Н. О. ОРАЗЫМБЕТОВ
М. М. СЕРДЮКОВ
С. А. ШАНИН

АШХАБАДСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 1948 г.

ГОССТРОЙИЗДАТ
1960

Н. О. ОРАЗЫМБЕТОВ, М. М. СЕРДЮКОВ и С. А. ШАНИН

АШХАБАДСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 1948 г.

(ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ)



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
Москва — 1960

Научный редактор инж. С. Ю. Дузинкевич

Книга содержит описание повреждений различных зданий и сооружений в г. Ашхабаде во время землетрясения 1948 г. Описание сопровождается инженерным анализом и соответствующими иллюстрациями.

Публикуемые материалы могут явиться полезным пособием для инженеров занятых вопросами проектирования и строительства в сейсмических районах, а также представляют интерес для работников научно-исследовательских учреждений, занимающихся вопросами инженерной сейсмологии.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с решением XXI съезда Коммунистической партии Советского Союза и планом развития народного хозяйства на семилетие в Советском Союзе развернулось в невиданных масштабах промышленное, жилищное, культурно-бытовое и сельскохозяйственное строительство.

Значительная часть этого строительства ведется в районах, подверженных сильным землетрясениям, таких как Молдавская ССР, Крым, Кавказ, Туркмения, Узбекистан, Киргизия, южные области Казахстана, южное Прибайкалье, Камчатка, Курильские острова и некоторые другие. В общей сложности районы, подверженные землетрясениям силой в 7, 8 и 9 баллов, занимают на территории СССР около 1 млн. $км^2$, распространяясь вдоль горных районов страны на протяжении свыше 10 тыс. *км*. В силу этого вопросы сейсмостойкого строительства в СССР имеют большое народнохозяйственное значение.

Разрешение проблемы сейсмостойкости зданий и сооружений в настоящее время осуществляется тремя путями:

а) на основании данных инженерных обследований последствий разрушительных землетрясений;

б) постановки экспериментов;

в) проведения теоретических исследований.

Характер и условия воздействия сейсмических сил на здания и сооружения таковы, что как бы ни были глубоки теоретические исследования и как бы тщательно ни были поставлены лабораторные эксперименты, заключение о надежности технических антисейсмических мероприятий выносится землетрясением. Иначе говоря, наиболее достоверные сведения о сейсмостойкости зданий и сооружений вообще и об эффективности тех или иных антисейсмических мероприятий пока что мы получаем из анализа последствий разрушительных землетрясений.

Ашхабадское землетрясение 1948 г. относится к крупнейшим мировым землетрясениям, при котором подверглись испытанию разнообразные современные конструкции жилых, культурно-бытовых, промышленных, сельскохозяйственных и других зданий и сооружений. Результаты изучения последствий этого землетрясения безусловно должны быть поставлены на службу

капитальному строительству в сейсмических районах нашей страны.

Катастрофические землетрясения бывают редки и печальные уроки их обычно со временем забываются, однако мы не имеем права предавать забвению эти уроки при наличии огромного строительства на обширных территориях, подверженных землетрясениям.

Авторы данной монографии поставили перед собой задачу восполнить в известной мере имеющийся пробел в освещении и ознакомлении широкого круга строителей с характером повреждения зданий и сооружений и отдельных видов конструкций при Ашхабадском землетрясении. В соответствии с этим, основным содержанием монографии является фактический материал, собранный авторами при обследовании последствий этой катастрофы. Описание повреждения зданий и сооружений сопровождается инженерным анализом и соответствующими иллюстрациями.

Сделаны также обобщенные выводы по материалу в целом. Наряду с этим авторы сочли целесообразным дать во введении общие сведения о землетрясениях и о характере их воздействия на здания, а также привести несколько примеров разрушительных землетрясений, имевших место в Средней Азии.

Монография, за исключением VII главы, написана Н. О. Оразымбетовым и М. М. Сердюковым совместно, а глава VII и чертежи к ней принадлежат С. А. Шанину. Все остальные чертежи и схемы составлены Н. О. Оразымбетовым, фотоснимки выполнены М. М. Сердюковым.

Авторы надеются, что книга явится полезным пособием для инженеров-проектировщиков и производственников, занятых вопросами строительства в сейсмических районах нашей страны и послужит для них мобилизующим фактором в деле обеспечения безопасности населения и сохранности зданий и сооружений при разрушительных землетрясениях.

Публикуемые материалы, по мнению авторов, представляют живой интерес и для работников научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами инженерной сейсмологии.

ВВЕДЕНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Землетрясением называют сотрясение земной коры, возникающее в результате внезапных смещений и разрывов в верхних или в более глубоких слоях Земли. Землетрясения передаются на большие расстояния в виде упругих колебаний почвы.

В 1888 г. первый русский сейсмолог А. П. Орлов дал следующую классификацию трех главнейших типов землетрясений:

1) нептунические — вызываемые обвалами кровли и стенок подземных пустот;

2) вулканические — сопутствующие вулканическим извержениям;

3) тектонические — являющиеся следствием движения земной коры.

Эта классификация землетрясений по причинам их возникновения принята современной сейсмологией с добавлением четвертого типа землетрясений, названного глубокофокусным или плутоническим, механизм и причины возникновения которых еще мало изучены.

Наиболее крупными по размеру охватываемой ими территории, частыми по возникновению и губительными по последствиям являются тектонические землетрясения.

Возникновение землетрясений теснейшим образом связано со сложным процессом развития и изменения всего земного тела и приурочено непосредственно к процессам горообразования. Поэтому, рассматривая механизм землетрясений, мы должны будем обратиться к истории развития Земли. Гипотез о происхождении и развитии Земли было выдвинуто много. Наибольшим признанием со второй половины прошлого века пользовалась контракционная гипотеза, согласно которой Земля первоначально находилась в огненно-жидком состоянии, а потом постепенно остывала. При охлаждении Земли происходит сокращение ее радиуса, чем и объяснялись как тектонические деформации (образование складок, надвигов и пр.), так и возникновение упругих напряжений, которыми вызы-

ваются землетрясения и движение магмы из недр Земли. Однако гипотеза первичного огненно-жидкого состояния Земли, ее постепенного охлаждения и взгляд на тектонические процессы как на последствие такого охлаждения являются по мнению многих современных ученых пройденным в науке этапом.

Из новых теорий происхождения планет наиболее разработанной является теория академика О. Ю. Шмидта, названная им метеоритной или планетезимальной. Согласно этой теории Земля и планеты образовались из роя космической пыли и газа, захваченных Солнцем из межзвездного пространства несколько миллиардов лет тому назад. Эта концепция предполагает холодное начало Земли с последующим ее разогревом за счет энергии радиоактивного распада и гравитационной дифференциации, которые протекают в Земле до сих пор и являются источниками горообразования.

С точки зрения теории О. Ю. Шмидта механизм землетрясения представляется в следующем виде. Гравитационная дифференциация вещества Земли являет собой мощный механизм, порождающий вертикальные, а может быть и горизонтальные перемещения вещества. Этот процесс ускоряется местным разогревом радиоактивного распада. Вследствие этих явлений в недрах Земли накапливаются огромные запасы энергии, создающие колоссальные напряжения, которые разряжаются внезапным разрывом и смещением пластов земной коры относительно друг друга. Тогда в массе Земли появляются упругие волны, вызывающие на ее поверхности землетрясения. Сильные землетрясения иногда вызывают наклоны и повороты отдельных участков земной коры, значительные смещения их и другие нарушения земной поверхности.

Установлены две основные зоны тектонических землетрясений, из которых Тихоокеанская проходит в меридиональном направлении вдоль берегов Тихого океана, а Средиземноморская простирается в широтном направлении и включает Пиренеи, Апеннины, Альпы, Атлас, Карпаты, Балканы, хребты Малой Азии, Кавказа, Ирана, Афганистана, Средней и Центральной Азии, Бирмы и Сиама. Эти две зоны сейсмичности являются источником наиболее сильных и частых землетрясений: Тихоокеанская дает свыше 50% общего числа землетрясений, Средиземноморская — около 30%.

Сейсмически активными районами в СССР являются территории: Молдавской ССР, где землетрясения связаны с очагами Румынии; Крыма, где сила землетрясений достигает 8 баллов; Кавказа, отличающегося высокой сейсмической активностью, достигающей 8 и 9 баллов; Туркмении, Таджикистана, Узбекистана, Киргизии, южных частей Казахстана, относящихся к самым активным сейсмическим районам; Южного Прибайкалья, Камчатки, Курильских островов и некоторые другие территории.

Количество землетрясений, происходящих на Земле, огромно. Сейсмические станции ежегодно регистрируют до 10 тыс. ощутимых людьми землетрясений. Однако еще до настоящего времени обширные площади материка и $^2/_3$ поверхности земного шара, покрытые водой, не имеют сейсмических станций, которые регистрировали бы местные сотрясения земли. Таким образом, в действительности землетрясений случается значительно больше, чем фиксируется наблюдательными станциями. К счастью, из такого множества землетрясений разрушительной силой обладают только около ста в год, а катастрофические землетрясения, сопровождающиеся разрушением городов и гибелью тысяч людей, — единичны.

