

3536

Ф. Г. ГАУЗЕ

**ПРОВЕРЕНО**

207

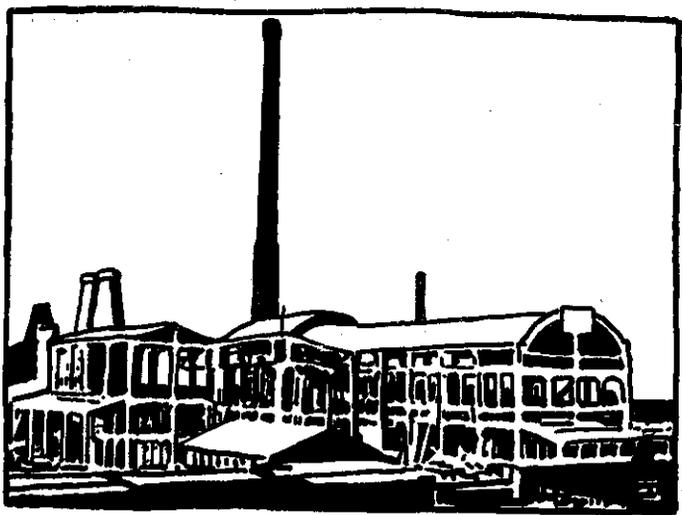
# ЖЕЛЕЗОБЕТОН В XX ВЕКЕ

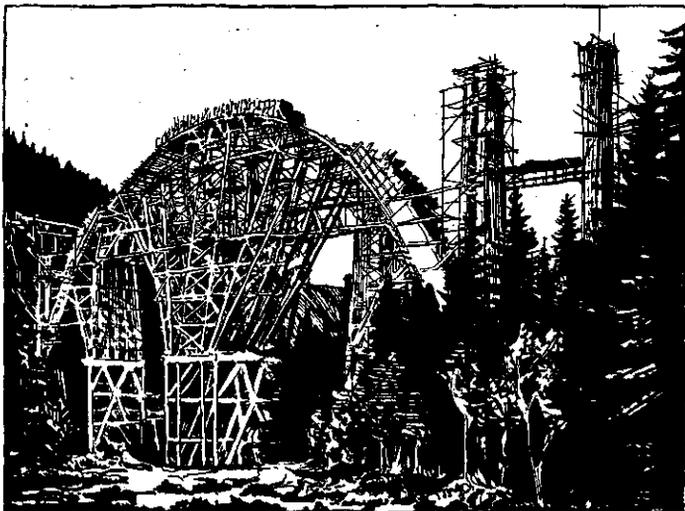
С 128 РИСУНКАМИ В ТЕКСТЕ

1957

БИБЛИОТЕКА  
СИБИРСКОГО ГОРНОГО  
ИНСТИТУТА

ИЗДАНИЕ АВТОРА  
МОСКВА 1927





## ПРЕДИСЛОВИЕ

Около середины прошлого века почти одновременно в Европе и Америке был случайно открыт новый строительный материал—железобетон. В настоящее время сравнительно новый материал приобрел много сторонников и защитников своего применения, но имеет и много противников, до сих пор относящихся к нему с исключительным недоверием.

Теория лишь в дальнейшем и тоже недавно подвела надежный научный фундамент под это открытие. Новая, базирующаяся на гипотезах, теория нуждалась в опытах, в наблюдениях над сооружениями, доведенными до разрушения.

В начале своего существования железобетон дал немало катастроф, иногда очень крупных. Эти катастрофы временами колебали доверие к новому материалу, но принесли и большую пользу, так как заставили научные силы проникнуть в сущность происшествий и в причины, их вызвавшие.

Из таких катастроф и разрушений следует отметить: 1) имевшие место в начале этого столетия и 2) имевшие место недавно в Швейцарии, Германии и Швеции.

Первые годы текущего столетия ознаменовались несколькими крупными катастрофами, которые принесли ту пользу, что, обратив внимание правительственных учреждений и ученых технических обществ, привели к весьма обстоятельным исследованиям нового дела и тем самым дали сильный толчок к его развитию.

После крупной катастрофы с железобетонным мостиком, сооруженным акц. о-вом Матрай на Всемирной Парижской выставке 1900 г., произошло крушение в Базеле на работах концессионера Геннебика. Относительно случая с мостиком, вызвавшего большой переполох, выяснилось впоследствии, что железобетон здесь ни при чем, так как вырытые рядом с быком моста котлован для резервуара и канал для коллектора сточных вод вызвали сдвиг быка и обрушение пролетной части.

Для выяснения причин крушения в Базеле швейцарское правительство назначило экспертизу, в состав которой вошли известные ученые Риттер и Шюле. Экспертиза выяснила, что здесь несчастный случай произошел от причин, совершенно не зависящих от свойств железобетона. Но результатом этой катастрофы явилось издание одним из экспертов, профессором Риттером, монографии, в которой были подвергнуты весьма обстоятельной критике эмпирические приемы расчета Геннебика. Критика эта имела впоследствии большое влияние при издании норм расчета и производства железобетонных работ.

Несколько лет тому назад в Северной Германии произведено обследование ряда железобетонных мостов инженером Перкуном, опубликовавшим неудовлетворительные результаты обследования. Известный мостовой инженер Бюлер произвел детальное обследование шести швейцарских железобетонных мостов. Обследование заключалось в определении с одной стороны числа, характера, глубины, протяжения и расположения трещин, а с другой— степени поражения железной арматуры ржавчиной.

В Швейцарии, так же, как и в Германии, обнаружены трещины, доходящие до железной арматуры. Происхождение этих трещин объясняется прежде всего неправильными приемами, допущенными при производстве работ, затем — промахами проекта.

Почти одновременно в Швеции установлено много случаев разрушений и повреждений железобетонных труб, мостов и гидротехнических сооружений.

При этом удалось установить, что в некоторых случаях основание или грунтовые воды заключают кислоты, вредно влияющие на бетон. В других случаях причиной разрушения железобетонных сооружений являлись недоброкачественный материал, неправильная пропорция составных частей и т. д.

Вывод опять-таки получился такой, что изготовление железобетонных конструкций должно производиться с исключительной тщательностью, а во-вторых, что не всякий грунт является подходящим для бетонного сооружения.

Очень важным является знакомство с фактами, неблагоприятно влияющими на срок службы железобетона.

В Швеции также соответствующими органами были предприняты поставленные на широкую ногу исследования над пробами бетона различных пропорций и исследование песка. Обращено внимание на химический анализ почвенных вод для суждения о содержании вредных кислот и солей.

В одном случае при исследовании наткнулись на следующее обстоятельство. При постройке фундамента здания схватывание бетона не закончилось в течение шести недель. Взятый из того же карьера песок оказался очень загрязненным. Бетонные пробы с этим песком дали следующее. Песок в нормально влажном состоянии давал удовлетворительные результаты, а подсушенный песок давал неблагоприятные результаты.

Что касается влияния на бетон грунтовых вод, даже содержащих вредные кислоты, то ему придают второстепенное значение, при условии, чтобы бетон был достаточно плотный и водонепроницаемый.

Наблюдалось, что строительные материалы размягчаются грунтовой водой, содержащей углекислоту.

Кислотоупорный цемент при сооружении железобетонных конструкций может дать материал, сопротивляющийся вредному химическому воздействию. Таким свойством обладает, напр., глиноземистый цемент.

И здесь, таким образом, пришлось вернуться к прежним выводам, а именно, что непосредственными причинами крушений являются: 1) невежество конструктора; 2) несоблюдение пределов допускаемых напряжений; 3) температурные влияния; 4) недоброкачественный материал; 5) неумелое, недобросовестное или неряшливое исполнение работ; 6) разные случайные причины; 7) вредное влияние окружающей среды; 8) действие стихийных сил.

В настоящее время, с созданием научно обследованной теории, проверенной опытом, железобетон может считаться материалом, неизбежно стоящим на ряду с другими, освещенными давностью времени, материалами.

## **ЛИТЕРАТУРА**

М. Я. Гинзбург. Стиль и эпоха.

Г. Я. Гиршсон. Катастрофы и крушения в железобетонном строительстве.

Проф. В. Л. Гофман. Планировка и конструирование фабрично-заводских зданий.

Проф. Дмоховский, В. К. Основания и фундаменты.

В. Г. Залесский. Архитектура.

Проф. Крынин, Д. П. Курс дорожного дела.

Лахтин Н. К., проф. и Кашкаров Н. А., проф. Железобетон.

Проф. Передерний Г. П. Курс железобетонных мостов.

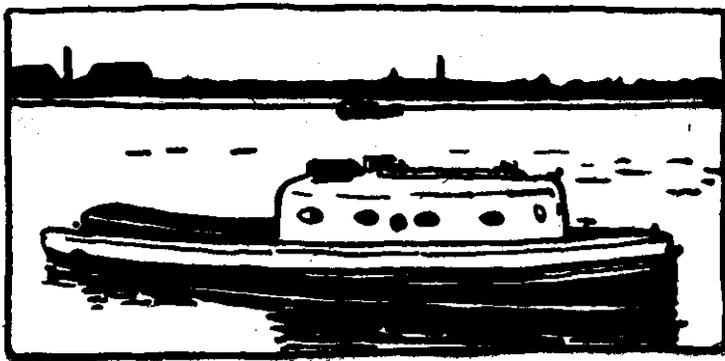
Проф. Л. А. Серк. Архитектура промышленных зданий.

Проф. Федорович, О. М. Каменные работы.

ЖУРНАЛЫ:

1. Строительная промышленность 1926 —27 г., статьи проф. Велихова, проф. Патона, инж. Хозацкого, инж. В. И. Чемена и др.

2. Современная архитектура 1927 г., статья Б. М. Великовского.



## ВСТУПЛЕНИЕ

В 1906 г. в Париже скончался известный изобретатель железобетона, бывший садовод Монье. Надо думать, что истинное значение сделанного им открытия было ему неизвестно, и он не имел никакого представления о том, какое могучее дерево вырастает из посаженных им ростков. Неоспоримая историческая заслуга Монье заключается в том, что он открыл доступ в технику строительства новой мысли, хотя еще недостаточно продуманной, и тем дал возможность научному и практическому ее развитию в руках знатоков—техников. Продажа охранного свидетельства на изобретенный материал и дальнейшие опыты привели к тому строительному материалу, который в настоящее время известен под названием „железобетона“.

Оказывается, однако, что Монье не был первым по времени изобретателем, применившим в строительном деле соединение железа и бетона. Необходимы еще дополнительные исследования, чтобы в достаточной мере осветить первые попытки в этом направлении. Имеются указания на то, что в начале прошлого века в Англии были заявлены охранные свидетельства на новый материал, железобетон. Достоверно известно, что американец Гиат уже в 1865 г. производил опыты с железобетонными балками. Еще теперь во Франции на озере Мираваль (фиг. 1) имеется в обращении железобетонная весельная лодка, на которую обращали внимание посетители Всемирной парижской выставки 1854 года. Имя Коанье также тесно связано с первыми попытками железобетонного строительства. Его конструкции, появившиеся около 1860 г., по времени, пожалуй, предшествуют Гиату и уже во всем обнаруживают творческий дух инженера.

В 60-х годах прошлого столетия Монье в своем парижском садоводстве пытался применить цементный раствор для изготовления таких цветочных кадок, которые могли бы заменить деревянные. Изготовленные им из песка и цемента кадки оказались довольно прочными, хотя и очень тяжелыми. Вследствие значительного веса они оказались неудобными для перемещения.

Тогда Монье поставил себе новую задачу, — добиться такого способа изготовления кадок, при котором хорошие свойства цементных кадок, их прочность и выносливость, как против повреждения, так и против гнили, сочетались бы с небольшим весом.



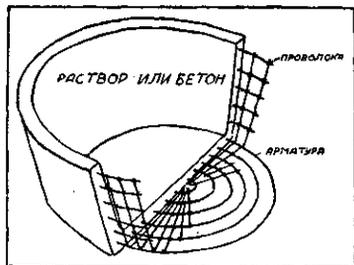
Фиг. 1. Железобетонная лодка по проекту Ламбо на всемирной выставке в 1854 г.

Самостоятельно ли, или опираясь на упомянутые образцы других изобретателей железобетона, он решил эту задачу, покрыв железную проволочную решетку цементным раствором (фиг. 2 и 3). Эта сетка из сравнительно тонкой проволоки придавала отвердевшему раствору такую прочность, что прежняя толщина стенок и вместе с тем собственный вес могли быть значительно уменьшены.

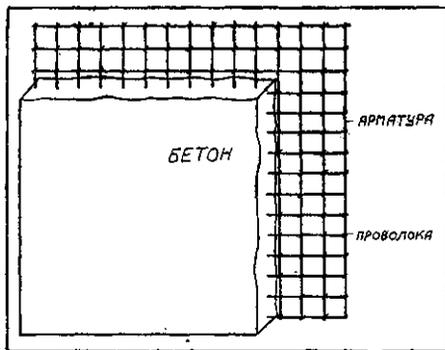
Из предыдущего ясно видно, что в представлении Монье железная арматура сыграла роль тела, дающего форму, вокруг которой наматывался раствор, пока не получалась конечная желаемая форма, т.е. толщина стенок данного предмета. Чертежи того времени из патента Монье, проявляющие отчасти строительные формы, применяемые еще и теперь, воспроизводят этот ход мысли. Раствор или бетон оказывается пересеченным железом настолько, что все его части заполнены железной проволокой и даже такие, для которых это в отношении прочности является излишним. Патенты Монье были куплены в 1884 г. немецкими предприятиями, уступившими свои права позднее инж. А. Вайс.

Последний в докладе, опубликованном в 1887 г., также определяет систему Монье, как железный остов с цементной оболочкой. Но тогда уже Вайс вполне осознал более глубокое значение изобретения Монье в строительном деле. Берлинские опыты нагрузки убедили его, как и многочисленных представителей различных заинтересованных учреждений, в правильности его мысли. Как известно, мягкая или отвердевшая смесь вяжущего вещества с песком называется раствором. Последний может быть цементным или из

вестковым в зависимости от того, будет ли вяжущим веществом цемент или известь. Из такого цементного раствора состояли первые сосуды Монье и первые железобетонные сооружения. При возведении стен большой толщины возникали экономические трудности, так как чистый раствор сравнительно дорог. Поэтому, возникла мысль прибавлять к раствору вещества, делающие цемент более тощим: этим удешевлялись расходы по возведению сооружения, и в то же время получалась большая масса стены. Такими отягощающими веществами служат, главным образом, гравий и щебень, затем доменные шлаки и в особых случаях — легкий камень: вулканические напластования туфа, пемзовый гравий и т. п. Благодаря этим добавкам, мелкозернистый раствор становится крупнозернистым бетоном.



Фиг. 2. Цветочная кадка-системы Монье представляет металлический скелет, покрытый цементной оболочкой.



Фиг. 3. Железобетонная плита по системе Монье; по проекту Монье арматура располагалась в середине плиты.

Таким образом, составными частями бетона являются цемент, песок и гравий, или цемент, песок и щебень, смешанные вручную или в мешальной машине (бетоньерке) с добавкой воды в определенных весовых или объемных отношениях. По внешнему виду бетон легко отличить от других материалов. По своей массе он является главной составной частью комбинированного или союзного тела, известного под названием железобетона.

Отвердевший бетон очень хорошо сопротивляется сжатию. От бетонного кубика размером в 20 см, сделанного в пропорции 1 часть по объему цемента к 2 частям по объему песка и к 2 частям по объему гравия (способ обозначения 1:2:2), можно ожидать при лабораторной обработке, после 28 дневного срока отвердевания, прочности по меньшей мере в 250 кг на 1 кв. см. Так составленный бетонный кубик в 20 см, т.е. поверхностью давления в 400 кв. см разрушится только при осевом давлении в

400.250 — 100.000 кг = 100 тонн; — это полезная нагрузка 10 железнодорожных вагонов.

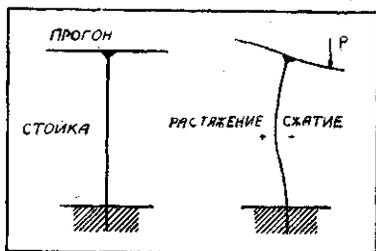
Прочность бетона на растяжение очень невелика; бетонная балка разрушается уже при незначительной нагрузке, вследствие быстрого преодоления

предела прочности на растяжение, которое, кстати сказать, составляет едва  $1/10$  —  $1/5$  о часть ее сопротивления сжатию.

В строительном деле чрезвычайно редко встречается случай чисто осевого напряжения при давлении, как напр., при вышеупомянутом кубике. Мало опытному наблюдателю может показаться, что стойки склада или фабричного здания подвержены только вертикальной нагрузке. В действительности получается добавочное одностороннее напряжение, вследствие односторонней нагрузки от балки или плиты, опирающихся на данную стойку. На фиг. 4 показано, как изгибается стойка. Тут мы видим, что она на ряду с осевым давлением должна выдерживать напряжение на изгиб, т.е. на сжатие и растяжение. Если применяемый строительный материал обладает способностью преодоления могущих возникнуть напряжений сжатия и растяжения, опасности нет. Но для бетонной или вообще каменной балки способность сопротивления растягивающему усилию невелика. Так как это сопротивление растяжению вообще недостаточно, то применение бетона в строительном деле должно быть ограничено такими строительными частями; при которых возникают только очень незначительные напряжения растяжению или их вовсе не будет. Область применения так называемого трамбованного или не армированного бетона характеризуется этими признаками.

В истории архитектуры мы можем указать только на греков, которые перекрывали свои храмы каменными балками, иногда довольно значительных размеров; так, напр., над средним пролетом пропилеи афинского Акрополя расположены каменные балки длиной свыше 6 м. Но для этого применялся исключительно мрамор, как единственный в своем роде камень, сопротивление которого растяжению достигает 57 кг на кв. см. Теперь же нет надобности применять для каменных покрытий столь дорогой и редкий материал: железобетон дает возможность применять каменную конструкцию покрытий повсеместно, легко и дешево.

Изобретение Монье дало инженерам строительной специальности основу для разрешения исключительной задачи, прокладывающей новые пути в технике строительства. Чутье изобретателей подсказывало им, что железо, само по себе прочное на растяжение, является прекрасным средством для усиления прочности бетона на растяжение или для полной замены его в вытянутых частях.

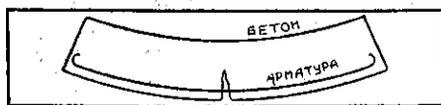
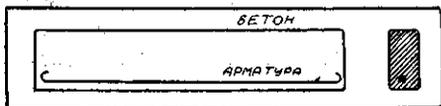


Фиг. 4. Изменение формы стойки под действием нагрузки.

Строители полагали, что во всех тех частях бетона, где возникает напряжение растяжения, необходимо прокладывать в поперечном сечении железо. Так возникло сложное союзное тело «железобетон», механическое соединение бетона и железа, при котором прочному на сжатие бетону подлежит восприятие напряжения давления, а прочному на растяжение железу—напряже-

ние растяжения. Статическое взаимодействие обоих строительных материалов сообщает целому способность сопротивления значительно большую, чем неармированному бетону. Только в совместном статическом сопротивлении этих двух материалов заключается вся сила этой комбинации, благодаря сильному сцеплению железа и цемента, в балке арматура должна приходиться в нижней ее части, там где обычно возникают напряжения растяжения. Она закладывается, в зависимости от особенностей сооружения и его местоположения, под слоем приблизительно 1,5—В см и больше, внутри поперечного профиля бетонной части, т.е. невидима снаружи. Это требуется для достижения необходимой связи между железом и бетоном, так же как из опасности ржавления и безопасности в пожарном отношении..

При хорошем выполнении железобетонного сооружения арматура нигде не должна выступать наружу. Несмотря на это, техник в большинстве случаев сразу сообразит, находится ли перед ним железобетонное сооружение или бетонное без арматуры. Человек, мало сведущий в железобетоне, лишь с приблизительной точностью может ориентироваться, учитывая большую или меньшую толщину конструкции, соображаясь с пролетами и нагрузкой. Задача техника при конструировании железобетонного сооружения заключается в том, чтобы, проследив всю картину внешних и внутренних сил, действующих в его сооружении, путем статического расчета определить действующие силы и все те поперечные профили, в которых возникают напряжения растяжения, определить величину этого напряжения, по ней наметить положение арматуры и ее поперечное сечение, а также установить толщину бетонной массы, чтобы допускаемое напряжение в бетоне не было ни в коем случае превышено.



Фиг. 5—6. Наверху—железо-бетонная балка. Внизу—железо-бетонная балка в стадии разрушения.

На фиг. 6 воспроизведена балка, у которой бетон в нижнем поясе уже разрушился, и железо восприняло все напряжение растяжения.

Совместное действие бетона и железа

В железобетоне особенно поражает то, что удалось соединить два таких разнородных строительных материала, как бетон и железо, для стойкой совместной деятельности. Ведь в железобетонном сооруже-

нии нет ни болтов, ни накладок, которыми обычно присоединяются и связываются отдельные части сооружения. Железобетон не представляет также химического соединения. Оба материала: хрупкий, грубый и крупнозернистый бетон и эластичное гибкое, сравнительно гладкое и мелкозернистое железо сохраняют и после соединения свои особенности.

Статическое взаимодействие обоих строительных материалов возможно только на основе трех ниже перечисленных главных качеств этого материала, без которых соединенное тело вскоре снова бы распалось.

Если погрузить железный прут в мягкий бетон и дать последнему отвердеть, то, спустя некоторое время, нельзя будет вытащить прут из бетона без применения большой силы. Отвердевая бетон сжимается и таким образом защемляет вложенное в него железо. Даже при температуре в 1000°С не только не происходило разъединения между бетоном и железом, но не удавалось выдернуть из бетона втопленный в него металлический стержень. Возникшую связь между железом и бетоном называют прочностью скольжения, прочностью соединения или прочностью зажима на основании сопротивления, которое железо оказывает при вынимании. Без каких-либо механических воздействий или химического влияния возникает полная связь, которая еще может быть повышена различными мероприятиями, напр., особым состоянием поверхностей железных прокладок, или устройством крючьев на концах арматуры, как показано на фиг. 5 и 6.

Казалось бы, что в сыром бетоне железо может ржаветь, и самая способность сопротивления железобетонного сооружения со временем станет сомнительной, вследствие постепенного повреждения от ржавчины. Имеющаяся первоначально в наличии свободная вода действительно необходима самому бетону для его твердения; эта потребность воды заходит так далеко, что для могущей образоваться на железе ржавчины почти совсем не остается влаги. Кроме того, при хорошей бетонной оболочке, изоляция железных прокладок от наружного воздуха довольно велика. Фактически нет более совершенной защиты от ржавчины для железа, чем облегающий его бетон. Необходимо лишь соблюдение условия, чтобы железо нигде не оставалось открытым и было всегда хорошо покрыто достаточно жирным бетоном, нанесенным в не слишком сухом состоянии. Если же это условие не соблюдено, то от соприкосновения с воздухом процесс ржавления проходит обычным порядком, и железо медленно разрушается. В особо неблагоприятных случаях, напр., при действии дымовых газов на сооружение или при неблагоприятных атмосферных влияниях, принимаются меры, сводящиеся к укладке арматуры на 3,5 см от наружной поверхности бетона. При сооружениях, которые не подвергаются никаким неблагоприятным условиям, арматура может быть заложена лишь на 1,5—2 см от наружной поверхности.

В 1903 г. была вынута часть железобетонного канала в Саарбрюкене, построенного в 1892 г., арматура совершенно не имела признаков ржавчины. Такими же оказались железные части водопровода в Гренобле. После 18 лет существования не обнаружено признаков ржавчины. Вообще говоря, по первоначально построенным резервуарам и трубопроводам лучше всего можно убедиться в том, что бетон хорошо предохраняет железо от ржавчины. При сломке старого газометра в Гамбурге железные связи, пробывшие в бетоне 50 лет, оказались совершенно лишенными ржавчины, а местами металл был такой синевы, каким он появился из прокатной машины. Даже железо, трону-

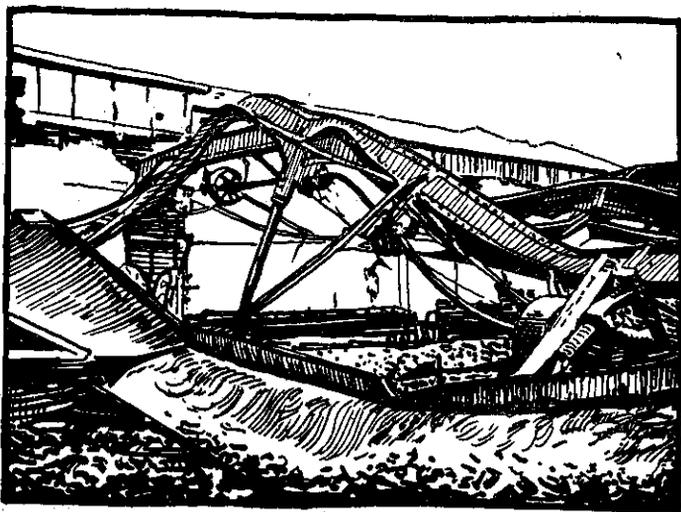
тое уже ржавчиной, спустя некоторое время после погружения в бетон, освобождалось от нее, при чем этот процесс не приносил ни малейшего вреда бетону.

Может быть удостоверено еще одно чрезвычайно благоприятное обстоятельство. Железо и бетон одинаково реагируют на изменение температуры наружного воздуха; изменение единицы длины при изменении температуры на  $1^\circ$  у обоих материалов почти одинаково, так что какого-либо заметного различного стремления к растяжению или сжатию у них не замечается, и, таким образом, железобетонной конструкции с этой стороны не грозит опасность повреждения. Кроме того на основании вышеупомянутого требования железо должно быть покрыто бетоном, оно нигде не должно быть обнажено, а потому всегда принимает температуру бетона.

Значение железобетона в строительном деле

В области сооружения резервуаров и труб железобетон получил широкое распространение в начальной стадии своего существования. Конструкции по системе Монье подверглись дальнейшей разработке и усовершенствованию. Значительные результаты, достигнутые здесь, обратили на новый материал внимание строителей, которые стали склоняться к признанию большого значения железобетона и в других областях строительного дела.

Незащищенные железные конструкции, как известно, не безопасны в пожарном отношении. Уже при  $600^\circ\text{C}$  железные части зданий начинают терять свою способность сопротивления, прогибаются или подламываются. Доказано, что естественные камни, как гранит, известняк, песчаник и мрамор, могут оказать лишь незначительное сопротивление огню; они также не выдерживают в нагретом состоянии струи пожарного насоса, бетон их в этом отношении далеко превосходит. Наблюдения над пожарами зданий, сооруженных из железа без огнестойкой оболочки, обнаруживают несостоятельность и опасность таких сооружений в пожарном отношении (фиг. 7), так как прогибающиеся потолочные балки при своем падении влекут и наружные стены, с которыми они большею частью скреплены связями. Поэтому, для защиты от огня необходимо снабдить оболочкой все железные части зданий, а самым подходящим материалом для этого является бетон. Вследствие плохой теплопроводности бетона и сравнительно незначительного количества хорошо защищенного железа, применение железобетона при сооружении зданий дает гарантию безопасности в пожарном отношении. Многочисленные наблюдения над случаями пожаров железобетонных зданий, так же как и специально поставленные опыты, дали в этом смысле очень благоприятные результаты. Поэтому, новые строительные полицейские правила, касающиеся сооружения складов, театров, кино и т. п. мест скопления большого количества людей, исходят из того, что бетон является лучшим материалом для таких сооружений. А так как мы заинтересованы в возведении огнестойких сооружений для надежной защиты всякого рода ценностей от пожара, то тем самым обеспечивается быстрое развитие железобетонного строительства.



