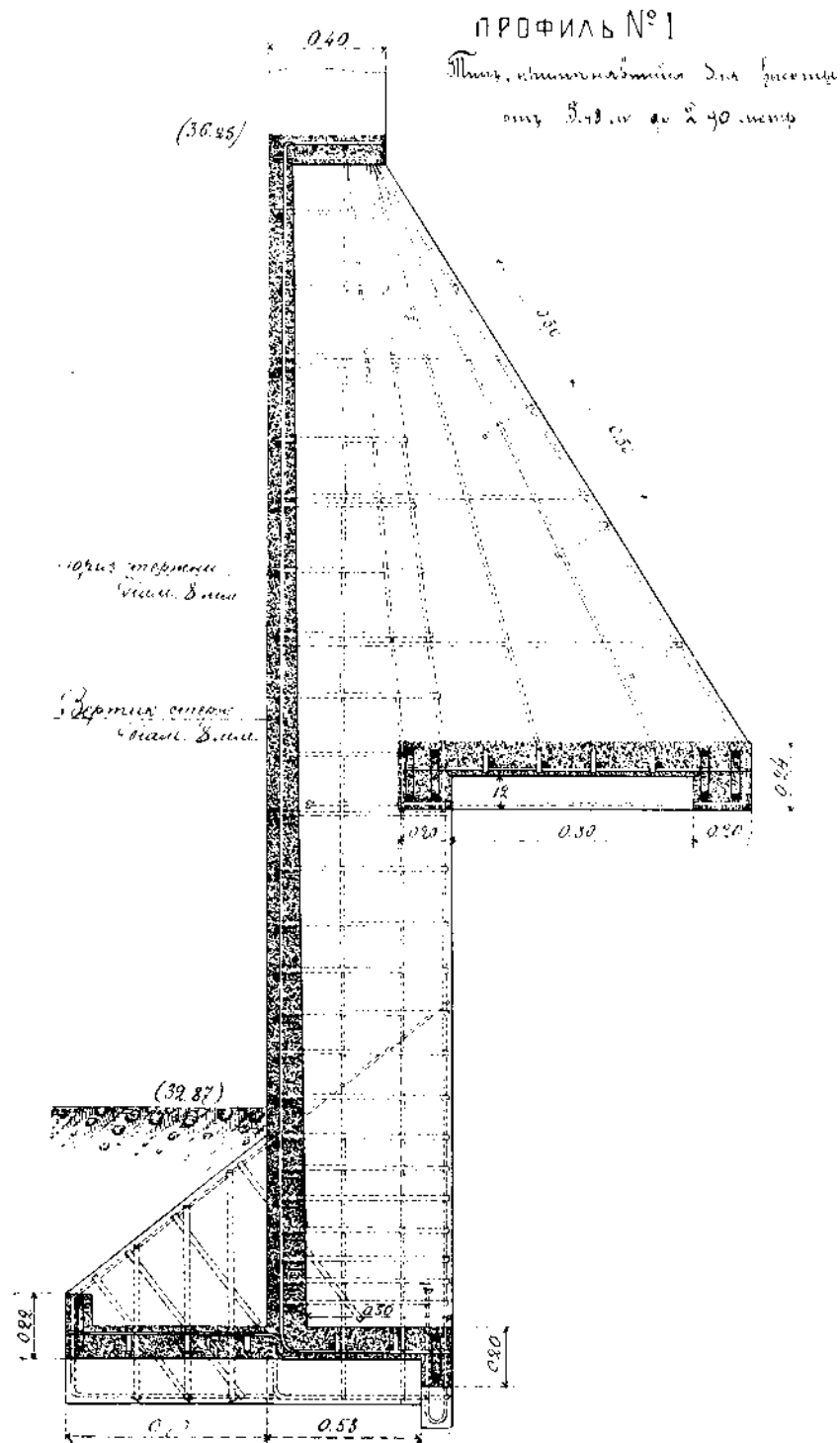
ФИГ. 8.

ПОДПОРНЫЕ СТЕНКИ. ТАБЛИЦА 19. Фиг 1-4.

ПОДПОРНАЯ СТѢНКИ НА НАБЕРЕЖНОЙ DEVILLU ВЪ ПАРИЖѢ.

[ФРАНЦІЯ.]

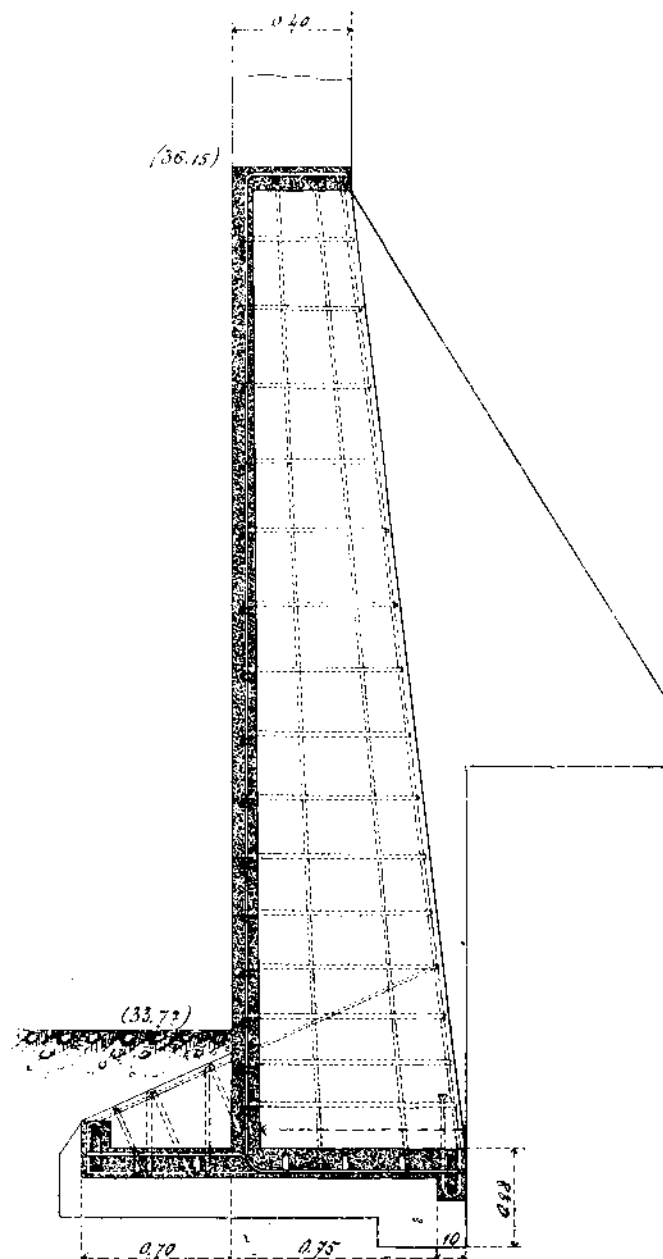
ПРОФИЛЬ № 1

[illegible]

Фиг. 1.

ПРОФИЛЬ № 2

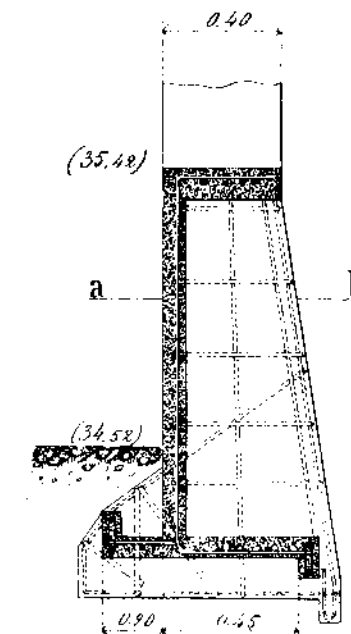
Times only 2.90 to 0.90 memb



ФИГ. 2.

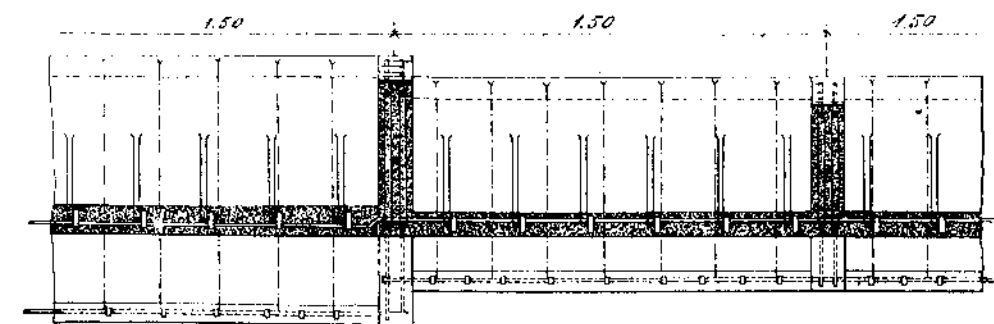
ПРОФИЛЬ № 3.

Полоса — ширина 0,40 метр



Фиг. 3.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ РАЗРЫЗЪ ПО ab .



ФИГ. 4.

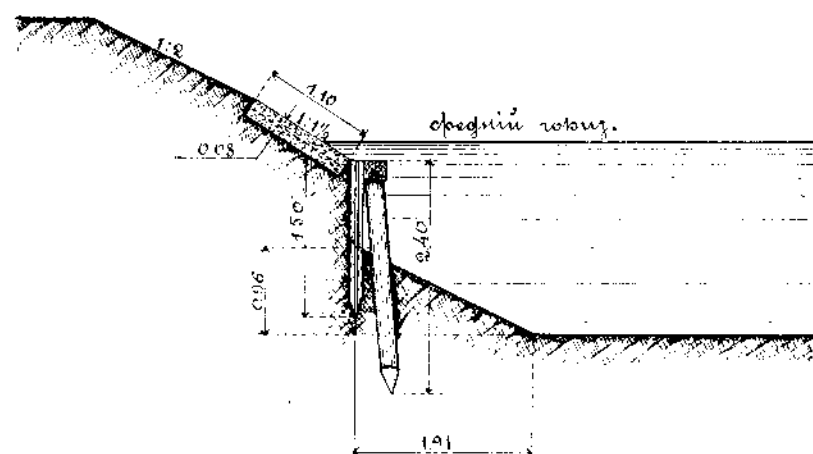
УКРѢПЛЕНІЕ БЕРЕГОВЪ. ТАБЛИЦА 20. ФИГ. 1-8.

РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ.

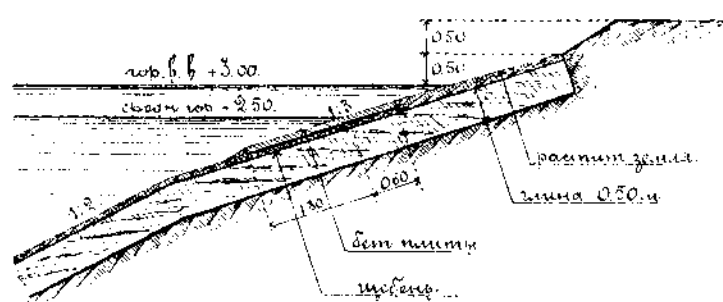
КАНАЛЪ ИЗЪ ОДЕРА ВЪ ШПРЕЕ.

КАНАЛЪ ИЗЪ ДОРТМУНДА ВЪ ЭМСЪ.

WENTOWKANAL.

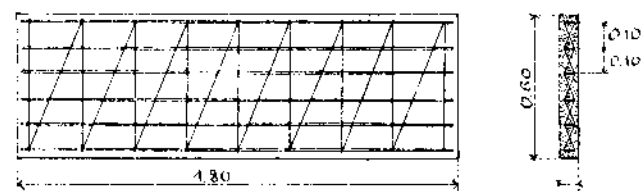


ФИГ. 1.



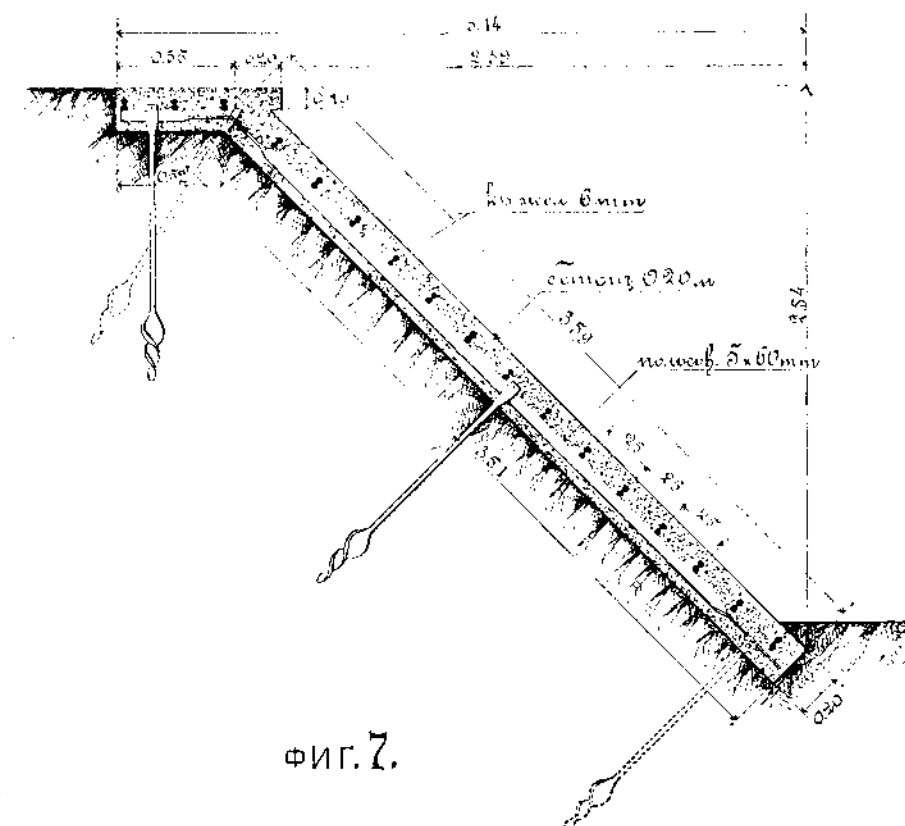
ФИГ. 2.

ПЛИТЫ.



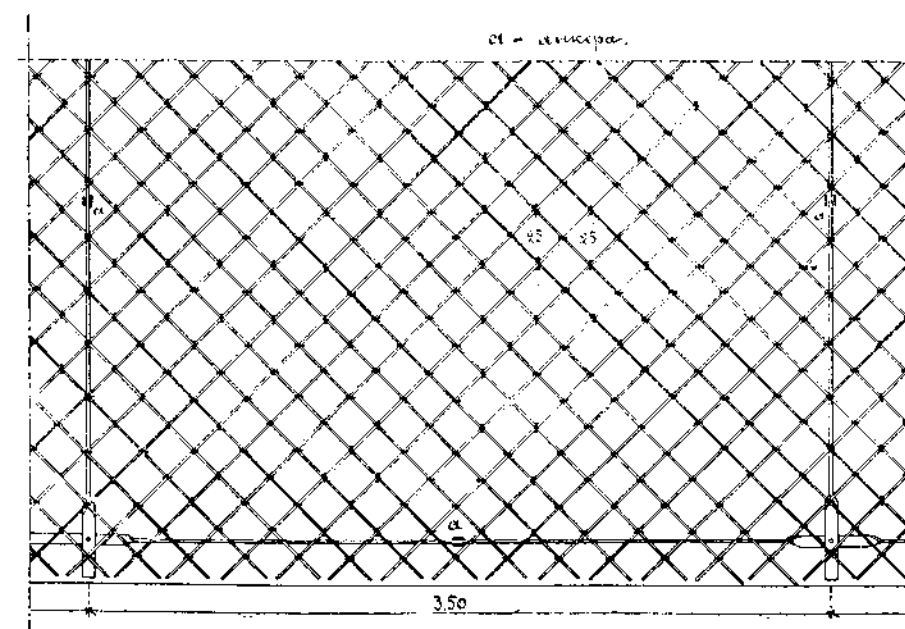
ФИГ. 3.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



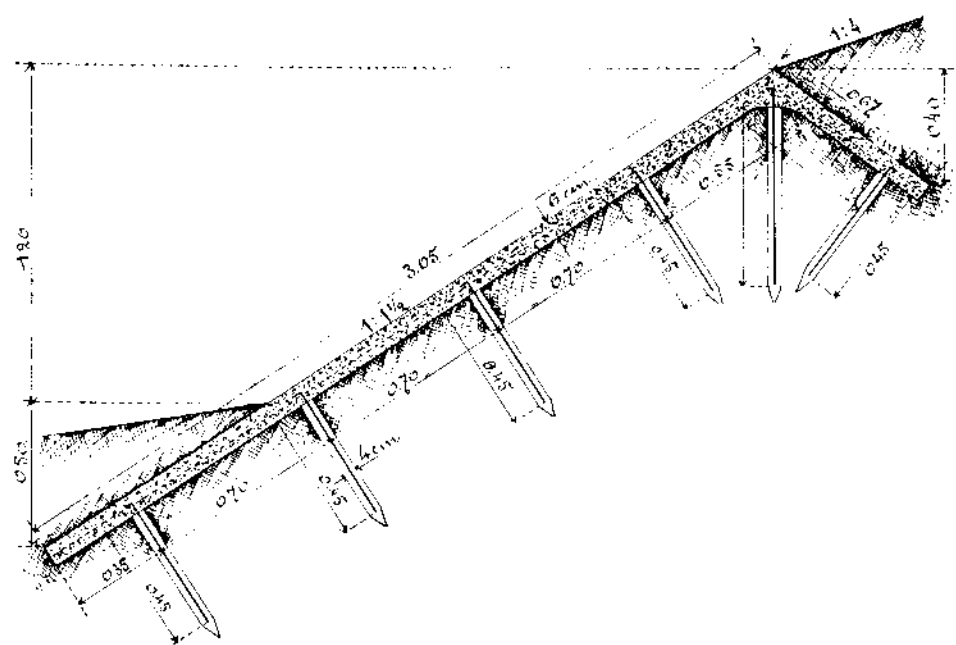
ФИГ. 7.

МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ СЪТКА.

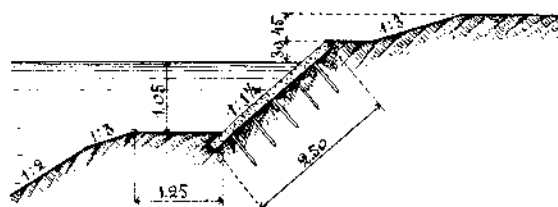


ФИГ. 8.

ПОКРЫТІЕ ВЪ ВИКЕРСТРАНДЪ.

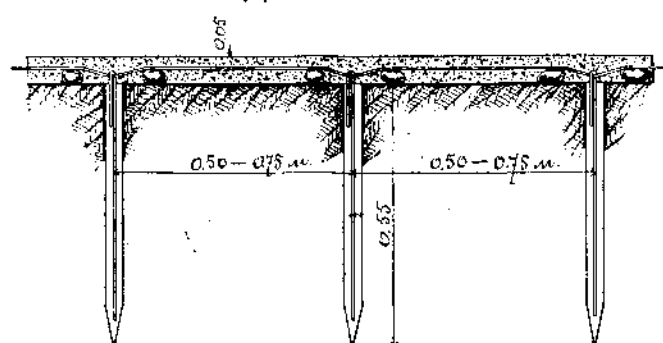


ФИГ. 6.



ФИГ. 4.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



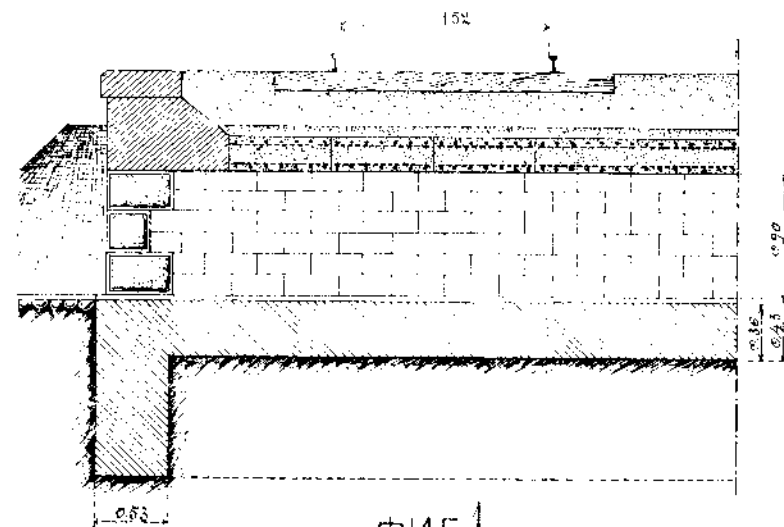
ФИГ. 5.

МОСТЫ.

ТАБЛИЦА 21. Фиг.1-10.

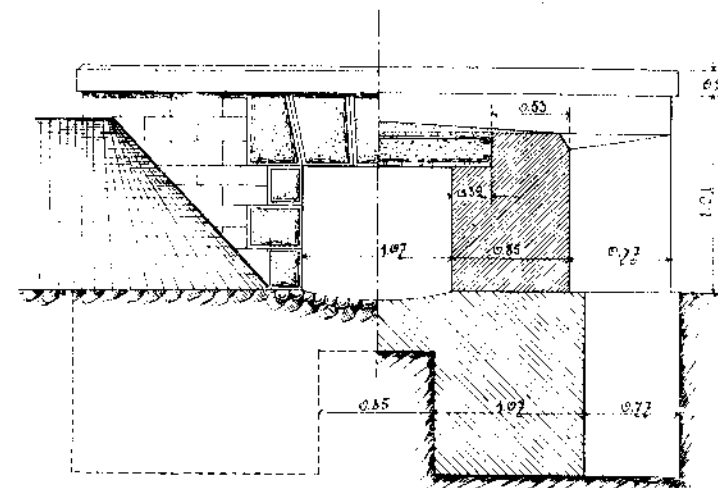
МОСТИКИ НА ВЛАДИКАВКАЗСКОЙ Ж.Д.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЬЗ.



Фиг.1.
план.

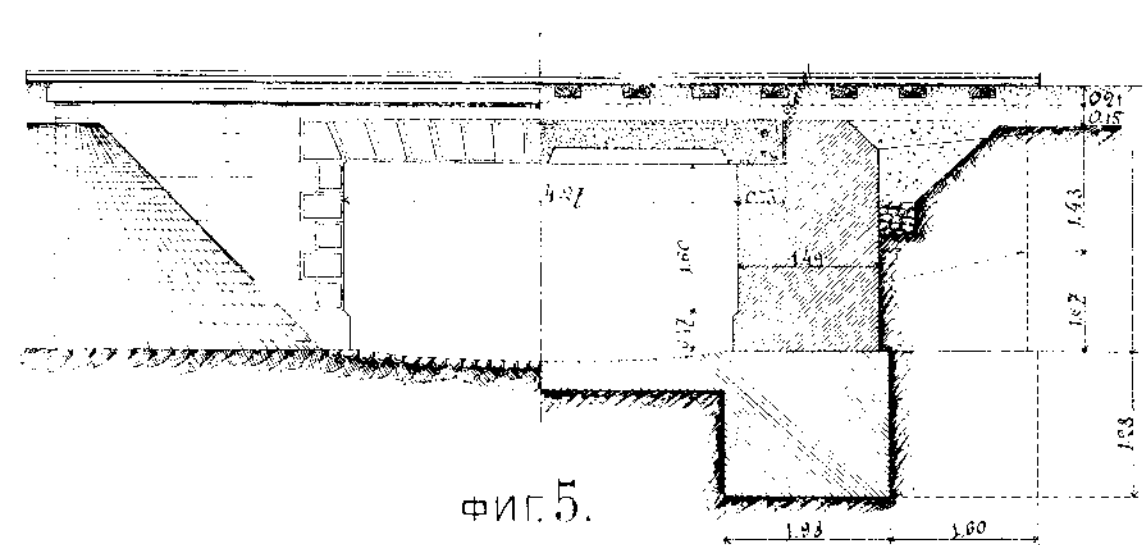
Фасад. ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЬЗ.



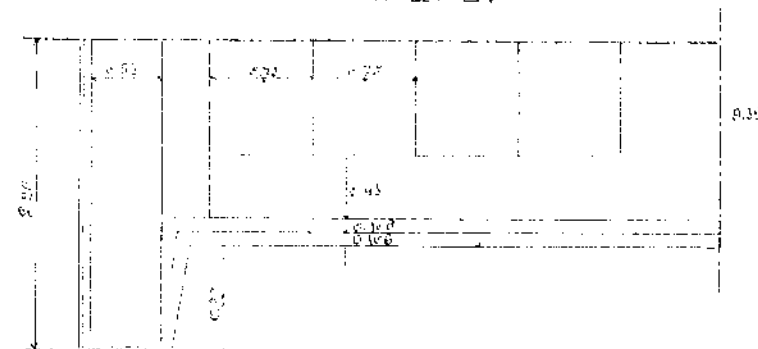
Фиг.2.

Фасад.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЬЗ.

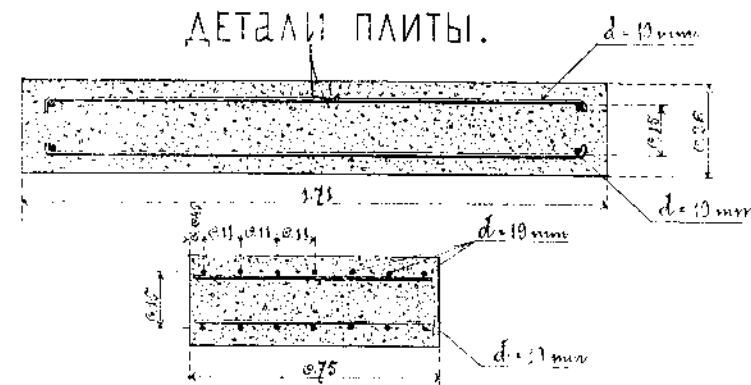


Фиг.5.



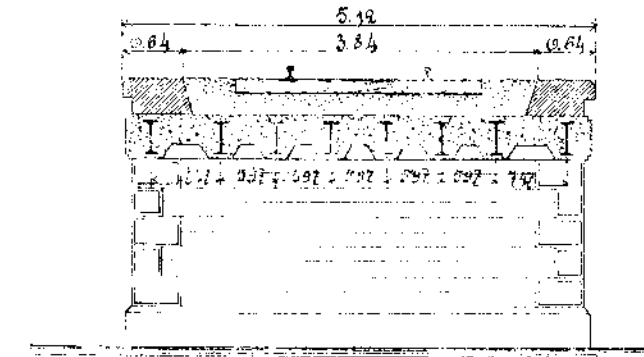
Фиг.3.

ДЕТАЛИ ПЛИТЫ.

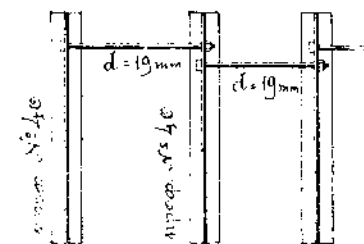


Фиг.4.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЬЗ.



Фиг.6.



Фиг.7.

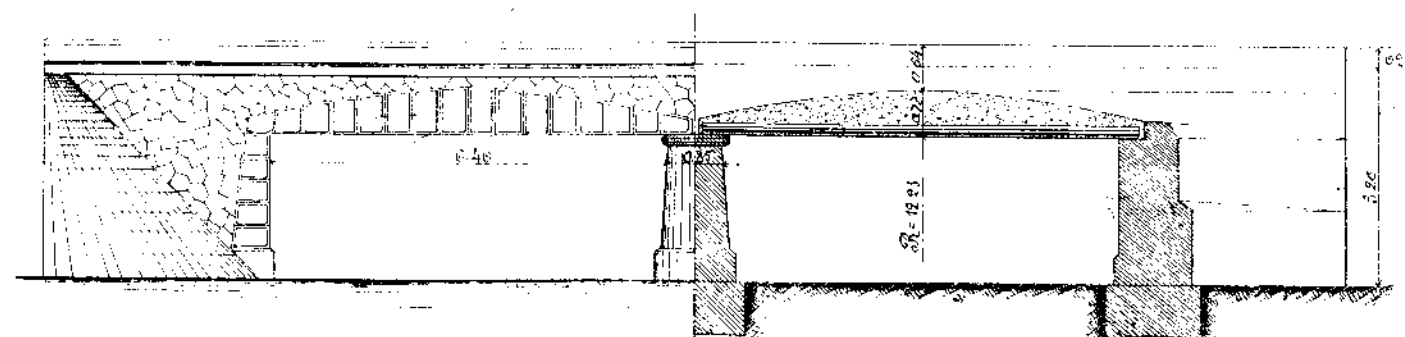
МОСТИКИ НА ВОСТОЧНО-КИТАЙСКОЙ Ж.Д.

Фасад.

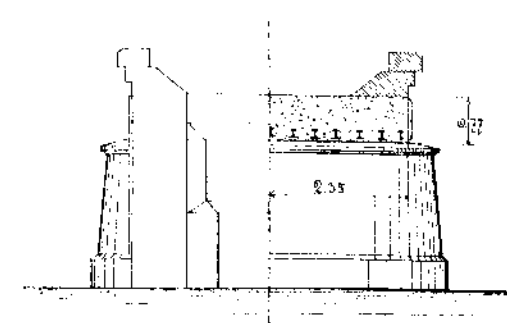
ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЬЗ.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЬЗ

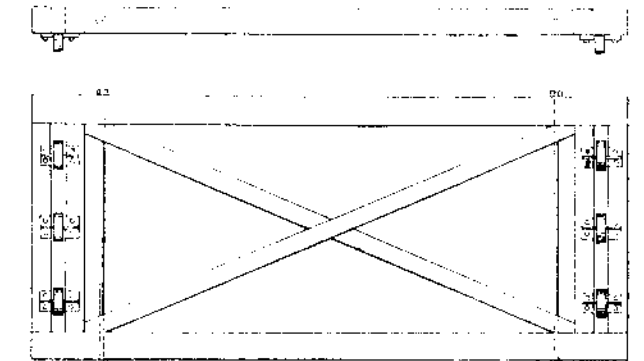
ТЕЛЪЖКА.



Фиг.8.



Фиг.9.



Фиг.10.

МОСТЫ.

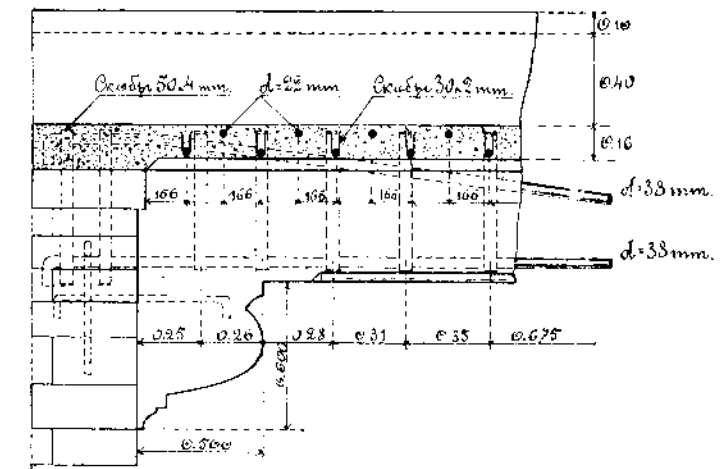
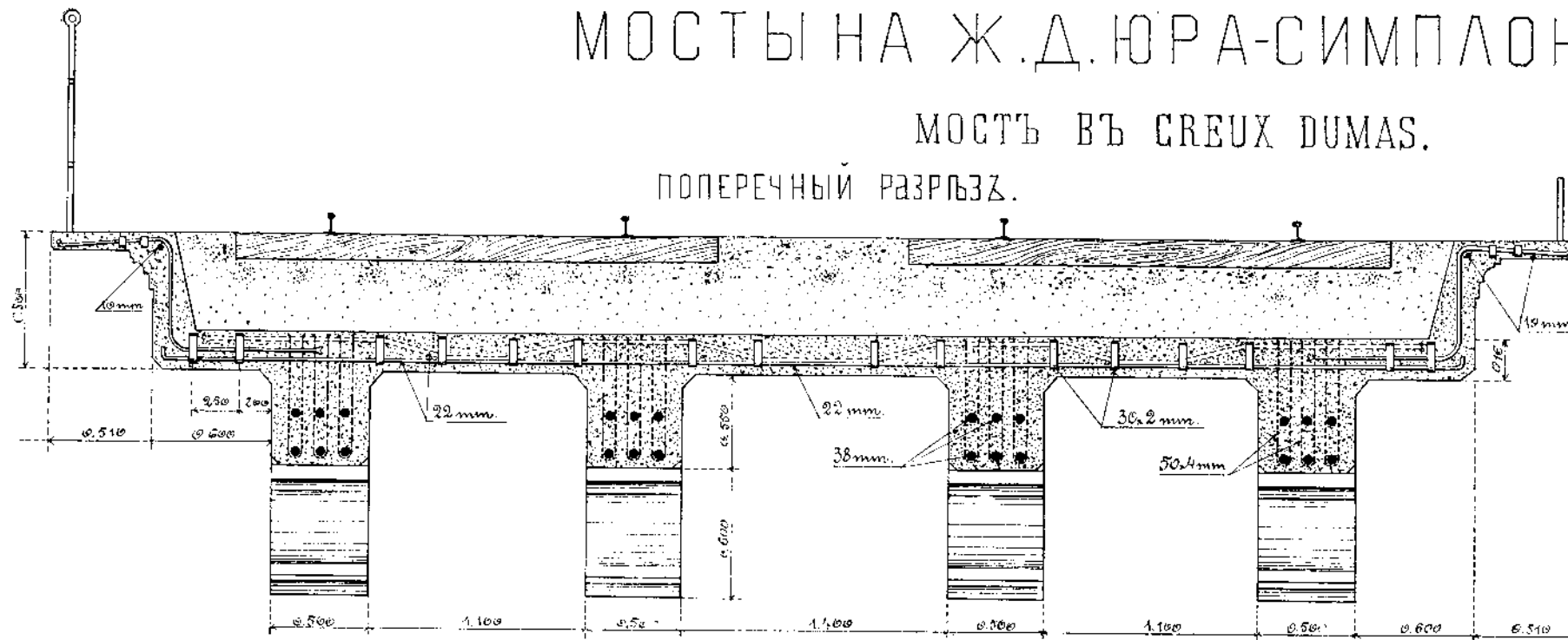
ТАБЛИЦА 22. фиг.1-6.

МОСТЫ НА Ж.Д. ЮРА-СИМПЛОНЪ. [ШВЕЙЦАРІЯ].

МОСТЪ ВЪ CREUX DUMAS.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



фиг.1.

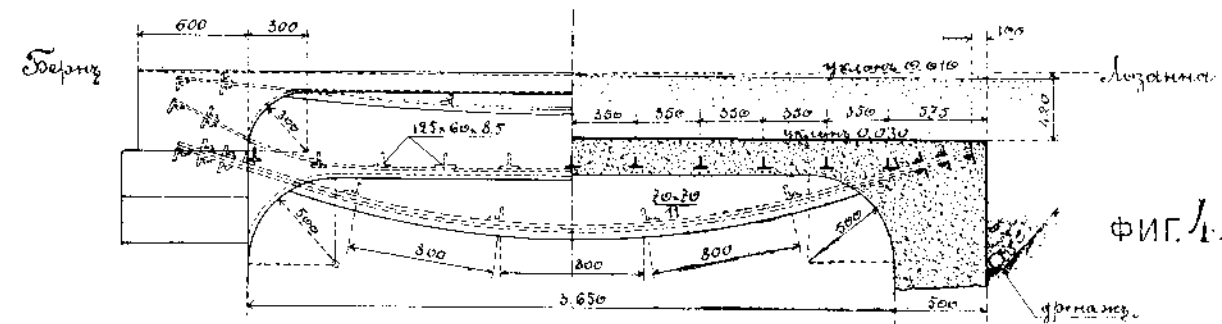
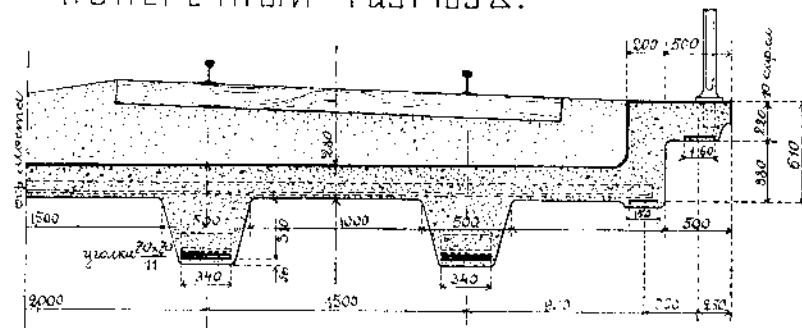
фиг.2.

ВІАДУКЪ ВЪ CROSSRIED.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

фиг.3.

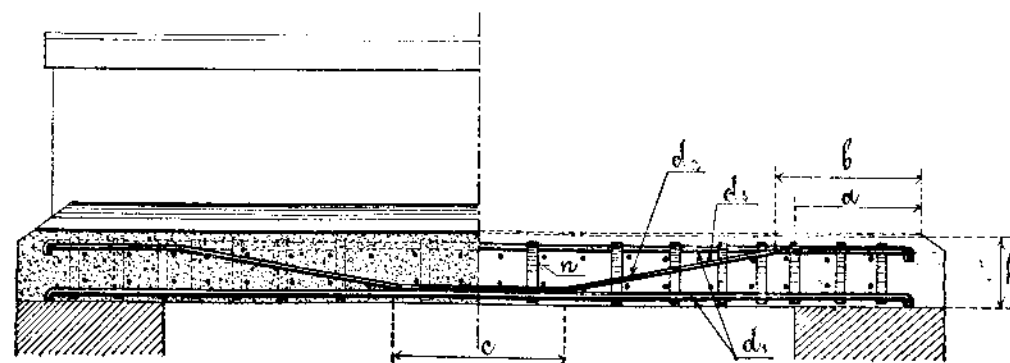


фиг.4.

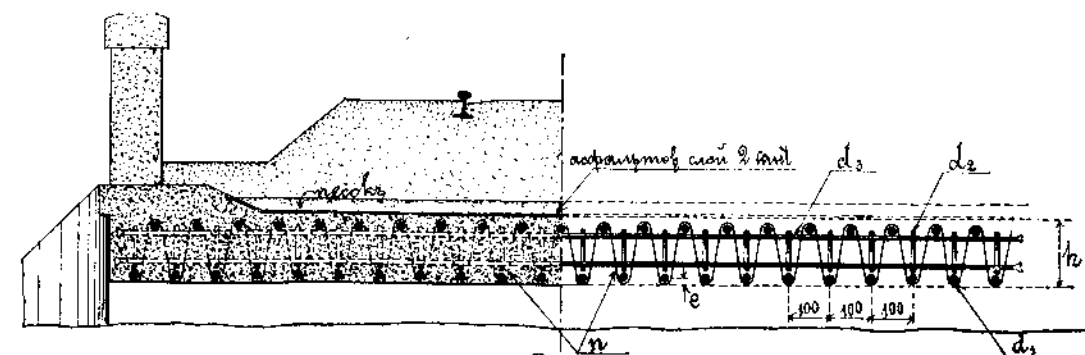
МОСТЫ НА МЕРИДІОНАЛЬНОЙ Ж.Д. [ИТАЛІЯ].

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



фиг.5.



фиг.6.

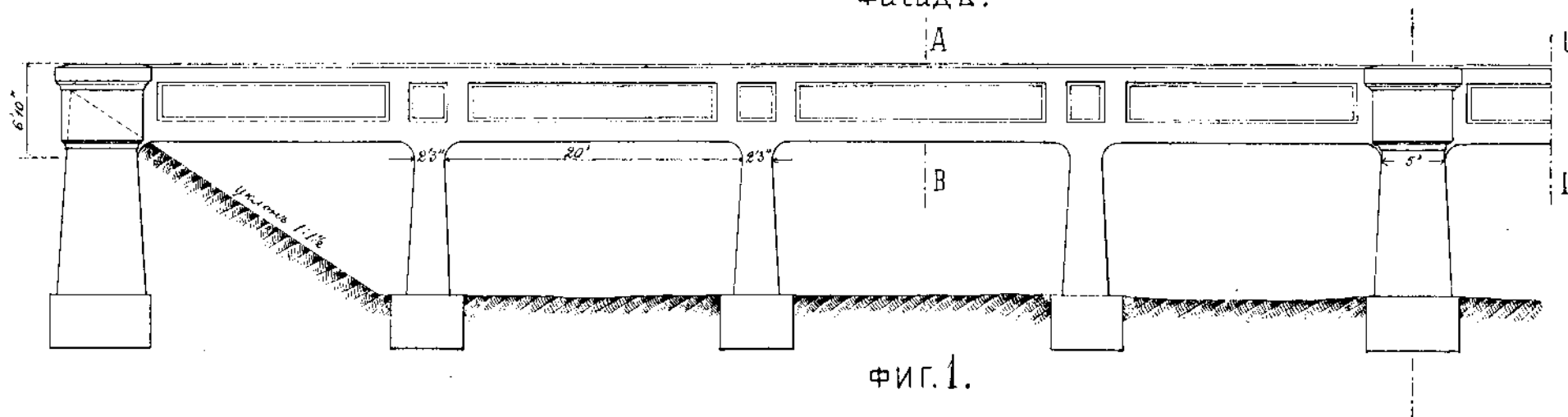
МОСТЫ.

ТАБЛИЦА 23. фиг.1-10.

ВІАДУКЪ НА Ж.Д.КЛЕВЕЛЕНДЪ-ЦИНЦИННАТИ-ЧИКАГО-САНЪ-ЛУИ.

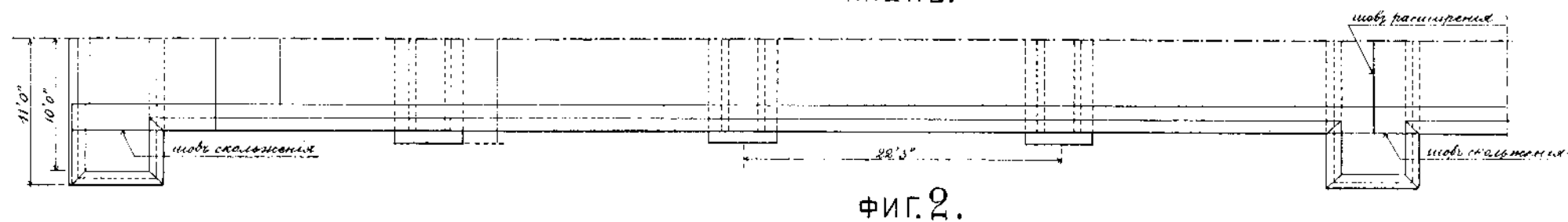
[С.-А. СОЕД. ШТ.]

фасадаз.



фиг.1.

планз.

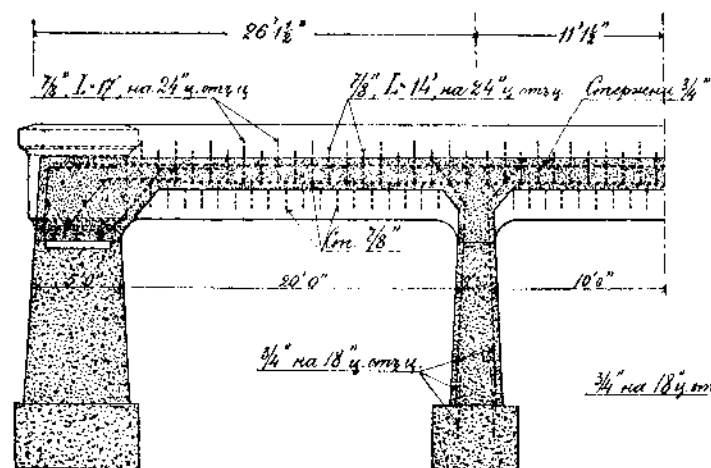


фиг.2.

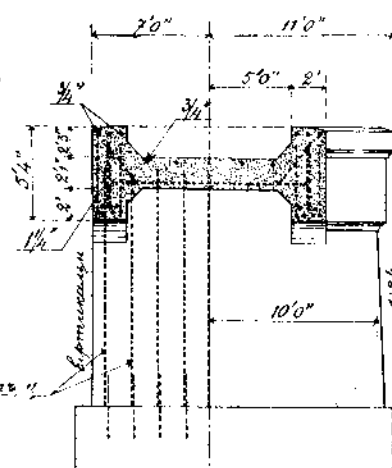
арматура въ плоскомъ покрытіи.

по АВ. по СД.

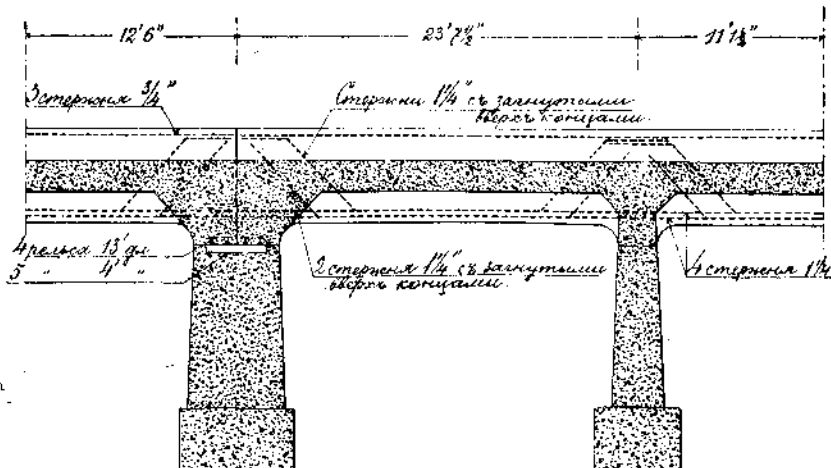
арматура въ балкахъ.



фиг.3.

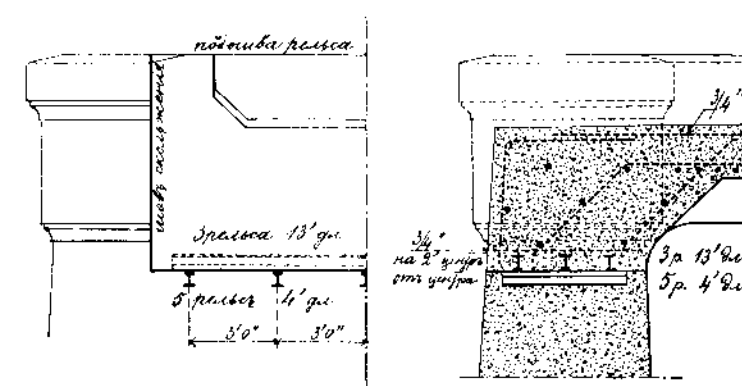


фиг.4.



фиг.5.

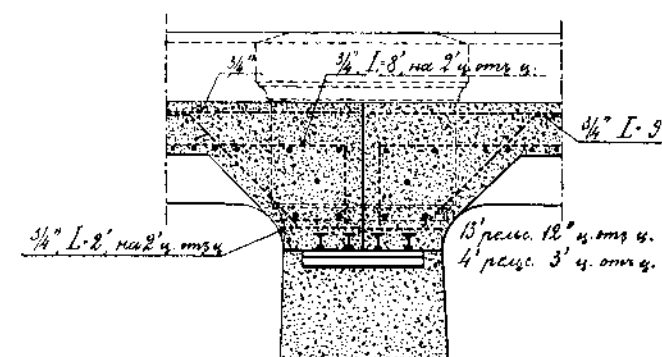
швы расширения на устояхъ.



фиг.6.

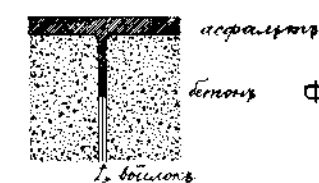
фиг.7.

шовъ расширения на быкѣ.

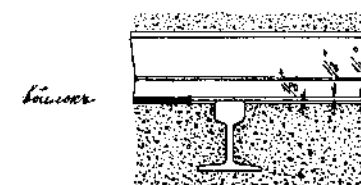


фиг.8.

детали.



фиг.9.



фиг.10.

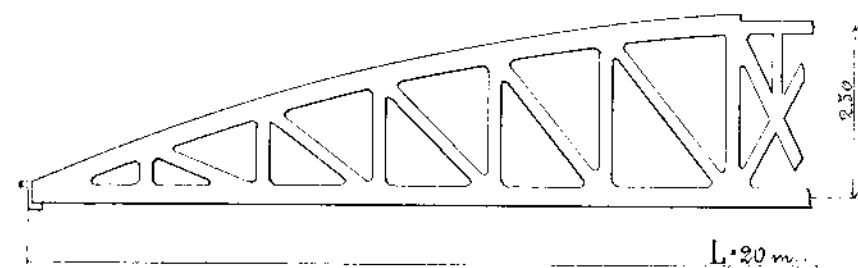
МОСТЫ.

ТАБЛИЦА 24. Фиг.1-6.

МОСТЪ ВЪ УВРІ.

