

Ф.Г. Гаузе

Железобетон в XX веке

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 528
ББК 38.2
Ф11

Ф11 **Ф.Г. Гаузе**
Железобетон в XX веке / Ф.Г. Гаузе – М.: Книга по Требованию, 2022. –
108 с.

ISBN 978-5-458-53374-4

ISBN 978-5-458-53374-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2022

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2022

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

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.

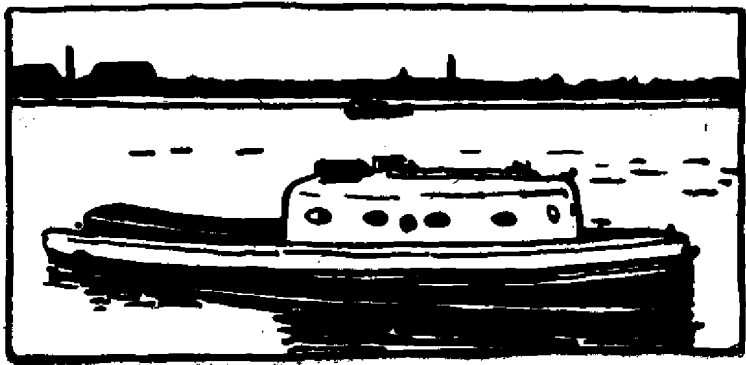
Проф. Л. А. Серк. Архитектура промышленных зданий.

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.



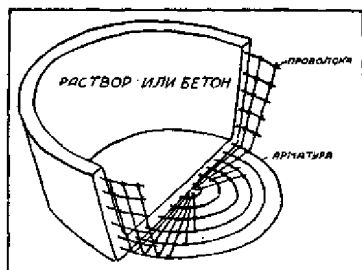
Фиг. 1. Железобетонная лодка по проекту Ламбо на всемирной выставке в 1854 г.

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.

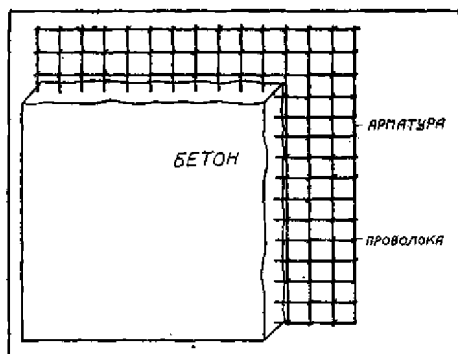
Из предыдущего ясно видно, что в представлении Монье железная арматура сыграла роль тела, дающего форму, вокруг которой наматывался раствор, пока не получалась конечная желаемая форма, т.е. толщина стенок данного предмета. Чертежи того времени из патента Монье, проявляющие отчасти строительные формы, 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 еж, 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.

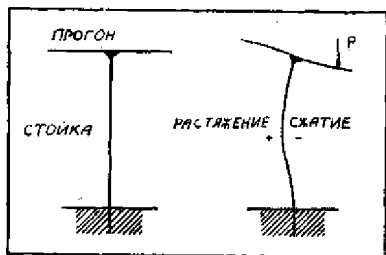
Прочность бетона на растяжение очень невелика; бетонная балка разрушается уже при незначительной нагрузке, вследствие быстрого преодоления

предела прочности на растяжение, которое, кстати сказать, составляет едва $1/10$ — $1/5$ от части 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 наряду 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.

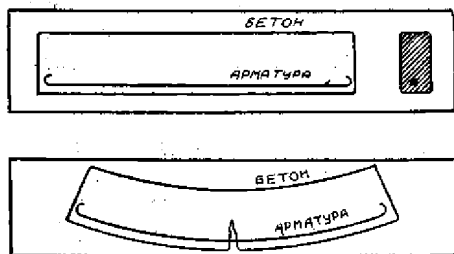


Фиг. 4. Изменение формы стойки под действием нагрузки.

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 за 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 соору-

жении 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°C 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 настоятельно 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 облекающий 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 лишены ржавчины, а местами металл был такой синевы, каким он появился из прокатной машины. Даже железо, трону-

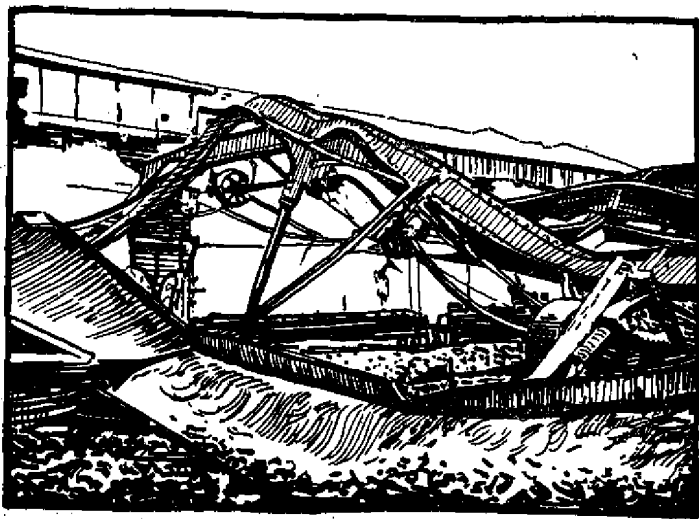
тое уже ржавчиной, спустя некоторое время после погружения в бетон, освобождалось от нее, при чем этот процесс не приносил ни малейшего вреда бетону.

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° 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°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 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°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 обнаружились 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 щеб-

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 Эсдере в Дрездене после пожара 1911 г.



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

Выводы из вышеописанного случая могут быть вкратце резюмированы следующим образом.