Фиг. 7. Незащищенная металлическая конструкция после пожара

Пожар на складах Эсдерс в Дрездене в 1911 г. представляет интерес, благодаря сделанным при этом наблюдениям. Здание, о внешнем виде которого можно отчасти судить по фиг. 8, было построено в 1908 г. целиком из железобетона, за исключением некоторых кирпичных стен во дворе и лестничной клетки. Пожар возник во 2 этаже, и по некоторым признакам установлено, что температура при этом была свыше  $1100^{\circ}\text{C}$ . Потолок выгоревшего этажа, толщиной в 9 см, сохранился. Не было необходимости спасать ценную обстановку из находившейся над ним квартиры владельца: обстановка оставалась на месте нетронутой. Также не наблюдалось проникания воды вниз, чему способствовал прекрасно сохранившийся линолеум, настланный по асфальту толщиной в 2 см.; сам по себе бетон, как известно, не водонепроницаем. Под действием по меньшей мере трехчасового пламени, потолок основательно накалился и, несмотря на это, возникшие повреждения были столь незначительны, что для реставрации их можно было ограничиться возобновлением штукатурки и исправлением некоторых отпавших частей бетонной оболочки жирным цементным раствором. На фиг. 9 видна часть потолка после пожара; белые пятна являются результатом действия пожарной струи, холодная масса воды которой не вызвала вредных последствий, напр., растрескивания. Только в двух местах откололся бетонный слой приблизительно в 1,5 см толщиной. Нужно заметить, что тут на растрескивание оказали влияние пропущенные в потолке провода, лежавшие в трубках Бергмана: повреждения обнаружались только вдоль этого провода. Стекло фонаря, защищенное проволоочной сеткой, в выгоревшем этаже (фиг. 10), хотя и дало трещины, но выполнило свое назначение по задержанию огня. Интересно отметить, что наружный фасад, облицованный бетоном на известковом шес-

не, оказал сопротивление пламени, несмотря на тонкое членение (фиг. 8). Перемычка из известняка, в дворовой части здания, совсем облупилась от действия высокой температуры (фиг. 11), в то время как лежащая на ней бетонная арка осталась неповрежденной.



Фиг. 8. Железо-бетонный корпус фирмы Эсдерс в Дрездене после пожара 1911 г.



Фиг. 9. Вид жел.-бет. потолка в здании Эсдерс в Дрездене после пожара. Белые пятна след струи пожарного насоса.

Выводы из вышеописанного случая могут быть вкратце резюмированы следующим образом.

Железобетонное здание, при сооружении которого строители позаботились о достаточной толщине оболочки, покрывающей арматуру, предотвращает опасность распространения пожара, ограничивая его развитие до минимальных размеров, не претерпевая никаких серьезных повреждений от высокой температуры огня и водяной струи при тушении пожара.

Линолеум на асфальтовом слое дает прекрасную защиту против проникания воды в нижележащие этажи здания.

Стекло, затянутое металлической проволокой, может быть рекомендовано, как огнестойкий материал.

Бетон, применяемый для облицовки зданий, является значительно более огнестойким материалом, чем естественный камень.



Фиг. 10. Железо-стеклянный потолок фонаря в том же здании, воспрепятствовавший дальнейшему распространению пожара.

При восстановлении шоколадной фабрики Заротти в Берлине, сгоревшей в 1922 г., выяснилось, что пожаром были повреждены железобетонные балки, на колоннах отвалился наружный облицовочный слой и в большинстве случаев бетонная оболочка спиральной арматуры. Бетон с арматуры пришлось совершенно удалить. Балки были исправлены, после того как с них была сколота наружная часть бетона, поврежденная огнем. Потребовалось утолщение отдельных колонн для надстройки двух следующих этажей. Вся указанная работа по восстановлению поврежденных частей железобетонного сооружения производилась новым способом, путем поливки слоем раствора, называемым торкретированием. Заключается он в том, что сухая смесь из цемента и песка подводится к шлангу с помощью сжатого воздуха из резервуара до места применения и здесь давлением воздуха наматывается на ремонтируе-

мую часть здания. Необходимая вода примешивается в наконечнике шланга. Арматура хорошо покрывается раствором, и нанесенные слои прочно схватываются, образуя плотную массу, так как отдельные частицы бетонной массы наметываются под сильным давлением. Таким образом, в распоряжении строителя оказался новый способ восстановления поврежденных огнем железобетонных сооружений.

О сопротивляемости железобетонных сооружений действию огня при пожаре в настоящее время нет надобности распространяться. Благодаря этому преимуществу перед всеми другими строительными материалами, железобетон достиг современного развития в гражданском строительстве, в особенности в С. Америке после грандиозного опыта при пожаре в Балтиморе в 1904 г., когда на пространстве 2,5 кв. км из всех систем строительства, рекламировавшихся как огнестойкие, только железобетонные конструкции действительно заслужили это название.



Фиг. 11. Обвалившийся от действия огня штукатурный намет во дворе того же здания. Железо-бетонная перемычка от огня не пострадала.

При взрывах железобетон оказывает неоценимые услуги, ограничивая до минимума район действия взрыва, благодаря прочной связи между отдельными частями сооружения. Сам по себе бетон, благодаря наличию в нем цемента, превосходит упругостью все каменные породы и сложенную из них кладку. Для наглядности приведем данные, иллюстрирующие разницу между бетоном и другими кладками. При опытной стрельбе торпедными гранатами в 21 см оказалось, что они пробивают кирпичные своды толщиной в 1—1,5 л, покрытые слоем земли в 2—3 м. Действие гранат они могут выдержать лишь покрытые слоем земли в 6—7 м, но при этом от внутренней их поверхности отваливается масса кирпичей. Стрельба снарядами в 20 см по бетонным сводам в 1 м толщиной, покрытым слоем земли в 1,7 м, не произвела разрушения бетона. В свою очередь параллельное испытание

бетона и железобетона дало следующие результаты.

Два монолита размерами: первый из обыкновенного бетона  $2 \times 2 < 1$  м, а второй из железобетона  $2 \times 2 \times 2$  м подвергались действию взрывов 400 гр. динамита, положенного в сделанные в плитах впадины глубиною по 8 см.

В бетонной плите первый взрыв произвел воронкообразное углубление в 1,5 см., второй совершенно разрушил плиту.

В железобетонной плите такое же углубление образовалось после четвертого взрыва, причем, хотя в монолите образовалось сквозное отверстие, но сетка оказалась почти целой, а бетон покрылся лишь трещинами. Эти опыты указывают на значительную упругость железобетона и оправдывают его применение для фортификационных сооружений.

На велосипедной фабрике Адлера во Франкфурте н/Майне в октябре 1900 г. произошел взрыв бензина в 5 этаже, вследствие чего 4, 5 этажи и мансарда с крышей были как бы отрезаны от остальной части здания, в то время как три нижних этажа остались невредимыми. Перекрытие 3 этажа, рассчитанное на 100 кг на кв. м, выдержало при этом нагрузку от упавших обломков здания в 300 кг на кв. ж, защищая одновременно от возникшего пожара нижележащие помещения фабрики.

Случайным ударам необыкновенной силы железобетонные перекрытия также сопротивляются с большим успехом. В 1910 г. в Париже при постройке железобетонного перекрытия системы Матрай в одном из выставочных помещений сорвалась с большой высоты лебедка, весом в 2 тонны, и, кроме местных повреждений бетона, этот случай не имел особых последствий.

Конечно, в некоторых случаях, железобетон явно не соответствовал возлагавшимся на него надеждам. Часто причиной этого был смешанный род постройки или недостатки производства. Чаще всего наблюдалась открыто лежащая или недостаточно укрытая бетоном арматура, а потому железобетон неудовлетворительно реагировал на внешние влияния. Не приходится оспаривать, что при новом виде строительства возведением железобетонных сооружений мы даем возможность защиты от пожара человеческой жизни, фабричного оборудования и товаров в такой степени, в какой это не удавалось до сего времени.

Расходы, связанные с сохранением внешнего вида зданий, отпадают в случае применения железобетона, что также следует отнести к его положительным свойствам.

Хорошо построенный железобетонный мост долгое время после открытия движения совершенно не нуждается в ремонте; он не требует постоянного наблюдения, как железные мосты. Некоторые меры предосторожности должны быть приняты в тех случаях, когда, напр., дым локомотива постоянно окутывает нижнюю поверхность и лицевую сторону путепровода, но и в этом случае одной из мер является глубокое погружение железных прокладок и, конечно, целесообразное и тщательное выполнении всех частей сооружения.

Главнейшее преимущество железобетона, его экономичность, доказана удачной конкуренцией с другими способами возведения сооружений. Почти беспримерное распространение железобетона во всех областях строительного дела, в надземных, подземных и водных сооружениях, связано главным образом с тем, что применение нового строительного материала оказалось чрез-

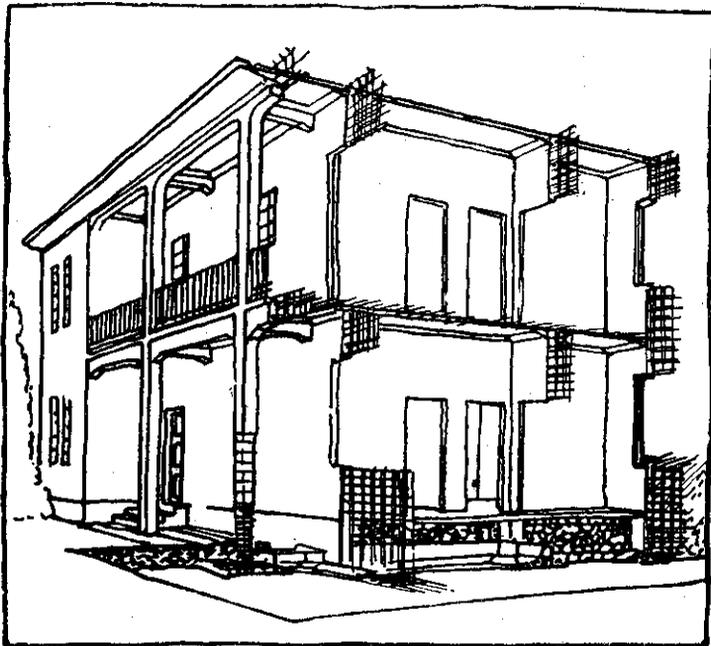
вычайно выгодным. Цемент, песок и гравий или щебень являются повсеместно распространенными материалами; количество необходимого железа сравнительно невелико, и, таким образом, возражения против применения железобетона, как строительного материала, могут встретиться лишь в исключительных случаях. В общем можно сказать, что железобетон, постепенно завоевывая одну область строительства за другой, в большей части их утвердился очень прочно. Теперь, после европейской войны, когда наблюдается недостаток сырого материала, а некоторые виды строительных материалов имеются лишь в ограниченном количестве, железобетон часто является одним из единственно доступных видов строительных материалов. Яснее всего это проявляется в области судостроения, где железобетон до сих пор мало применялся.

К вышеперечисленным положительным свойствам железобетона присоединяется его чрезвычайная способность легко приспособляться к любой форме, что вытекает из самого способа производства. Так как бетон в мягком состоянии заключается в опалубку или форму, то он вполне совпадает с их поверхностью. Требуется только приличная плотничная работа, чтобы удовлетворить строгим требованиям архитектора. Придание формы арматуре не представляет никаких затруднений. Благодаря этим свойствам, железобетон уже справился с целым рядом задач, которые до того времени могли быть удовлетворительно разрешены только при помощи кладки из тесаного камня или же при помощи вспомогательных конструкций.

Вследствие массы, созданной материалом, железобетон получил способность хорошо сопротивляться толчкам, сотрясениям и другим динамическим влияниям. Благодаря этому, в местностях, подверженных землетрясениям, железобетону оказывают предпочтение перед другими строительными материалами при возведении сооружений. Такого рода здания (фиг. 12) хотя и получают трещины, но значительно лучше выдерживают толчки, не разрушаясь, так как железный остов дает значительную связь всем частям. Можно сказать, что железобетон—наиболее пригодный строительный материал для возведения сооружений, безопасных во время землетрясения, в особенности, если стены и потолки, целиком выполненные из железобетона, жестко соединенные между собою, образуют остов, который устанавливается на фундаментных гуртах и прочно с ними связывается. Такая конструкция была впервые предложена после землетрясения в Мессине в декабре 1908 г., однако она оказалась слишком дорогой для обыкновенных жилых домов. Для восстановления этого города был принят другой тип зданий, сохраняющий принципы основной идеи. В нем стены заменены железобетонными стойками, а прямоугольные панели стен заполняются кирпичной кладкой. Это так называемая каркасная система зданий. Высота жилых зданий ограничена 10 метрами, а число этажей—двумя, на основании правительственных распоряжений, изданных в 1917 г. Запрещено устройство сводов выше уровня земли и устройство крыш, могущих дать сдвиг. Несущие части зданий рассчитыва-

ются для вертикальной и горизонтальной внутренних сил, считаясь с движением сейсмических волн.

Принимая во внимание волнообразное колебание почвы, применяют железные связи на высоте каждого этажа и вдоль стен. Толчки земли, направленные снизу вверх, принимаются в расчет прибавкой в 50% к весу отдельных частей здания.



Фиг. 12. Железо-бетонный дом каркасной системы, применяемый в местностях, подверженных землетрясениям.

Данные для расчета приняты на основании изучения ускорения, которое получает определенная масса, при движении сейсмической волны.

В Италии декретом от 1920 г. были допущены сооружения в три этажа и 12 метров высоты; для зданий особого назначения число этажей еще увеличено, а предельная высота принята в 16 метров.

На основании вышеуказанных предписаний в Мессине выработался дом, безопасный в отношении землетрясения; подобный дом располагается на фундаментном ростверке, который при удовлетворительном грунте проходит под всеми наружными и внутренними стенами в виде железобетонных гуртов, а при слабом грунте устраивается, как сплошная железобетонная плита, или же поддерживается сваями. В углах здания и в местах пересечения стен возвышаются колонны, связанные балками в обоих направлениях на высоте каждого потолка. К этому главному железобетонному остову присоединяется

еще второстепенный, который состоит из горизонтальных гуртов на высоте подоконных плит и перемычек окон и дверей; возле оконных и дверных проемов устраиваются стойки. Панели, образованные столбами, гуртами и балками, заполняются кирпичной кладкой; каждое отверстие окружается крепкой железобетонной рамой. Карнизы по свесу крыши, аттики, лестницы и балконы состоят полностью из железобетона.

Снаружи железобетонный остов обыкновенно покрывается штукатуркой и поэтому незаметен.

Для характеристики той же способности сопротивления толчкам и сотрясениям железобетонных сооружений здесь могут быть приведены некоторые интересные случаи из практики. В одном случае ливнями и неравномерной осадкой почвы два больших здания складов отклонены в сторону до  $20^\circ$  от вертикальной линии. Несмотря на чрезвычайно большое напряжение для данных сооружений, вызванное этим отклонением, они вполне сохранили целость. Удалось даже выровнять здание посредством такой же односторонней контрнагрузки без значительного повреждения их. Можно с уверенностью сказать, что сооружение не выдержало бы такого напряжения, если бы оно было возведено из другого материала.

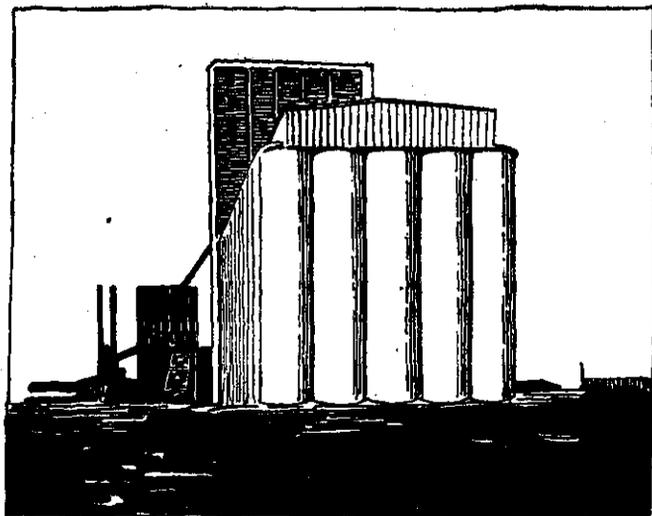
Следующий пример не менее поразителен. Здание, оказавшееся в опасных условиях грунта, удалось сохранить от полного разрушения лишь потому, что оно представляло железобетонный скелет на монолитной железобетонной плите.

В порту города Туниса в 1906 г. был построен хлебный элеватор, а при нем мельница и амбар. Вся местность представляет собой засыпанный старый залив, где материк находится на глубине 30 метров. Насыпной грунт, недостаточно исследованный до постройки, как оказалось впоследствии, выдерживал давление 0,4 кг на кв. см. Вследствие этого все три здания заложены на основании из сплошной железобетонной плиты. Сначала благополучно были выстроены мельницы и амбар, но когда кончили силосный элеватор высотой 20 м, то он наклонился на 3,5 м без особых повреждений; мельница при этом отклонилась всего на 5 см. Оба здания выпрямили по указанному ниже способу, при чем элеватор ушел в грунт на 2,5 м глубже, чем предполагалось по проекту, и пришлось все здание надстроить. Когда эта работа была окончена, наклонился чрезвычайно сильно пятиэтажный амбар с выносом в одном углу 5,9 ж. при высоте 23 м, т.е. на 0,25 высоты, при чем тоже ушел в землю на 50 см. И это здание удалось спасти.

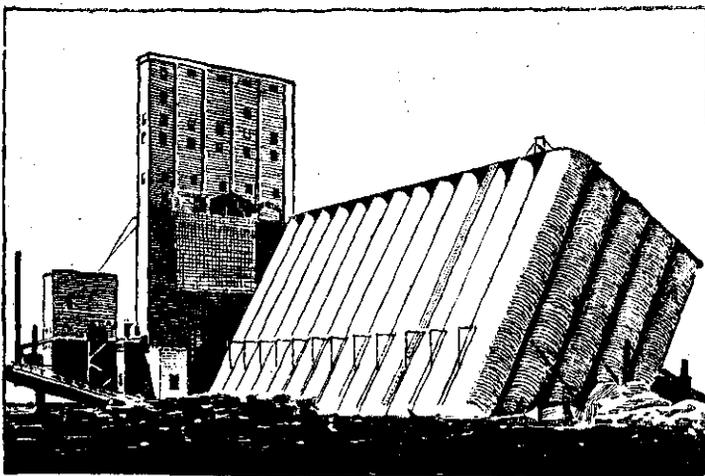
Способ выпрямления состоял в том, что со стороны меньшего погружения в землю вдоль фундамента здания закладывалась глубокая канава. Искусственной нагрузкой стены с наружной стороны и перегрузкой хлеба в эту сторону внутри здания, производилась осадка стены, что сопровождалось выжиманием вверх жидкого грунта в канаве.

Работы по выпрямлению трансконского элеватора показали превосходное качество железобетона, работавшего на изгиб и на скалывание в совершенно исключительных и непредвиденных условиях без всяких ощутитель-

ных повреждений и нарушений цельности. 18 октября 1913 г. в Канаде в расстоянии 10 км от города Уиннипега была закончена силосная постройка, вмещающая около 1,5 млн. пудов пшеницы, фиг. 13. Внезапно она начала садиться, а затем наклоняться к западу; по истечении 24 часов отклонение достигло  $27^\circ$  от вертикали и остановилось, причем надсилосное помещение вместе с кровлей и верхними конвейерами соскользнули вниз (фиг. 14). Осадка и наклон элеватора сопровождалась выпучиванием прилегающего грунта на высоту 1,5—1,8 м. Выпучивание и сильное сжатие почвы вдоль западного края элеватора спасли его от совершенного опрокидывания. Произведенное после катастрофы бурение выяснило, что первоначальное исследование грунта было произведено недостаточно тщательно и что плотный слой глины на глубине железобетонной плиты, поддерживающей сооружение, около 9—12 м оказался очень мягким. Так как равновесие между действующими силами и земляными массами могло считаться временным, то оно обязывало к немедленным энергичным действиям.



Фиг. 13. Трансконский элеватор до катастрофы.



Фиг. 14. Трансконский элеватор после обрушения.

Зерно было извлечено при помощи специально установленного наружного конвейера. В противовес обычному решению разломки и постройки вновь силосного здания, был представлен проект подведения под элеватор свайного основания и обратного поворота его в вертикальное положение. Этот проект сулил большие экономические выгоды, хотя и представлял несомненный риск. Предстояло приподнять и повернуть эту огромную массу железобетона таким образом, чтобы не разломать ее и не расколоть на отдельные части. Всего было установлено 388 домкратов, которые могли развить подъемную силу около 20.000 тонн. Элеватор был возвращен в вертикальное положение через год после начала осадки. Конечно, этот факт говорит также о необходимости тщательного и глубокого бурения под основанием тяжелых и высоких сооружений.

Особенно ценным качеством железобетона является чистота наружной поверхности сооружений, достигаемая без специальных средств,—качество положительное в гигиеническом отношении и потому особенно ценное в применении к общественным зданиям, больницам и школам. Указанным выше достоинствам противопоставляются некоторые недостатки, обнаруженные в этом материале.

Один из этих недостатков заключается в трудности сноса и позднейших изменений возведенных железобетонных сооружений. Но этот недостаток говорит скорее в пользу железобетона. Чрезвычайно большая связь всех частей здания, создаваемая арматурой и массой твердого бетона, мешает быстрой сломке и вызывает необходимость в применении особых мер. Поэтому, при выборе конструкции возводимого сооружения необходимо считаться с затруднительностью полного или частичного сноса сооружения. Современ-

ная практика и здесь выработала особую технику сломки железобетонных сооружений. Она заключается в применении автогенного аппарата для срезания арматуры, применении пневматического долота для раздробления бетона, в технике бурения и срезания, опрокидывания и разрушения, при котором падение происходит на свободном или ограниченном участке. Заблаговременно разработав план целесообразной сломки сооружения, можно добиться вполне удовлетворительных результатов.

Деревянные, каменные и железные конструкции обычно изготавливаются в центральных мастерских; там же они подвергаются предварительному осмотру и испытанию; мы имеем возможность испытать их и установить доброкачественность и прочность строительного материала, а также изготовленных строительных частей до их применения. С железобетоном дело обстоит иначе. Из свободно лежащих материалов,— цемента, песка, гравия или щебня,—а также из железной арматуры возникает железобетон, происходит воплощение намеченного только на месте постройки. Когда бетон в кашеобразном состоянии, наложенный в заранее приготовленную деревянную форму, покроет арматуру и начнет отвердевать, то только расколов или устранив бетон можно будет установить соответствие с чертежами выполненных частей сооружения. Современная химия не в состоянии точно установить первоначальную пропорцию смеси бетона на основании отвердевших обломков последнего. Это возможно лишь в том случае, если своевременно тщательно сохранены в герметически закрытых сосудах образцы первоначально примененных основных материалов.

Из всего сказанного явствует, что совершенство железобетонной конструкции, ее прочность и способность сопротивления зависят главным образом от хорошего выполнения. Производстве железобетонных сооружений, подверженных атмосферным влияниям, требует особенной внимательности и тщательного отношения к делу, начиная от рабочего до руководителя постройки, во все время работы. Передача производства железобетонных работ предприятиям обуславливается прежде всего доверием. Уже во введении упомянулось, что на основании большого количества опытов было доказано практическое значение железобетона. На основании этих опытов архитектор Кэнш в Берлине предложил способ расчета железобетонных плит, который применялся до 1900 г. Хотя первые попытки применения железобетона мы находим в Америке и во Франции, развитие железобетона в этих странах долго задерживалось односторонним предпочтением, оказывавшимся различным системам. Другие страны освободились от всяких систем и благодаря этому очистили путь широкому научному исследованию железобетона.

Никакой другой род строительства не может похвалиться тем, что подвергся столь основательному и доходящему до мельчайших особенностей исследованию его свойств путем опыта. В строительной промышленности были организованы опыты для исследования нового материала. Некоторые фирмы не замедлили предать широкой огласке результаты своих опытов и выводы, добытые дорогой ценой. Такое отношение к делу тем более ценно,

что обычно секреты производства хранятся в тайне для обеспечения денежных выгод.

Число железобетонных сооружений значительно возросло к концу периода 1890—1900 г., обратив внимание и вызвав доверие к себе даже со стороны правительственных учреждений. В начале этого столетия был образован исследовательский центр. Таковым может быть названа „Комиссия по железобетону в Германии". Последняя снабжалась значительными материальными средствами. Ею привлекались к работе по испытанию материала лаборатории высших технических школ; благодаря этому удалось получить из ряда вон выходящее исследование особенностей железобетона.

По данным указанной комиссии на опыты с железобетоном истрачено до 1918г. 639.000 марок, и 84.000 марок израсходовано на опыты для выяснения влияния болотистых грунтов на железобетон. Центральное Управление бетонной промышленности в Германии, с своей стороны, отпустило на опыты 220.000 марок. Труды немецкой комиссии по бетону, посвященные этому вопросу, являются материалом для изучения техники этого рода; труды составляют основу всех новейших бетонных конструкций, которые приобретают все большее влияние на все строительство, несмотря на конкуренцию с другими способами сооружения.

Различные случаи применения железобетона в гражданском и промышленном строительстве.

Устройство оснований и фундаментов. Применение железобетона имеет большое значение при устройстве оснований и фундаментов всякого рода зданий. Почва в большинстве случаев обладает той или иной степенью влажности. При переменном уровне грунтовых вод незащищенные деревянные или железные части быстро подвергаются разрушению. В таких местах бетон является желанным строительным материалом.

В области устройства фундаментов железобетон применяется как при мелких, так и при углубленных фундаментах. Плита, распределяющая давление, опускаемые колодцы и сваи из железобетона стали обычными средствами при устройстве фундаментов.

Площадь основания фундамента должна быть согласована со способностью грунта воспринимать ту или другую па-грузку для того, чтобы избежать опасной осадки зданий. Если эта способность грунта незначительна, то для передачи давления необходима очень большая площадь, которая может быть получена только применением армированных плит достаточного размера и прочности. Таким путем может быть уменьшено давление на грунт до такой степени, что даже слабый грунт может быть непосредственно нагружен (фиг. 15.)



Фиг. 15. Общий вид железобетонной фундаментной плиты в гавани Монтевидео.