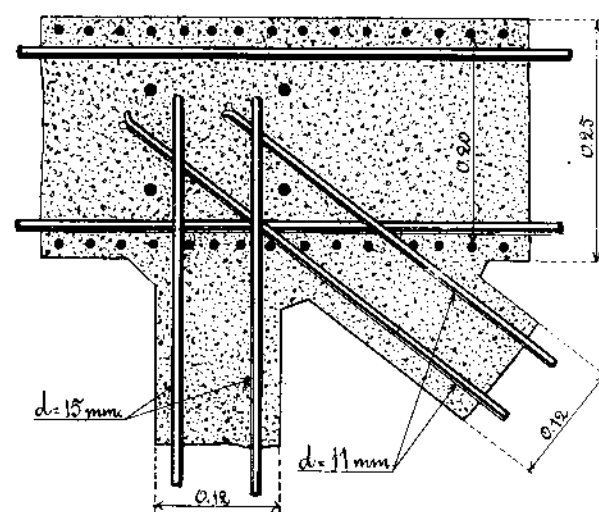
[ФРАНЦІЯ.]

Фасада.



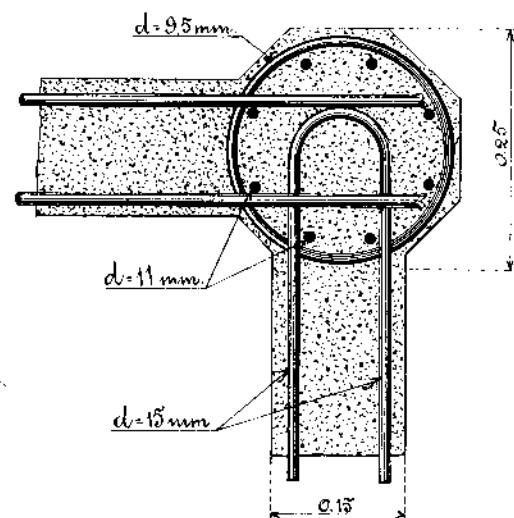
Фиг.1.

ДЕТАЛЬ
ПРОДОЛЬНОГО РАЗРѢЗА.



Фиг.2.

ДЕТАЛЬ
ПОПЕРЕЧНОГО РАЗРѢЗА.

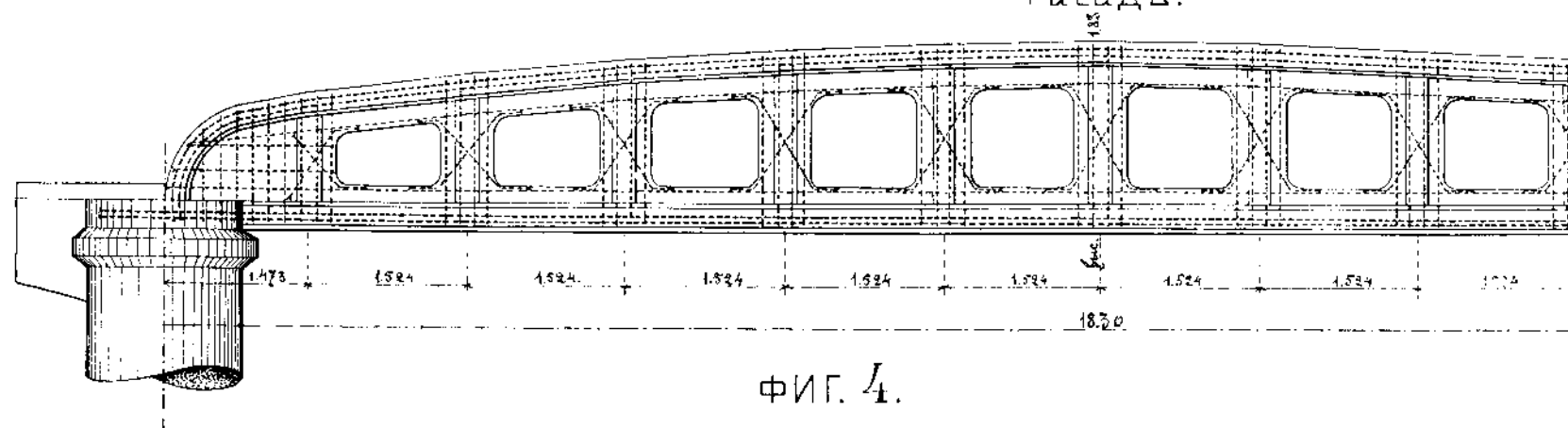


Фиг.3.

МОСТЪ ВЪ PURFLEET.

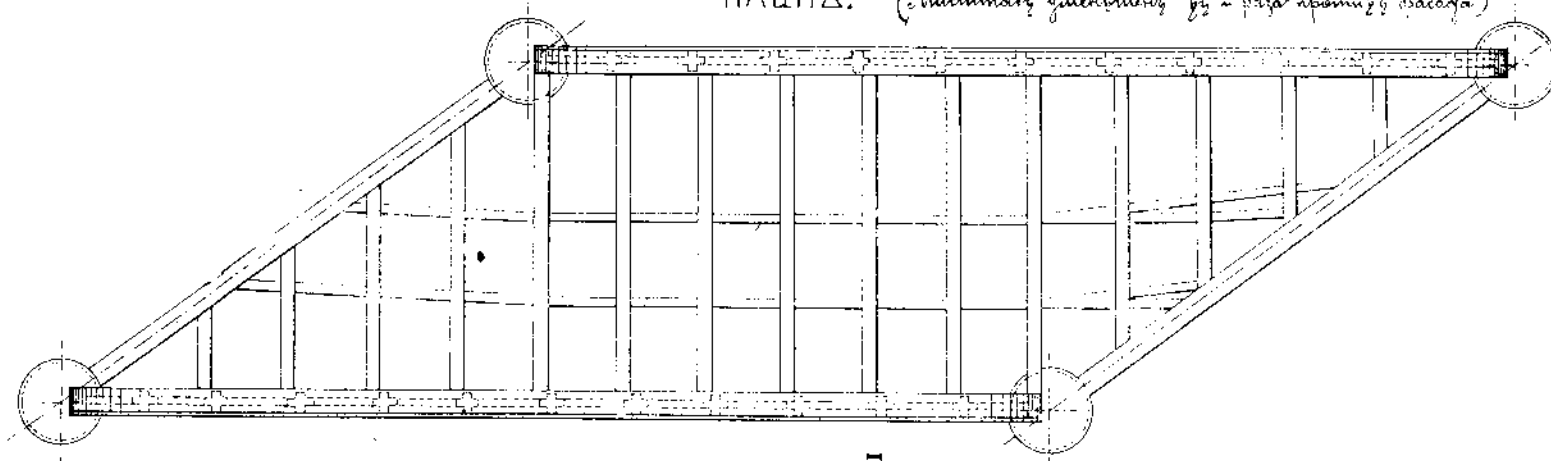
[АНГЛІЯ.]

Фасада.



Фиг.4.

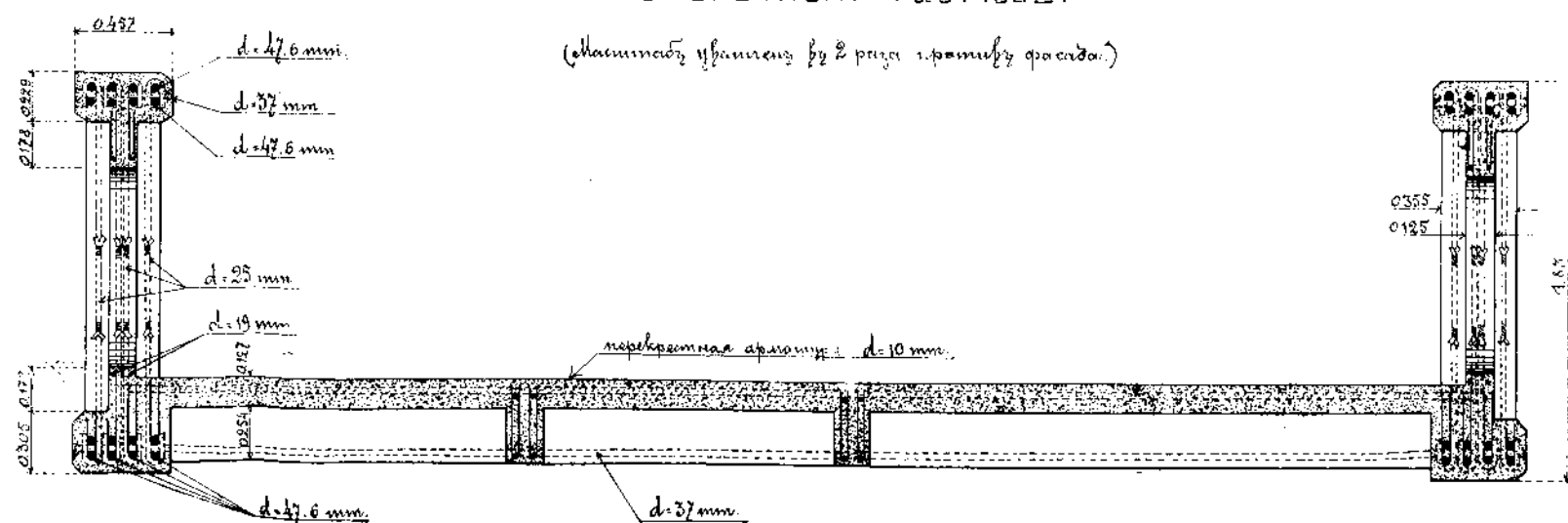
ПЛАНЪ. (Настѣбъ уменьшенъ въ 2 раза противъ фасада)



Фиг.5.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

(Настѣбъ уменьшенъ въ 2 раза противъ фасада.)



Фиг.6.

M O C T B

ТАБЛИЦА 25. Фиг.1-7.

МОСТЪ НА Ж.Д. KANSAS CITY, MEXICO AND ORIENT RAILWAY.

[C-A. COEA. HIT.]

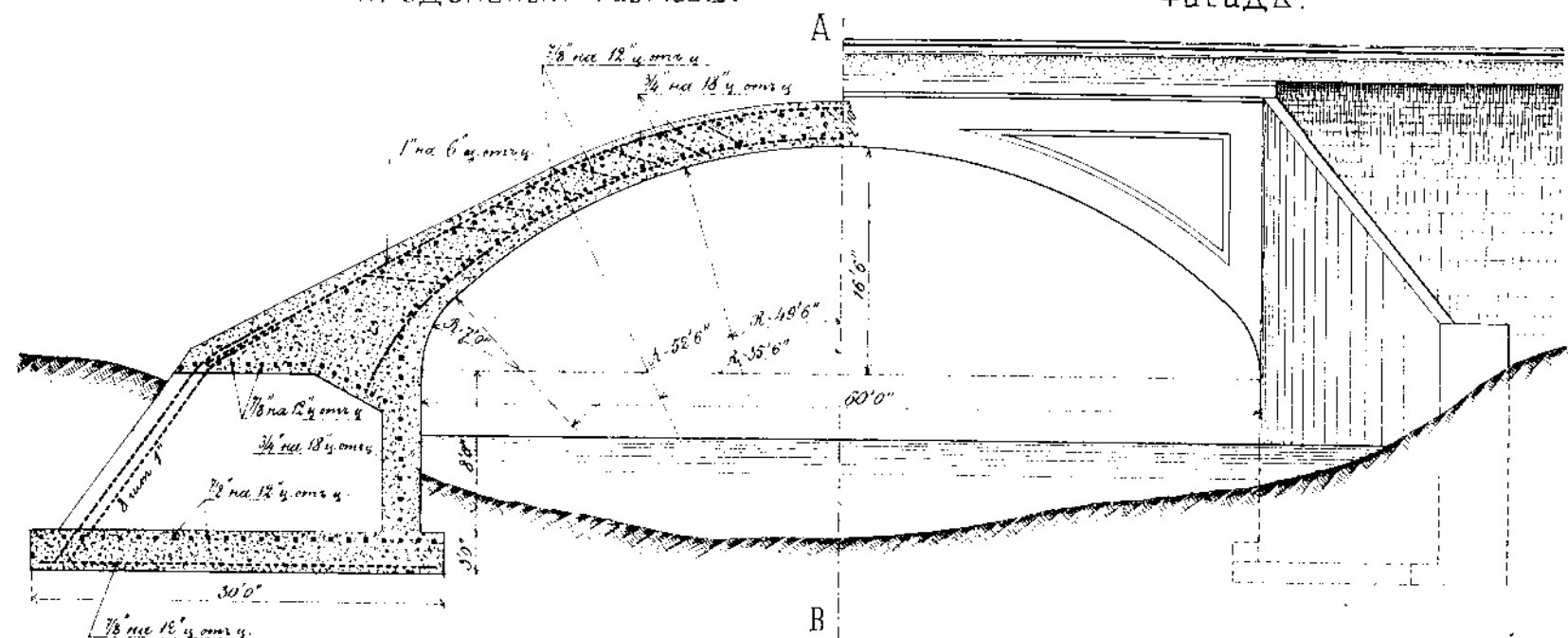
ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЫЗ.

Φα[αΔζ.

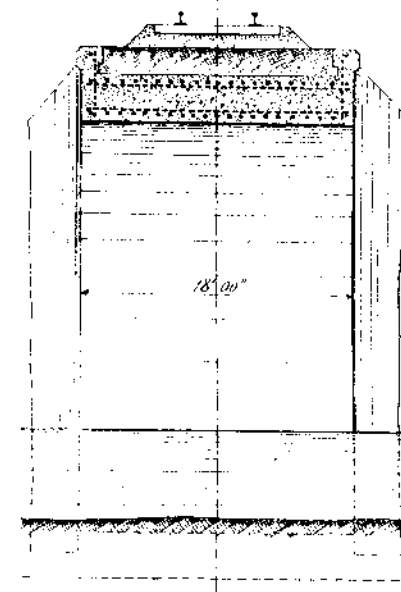
РАЗРЫЗЪ ПО АВ.

ПЛАНЪ

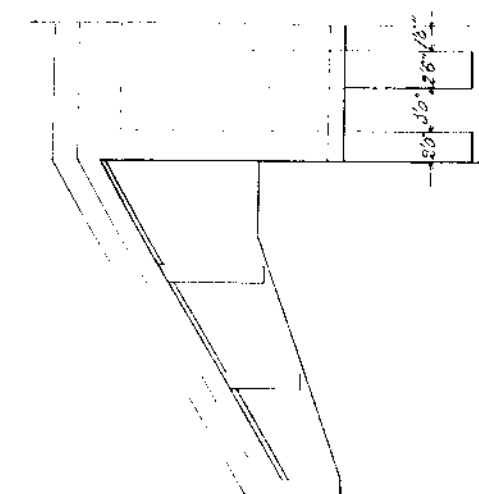
устоя.



ФИГ.1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

ВІАДУКЪ НА Ж.Д. ILLINOIS CENTRAL RAILWAY.

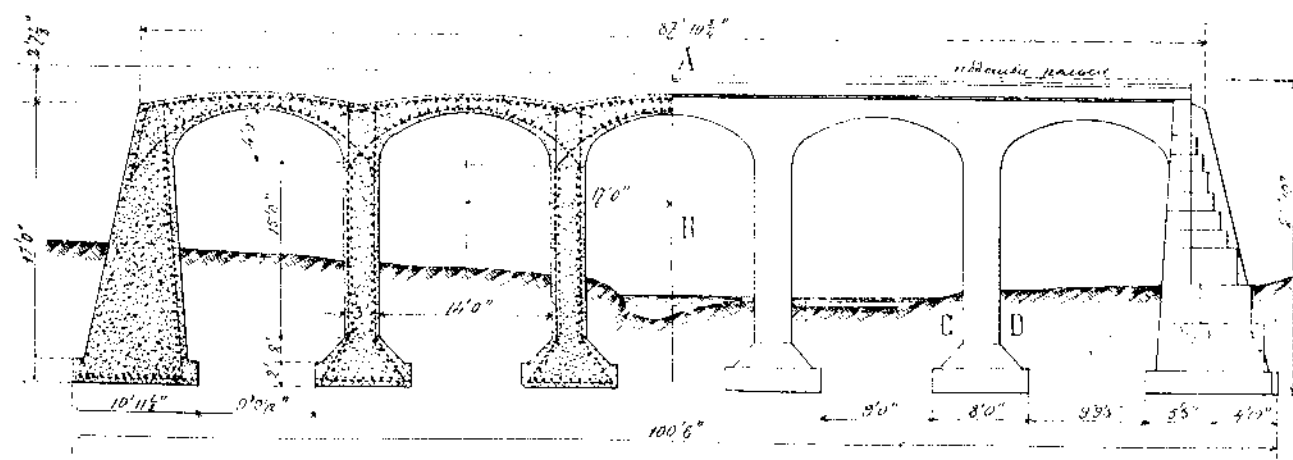
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫЙ РАЗРЫЗ.

Φα[αΔζ.

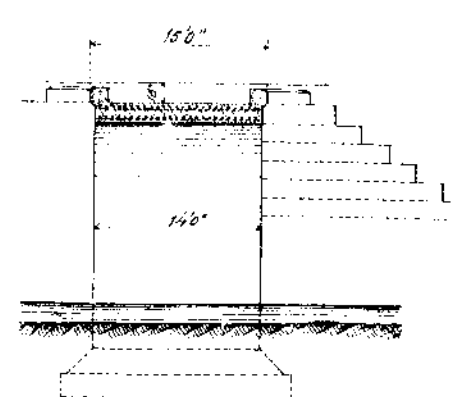
по АВ.

по CD.

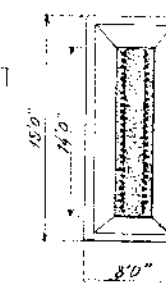
ПЛАН.



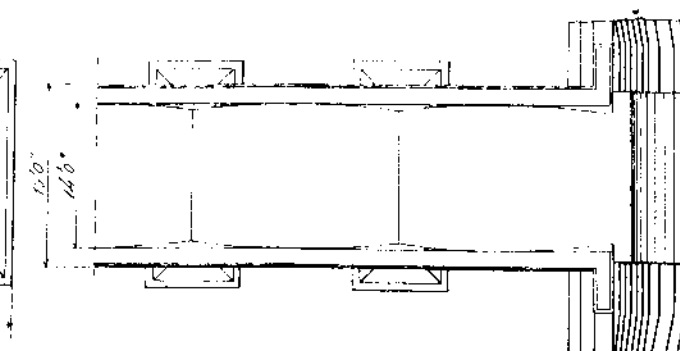
ФИГ. 4.



Фиг. 5.



5116



Фиг. 7

МОСТЫ.

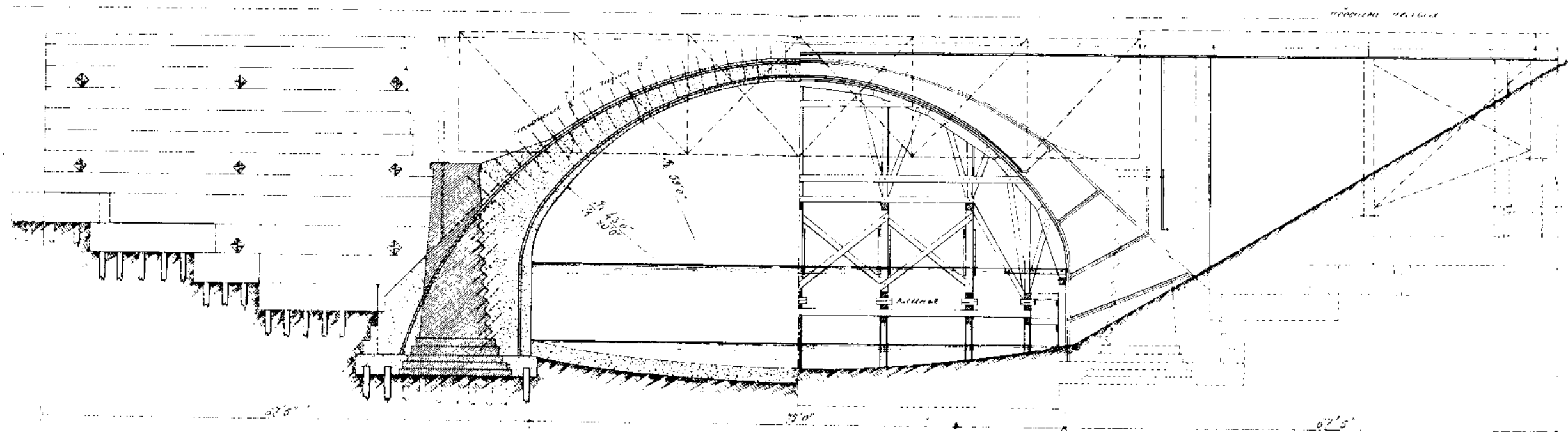
ТАБЛИЦА 26. фиг.1-5.

МОСТЪ ВЪ PLANO НА Ж.Д. CHICAGO, BURLINGTON AND QUINCY RY.

[С.-А. СОЕД. ШТ.]

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

ФАСАДЪ.

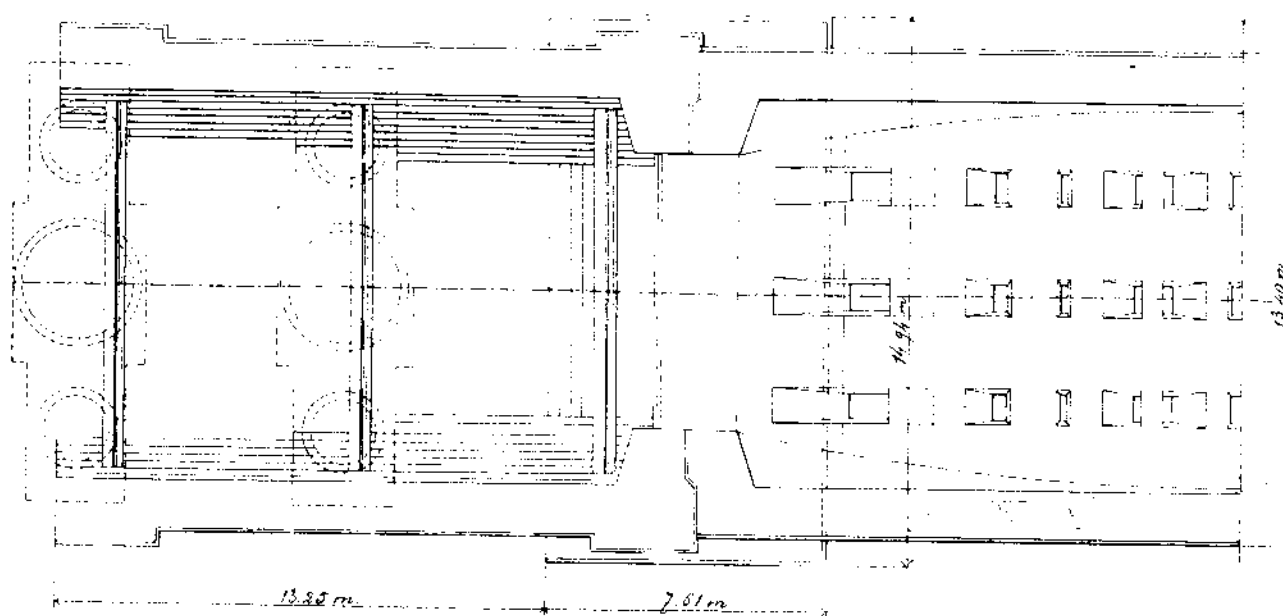


ФИГ. 1.

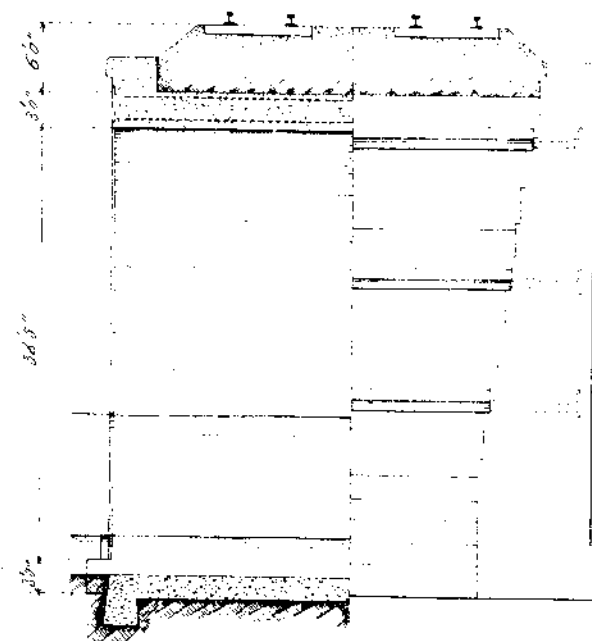
ПЛАНЪ.

РАЗРѢЗЪ ВЪ КЛЮЧѢ. ВИДЪ СЗАДИ.

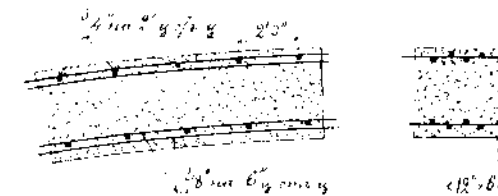
АРМАТУРА СВОДА.



ФИГ. 2.

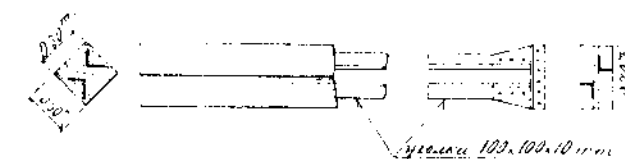


ФИГ. 3.



ФИГ. 4.

РАСПОРКА.



ФИГ. 5.

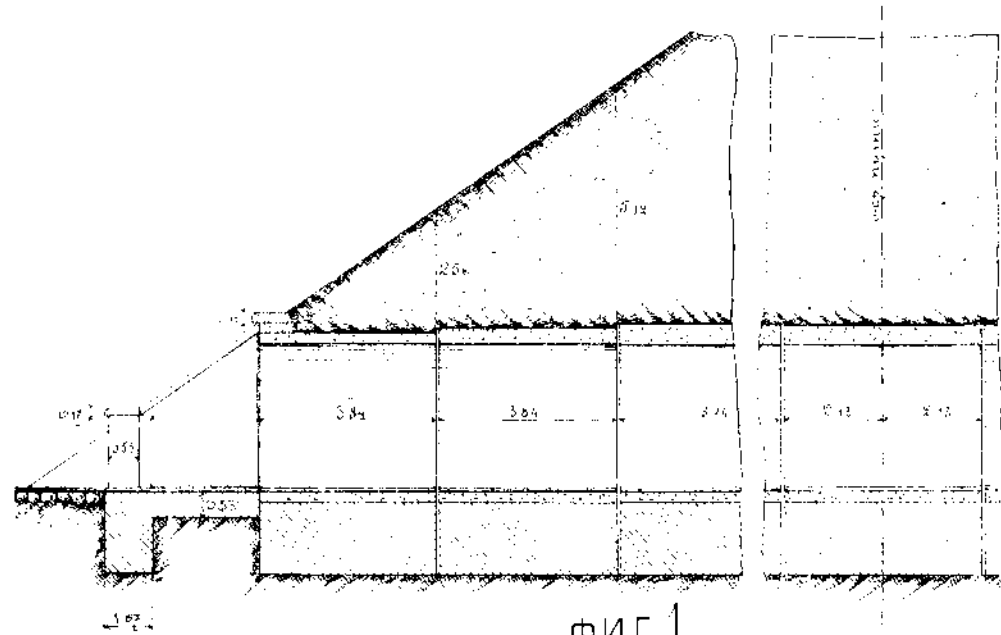
МОСТЫ.

ТАБЛИЦА 27. фиг.1-7.

ТРУБЫ ПОДЪ НАСЫПЯМИ.

Ж.Д. ЛИНІЯ ВИТЕБСКЪ-ЖЛОВИНЪ.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



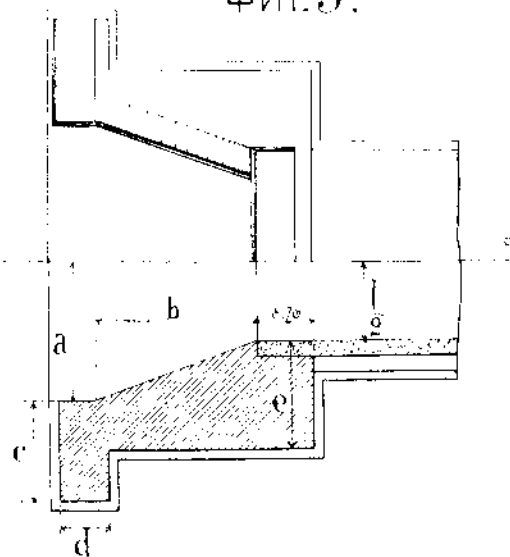
ФИГ.1.

Для пролета I:

l	a	b	c	d	e	f	h
1.25	1.00	1.05	1.12	0.64	1.02	0.107	0.87
1.50	1.40	1.06	1.43	0.79	1.23	0.107	1.12
2.00	1.75	1.15	1.71	0.94	1.74	0.150	1.45
2.50	2.25	1.22	1.71	0.94	1.81	0.150	1.51

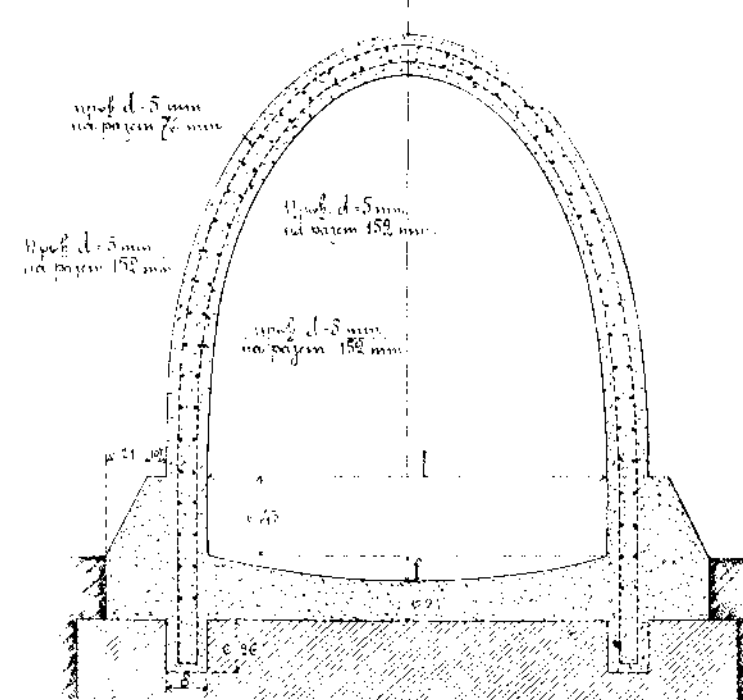
ФИГ.2.

ПЛАНЪ.



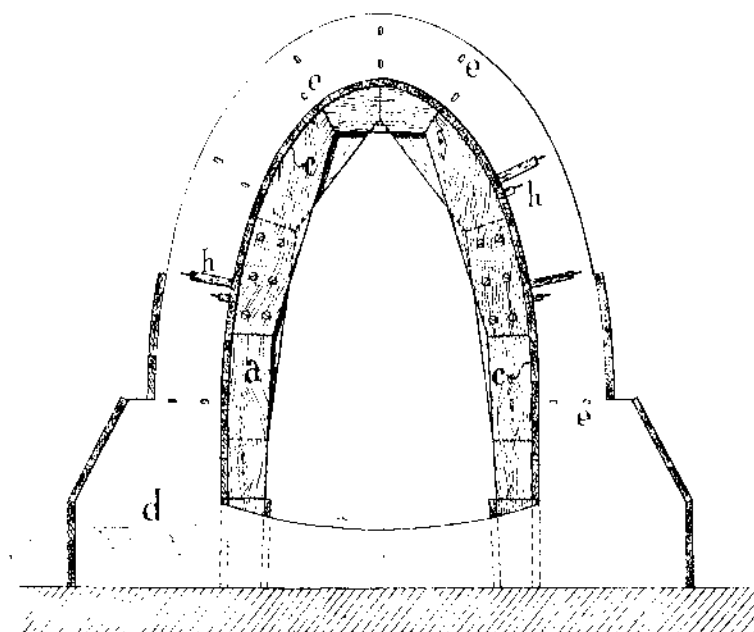
ФИГ.3.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



ФИГ.4.

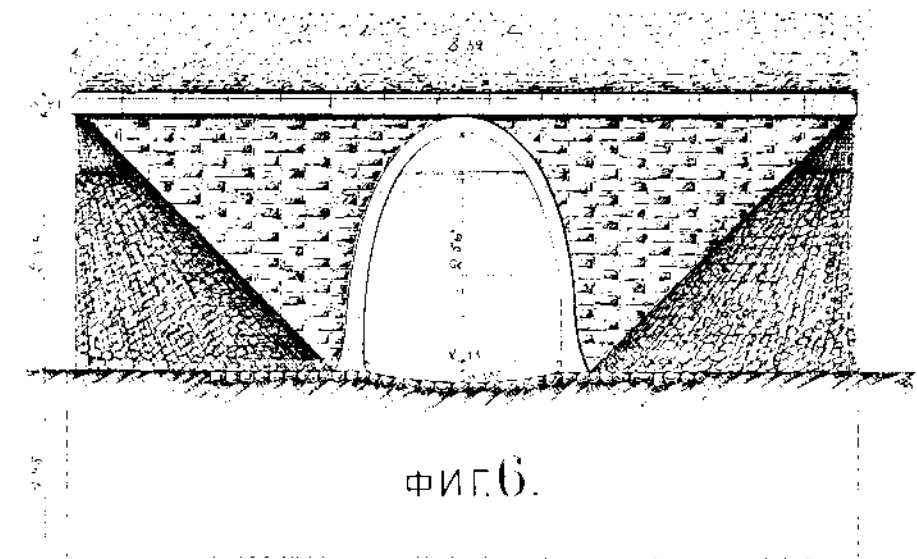
КРУЖАЛА.



ФИГ.5.

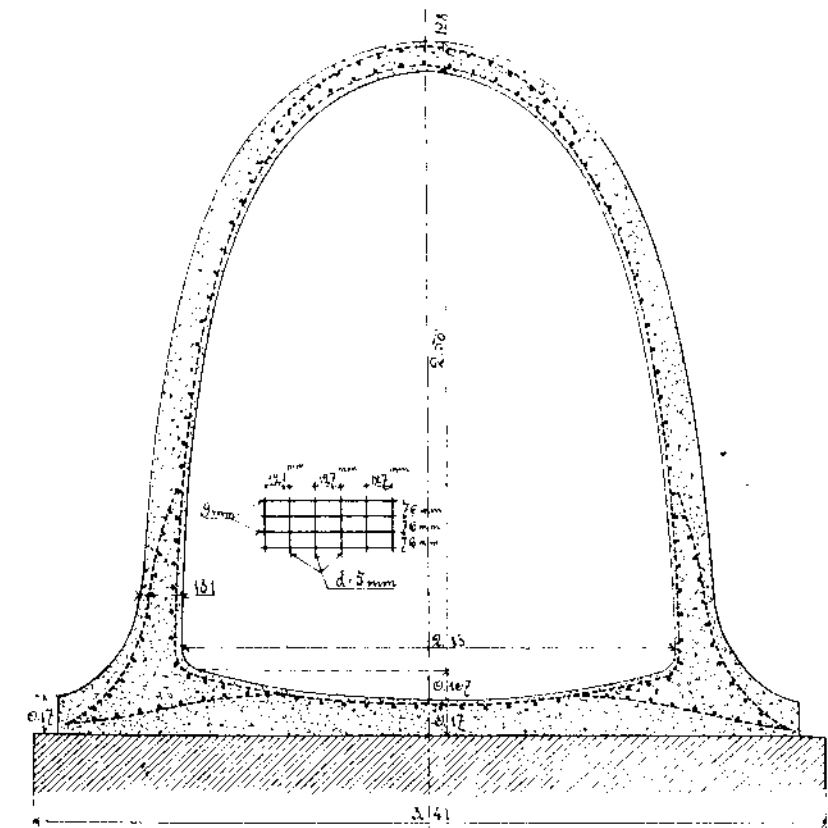
МОСКОВСКО-КАЗАНСКАЯ Ж.Д.

ФАСАДЪ.



ФИГ.6.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



ФИГ.7.

МОСТЫ.

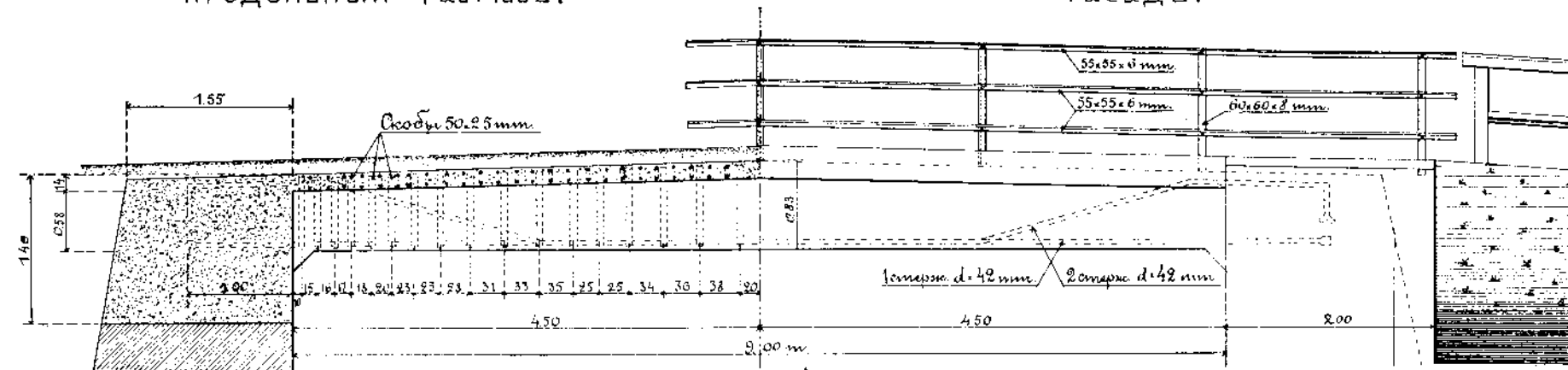
ТАБЛИЦА 28. фиг.1-9.

ПУТЕПРОВОДЪ НА Ж.Д. KAISER FERDINANDS NORDBAHN. [АВСТРІЯ].

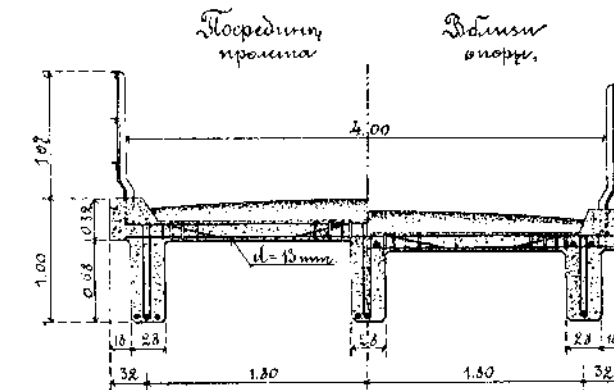
ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

фасадъ.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



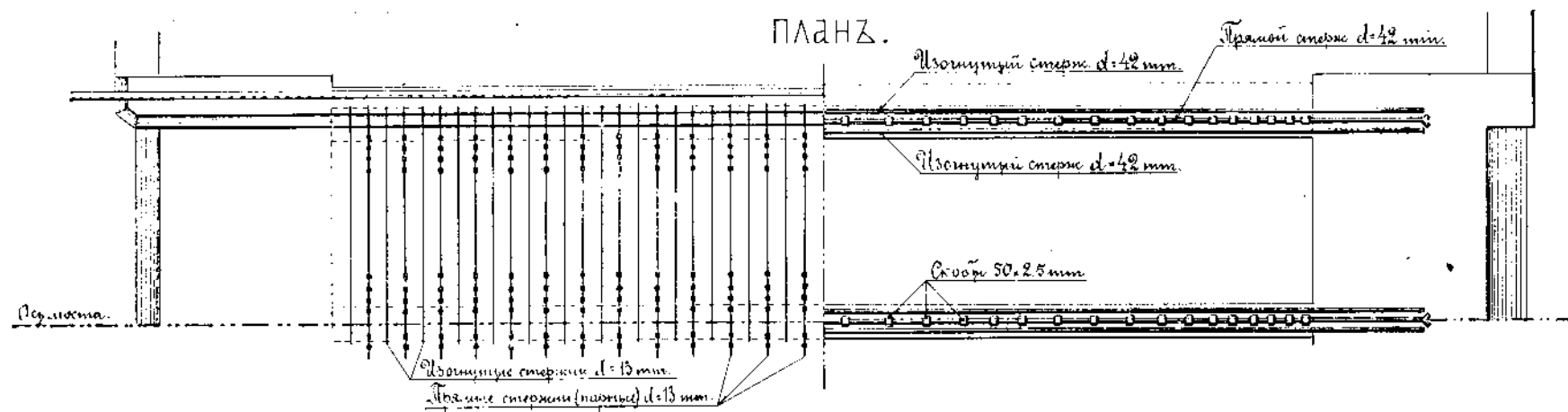
ФИГ. 1.



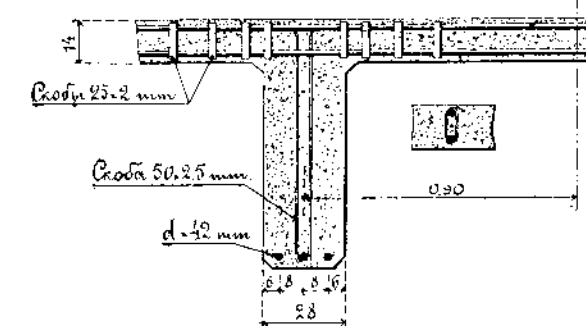
ФИГ. 3.

ПЛАНЪ.

РАЗРѢЗЪ ПО ЕФ.

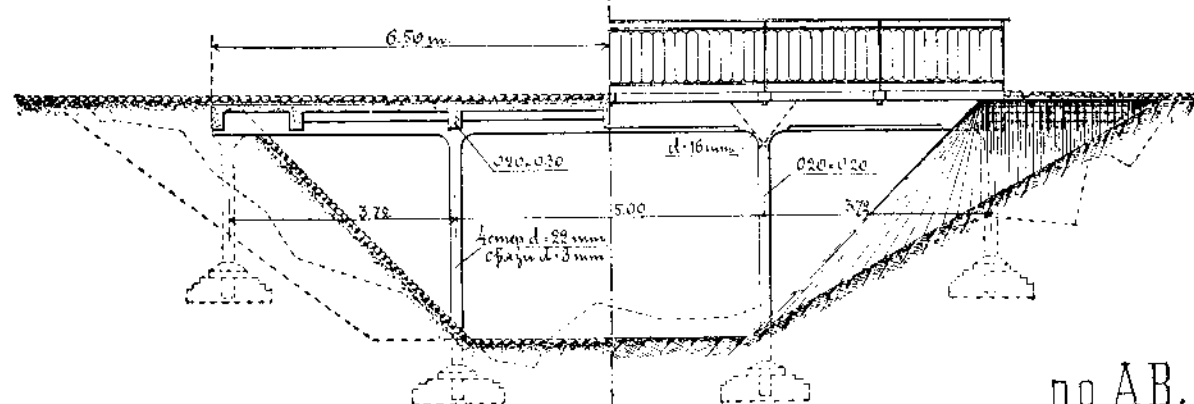


ФИГ. 2.



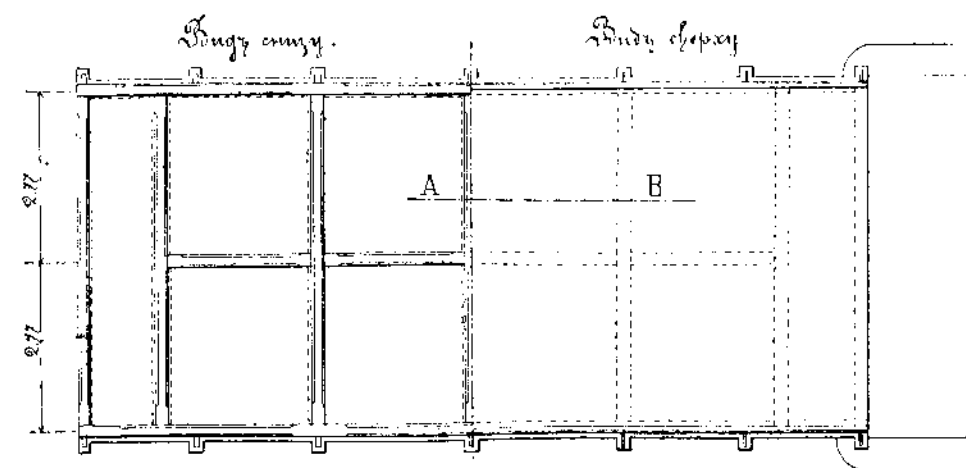
ФИГ. 4.

ВІАДУКЪ НА 159 ВЕР ЛИНІИ ЯСИНОВАТАЯ-ДОЛИНСКАЯ. [ЕКАТЕР. Ж.Д.]



ФИГ. 5.

ПЛАНЪ.



ФИГ. 6.

2 стержня изогнутыхъ $d = 25$ мм.

2 стержня прямыхъ $d = 23$ мм.

ФИГ. 7.

ФИГ. 8.

ФИГ. 9.

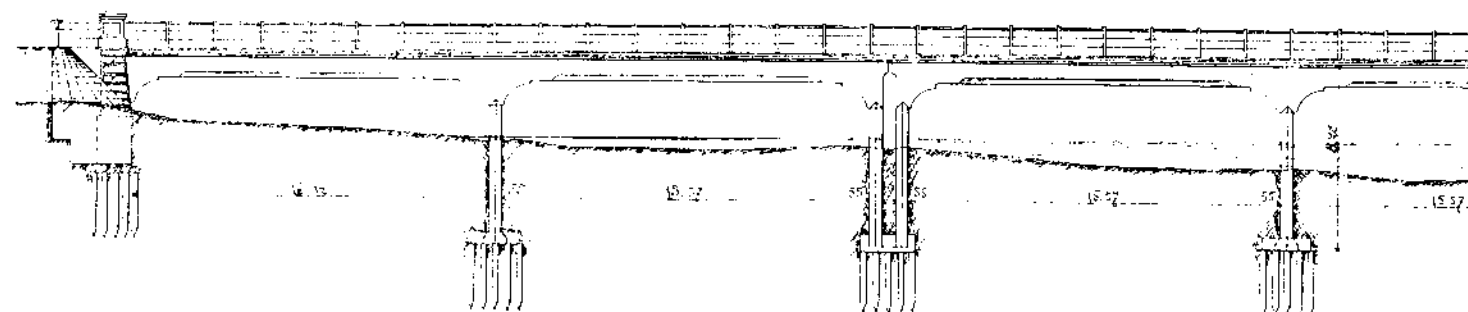
МОСТЫ.

ТАБЛИЦА 29. фиг.1-6.

МОСТЪ ЧЕРЕЗЪ Р. BREGENZER ACH БЛИЗЪ Г. UVBS НА ДУНАБЪ.

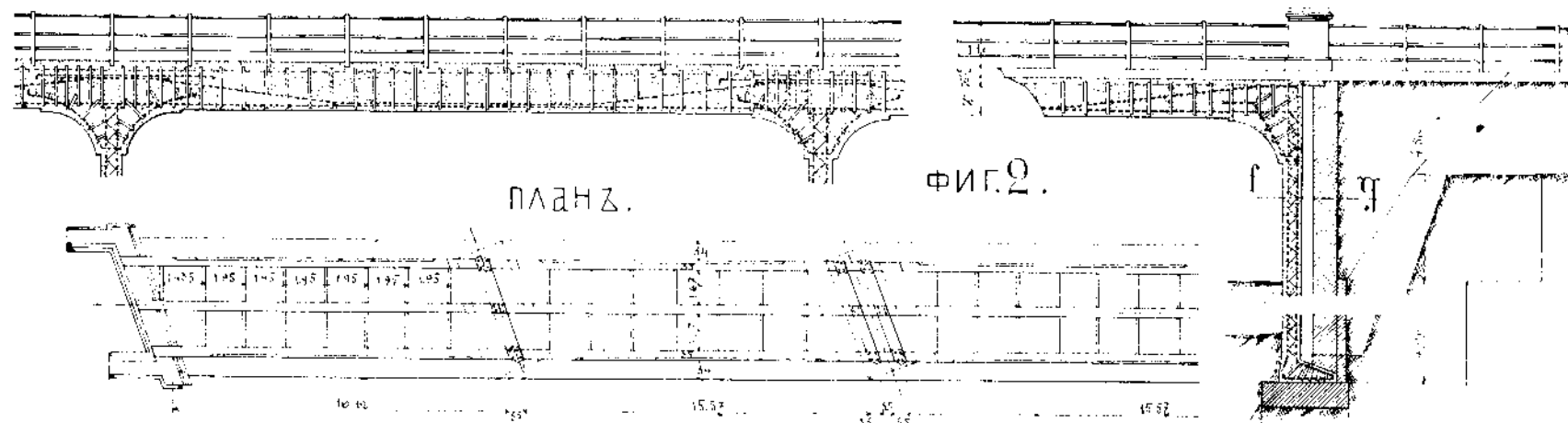
[АВСТРІЯ.]