Крупным землетрясениям обычно предшествует несколько слабых толчков — предшественников. После главных ударов следует много повторных толчков, именуемых афтершоками, которые иногда продолжаются в течение 3—4 лет.

Глубинную область возникновения первоначального возмущения землетрясения принято называть фокусом, очагом, гипоцентром или гипоцентральной областью. Вертикальная проекция гипоцентра или его области на поверхности Земли образует эпицентр или эпицентральную область.

В зависимости от глубины различают три группы очагов:

1) нормальные — до 60 *км*;
2) промежуточные — от 60 до 300 *км*;
3) глубокие — от 300 до 700—800 *км*.

Большинство землетрясений возникает на глубине до 60 *км*, т. е. в пределах твердой земной коры. Наиболее опасными являются землетрясения с очагами глубиной от 15 до 100 *км*. Мелкие землетрясения с очагами на глубине до 5 *км*, в силу особенностей строения земной коры, не могут обладать большой энергией и разрушительное действие таких землетрясений ограничивается небольшим участком. Землетрясения с глубиной очага более 300 *км*, достигая поверхности Земли, значительно теряют свою интенсивность, как бы ни была велика разрядка энергии в гипоцентре.

Процесс землетрясения, как это следует из его определения, сопровождается распространением через недра Земли различного рода упругих волн. Различают два рода волн: глубинные (продольные и поперечные), возникающие и распространяющиеся на глубине, и поверхностные или волны Релея (названные так по имени ученого, впервые обратившего на них внимание), которые возникают и распространяются в поверхностных слоях Земли.

Если земную кору, в которой при землетрясениях протекает процесс упругих колебаний, представить как однородную, идеально упругую и изотропную среду, то движения ее при возму-

щениях будут иметь форму гармонического колебания, принимаемого в практических расчетах по закону синуса:

$$X = A \sin \frac{2\pi}{T} t,$$

где A — амплитуда первоначального смещения;
T — период колебания;
t — время.

В действительности же, вследствие смены геологических образований земной коры и в зависимости от гидрогеологических условий и топографии местности, сейсмические волны, по причине явлений отражения, преломления и рассеивания, приобретают чрезвычайно сложную схему распространения, преобразуясь в новые системы волн, среди которых находятся и звуковые волны. Движение колеблющейся частицы во время землетрясения представляет собой совершенно беспорядочную кривую.

Основными параметрами, характеризующими сейсмические движения, являются: амплитуда колебания, периодичность (повторяемость) однородных колебаний и скорость распространения волн.

Глубинные продольные и поперечные волны возникают и распространяются независимо друг от друга, причем скорость продольных волн почти вдвое больше скорости поперечных волн. Поэтому продольные волны, проходя через глубины Земли, достигают поверхности первыми, образуя так называемые волны-предвестники. Вопрос характера колебаний и распространения волн вблизи эпицентра еще совершенно не разработан.

Скорость распространения поверхностных волн, периоды и амплитуды их колебаний различны и изменяются в зависимости от геологических, гидрогеологических и микрогеологических условий местности. Период колебаний поверхностного слоя земной коры зависит от его упругих свойств и толщины. Упругий и толстый слой колеблется со свойственным ему периодом. Если же слой недостаточно упругий (плывун, увлажненный аллювий), то колебания его происходят с несколькими преобладающими периодами, вследствие чего возможность резонанса колебания построек с сейсмическим возмущением более вероятна. Однако, наряду со сложностью сейсмических явлений и большим диапазоном периодов колебаний, изучение землетрясений показывает существование некоторой закономерности распространения сейсмических волн для одной и той же местности, что, по-видимому, определяется характером простирания складчатости, геотектоникой и рядом других геологических условий.

Поверхностные волны имеют ту наиболее характерную осо-

бенность, что они не проникают далеко вглубь среды, а распространяются в основном вблизи поверхности. Наблюдениями установлено, что с увеличением глубины амплитуды поверхностных колебаний резко уменьшаются.

Величины амплитуды при сильных землетрясениях исчисляются в скальных грунтах в 2—5 *мм*, в землистых — до 25 *мм*, а в насыпях и неустойчивых грунтах достигают 100 *мм* и более. Например, двойная амплитуда Токийского землетрясения 1923 г. в твердых делювиальных грунтах равнялась 44,3 *мм*, достигая величины в 135 *мм* в мягких аллювиальных грунтах.