Применение железобетонных плит для фундаментов является очень выгодным, так как дает экономию в расходах на производство выемки и сохраняет строительный материал. В особенности если сравнить их с применявшимися до сих пор толстыми бетонными плитами с перекрещивающимися рядами балок или рельсов. При этом железобетонная плита дает больше гарантии прочности. Конечно, на всем протяжении площади сооружения должно быть сделано равномерное основание. Если этого нет, тогда устройство фундамента в виде железобетонных плит не может быть рекомендовано, так как почва будет неравномерно сжиматься, и плита может сломаться или принять наклонное положение вместе с расположенным на ней сооружением. Подобного рода плиты применяются при устройстве фундаментов всякого рода зданий, зернохранилищ, дымовых труб, поскольку грунт, выбранный для сооружения, является удовлетворительным и не содержит торфяных прослоек, которые вообще не одинаковы по толщине и мало надежны. Прежде чем заложить арматуру, необходимо сделать бетонную подкладку толщиной от 6 до 10 см. Применение железобетонных плит для устройства фундаментов часто обходится дешевле, чем основание на сваях и, по сравнению с последним, имеет то преимущество, что во время возведения сооружения не возникает никаких сотрясений грунта и их передачи соседним зданиям. Плиты устраиваются различно, применяясь к нагрузке для лучшего распределения давления на грунт.

Опускные колодцы. Опускные колодцы из армированного бетона, применялись давно, еще во времена Монье. Применяются они и теперь, главным образом, для добычи воды и для устройства оснований зданий. Кроме того, они часто используются, как глубоко расположенные резервуары и для ограничения размеров котлованов при производстве земляных работ.

На этом приеме устройства оснований строители останавливаются тогда, когда удовлетворительный для постройки грунт может быть найден на сравнительно небольшой глубине, а лежащие над ним слои почвы состоят из мяг-

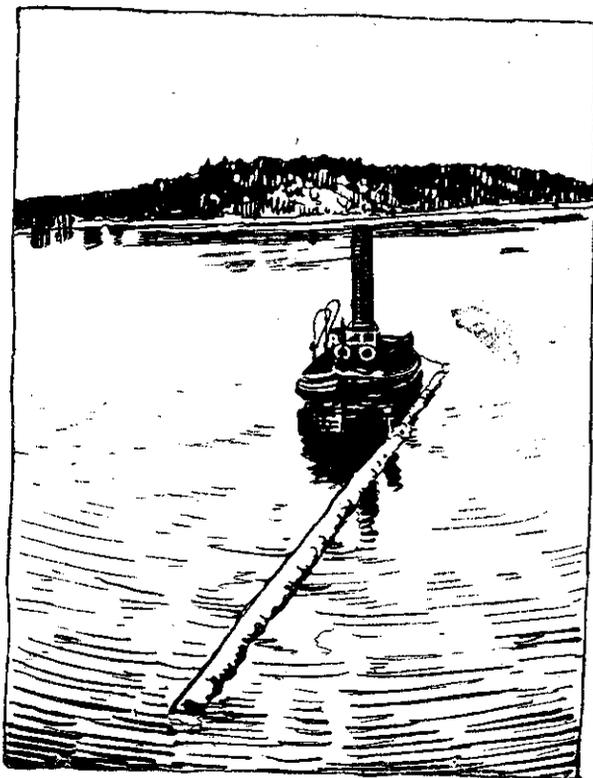
кого грунта, как, напр., песок, растительный слой (гумус). Основание при посредстве опускаемых колодцев предполагает наличие почвенных вод, которые в связи со слабым грунтом очень усложнили бы устройство отдельных фундаментных столбов. Тогда применение опускаемых колодцев дает то преимущество, что отпадает необходимость в водоотливе и в креплении фундаментных рвов распорами, что являлось бы неизбежным, так как грунт, расположенный ниже уровня грунтовых вод, не может быть вынут ручными черпаками. Если же вода может быть легко удалена, или работа ведется выше глинистых пластов, куда вообще не проникает вода, то дешевле отрывать вручную.

Если сравнить железобетонные опускаемые колодцы с колодцами, выложенными из камня, то за первыми придется признать преимущество в смысле большего сопротивления внешним силам, вертикально или горизонтально направленным, если при погружении колодца встретится препятствие в почве. Меньшая толщина стенок, которую можно придать опускаемым колодцам из железобетона, часто не составляет преимущества, так как они тогда не так легко погружаются и требуют больше искусственной нагрузки. Большой собственный вес колодца является поэтому всегда более желательным, в особенности, если встречается наносный слой песка, который легко может быть вычерпан в большем количестве, чем вытесняет колодец. При недостаточно быстром погружении возникает опасность для соседних фундаментов. Нижний край кожуха заостряется в случае необходимости в форме клина, укрепляется оболочкой или кольцом с лезвием из простого таврового железа или составленным из листового и профилированного железа, чтобы облегчить опускание.

Устройство водонепроницаемых подвалов. В тех случаях, когда при высоком уровне грунтовых вод, она поднимается выше пола подвала, который предполагается использовать, как жилое или складочное помещение, пол и стены его должны быть защищены от грунтовых вод. Защита заключается в устройстве двойного или тройного изолирующего асфальтового слоя или в применении слоя непроницаемой штукатурки. Наружная защита поверхности асфальтовым слоем часто пользуется предпочтением, так как асфальт менее восприимчив к могущим возникнуть трещинам - при осадке здания. Но и защита внутренних поверхностей железобетонным слоем применяется часто, в особенности, когда дело касается защиты фундаментных котлованов или подвалов, если последние должны быть устроены в здании дополнительно или если, по возведении здания, обнаружится более высокий уровень грунтовых вод, чем таковой предполагался. Для такой защиты подошвы фундамента пригодны преимущественно тонкие обратные своды из железобетона. Они заделываются непосредственно между стен здания, как пологие бочарные своды. На последние накладывается водонепроницаемая цементная штукатурка, защищаемая сверху от повреждения литым бетоном. Бетон выравнивается горизонтальным слоем и сверху затирается жирным цементным раствором. По стенам свод переходит в армированную облицовку, сетка которой

скрепляется со стеной при помощи хомутов, чтобы ее не отжало напором воды. Водонепроницаемая штукатурка покрывает также и облицовку стены.

Железобетонные сваи и шпунтовые ряды. Основания на сваях применяются в тех случаях, когда удовлетворительный грунт для возведения сооружения встречается на большой глубине. Острие сваи встречает в глубоководных слоях твердого грунта сопротивление, которое увеличивается еще от трения верхних слоев грунта о поверхность сваи, тем самым увеличивая ее способность сопротивления. Нормальный размер свай обыкновенно около 8 м, предельный—16—18 м. Имеются случаи применения свай длиной около 45 м. (фиг. 16).



Фиг. 16. Транспортировка железобетонной сваи длиной около 45 м.

Сваи и шпунтовые железобетонные ряды имеют то преимущество перед деревянными, что они могут применяться в пределах колебания грунтовых вод, чем достигается значительная экономия при устройстве основания, так как уменьшаются размеры земляной выемки и объем фундаментной кладки. Поэтому, применение железобетонных свай может быть особенно рекомен-

довано в тех случаях, когда приходится считаться с возможным понижением уровня грунтовых вод в будущем.

Как некоторый недостаток при устройстве основания помощью железобетонных свай, необходимо отметить, что их длина должна быть заранее известна. Бурением или же предварительной пробной забивкой деревянных свай можно добыть данные, определяющие необходимую длину сваи. Несмотря на это, часто обнаруживается неравномерность в распределении слоев грунта, так что некоторые сваи оказываются слишком короткими или слишком длинными. А это наблюдается именно тогда, когда сваи должны забиваться частоком. При этом грунт так уплотняется первыми забитыми сваями, что последующие не могут быть забиты до намеченной глубины. Некоторая излишняя длина свай желательна, так как ее продольная арматура должна быть связана с балками. Для этого приходится разрушать бетон на верхней части сваи, выступающей за нижнюю кромку этих строительных частей. Если в распоряжении строителя имеется сжатый воздух, то можно поступать как показано на фиг. 17. Обычно затруднения в этой нелегкой работе преодолеваются помощью пневматического долота, оно беспрепятственно прорезает спиральную проволоку, если предварительно пробить продольные пазы вдоль сваи. Если железобетонная свая при забивке окажется сверх ожидания слишком короткой, то ее можно нарастить без всяких затруднений. Для этого разрушается бетон на головке сваи на высоте 8—9 см, так что продольная арматура наращенной сваи связывается на протяжении этой длины с арматурой старой части сваи. Само собой понятно, что дальнейшая забивка сваи может производиться только тогда, когда наращенная часть достаточно отвердеет. Поэтому, здесь необходимо применять цемент высшего качества.

В противоположность к описанным ранее сваям называют «местными сваями» такие, бетон которых отвердевает только на месте, т.е. в скважине, приготовленной для нее в грунте. Различают несколько способов сооружения свай в зависимости от того, как подготовлена скважина и как она заполняется бетоном. Описание всех этих способов является задачей специальных трудов по устройству оснований. Некоторые разновидности местных свай нашли довольно большое распространение, они могут быть также снабжены арматурой. Дадим краткое представление об их недостатках по сравнению с железобетонными сваями, заготовленными отдельно.

Главным преимуществом местных свай является то, что при их применении не требуется предварительное выяснение их длины, чем дается возможность примениться к условиям грунта. Вторым их преимуществом является то, что работу собственно по устройству фундамента можно начать не дожидаясь твердения свай, на что уходит минимум четыре недели при обычном способе изготовления свай. Если в распоряжении строителя имеются высокие сорта цемента, то этот срок твердения может быть значительно сокращен. Первые сваи уже пригодны для работы, пока устанавливается копер для забивки. Примерно столько же времени отнимает приготовление и сооружение местных свай.



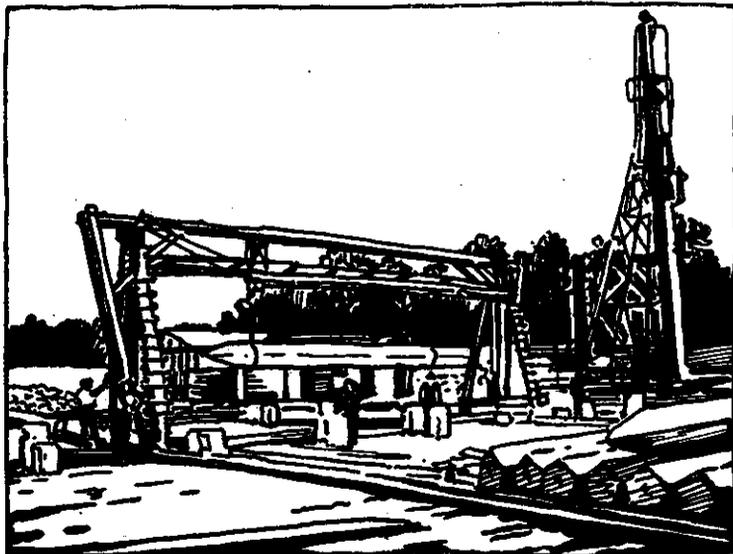
Фиг. 17. По мере надобности может производиться наращивание железобетонных свай или их укорочение.

Нарращивание и дополнительная забивка для удлинения слишком коротких железобетонных свай не представляет больших затруднений, если применяется цемент высокого качества.

Скважина в грунте для сваи подготавливается бурением или забивкой обсадной трубы. Забивкой грунт уплотняется так же, как и при забивке готовых свай, что способствует увеличению способности основания к восприятию давления. Бурение грунта имеет бесспорное преимущество, так как дает возможность избежать всякого сотрясения, которое могло бы отразиться на соседних постройках. Оно дает точную характеристику почвы на всякой глубине при каждой свае; кроме того, оно представляет единственную возможность постановки свай внутри существующих зданий, где нет достаточной высоты помещения для установки копра.

Таким образом, мы видим, что железобетон нашел применение не только в устройстве фундаментных плит, задача которых заключается в возможно более равномерной передаче нагрузки на основание от более или менее неравномерно распределенных частей здания, но и в области шпунтовых рядов и свайных оснований. Удивителен сам по себе факт, что ломкий бетон оказался способным выдерживать напряжение, связанное с забивкой свай. Вместо того, чтобы рассыпаться в осколки при ударе бабы, железобетонные сваи с соответствующей арматурой проникают под ударами

тяжелых копровых баб в почву и дают возможность распределения больших нагрузок. Для облегчения работы по забивке свай применяется механический снаряд, носящий название свайного молота. Основное отличие свайного молота от обыкновенного копра прямого действия заключается в том, что свайный молот, вообще говоря, не требует специальной станины, а может быть установлен прямо на голове забиваемой сваи.



Фиг. 18. Склад железо-бетонных свай, заготовленных для сооружения.

Удар бабы приходится обычно не по самой свае, а по особой ударной насадке.

На фиг. 18 изображен склад готовых свай правильного пятиугольного сечения, предназначенных для сооружения здания в Дюссельдорфе; здесь же мы видим установку сваи для забивки с надетой насадкой и установленным копром; тут же некоторое количество забитых свай. Можно заметить, что выступающие из земли головки свай почти не обнаруживают повреждения. Но если бы таковые и оказались, то это не столь важно, так как для соедине-

ния с фундаментными плитами или другими строительными частями требуется обнажение арматуры в верхних частях свай (фиг. 19). При устройстве основания под опоры моста в Страсбурге предусмотрена забивка косых свай (фиг. 20), сопротивляющихся сдвигу, производимому сводом моста. Особенно интересна забивка железобетонных свай, когда погружение сваи в грунт происходит посредством сильной струи воды, размывающей почву (фиг. 21). При устройстве основания под все сооружения и путепроводы в здании нового вокзала в Метце было забито в общей сложности более 50.000 пог. м железобетонных свай. Деформация сваи, попавшей на слишком твердый грунт, показана на фиг. 22.



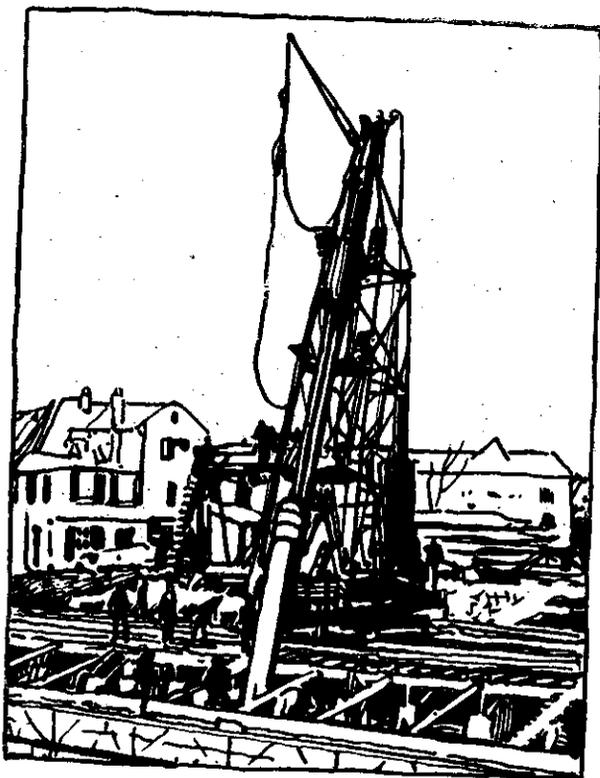
Фиг. 19. Устройство основания сооружения из железобетонных свай. На переднем плане видна свая, арматура которой обнажена от облегающего ее бетона.

Если бы при забивке свай понадобилось применение особых мер для противодействия движению грунтовых вод, то в этом случае возможны разные вспомогательные средства, как, напр., обшивка свай листовым железом или пропитывание свай перед забивкой.

Стойки и колонны. При осевом сжатии стойки важно повысить ее способность сопротивления растяжению в поперечном направлении, не прибегая к утолщению ствола. Этого удалось достигнуть путем замечательных решений, которые заключаются в применении спиральной арматуры.

Изображение перелома неармированной стойки (фиг. 23) лучше всего указывает смысл и цель всякой поперечной арматуры. Фиг. 24 воспроизводит испытываемый пробный стержень с кольцевой арматурой, в котором наружная бетонная оболочка уже отвалилась, а кольцевая арматура проявила свои полезные свойства. Стойка с кольцевой арматурой и спиральной обмоткой (фиг. 25, 26) допускает значительное уменьшение поперечного сечения и

пригодна, поэтому, для таких помещений, как склады, театры, в которых желательно возможно менее загромождать колоннами площади пола и естественного света. Способ сооружения таких колонн виден на фиг. 25 и 26.



Фиг. 20. Забивка косьих железобетонных свай при устройстве моста.

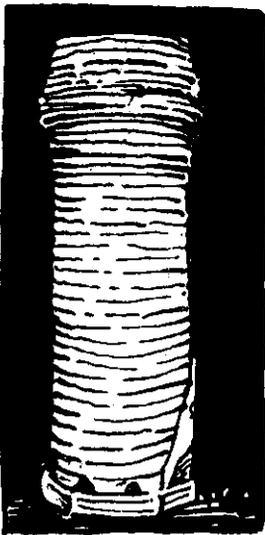
Арматуру колонны обыкновенных размеров целесообразно заготавливать в горизонтальном положении. Хомуты или спиральная обмотка прикрепляются проволокой к продольным стержням, уложенным горизонтально на козлы. Таким образом получается довольно жесткий каркас, который затем устанавливается на месте своего применения и заключается в деревянную форму.



Фиг. 21. Забивка жел.-бет. свай производится копром при одновременном действии струи воды, размывающей грунт под наконечником свай.



Фиг. 22. Железо-бетонная свая деформировалась при забивке.



Фиг. 23. Железо-бетонная стойка со спиральной арматурой.



Фиг. 24. Разрушение железобетонной стойки, не защищенной спиральной арматурой.

До недавнего времени было принято трамбовать колонны уступами с открытой стороны, при чем хомуты укладывались так, чтобы они не мешали трамбованию. Этот способ пришлось оставить, как ненадежный, так как при нем трудно контролировать правильную установку хомутов; закрепление хомутов оказалось слишком трудным, поэтому, они сдвигаются

в мягком бетоне при трамбовании. Заготовленный отдельно остов лишает возможности производить бетонирование со стороны отдельными слоями, поэтому, колонны бетонятся сверху каждый раз на высоту одного этажа, т.е. до высоты примыкания балок.

Перекрытия. Применение железобетона в строительном деле первоначально нашло место в гражданских сооружениях с простым перекрытием небольших пролетов и для небольших нагрузок. Нижеследующие фигуры показывают, до какого предела расширилось его применение, так что теперь почти нет границ применению железобетона в строительном деле. Массивные бетонные плиты, назначение которых заключается в принятии большой нагрузки при постройке жилых домов и фабричных зданий заменяются пус-



Фиг. 25. Железо-бетонная стойка со спиральной оболочкой, освобожденная от верхнего бетонного слоя.



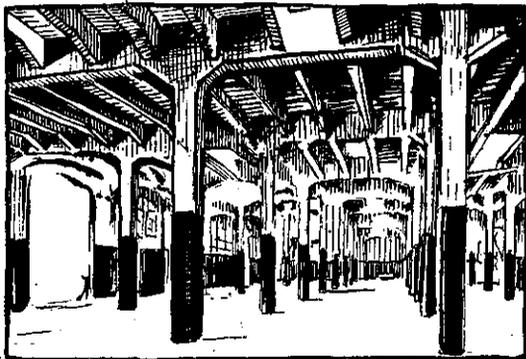
Фиг. 26. Арматура жел.-бет. стойки состоит из вертикальных стержней и спиральной обмотки.

тотельми перекрытиями. В них части статические менее важные, заменяются введением полых тел меньшего веса или образованием полостей. Такого рода сооружение показано на рис. 27; видимые на нем ящички состоят из отдельных тонких плит, которые соединяются прямо на месте и укладываются на проложенных под ними полосах подшивки прогона. Между этими ящичками оставлены борозды, в которые входят несущие железные стержни, образуя впоследствии ребра балок. Связь с проложенной над ними плитой достигается посредством вертикальных хомутов и железных подвесок.

На рис. 28 показано сооружение массивной конструкции для амбара, т.е. конструкции со сравнительно большой нагрузкой. Весь остов сооружения и вся внутренняя конструкция целиком выполнены из железобетона, только панели внутренних и внешних стен заполнены кирпичной кладкой; для защиты углов колонн от обкалывания они снабжены предохранительной железной обшивкой.

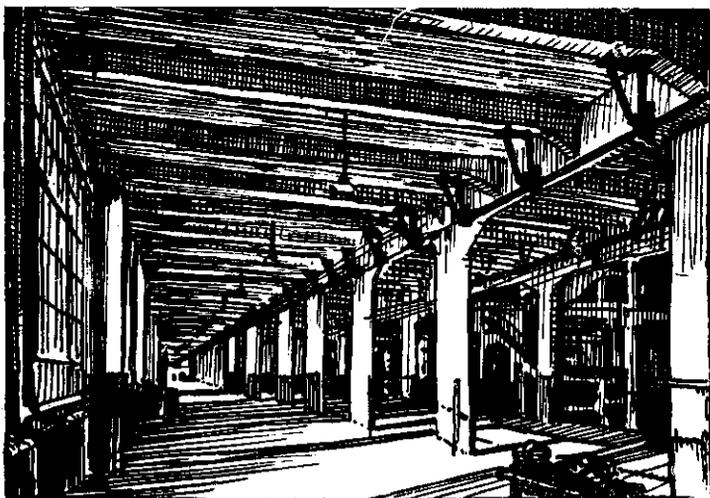


Фиг. 27. Железо-бетонное перекрытие с пустотами для облегчен. общего веса.



Фиг. 28. Железо-бетонное сооружение для склада тяжелых грузов.

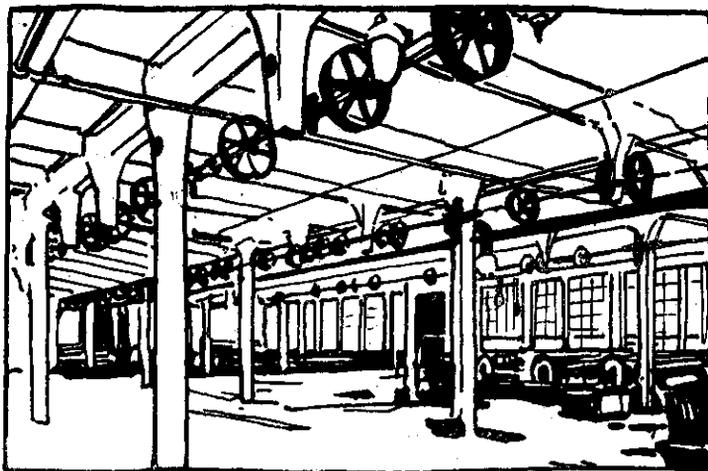
Установка трансмиссии представляла первоначально некоторые затруднения; но и здесь удалось осуществить несколько конструкций, вполне удовлетворяющих практика (фиг. 29, 30). Конечно, нельзя требовать от железобетона, чтобы он обладал такими же свойствами, как дерево или железо, и поэтому установка трансмиссии и трубопроводов требует серьезного внимания. Укрепление трансмиссии играет важную роль, в фабричных корпусах. Различают два случая устройства трансмиссий. В одном случае требуются неподвижные, точные места, где приходится подшипники, во втором случае преду-



Фиг. 29. Железо-бетонное перекрытие в фабричном корпусе с трансмиссией, прикрепленной к балкам.

сматривается возможность позднейшего прикрепления подшипника в любом месте, не пробивая отверстий в бетоне, в случае необходимости пользуясь промежуточными железными балками. Могут быть также налицо одновременно оба случая. В то время как главная трансмиссия остается неподвижно укрепленной, от нее в любом месте должно быть сделано ответвление для передачи, место которой еще не определилось. К нижней стороне балки прикрепляются подшипники трансмиссии винтами, которые с боков поднимаются к ребрам и закрепляются анкерами в перекрывающие плиты. В любом месте перекрывающих плит могут привинчиваться подшипники, если плиты сильно армированы и не занимают большого пролета. Пробивания отверстий можно избежать, если их образуют посредством гильз из листового железа или отрезков газовых труб. Этот прием необходимо во всяком случае использовать, если подшипники должны быть прикреплены к ребрам или к колоннам.

Наряду с сооружениями всякого рода амбаров и фабричных зданий, железобетон оказался особенно пригодным для построек системы Шед или сооружений с зубчатыми крышами для ткацких фабрик и т. п. фабричных построек, нуждающихся в сильном дневном освещении (фиг. 31).



Фиг. 30. Ткацкая фабрика. Конструкция потолочного перекрытия с приспособлениями для установки и закрепления трансмиссии.

Монолитные железобетонные сооружения. Применение железобетона в зданиях большой высоты очень разнообразно. Так как здесь имеются ввиду не только обыкновенные многоэтажные здания, но и сооружения с большими пролетами различного заполнения, лестницы, своды и купола.

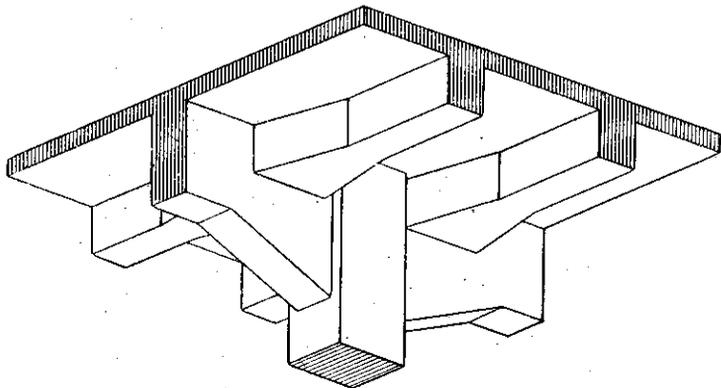
В обыкновенных многоэтажных зданиях, кроме перекрытий по железным балкам, железобетон применяется для устройства опор, балок и перекрывающих плит. Полностью сделанные из железобетона, они образуют так назыв. монолитные железобетонные сооружения. Дадим вкратце. описание встречающегося устройства несущих и опорных частей.



Фиг. 31. Фабричный корпус, перекрытый стропилами по системе Шед.

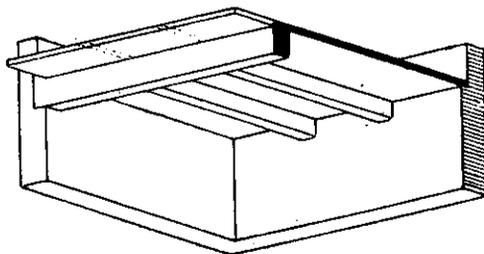
Железобетонные плиты, заделанные между железными тавровыми балками или железобетонными ребрами, выполняются сплошные или с пустотами; цель последних понизить собственный вес и тем сэкономить на перекрытии больших пролетов. Значительные пролеты обуславливают большую высоту опор, а в статическом расчете поперечные сечения бетона ниже нейтральной линии оставляются совершенно без внимания, но увеличивают постоянную нагрузку. Поэтому давно явилось стремление соединить нижние штыри арматуры с зоной давления только узкими бетонными простенками, а промежуток между простенками заполнить возможно легким и дешевым строительным материалом.