фасадъ.



фиг.1.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

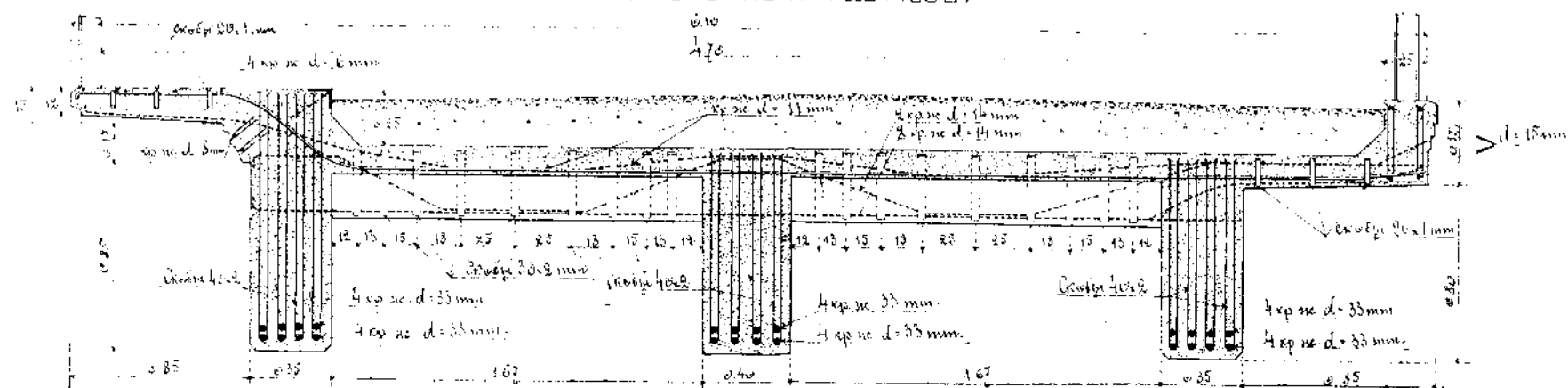


планъ.

фиг.2.

фиг.3.

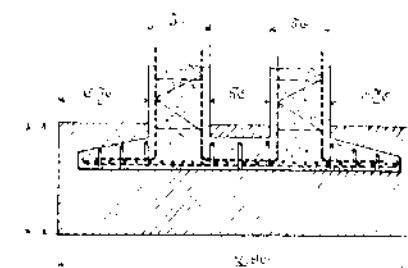
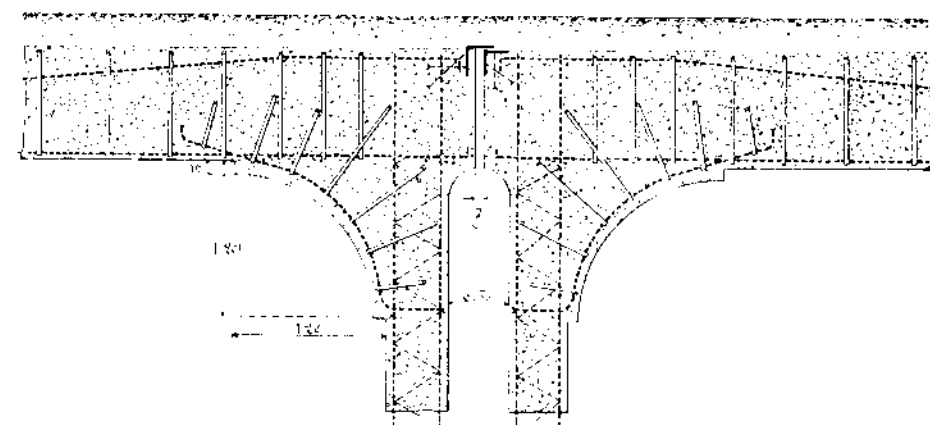
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



фиг.4.

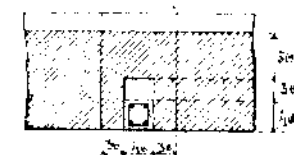
ДЕТАЛИ.

шва на споръ.



фиг.5.

свѣщеніе.



фиг.6.

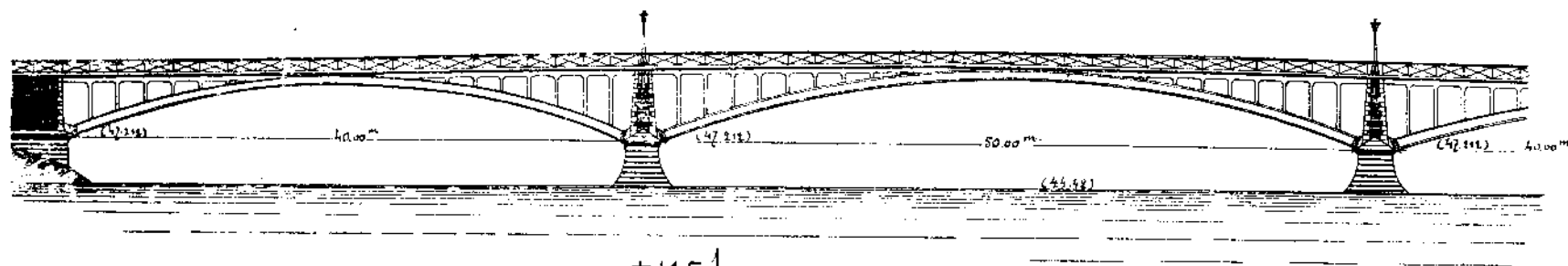
М О С Т Ы .

ТАБЛИЦА 30. Фиг.1-5.

МОСТЪ НА Р. VIENNE ВЪ CHATELLERAULT.

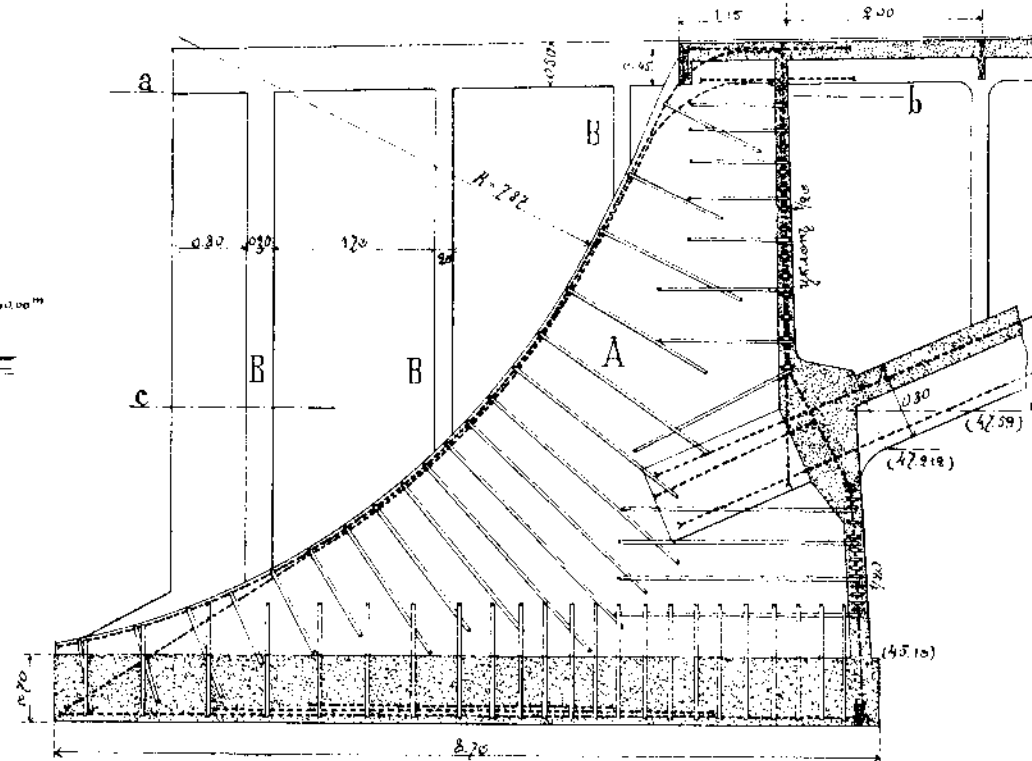
[ФРАНЦІЯ.]

Φαλαγγες.



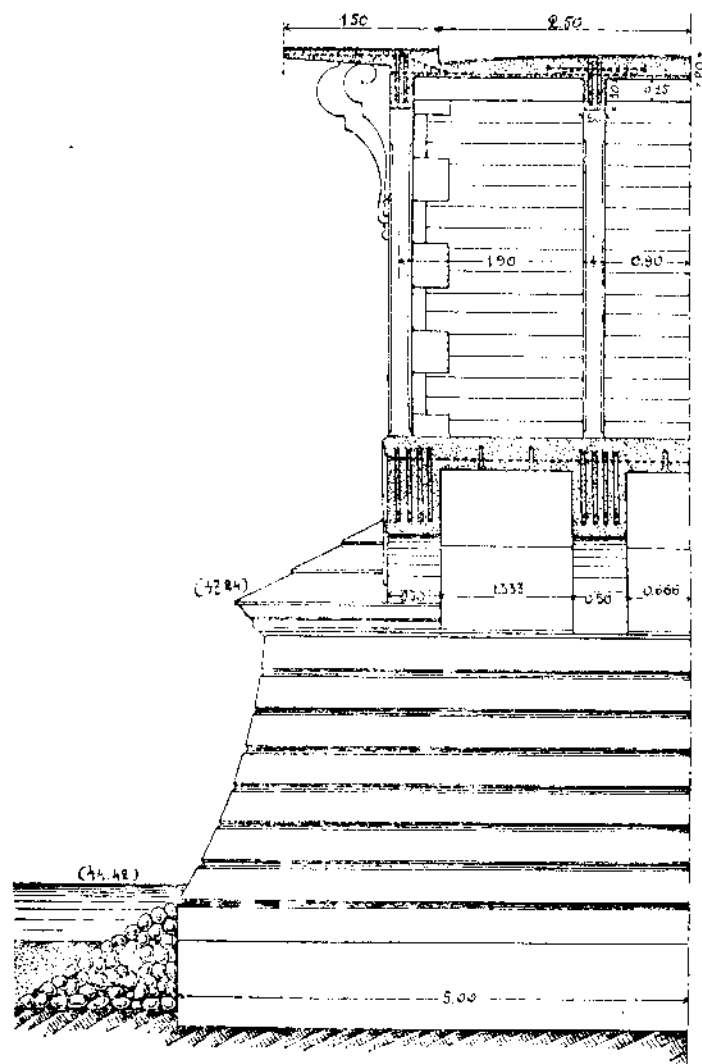
Фиг. 1.

РАЗРЪЗЪ УСТОЯ ПО mm.



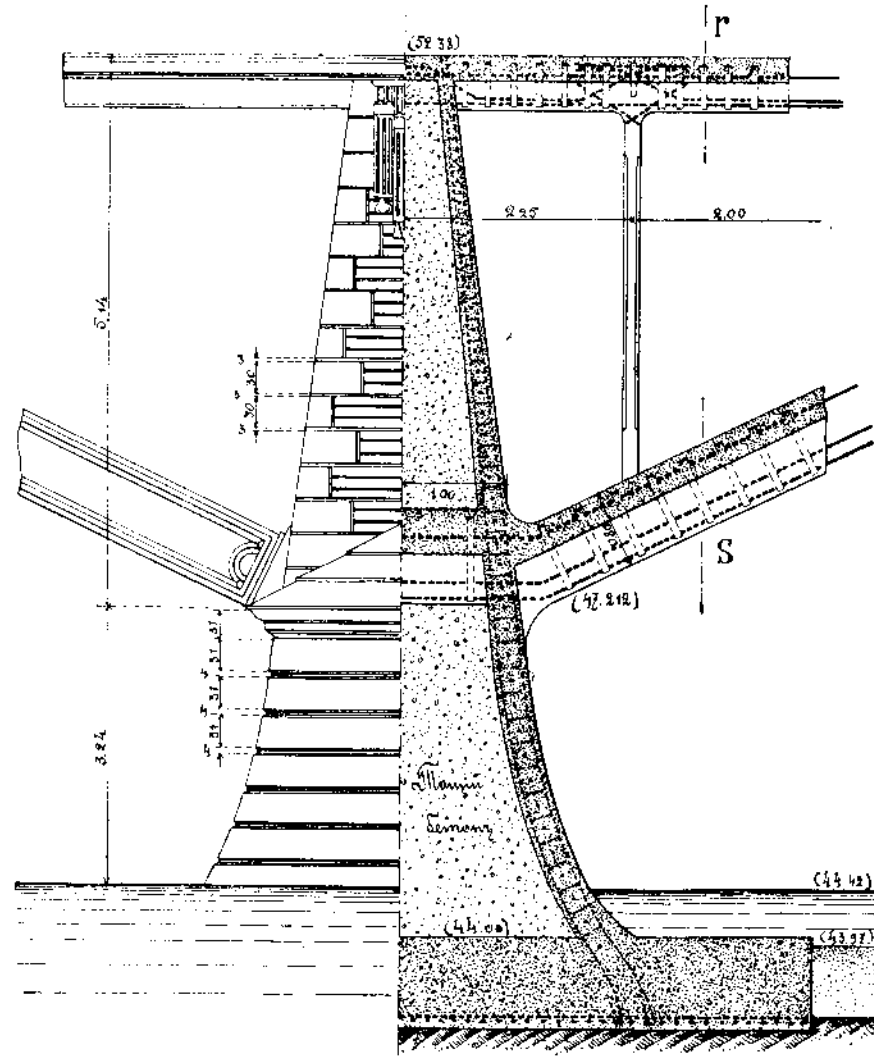
по ab. фиг. 4.

PA3P63Z NO RS.

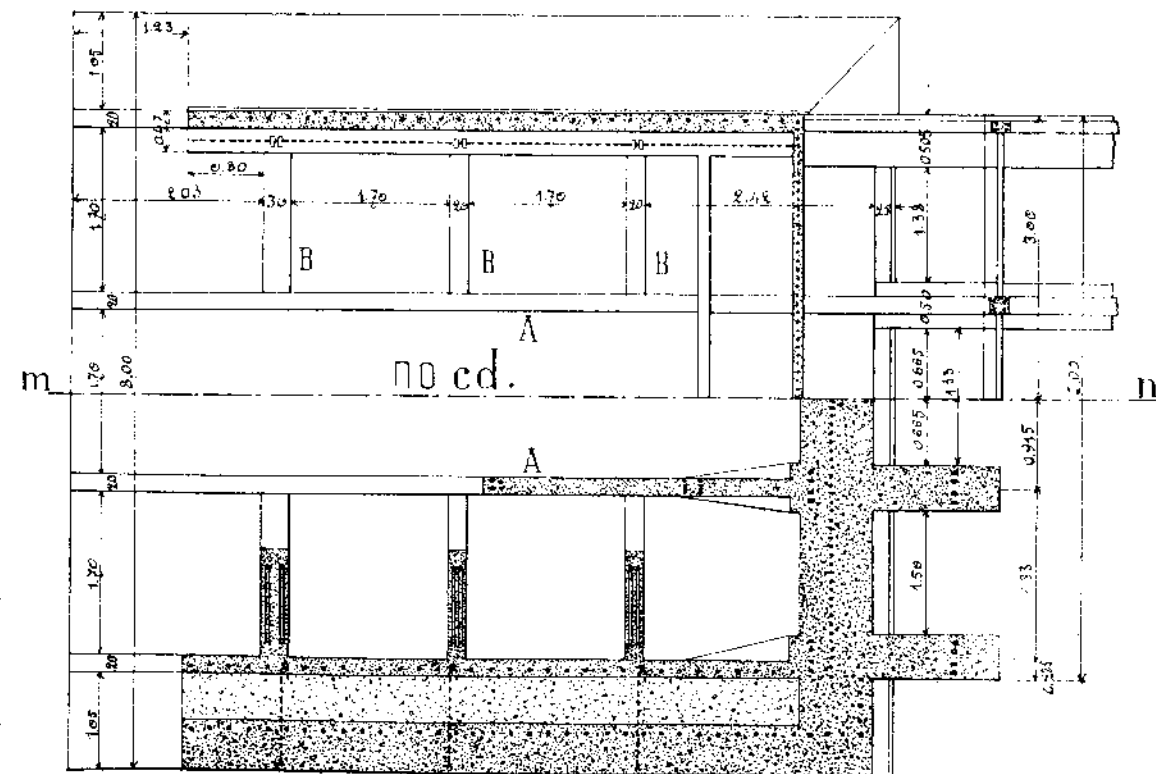


Фиг. 2.

ФАСАДЪ И РАЗРЪЗЪ БЫКА.



ФИГ. 3.



ФИГ. 5.

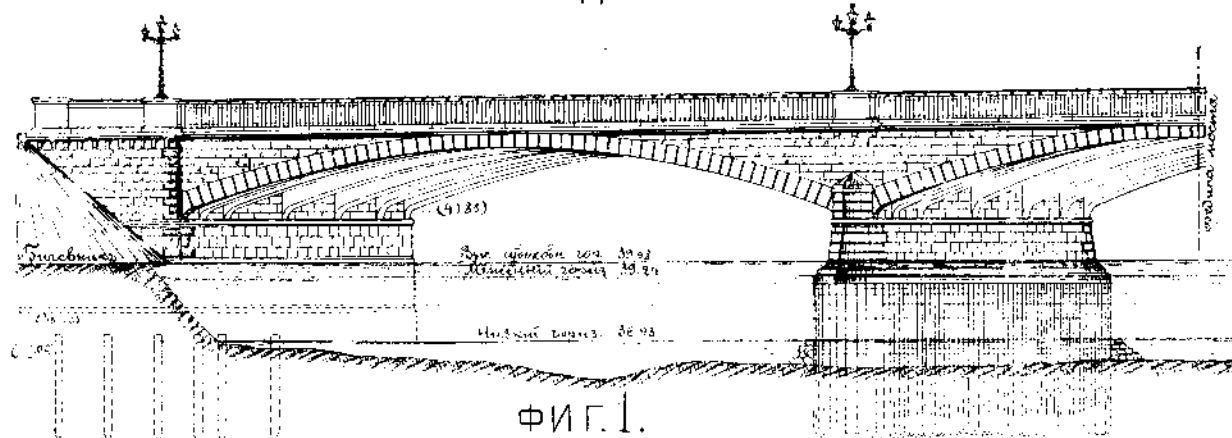
МОСТЫ.

ТАБЛИЦА 31. фиг.1-6.

МОСТЪ ЧЕРЕЗЪ R.AISNE ВЪ СУАССОНЪ.

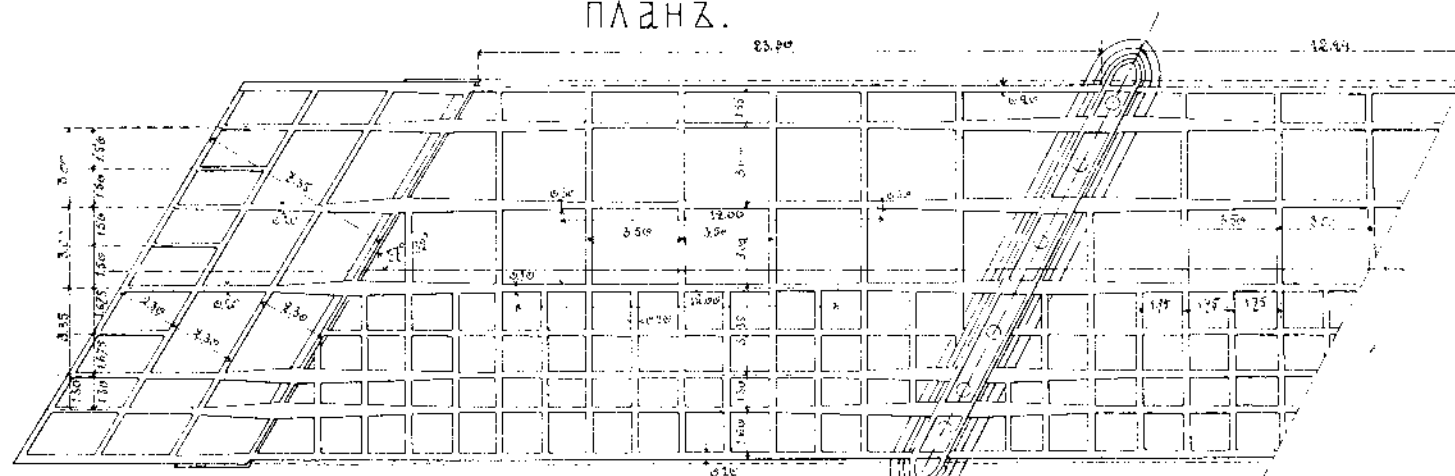
[ФРАНЦІЯ.]

фасадъ.



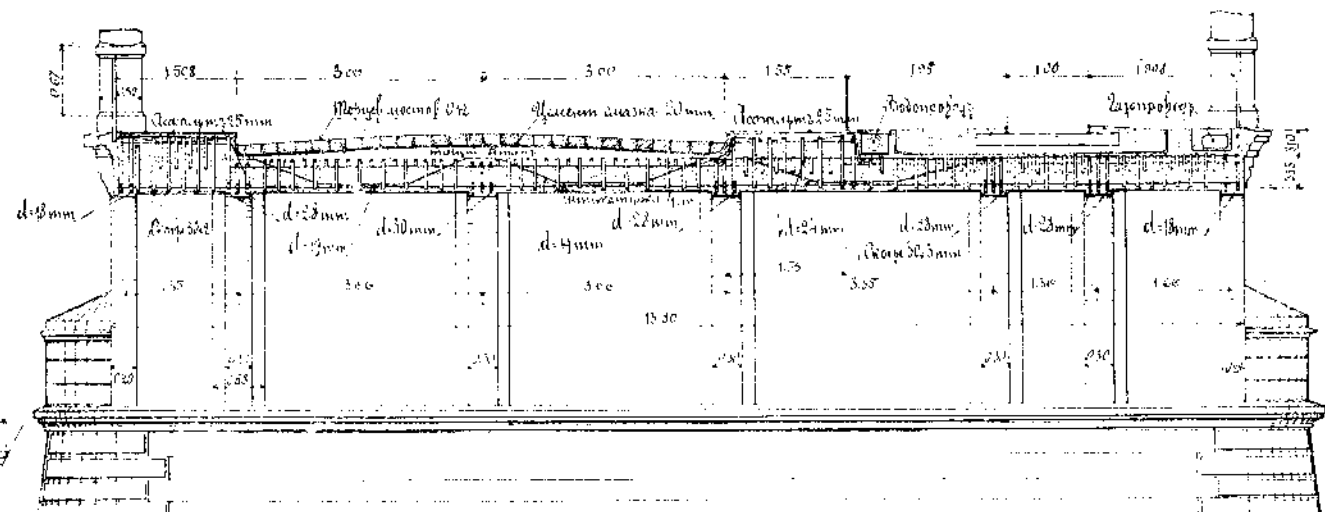
ФИГ.1.

планъ.



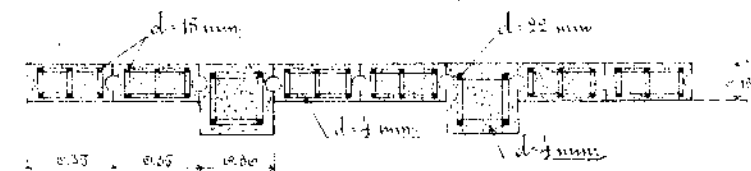
ФИГ.2.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



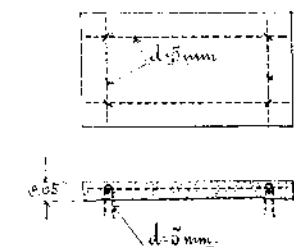
ФИГ.3.

ШПУНТОВЫЙ РЯДЪ.



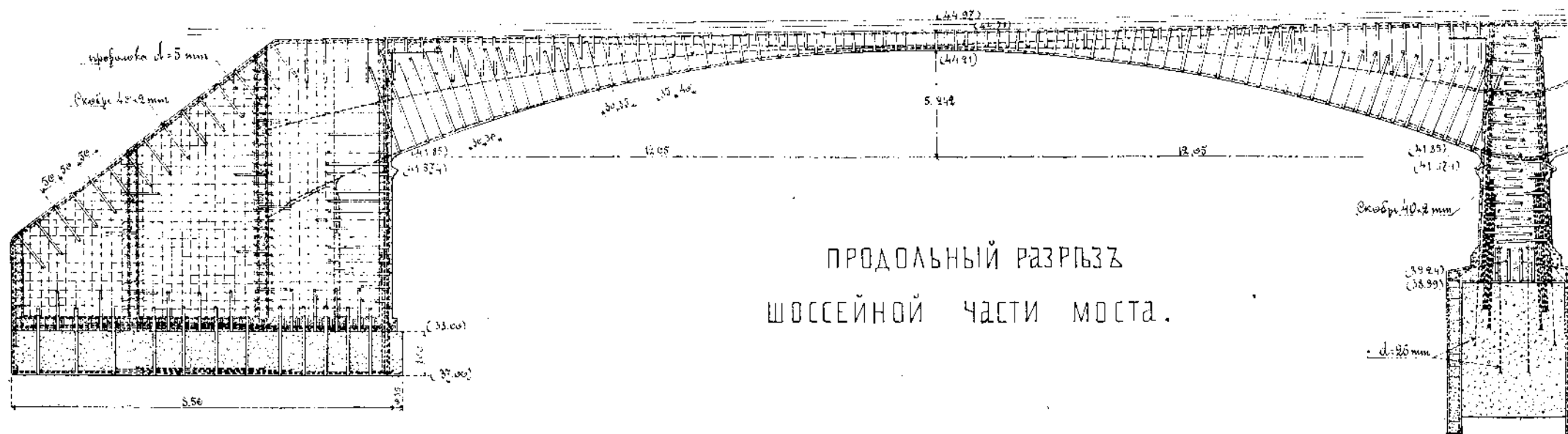
ФИГ.5.

ОБЛИЦОВОЧНЫЯ ПЛИТКИ.



ФИГ.6.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ
ШОССЕЙНОЙ ЧАСТИ МОСТА.



ФИГ.4.

МОСТЫ.

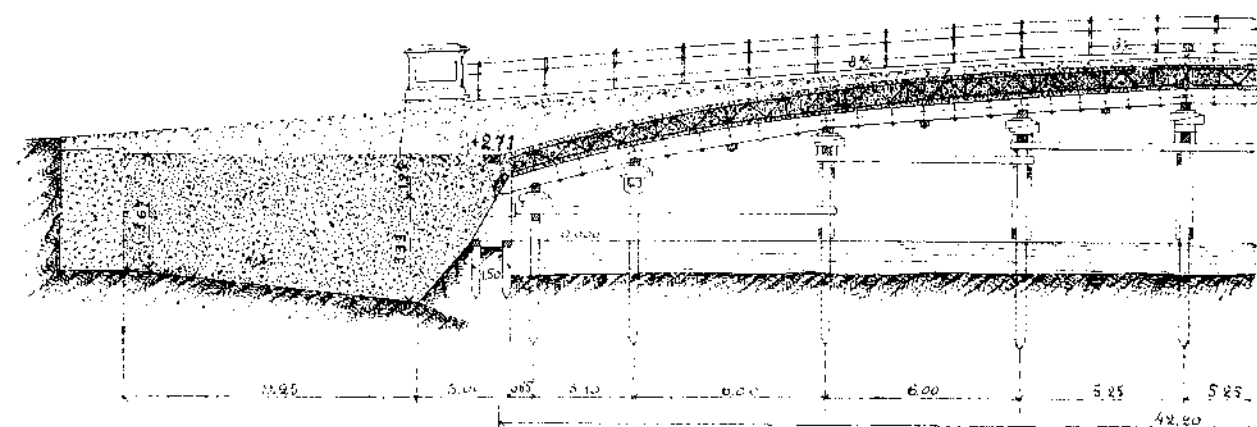
ТАБЛИЦА 32. Фиг. 1-9.

МОСТЪ НА Р СТЕУР.

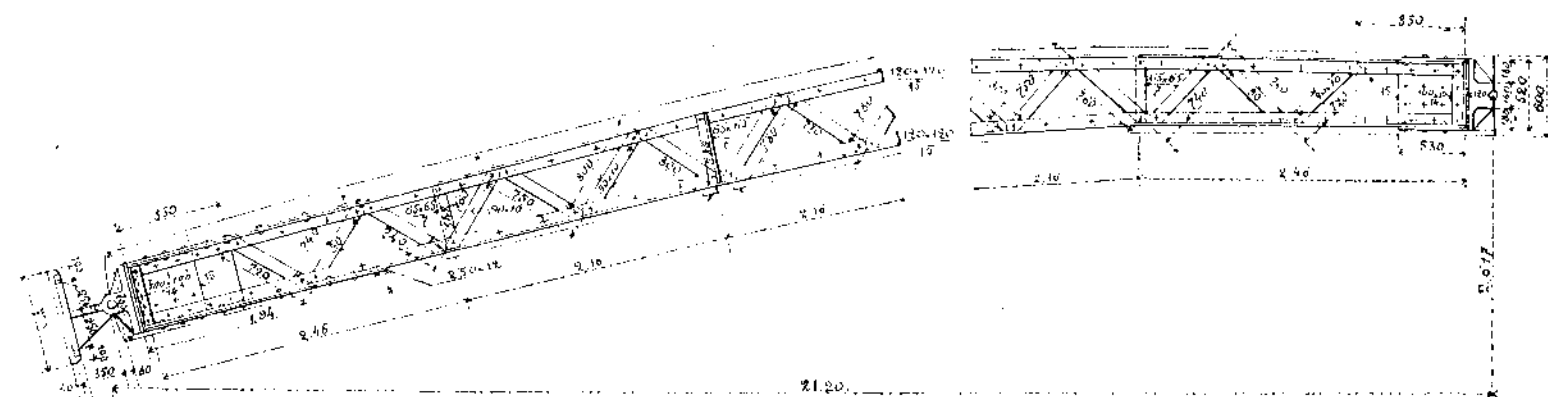
[АВСТРІЯ.]

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЫЗ.

МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ АРКА.



Фиг. 1.



ФИГ. 1.

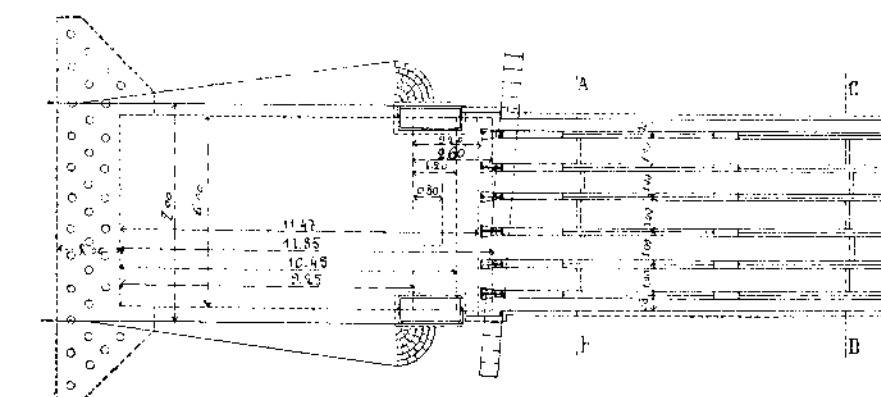
ПОПЕРЕЧНАЯ СВЯЗИ.

AB.

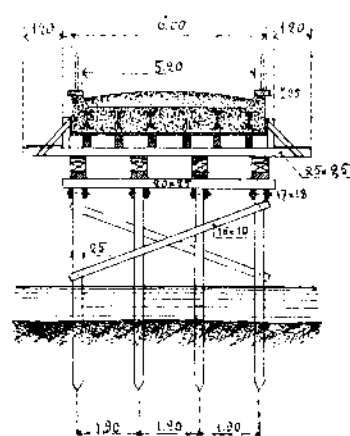
CU.

ПЛАНЪ.

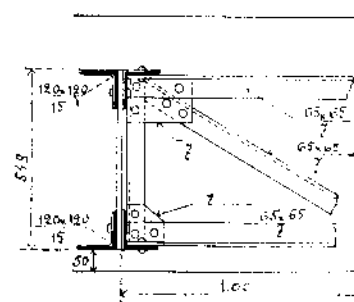
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЫЗ.



ФИГ. 2.

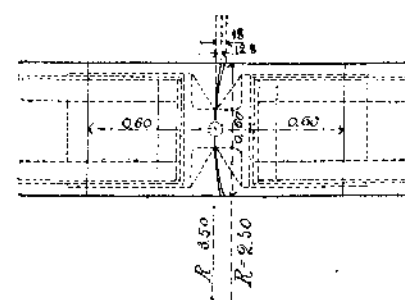


ФИГ. 3.

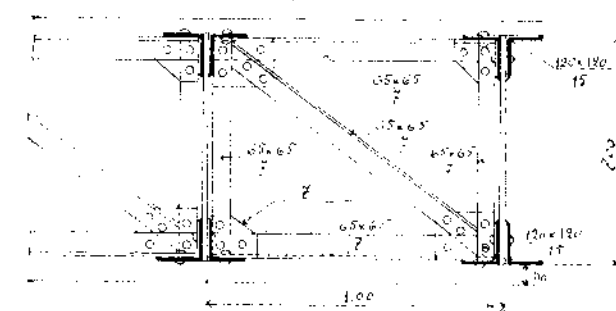


ФИГ. 5.

КЛЮЧЕВОЙ ШАРНИРЪ.

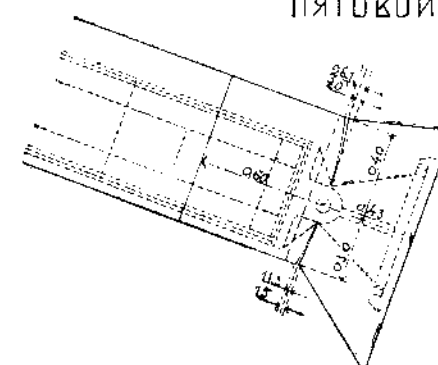


ФИГ. 7.

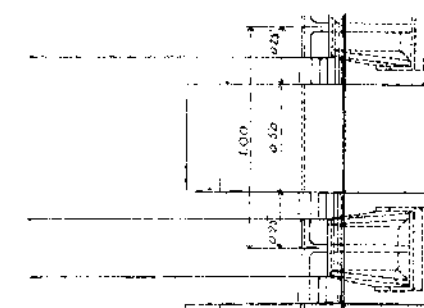


ФИГ. 6.

ПЯТОВОЙ ШАРНИРЪ.



ф и г. 8.



ФИГ. 9.

М О С Т Ы .

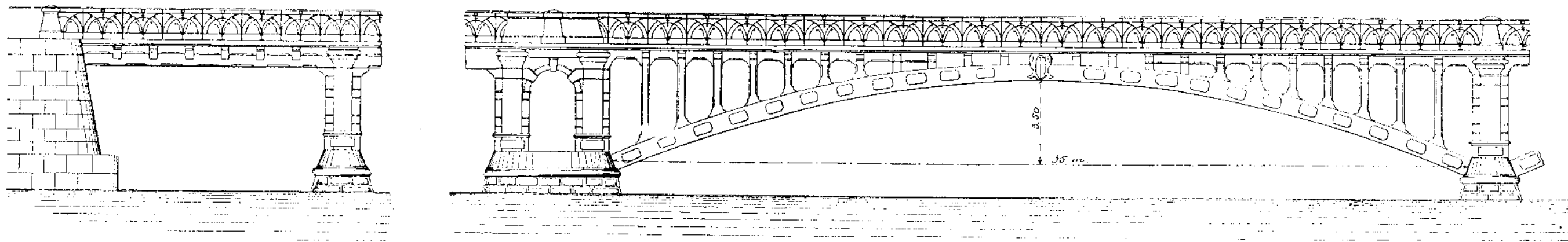
ТАБЛИЦА 33. фиг.1-9.

МОСТЪ ЧЕРЕЗЪ Р. RIO CAUDAL ВЪ МІЕРЕС.

[ИСПАНІЯ.]

ФАСАДЪ БЕРЕГОВОГО ПРОЛЕТА.

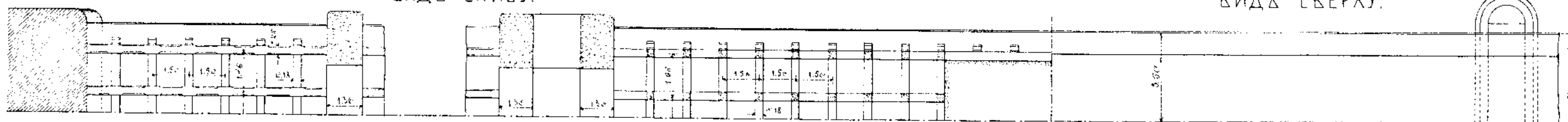
Фасадъ СРЕДНЯГО ПРОЛЕТА.



ФИГ. 1.

ВИДЪ СНИЗУ.

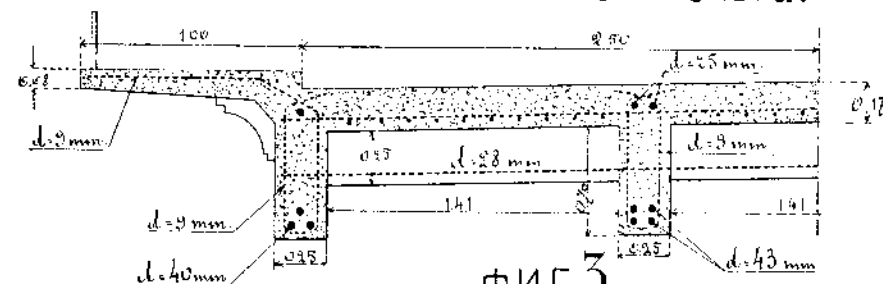
ВИДЪ СРЕХУ.



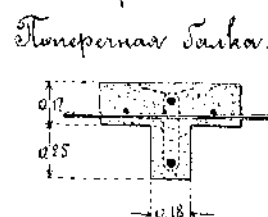
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЫЗЪ КРАЙНЯГО ПРОЛЕТА.

ФИГ. 2.

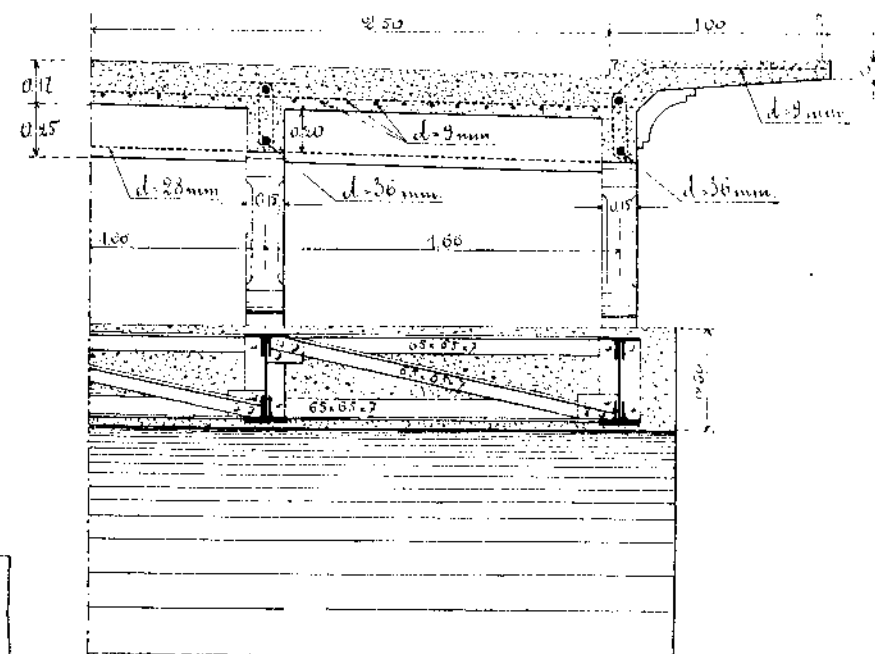
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЫЗ СРЕДНЯГО ПРОЛЕТА.



ФИГ. 3.

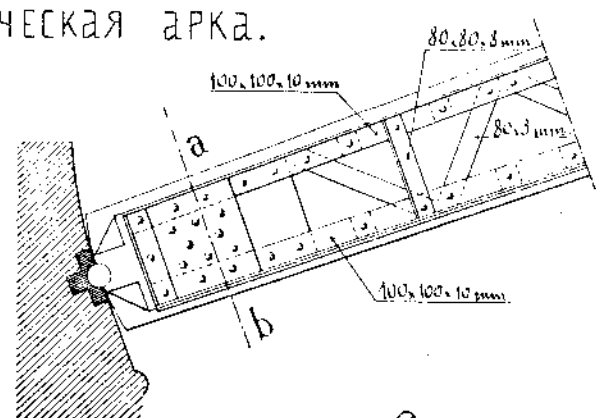


Фиг. 5.

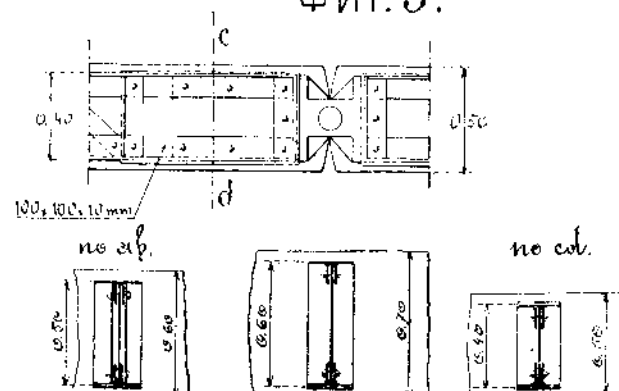


Фиг. 4.

МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ арка.



ФИГ. 6.



Фиг. 7-8-9.

M O C T b .

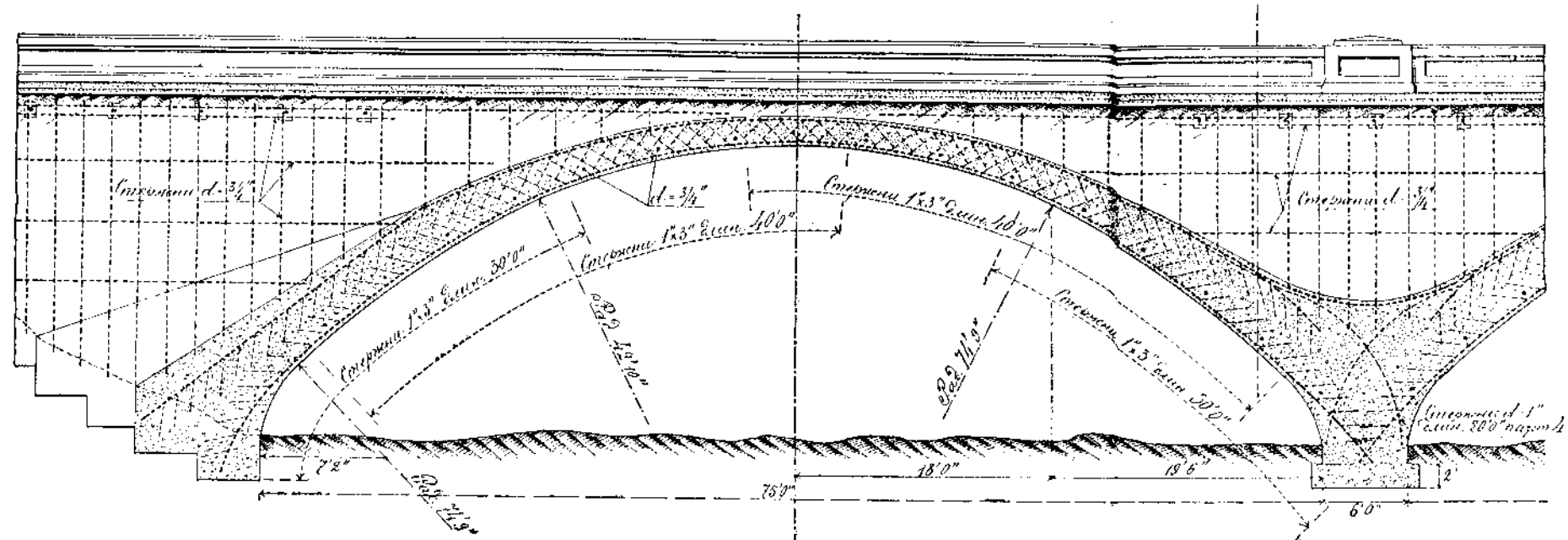
ТАБЛИЦА 34. фиг.1-4.

МОСТЪ НА Р. CHARLEY CREEK ВЪ WABASH

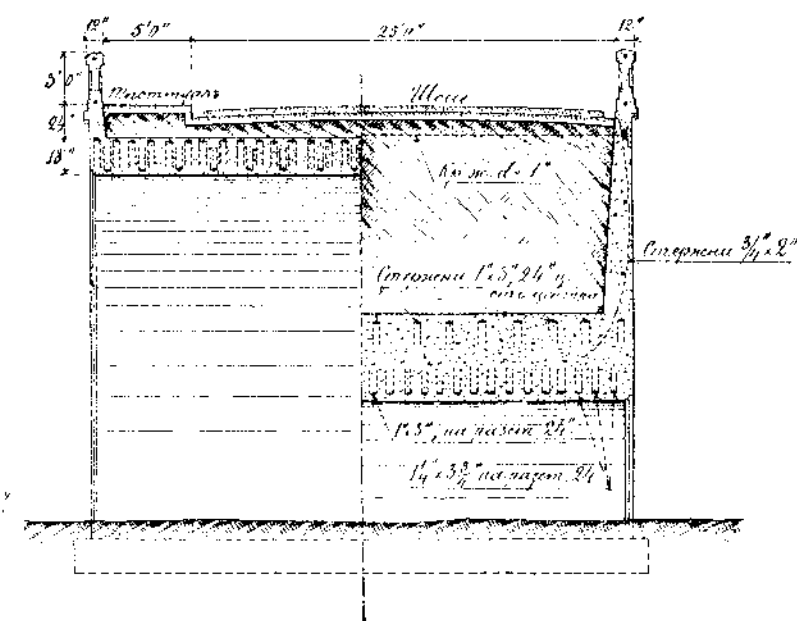
[С:А. ОЕД. ШТ.]

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЪЗЪ.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЫЗ.



Фиг.1.

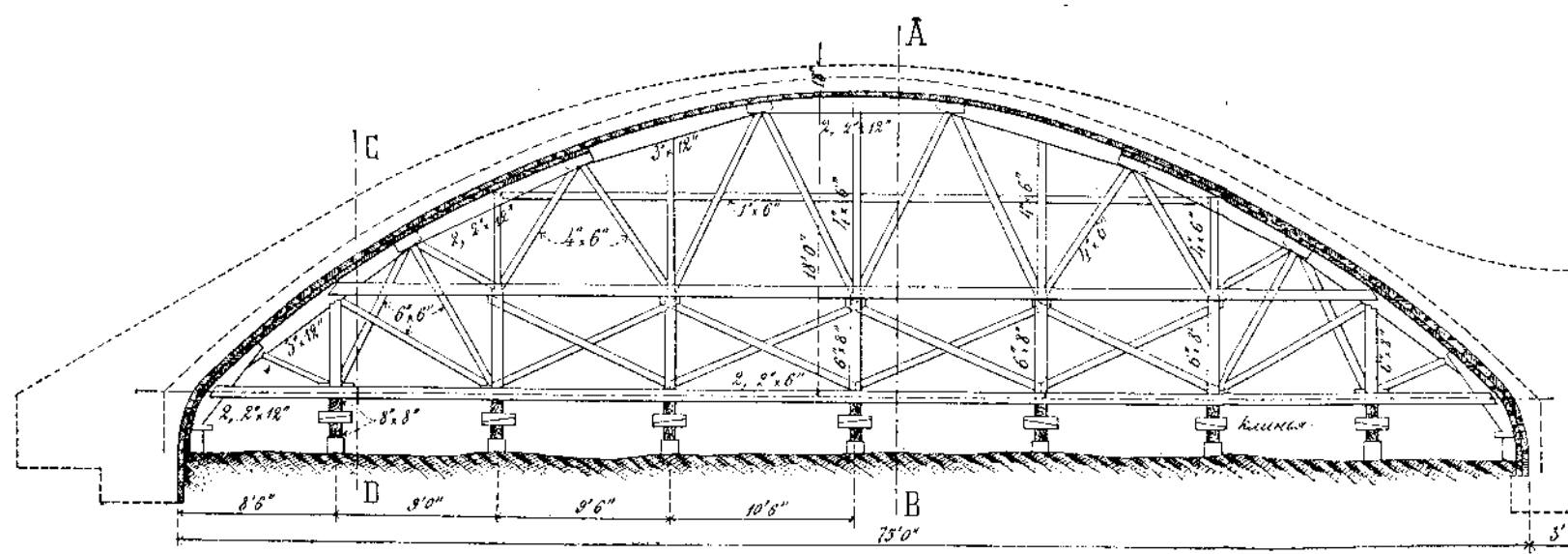


фиг. 2.