Длина волн колеблется в пределах от 10 до 100 *км*. Высота гребня достигает 10 *см*.

Изучение последствий землетрясений показывает, что вертикальная составляющая вызывает наибольший разрушительный эффект в эпицентральной зоне. По мере удаления от эпицентра доминирующую роль начинает приобретать горизонтальная составляющая колебаний.

Согласно современным научным воззрениям разрушительные землетрясения в отношении воздействия на здания имеют наиболее опасную область периодов колебаний в пределах от 1 до 1,5 сек. Например, землетрясение в Сан-Франциско в 1906 г. в главной фазе имело период, равный 1 сек.; период Токийского землетрясения 1923 г. равен 1,3 сек.

Для определения силы землетрясения в СССР принята новая 9-балльная шкала, составленная проф. С. В. Медведевым (ГОСТ 6249-52). Сила землетрясения в баллах определяется согласно этой шкале величиной максимального смещения сферического упругого маятника сейсмометра. В пунктах, где отсутствуют сейсмометры, сила землетрясения оценивается по степени повреждения и разрушения зданий, возведенных без необходимых антисейсмических мероприятий, или по другим признакам внешнего проявления землетрясений.

При рассмотрении разрушительных землетрясений будем различать зону наибольших потрясений, называемую эпицентральной и область сильных разрушений, образующую плейстосейстовую область. Пределы распространения землетрясений, ощущаемых людьми (примерно до 4 баллов), называются областью распространения землетрясения.

Сложность природы и механизма возникновения землетрясений обусловливает необходимость изучения их как комплексной задачи, включающей:

1) изучение геологической сущности явления — движения и перемещения масс в земной коре (динамическая геология);

2) установление связи перемещений земной коры во времени (историческая геология);

3) наблюдение (инструментальная сейсмология);

4) изучение упругих колебаний земной коры при землетрясениях (физическая сейсмология).

Исследование разрушительных последствий землетрясений и разработка проблем сейсмостойкости сооружений являются предметом инженерной сейсмологии.

2. ХАРАКТЕР ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ЗДАНИЯ

Анализ поведения зданий при землетрясении связан с необходимостью учета всего многообразия форм проявления землетрясений и разнообразия условий, определяющих характер поведения здания при воздействии на него сейсмических сил.

Каждое новое землетрясение отличается спецификой своего проявления. Сила землетрясения, испытываемая тем или иным сооружением, зависит от дальности очага и глубины фокуса, а также от геологии местности, микрогеологии и микрогидрогеологии площадки, на которой расположен объект. Воздействие землетрясения на здание зависит от соотношения частоты колебаний возмущающей силы и частоты собственных колебаний сооружения, особенно от характера взаимодействия фундамента и основания. Поведение здания во время землетрясения зависит от многих причин — от прочности, монолитности, взаимосвязности, пространственной жесткости конструкций и сооружений в целом, от размеров, формы и веса зданий, от динамических свойств строительных материалов и т. д. При таком состоянии вопроса представляется возможным лишь частичное рассмотрение отдельных факторов и выделение из них главных, решающих.

Возникающие в предварительной фазе землетрясения вертикальные и горизонтальные колебания почвы (вызываемые, согласно современным представлениям, глубинными продольными сейсмическими волнами сжатия), отличаясь весьма короткими периодами, передают на жесткие сооружения, какими являются кирпичные здания, первые решающие удары, нарушая их монолитность и вызывая первые трещины. Последующие колебания почвы, обусловленные глубинными поперечными и поверхностными волнами с длинными периодами, продолжают дальнейшее разрушение зданий.

Гибкие сооружения малочувствительны к короткопериодным колебаниям с незначительными амплитудами и разрушаются в основном длиннопериодными колебаниями.

Наиболее опасной для зданий является горизонтальная составляющая сейсмических колебаний почвы, которая приобретает доминирующее значение, как правило, на расстоянии нескольких километров от эпицентра. Для зданий, расположенных в эпицентре или вблизи его, действие вертикальной составляющей становится не менее опасным, чем горизонтальной. В эпицентральной зоне многие здания разрушаются от действия вертикальных ударов прежде, чем наступают горизонтальные колебания.