Под монолитными сооружениями мы понимаем железобетонные сооружения, несущие части которых, потолки, балки и колонны состоят из армированного бетона (фиг. 32.). Благодаря однородности материала, части эти тесно связаны между собою, и несущий остов получает поэтому жесткий монолитный характер. Такой способ возведения сооружений особенно пригоден для высоких зданий с потолками и балками, перекрывающими тяжело нагруженные большие пролеты, каковы фабричные постройки, склады, магазины и т. п. В этом случае достигается преимущество огнестойкости, не говоря уже об экономических преимуществах по сравнению с другими способами сооружения. При устройстве, наружных капитальных стен различают три случая, в зависимости от того, состоят ли стены из каменной кладки, или из кладки с железобетонными опорами, или, наконец, из одних железобетонных стоек и балок, при чем заполнение между ними образует какой-либо другой материал.



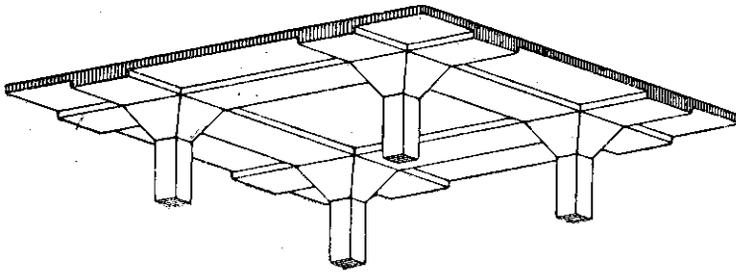
Фиг. 32. Монолитный железобетонный скелет образуется из стоек, балок и перекрывающей их плиты; все элементы связаны между собой. Утолщения балок в местах примыкания называются вутами.

Если наружные стены выложены из камня, то они служат опорами для железобетонных балок (фиг. 33). Каменная кладка должна сопротивляться сжатию в местах опоры балок, для уменьшения которого опорные части балок в кладке немного расширяются. Чтобы уменьшить осадку кладки, следует применять для несущих каменных столбов жирный цементный раствор. Этот способ образования наружных стен применяется довольно часто, в особенности, если по заданию не требуются большие оконные проемы и нет необходимости отступать от обычной толщины стен, напр., для защиты от холода или считаясь с наружным видом здания. Для беспрепятственного хода разнообразных работ в этом случае требуется, чтобы периметр здания был достаточно растянут, чтобы различного вида работы могли следовать одна за другой в непрерывной последовательности. В противном случае пришлось бы считаться с неэкономными перерывами в работах. Чтобы не зависеть от хода работ по устройству кладки наружных стен при железобетонном сооружении и иметь возможность самостоятельно и быстро возводить несущий остов, следует устраивать пилоастры из железобетона, как опорные части для концов балок. Последние соединяются с пилоастрами, чтобы создать опору для потолочного перекрытия. Эти пилоастры облицовываются затем обычно каменной кладкой, которая не воспринимает никакой нагрузки от потолка. Благодаря этому, возникает устройство, на котором снаружи совершенно незаметны особенности внутренней несущей конструкции. Облицовочная кладка, которая должна выдерживать только собственный вес, может быть немного тоньше, чем она должна была бы быть на основании строительного устава.



Фиг. 33. Железо-бетонное перекрытие, состоящее из балок и плиты, опирающихся на каменные наружные стены.

На фиг. 34 показана новая система железобетонного междуэтажного перекрытия, получившая название безреберного, так как в ней гладкая с нижней стороны плита опирается на стойки с развитой верхней частью в виде капители и этим отличается от обычно применяемого ребристого перекрытия. Плиты безреберного перекрытия хотя и толще обыкновенной железобетонной ребристой плиты, но отсутствие балок уменьшает общую толщину перекрытия.



Фиг. 34. Безбалочное железобетонное перекрытие, состоящее из сплошной плиты, лежащей на опорах, расположенных в отдельных точках здания.

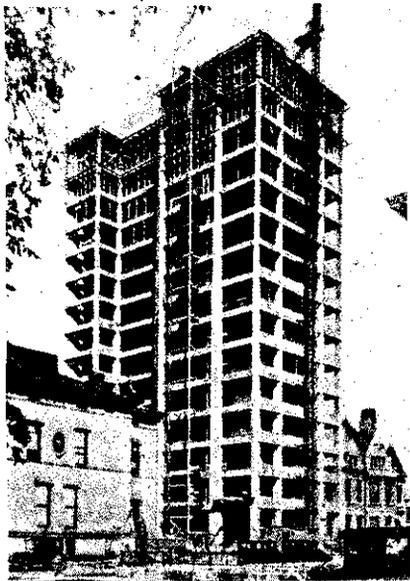
Преимущества железобетона вполне могут быть оценены при фабричных постройках утилитарного характера, если несущая конструкция из железобетона видна также снаружи, т.е. если вышеописанная облицовочная кладка совершенно отсутствует, и пилястры, оконные обрамления и балки выведены из железобетона без облицовки. Поскольку использование панелей полностью для оконных проемов нежелательно, достаточно заполнение их кладкой толщиной в один камень или тонкими железобетонными стенками. Балки между наружными стойками по периметру здания делаются такой толщины, чтобы они могли выдержать нагрузку стен лежащего над ними этажа. При зданиях без подвалов, первый этаж может быть основан на подпружных арках или железобетонных балках, которые заделываются между фундаментами пилястр. Такая конструкция применяется при устройстве магазинов и складов, где изоляция от холода не имеет большого значения. В Италии даже жилые дома возводятся по этому типу.

У фабричных корпусов и зданий утилитарного характера панели наружных стен используются для устройства больших оконных проемов; железобетонные пилястры усиливаются сверх статически необходимого размера только настолько, насколько это требуется соображениями архитектурности.

Такие комбинированные железобетонные сооружения также устойчивы, как и облицованные кладкой или целиком выложенные из камня наружные стены. Они дают экономии кладки, а также и основной стоимости; кроме того, они дают возможность лучшего использования площади участка, что не безразлично при высоких ценах на последние в городах.

Многоэтажные жилые дома. Там, где это не противоречит строительному уставу, число этажей железобетонного здания может значительно превышать обычно принятые размеры. Американские небоскребы возводятся, обыкновенно, как железные остовы с облицовкой. Вместо железного каркаса с успехом может быть применен железобетонный, который имеет преимущество гораздо большей огнестойкости. Фактически железобетон нашел в последние годы применение при постройке многоэтажных зданий (фиг. 35, 36). Особого рода конструктивных трудностей при этом не наблюдается. Особой тщательности требует устройство основания крыши многоэтажных зданий.

Наиболее частая форма крыши в железобетонных зданиях с междуэтажными перекрытиями и внутренними стойками—это плоская крыша. Она поддерживается наружными и внутренними стойками, доведенными до чердачного этажа. Применяются кровли и другого вида; считаясь со стоком воды, кровле необходимо давать некоторый уклон, различный в зависимости от рода кровли.



Фиг. 35. Железо-бетонный скелет здания в стадии сооружения.

нием, образует четыре верхних этажа, спускающихся уступами. Наружные стены 5 и 6-го этажей отступают назад по сравнению с нижерасположенными на 1 метр, в 7-м— на 2,2 метра, и в 8-м—на 3,5 метра. В результате достигнуто членение здания, которое, по мнению его составителя без этих мероприятий представляло бы вид бесформенного большого ящика. Рис. 37 дает понятие о фасаде этого склада.

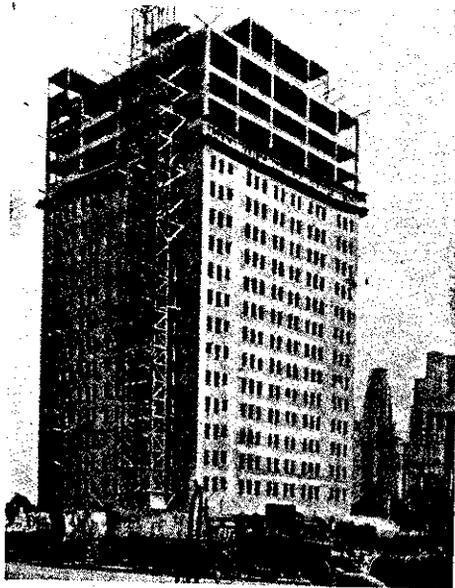
Но такие отодвинутые назад стены нагружают очень неблагоприятно лежащие под ними и проходящие в поперечном направлении балки, в особенности, в отношении поперечных сил. Чтобы этого избежать, выведены отодвинутые назад стены из железобетона толщиной в 25 см., как балки, которые переносят собственный вес и верхних потолочных балок на боковые стены надстроек фронтона. Нагрузка передается также подкосами, которые образованы в арматуре торцевых стен, к столбам нижних обводных стен. Помощью затяжка, которая проходит над 4-м и 6-м этажами здания, устраняет ей сдвиг раскосов с обеих сторон.

Конструкция сплошной плоской крыши на здании Госторга в Москве такова.

Над железобетонной плитой около 15 см. толщиной проложена гудронированная пробка в 5 см. толщины; сверх пробки уложен слой шлакового бетона средней толщины около 8 см.

Поверх шлакового бетона лежит ело и свинца в 1,5 мм. Сверх свинца наложен слой песку в 1,5—2 см, а по нем идут асфальтобетонные плитки в 2 см. толщ. Водосточные трубы чугунные большей частью выведены внутри здания и уложены в стенах. Диаметр водосточных труб от 6—8 дм. Воронки—двойные чугунные спаяны со свинцом. К ним подведены змеевики от парового отопления.

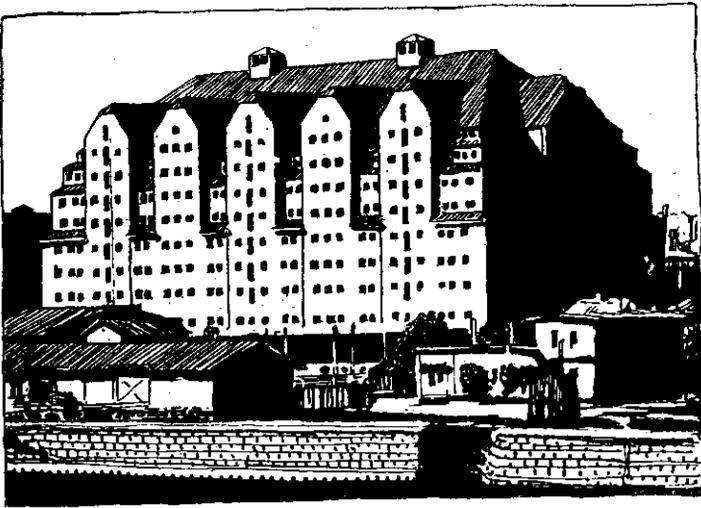
Городской склад в Дрездене, считаясь с архитектурным члене-



Фиг. 36. Железо-бетонный каркас здания в стадии сооружения. Заполнение проемов кирпичной кладкой. Снаружи видно приспособление для подъема материалов.

Консоли и балки с консолями применяются у балконов и навесов; в особенности же, у галерей театров и концертных зал. Они не представляют никаких особенностей в смысле проектирования, так как арматура в них, как и при балках, опирающихся обоими концами, должна согласоваться с изгибающими моментами и поперечными силами.

Применение балок с консолями для навеса показано на рис. 38. Верхняя часть двойной трибуны выступает за прогон на 4,6 метра и тем образует предохранительный навес для нижних сидячих мест и, кроме того, поддерживает на ширине 1,1 метра передние ряды верхней трибуны.

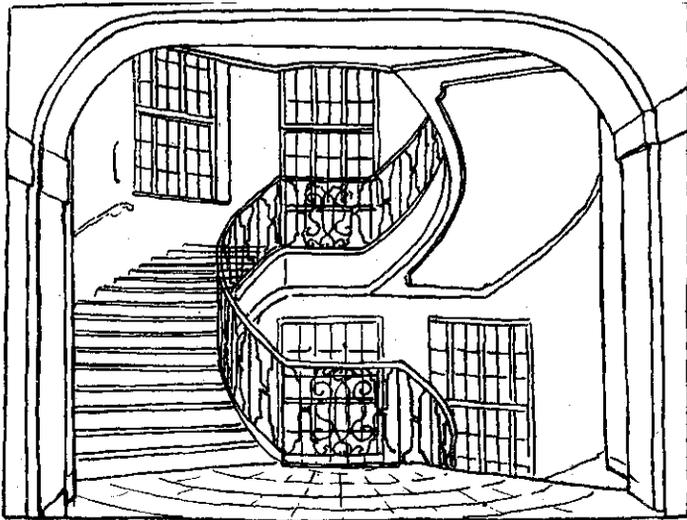


Фиг. 37. Железо-бетонное здание складов в Дрездене.

Огнестойкость железобетонных сооружений используется прежде всего в сооружениях лестниц и лестничных клеток. Известно, какую опасность в смысле распространения огня при пожаре представляют именно эти соединения между этажами. Способы сооружения лестниц из других материалов оказались неудовлетворительными в пожарном отношении. Повышенные требования, которые приходится ставить лестницам, с точки зрения пожарной безопасности уже давно заставили применять железобетон по системе Монье при их устройстве. В этих случаях марши подпираются тонкими железобетонными сводами, заделанными между железными балками площадок. Лестничные ступени также железобетонные. Площадки могут издерживаться плоскими сводами или же прочными на изгиб плитами из железобетона. Современные железобетонные лестницы дают примеры различного устройства несущих конструкций, как для прямых, так и для витых маршей (фиг. 39).



Фиг. 38. Железо-бетонный навес над трибунами с большим выносом свыше 4 м.



Фиг. 39. Железо-бетонная лестница.

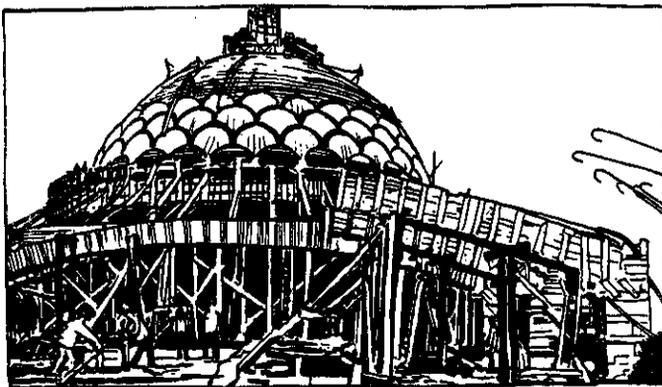
На фиг. 40 приведен пример выставочной лестницы, сооруженной по проекту проф. Конке в Данциге. Лестница состоит из двух нижних и одного верхнего марша с промежуточной площадкой, а наверху поддерживает бельведер. Общая высота сооружения—10,75 метра. Поперечные сечения массивных маршей имеют двойную арматуру. Фундамент образован железобетонной плитой, в которую заделаны оба нижних марша. Арматуру верхнего марша при переходе в нижние нужно было перевести в них. Приняты меры против скручивания, возникающего в верхней части нижних маршей. Сооружение является ярким примером возможности придания железобетону различных форм и своеобразного вида выносов.

Купола. Особенно интересна область купольных перекрытий, так как здесь железобетон имеет особые преимущества по своей способности приспособления к любой желаемой форме. Большой купол в С. Блазене и таковой бетонного павильона на выставке в Лейпциге 1918 г. (фиг. 41, 42) являются примерами, заслуживающими особого внимания.



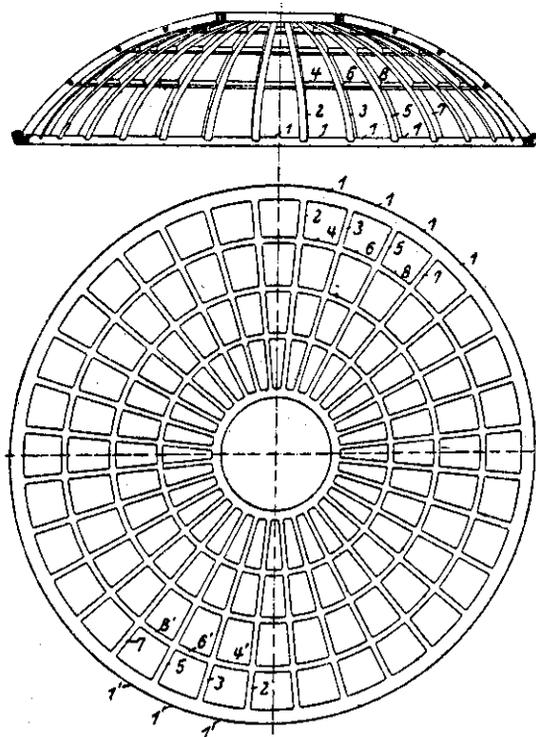
Фиг. 40. Железобетонная лестница с площадкой на выставке по проекту профессора Конке.

При возведении сооружений, перекрытых куполами, железобетон является очень подходящим строительным материалом. Тут, комбинируя толщину и положение арматуры, проходящей в направлении меридианов и параллелей, составитель проекта располагает возможностью считаться со всеми напряжениями, так что любые формы поверхности вращения являются исполнимыми; но и помещения эллиптического и четырехугольного плана могут быть перекрыты железобетонным куполом. У купола натяжное кольцо, устроенное целесообразно, воспринимает горизонтальные составляющие меридианных сил, так что внутреннее пространство совершенно освобождено от строительных деталей. Вершину купола также большею частью заканчивает кольцо для освещения помещения верхним светом или для устройства фонаря. Этим кольцом воспринимаются сжимающие силы меридиональных сечений. В строительном отношении различают массивные купола и купола образованные ребрами. У первых поверхность купола образуется железобетонным перекрытием, изогнутым по двум направлениям. Благодаря этому двойному изгибу купол хорошо сопротивляется продольному изгибу и, поэтому, применение его еще возможно для больших пролетов с небольшой толщиной свода. Ребра необходимы только в том случае, если нет постоянной поверхности вращения, или же, если поверхности между ребрами должны быть остеклены, как, напр., у купола над пассажем в Берлине. Преимущества железобетона перед другими строительными материалами могут быть вполне оценены только при массивных куполах.



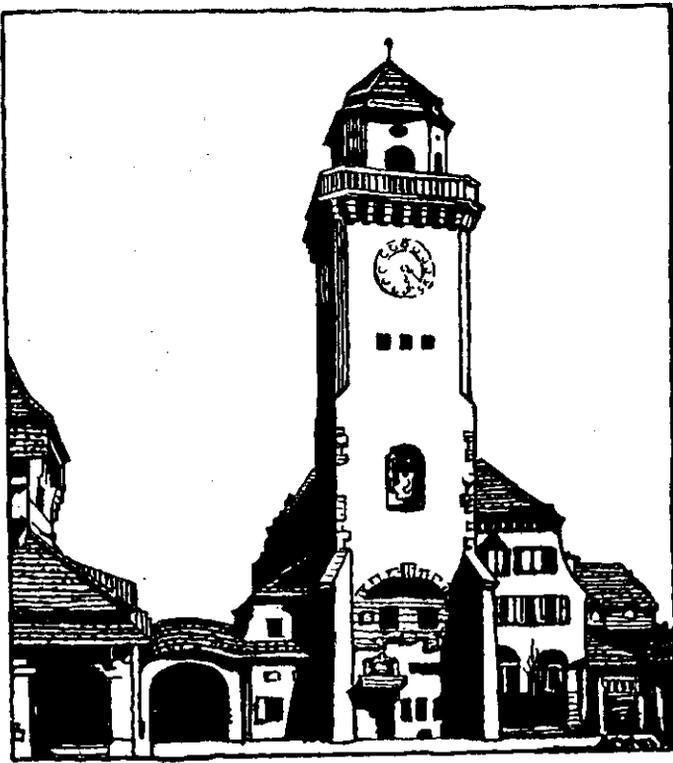
Фиг. 41. Железо-бетонное сооружение для промышленной выставки в Лейпциге в 1913 г. в стадии производства работ.

Пористый и пустотелый бетон. Также в разнообразных случаях экономического строительства, вызванных к жизни недостатком строительных материалов настоящего времени, бетон и железобетон играют немаловажную роль; первый, как пустотелый камень или как искусственный камень, сформованный по различным приемам, последний, как связывающий и укреп-



Фиг. 42. Железо-бетонное купольное перекрытие, образованное верхним, нижним и несколькими промежуточными кольцами и радиально расположенными связывающими их железобетонными ребрами.

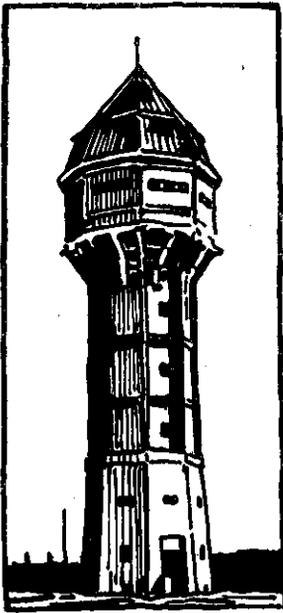
ляющий строительный материал, который сообщает всему сооружению надежную прочность. Пористые, пустотные, иначе ячеистые, бетоны имеют большое значение в экономическом строительстве. Особенно интересны в этом смысле последние открытия датских инженеров. Получаемый в результате примешивания к цементному раствору особой пены бетон состоит из крупнопористой массы. Он обладает малым весом, большой теплоизолирующей способностью, крепостью, прочностью и негорюемостью. Несмотря на большую пористость, бетон почти совершенно не впитывает воду. При испытании на огнестойкость плиты в 6 см толщиной она была нагрета с одной стороны в течение 30 мин. до  $750^{\circ}$ , и затем в течение часа температура



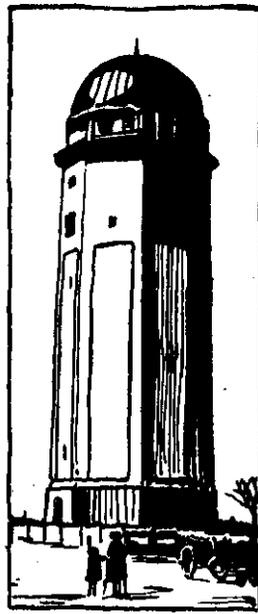
Фиг. 43. Водонапорная башня и здание казино в городском саду города Фронау в Германии.

держалась на том же уровне. На другой стороне плиты температура поднялась в течение часа до  $55^{\circ}$ , а затем держалась постоянной все остальное время.

Для образования пенистой массы, способствующей образованию крупнопористого материала, применяется слизь, содержащаяся в некоторых видах болотных растений. Так как пенистая масса сама по себе недостаточно устойчива, часть пузырей лопаются, то добавлением некоторого количества желатина можно повысить прочность стенок, облегающих пустоты. Таких же результатов можно добиться добавкой некоторого количества формальдегида. Кроме того, опытом установлено, что некоторые растворимые мыла также



Фиг. 44. Железо-бетонная водонапорная башня в Нюрнберге.

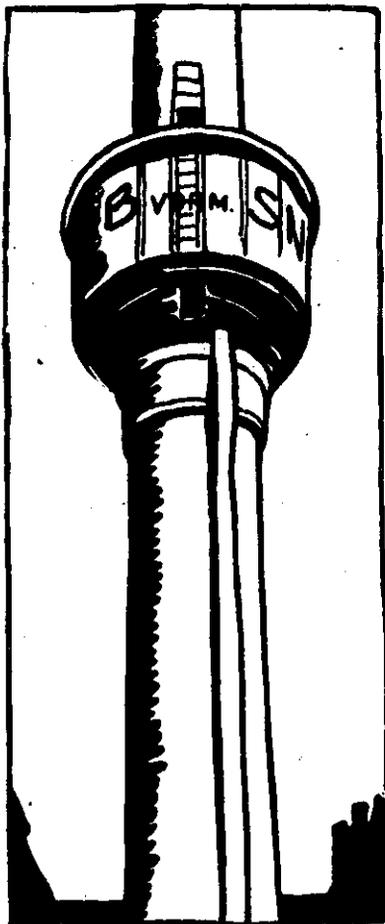


Фиг. 45. Железо-бетонная водонапорная башня в Секевгейме в Германии.

пригодны для вышеуказанной цели. Эти мыла обладают особенностью образовывать устойчивую пену, хорошо смешивающуюся с раствором; при этом пузыри не лопаются, и в результате обеспечено получение желаемой пористости бетона.

Возможность придания свойств водонепроницаемости бетону, вообще водопроницаемому, применением жидкого стекла или особых примесей дает возможность использовать железобетон в особо широких размерах для трубопроводов, резервуаров и водонапорных башен. Даже для внешнего вида таких построек найдены безусловно удовлетворительные решения в архитектурном отношении. Водонапорная башня и здания казино в городском саду во Франкфурте (фиг. 43) облицованы снаружи бетоном, состоящим из раковистого известняка.

Бак водонапорной башни для Нюрнбергской жел. дор. станции (фиг. 44), водонапорная башня в Веркенгейме общей высотой 38 метров и полезной емкости в 350 кв. м (фиг. 45), так же как пристроенный к трубе бак (фиг. 46) могут служить примерами удачного выполнения. Детали арматуры резервуара видны по фиг 47. На фиг. 48 воспроизведена нижняя часть газометра во Фрейбурге, поперечником 36,5 метра, глубиной 8 метров и емкостью 8.000 кубических метров.

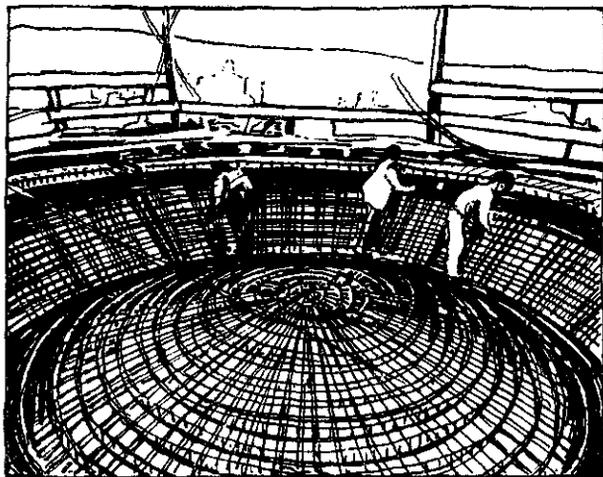


Фиг. 46. Кирпичная дымовая труба с железобетонным резервуаром для воды.

В сооружении бассейнов для плавания, благодаря применению железобетона, также достигнуты большие успехи.

Замечательное сооружение изображено на фиг. 49; при этом следует отметить способ устройства фундамента.

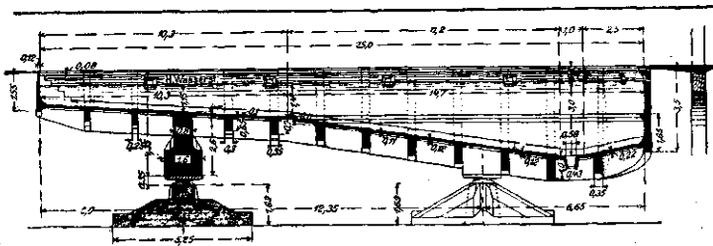
На основании опытов удалось установить, что применением особых мер можно сообщить железобетону свойство противостоять действию морской воды, а это открыло дальнейшие перспективы в смысле возможности использования железобетона для береговых и морских сооружений. Наряду с основаниями на сваях, на побережье рек и морей уже встречаются шпунтовые стены, стенки набережных и береговые укрепления, возводимые из железобетона. Фиг. 50 изображает большую набережную угольной гавани в Гамбурге. Забитые шпунтовые стены и сваи для набережной, а также стены для доменного завода в Любече видны на рисунке 51 набережные стены со стороны суши в Штеттине воспроизведены на фиг. 52.