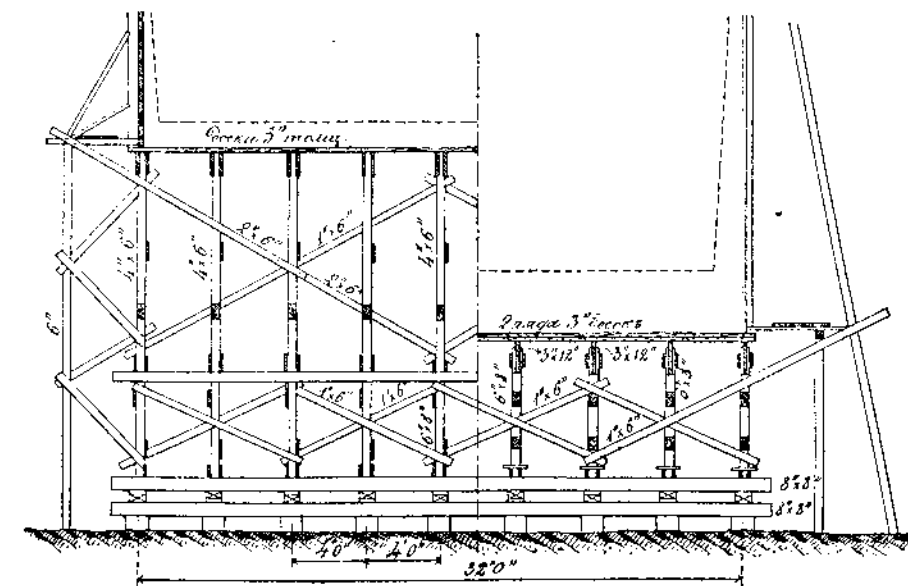
УСТРОЙСТВО КРУЖАЛЗ И ОПАЛУБКИ:

по АВ.

no CD.



ФИГ. 3.



ФИГ. 4.

МОСТЫ.

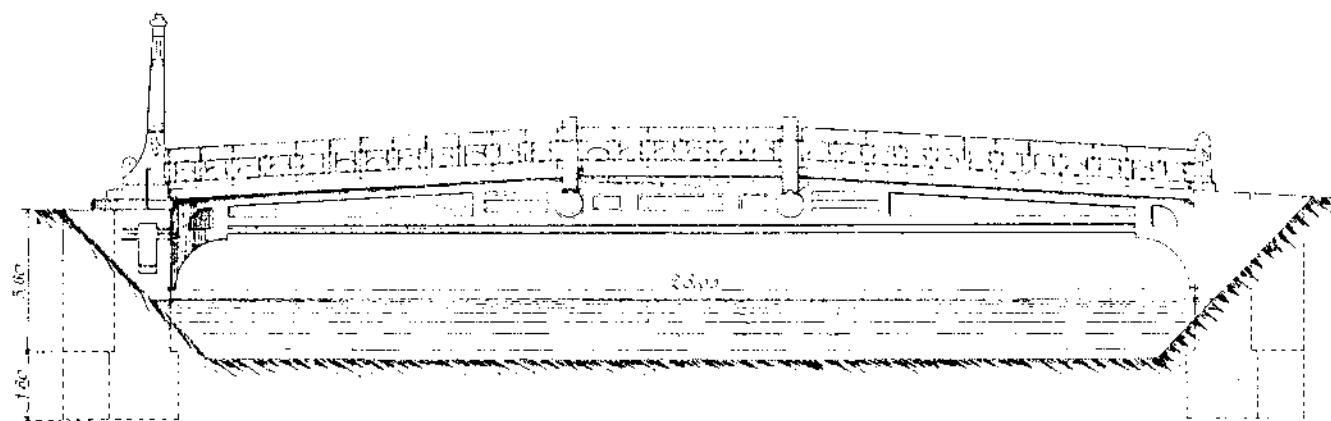
ТАБЛИЦА 35. Фиг.1-7.

ПЕШЕХОДНЫЕ МОСТЫКИ.

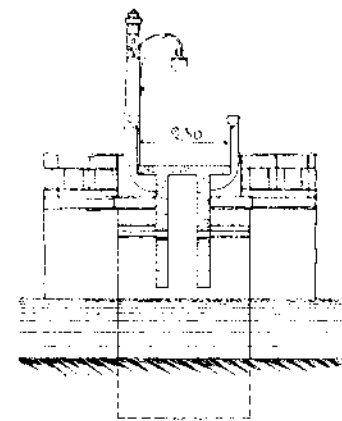
МОСТИКЪ ЧЕР. Р. SCHWARZA ВЪ ПЕЙЕРВАХЪ, БЛИЗЪ ВѢНЫ.

фасадъ.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



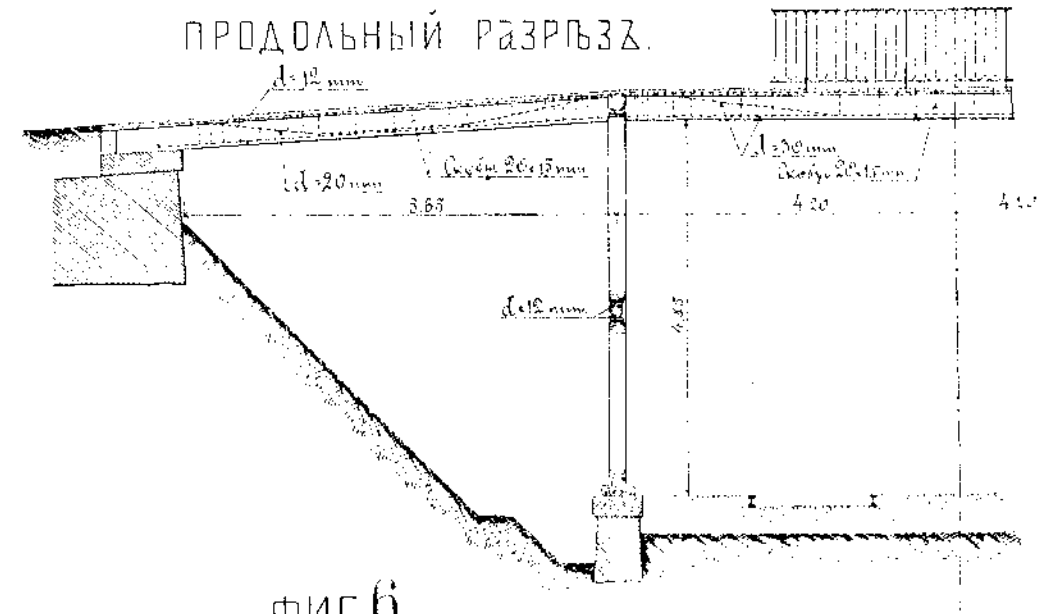
ФИГ.1.



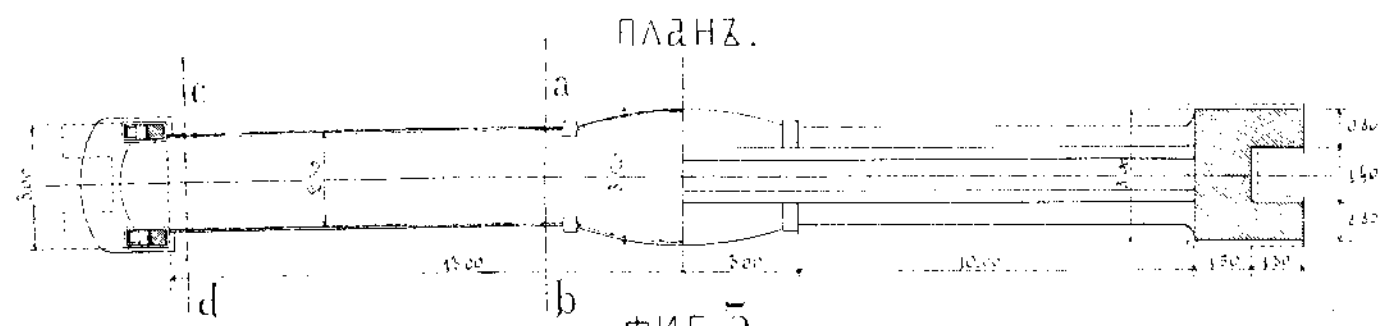
ФИГ.2.

МОСТИКЪ НА Ж.Д. ПАРИЖЪ-ОРЛЕАНЪ.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.

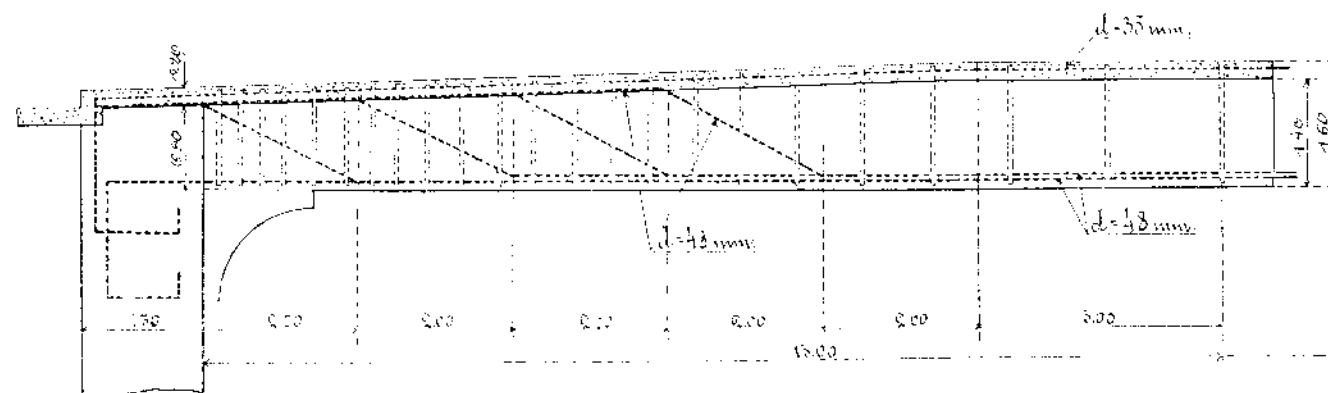


ФИГ.6



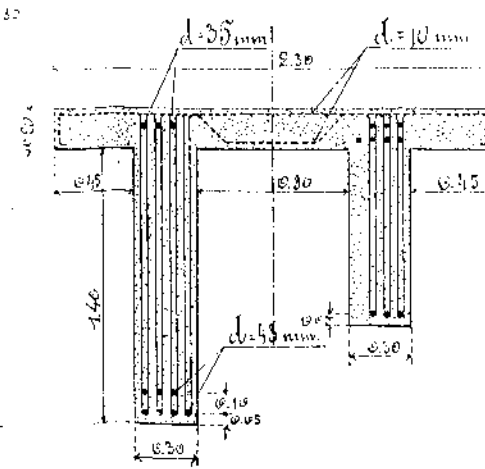
ФИГ.3.

ДЕТАЛЬ ПРОДОЛЬНОЙ БАЛКИ.



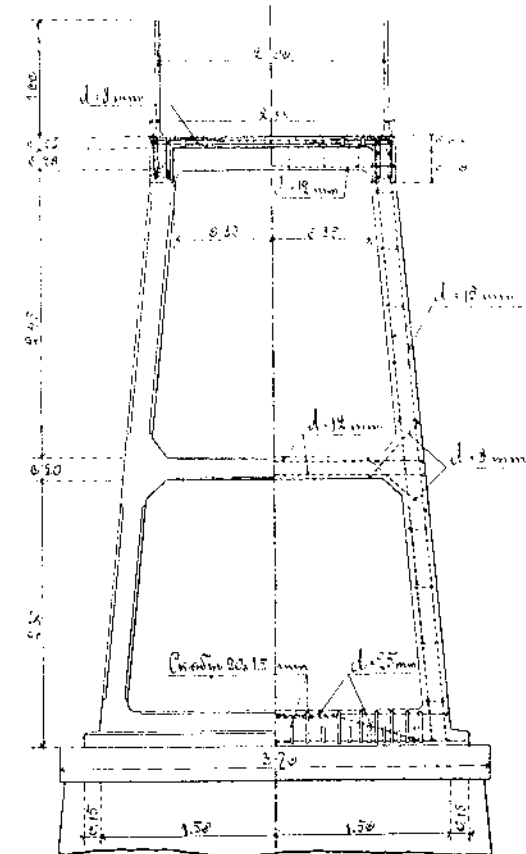
ФИГ.4.

по аб. по cd.



ФИГ.5.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



ФИГ.7.

МОСТЫ.

ТАБЛИЦА 36. Фиг.1-9

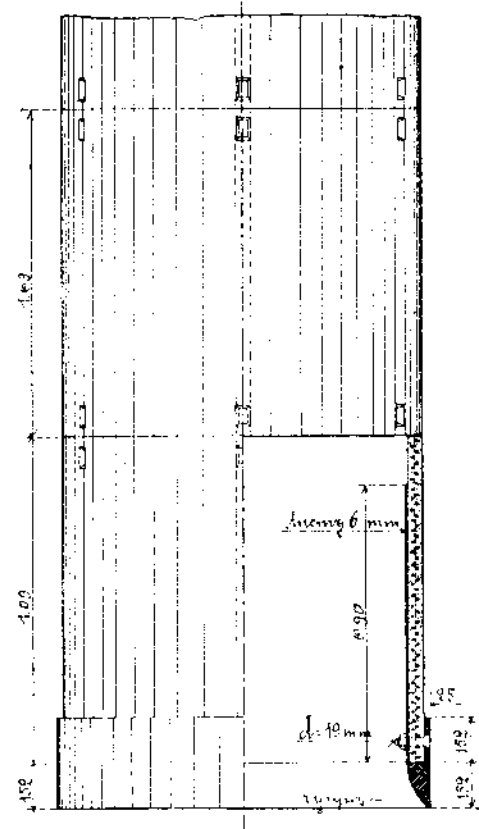
ОПУСКНЫЕ КОЛОДЦЫ.

КЕССОНЫ НА ВОСТ.-КИТАЙСКОЙ Ж.Д.

МОСТЪ НА Р. СОСЛЕ СРЕЕКЪ БЛИЗЪ СИДНЕЯ.

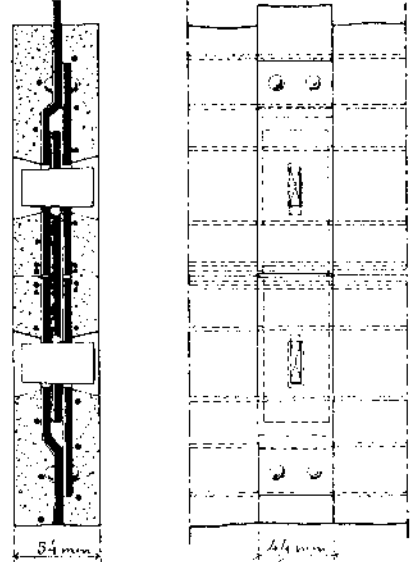
СИСТЕМА ИНЖ. А.Н. ЛЕНТОВСКАГО.

ОП. КОЛОДЕЦЪ.



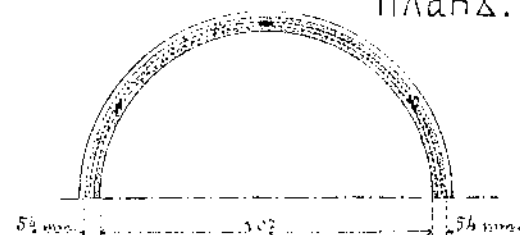
Фиг. 5.

ДЕТАЛИ СТЫКОВЪ.



Фиг. 7.

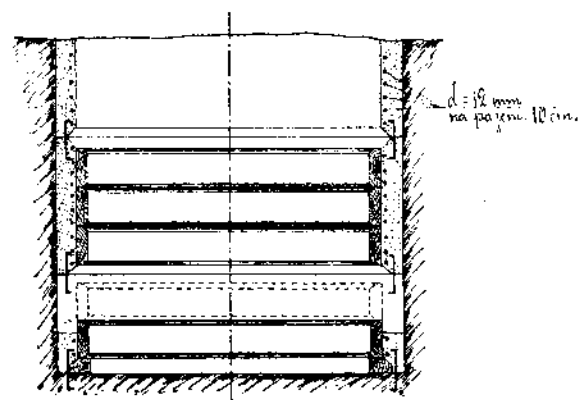
ПЛАНЪ.



Фиг. 6.

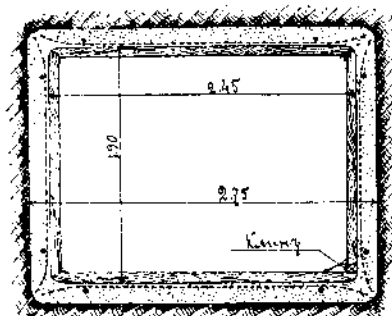
СИСТЕМА СИМОНСА.

РАЗРѢЗЪ.



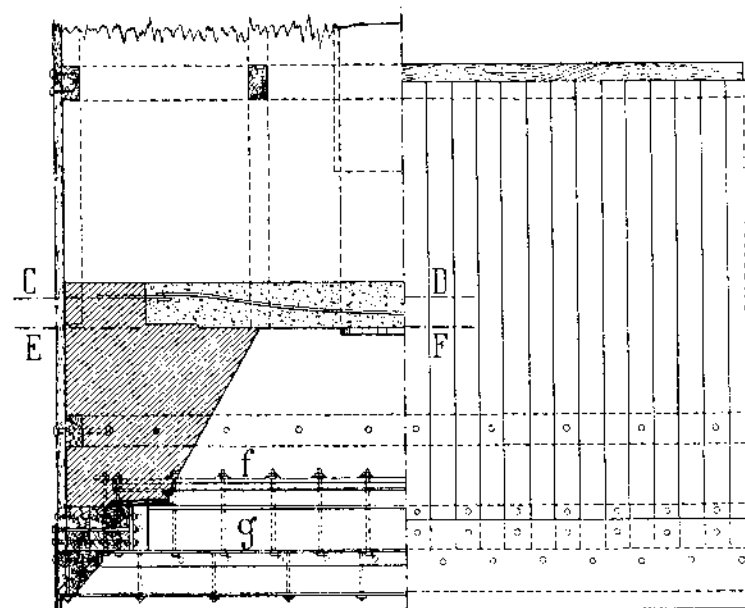
Фиг. 8.

ПЛАНЪ.



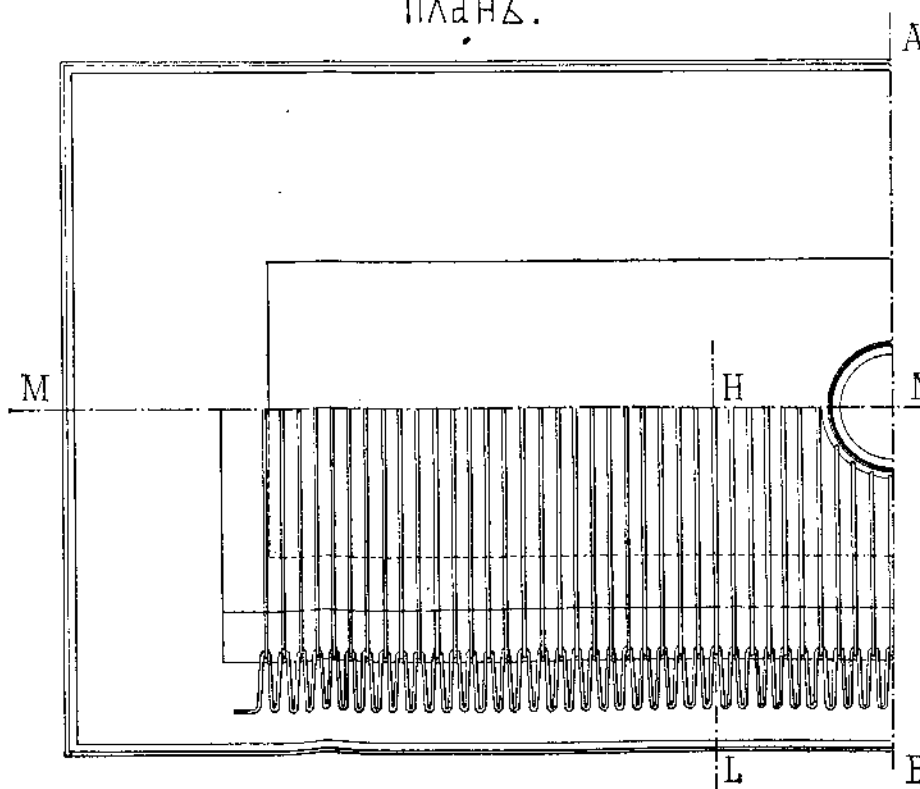
Фиг. 9.

РАЗРѢЗЪ ПО НЛ. БОКОВАЯ ОБШИВКА.



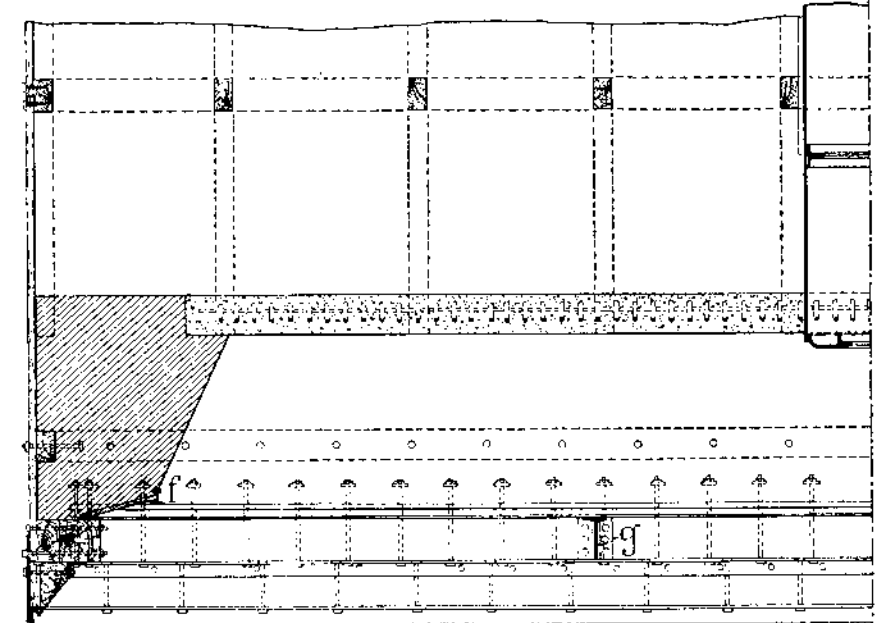
Фиг. 1.

ПЛАНЪ.



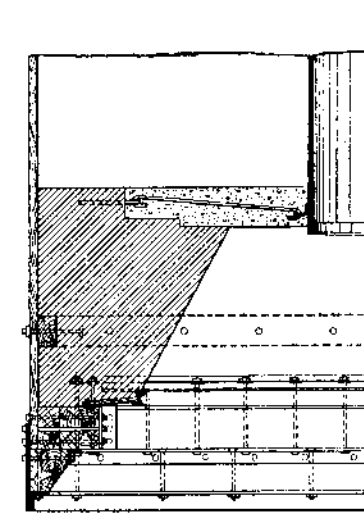
Фиг. 3.

РАЗРѢЗЪ ПО MN.



Фиг. 2.

ПО АВ.

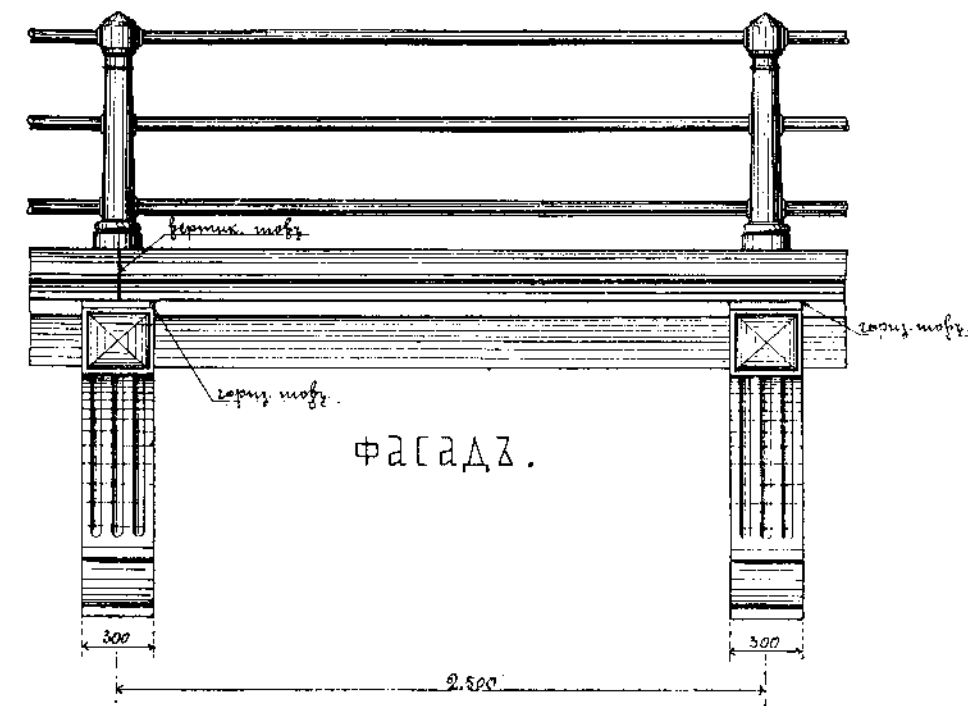
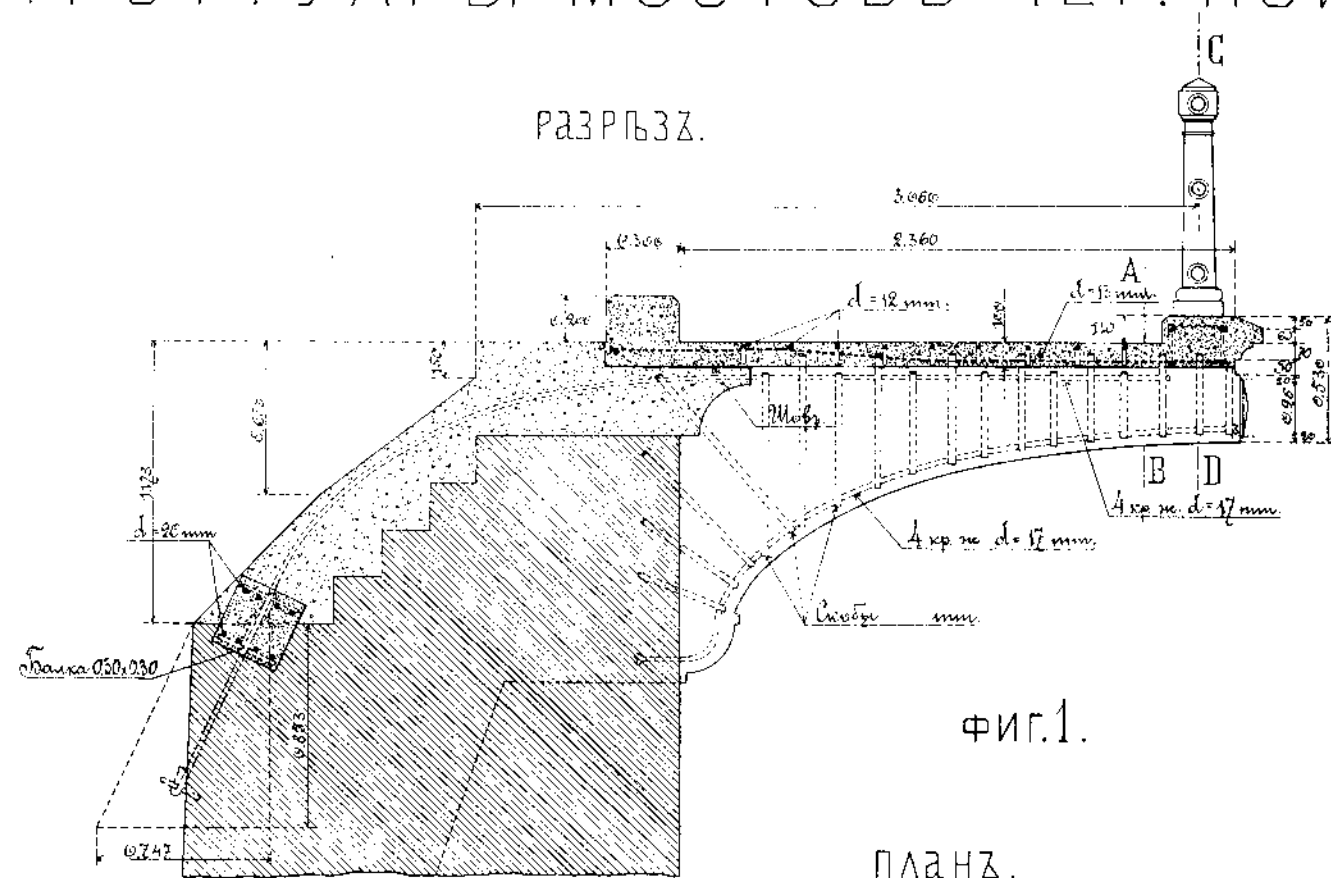


Фиг. 4.

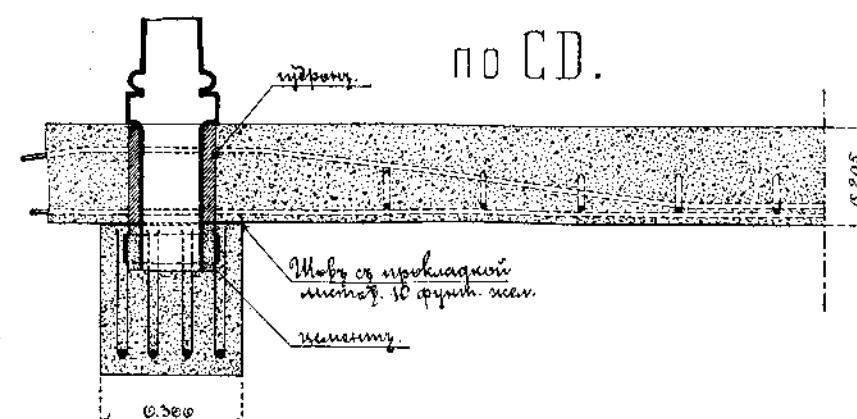
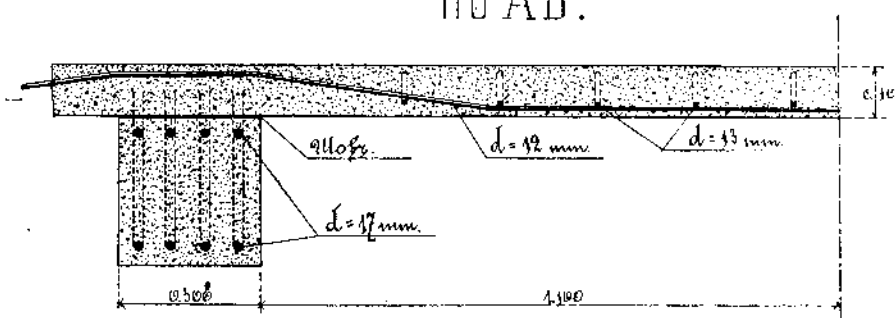
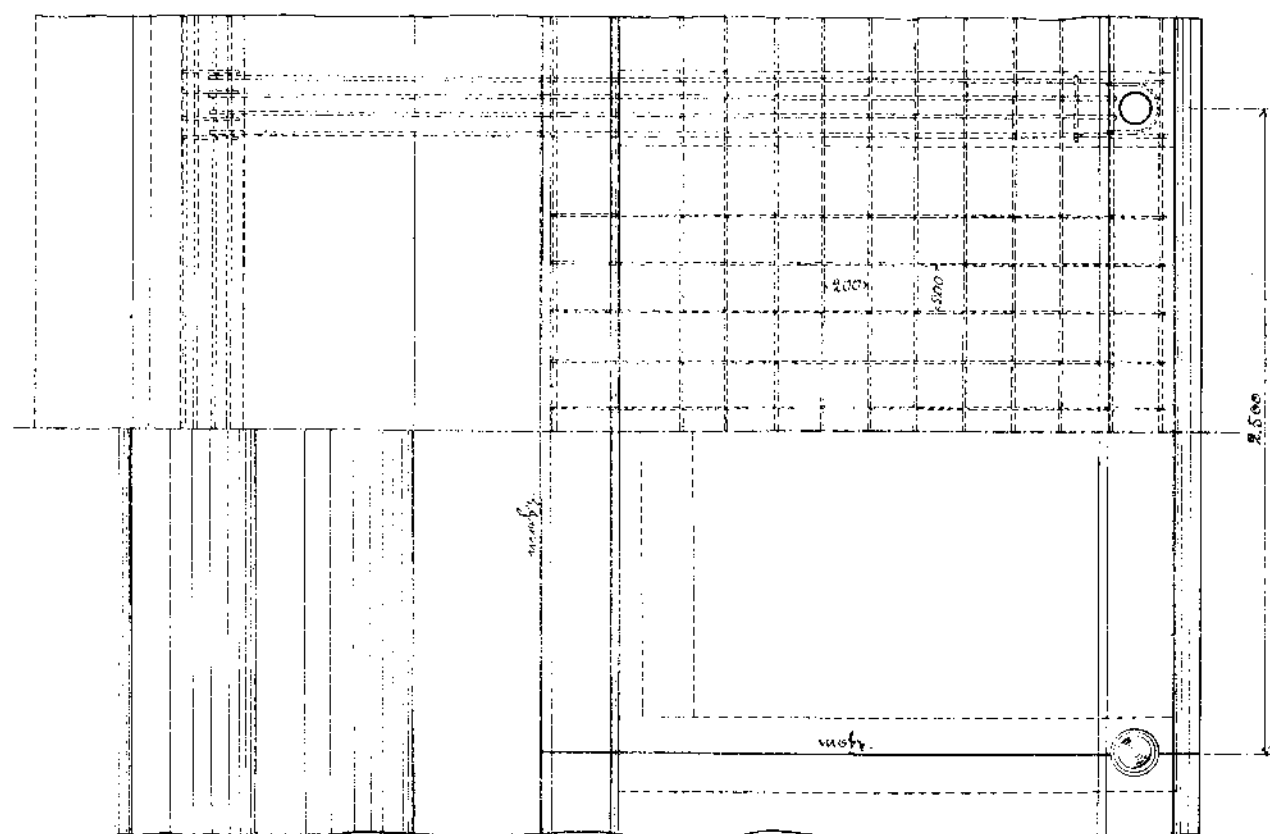
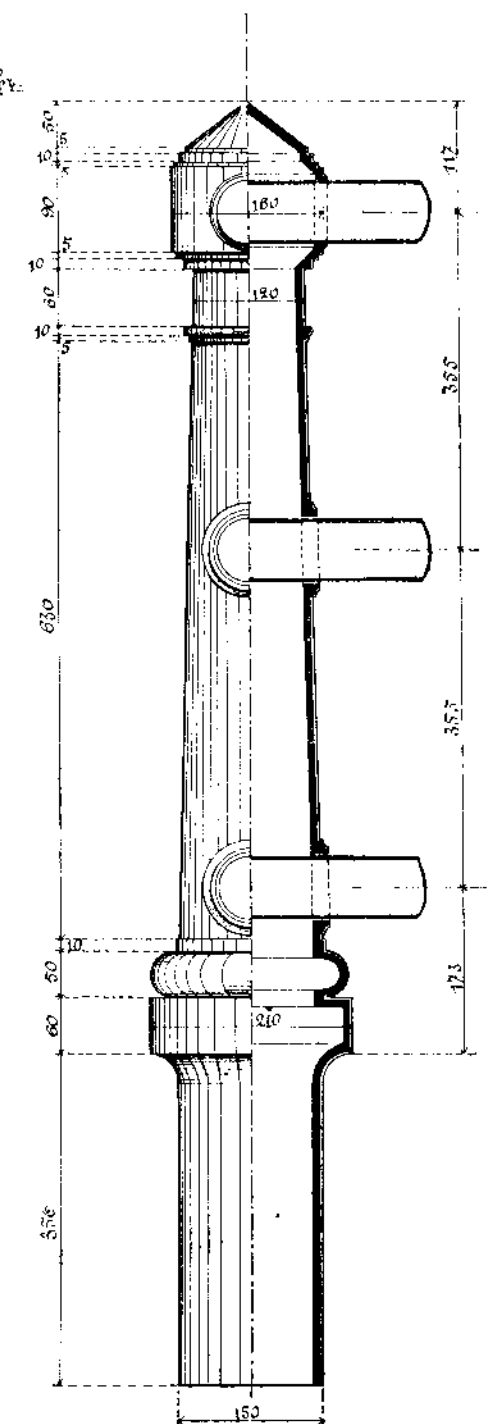
МОСТЫ.

ТАБЛИЦА 37. фиг.1-6.

ТРОТТУАРЫ МОСТОВЪ ЧЕР. ПОЙМУ Р. ДОНА НА 3,6 И 8 В. ВЛК. Ж.Д.



ДЕТАЛЬ
КОЛОНКИ.



Б А С С Е Н Ы .

ТАБЛИЦА 38. Фиг.1-6.

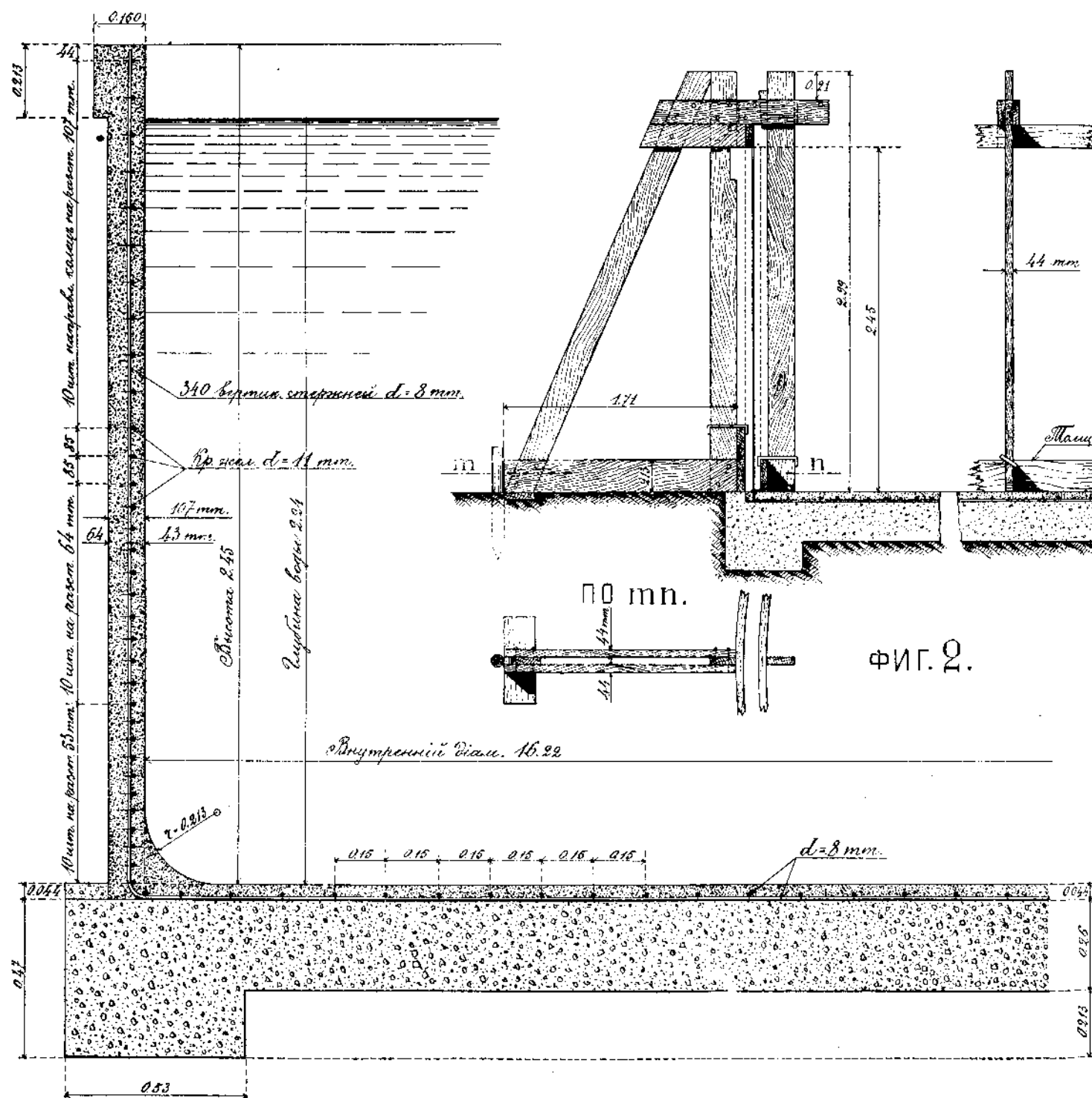
ОТСТОЙНЫЕ БАССЕЙНЫ НА СТ.ЕВЛАХЪ И ПОТИ.

[ЗАКАРКАЗСК. Ж.Д.]

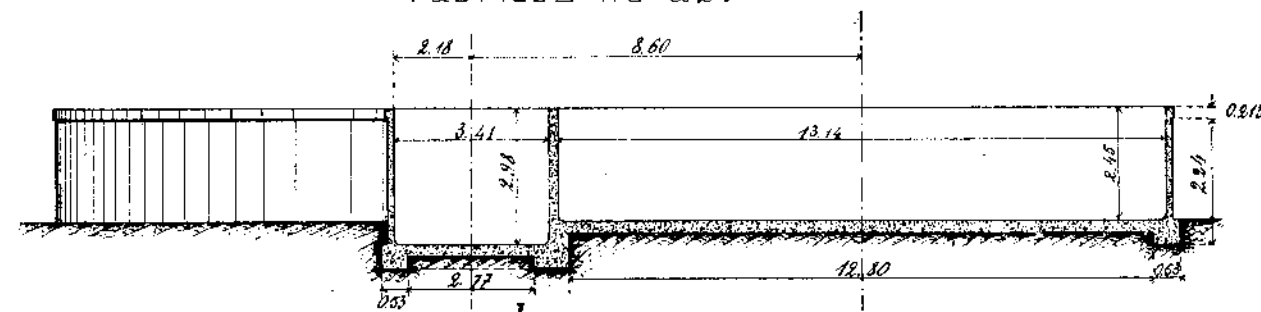
ВЕРТИКАЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ.

УСТРОЙСТВО ФОРМЗ.

РАЗРЪЗЪ ПО ab .

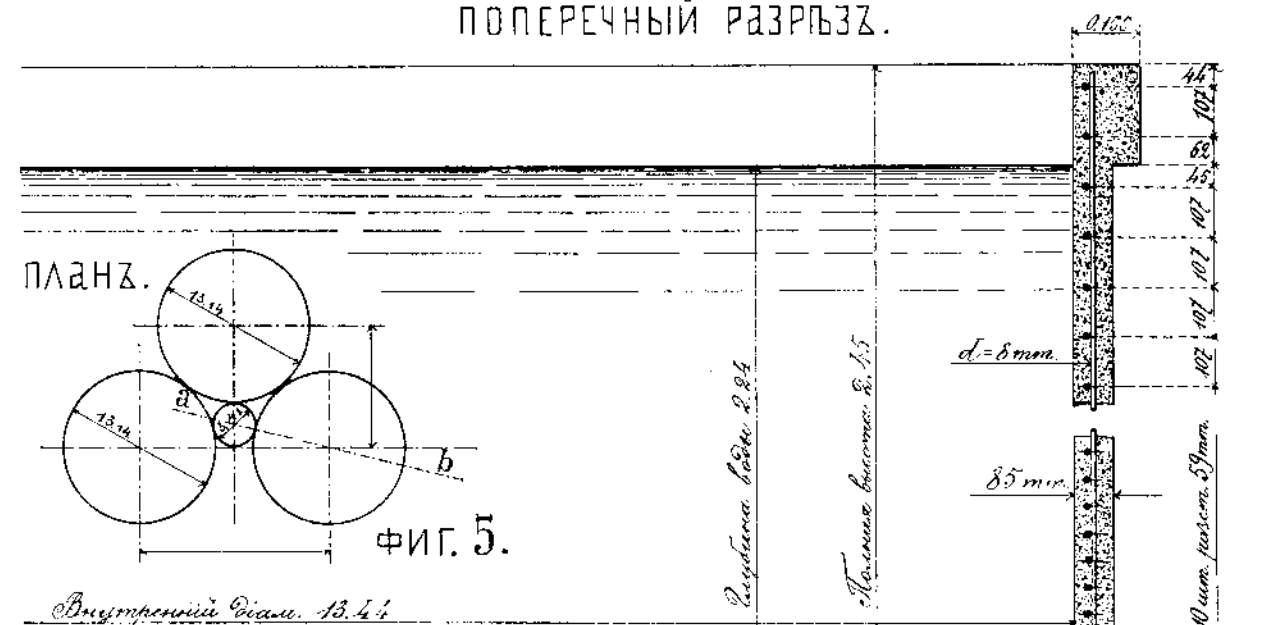


фиг. 1.



Фиг. 4.

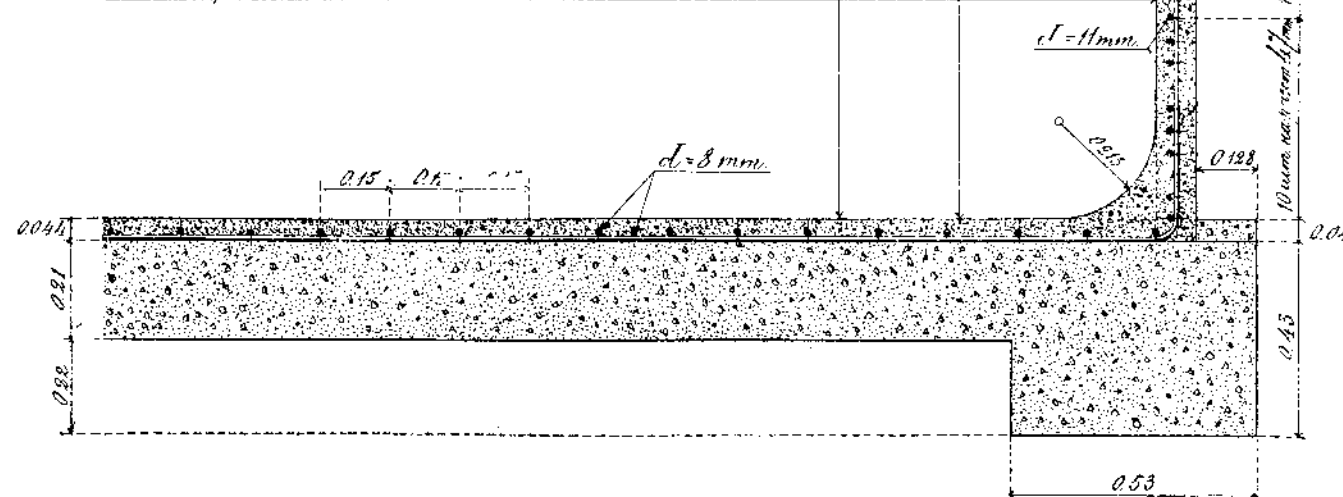
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЫЗ.



ПЛАНЪ.

ФИГ. 5.

Внутренний Diam. 13.44



фиг. 6.

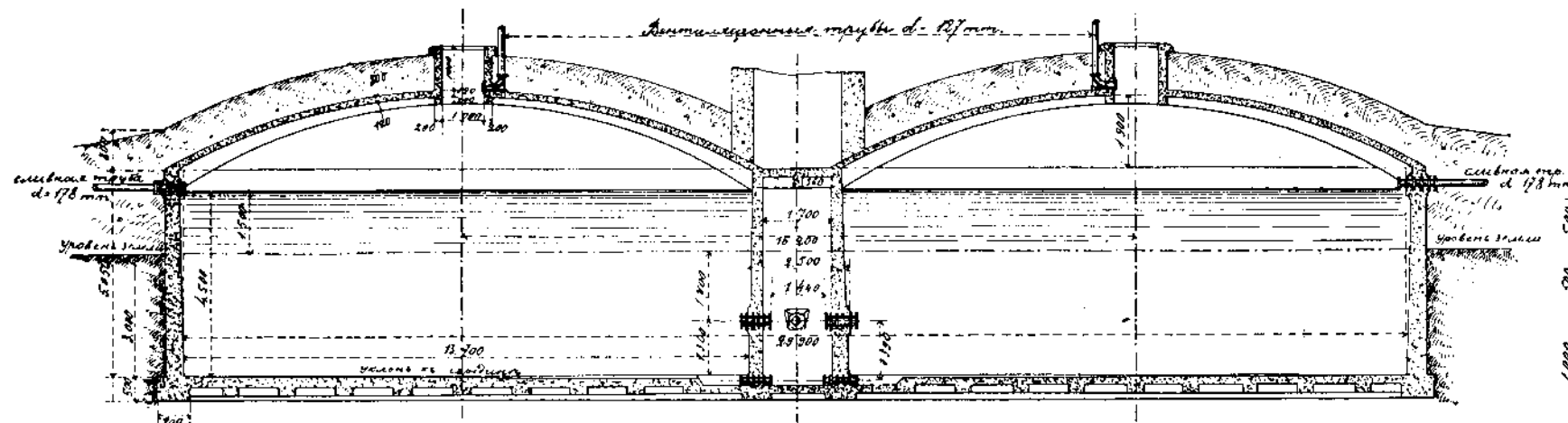
БАССЕЙНЫ.

ТАБЛИЦА 39. Фиг. 1-8.

ОТСТОЙНЫЕ БАССЕЙНЫ ВЪ СИНЕЛЬНИКОВО.

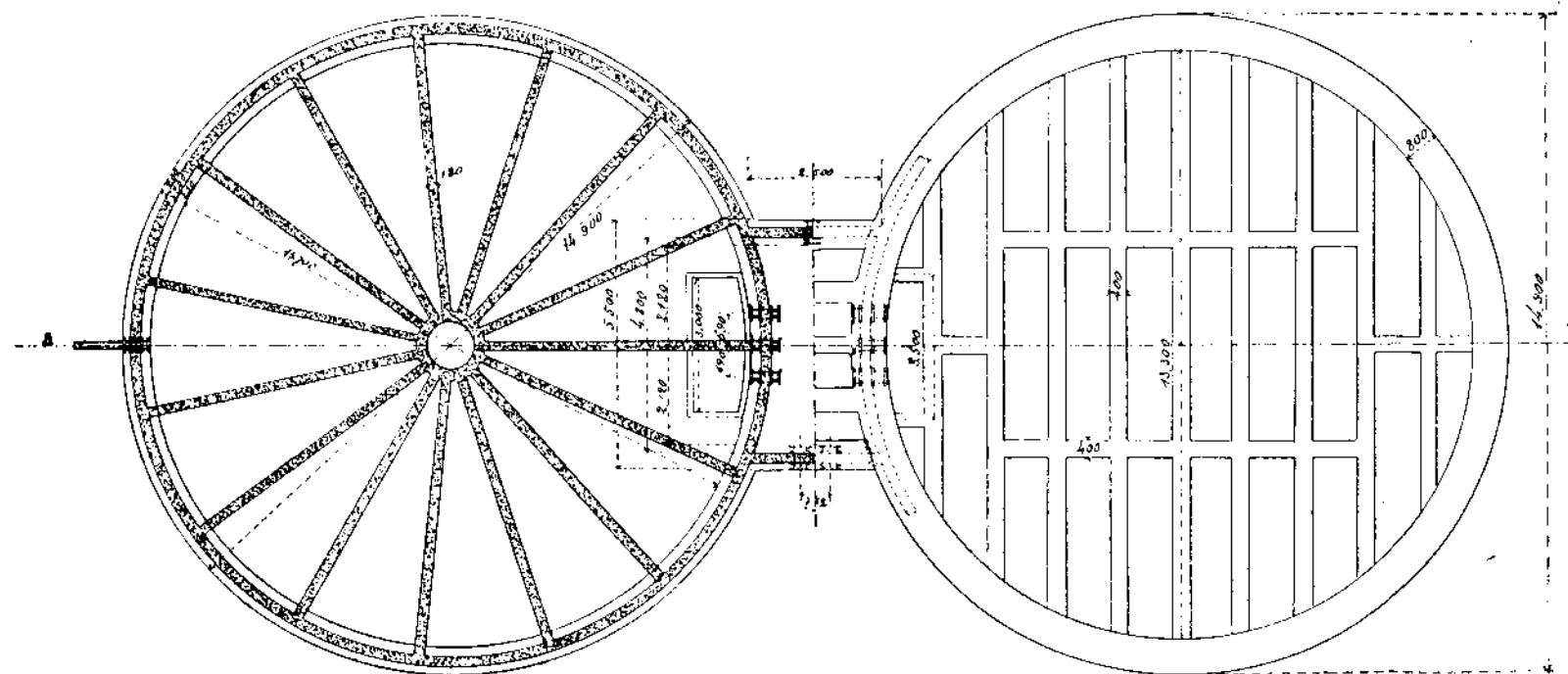
[ЕКАТЕР. Ж. Д.]

РАЗРѢЗЪ ПО аб.



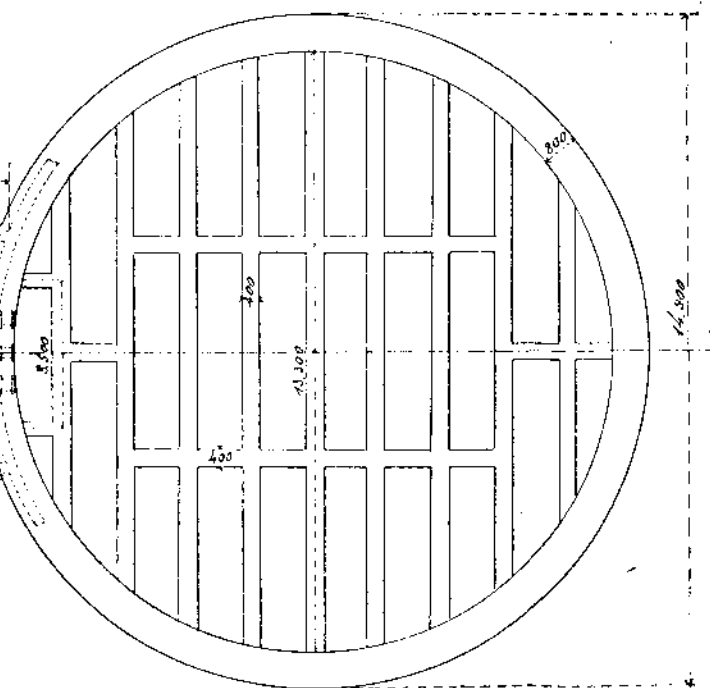
ФИГ. 1.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



ФИГ. 2.

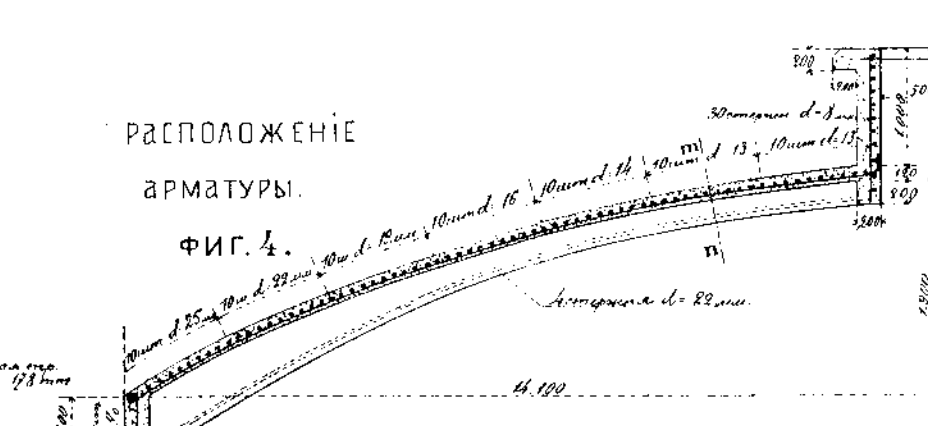
ПЛАНЪ ФУНДАМЕНТА.



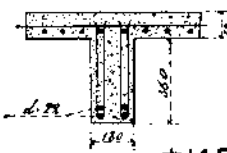
ФИГ. 3.

РАСПОЛОЖЕНІЕ
арматуры.

ФИГ. 4.

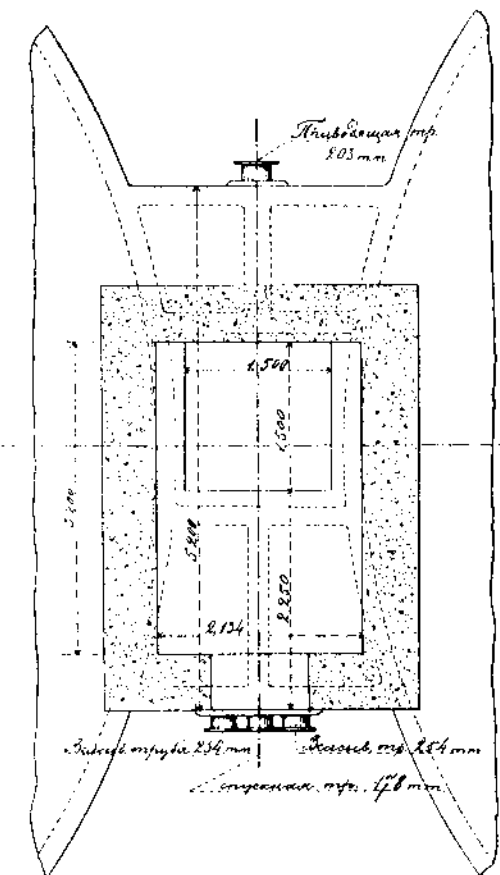


РАЗРѢЗЪ ПО мн.



ФИГ. 5.

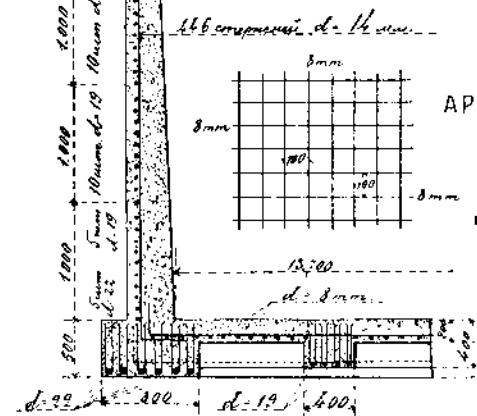
ДЕТАЛЬ КОЛОДЦА.



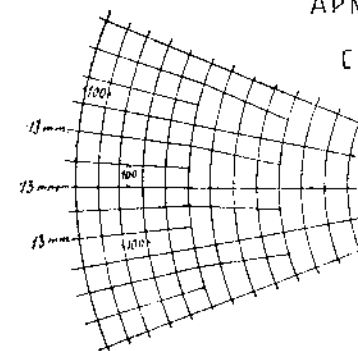
ФИГ. 6.

АРМАТУРА
дна.

ФИГ. 7.



АРМАТУРА
свода.



ФИГ. 8.

Б А С С Е Н Ы .

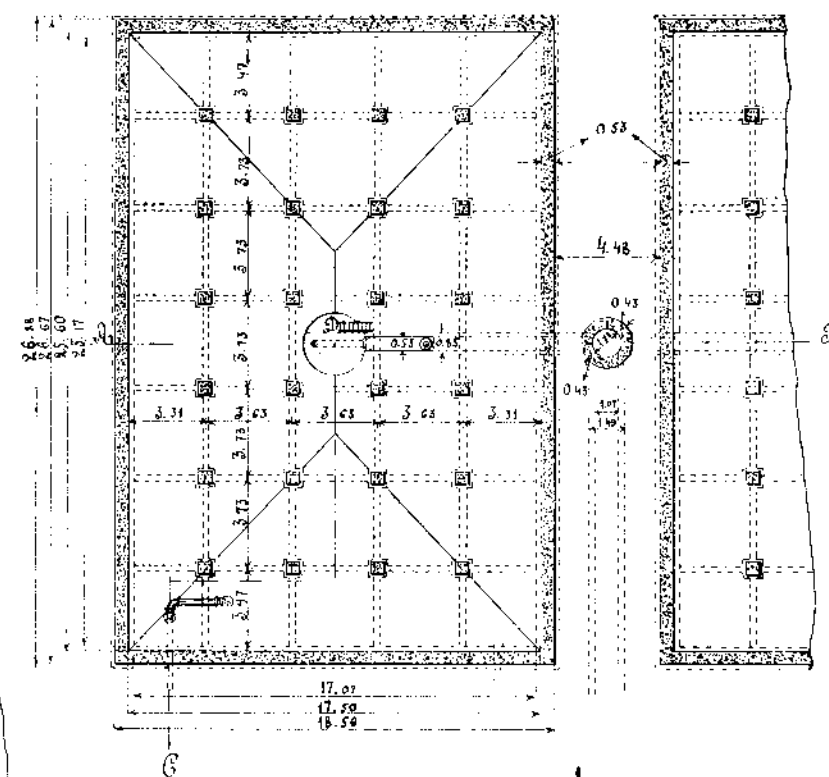
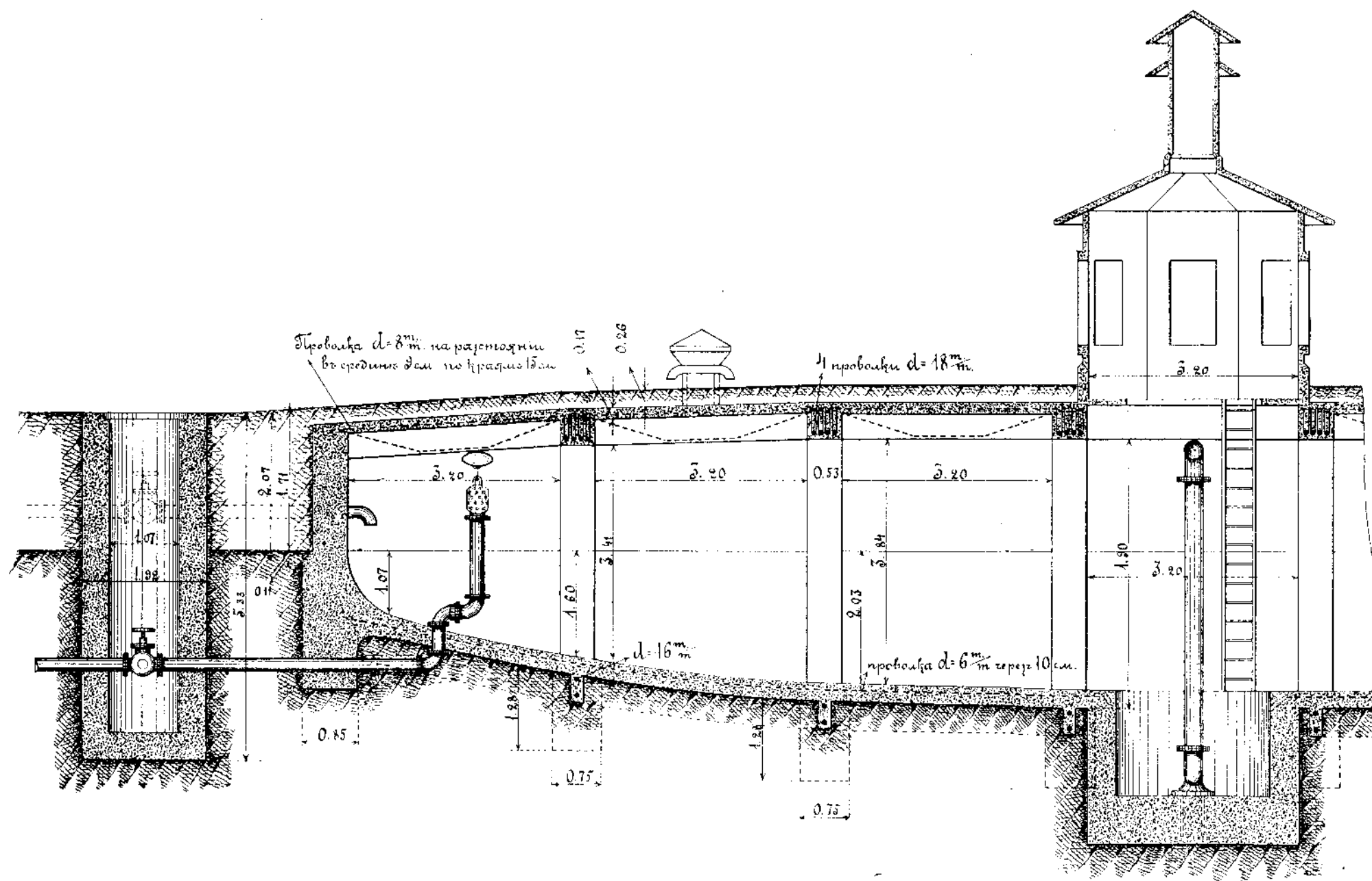
ТАБЛИЦА 40. Фиг.1-3.

ОТСТОЙНЫЕ БАССЕЙНЫ НА СТ. КАВКАЗСКАЯ.

[ВЛАДИКАВК. Ж. Д.]

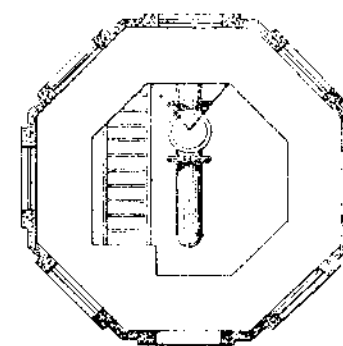
РАЗРЪЗЪ ПО СД.

ПЛАНЪ.



ФИГ. 1.

РАЗРЪЗЪЗ ФОНАРЯ.



ФИГ. 3.

ФИГ. 2.

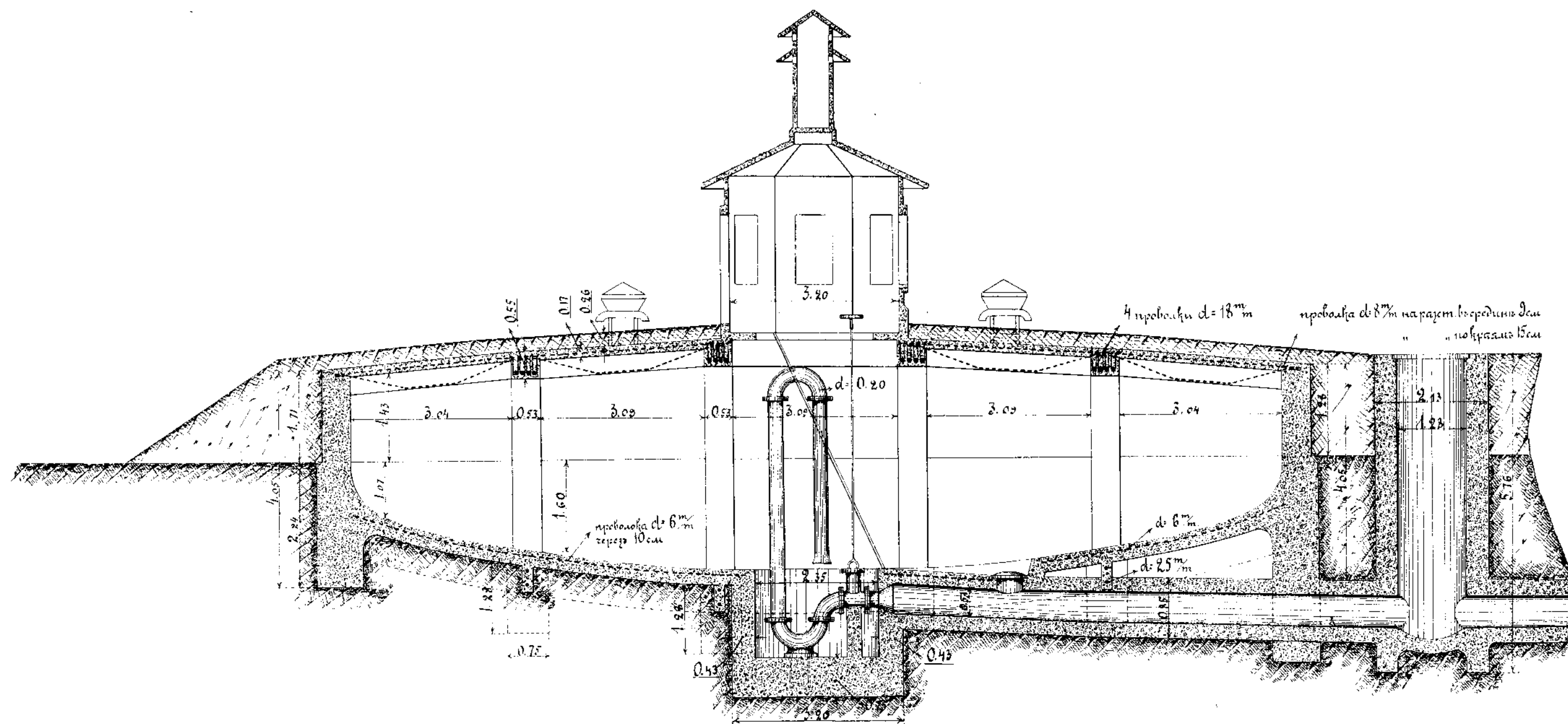
БАССЕЙНЫ.

ТАБЛИЦА 41. Фиг. 1-

ОТСТОЙНЫЕ БАССЕЙНЫ НА СТ. КАВКАЗСКАЯ.

[ВЛАДИКАВК. Ж. Д.]

РАЗРЫЗ ПО АВ.



Фиг. 1.

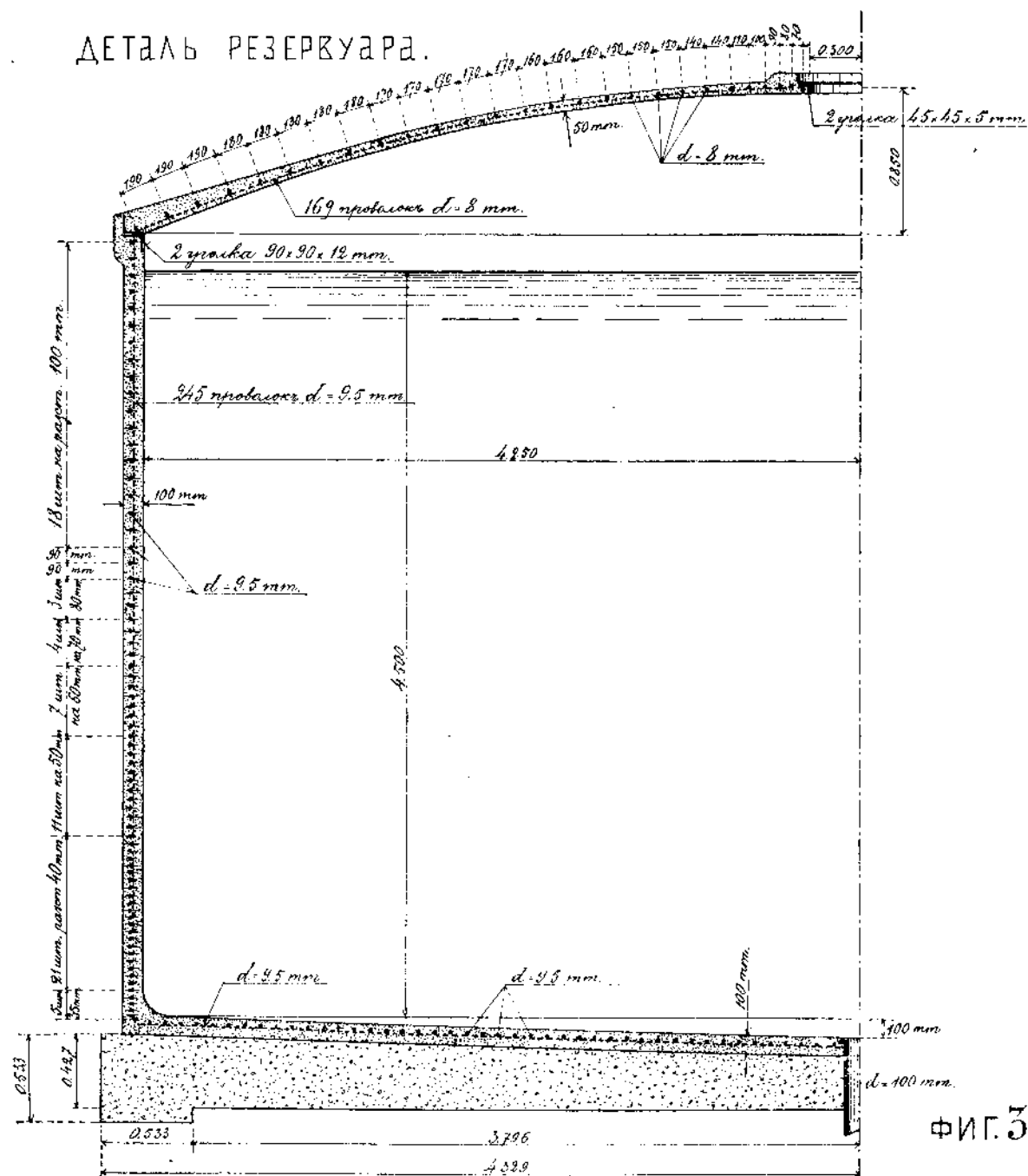
РЕЗЕРВЫ.

ТАБЛИЦА 42. Фиг. 1-4.

НАПОРНЫЙ РЕЗЕРВУАРЪ НА СТ. ЖЕЛѢЗНОВОДСКЪ.

[ВЛАДИКАВК. Ж. Д.]

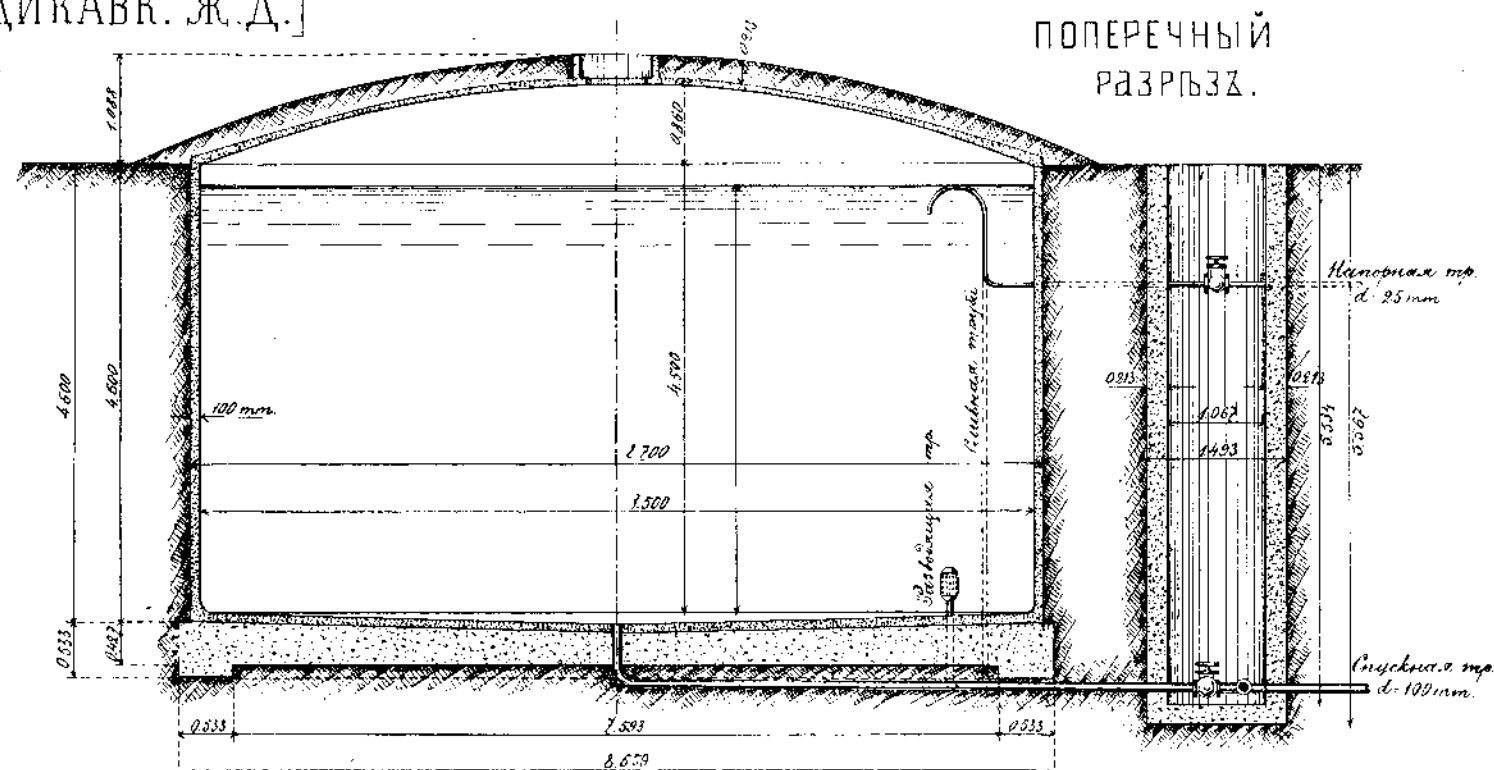
ДЕТАЛЬ РЕЗЕРВУАРА.



арматура покритія.

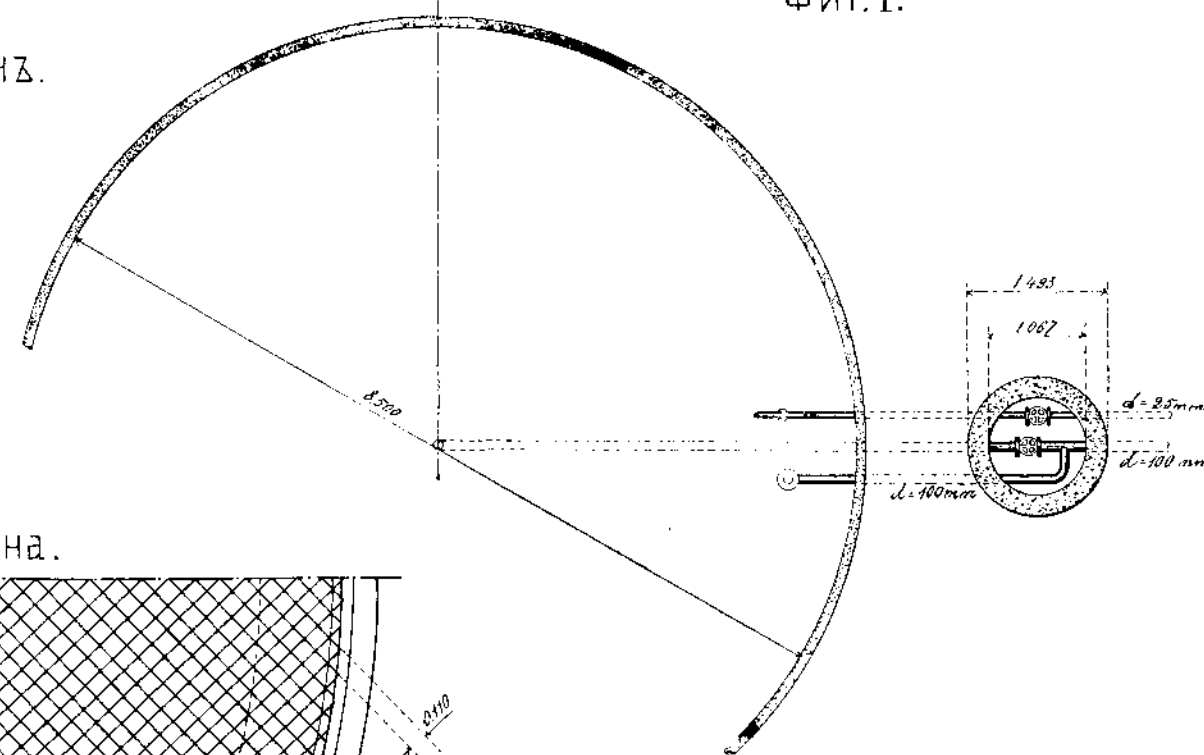
арматура дна.

ПОПЕРЕЧНЫЙ
РАЗРЫЗД.



фиг. 1.

ПЛАНЪ.



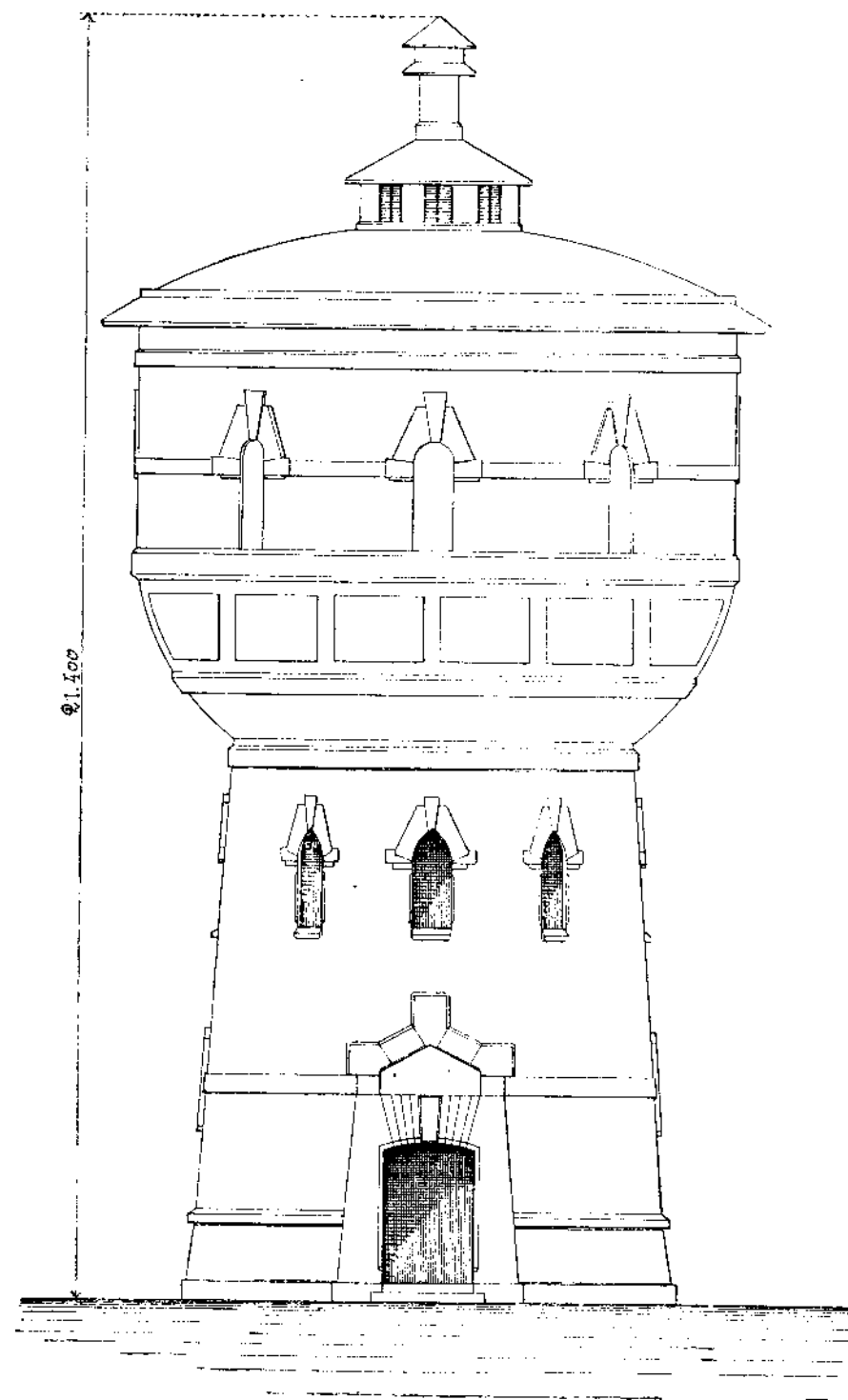
РЕЗЕРВУАРЫ.

ТАБЛИЦА 43. Фиг. 1-4.

ВОДОЕМНОЕ ЗДАНИЕ НА СТ. ЕКАТЕРИНОДАРЪ

[ВЛАДИКАВК. Ж.Д.]

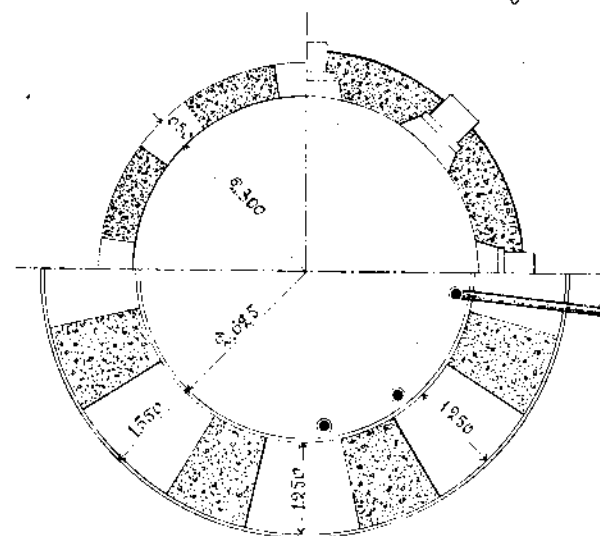
Фасадъ.



Фиг. 1.

РАЗРѢЗЪ

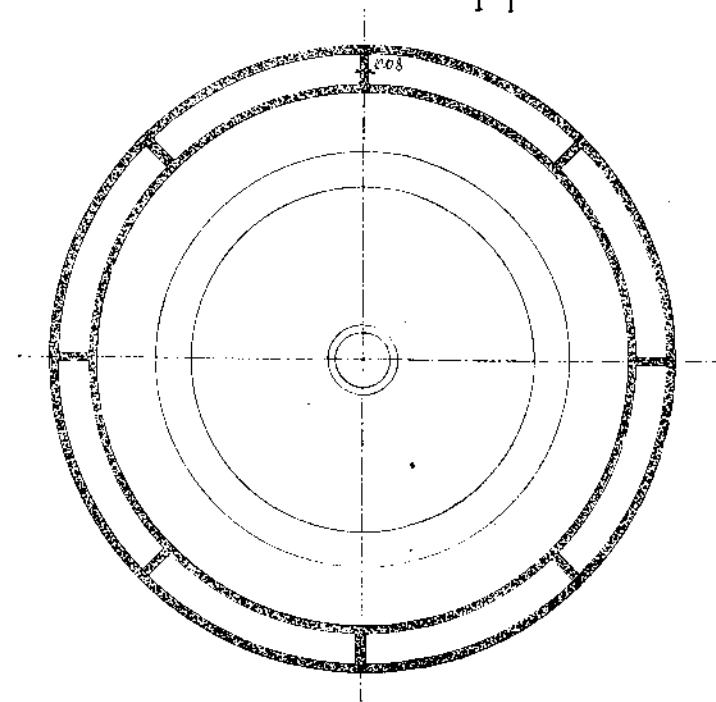
по ef



РАЗРѢЗЪ ПО ii

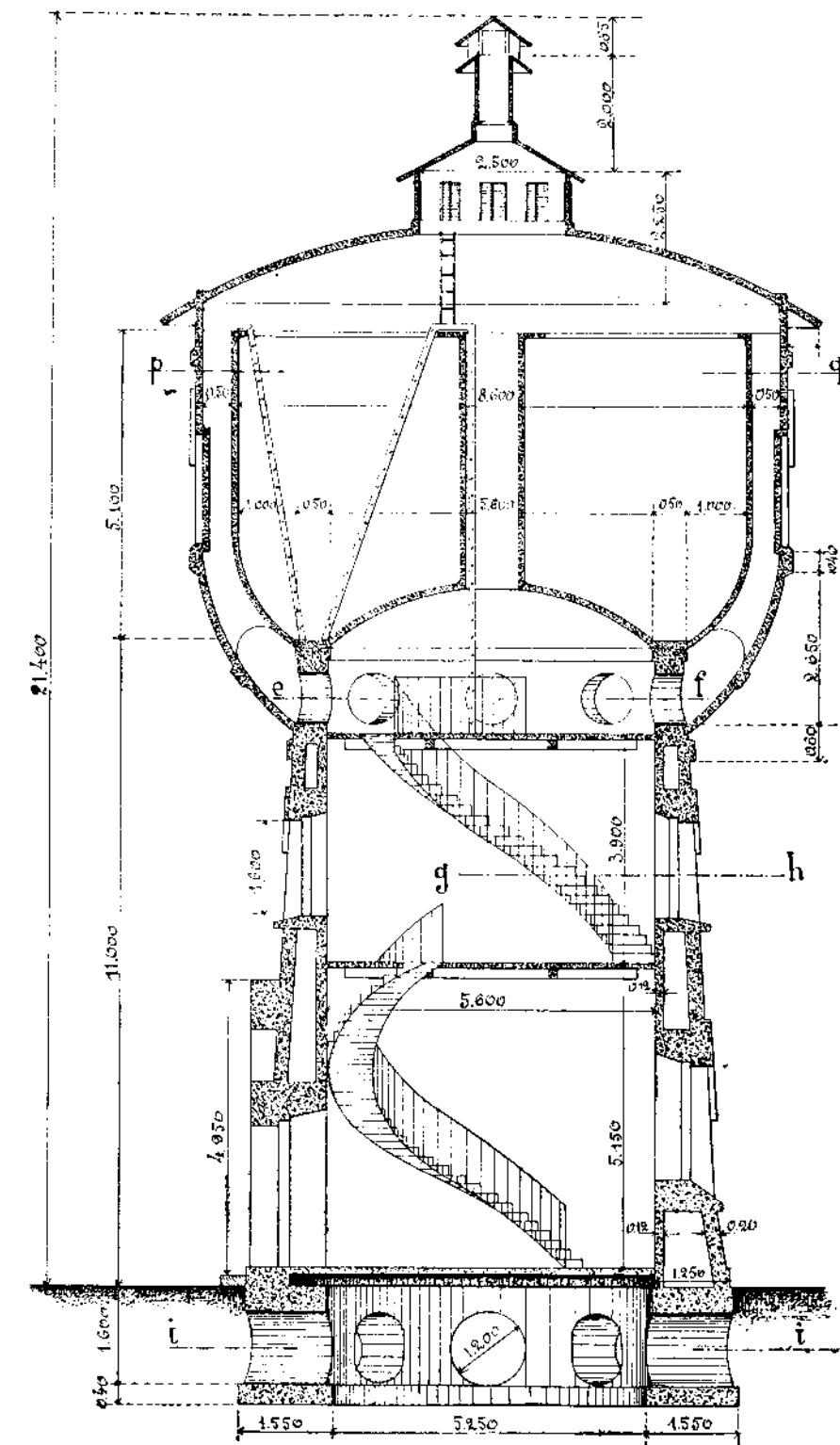
Фиг. 3.

РАЗРѢЗЪ ПО рг.



Фиг. 4.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



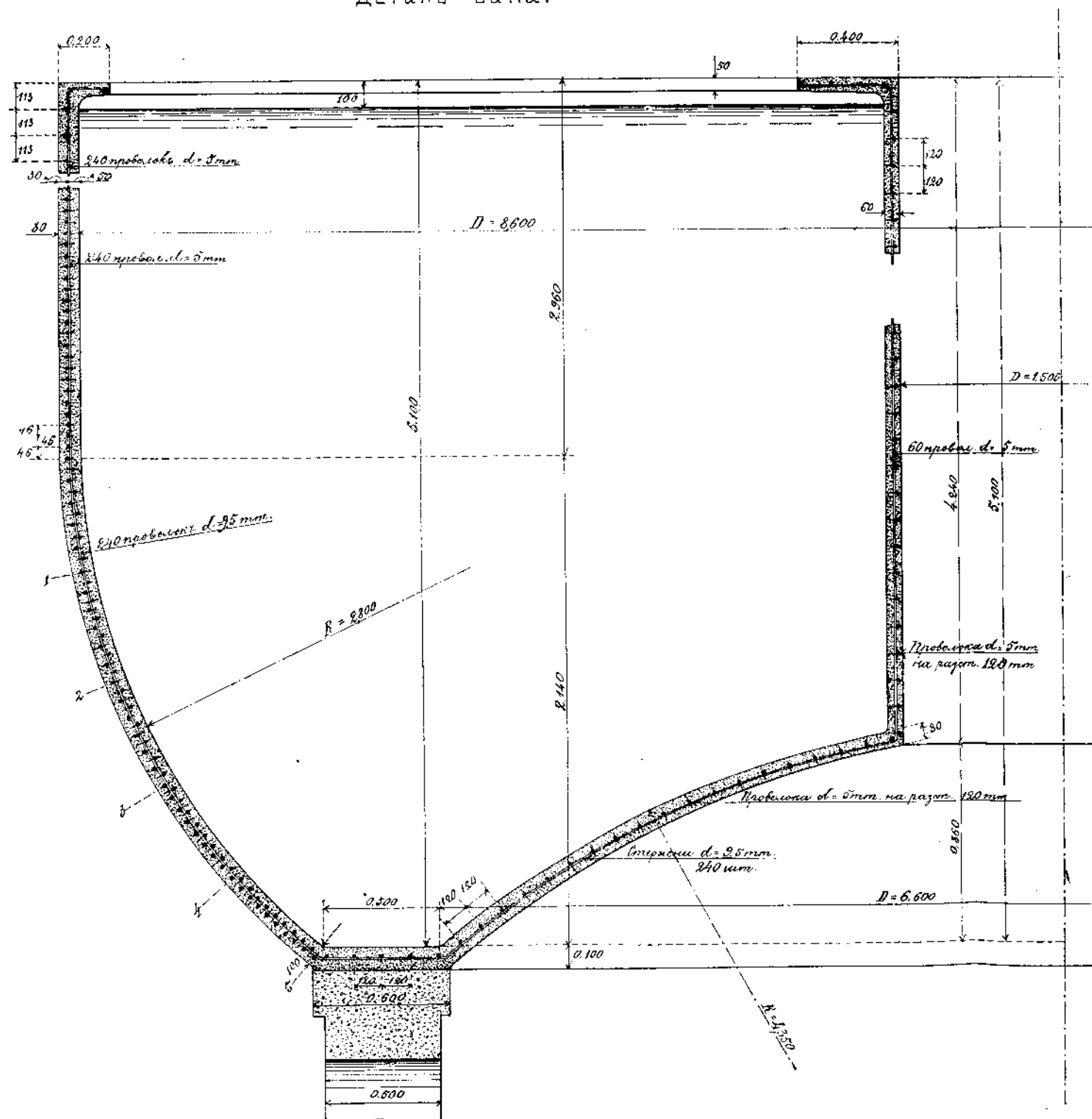
РЕЗЕРВЫ

ТАБЛИЦА 44. Фиг.1-2.

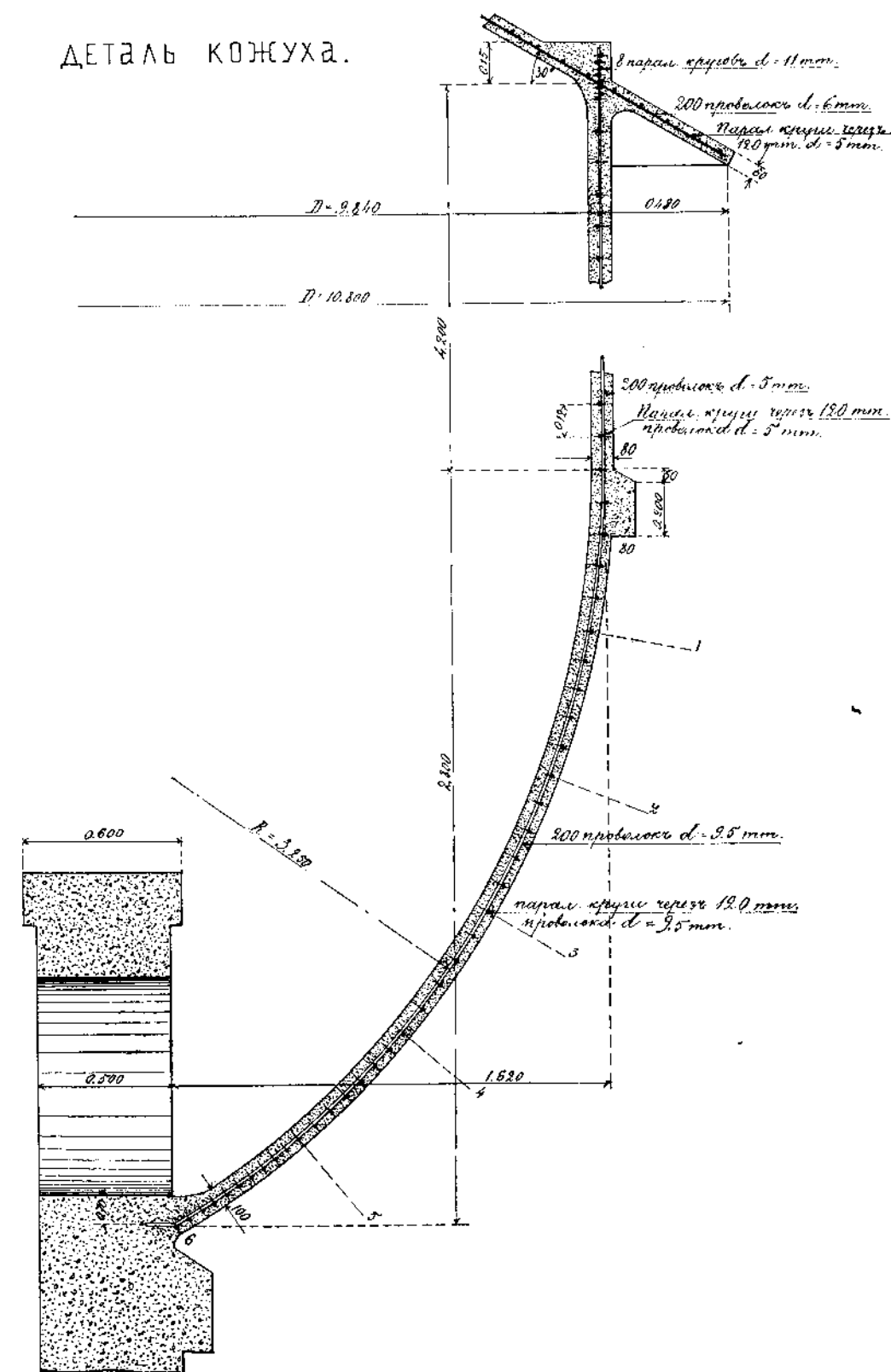
ВОДОЕМНОЕ ЗДАНІЕ НА СТ. ЕКАТЕРИНОДАРЪ.