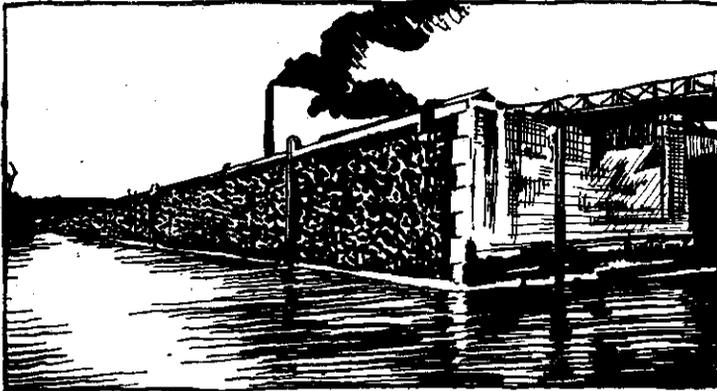
Фиг. 47. Укладка арматуры при устройстве железобетонного резервуара для воды.



Фиг. 48. Нижняя часть железобетонного резервуара-газометра во Фрейбурге; диам. 36,5 м., глуб. 8 м., объем 8000 куб. м.

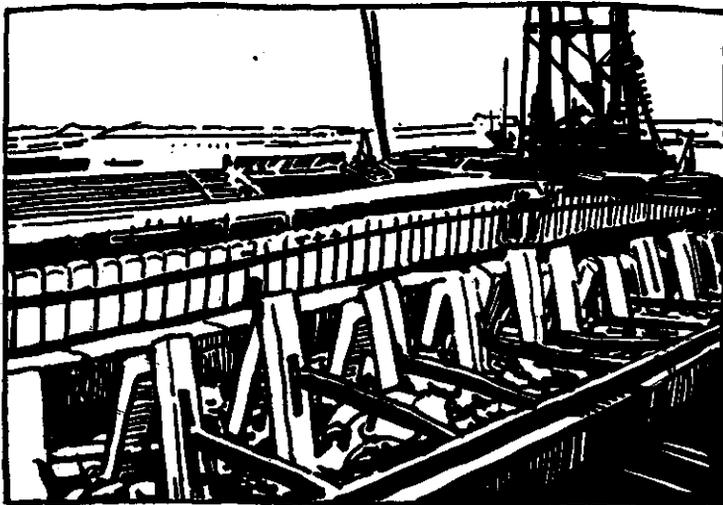


Фиг. 49. Разрез жел.-бетонного резервуара для плавания в купальном заведении; длина около 25 м.



Фиг. 50. Общий вид жел.-бетонной набережной в Гамбурге.

Кессоны—это плавучие открытые сверху ящики, которые опускаются в подготовленный грунт по месту их назначения. Внутренняя часть их заполняется бетоном или гравием. Грунт под кессоны готовится вычерпыванием, а иногда выравниванием слоя песка или гравия. Кессоны могут устанавливаться также па сваях, предварительно забитых в грунт и срезанных на одной высоте. Устройство основания посредством кессонов применимо в том случае, если грунт под возводимое сооружение находится на сравнительно небольшой глубине и если сооружение может выдержать небольшую осадку; она должна появиться, так как не представляется возможным выровнять грунт под водой так, чтобы кессоны установились не равномерно и без больших движений.

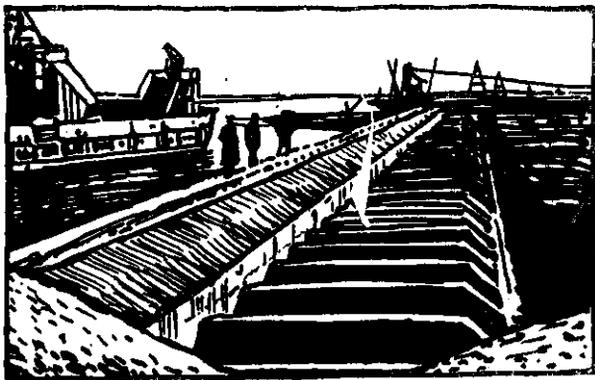


Фиг. 51. Вид со стороны суши сооружаемой жел.-бетонной набережной в Любеке.

Поэтому, указанный способ устройства оснований редко применяется для мостов и тому подобных сооружений и ограничивается подпорными стенами. Кессоны сооружаются в исключительных случаях на лесах над уровнем воды; обычно их изготовляют на суше, спускают на воду и плавом подают к месту применения, где они затем погружаются.

При устройстве оснований помощью сжатого воздуха кессоны сооружаются также из железобетона. Необходимо, чтобы боковые стенки и шахты воздушных шлюзов возводились достаточно высоко над крышей ящика, Закрывая затем привинченной сверху плитой места насадки на шахту, можно регулировать воздушный слой в рабочем помещении и тем достигнуть погружения плавающего тела. Погружение кессона до дна реки или водоема идет легче, если боковые стены повышены.

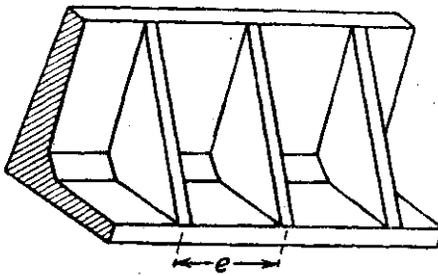
Подпорные стены. Стены набережных должны воспринимать боковое давление обратно засыпанной земли и вместе с собственным весом передавать давление на нижний слой грунта, если береговая стена полностью доводится до своего фундамента. Между тем применение свай и шпунтовых стен из железобетона для устройства основания привело к форме сооружения, которое значительно отличается от подпорных стен и, поэтому, должно быть описано отдельно.



Фиг. 52. Вид со стороны суши сооружаемой жел.-бет. набережной в Штеттине (в Германии).

Применение железобетона при устройстве подпорных стен не всегда представляет безусловно экономическое преимущество. Если строительные материалы для бетона дешевы и если возможно, возвести статически хорошо выполненное поперечное сечение стены с наклоненной назад задней стороной и передним скатом или в виде продольно изогнутого профиля, тогда нет никакого основания предпочитать железобетону подпорную стену, сооружение которой к тому же займет больше времени. Подпорные стены из железобетона, но форме их поперечного профиля, состоят из сочетания вертикальной стенки и горизонтальной плиты соединенных под прямым углом. Если высота стены превышает 4—5 метров, то она соединяется с плитой основания посредством треугольных ребер; тогда она переносит действующие на нее силы давления земли прежде всего на ребра (фиг. 53).

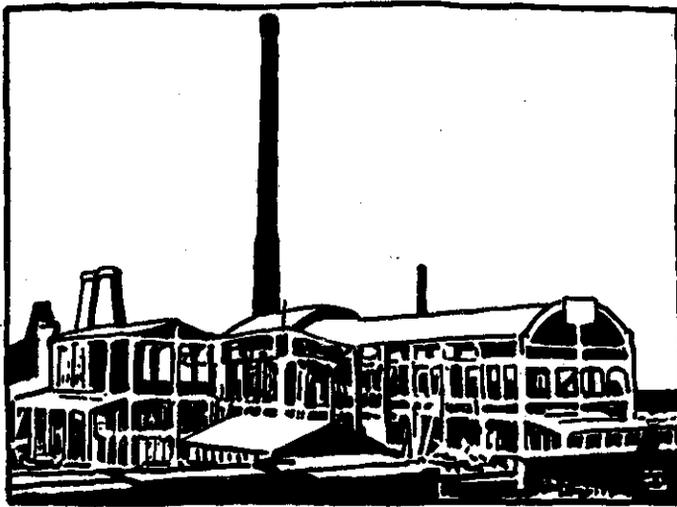
Фундаменты под машины. В строительном-техническом смысле понимают под фундаментами для машины собственно местную подставку, которая необходима под сильные двигатели для восприятия веса и хода машины и такого их распределения на основание, чтобы не вызвать наклона и колебания плиты, чем только и можно обеспечить безукоризненную работу машины. Развитие за последние 20 лет постройки двигателей внутреннего сгорания и паровых турбин поставило перед железобетоном новые задачи, так что не приходится рассматривать фундамент под машины, как часть отдела по устройству оснований. При этом весьма возможно, что при мягком грунте для такого фундамента понадобится еще особое основание, будь то посредством распределяющей давление плиты или посредством свай. От фундамента под машины требуется, чтобы он не только противостоял силам, действующим на него, но чтобы он был так соразмерен, чтобы сотрясения и колебания передавались в самой незначительной степени на соседние стены и здания. Само собой разумеется, что род машины определяет размеры, форму и расположение арматуры фундамента.



Фиг. 53. Железо-бетонная подпорная стенка, усиленная для жесткости ребрами, связывающими ее с плитой основания.

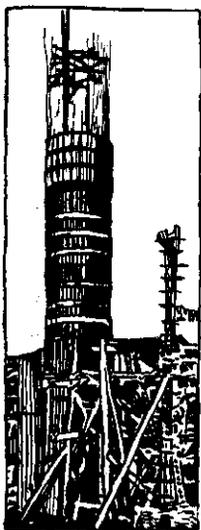
Трубы и башни. При трубах и башнях мы имеем дело с высокими цилиндрическими сооружениями, которые испытывают главное напряжение от давления ветра. Строительные детали и их возведение сходны между собою, так что описаны они могут быть вместе. На фиг. 54—55 дан общий вид фабричного корпуса с железобетонной

трубой, а также показан способ возведения дымовой трубы из железобетона. Высокие железо - бетонные трубы сооружались в большом числе прежде всего в Америке; способ изготовления их заключался в бетонировании зонами в опалубке, так что свежееотвердевший бетон тотчас мог быть использован для несения следующих зон. Несчастные случаи возможны



Фиг. 54. Жел.-бет. фабричный корпус с трубой из того же материала.

при этом способе возведения, если бетон недостаточно скоро отвердевал при быстром темпе работ. В Германии, не считая нескольких единичных случаев, перешли к постройке железобетонных труб после того, как появление больших двигателей потребовало труб таких размеров, что они не могли быть экономно возведены обычным способом из кирпича. Тогда было оказано предпочтение бетонным трубам без опалубки; применялись формованные



Фиг. 55. Жел. бет. дымовая труба в стадии сооружения.

бетонные камни, а это давало возможность получить каменную оболочку и избежать опасности, связанной с возведением стержня целиком бетонированного в опалубке.

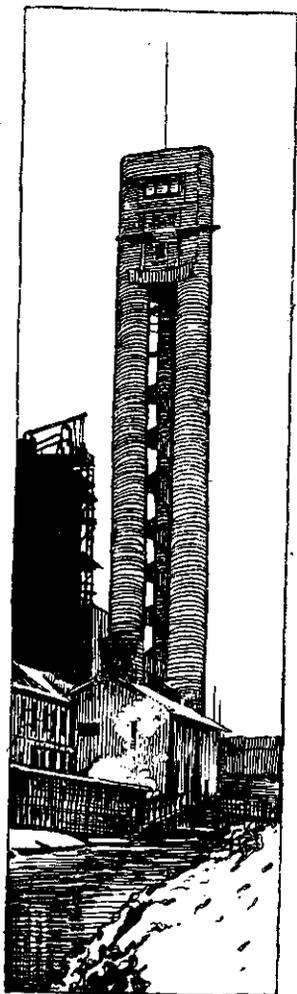
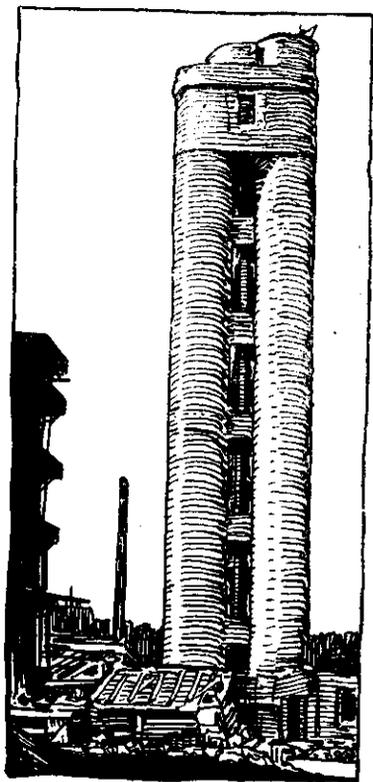
Железобетонная труба по сравнению с кирпичной имеет преимущество меньшего веса. Так как стержень бронирован продольной арматурой, то может в значительной степени воспринимать напряжение на разрыв при давлении ветра и одновременно допускает более высокое напряжение давления. При одинаковом внутреннем поперечном сечении железобетонная труба у подошвы требует менее места, чем сложенная из кирпичной кладки; а так как кроме того и нагрузка фундамента меньше, то получается экономия в стоимости устройства основания. При сравнении железобетонной трубы с кирпичной, следует помнить, что добавочное напряжение от неравномерного нагревания между наружным и внутренним пространством труб меньше у железобетонной, чем у кирпичной трубы, что часто приводит к сильным продольным разрывам кладки; для избежания этого приходится прибегать к

стягиванию труб железными кольцами. При железобетоне для восприятия этих добавочных напряжений можно усилить армировку и бетонировать горизонтальные кольца, которые действуют лучше, чем дополнительно наложенные.

Во время войны возникли крупные заводы химической промышленности, которые большею частью сооружались из железобетона, так как в это время железобетону сумели придать способность сопротивления влиянию всякого рода паров и кислот.

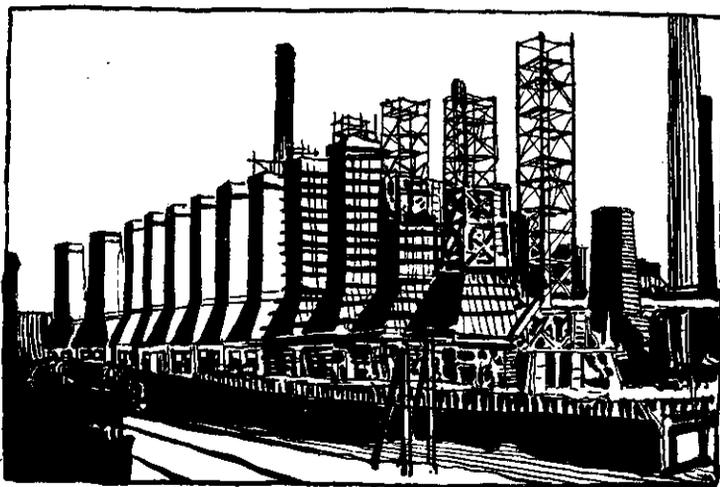
Башни необходимые для производства целлюлозы, при добывании раствора серноислых солей, раньше строились из дерева; в течение последних лет их стали сооружать из железобетона. Толчок этому делу дало введение патентованной конструкции американца Иенсена (фиг. 56—57).

Башня состоит из двух цилиндрических ячеек, которые необходимы для нормального производства. Большею частью имеется на лицо еще третья башня, где помещается подъемное приспособление для известняка и еще одна запасная ячейка, чтобы обеспечить беспрепятственный ход производства. Но башня для подъемного приспособления и запасная ячейка не являются безусловно необходимыми. Между ячейками помещается газовая обводка и лестница, ведущая к расположенному наверху помещению для загрузки. Ход работ следующий.

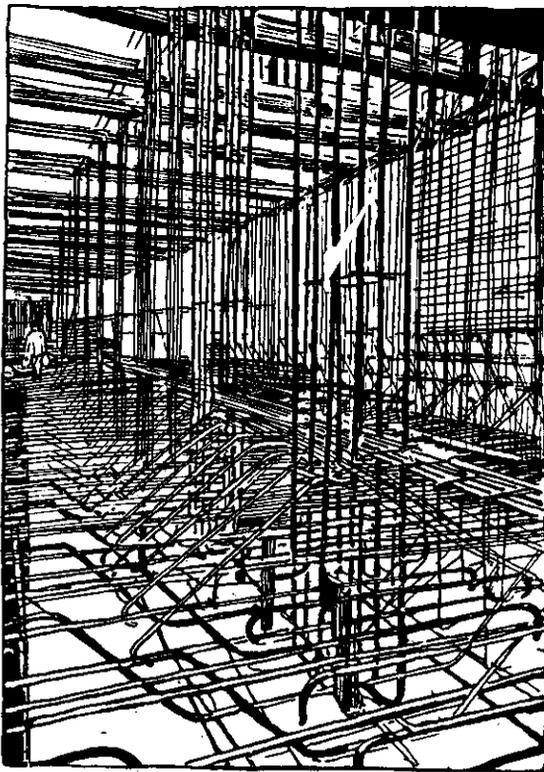


Фиг. 56—57. Жел.-бетонные башни-градирни, применяются при производстве целлюлозы.

Оба конуса наполняются кусками известняка, величиной 10—15 см с грузочного помоста и затем обливаются. К одной ячейке снизу подаются газы, которые, поднимаясь, роль-шею частью поглощаются известняком. Неиспользованный газ перехватывается вверху и подается через газопроводную трубу вниз ко второй ячейке; здесь происходит тот же процесс, что и в первой. Двусернистый соляной раствор, полученный во второй ячейке, нагревается в первую ячейку, и отсюда вниз стекает готовый раствор. Спустя несколько дней благодаря перестановке, способ работы меняется так, что второй конус действует, как первый. Таким образом возможно первую ячейку, известняк в которой почти растворился, наполнить заново, не прерывая производства. Условия работы этих башен в отношении давления ветра ничем не отличаются, дополнительное напряжение от неравномерного нагревания исключается. Засыпанный известняк производит на стенки трубы боковое давление, направленное наружу, которое требует соответствующей кольцевой арматуры. Боковое давление может быть рассчитано также, как при зернохранилищах, причем объемный вес известняков выбирается 1,8 до 2,0 и коэффициент трения между наполняющим материалом и стенкой ячейки до 0,15.



Фиг. 58. Железо-бетонные холодильные башни.



Фиг. 59. Расположение арматуры для сооружаемой подземной дороги в Лейпциге.

Железобетон нашел также применение при постройке холодильных башен на артиллерийских заводах, строившихся долгое время почти исключительно из дерева. Такого рода охладители устраиваются на оружейных заводах (фиг. 58). Холодильные башни или трубчатые охладители вместе с вделанными в нижней части оросительными приспособлениями служат для того, чтобы теплую воду, применяющуюся для охлаждения двигателей или при конденсации, так охладить, чтобы она снова стала пригодной для той же цели. Верхняя часть башни действует при этом, как дымовая труба, причем свежий воздух всасывается сбоку на поверхности грунта, движется по капающей воде, согревается при этом и уходит вверх вдоль цилиндрической поверхности. Трубовидная надстройка имеет целью вызвать необходимую тягу. Охлажденная вода собирается в бассейн, расположенный под трубчатым охладителем. Он сооружается из железобетона. Для больших сооружений под резервуаром устраивается решетка из железобетонных балок, на которых устанавливается оросительное приспособление

В сооружении туннеле и, железобетон удачно конкурирует с другими видами строительных материалов, как это видно по фиг. 59, передающей детали сооружения подземного пути.



Фиг. 60. Железо-бетонная крытая платформа на главном вокзале в Нюрнберге.

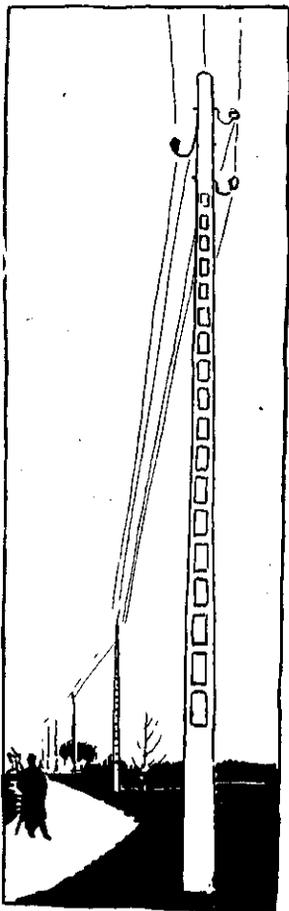
Интересно проследить, как в постройке перронных навесов железобетон все больше вытесняет железо, несравненно больше подверженное действию дыма и атмосферных влияний (рис. 60).

Опыт устройства мачт, поддерживающих провода дальнего расстояния для электрической энергии, телеграфных и телефонных, для дуговых ламп и т. п. привел к сооружениям целесообразным по конструкции и изящным по форме. Примеры решений показаны на фиг. 61—64.

Архитектура железобетона. Об особенностях железобетона с точки зрения архитектуры можно говорить только в том случае, когда он выступает самостоятельно, как строительный материал для внешней поверхности. Чаще всего мы имеем дело с железобетонными пилонами на наружном фасаде здания. Часто фасады здания такого рода обрабатываются, имитируя тесаную каменную кладку. Благодаря большим оконным проемам, в таких зданиях остаются узкие вертикальные поля для колонн и низкие горизонтальные простенки. Поэтому стараются достигнуть выгодного впечатления подчеркиванием статического членения, выдвигая пилоны в виде полотен и проводя их вертикально без перерыва. На фиг. 65—66 даны примеры применения железобетона при возведении фабричных корпусов.

В наше время понятие конструктивного поглотило понятие декоративного, слилось с ним. Элемент нетронутый в своей конструктивности является для нас желанным декоративным элементом. Голая, неприкрашенная конструктивная форма служит элементом наилучше удовлетворяющим наше эстетическое восприятие.

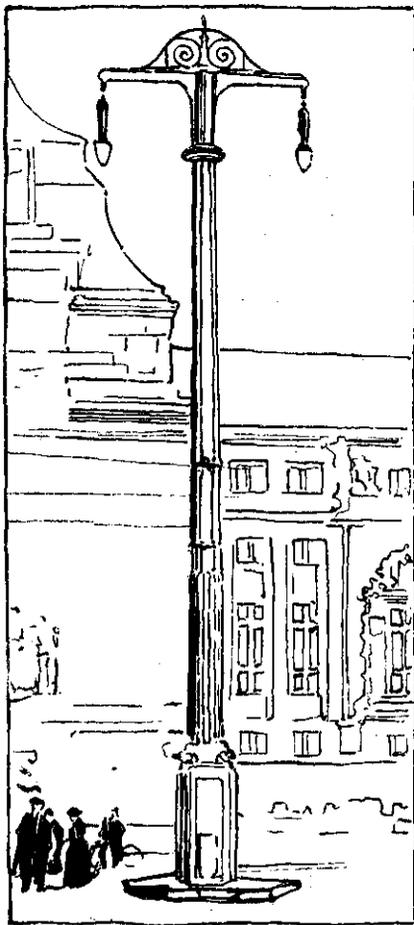
Мы перестали понимать конструктивность и декоративность, как нечто исключаящее друг друга, как крайние полюсы в развитии архитектурной



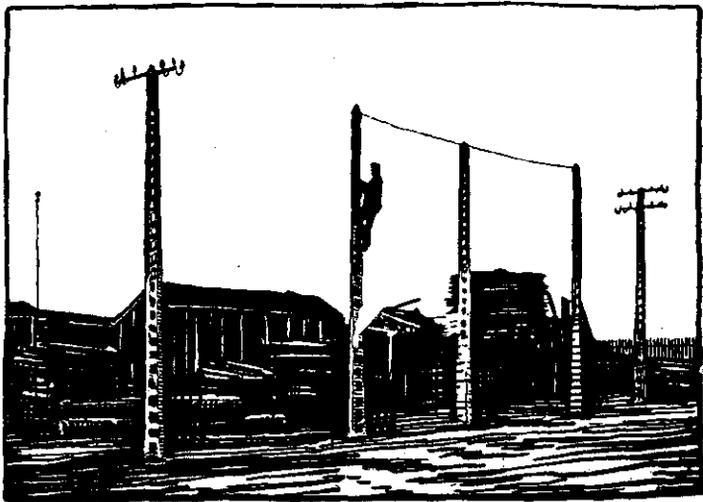
Фиг. 61. Жел.-бетонная мачта для поддержания проводов, — телефонных и телеграфных.

формы. Оба термина входят в более широкое понятие эстетического. Простой утилитарный вырез отверстия окна в стене является эстетической задачей, если архитектором выисканы гармонические соотношения сторон и ритмическая формула заполнения стены. Установление ряда опор является не только конструктивной задачей, но и эстетической, если архитектор задается мыслью о ритмическом распорядке этих опор.

Долгое время архитектора боялись пользоваться железобетоном, как строительным материалам для наружных стен. Поэтому хорошие архитектурные образцы появились только в последние 15 лет. При этом нужно обратить внимание на то, что наружные стены фабричных зданий, помимо колонн и подоконных стен, состоят только из окон и что сооружения с большими полями стен с заполнением панелей толщиной в 1 кирпич пригодны в нашем климате только для складочных помещений и магазинов. По этой причине применение железобетона для внутренней отделки помещения встречается гораздо чаще.



Фиг. 62—63. Железо-бетонные мачты для освещения.



Фиг. 64. Жел.-бетонные мачты для телефонных и телеграфных проводов и для электрического освещения взамен деревянных и железных.



Фиг. 65. Железо-бетонная рамная конструкция, примененная для перекрытия фабричного корпуса.



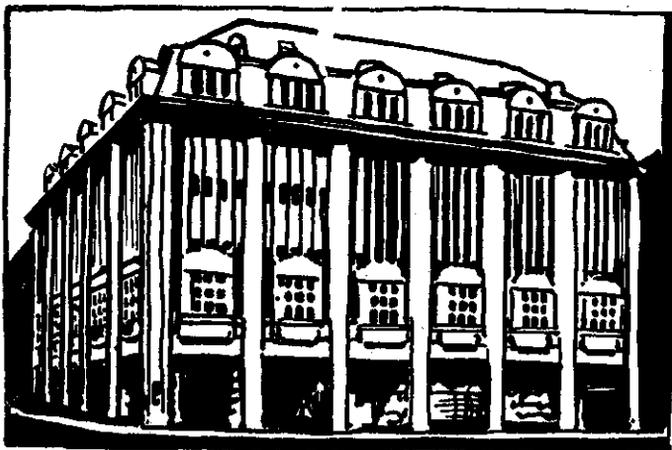
Фиг. 66. Железо-бетонный фабричный корпус фирмы Герц в Берлине в стадии сооружения.