[ВЛАДИКАВК.Ж.Д.]

ДЕТАЛЬ БАКА.



ДЕТАЛЬ КОЖУХА.



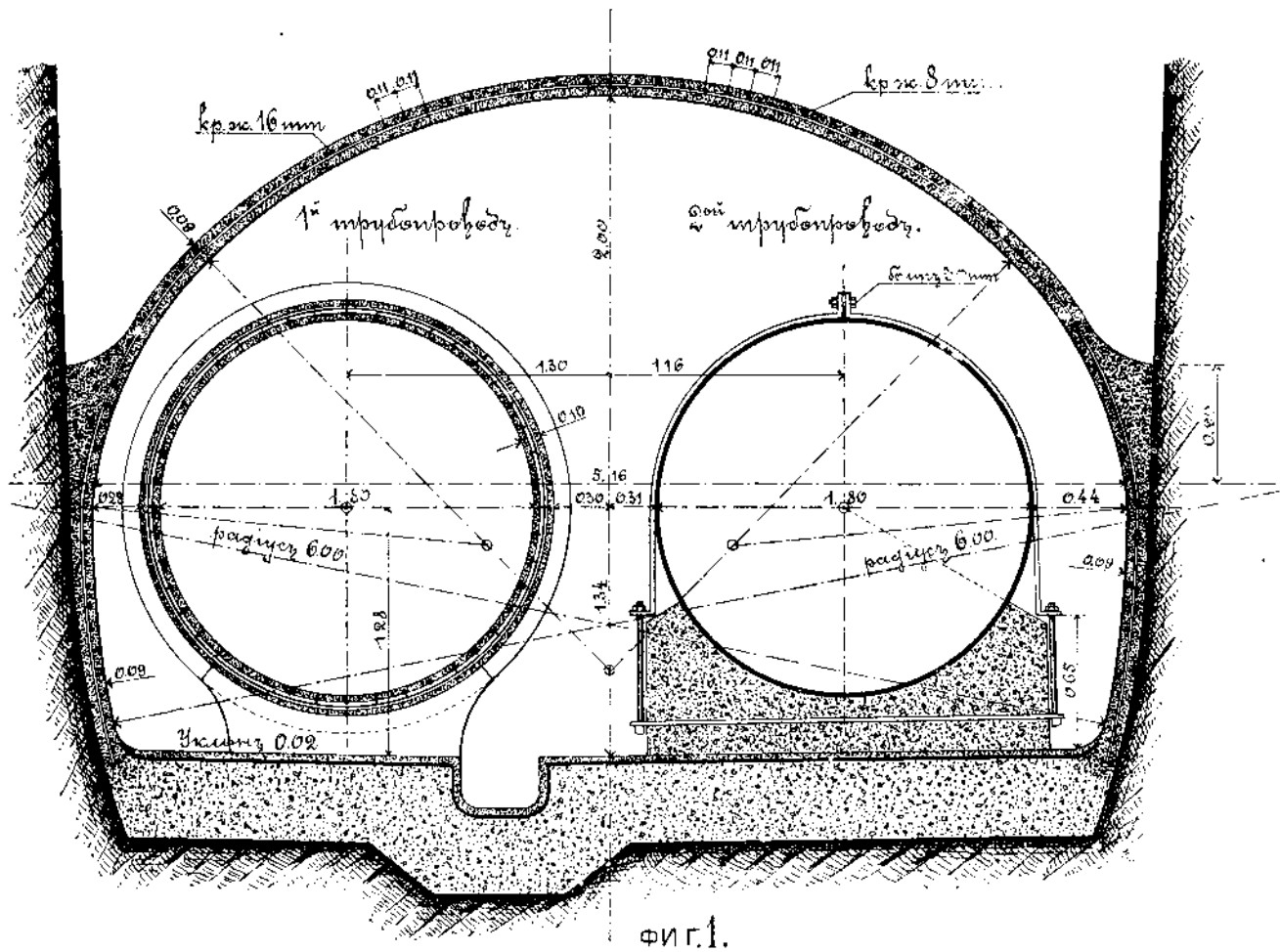
КАНАЛИЗ.

ТАБЛИЦА 45. Фиг. 1-13.

КАНАЛИЗАЦІЯ ГОРОДА ПАРИЖА.

ГАЛЛЕРЕЯ D'ARCENTEIL.

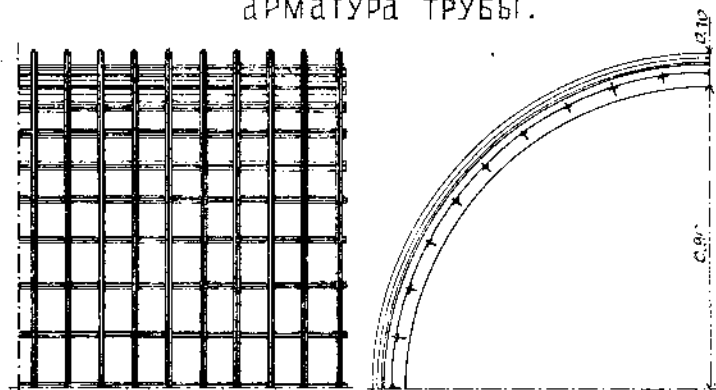
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЕЗ.



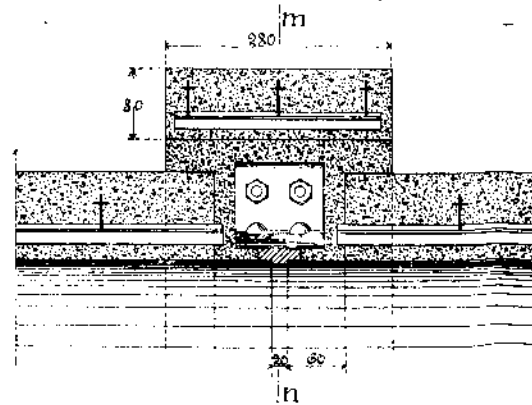
фиг. 1.

ТРУБОПРОВОДЪ СИСТЕМЫ БОННА ВЪ ГАЛЛЕРЕЙ D'ARCENTEIL.

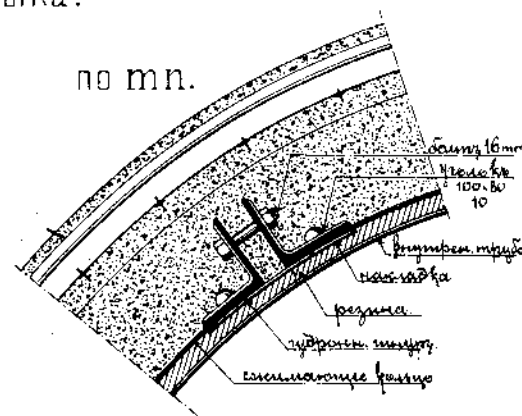
арматура трубы.



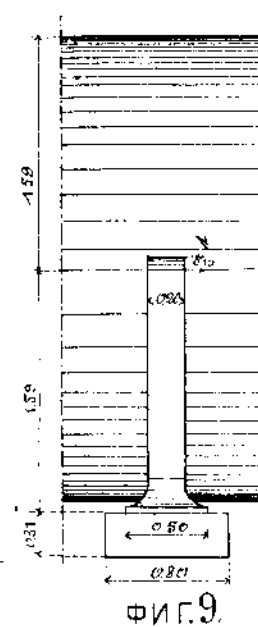
ДЕТАЛИ СТЫКА.



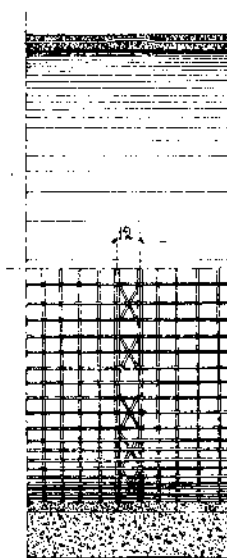
no mn.



МАГИСТРАЛЬ.

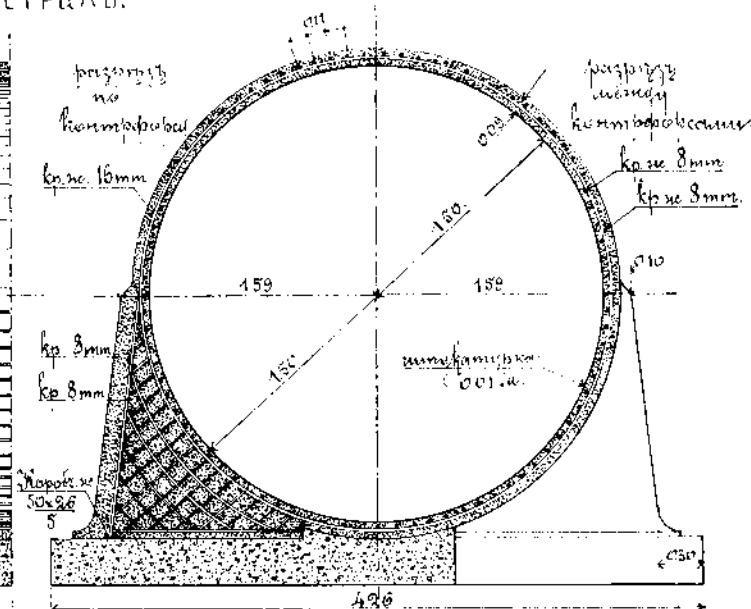


Фиг. 9

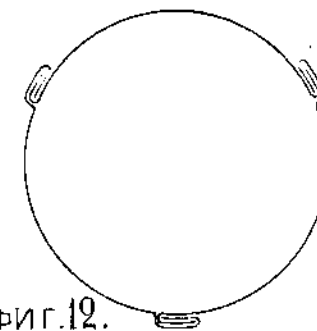


Фиг. 10.

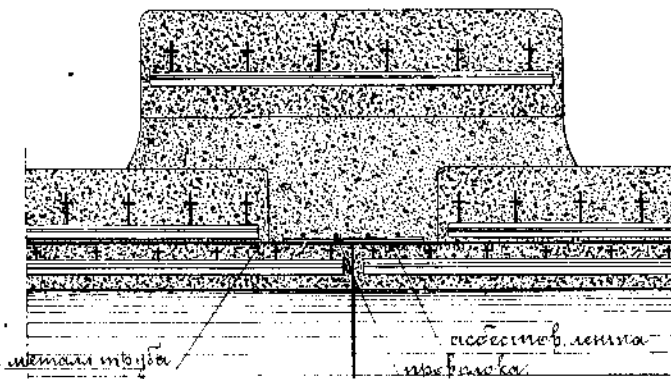
РАЗВОДЯЩАЯ СЬТЬ.



Фиг. 11.

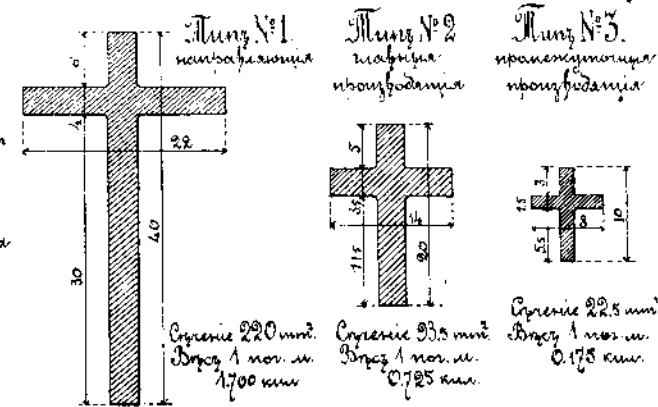


Фиг.12.



фиг.13

ТИПЫ ПРОФИЛЕЙ МЕТАЛЛА.



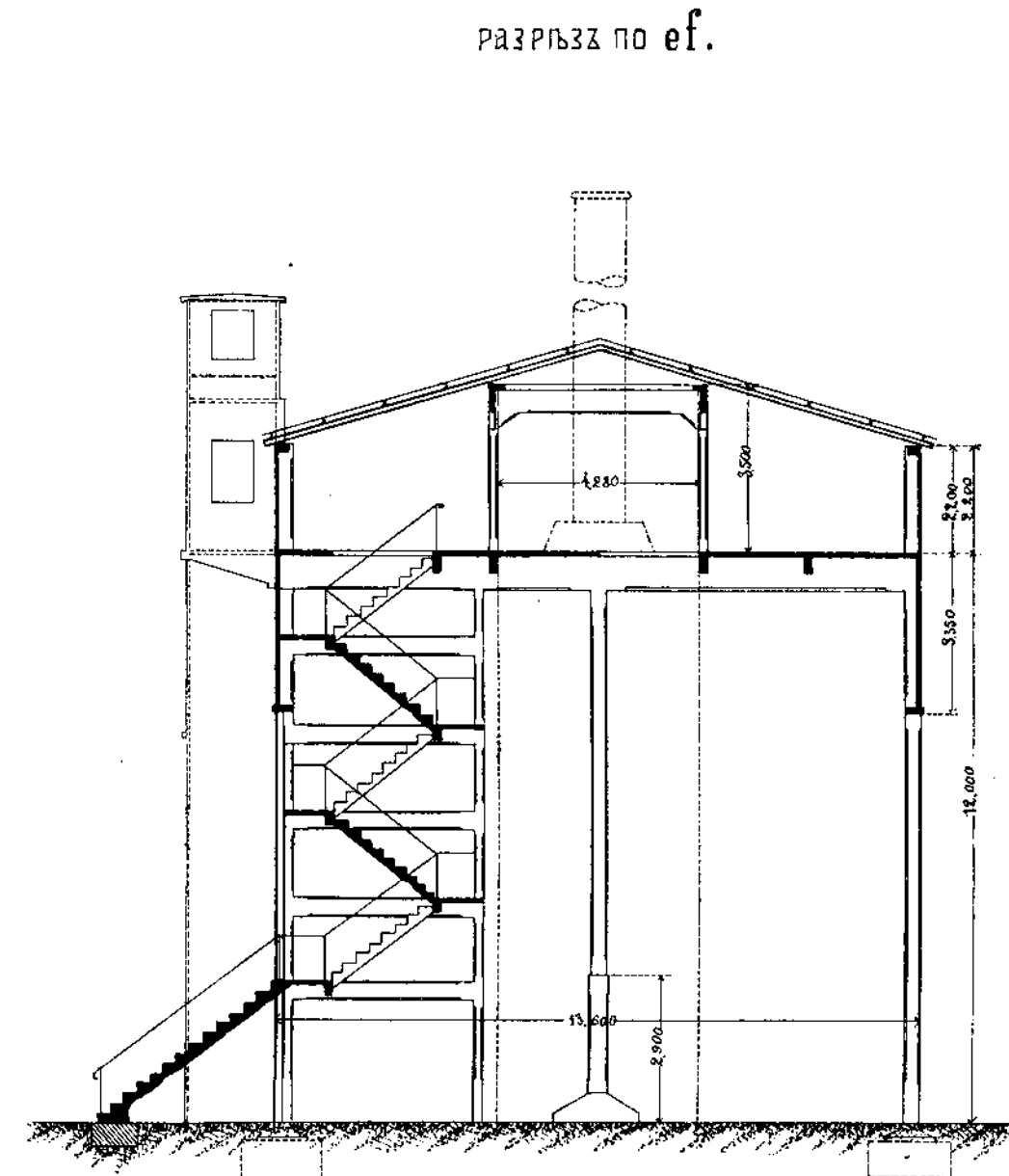
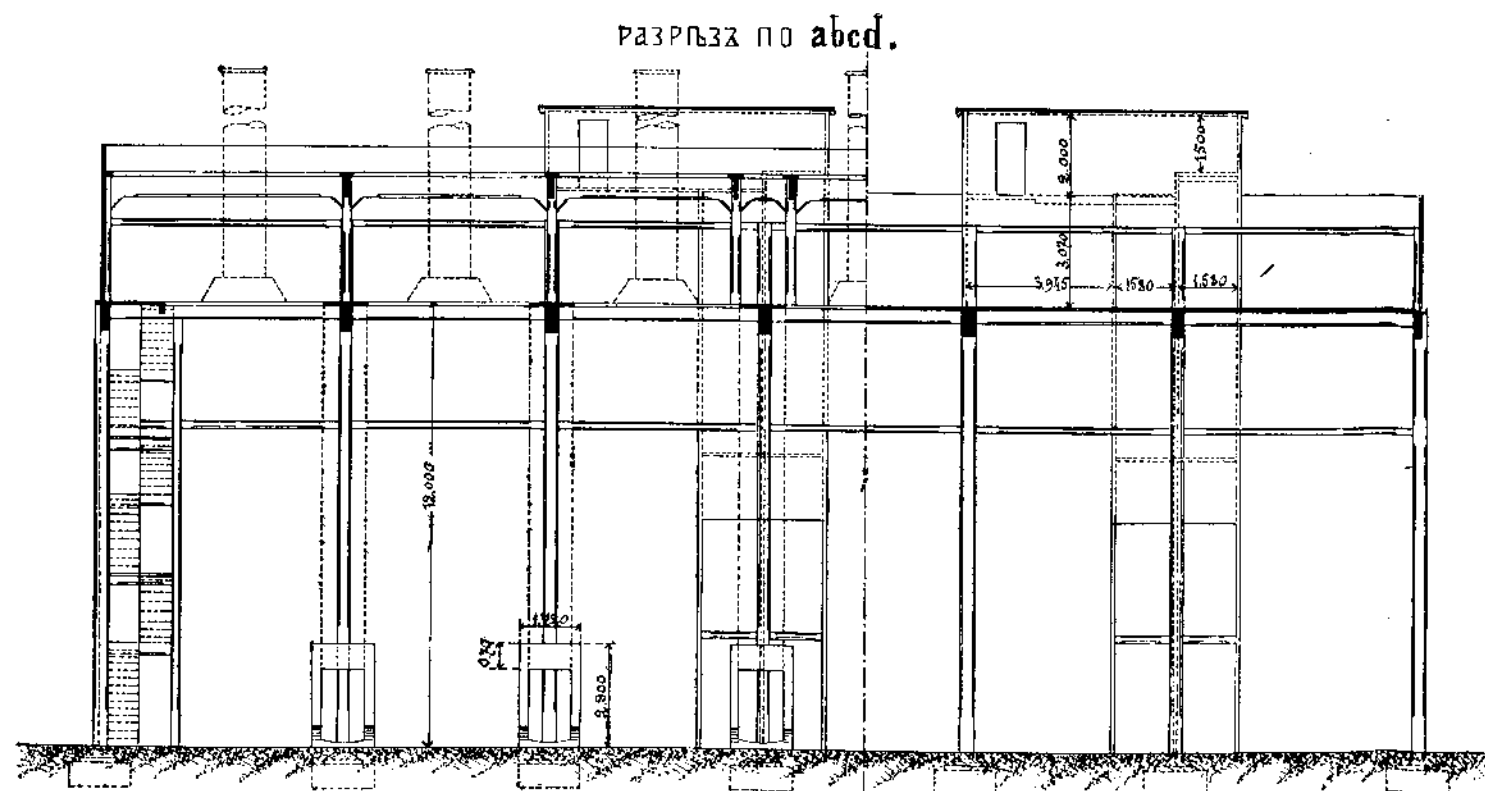
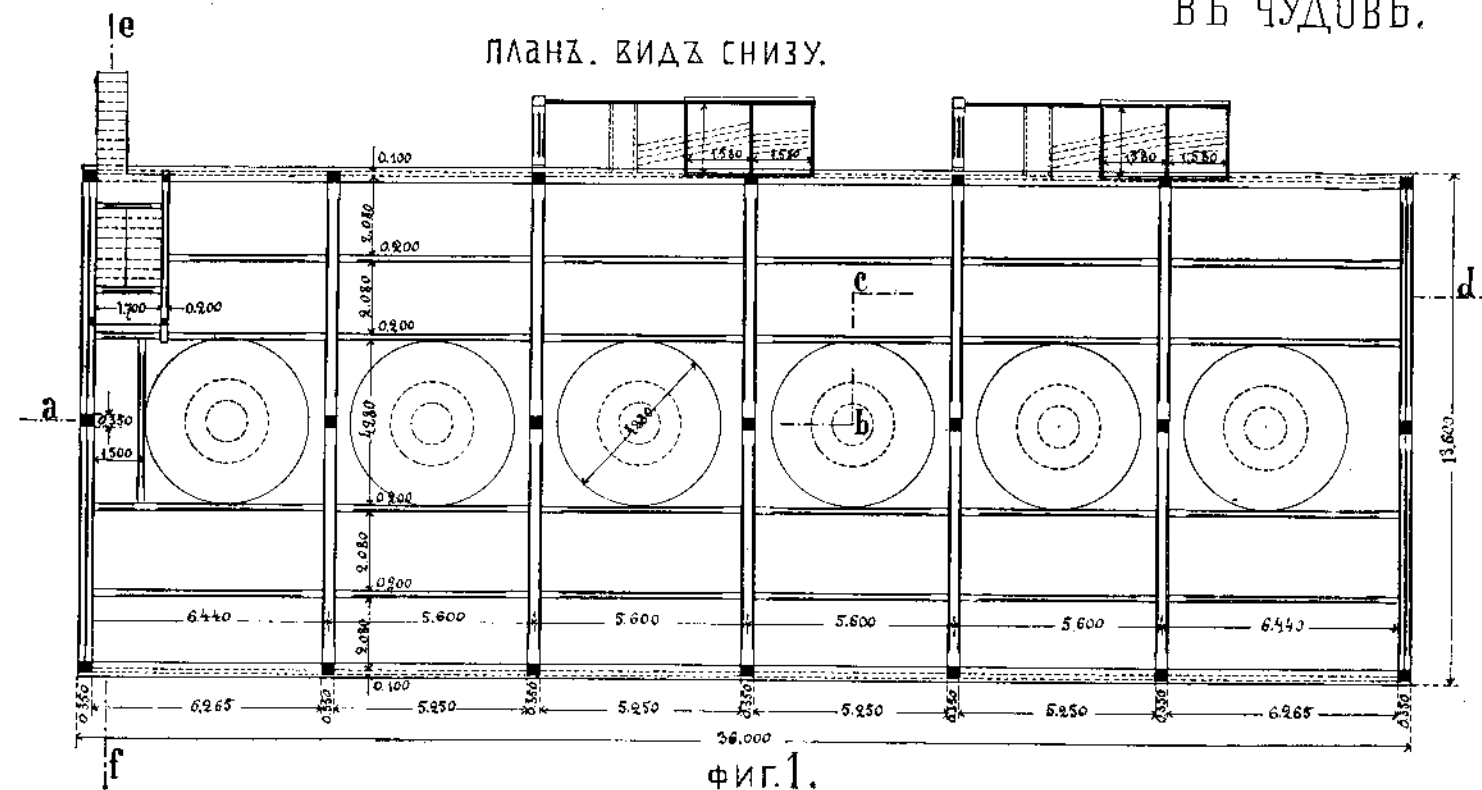

 Copresine 220 mm.
 Dpzy 1 nos. u.
 1700 mm.

ПЛАТФОРМЫ.

ТАБЛИЦА 46. фиг.1-3.

ПЛАТФОРМА ПРИ ЦЕМЕНТНЫХЪ ПЕЧАХЪ ФРАНКО-РУССКАГО ОБЩЕСТВА.

ВЪ ЧУДОВѢ.



фиг. 3.

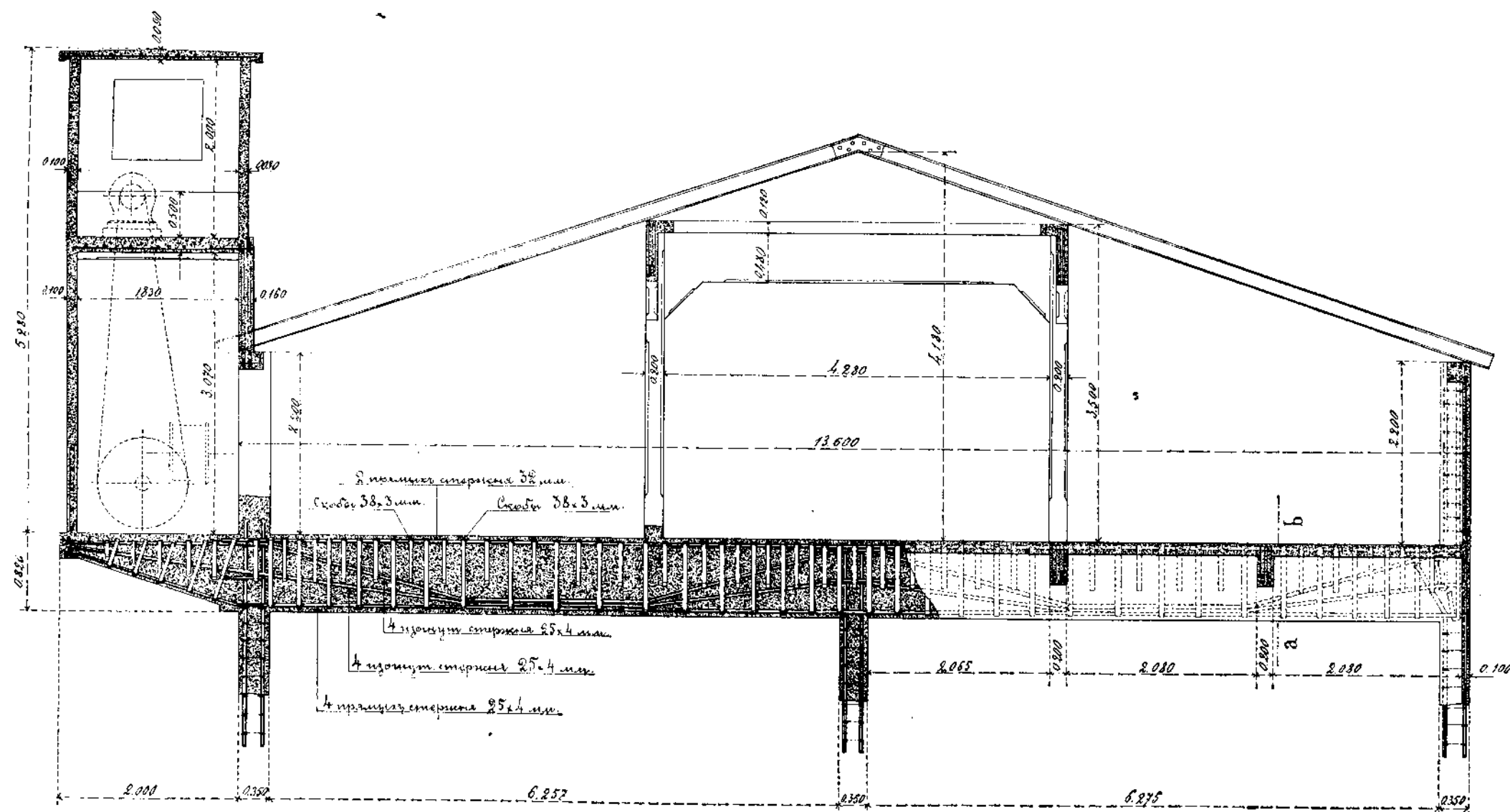
П Л А Т Ф О Р М Ы .

ТАБЛИЦА 47. фиг. 4-5.

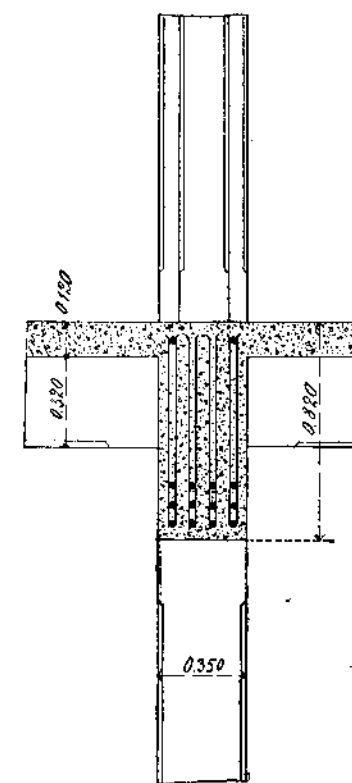
ПЛАТФОРМА ПРИ ЦЕМЕНТНЫХЪ ПЕЧАХЪ ФРАНКО-РУССКАГО ОБЩЕСТВА.

ВЪ ЧУДОВѢ.

ДЕТАЛЬНЫЙ РАЗРЫЗ.



РАЗРЪЗЪД ПО аб.



Macmady.

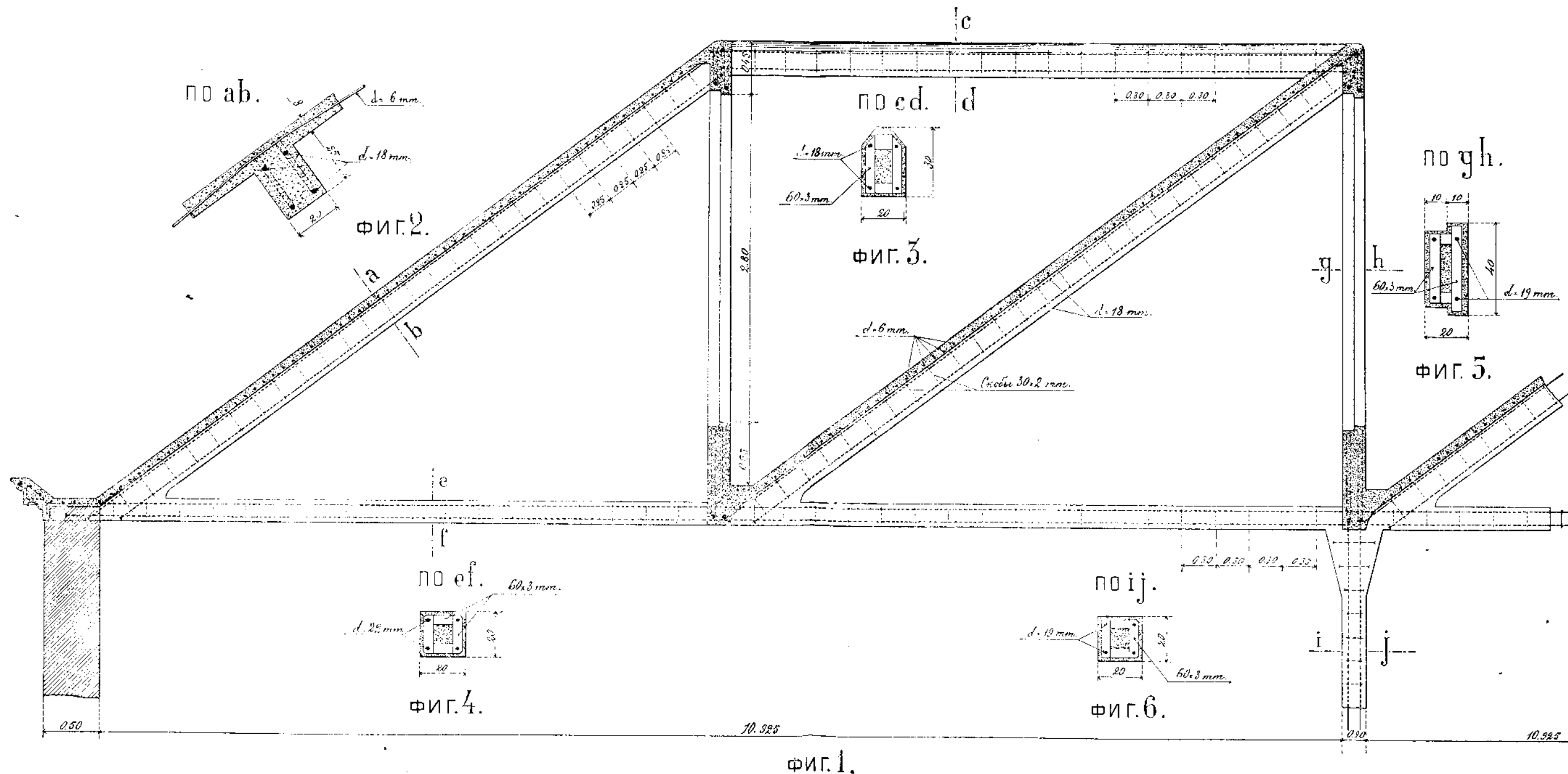


ФИГ. 4.

Фиг. 5.

ТАБЛИЦА 48. Фиг.1-6.

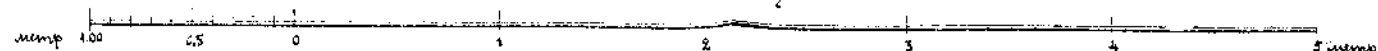
ЗУБЧАТОЕ ПОКРЫТІЕ РАФИНАДНАГО ЗАВОДА ВЪ SAINT-OUEN.
[ФРАНЦІЯ.]



Мамама? Демоний.



Macmillan,



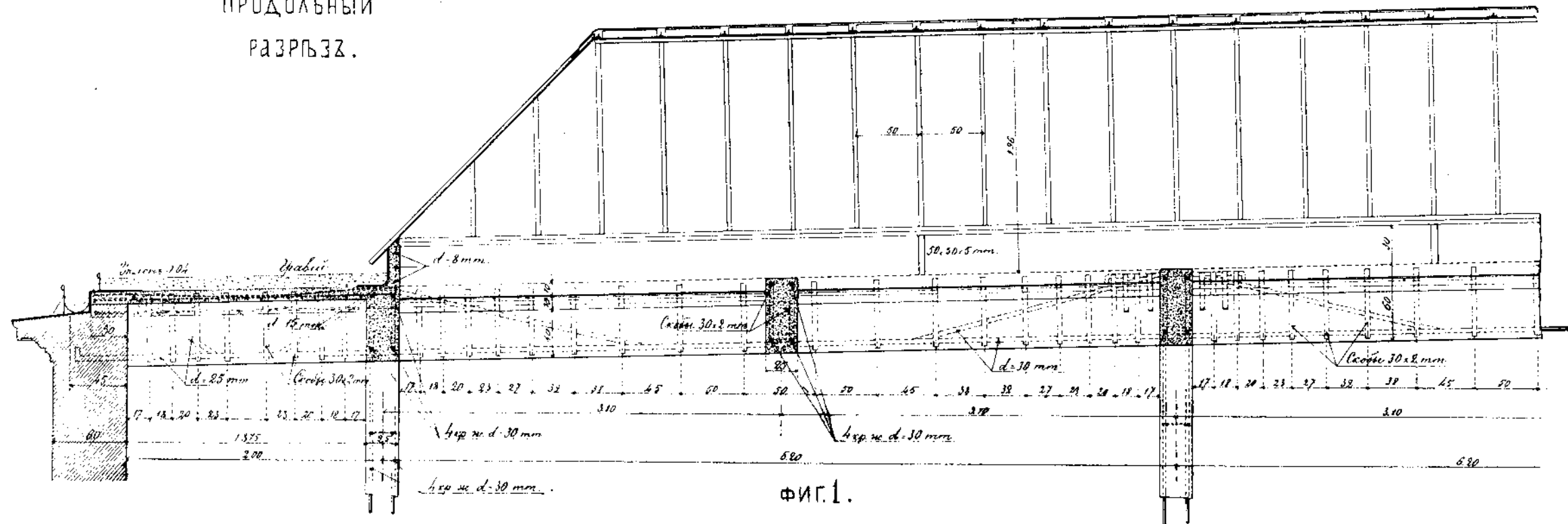
ЗАВОДЫ.

ТАБЛИЦА 49. фиг.1-2.

ПОКРЫТИЕ ПАРОВОЗНЫХЪ МАСТЕРСКИХЪ ВЪ ВÖНН-LEIPA.

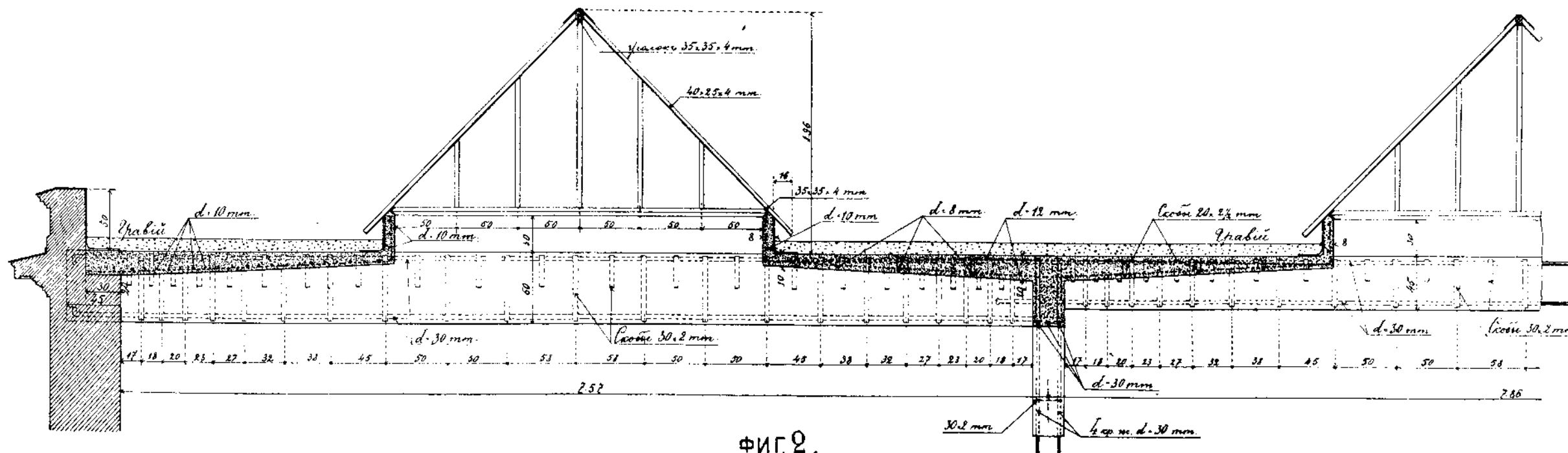
[АВСТРІЯ.]

ПРОДОЛЬНЫЙ
РАЗРѢЗЪ.



ФИГ.1.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



ФИГ.2.

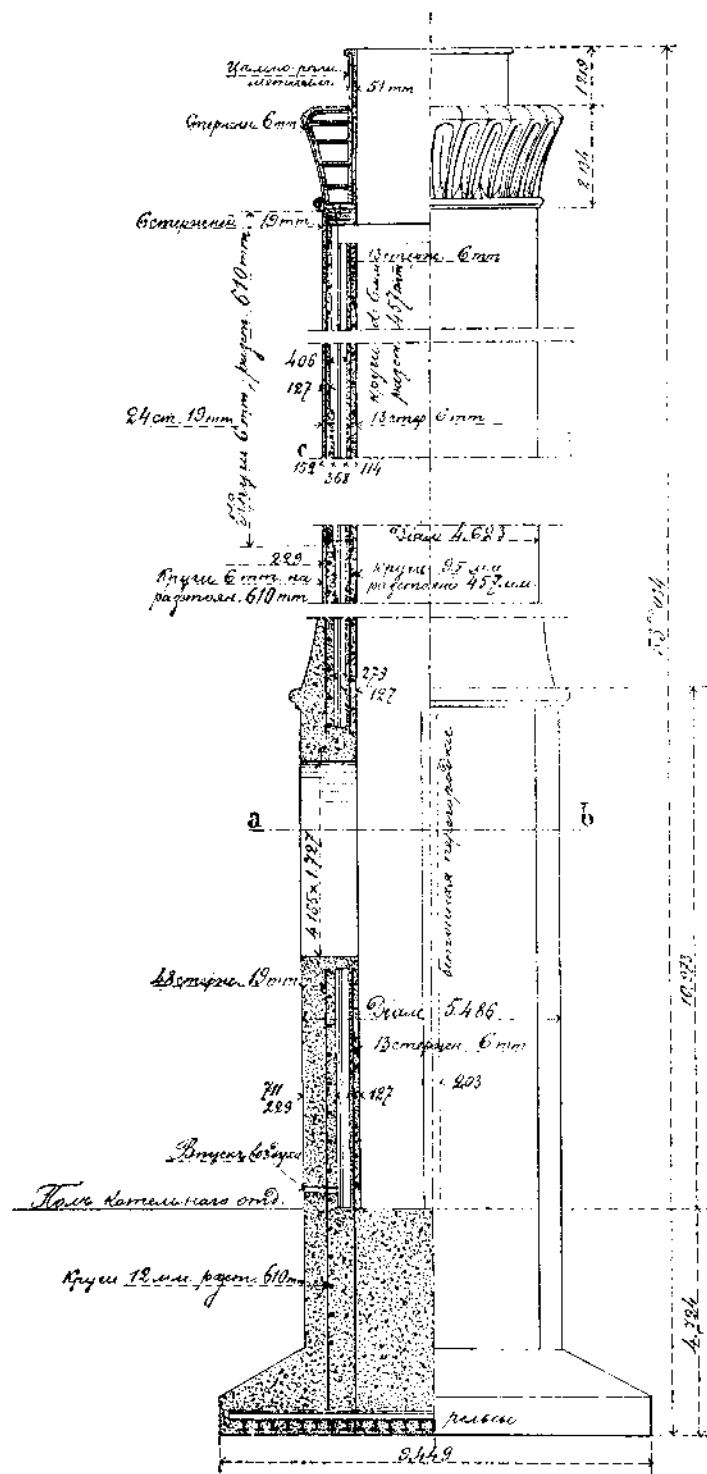
Масштабъ.

Ф А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф В Г Д Е

ТАБЛИЦА 50. Фиг. 4-11.

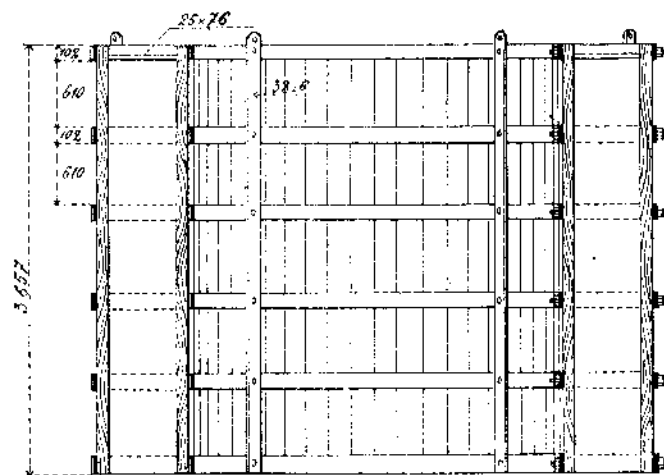
ТРУБА PACIFIC ELECTRIC RAILWAY CO
[КАЛИФОРНІЯ.]

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ РАЗРЪЗЪ.

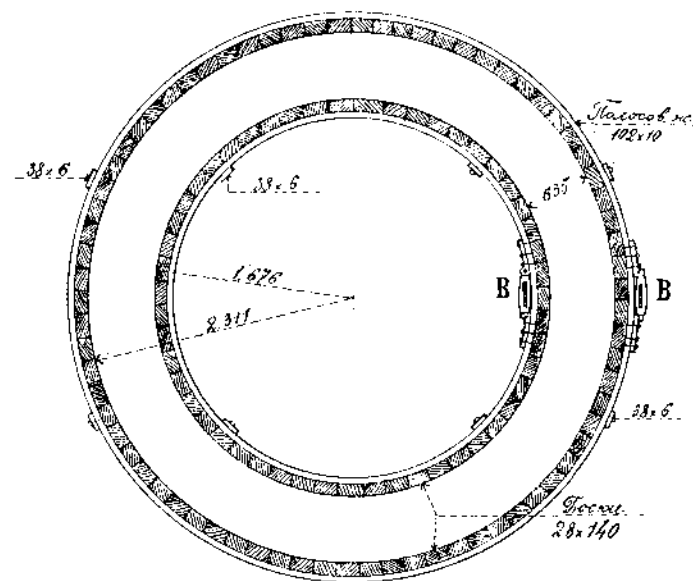


фиг. 1.

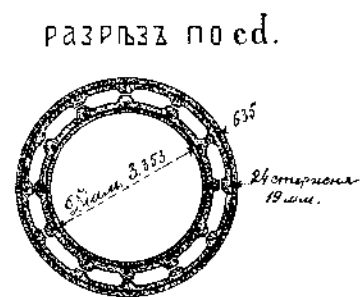
ФОРМЫ.



Фиг. 4.

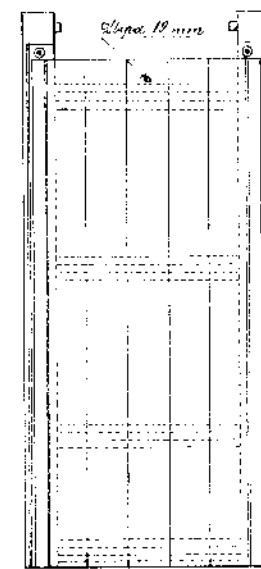


Фиг. 5.

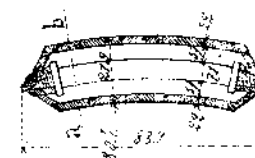


Ф И Г. 2.

СРЕДНЯЯ ФОРМА.

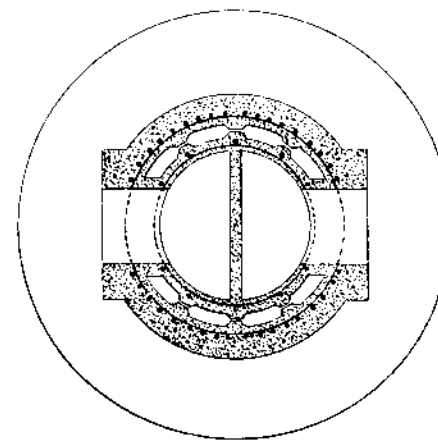


Фиг. 6.



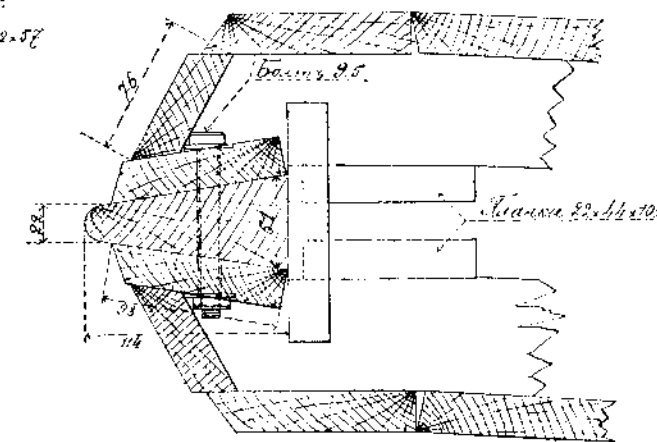
Фиг. 8.

РАЗРЪЗЪЗ ПО **ab**.



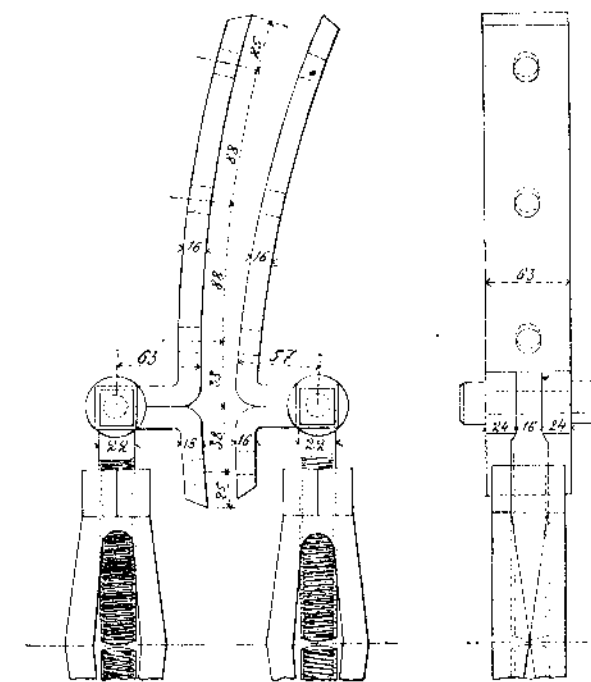
· фиг. 3.

ДЕТАЛЬ СРЕДНЕЙ ФОРМЫ.



ФИГ. 9.

ДЕТАЛИ ТЯЖЕЙ ВВ.



Фиг. 10.