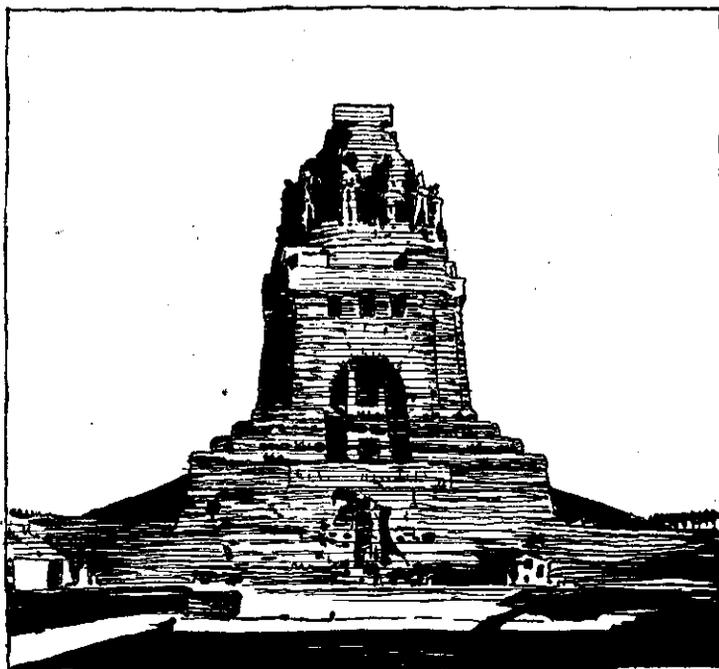
Фиг. 67. Железо-бетонный пассаж в Ленинграде.

На фиг. 67 дан снимок светового двора магазина в Ленинграде, целиком сооруженного из железобетона. На фиг. 68 железобетонный корпус для магазинов и конторских помещений. Потолки, балки и колонны выведены из железобетона, также подпружные арки верхнего светового фонаря сделаны из того же строительного материала. В отношении внешнего вида зданий, построенных из железобетона, следует признать возможность вполне удовлетворительных в архитектурном отношении решений, что доказывается многочисленными примерами сооружения складов и других построек утилитарного характера. А для придания зданию изящного вида научились применять железобетон для внешней отделки, подвергая его обработке, дающей ему характер тесаного камня.

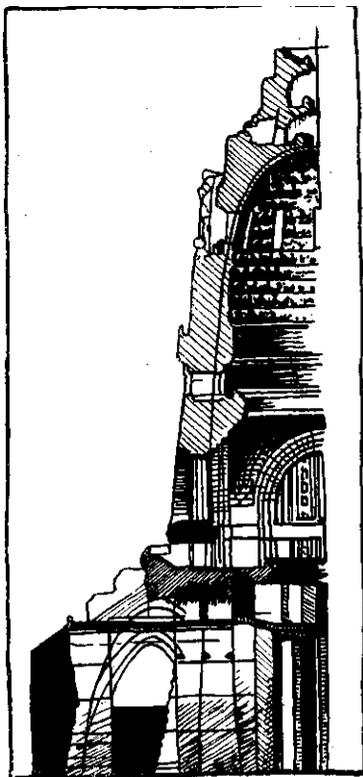
Из больших монументальных сооружений новейшего времени упомянем следующие: памятник „Битвы народов" в Лейпциге (фиг. 70), на который израсходовано 120.000 куб. м. бетона и железобетона, и 20.000 куб. м. гранитной облицовки, новые здания главных вокзалов в Штуттгарте и Лейпциге (фиг. 71), «Павильон Столетия» в Бреславле (фиг. 72), крытый рынок па Рыцарской площади в Бреславле (фиг. 73), также ряд церквей (фиг. 74), у нас Казанский вокзал, здание Госторга, центрального телеграфа и др.



Фиг. 68. Железо-бетонный корпус для магазинов и конторских помещений.



Фиг. 69. Памятник „Битвы Народов“ в Лейпциге. 120000 куб. м. бетона и железо-бетона.



Фиг. 70. Разрез памятника „Битвы Народов“.

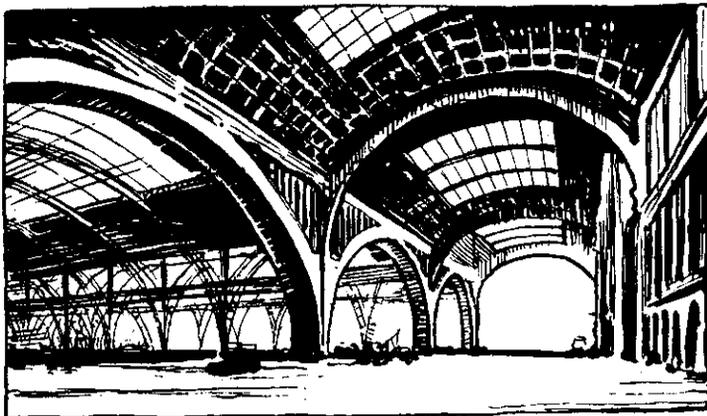
Как уже упоминалось, именно искусная обработка бетонных поверхностей путем подражания внешнему виду естественного камня привела к тому, что в настоящее время бетон и железобетон легко находят применение, как материал для внешней отделки зданий. Для иллюстрации успехов, достигнутых в этом отношении, приведены примеры на фиг. 75—78. Из них первые два изображают общий вид и детали дома в Бреслау.

Зернохранилища и склады. Развитие путей сообщения, расширение и налаживание промышленных предприятий, так же как и необходимость обеспечения текущего производства большим количеством сырых материалов, привели к необходимости соответствующих устройств для массового скопления товаров. Так как только некоторые товары могут сохраняться на открыток воздухе, то при накоплении последних, следует иметь ввиду постройку закрытых помещений, которые дали бы достаточную защиту от влияния погоды; в то же время они должны давать возможность с небольшими сравнительно затратами или с возможно большей экономией черпать из хранилища скопленные мате-

риалы. В последнее 10-летие сооружены такого рода здания, приуроченные к различным потребностям торговли и промышленности. Они известны под общим названием элеваторов. Тут прежде всего подразумеваются вместилища для рыхлых и сыпучих материалов. Элеваторы служат не только запасным складом и распределителем между поставщиком и потребителем, но также запасным резервуаром при прекращении подвоза; таким образом, они повышают обеспеченность производства и непрерывное снабжение потребителя (рис. 79).

В этой области железобетон нашел широкое применение главным образом потому, что, обладая свойством огнестойкости, дает возможность скопления больших партий товара в зданиях малой площади, достаточно опрятных; в то же время он дает решение экономическое. Поэтому, пришлось отказаться от хранения, напр., зернового хлеба в хранилищах с землебитным полом. Теперь сыпают зерно и другие сыпучие материалы в глубокие шахты, достигающие 20 и более метров высоты. Усовершенствованные механи-

ческие приспособления дают возможность загрузки и выгрузки, чистки, распределения, проветривания и перемещения сложенных материалов. В железобетонных элеваторах материал стен не влияет на сложенный в них товар приданием последнему постороннего вкуса, запаха и других свойств, Трение о стенки не отражается ни на них, ни на сложенные в них материалы, что следует отнести к благоприятным свойствам бетона.



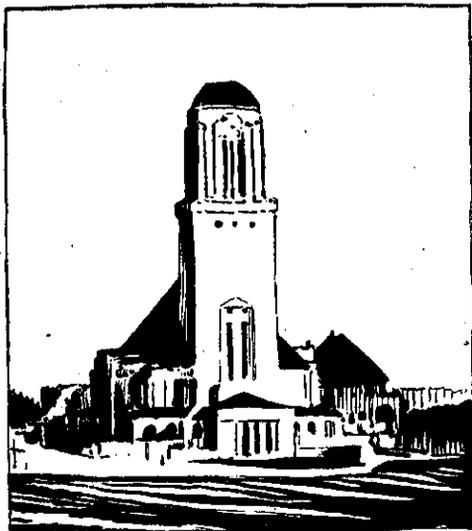
Фиг. 71. Железо-бетонное здание нового пассажирского вокзала в Лейпциге.



Фиг. 72. Железо-бетонное сооружение в Бреславле.



Фиг. 73. Здание рынка в Бреславе.



Фиг. 74. Евангелическая церковь в Германии, сооруженная из железобетона.



Фиг. 75—76. Особняк во Фрейбурге. Внутренний двор. Скульптурные украшения железобетонного сооружения выполнены из бетона.

Таким образом, железобетонные зернохранилища отвечают почти всем требованиям, которые вообще до сих пор предъявлялись к крупным складам материалов.

Существуют железобетонные хранилища для зернового хлеба, муки, цемента, песку, гравия, щебня, известняка и клинкера, для различных пищевых продуктов, соли, разных деревянных предметов и т. п. Затем для угля и всякого рода руд.

Чисто с внешней стороны можно различать в большей части зданий хранилищ, исключая механические приспособления, верхнее строение, вместилище, приспособленное для засыпки в самой высокой части, в большинстве случаев над крышей; оно по длине, ширине и высоте здания занимает главное пространство и дает внешний отпечаток сооружению и, наконец, помещение для опораживания в нижних частях здания. В зависимости от рода материалов различают разные конструкции зданий такого рода.



Фиг. 76.

Существуют хранилища с подразделением на клетки для зернового хлеба и мучных материалов, как напр., зерно, мука, цемент; тут поперечное сечение отдельных клеток по сравнению с их высотой невелико. Все хранилище состоит в этом типе из расположенных друг возле друга клеток, поперечное сечение которых может быть круглое, многоугольное или прямоугольное.

Хранилища без такого подразделения на отдельные клетки назначаются для более крупных материалов, каковы, каменный уголь и руда. Это в общем вместительные больших размеров в форме ящика с полами ровными или снабженными площадями скольжения, без промежуточных стенок или с небольшим количеством таковых.

Наконец, средним типом между указанными клеточными и ящичными хранилищами являются хранилища с рудными закромами, у которых подразделение на отдельные ящики не доведено до такой степени, как у клеточных хранилищ, но в которых все же имеется известное подразделение. Вследствие большого веса руды высокие хранилища не применяются для хранения этого материала. Замечательно при этом устройство полов скольжения и приспособлений для засыпки, которые были очень усовершенствованы различными конструкторами.



Фиг. 77. Здание школы в Дрездене. Балкон с лепными украшениями выполнен из бетона.

Отличительным свойством зернохранилищ и хранилищ для муки являются, как мы говорили, очень высокие клетки, так что такого рода сооружения имеют совершенно особый вид и выделяются на общем фоне местности. Фиг. 79 и 80 воспроизводят зернохранилища для мукомолов в Эльзасе, построенные в 1907—1908 г.г. Считаясь с различным подразделением товара, в здании хранилища имеется 48 ячеек, так что представляется возможным подразделять зерно в соответствии с наличием разнообразных условий: по месту производства, возрасту, качеству и целости. В этих клетках может также легко происходить пересыпка и перемешивание при помощи механических приспособлений. Все хранилище вмещает 150 тыс. мешков, из коих 30 тыс. могут быть помещены в складе для мешков под клетками и в подвале.

Наружный вид архитектурно выполненного хранилища представляет сооружение мукомольни на Изере в 4 тыс. куб. м полезной емкости; внешний вид его представлен на фиг. 81. Выполнявшая его фирма сумела согласовать практические цели с окружающим видом местности. Это же можно сказать и



Фиг. 78. Бетонная скульптурная группа у здания бойни в Гельзенкирхене в Германии.

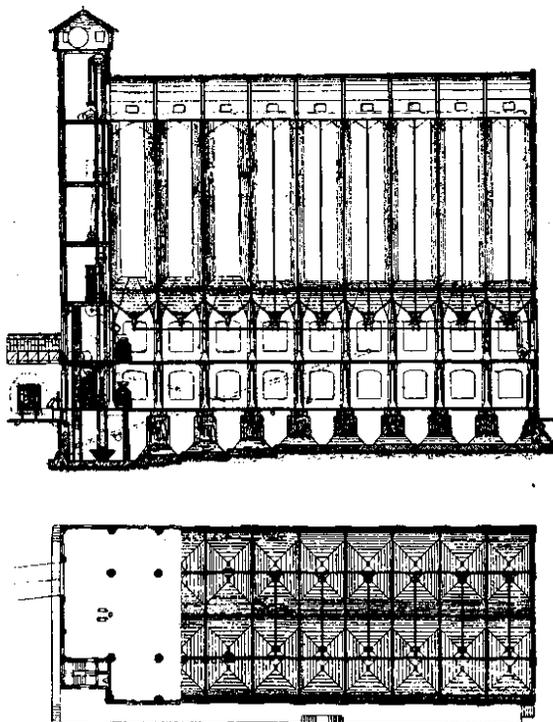
ного влияния воздуха на качество топлива. С другой стороны опыт показал, что при высоте сыпки, начиная от 5 метров, для некоторых сортов угля уже является опасность самовоспламенения, вследствие чего предельная высота слоя угля в хранилищах ограничивается.

о зернохранилище для мельницы в Мюльдорфе, сооруженном той же фирмой (фиг. 82).

К новейшим сооружениям в области зернохранилищ относятся также хранилища для портовой мельницы в Дрездене, внутреннее устройство—по фиг. 83. На фиг. 84 показано зернохранилище для портовой мельницы во Франкфурте на Майне.

Хранилища для цемента в общем сходны с таковыми для зерна и муки. Для сохранения сухости цемента принимают во внимание те же условия и придерживаются тех же правил, так что заметно отличительных свойств указать нельзя.

Устройство складов угля па открытом воздухе не рекомендуется, вследствие неблагоприятного

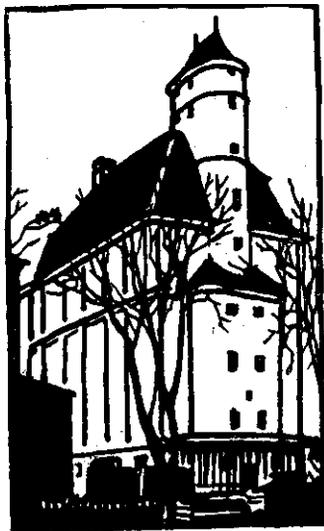


Фиг. 79. Разрез и план зернохранилища для Илькирхенских мукомолен.

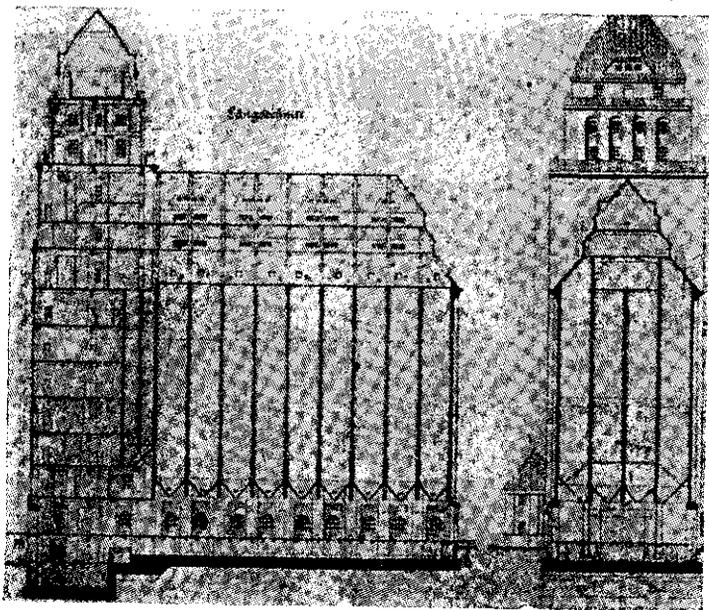


Фиг. 80. Общий вид зданий зернохранилищ для Илькирхенских мукомолен.

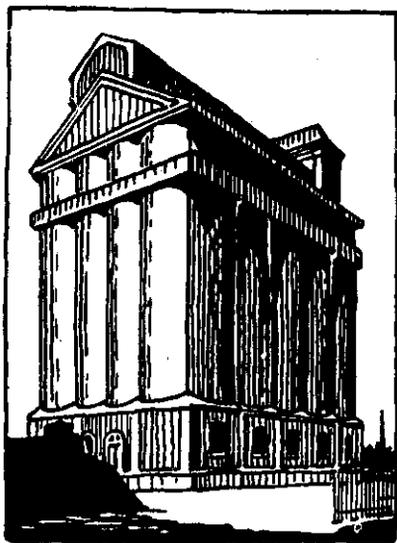
Таким образом уголь не может помещаться в клетках любой высоты, как напр., цемент и зерно. Нужно ли распределять материал в горизонтальном направлении, или же должны применяться особые предупредительные меры, чтобы ограничить высоту падения? Вопрос был разрешен применением хранилищ с наклонными стенками (фиг. 85, 86). Конструк-



Фиг. 81—82. Виды зернохранилищ в Германии.



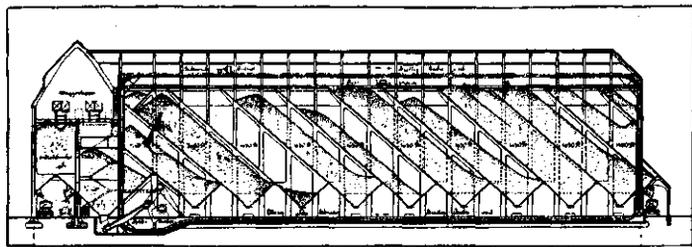
Фиг. 83. Разрез здания зернохранилища в Дрездене.



Фиг. 84. Зернохранилища во Франкфурте.

какая тщательности и сознательное отношение к делу необходимы для того чтобы заложить арматуру точно по чертежу и так ее удержать во время кладки бетона, чтобы расчеты конструктора были выполнены во всех деталях.

Следующее хранилище для каменного угля с полезной вместимостью в 180 тыс. куб. м над путями городского газового завода в Познани изображено на фиг. 89. Две круглые трубовидные башни являются воздушными охладителями, в то время как расположенная с фасада лестничная клетка используется для доставки угля и вмещает приспособление для раздробления последнего.



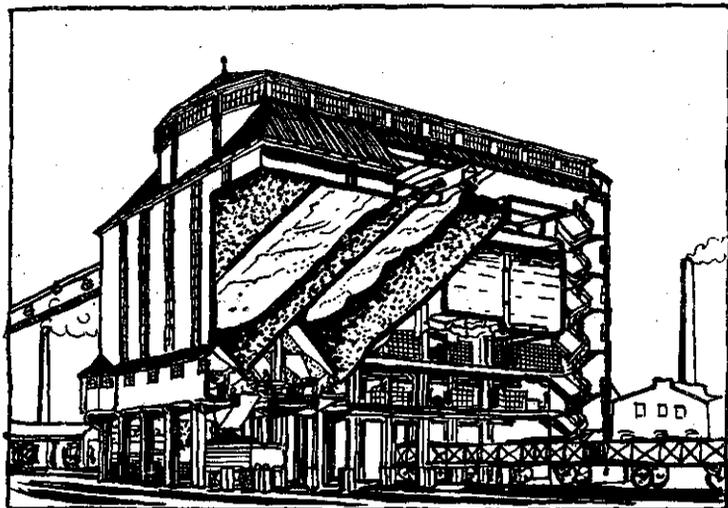
Фиг. 85. Склад угля с наклонными закромами при газовом заводе в Форцгейме.

ция дает возможность использования находящегося в нашем распоряжении помещения и по высоте, не превышая определенной высоты падения угля. Наклонные закрома или наклонные полы всегда могут быть наполнены доверху. Материал загружается показанным на рис. способом, и давление в нижних слоях оказывается гораздо меньше, чем в клетках с вертикальными стенками, так как материал располагается по углу естественного откоса.

С деталями опалубки и расположением арматуры в нижней части элеваторной башни, являющейся хранилищем каменного угля, можно ознакомиться по фиг. 87, наружный вид башни по фиг. 88. Отсюда ясно,

Сооружение хранилища для угля с вертикальными клетками и ограниченной высотой падения видно на примере мойки для угля (фиг. 90). Последнее применено для одного горного участка. Здесь видна и внутренняя связь между отдельными частями здания.

Особенности рудных закроев яснее всего видны по двум фигурам, 91 и 92. Первая представляет перегрузочную платформу и загром для руды на сталелитейных заводах во Фландрии, последняя изображает большое хранилище для руды в Валенсии для сталелитейных заводов.



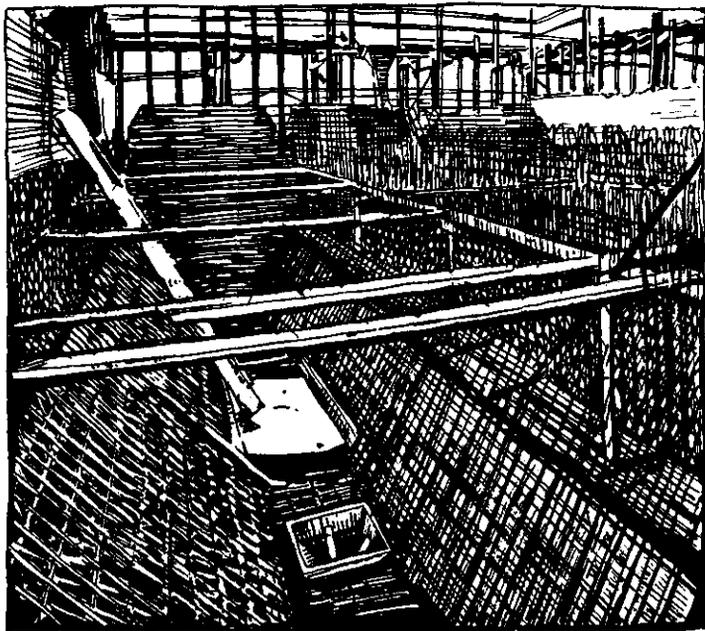
Фиг. 86. Хранилища для угля с наклонными закромами.

Интерес представляют здания хранилищ для руды, выстроенные для Люксембургского чугуно-литейного завода в Бурбахе (фиг. 93 — 94). Чертежи здания, представленного в продольном и поперечном разрезах, дают представление о типичной форме закроев для руды и способе сооружения такого рода зданий.

На фиг. 95, показан склад для руды сарайного типа.

На фиг. 96—97 показано оригинально устроенное приспособление для загрузки складов руды; на первой фигуре по системе Цгоблин, а на второй фирмы Вайс и Фрейтаг.

На фиг. 98 дан общий вид сооружения складов для руды в процессе постройки; видны леса и подмости.

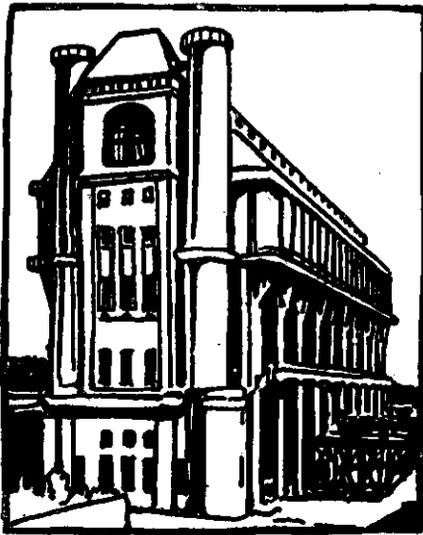


Фиг. 87. Склад угля в стадии сооружения. Укладка арматуры в нижней части сооружения.

Судостроение. Судно представляет собой резервуар, форма которого зависит не только от рода и объема предполагаемого для его заполнения груза, но обуславливается экономичностью собственного движения в воде. В сооружении резервуаров на суше железобетон завоевал себе широкую область применения, как строительный материал. Вполне понятно его стремление занять подобающее место и в области судостроения. Развитие и процесс вытеснения им других материалов очень интересны. Конечный результат в настоящее время, по-видимому, носит характер временного поражения. Судостроение из железобетона с практической точки зрения можно считать временно погибшим. Пока мало надежды на то, что может получиться новый толчок к возобновлению этой попытки, по крайней мере, поскольку дело касается постройки судов для пассажирского сообщения. Инстинктивное противодействие цехового характера у моряка против «каменного корабля», которое само по себе понятно, можно было бы преодолеть, так как оно с такой же остротой проявлялось, вероятно, и при переходе от судостроения из дерева к таковому из железа и силою обстоятельств было очень скоро устранено. Наибольшая и, пожалуй, непреодолимо слабая сторона железобетонного корабля заключается в восприимчивости каменной оболочки к влиянию местных толчков. При величине массы и немалой скорости с одной стороны и



Фиг. 88. Склад угля.



Фиг. 89. Склад угля полезной емкостью  
в 18000 тонн.

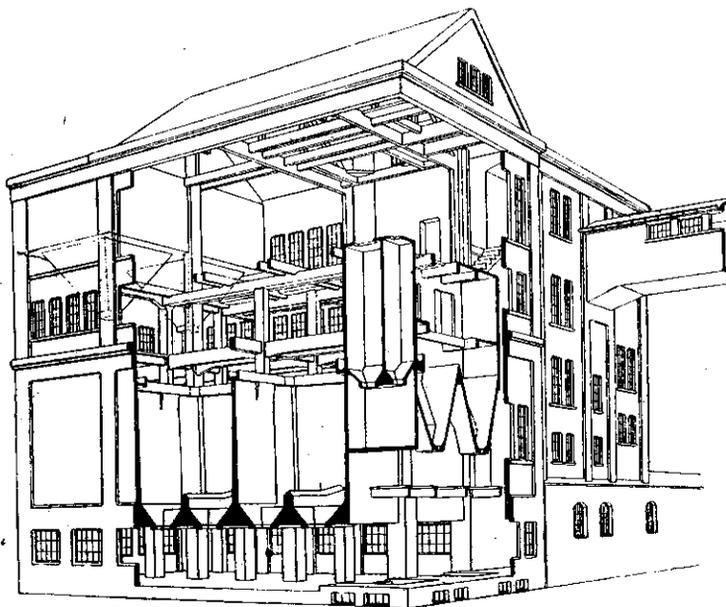
зачастую очень малой площади повреждения— с другой, они бывают так сильны, что свойство бетона в смысле прочности далеко недостаточно, чтобы быть в состоянии их воспринять. Все другие технические или экономические затруднения отступают в этом вопросе по своему значению на второй план. Если же, несмотря на это, железобетонному судостроению посвящается короткий отрывок, то это происходит по следующим причинам. За те несколько лет, во время которых интересы

широких кругов общества были направлены на эту проблему, было произведено так много исключительной работы по теории и практике железобетона, что сделанные опыты и открытия обогатили и оплодотворили технику монументального строительства. Затем к области судостроения относятся не одни только суда для сообщения, но также суда резервуары, плашкоуты, понтоны и плавучие доки, которые должны производить или очень малое собственное движение или вовсе никакого. При этих сооружениях всегда возможно защитить каменную оболочку от местных толчков посредством соответствующих предупредительных мероприя-

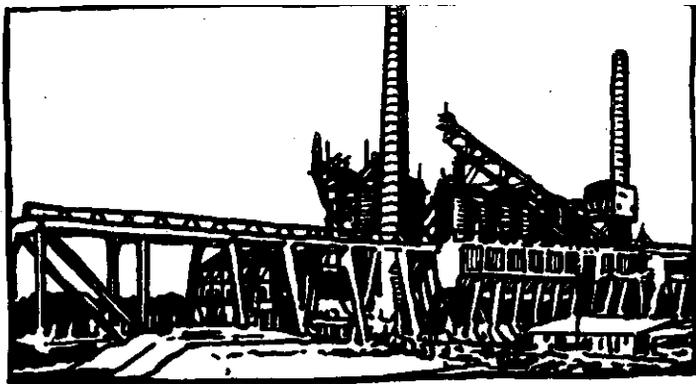
тий. Поэтому, конечно, в рамках возможного, и в этой области в дальнейшем железобетон может найти применение.

Историческое развитие железобетонного судостроительства вкратце следующее. Первым практическим железобетонным сооружением, как уже упоминалось, была лодка, построенная Ламбо в 1854 г. в Париже.

Первые серьезные попытки осуществления больших железобетонных судов предприняты итальянцем Габеллини в 1896 г. Почти одновременно начались работы в этом направлении и также в большом масштабе в С. Америке и Голландии; следует упомянуть также Скандинавию, Швейцарию, Францию и Германию, хотя в последних работы производились в более скромном масштабе. Во время мировой войны и в первые годы после войны повсюду старательно конструировали и сооружали; круг строительных задач развернулся от простых ластовых судов до больших мореходных судов в 8.000 тонн. Но решительного успеха они не имели. С постепенным исчезновением неустойчивости в области строительных материалов на интернациональном рынке, судостроение из стали снова неудержимо взяло верх.



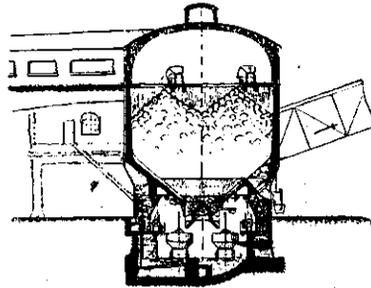
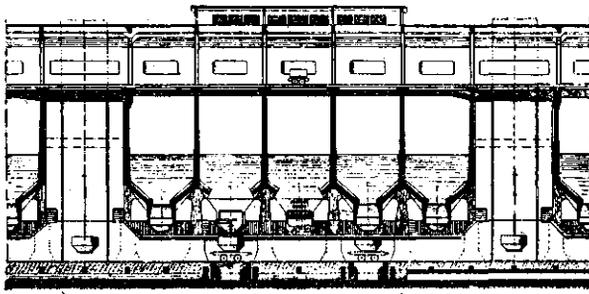
Фиг. 90. Сооружение с приспособлением для промывания угля.



Фиг. 91. Погрузочная платформа и бункера для руды при сталелитейном заводе во Фландрии.



Фиг. 92. Склад руды.



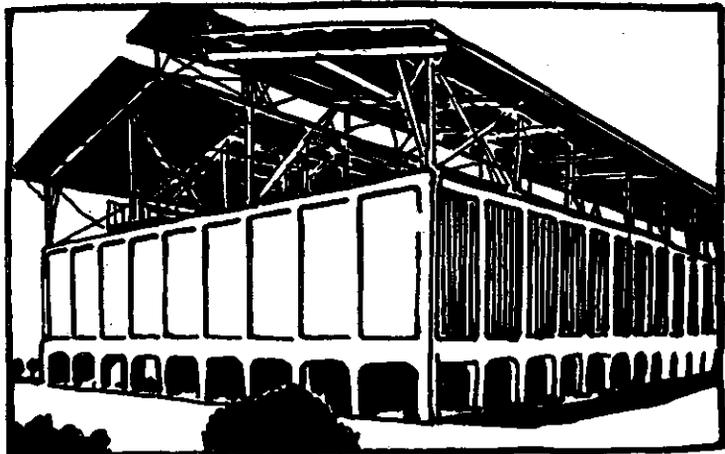
Фиг. 93—94. Продольный и поперечный разрезы складочных с закромами сооружений для руды в горнозаводском предприятии в Гельзенкирхене в Германии.

Для интересующихся читателей упомянем некоторые маленькие брошюры, изображающие эти процессы и содержащие литературные источники, имеющие отношение к данному вопросу<sup>1</sup>.

На фиг. 99 показан железобетонный плавающий док, в котором выстроено и отремонтировано несколько железобетонных судов. Этот род сооружений, как упоминалось выше, может быть в будущем призван указать новую область применения новому строительному материалу, железобетону<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Боон. А. Постройка судов из железобетона. 2 изд. Берлин. Эрнст и сын, 1918 г.

<sup>2</sup> Рюдигер М. Железобетонное судостроение. Берлин. 10. Шпрингер. 1919. Д-р Петри. К вопросу о железобетонном судостроит. Шарлоттенбург, изд. „Цемент“. 1920. Д-р Теуберт. Железобетонное судостроение. Берлин, Болль и Пикордт 1920.



Фиг. 95. Склад сарайного типа для руды.



Фиг. 96—97. Приспособления для загрузки складов руды.



Фиг. 97.



Фиг. 98. Общий вид сооружения складов в процессе постройки (леса и подмости).

Таким образом, лодка, построенная Ламбо в 1854г., была лишь жалкой игрушкой. В течение многих лет никто не подумал о том, чтобы применить железобетон для целей судостроения. В первые десятилетия, в период подъема строители были заняты вопросами монументального строительства и постройкой мостов; еще не было экономических поводов к тому, чтобы заняться постройкой судов из бетона. Упомянутая выше фирма Габеллини в Риме еще до 1900 г. построила несколько мелких судов из железобетона, обслуживавших Тибр; с тех пор сделаны значительные усовершенствования в постройке таких судов. В Италии дерево-материал более редкий для целей судостроения, кроме того южное тепло быстрее разрушает дерево в воде, чем в северных местностях. Уже давно научились испытывать различные способы для придания водонепроницаемости бетону, что подтверждается целым рядом примеров.

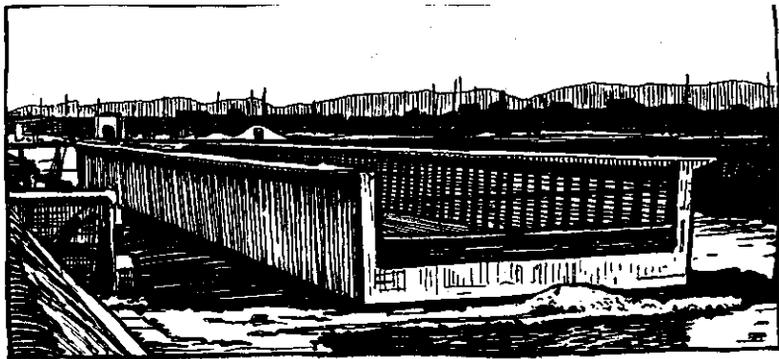
Но только время и исход мировой войны одним ударом ввели железобетон в область судостроения по той простой причине, что железо, из которого большею частью состоят морские пароходы, стало почти недостижимым материалом, которого во всяком случае в грядущие годы будет еще такой недостаток, что его можно будет получать в значительно меньшем количестве, чем это будет необходимо. Быстро одно за другим возник целый ряд предприятий в Америке, Англии, Норвегии, Швеции, в Дании и Германии; они занялись исключительно судостроением из железобетона. Некоторые крупные фирмы, давно занятые железобетонным строительством, завели у себя особые отделения для этой новой отрасли и серьезно занялись новым делом. Естественно, что первое применение распространилось на суда небольшой грузоподъемности, но недавно намечены к постройке суда до 8 тыс. тонн водоизмещения. Бетон весит в отвердевшем состоянии без арматуры в среднем 2.200 кг на 1 куб. м, а с арматурой—2.400 кг на куб. м. Как известно, вес железа около 7.800 кг в куб. м, но толщина стенок железных судов конечно значительно меньше, чем таковая бетонных судов, так что вес последних значительно превышает вес железных судов. Поэтому, первым стремлением инженеров было возможно понизить вес бетонных судов. Тут можно указать два пути, ведущие к этой цели. С одной стороны— эта задача могла быть осуществлена применением возможно большего количества пустот в бетоне, а с другой—применение так называемого легкого бетона. Таким образом, удалось соответственный вес бетонных судов довести до приемлемого веса.

Собственно статика судостроения не создает особых затруднений для конструкторов по железобетону и без того привычных к решению трудных задач. Железобетонное судно в общем гораздо ближе подходит к деревянному, чем к железному, а потому особо благоприятные виды открываются железобетону в речном судоходстве, между тем как при морских судах экономичность железобетона проявляется только при сооружении судов с большим тоннажем. В остальном, благодаря недостаточной опытности, виды и надежды в этой области расходятся. Правила судостроения известны. Благодаря своей способности приспособления к различным формам и статическим

задачам, применение железобетона в этой области, как строительного материала, крайне желательно, в особенности в наше время недостатка в строительных материалах. Необходимы большая тщательность и осторожность при испытании этого материала в новой области применения.

К вопросу о влиянии морской воды на бетон подошли довольно основательно, пользуясь многолетним опытом; накоплен достаточный материал, чтобы в этом отношении не сделать грубых ошибок. Обладая сравнительно гладкой поверхностью, железобетонные суда в незначительной степени подвержены образованию налета из раковин и других морских животных. Хотя железобетонное судно вследствие большей массы по сравнению с железным оказывает большее сопротивление движению, но если принять во внимание медленность движения речных судов, то можно признать, - что разница в сопротивлении движению между теми и другими судами почти сглаживается. Суда очень хорошо сопротивляются толчкам и сотрясениям; возникновение течи довольно легко поддается устранению.

По мнению некоторых строителей, железобетон будет считаться ценным строительным материалом для судов даже тогда, когда вопрос о недостаточности строительных материалов не будет так остро чувствоваться, как в настоящее время. Кроме того, не следует упускать из виду и того, что опыты, произведенные еще до войны в области гидротехнических сооружений вообще, а затем в области сооружения понтонов, заключают значительную подготовительную работу; поэтому только отчасти можно считать правильным мнение, что железобетон для целей судостроения вызван к жизни только в настоящее время. Поскольку судостроение в широком смысле следует понимать, как сооружение вообще плавающих тел, следует упомянуть, что были проекты плавучих доков грузоподъемностью в 6 тыс. тонн; выполнение их зависит теперь, конечно, от вновь появившихся условий.



Фиг. 99. Железо-бетонный плавучий док.

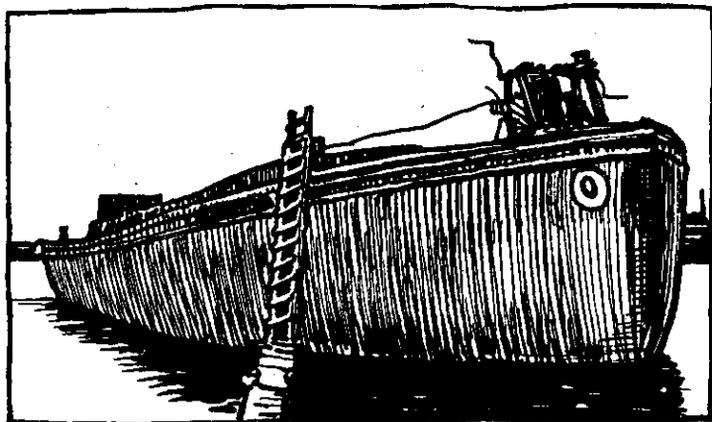


Фиг. 100. Железо-бетонная баржа в постройке. Укладка арматуры.

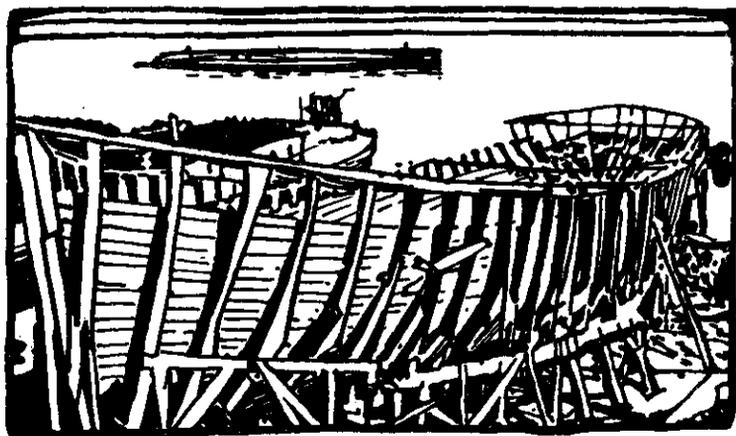
Все затронутые здесь вопросы уже служили в разных местах предметом подробного исследования. Особые мероприятия тут во всяком случае необходимы, так как задачей судостроения является образование прочных и водонепроницаемых сооружений при возможно меньшем собственном весе. Тщательный выбор материала и самое производство работ должно соответствовать правилам строительного искусства. Прежде всего необходимо уделить большое внимание вопросу предупреждения ржавчины, так как именно здесь кроется главная задача по сравнению с гражданскими сооружениями.



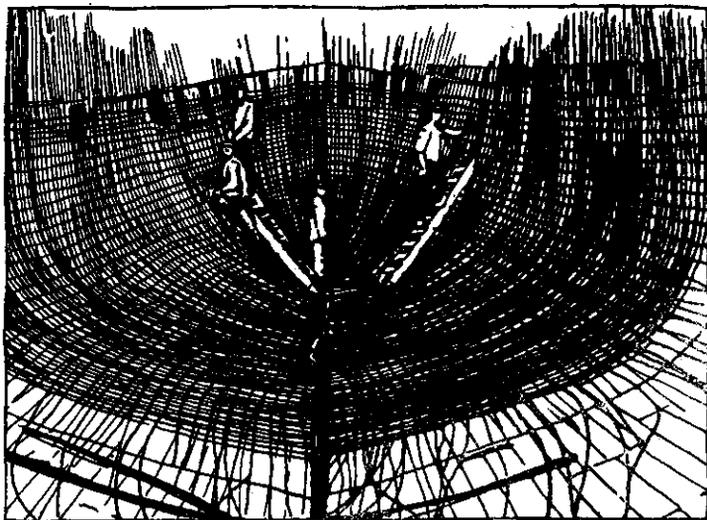
Фиг. 101. Железо-бетонная баржа.



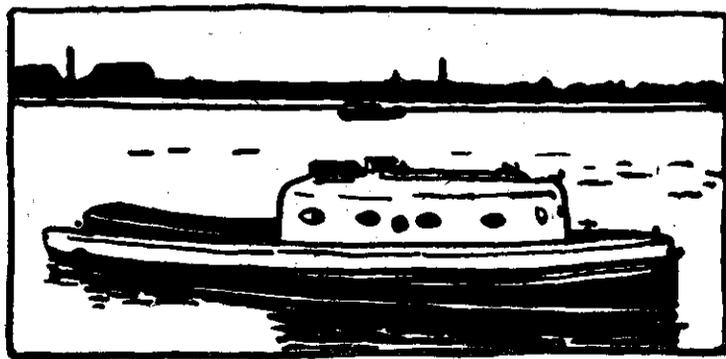
Фиг. 102. Железо-бетонное судно (лаговое).



Фиг. 103. Сооружение жел.-бетонного рыболовного катера. Подготовительные работы заключаются в установке деревянных форм и опалубки.



Фиг. 104. Железо-бетонный рыболовный катер в постройке. Укладка арматуры.



Фиг. 105. Железо-бетонный моторный баркас, сооруженной о-вом по сооружению жел.-бетонных кораблей.

Поэтому, к отличительным свойствам армировки железобетонных судов относится то, что арматура укладывается в сравнительно большом количестве и возможно раздельнее в поперечном профиле. Приводимые рисунки дают возможность ознакомления с постановкой этого дела в судостроительных предприятиях.

Фиг. 100 и 101 изображают железобетонную баржу грузоподъемностью в 67 тонн, построенную судостроительным отделением фирмы Вайс и Фрейтаг. На фиг. 102 показано ластовое морское судно; на- фиг. 103 и 104—рыболовный катер. На фиг. 105—моторный баркас.

Мостостроение. Первоначально взамен каменных мостов строились железобетонные мосты арочной системы, но с появлением балок Геннебика стали строиться и балочные. Таким образом, история железобетонных мостов едва насчитывает три десятка лет, тем не менее в настоящее время в этой области строительного дела железобетон получил исключительное применение. Мы можем сейчас встретить великолепные образцы железобетонных, мостов всевозможных форм и пролетов. Железобетон оказался в этом случае настолько благодарным материалом, что были созданы совершенно оригинальные формы мостов, свойственные только железобетону, не говоря уже о том, что легко могут быть имитированы образцы из области каменных, деревянных и железных мостов.

Несомненно 100 метров не являются пределом пролета, который можно перекрыть массивной аркой, т.е. из железобетона, бетона и камня. На фиг. 106 показан общий вид по неосуществленному проекту моста в Нью-Йорке имени мореплавателя Гудзона. Пролет свода свыше 200 м в свету, свод предположен из железобетона, но столь значительной толщины (в ключе 4,137 м, в пятах 9,53 м), что его можно с одинаковым правом считать и бетонным.

Для исследования сопротивления железобетонных сводов было произведено, начиная с 1886 г., довольно много опытов с нагрузкой специально для этого возведенных сводов. В этом деле приняли участие и русские инженеры, проф. Н. А. Белелюбский в Ленинграде и Кудашев в Киеве (1898—1899 г.).

Но особенно ценные результаты получены грандиозными исследованиями сводов особой комиссией о-ва австрийских инженеров и архитекторов (1891—92 г.); на эти исследования затрачено около 100.000 крон. Здесь было произведено сравнительное изучение сводов пролетом до 23 м.

Важнейшими выводами из этих опытов в отношении железобетонных сводов являются следующие.

Применение железа в бетонном своде дает возможность развить, растягивающее напряжение и благодаря этому сократить толщину свода, что отзывается не только на стоимости самого свода, но и на стоимости устоев и их оснований.



Фиг. 106. Жел.-бет. мост в память Гудзона в Америке, пролетом свыше 200 м. (по неосуществленному проекту).

Сопротивление железобетонного свода в 4 раза больше сопротивления бетонного свода при одинаковой толщине их. Упомянутые свойства железобетонных сводов дают возможность, в случае необходимости, придать оси свода произвольное очертание, не стесняясь положением кривой давления относительно оси.

Общий характер железобетонных мостов. Железобетонные мосты, построенные до сего времени, применены как для обыкновенных, так и для железных дорог в качестве труб и мостиков самых малых отверстий и пролетов, в качестве путевоводов, эстакад, виадуков, акведуков, мостов-каналов и речных мостов. По величине пролетов железобетонные мосты стоят впереди каменных мостов. По легкости приспособления к местным условиям они стоят на первом месте и являются наиболее пригодными для постройки на трудных грунтах, так как дают возможность широко передавать давление при одновременном уменьшении массы и веса сооружения. Тем не менее у многих инженеров возникало сомнение в целесообразности применения железобетона вообще в серьезных случаях мостовой практики. Недоверие питается недостаточной определенностью механических свойств материала; инженеры, воспитанные на постоянстве и определенности этих свойств в железе, не могут иметь той же уверенности в свойствах бетона, поставленного в дело, так как прочность его зависит от весьма многих влияний, которые не поддаются точной оценке. С другой стороны, при постройке железного или каменного моста работы, составляясь по частям, могут быть во многих случаях по желанию легко проверены и исправлены; напр., плохая клепка, неудовлетворительная кладка, неправильная теска камня и т. п.; работа может быть разобрана и сделана заново. В железобетонном деле отдельные манипуляции исчезают и растворяются в общем результате, который выливается в твердые формы в виде целого уже сооружения; исправление ошибок и замена плохой работы почти невозможна. При таких условиях от строителя железобетонного моста требуется повышенная интеллигентность, энергия, смелость и бдительность. В тех странах, где дело росло и двигалось вперед, образовались

естественным путем солидные железобетонные фирмы с прекрасным составом инженеров, объединенных общим руководством, подчас крупнейших авторитетов в этой области и с опытным штатом техников и десятников. В этих странах железобетонные мосты строятся с той уверенностью, какая дается знаниями и опытом. В странах, технически отсталых, применение железобетона является делом случайным, обязанным своим осуществлением единичным усилиям отдельных инженеров при равнодушно-скептическом или прямо враждебном отношении большинства.

В железнодорожном строительстве применение железобетона долгое время находилось под сомнением; опасались вредного действия сотрясений на сцепление железа с бетоном, опасались вредного действия климата, ржавления железа внутри бетона и проч. Строили в виде опыта мостики небольших пролетов, и лишь в последнее время начинают их здесь применять в серьезном масштабе. Опыт постройки огромных мостов под обыкновенную дорогу, широкое изучение механических свойств железобетона в лабораториях, широкое распространение среди инженеров методов расчета сооружений вообще приводят в настоящее время к полной уверенности в надежной службе железобетонных мостов на железных дорогах. Огромная эстакада в Ленинграде на Финляндской соединительной ветви показывает, что область железнодорожных мостов не исключается для железобетона. I

Март, указав на огромное преимущество железобетонных сводов, по сравнению с бетонными, заключающееся в их способности принимать растягивающее напряжение, говорит, что в сводах больших пролетов, форма которых выбрана рационально, устраняются всякие растягивающие напряжения; тогда арматура становится бесполезной, если не ставить ее для усиления бетона на сжимающие усилия, что, впрочем, не оправдывается экономией в конструкции. Очертание свода большого пролета следует всегда точно рассчитывать, между тем как маленький свод при постановке арматуры может иметь любую форму. Часто случается, что своды, очертания которых назначены по эстетическим соображениям, не удовлетворяют условиям устойчивости; такие своды могут быть построены лишь из железобетона.

При средних пролетах, т.е. от 40 до 50 м, железобетон менее пригоден для сводов, так как арка рационального очертания не подвергается растягивающим напряжениям вследствие того, что собственный вес моста развивает достаточно высокие напряжения сжатия. При больших пролетах, напротив, железобетон может быть использован с выгодой; при желании удержать напряжения на сжатие в своде в пределах допускаемого следует сколько возможно уменьшить вес надсводного строения, что легко достигается применением железобетона. Уменьшение постоянной нагрузки делает возможным появление растягивающих напряжений при действии временной нагрузки, для принятия которых нужна арматура.

От простой плиты, как перекрытия маленьких отверстий, до мостовых ферм пролетом в 100 м—огромный шаг. Железобетон совершил этот путь в сравнительно короткое время. Успех, заключающийся в этом достижении,

тем удивительнее, что железобетону пришлось преодолеть препятствия необычного характера. Могучие препятствия состояли в предубеждении к новому материалу, обычном консерватизме и стремлении придерживаться старых приемов строительства; лица, ответственные за безопасность путей сообщения, скептически относились к новому материалу. Все эти препятствия могли быть поколеблены лишь все более завоевывающими доверие произведениями железобетонного строительства.

Сооружение мостов, играющее столь большую роль как в шоссеном, так и железнодорожном движении, издавна было предметом теоретических усилий лучших умов, а столетняя практическая работа техники привела в этой области к исполнению сооружений, являющихся памятниками инженерного искусства, которые будут долгое время свидетельствовать о высоких познаниях их творцов и о высокой степени совершенства работы выполнявших их предприятий.

На основании столетнего опыта строительная техника пришла к заключению, что сводчатая конструкция выдерживает большую нагрузку, чем конструкция с ровным нижним поясом. Общеизвестные бетонные сводки по железным балкам являются подражанием старым образцам. Одновременно они являются родоначальником тех первых сводчатых конструкций, которые еще и теперь находят применение в бетонном строительстве. Таким образом, свод является во всех отношениях старейшей строительной формой, которая применяется много чаще, чем прямые балочные конструкции. Железобетон почти одинаково преуспел в обеих областях и нашел доступ в область мостов, как с прямолинейным нижним поясом, так назыв. балочных, так и сводчатых мостов. Дерево может приниматься в расчет лишь для небольших пролетов. Камень и неармированный бетон могут найти применение главным образом только в сводчатых конструкциях. Железо было первоначально тем строительным материалом, который находил широкое применение в строительном деле. Но свойство железа ржаветь на воздухе и лишь незначительная огнестойкость требуют всегда особых мероприятий для предохранения от ржавчины и пожара. Возникающие при этом расходы по ремонту довольно значительны. Если мост подвержен лишь атмосферным влияниям, то эти расходы еще не так велики. Если же принять в расчет влияние испорченного воздуха, паров кислот и дымовых газов в местностях богатых предприятиями, в известных фабричных производствах, на вокзалах, в депо, на переходных путях жел.-дор. линий, то связанные с этим недостатки железа будут велики, так как увеличивается опасность их разрушения при ржавлении. Примеры разрушения железных мостов, вызванные этими причинами, имеются в достаточном количестве; эти именно обстоятельства привели к применению бетона и железобетона при сооружении мостов, так как бетон, как таковой, при хорошем исполнении лучше сопротивляется названным влияниям, а во многих случаях почти невосприимчив к ним. В особо неблагоприятных случаях достаточно выполнения некоторых предохранительных меро-

приятый. Вообще можно признать, что расходы по поддержанию внешнего вида бетонных и железобетонных сооружений почти совершенно отпадают.

Знание дела, тщательное выполнение в полном соответствии с данными проекта составляют, конечно, основное условие в мостостроении, как и вообще при всех железобетонных сооружениях. Исследование некоторых недостатков, появившихся в последнее время в железобетонных мостах, обнаруживших трещины, показало, что эти недостатки не имели бы места, если бы выполнение работ было безукоризненно и если бы при этом действительно руководствовались принятыми правилами строительного искусства. В особенности для мостов, которые подвергаются действию дыма или других вредных влияний, обязательно помнить правило, по которому необходимо погружать железные прокладки на достаточную глубину, считая от поверхности. Тщательное выполнение железобетонных сооружений и в частности мостов особенно важно потому, что в готовое железобетонное сооружение невозможно так заглянуть, как это, например, всегда возможно при железных конструкциях.

Ржавление арматуры в железобетонных мостах—губительное влияние паровозного дыма, в особенности если в нем имеется примесь серы, весьма сильно сказывается на разрушении железа ржавчиной.

Основным свойством бетона является его способность противодействовать ржавлению. Само собой понятно, что облегающий арматуру слой бетона способен защищать ее лишь от таких влияний, которым он сам противостоит.

Химические воздействия, разрушающие бетон, конечно, не останутся без влияния на арматуру, если они только до нее доберутся. Поэтому, если говорится о защите бетона от ржавчины, то прежде всего имеют в виду влияние воды и воздуха. Исследования, произведенные германскими инженерами над целым рядом мостов в период 1916—1917 гг. привели к следующим выводам. Следует избегать стоек с большим количеством арматуры. Стойки в сечении должны быть достаточных размеров, чтобы заключенная в них арматура отстояла от наружной поверхности минимум на 3,5 см. Не-обходимо тщательно следить за правильной укладкой арматуры; во избежание ее смещения при трамбовании необходимо подкладывать бетонные брусочки; трамбование производить мелкими трамбовками; наблюдать за тем, чтобы бетонная масса не представляла ряда слоев. В железнодорожных мостах необходимо покрытие наружной поверхности слоем цементного раствора для защиты от дыма паровоза, что может быть достигнуто слоем штукатурного намета; можно достигнуть того же результата подвешиванием плит. При этом следует иметь в виду, что бетон сам по себе нуждается в защите, так как водяные пары, смешанные с паровозным дымом, создают благоприятные условия для дальнейшего вредного воздействия последнего на бетонную оболочку. По-видимому, следует считать целесообразным применение для указанных целей кислотоупорного цемента высокого сорта. Так как покрывающий поверхность асфальтовый слой плохо сопротивляется действию горячих газов локомотива, оказалось более целесообразным применение плит,

защищающих нижнюю поверхность моста от дыма. Их изготавливают из листового железа или покрытого жидким стеклом дерева, или же, наконец, тонкими железобетонными плитами. В последнее время для этой цели стали применять этернитовые<sup>1</sup> плиты. Существует еще предложение швейцарского инженера Чокке, указавшего на свойство хромовых солей противостоять ржавлению и предложившего способ абсолютной защиты от ржавления, заключающийся в добавлении к воде при изготовлении раствора некоторого количества калибихромата.