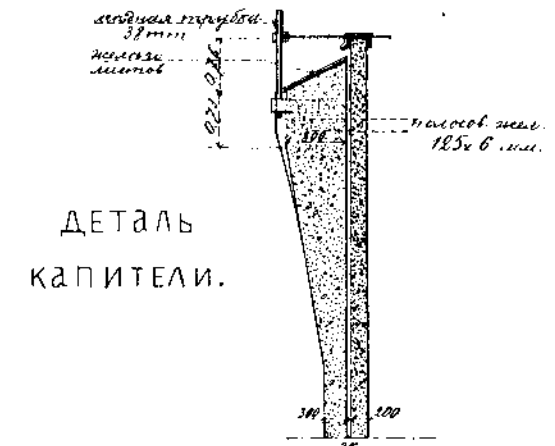
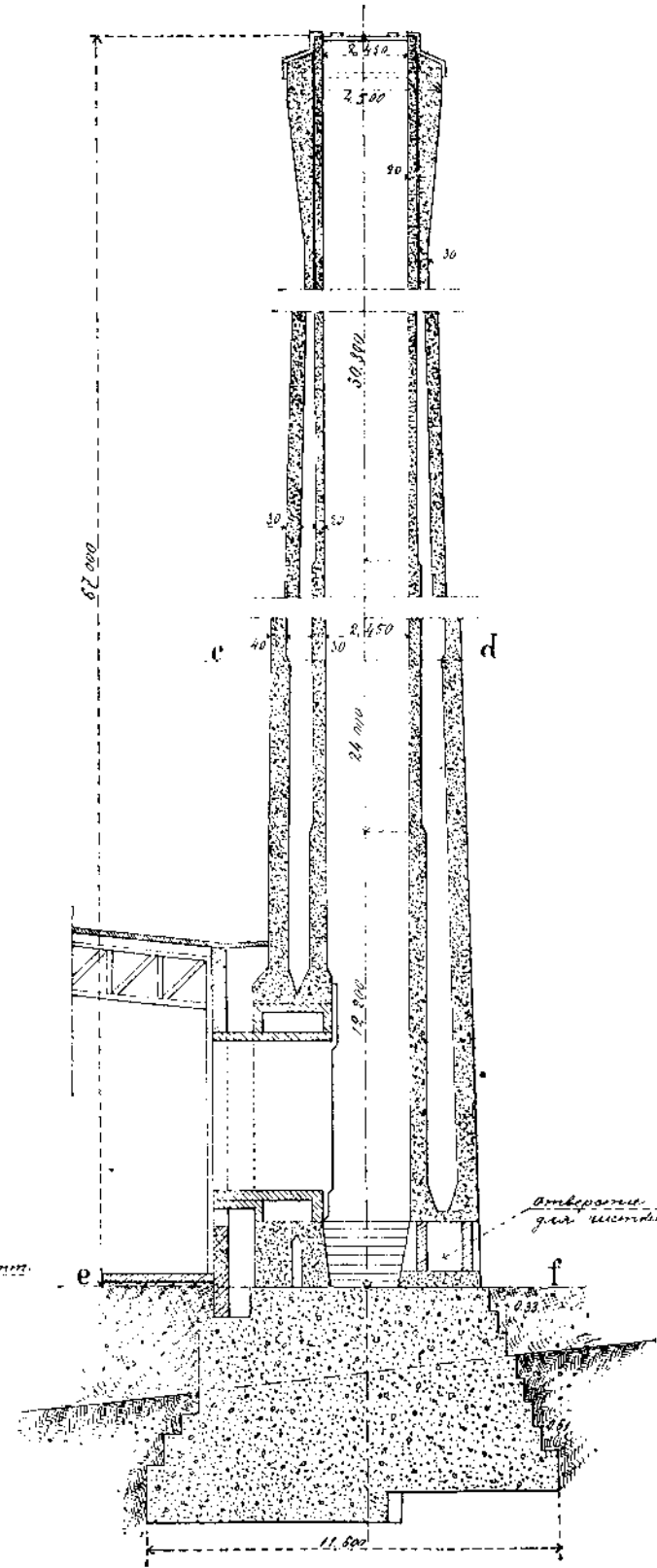
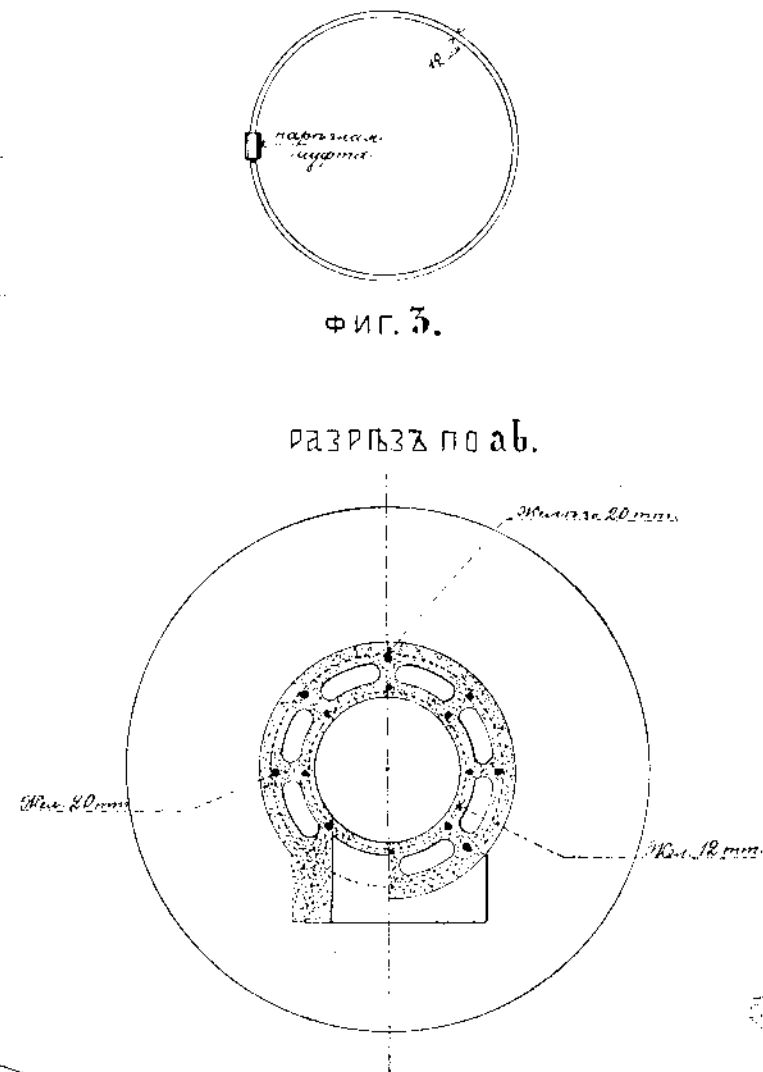
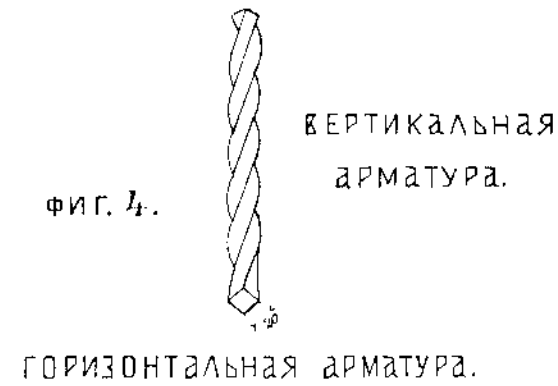
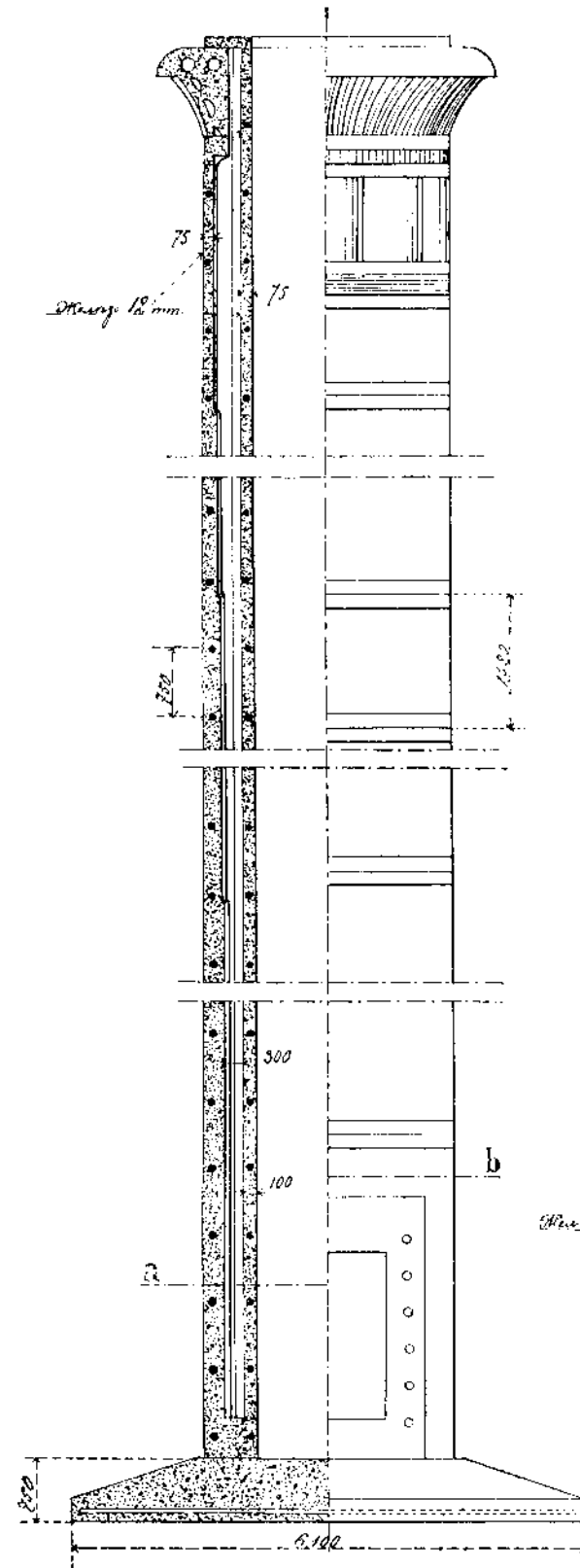
Фиг. 11.

ФАБРИЧНЫЯ ТРУБЫ. ТАБЛИЦА 51. Фиг. 1-8.

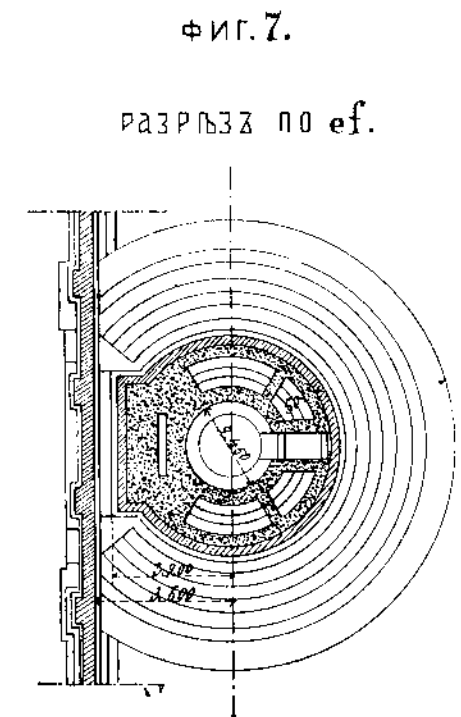
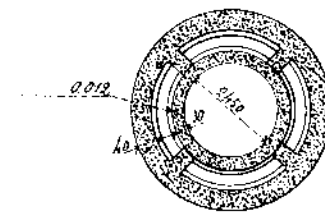
ТРУБА ВЪ ЕЛИЗАВЕТПОРТЪ. ТРУБА СЪ PLYMOUTH CORDAGE.

[С.-А. СОЕД. ШТ.]

[С.-А. СОЕД. ШТ.]



ФИГ. 8.
РАЗРѢЗЪ ПО CD.

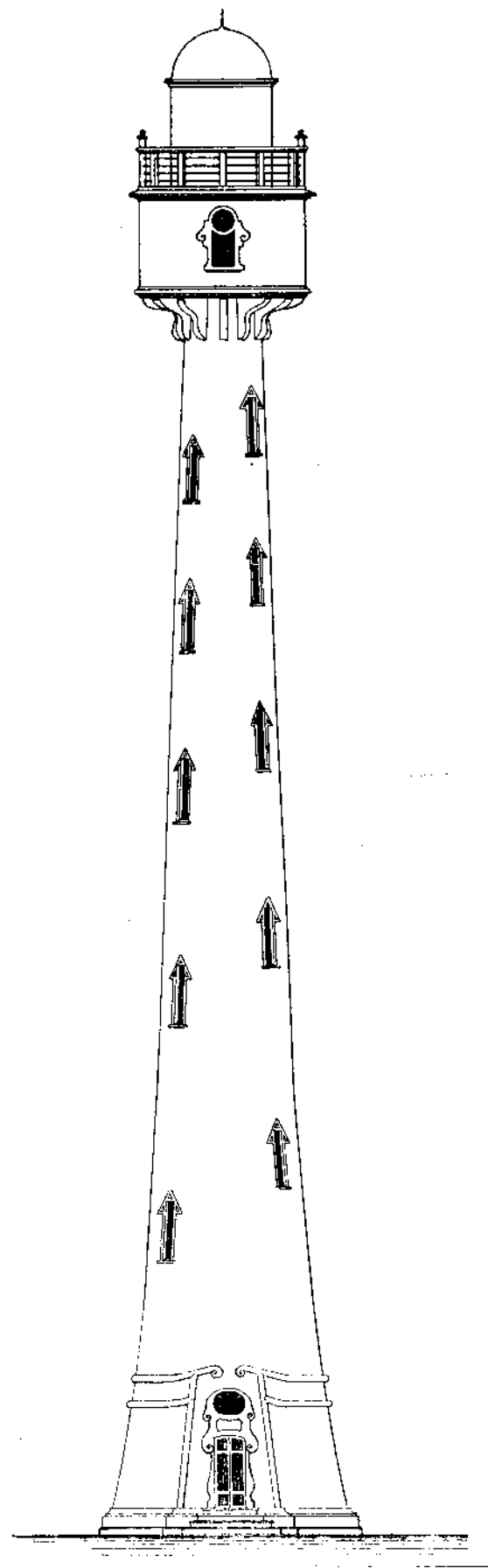


МАЯКИ.

ТАБЛИЦА 52. Фиг.1-8.

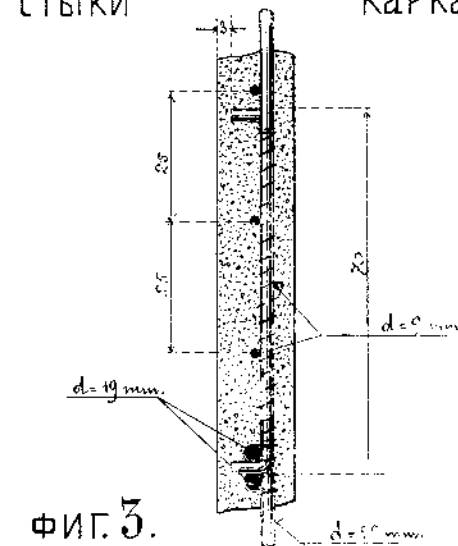
МАЯКЪ ВЪ НИКОЛАЕВСКОМЪ ПОРТЪ.

[ЧЕРНОЕ МОРЕ.]



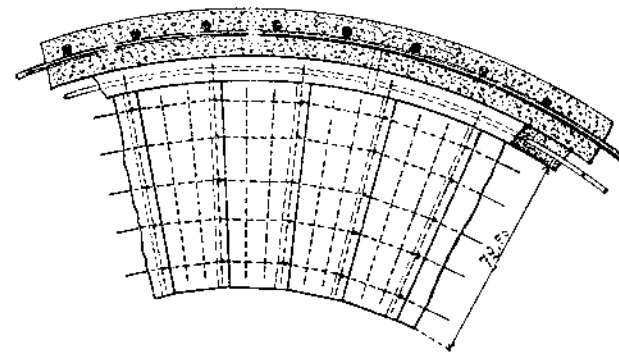
ФИГ.1.

СТЫКИ
каркаса.

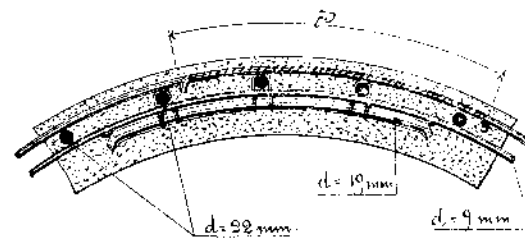


ФИГ.3.

УСТРОЙСТВО ЛѢСТНИЦЫ.

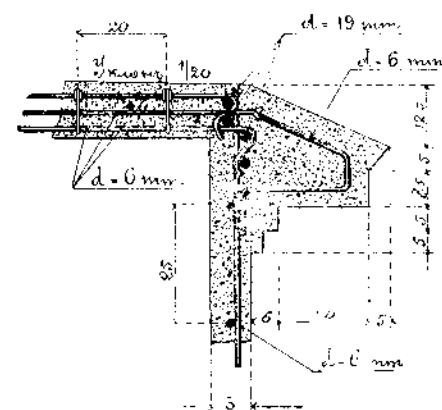


ФИГ.6.

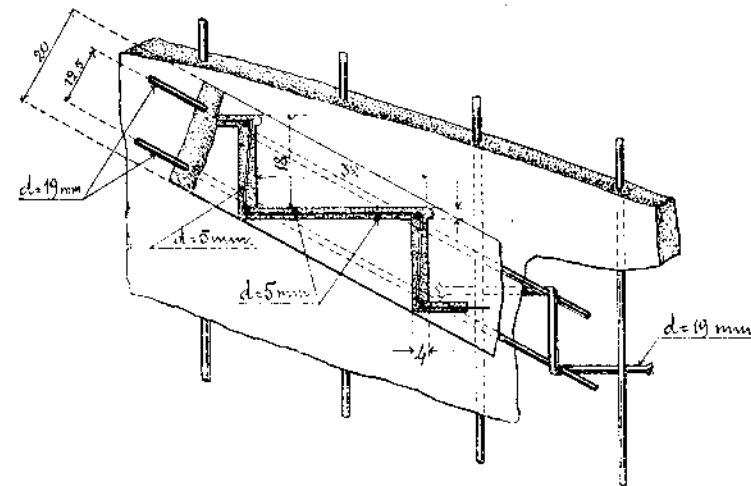


ФИГ.4.

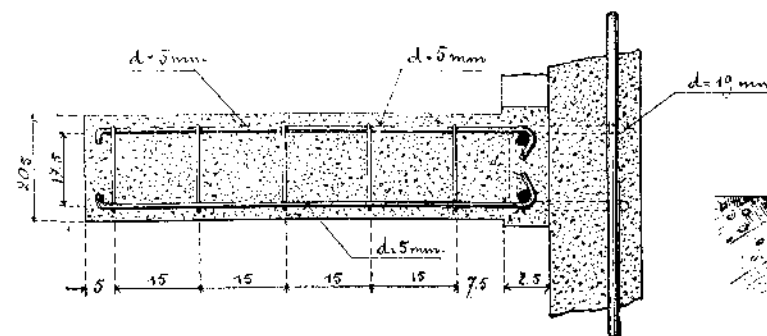
ДЕТАЛЬ ФОНАРЯ.



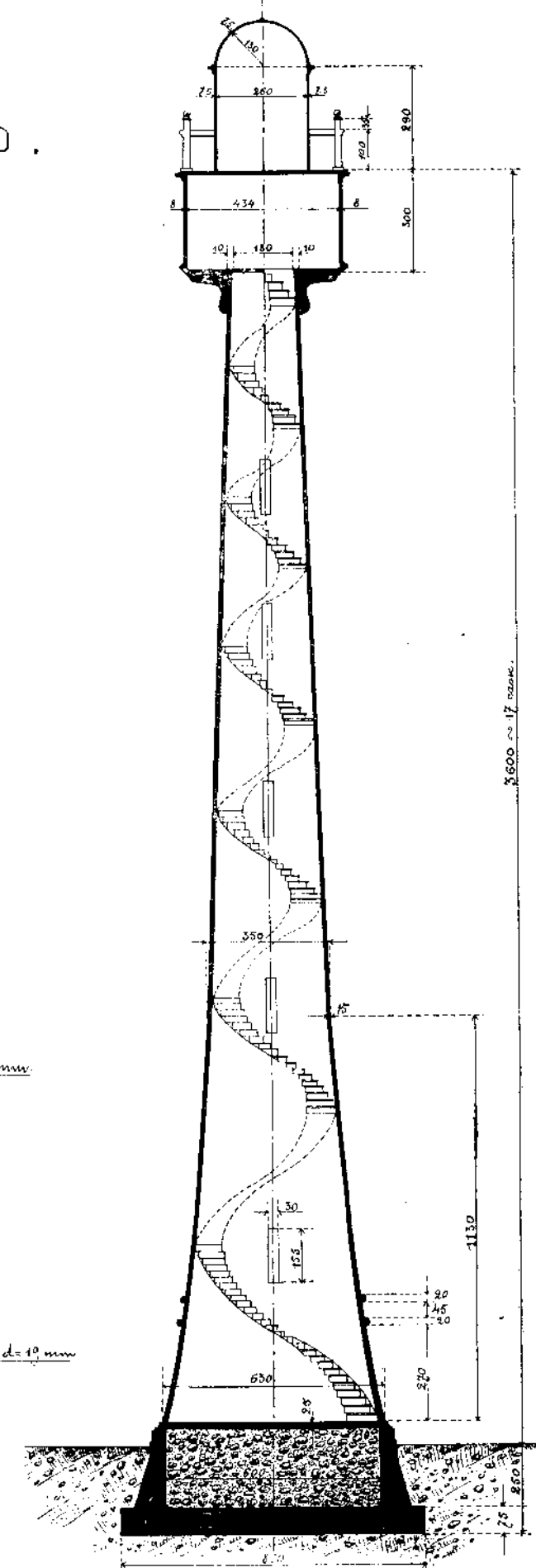
ФИГ.5.



ФИГ.7.



ФИГ.8.



ФИГ.2.

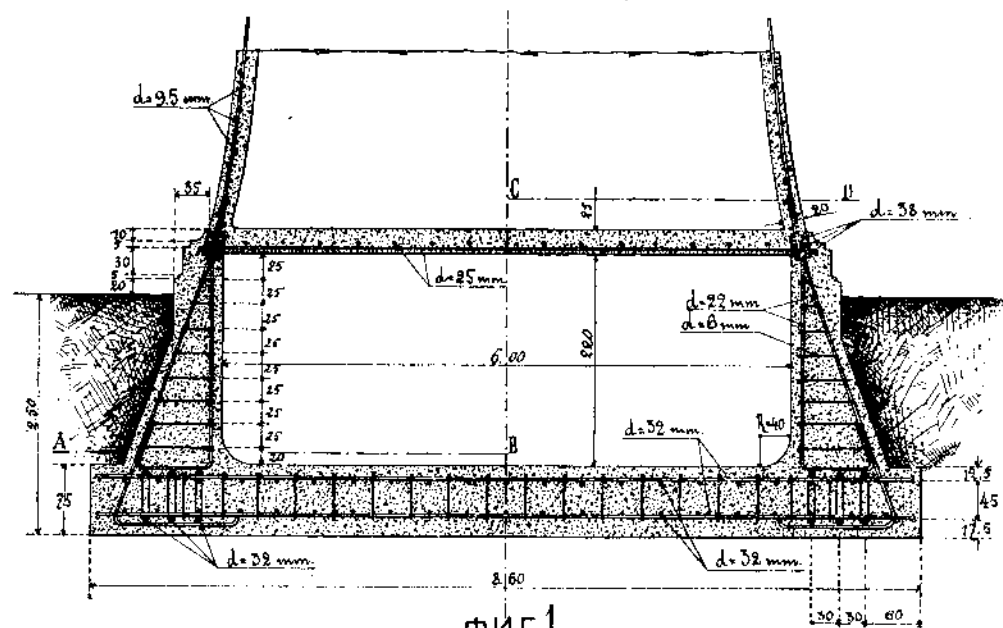
МАЯКИ.

ТАБЛИЦА 53. Фиг. 1-5.

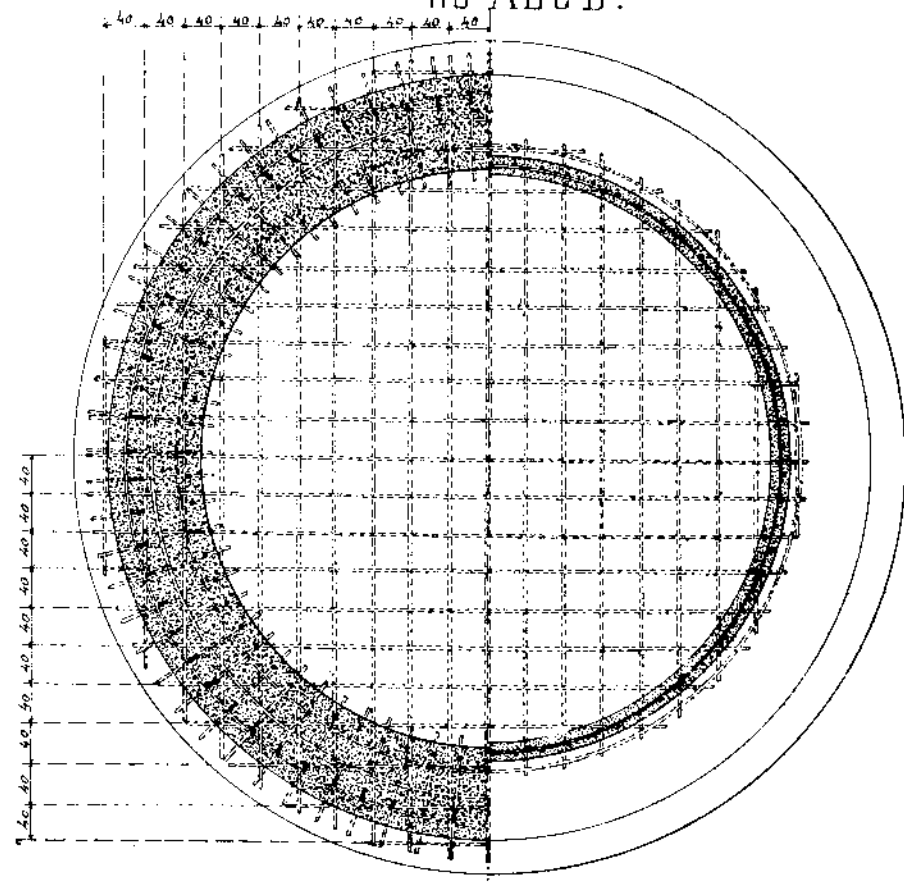
МАЯКЪ ВЪ НИКОЛАЕВСКОМЪ ПОРТЪ.

[ЧЕРНОЕ МОРЕ.]

УСТРОЙСТВО ФУНДАМЕНТА.



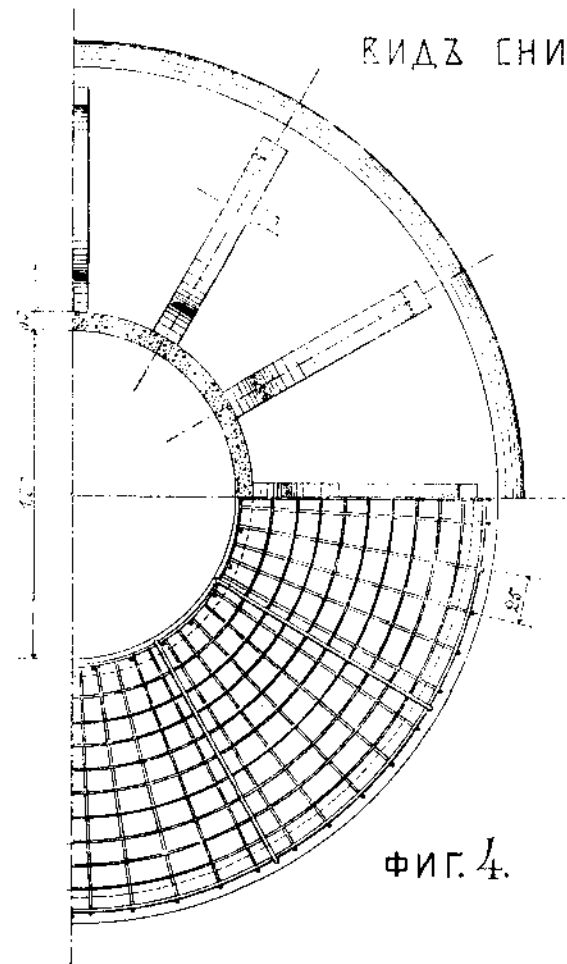
Фиг. 1.
по АВСД.



Фиг. 2.

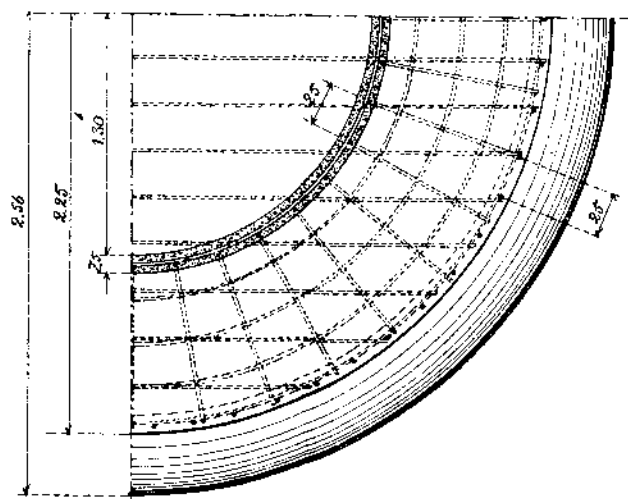
ФОНАРЬ.

ВИДЪ СНИЗУ.



Фиг. 4.

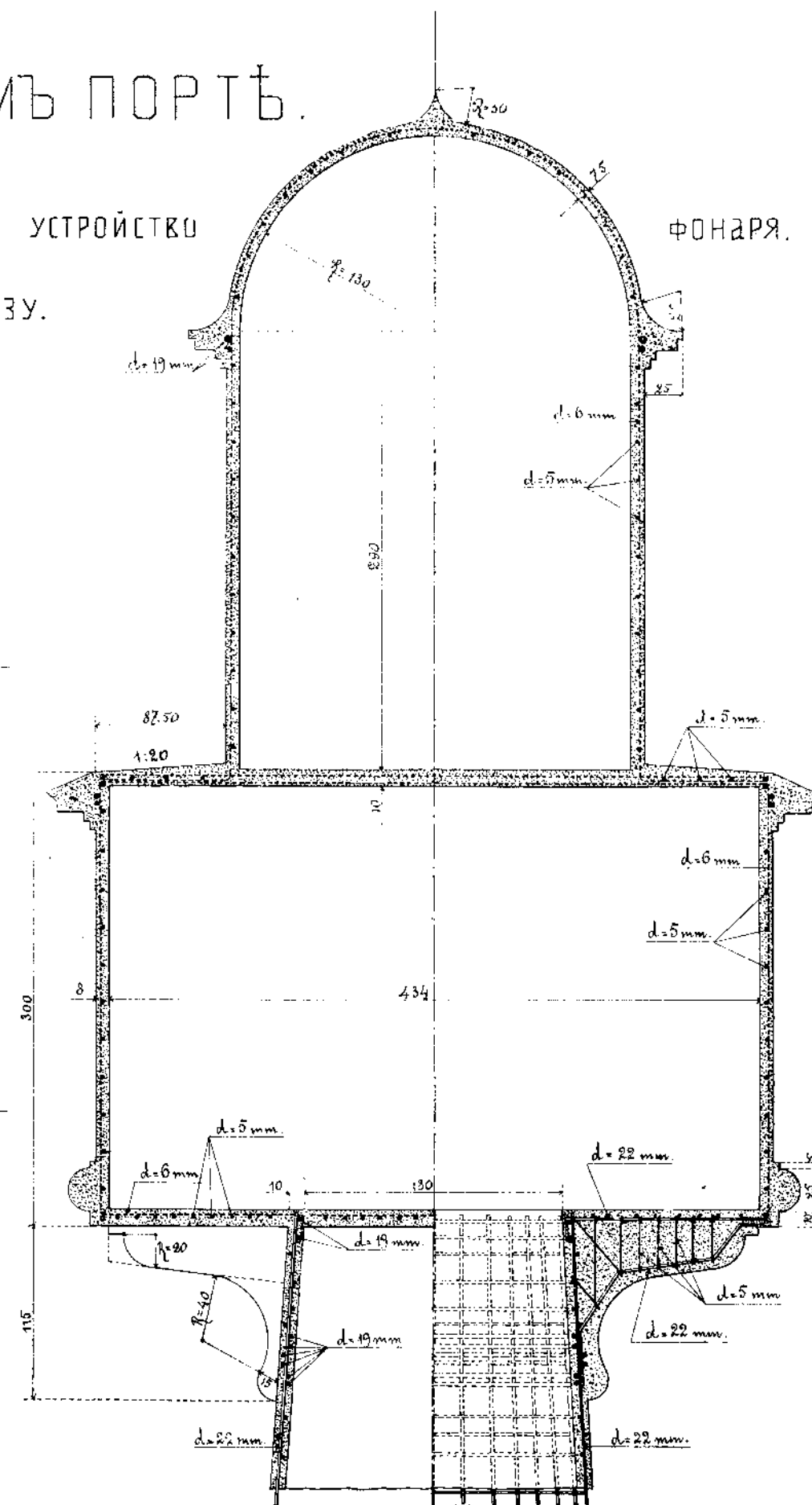
ВИДЪ СВЕРХУ.



Фиг. 5.

УСТРОЙСТВО

ФОНАРЯ.



Фиг. 3.

Т У Н Н Е А М .

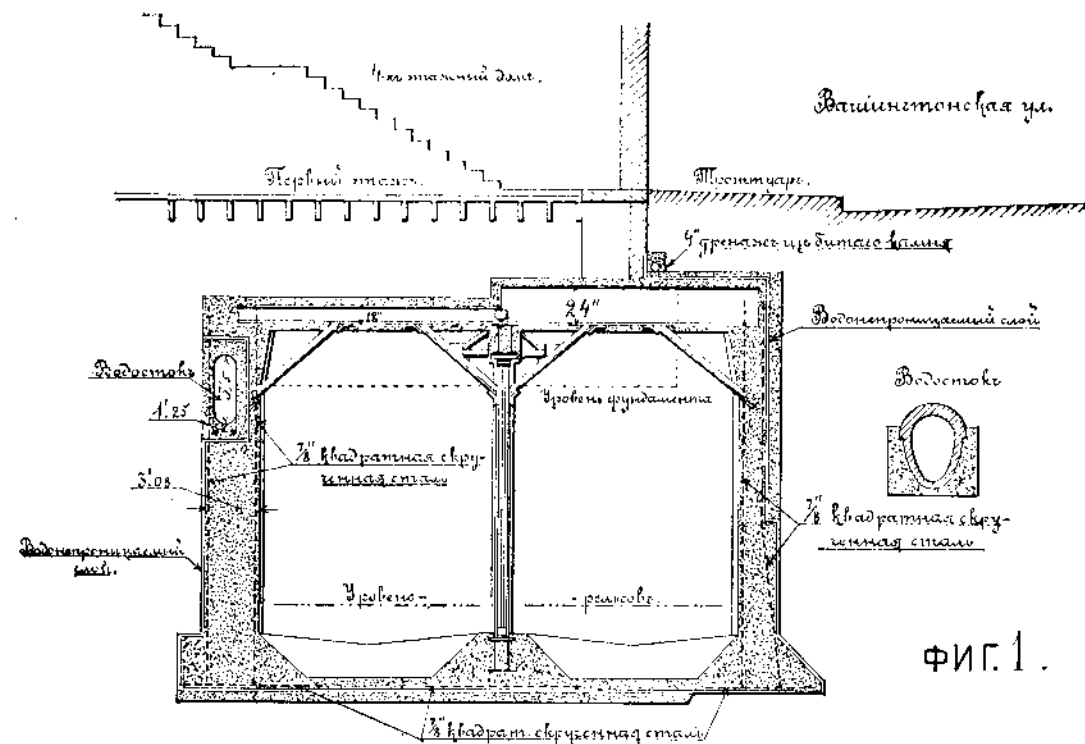
ТАБЛИЦА 54. фиг.1-4.

ТУННЕЛЬ ПОДЪ ВАШИНГТОНСКОЙ УЛИЦЕЙ ВЪ БОСТОНѢ.

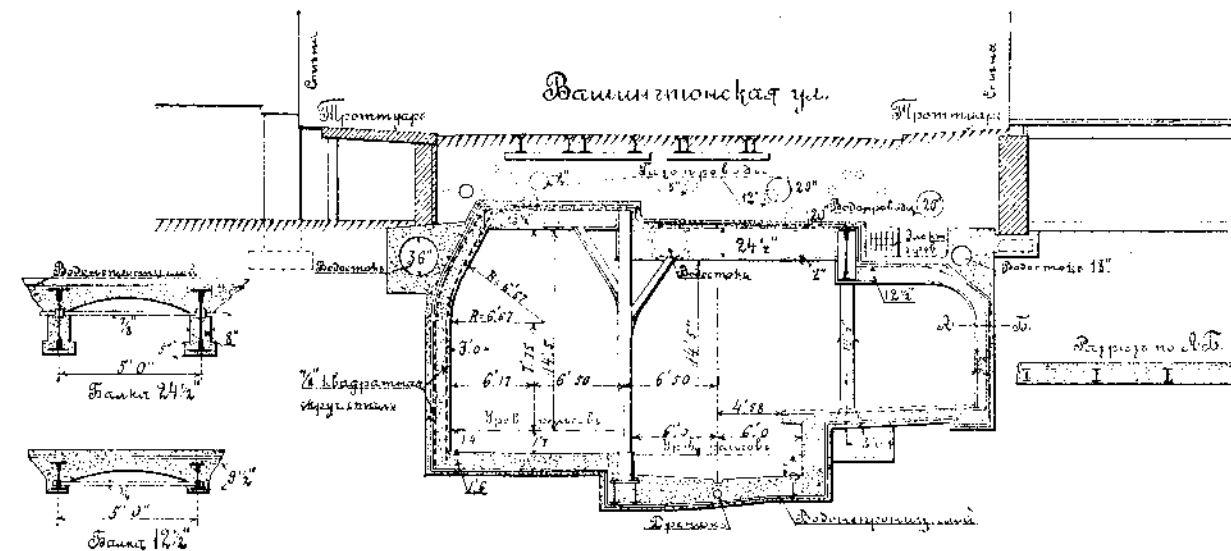
[С.-А. СОЕД. ШТАТЫ.]

ПЕРВАЯ ЧАСТЬ ТУННЕЛЯ.

КТО РАЯ ЧАСТЬ.



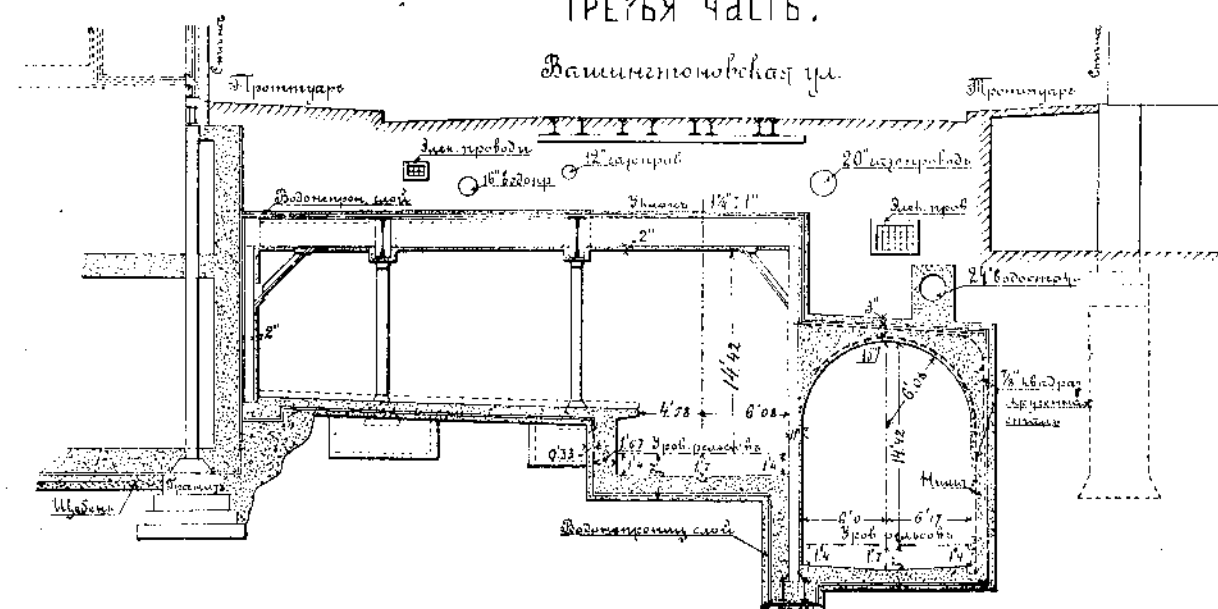
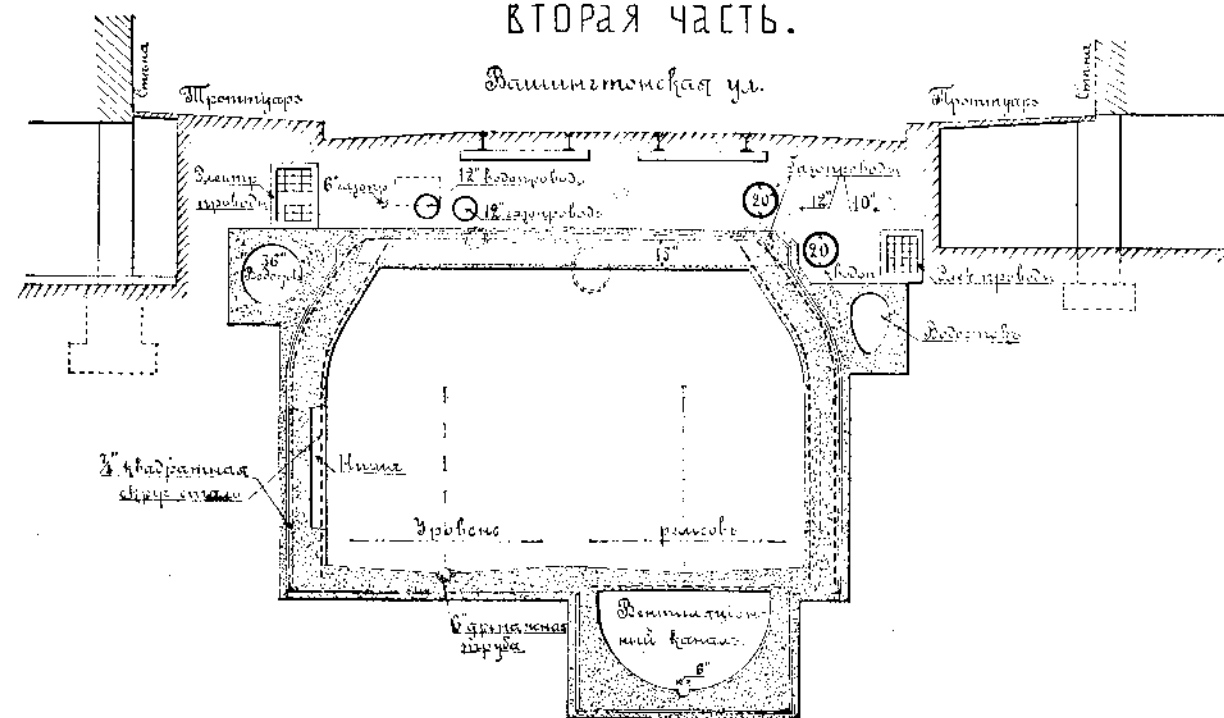
Фиг. 1.



ФИГ. 3.

ВТОРАЯ ЧАСТЬ.

ТРЕТЬЯ ЧАСТЬ.



ТУННЕМ.

ТАБЛИЦА 55. Фиг. 17

ТУННЕЛЬ ПОДЪ ВАШИНГТОНСКОЙ УЛИЦЕЙ ВЪ БОСТОНЪ.

[С.-А. СОЕД. ШТАТЫ.]

ЧЕТВЕРТАЯ ЧАСТЬ ТУННЕЛЯ.

ВАШИНГТОНСКАЯ УЛИЦА.

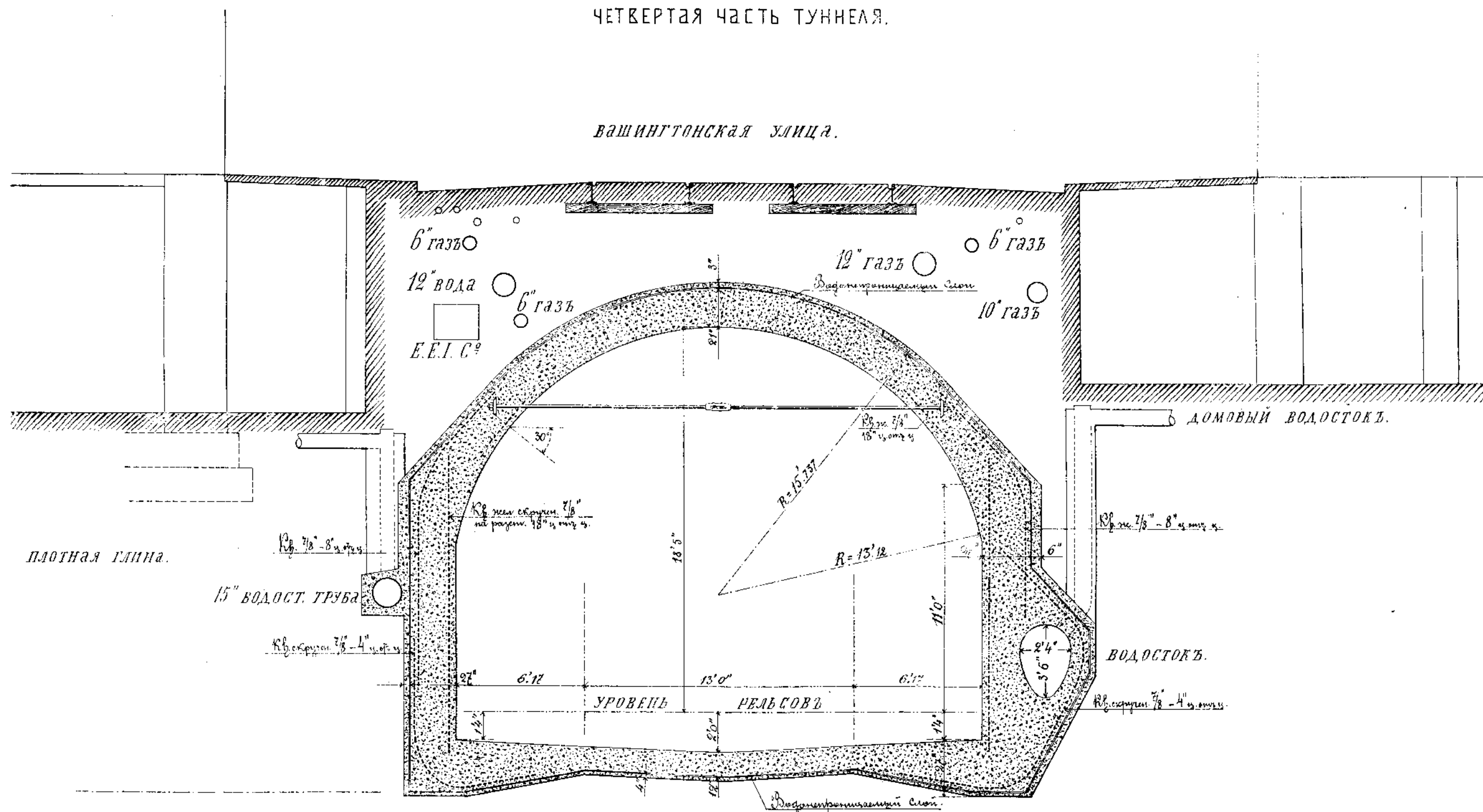


FIG 1

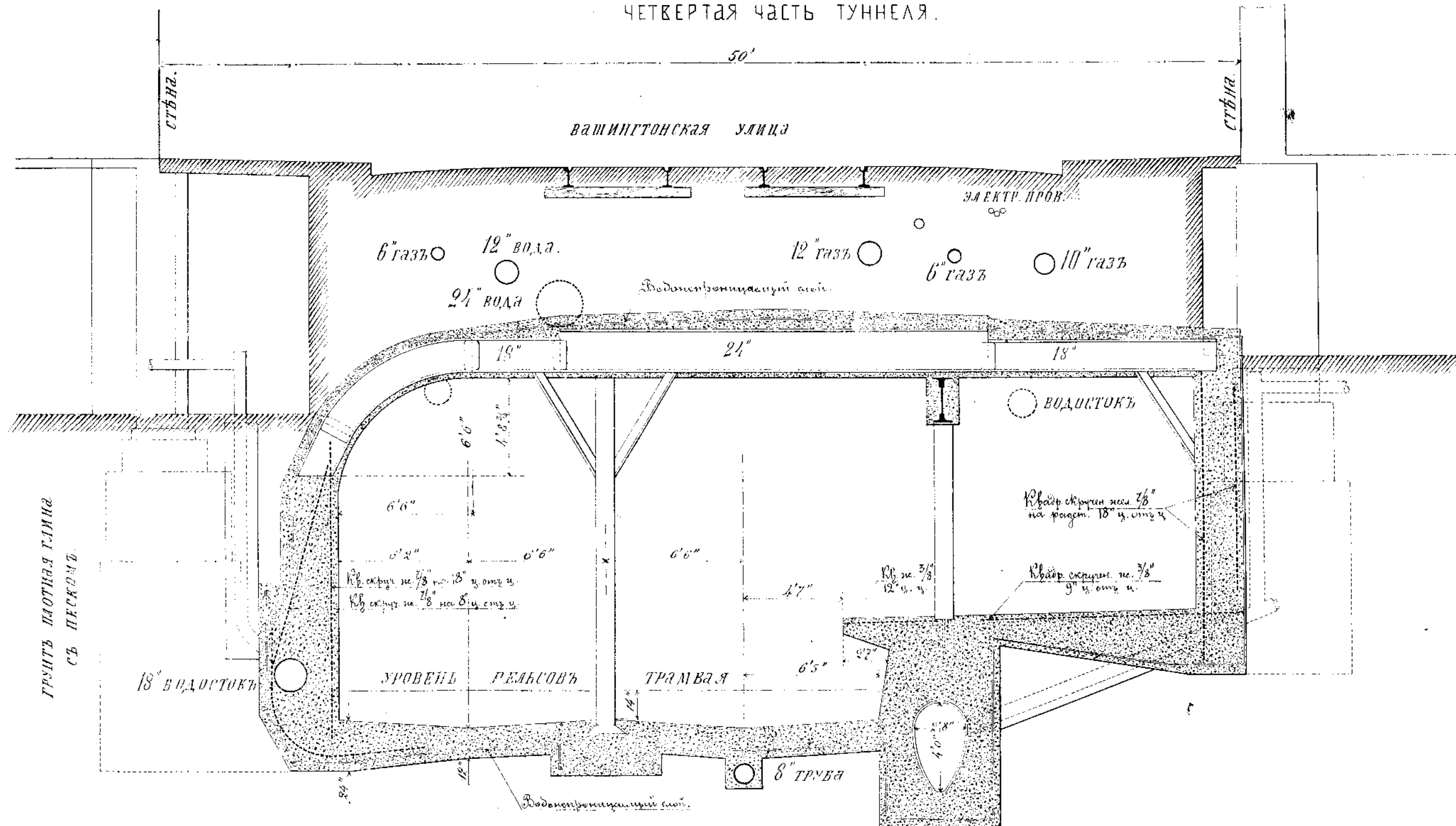
ТУННЕЛИ.

ТАБЛИЦА 56. Фиг. 1-

ТУННЕЛЬ ПОДЪ ВАШИНГТОНСКОЙ УЛИЦЕЙ ВЪ БОСТОНѢ.

[С.-А. СОЕД. ШТАТЫ.]

ЧЕТВЕРТАЯ ЧАСТЬ ТУННЕЛЯ.



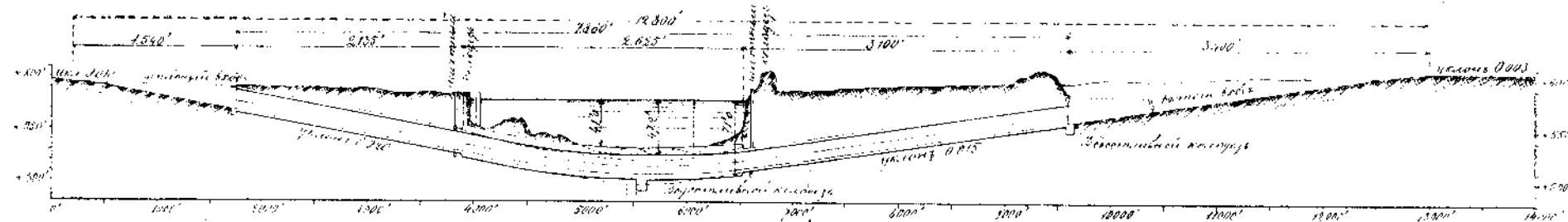
ТУННЕЛИ.

ТАБЛИЦА 57. Фиг.1-4.

ТУННЕЛЬ ПОДЪ Р. DETROIT RIVER ДЛЯ MICHIGAN CENTRAL R.R.

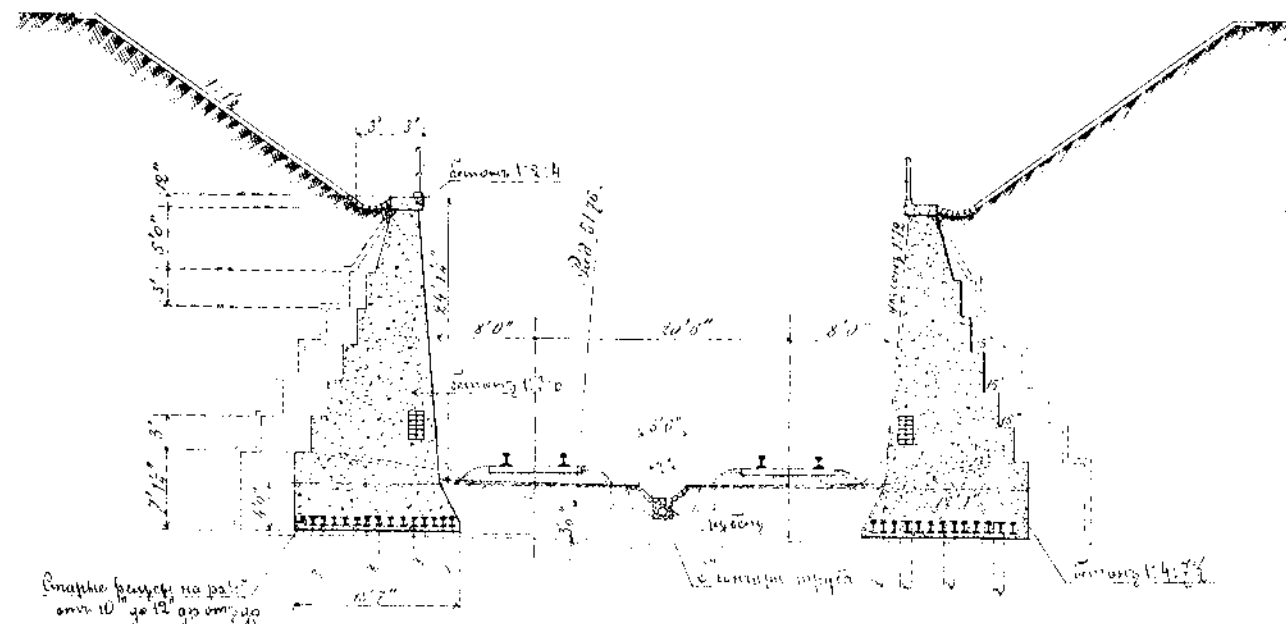
[С.-А. СОЕД. ШТ.]

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ТУННЕЛЯ.



Фиг.1.

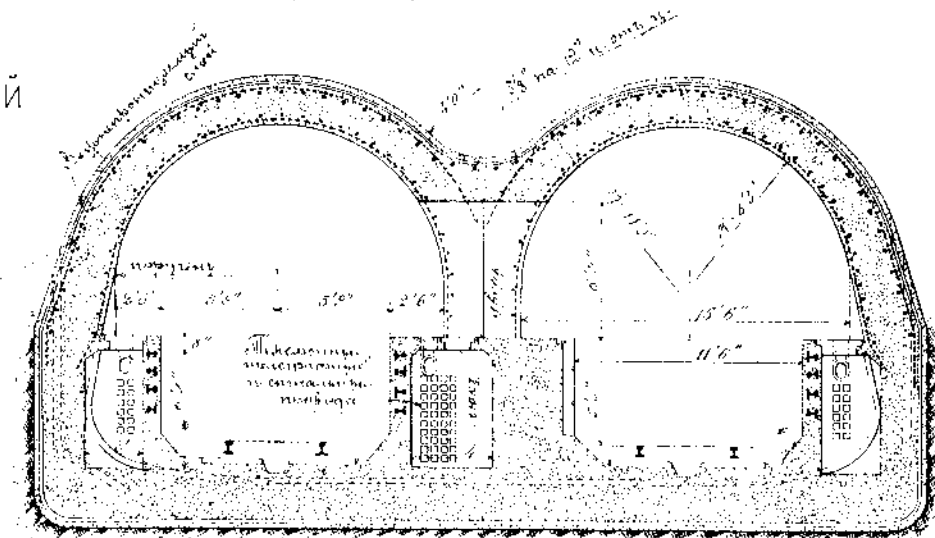
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗ
ВЪЗЛѢЗѢ ВЪ ТУННЕЛЬ.



Фиг.2.

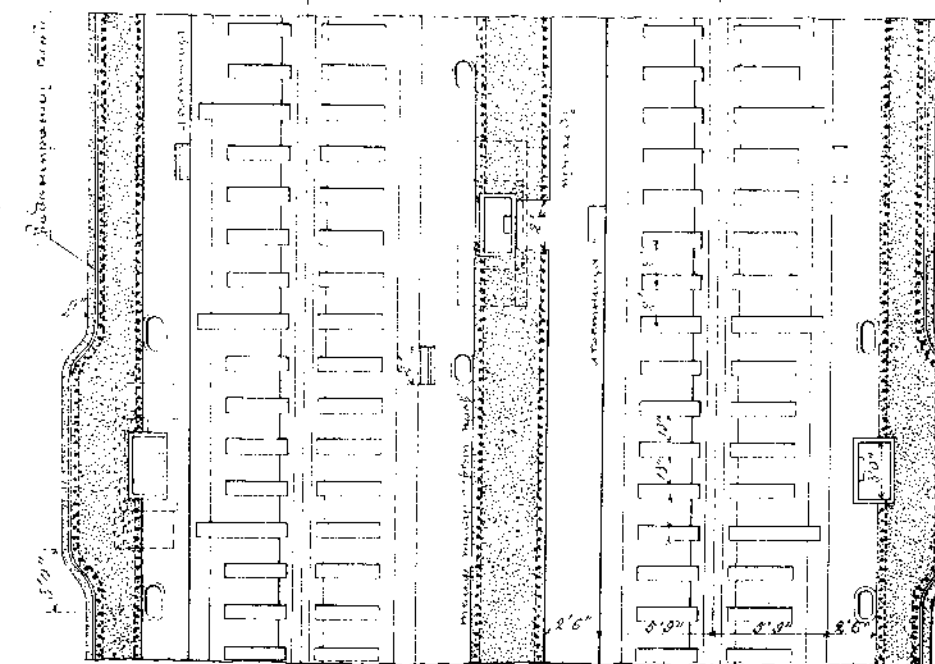
ПОПЕРЕЧНЫЙ
РАЗРѢЗ.

Възлези 7'8" на
разли 6'8" отъ н.



Фиг.3.

ПЛАНЪ.



Фиг.4.

ТУННЕЛИ.

ТАБЛИЦА 58. Фиг. 1-5.

ТУННЕЛЬ ПОДЪ Р. DETROIT RIVER ДЛЯ MICHIGAN CENTRAL RR.

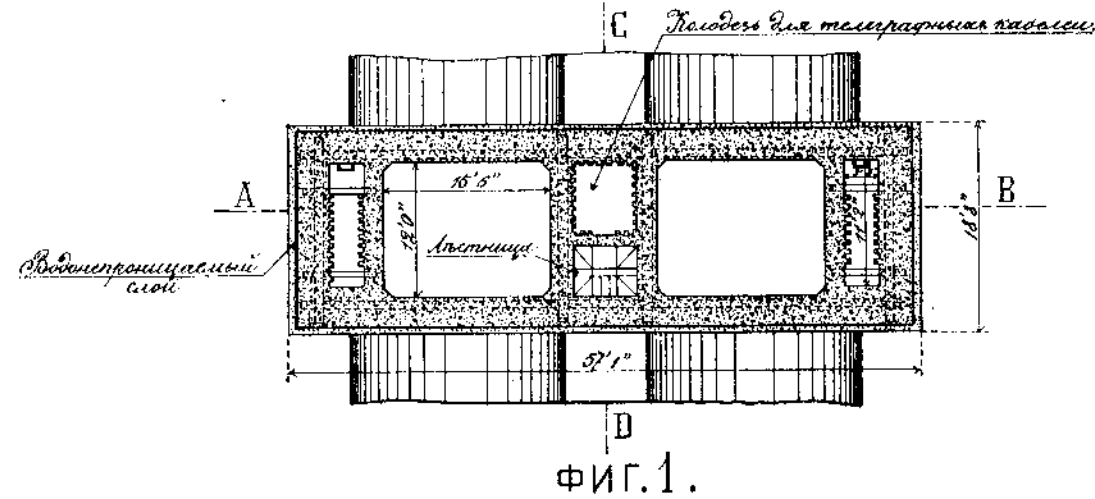
КОЛОДЦЫ.

РАЗРЪЗЪ ПО EF.

[С.А. СОЕД. ШТ.]

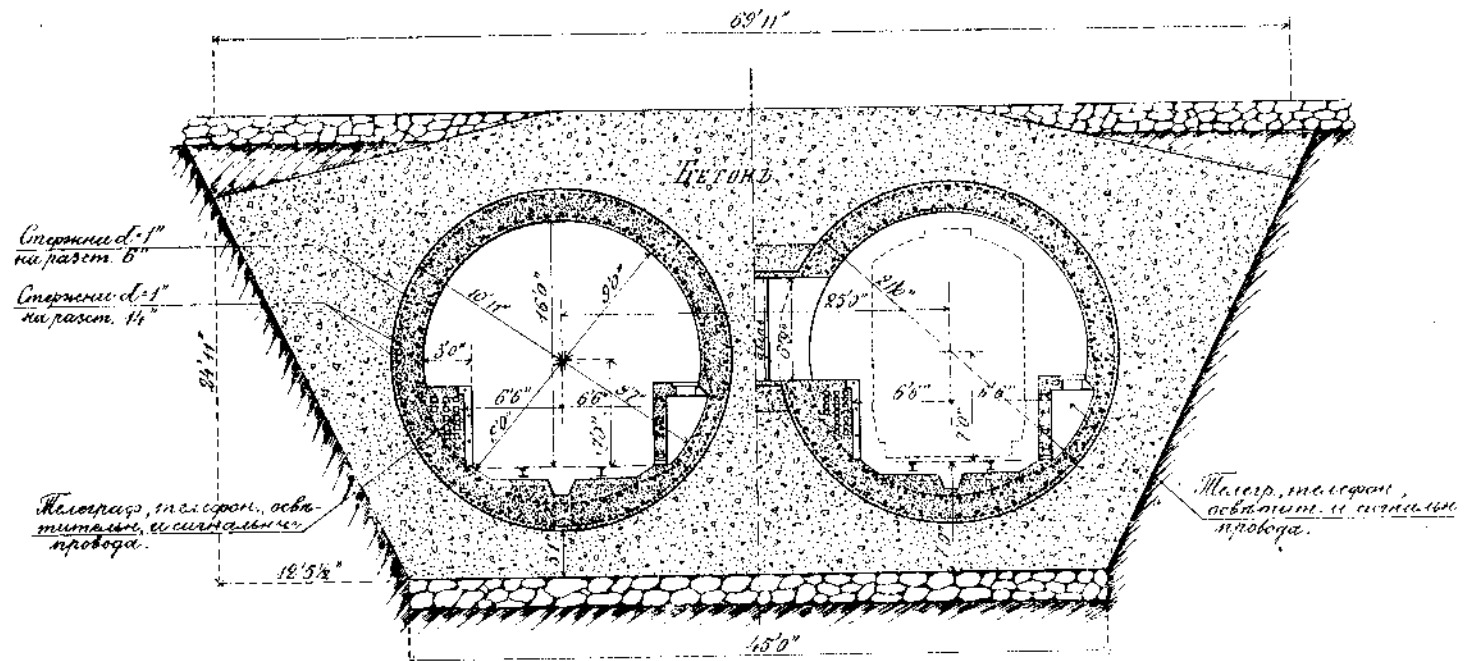
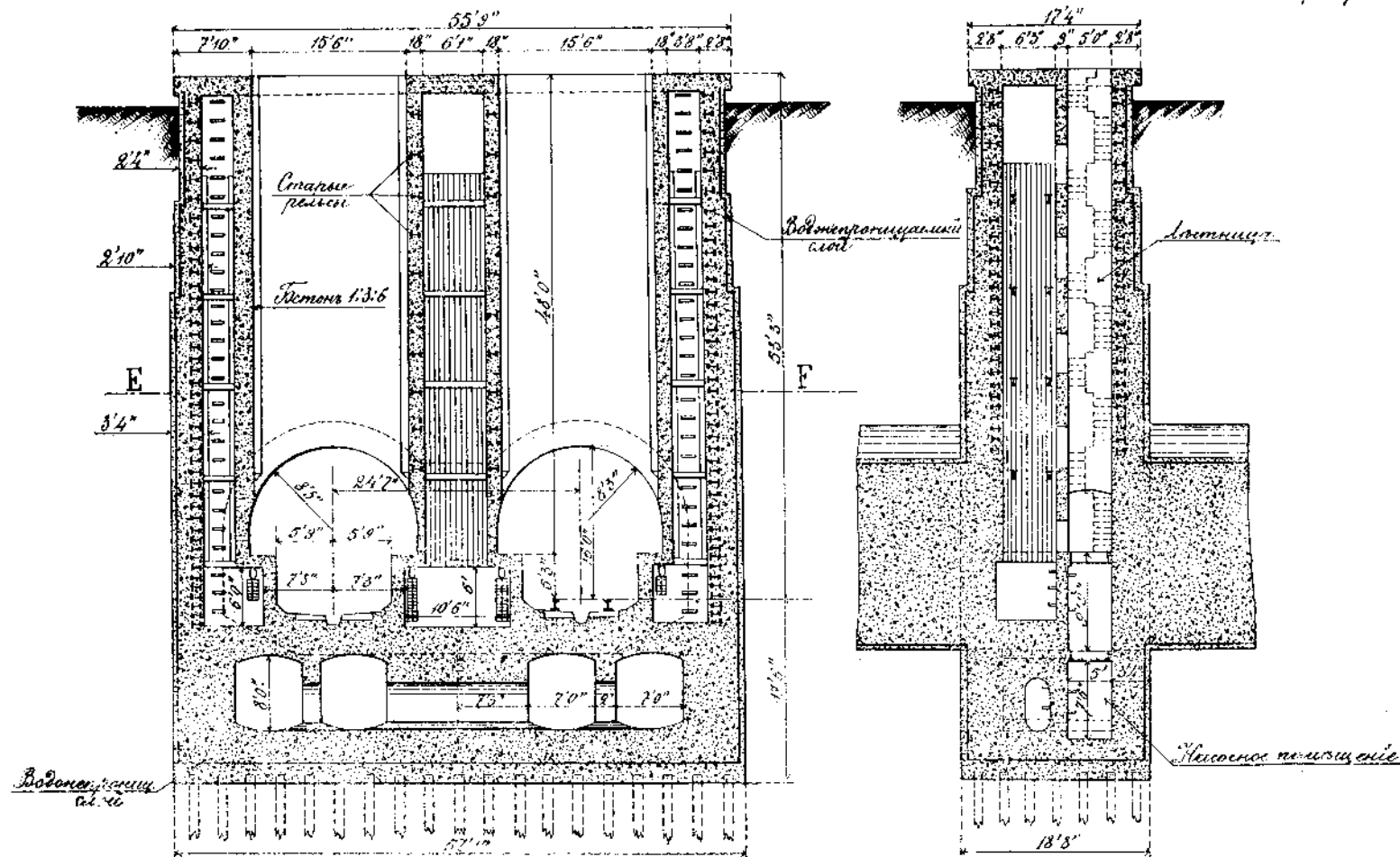
ПОДВОДНАЯ ЧАСТЬ ТУННЕЛЯ.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЪЗЪ.



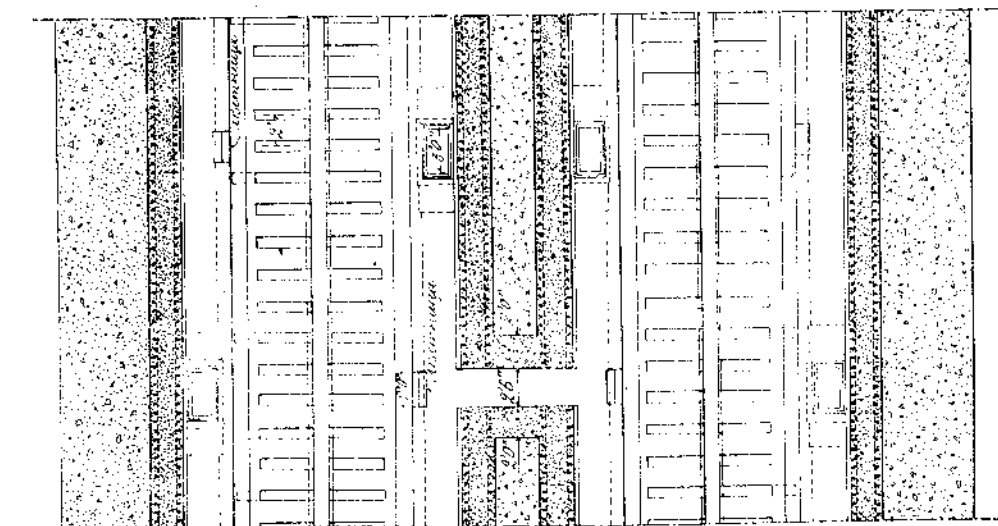
по АВ.

по СД.



ФИГ. 4.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ РАЗРЪЗЪ.



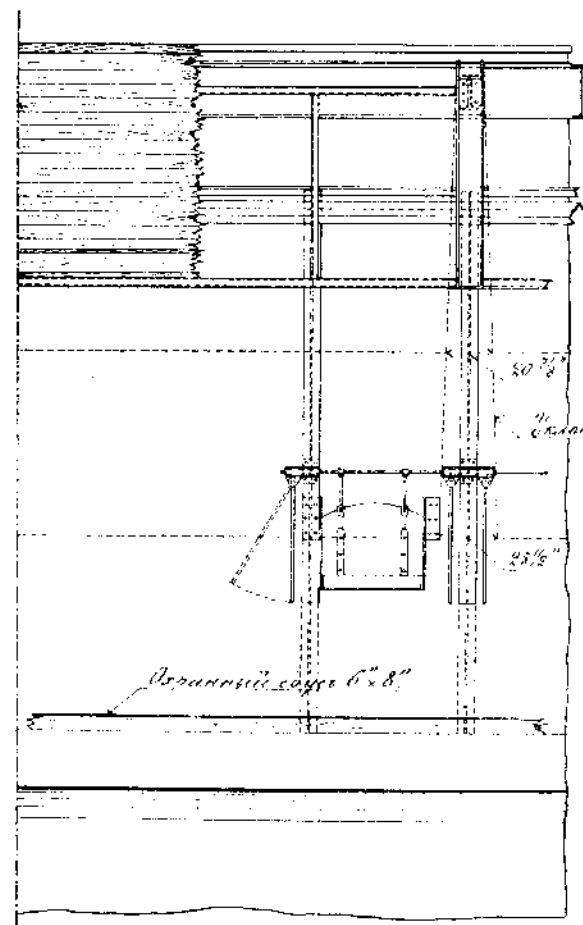
ФИГ. 5.

ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ. ТАБЛИЦА 59. Фиг. 1-4.

УГОЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ВЪ SOUTH EASTON НА Ж. Д. LEHIGH VALLEY RR.

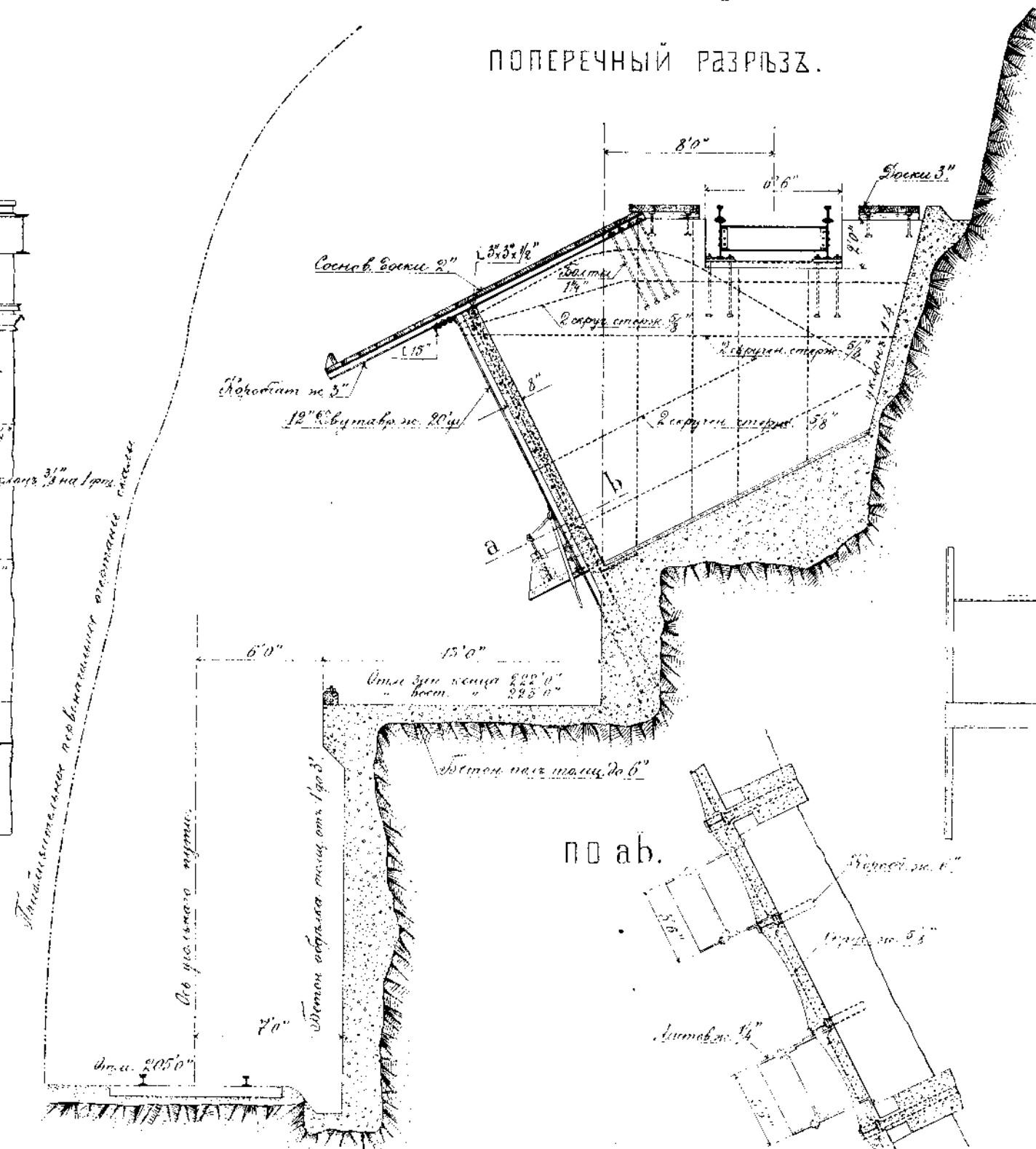
[С-А. СОЕД. ШТ.]

ВИДЪ СПЕРЕДИ.



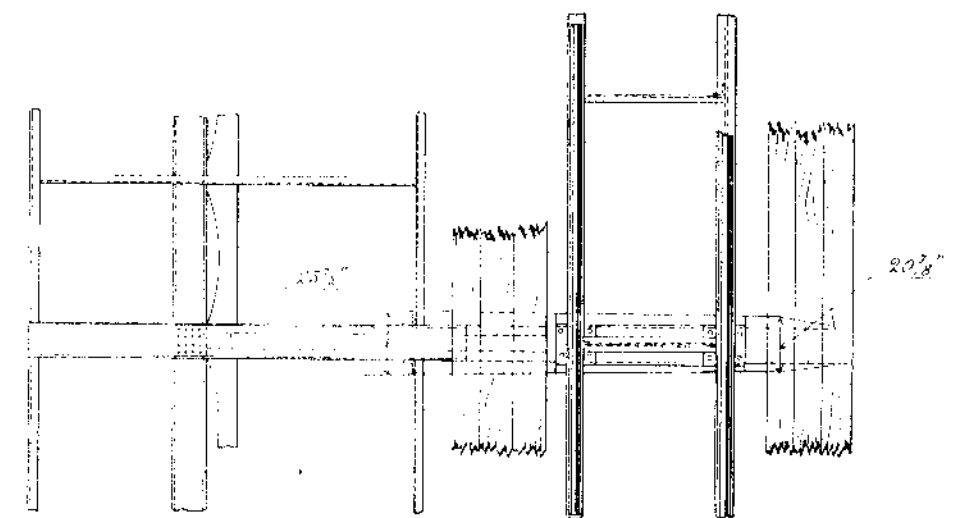
ФИГ. 2.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



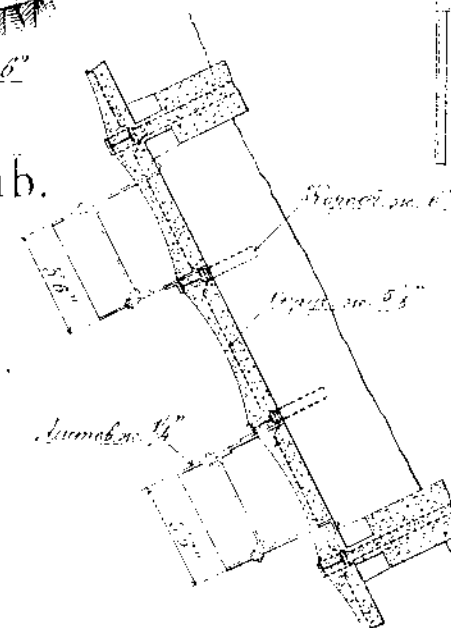
ФИГ. 1.

ВИДЪ СВЕРХУ.



ФИГ. 3.

по а в.



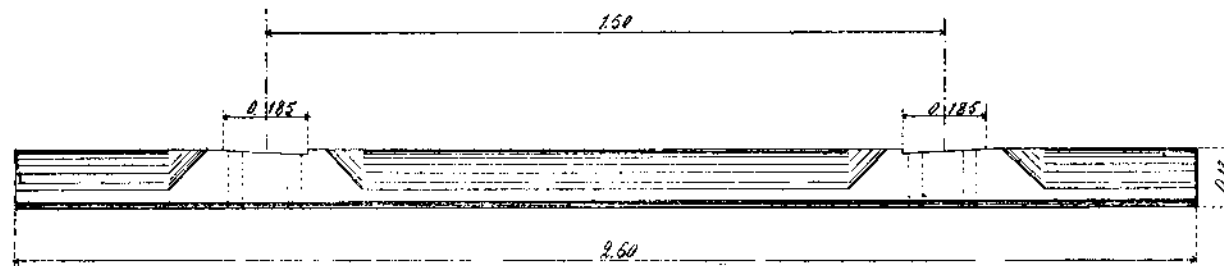
ФИГ. 4.

ШПАЛЫ.

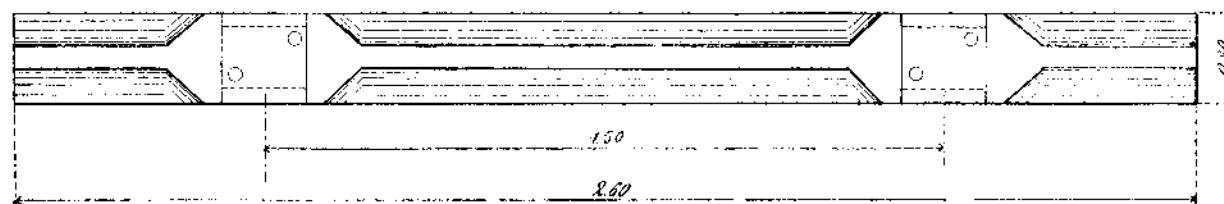
ТАБЛИЦА 60. фиг. 1-14.

РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ.

СИСТЕМА „RETE ADRIATICA“.

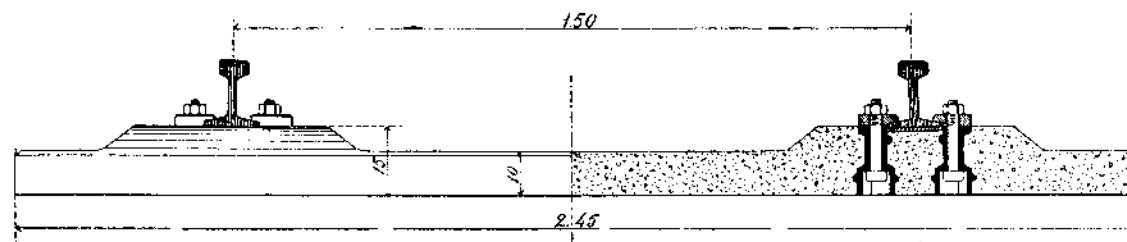


ФИГ. 1.

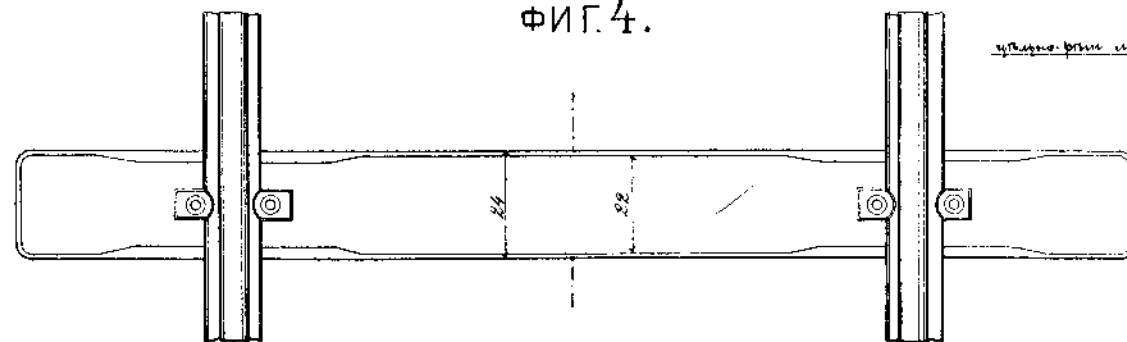


ФИГ. 2.

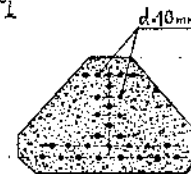
СИСТЕМА САРДА.



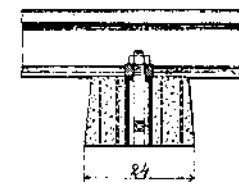
ФИГ. 4.



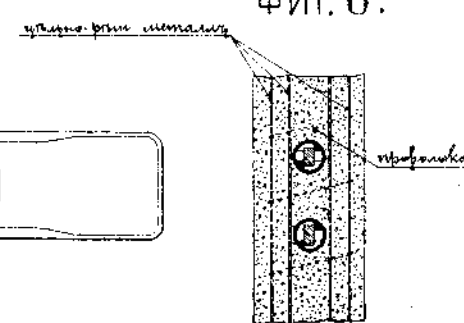
ФИГ. 5.



ФИГ. 3.

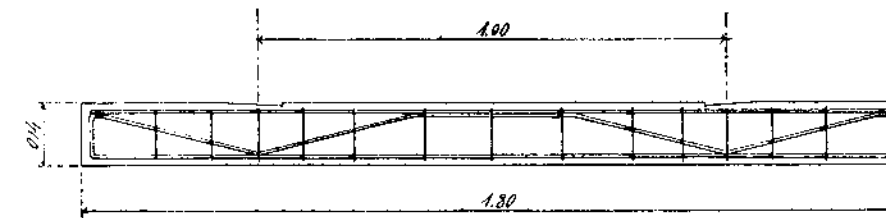


ФИГ. 6.

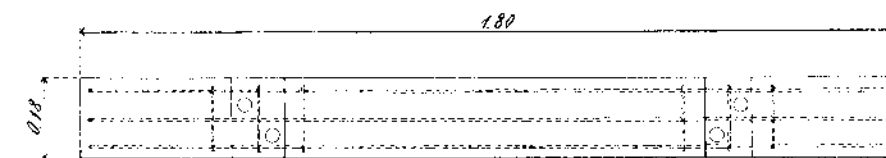


ФИГ. 7.

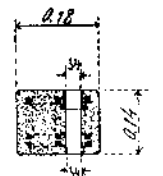
СИСТЕМА ЖИЛЬБОДА.



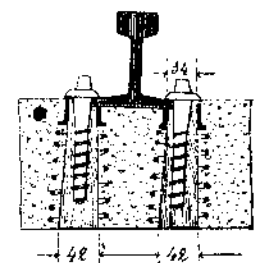
ФИГ. 8.



ФИГ. 9.

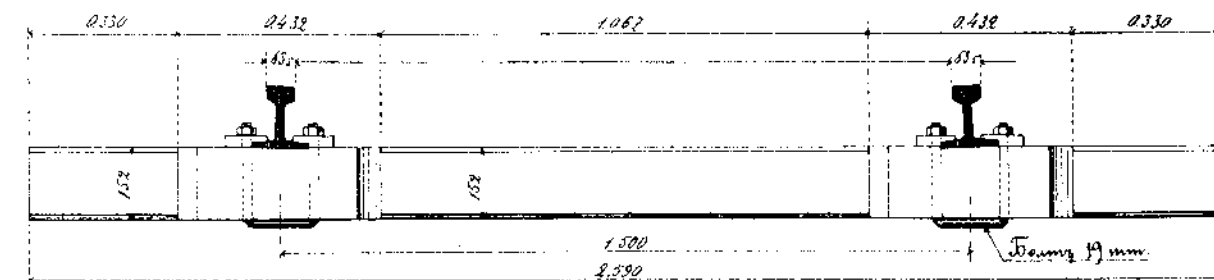


ФИГ. 10.

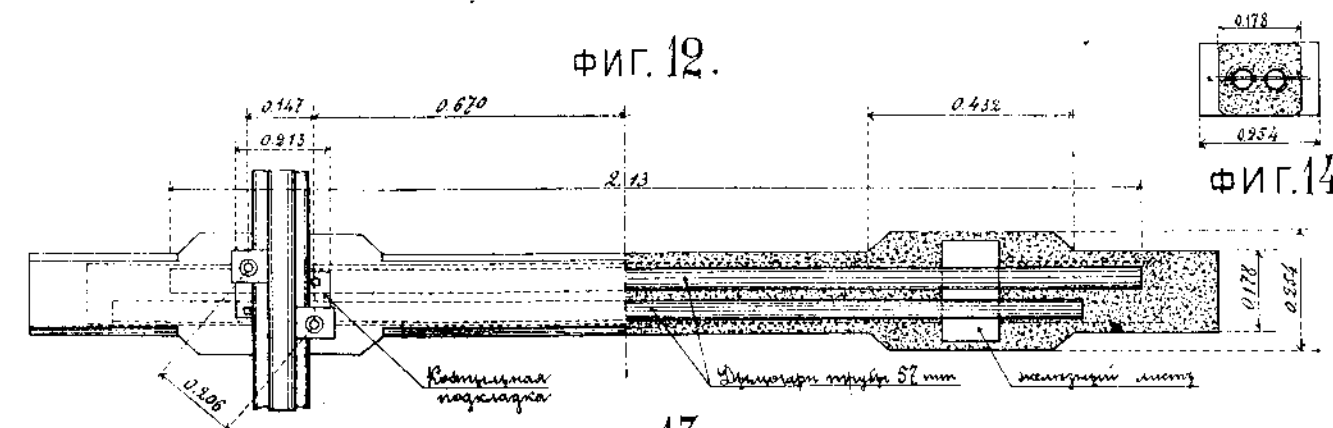


ФИГ. 11.

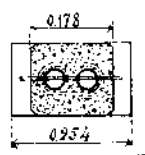
СИСТЕМА КЕМПБЕЛЛА.



ФИГ. 12.



ФИГ. 13.



ФИГ. 14.

ЗАБОРЫ.

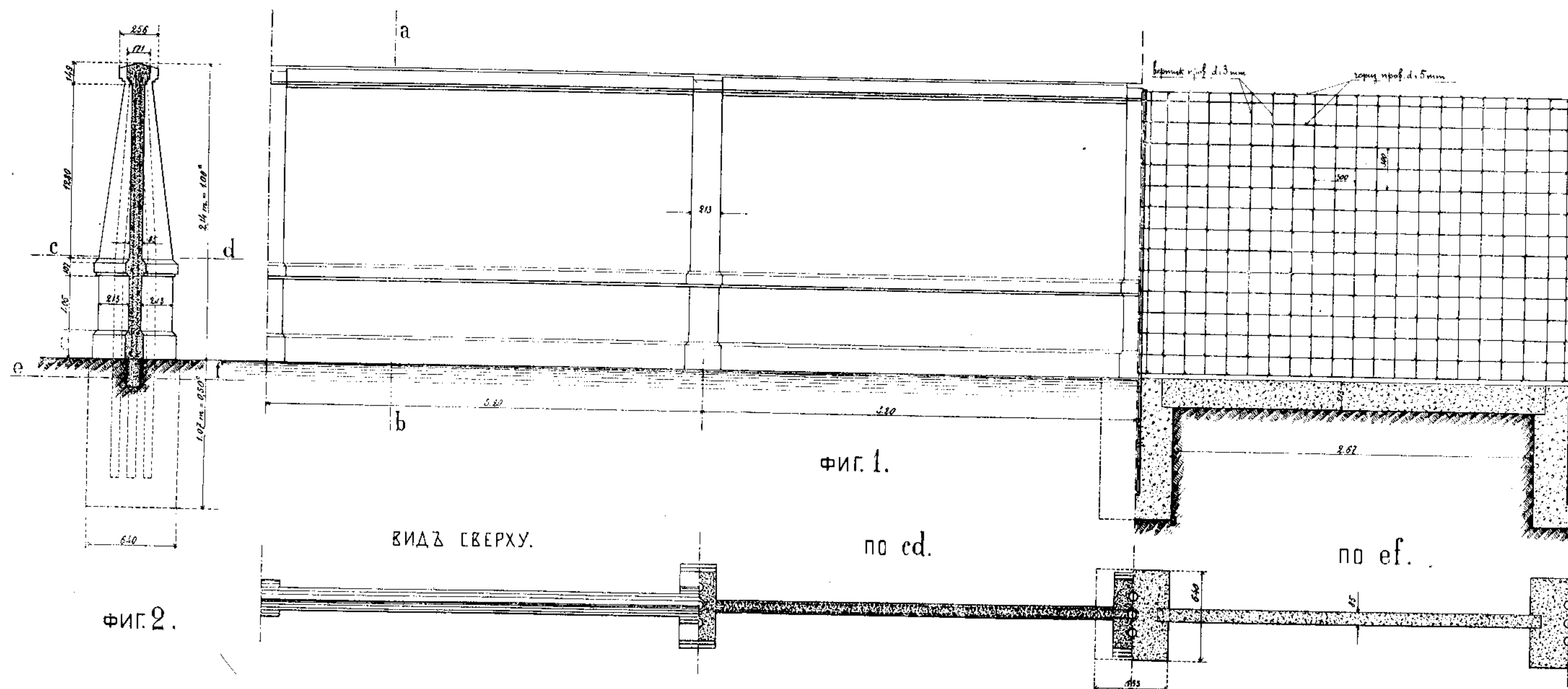
ТАБЛИЦА 61. Фиг. 1-3.

ТИПЪ ЖЕЛЪЗОБЕТОННОГО ЗАБОРА. ВЛАДИКАВКАЗСКОЙ Ж.Д.

по ab.

фасадз.

расположеніе каркаса.



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Фиг. 3.

ОГЛАВЛЕНИЕ АЛЬБОМА.

ЧАСТИ ЗДАНИИ.

- Табл. 1 Цѣльно-рѣшетчатый металл.
Стѣны жилыхъ домовъ.
» 2 Цѣльно-рѣшетчатый металл.
Междуэтажные перекрытія.
» 3 Система Геннебика — Стѣны.
» 4 „ „ — Полы.
» 5 „ „ — Колонны.
» 6 „ „ — Крыши и свѣсы.
» 7 Фундаменты.
» 8 Система Кенена. Новая система Гольдинга.
» 9 Лѣстницы. Системы Монье, Цѣльно-рѣшетчатый металл, Шоди, Геннебика.
» 10 Лѣстница въ дѣтскомъ приютѣ въ Фельдсбергѣ.
(Kaiser Ferdinands Nordbahn, Австрія).

ИСКУССТВЕННЫЯ СООРУЖЕНІЯ.

Сваи.

- Табл. 11 Различныя системы.
» 12 Тоже.
» 13 Шпунтовый рядъ на каналѣ изъ Гента въ Тернейценъ (Бельгія).
» 14 Забивка и опусканіе свай.

Эстакады.

- » 15 Эстакада въ Вульстонѣ (Англія).
» 16 Переустройство пристани на Atlantic City въ Нью-Джерсеѣ (С. А. Соед. Штаты).

Набережныя.

- » 17 Набережныя въ Берлинѣ и въ Данцигѣ.
» 18 Набережныя въ Соутгэмптонѣ.

Подпорныя стѣнки.

- » 19 Подпорныя стѣнки на набережной Debilly въ Парижѣ.

Укрѣпленіе береговъ.

- » 20 Различныя типы.

МОСТЫ.

- » 21 Мостики на Владикавказской ж. д.
Мостики на Восточно-Китайской ж. д.
» 22 Мосты на ж. д. Юра-Симплонъ (Швейцарія).
Мостики на Меридіональной ж. д. (Италія).
« 23 Виадукъ на ж. д. Клевелендъ—Цинцинати—Чикаго—Санъ-Луи (С. А. Соед. Штаты).
» 24 Мостъ въ Ivry. Мостъ въ Purfleet.
» 25 Мостъ на ж. д. Kansas City, Mexico and Orient Railway.
Виадукъ на ж. д. Illinois Central Railway.
Табл. 26 Мостъ въ Plano на ж. д. Chicago, Burlington and Quincy Railway.
» 27 Трубы подъ насыпями.
» 28 Путепроводъ на ж. д. Kaiser Ferdinands Nordbahn (Австрія).
Виадукъ на 159 вер. линіи Ясеноватая Долинская (Екатерининской ж. д.).
» 29 Мостъ чер. р. Bregenzer Ache близъ г. Ybbs на Дунаѣ.
» 30 Мостъ на р. Vienne въ Châtellerault (Франція).
» 31 Мостъ чер. р. Aisne въ Суассонѣ (Франція).
» 32 Мостъ на р. Steyr (Австрія).
» 33 Мостъ чер. р. Rio Caudal въ Mières (Испанія).
» 34 Мостъ на р. Charley Creek въ Wash (С. А. Соед. Штат.).
» 35 Пешеходные мостики.
» 36 Опускные колоды.
Кессоны на Восточно-Китайской ж. д.
» 37 Троттуары мостовъ черезъ пойму р. Дона на 3, 6 и 8 вер. Владикавказской ж. д.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ.**Бассейны.**

- Табл. 38 Отстойные бассейны на ст. Евлахъ п
Поти Закавказской ж. д.
» 39 Отстойные бассейны на ст. Спелъ-
никово Екатериинской ж. д.
» 40 Отстойные бассейны на ст. Кавказская
Владикавказской ж. д.
» 41 Тоже.

Резервуары.

- » 42 Напорный резервуаръ на ст. Желъз-
нодорокъ Владикавказской ж. д.
» 43 Водосмное здание на ст. Екатерино-
даръ Владикавказской ж. д.
» 44 Тоже.

Канализация.

- » 45 Канализация города Париска.

СМѢСЬ.**Платформы.**

- » 46 Платформа при цементныхъ печахъ
Франко-Русскаго Общества въ Чу-
довъ.
» 47 Тоже.

Заводы.

- » 48 Зубчатое покрытие рафинаднаго за-
вода въ Saint Ouen (Франція).
» 49 Покрытие паровозныхъ мастерскихъ
въ Böhm Leira (Австрія).

Фабричныя трубы.

- Табл. 50 Труба Pacific Electric Railway Co.
(Калифонія).
» 51 Труба въ Елизаветпортъ. Труба Co.
Plymouth Cordage.

Маяки.

- » 52 Маякъ въ Николаевскомъ портѣ (Чер-
ное море).
» 53 Тоже.

Туннели.

- » 54 Туннель подъ Вашингтонской улицей
въ Бостонѣ (С. А. Соед. Штаты).
» 55 Тоже.
» 56 Тоже.
Табл. 57 Туннель подъ р. Detroit River для
ж. д. Michigan Central Railroad.
» 58 Тоже.

Желѣзныя дороги.

- » 59 Угольная станція въ South Easton на
ж. д. Lehigh Valley Railroad.

Шпалы.

- » 60 Различные типы.

Заборы.

- » 61 Типъ желѣзо-бетоннаго забора Влади-
кавказской ж. д.