Если обратить внимание на те разрушения, которые происходят в металлических мостах от дымовых газов, то очевидными станут преимущества железобетонных мостов в этом отношении. Нечего также опасаться, что незаметно наступит момент, опасный для сооружения, так как каждый случай усиленного ржавления сопровождается трещинами и отскакиванием облегающего слоя бетона.

Балочные мосты. Различают два главных вида мостовых сооружений: арочные и балочные. Балочный мост оказывает на опоры вертикальное давление, в то время как отличительное свойство арочных мостов состоит в том, что они кроме того производят более или менее сильный распор на береговые и промежуточные опоры.

Благодаря опытам, проделанным в гражданских сооружениях над обыкновенною плитой, в мостостроении нашла большое применение разновидность сплошной балки, статически более целесообразная и дающая возможность экономии в материале. Бетон, лежащий в зоне растяжения, должен лишь выполнить задачу предохранения арматуры от ржавчины и тому подобных влияний; поэтому бетон, имеющийся в конструкции сверх этого необходимого в зоне растяжения количества, может отпасть, а это и даст нам экономию собственного веса и стоимости.

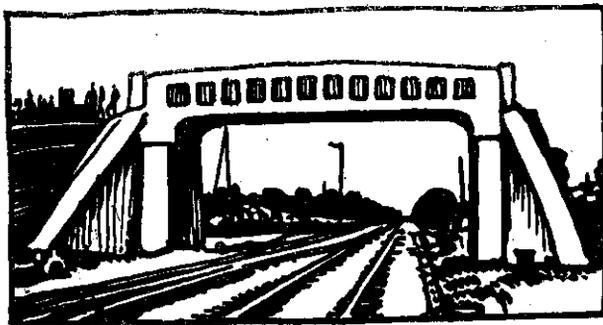
Такого рода мосты охватывают, как область простых свободно лежащих балок, так и область сквозных балок, а также распорные конструкции, при которых напряжение допускается в повышенной степени.

На фиг. 107 показан виадук через двухколейную жел. дорогу в Бадене. Мост с одним отверстием и состоит из проезжей части и сплошных перил, устроенных здесь, как главные балки, к которым подвешена проезжая часть. Конструктивный прием, здесь примененный, оказался очень хорошим, если высота внизу ограничена необходимостью жел.-дорожного сообщения. При некоторых мостах такого рода боковые стены опор проезжей части прорезаны отверстиями, чтобы немного сэкономить на собственном весе. Как устраивается арматура в такого рода мостах с ездой по низу и с какой тщательностью производится ее укладка и бетонирование—показывает фиг. 108, изображающая мост в Бадене. На рис. показана арматура главной фермы со свешивающимися концами; таким образом, вес последнего и движущийся по

---

<sup>1</sup> Этернит — строительный материал, изготавливаемый из асбеста в смеси с порландцементом.

нему груз используется для того, чтобы соответственно уменьшить изгибающий момент в главном отверстии.



Фиг. 107. Городской мост в Бадене.



Фиг. 108. Сооружение жел.-бет. моста с ездой по низу. Установка арматуры для главных балок.

Одной из разновидностей балочных мостов является система Меллера. Основные черты этой системы трудно уловимы, так как конструктивные особенности ее не имеют резко обозначенного характера, в особенности по сравнению с системой

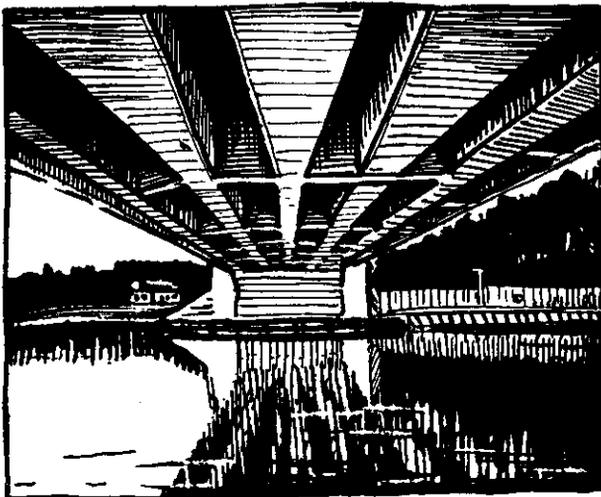
Геннебик Меллер улучшил эту систему тем, что для поддержания тонких продольных стенок ставит поперечные тонкие перегородки; затем он уничтожил непрерывность пролетного строения, связанную с появлением трещин от понижения температуры и усадки бетона при твердении его; он замыкает сводчатую коробку у опор поперечной стенкой, утолщает свод у



Фиг. 109. Жел.-бетонный мост через реку Эиц по системе Меллера.



Фиг. 110. Жел.-бет. балочный мост через реку Браге в Бромберге.



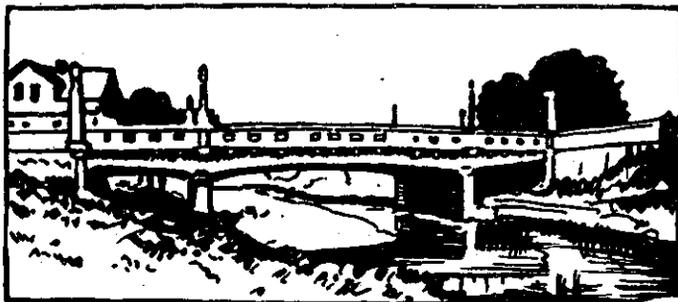
Фиг. 111. Вид того же моста снизу.

пят и прокладывает свинцовый шарнир, отделяя вместе с тем поперечной щелью пролетное строение от устоев. Соединительные балки дугообразно усиливаются к опорам. В противоположность к обычно применяемым железным прутьям круглого сечения армировка состоит из толстого полосового железа, надежное закрепление которого осуществлено посредством углового железа, прикрепленного к концам; кроме того, независимо от длины пролета, несколько таких угловых стержней помещаются для лучшей связи с бетоном и для большей жесткости.

Фиг. 109 изображает мост через реку Энц, сооруженный по системе Меллера, пролетом в 28,4 м, который, служит для уличного сообщения и рассчитан для парового катка в 21,75 м, так же как для толпы людей. Наружные поверхности облицованы тесаным камнем.

Пример рамной конструкции, т.е. балочного моста, заделанного в опоры, 36 м в свету, можно видеть на рис. 110; это мост через реку Браге. Устройство всей конструкции ясно по нижней части моста—на фиг. 111; тут можно различить пять балок проезжей части, балки тротуара и поперечные балки, а также плиту, соединяющую всю проезжую часть. Мост через реку Зиг (фиг. 112) имеет три отверстия; все устройство следует рассматривать, как консольную конструкцию, в которой выступы служат для того, чтобы разгрузить среднее отверстие.

В сооружении сводчатых мостов железобетон нашел применение в самых красивых и смелых формах. Мосты этого вида часто составляют украшение местности. Смело вздымающаяся арка моста и без того всегда производит на любителей впечатление воплотившейся духовной работы инженера. В этой области возникли сооружения, которые особенно подчеркивают пригодность железобетона, также и для внешней отделки.

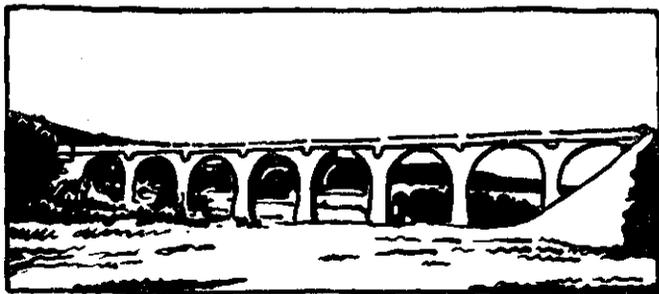


Фиг. 112. Жел.-бетонный мост через реку Зиг.

Арочные мосты. Исходную точку в сооружении сводчатых несущих конструкций из железобетона нужно, конечно, искать в сводах из так называемого трамбованного бетона без арматуры, в которых положение линии сопротивления выбрано так, что в применяемом строительном материале могут развиваться только напряжения сжатия, и, в худшем случае, только небольшие напряжения растяжению. Предшественниками сводов из трамбо-

ванного бетона были своды из бутового камня, для которых свойство бетона, как строительного материала, сопротивляющегося сжатию, казалось безоговорочно пригодным. Также и трехшарнирная арка, как конструкция статически определяемая, обязана своим происхождением возможности ведения линии давления с приблизительной точностью. Еще и теперь она находит применение в тех случаях, когда можно опасаться больших колебаний температуры или сдвига опор; применяется она при этом с арматурой или без таковой.

Усиление бетона арматурой и в мостостроении привело к замечательным результатам именно потому, что арматура делает инженера независимым от целого ряда условий, и потому, что этим достигается очень значительная экономия материала и веса по сравнению с неармированным бетоном. Сооружение мостов с такими большими пролетами, какие строятся в новейшее время, было бы невозможно без железобетона. Только ограничение поперечного профиля и повышение допустимого напряжения, какое дает железобетон, расширяют в руках инженера те возможности, которые допускают его применение и для мостов с еще большими пролетами. Армированная мостовая арка допускает перекрытие больших отверстий, не нарушая транспорта грузов водным путем.



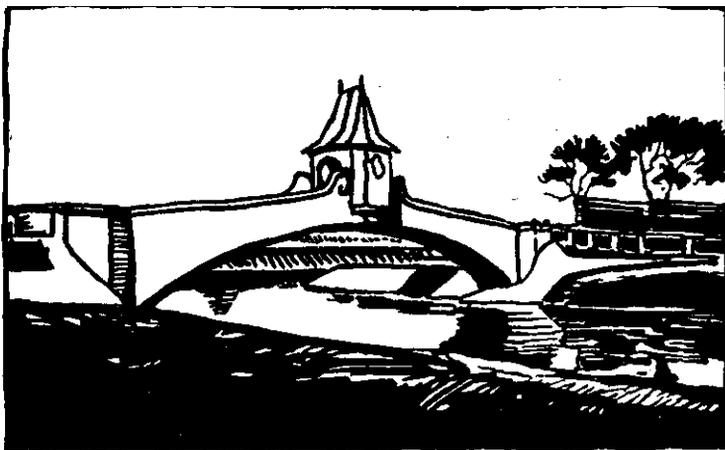
Фиг. 113. Жел.-бетонный мост для жел. дороги.

Мост из трамбованного бетона изображает фиг. 113. Это железобетонный мост с 8 отверстиями, пролетом в 22 м каждый, общей длиной в 214 м и высотой в 25 м. Сооружение малой железобетонной арки— это мостик Кепнера в Баварии (фиг. 114); на середине его находится небольших размеров надстройка в виде часовни, дающая особый отпечаток всему наружному виду.

Также мост у Шопфгёйма в Бадене, двухшарнирная арка пролетом в 34,8 м, интересна в конструктивном отношении и очень привлекательна по внешнему виду (фиг. 115).

Долгое время при сооружении арочных мостов отдавалось преимущество железу; и, кроме того, вследствие очень ограниченной высоты сооружения

не было возможности укрепить арку под проезжей частью моста или выгнать необходимую высоту для конструкции с параллельными поясами.



Фиг. 114. Жел.-бетонный арочный мост



Фиг. 115. Жел.-бетонный мост в Бадене.

В таких случаях удовлетворительное решение вопроса на- ходим в таком устройстве арки над проезжей частью, при котором она подвешивается. Но и для таких решений железобетон нашел разнообразное применение. Показанный на фиг. 116 мост в Тюрингии—представляет такое сооружение; заделанная в устои и распадающаяся на 2 несущих ребра арка с подвешенным полотном; при этом подвески оставлены свободными от бетона, чтобы дать возможность постоянного наблюдения за ними. Устройство моста, показанное на фиг. 117, ясно по идее, и заключается в соединении обеих арочных ферм для достижения жесткости целого. К такого же рода мостам относится



Фиг. 116. Жел.-бетонный мост в Тюрингии.



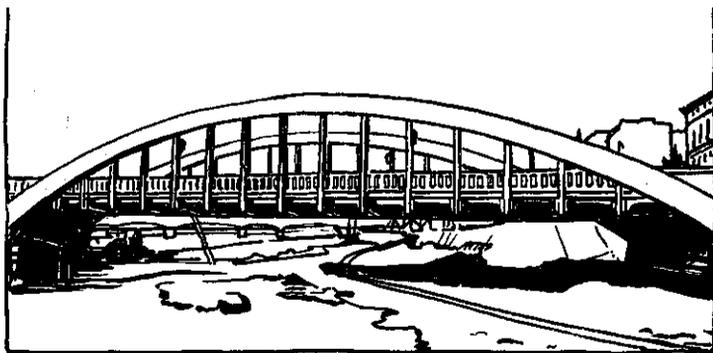
Фиг. 117. Жел.-бетонный мост в Тюрингии. Вид несущей части снизу.

мост Гинденбурга, в Бреславле, у которого подвески защищены бетоном, и арочные фермы выведены за проезжую часть (фиг. 118).

Шарниры. Одной из важнейших деталей конструктивных железобетонных арочных мостов является шарнир.

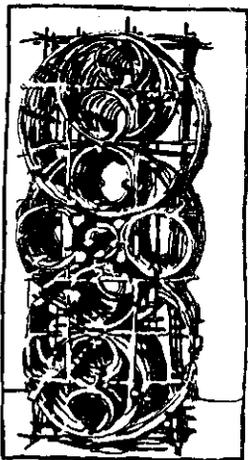
В 1880 г. инженер Кепке при постройке каменного моста под железную дорогу применил шарниры из двух кусков песчаника. По этому типу устраиваются ныне бетонные или железобетонные шарниры. В Германии бетонные катучие шарниры предпочитают свинцовым. В этой стране они главным образом и применяются.

Очень интересно сооружение моста под обыкновенную дорогу через Дрейзам во Фрейбурге. Шарниры подвижных опор, которые устроены под каждой главной балкой (или фермой), первоначально намечались из обыкновенного железобетона. Но, принимая во внимание добавочные напряжения, от этого приема отказались; были устроены шарниры из бетона со спиральной арматурой. Шарниры 9 средних балок (ферм) должны принять нагрузку по 220 тонн на каждый; размеры шарниров: ширина 45 см, длина 75 см. Спиральная арматура, показанная на фиг. 119, была исполнена чрезвычайно точно. Она состоит из нескольких спиралей, входящих одна в другую. Между спиральями с особой тщательностью наложен бетон. Спускная, шахта и стремянка дают возможность доступа к шарнирам для проверки.



Фиг. 118. Жел.-бет. мост Гинденбурга в Бреславле.

Стремление возможно более уменьшить поперечные профили и повысить напряжения привело, между прочим, к дальнейшей особенности применения железобетона, к системе усиленных стержней, или к стержням с усиленным средечником. При этой системе по способу Эмпергера (Вена) само по себе прочное на сжатие железо составляет ядро, в то время как спирали, заполненные бетоном, еще увеличивают его прочность на растяжение, а уложенные стержни продольной арматуры принимают напряжение изгиба. На фиг. 120 показан мост в Лейпциге, пролетом в 42 м, построенный по этой



Фиг. 119. Спиральная арматура для жел.-бетонного моста во Фрейбурге.

системе. Только при больших пролетах и больших нагрузках выявляются особые преимущества этой системы.

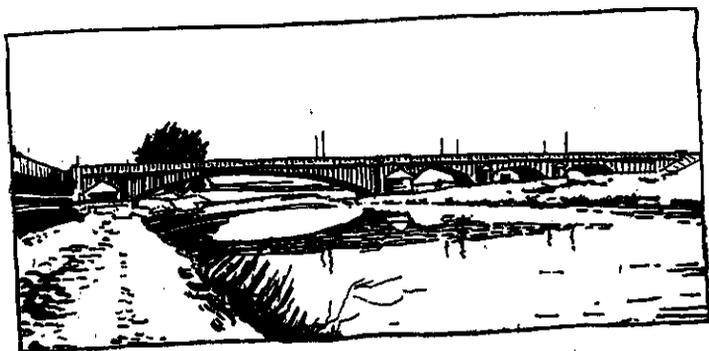
Внешний вид мостов. Само собой разумеется, что железобетон находит разнообразное применение при мостах под обыкновенную дорогу. Так как они часто бывают расположены в городе или его окрестностях, то особое значение придается наружной отделке и их архитектурному виду. И в этой области до недавнего времени строители предполагали, что железобетон, как строительный материал, нуждается в облицовке естественным камнем, окраске или применении других искусственных средств для придания ему красивого внешнего вида. Однако скоро пришли к сознанию, что этот строительный материал имеет собственную архитектуру, и уже можно указать значительное количество сооружений, при

наружной отделке которых безусловное предпочтение было отдано бетону, благодаря его отличительным свойствам.

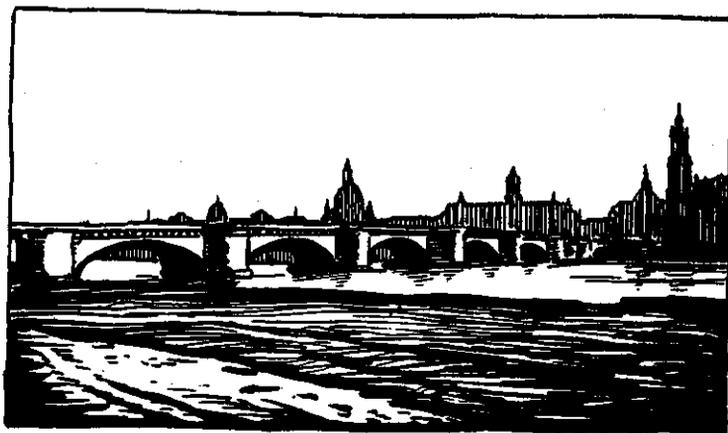


Фиг. 120. Жел.-бетонный мост на выставке в Лейпциге по системе Эмпергера с применением чугунных сердечников.

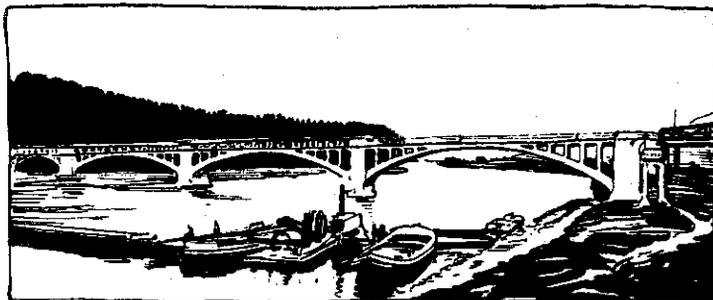
Способ обработки лицевых плоскостей под естественный тесаный камень очень часто применялся и всегда, давал хорошие результаты. Для примера приведем мост Бисмарка в Саарбрюкене и мост Фридриха Августа в Дрездене (фиг. 121, 122). Они дают впечатление массивности верхнего строения. На фиг. 123 показано сооружение Мозельского моста, отличающегося легкостью; в нем проезжая часть опирается на отдельные железобетонные колонны, стоящие на своде. Одной из самых красивых и выразительных построек в этой области является Лангвизовский виадук, устроенный на путях электрической жел. дороги Кур-Ароза.



Фиг. 121. Жел.-бетонный мост Бисмарка в Саарбрюкене.



Фиг. 122. Один из новейших мостов в Дрездене.



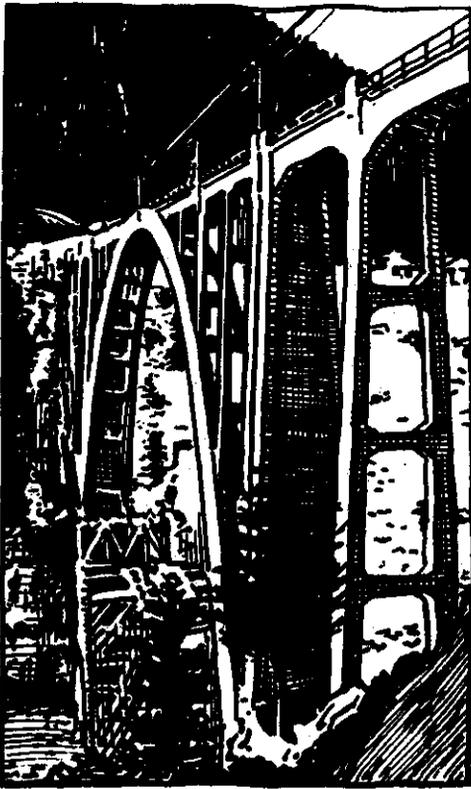
Фиг. 123. Мозельский мост у Новеана.



Фиг. 124—125. Лангвизовский виадук электрической жел. дор. Кур. Ароза в Швейцарии пролетом 100 м.

Пролет моста—около 100 м, до того времени считавшийся наибольшим; на фиг. 124, 125 дано представление о чрезвычайно стройной и смелой конструкции, выделяющейся на фоне дикой окружающей природы. Для возведения таких сооружений нужны, конечно и огромные вспомогательные конструкции, к которым прежде всего относятся кружала (фиг. 126). Чтобы дать огромному деревянному сооружению последнее надлежащее основание, фундамент здесь выведен тоже железобетонный.

На фиг. 125 виден этот фундамент. Из того же рисунка можно получить представление о ходе работ по сооружению большого свода, который бетонируется отдельными частями по особым правилам. Упомянутое здесь мостовое сооружение относится к интереснейшим произведениям строительного искусства новейшего времени. Подобное сооружение находится также в Швейцарии. Это—мост, сооруженный по проекту проф. Мэрша, пролетом в

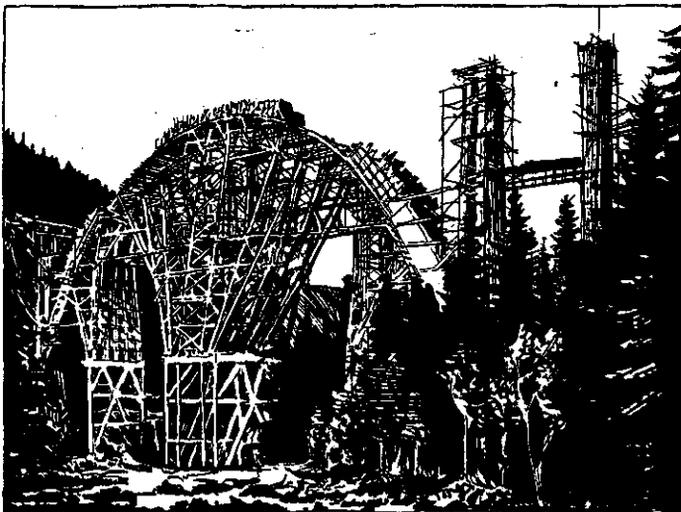


Фиг. 125.

цию, отнимающую опорами возможно меньше места. В последнее время здесь стал находить, применение железобетон. В виду того, что опора эстакады, устраиваемой на сухом месте, не представляет большой стоимости, а с другой стороны, в виду того, что пролетное строение часто желательно иметь возможно меньшей высоты, чтобы отнимать меньше счета и пространства,— наиболее подходящей системой для эстакад является балочная или равнозначная ей рамная с небольшими пролетами, примерно в 20 м.

79 м и высотой в стреле 26,5 м. Большая арка заделана неподвижно без шарнира.

Эстакады. Под таким названием мы разумеем особый вид мостового сооружения, устраиваемого на ровном сравнительно месте и на значительном протяжении для расположения путей не на поверхности земли, а по тем или другими причинам на некоторой высоте над землей. При устройстве дорог в городе путь часто приходится вести либо под землей, либо над землей, чтобы не стеснять городского движения; в последнем случае применяются (фиг. 127) эстакады, которые пролагаются вдоль улиц или для удобства сообщения жителей—поперек улиц; они должны представлять собой конструк-

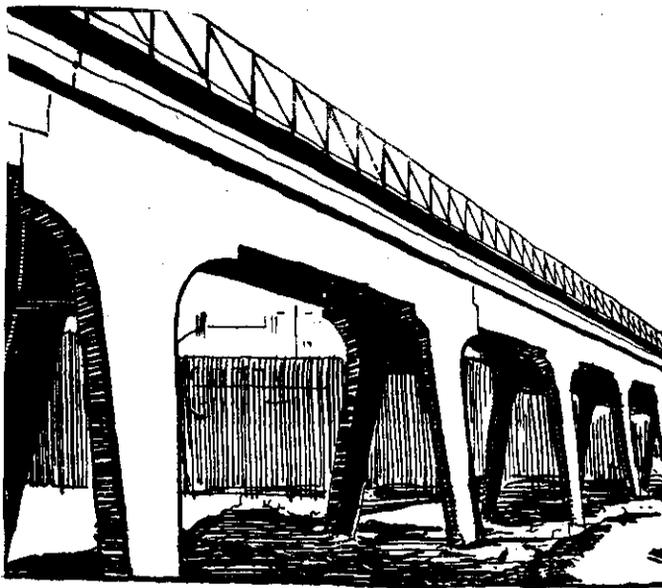


Фиг. 126. Кружала при сооружении Лангвизовского виадука.

Достижения железобетонного мостостроения. Пользующийся мировой известностью теоретик и конструктор железобетонных сооружений инж. Фрейсине указал на возможность построения арочных мостов из неармированного бетона, пролетом до 340 м, а армированного—до 840 м; причем эти пределы далеко не являются конечными, ибо не принято во внимание применение спиральной обмотки (Консидера) и глиноземистых цементов. Фрейсине замечает, что возможность осуществления этих теоретически допустимых пролетов зависит от боковой устойчивости и от возможности устройства лесов. Пытаясь обойтись без устройства лесов французский инженер предложил следующий весьма интересный способ решения задачи.

Из листового железа изготовлены трубы, которые затем подвешиваются на тросах, прикрепленных к двум сооруженным на пьотовых основаниях башням и соединяются между собою помощью сварки. Таким способом, образуются арки, осевая линия которых настолько выше требуемой окончательно для моста, чтобы после осадки труб под всей нагрузкой от конструкции эти линии совпали. Трубы эти рассчитаны так, что в состоянии выдержать, как собственный вес, так и вес части бетонного заполнения и работающего персонала. Затем, вкладывая во внутрь этих труб трубы меньшего диаметра из пористого бетона, выделяют концентрический слой, каковой и заполняют бетоном через имеющееся отверстие. По отвердении этого слоя бетона поступают таким же образом далее до тех пор, пока вся труба будет заполнена бетоном, после чего она может быть окружена спиральной обмоткой и покрыта слоем пневмобетона. Пористые трубы несут еще ту службу, что либо отводят лишнюю с малым сопротивлением движению, легко очищаемую, не

дающую много пыли. С большим успехом подобного рода дороги применяются в городах. Во избежание трещин плиту перекрывают поперечными швами, расположенными один от другого в расстоянии до 30 м.. Количество железобетонных дорог очень велико в С. Штатах. До 200 млн. кв. м. В Канаде 5 млн., в Зап. Европе, во Франции, Германии также известны случаи применения железобетонных дорог.



Фиг. 127. Жел.-бетонная эстакада в Ленинграде.