По мере удаления от эпицентра эффект сейсмического воздействия на здания значительно снижается вообще, а действие вертикальной составляющей — в особенности. Известно, что амплитуда колебаний земной коры при землетрясении находится в обратной зависимости от плотности грунта и в прямой от его влажности, при этом разница в величинах амплитуд доходит до 10-кратных значений. Отсюда следует, что и сейсмические ускорения могут меняться в значительных пределах, что имеет место в действительности. Однако сила сейсмического воздействия на здания при ускорении и степень повреждения зданий в этом случае не следуют закону пропорциональности. Часто наблюдаемая диспропорция между большими сейсмическими ускорениями в мягких грунтах и незначительным их разрушающим эффектом в инженерной сейсмологии получила название «сейсмического парадокса».

Действительно, при Токийском землетрясении в 1923 г. каменные здания в низменной части города, основанные на рыхлых аллювиальных грунтах, пострадали меньше, чем такие же здания в части города, расположенной на возвышенности, где грунты состояли из плотно слежавшегося делювия. В то же время число разрушенных деревянных домов в низменной части города оказалось значительно бо́льшим, чем в возвышенной. Если рассматривать разрушения деревянных зданий в зависимости от степени увеличения сейсмического ускорения в низменной части города, которое в 2—2,5 раза было больше по сравнению с ускорением в его повышенной части, то и в этом случае обнаруживается действие «сейсмического парадокса». Объяснение такого явления заключается в том, что, несмотря на многократное возрастание сейсмического ускорения в рыхлых грунтах, эффект действия его на здания значительно ослабляется податливостью и демпфирующими свойствами грунтов, которые проявляются по-разному в зависимости от массивности и жесткости зданий. Кроме того, короткопериодные компоненты сейсмических волн, наиболее опасные для жестких каменных зданий, рыхлыми грунтами гасятся и теряют свою разрушительную силу.

В связи с вопросом о характере действия землетрясений на здания укажем очень кратко на повреждения основных конструкций.

Фундаменты зданий (как показывают последствия землетрясений) являются конструкциями, менее других подверженными разрушению. При достаточно плотных грунтах фундаменты, как правило, остаются целыми даже в случае сильных землетрясений. Мало повреждаются также и различного рода подземные сооружения: резервуары (рис. 1), тоннели, колодцы и т. п. Хорошая сохранность подземных частей зданий находит свое объяснение в том, что такие, защемленные в грунте, конструкции передают возникающие в них инерционные силы

окружающему грунту, вследствие чего деформации и напряжения в них значительно уменьшаются. При глубоком заложении фундаментов и подземных сооружений положительно сказывается на их поведении также имеющее место затухание интенсивности поверхностных сейсмических волн в зависимости от глубины.

Основными решающими судьбу здания при землетрясении конструкциями, кроме фундаментов, являются стены и пере-

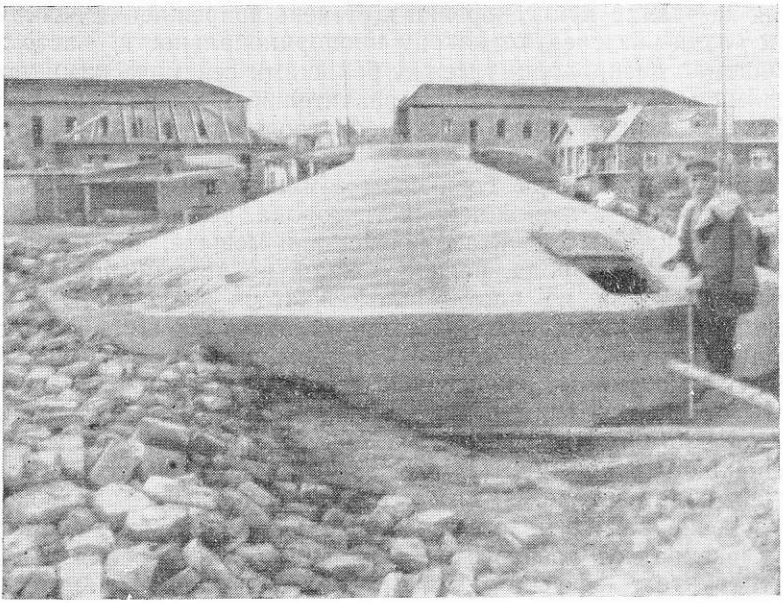


Рис. 1. Хорошо сохранившийся подземный железобетонный резервуар

крытия. Устойчивость стен зависит от интенсивности и характера сейсмической нагрузки, свободной длины и высоты стен и их гибкости, от конфигурации и размеров здания в плане и по высоте, от собственного веса стен, качества материалов, производства работ и т. п.

Разрушение стен идет как за счет изгиба из плоскости стены, вызываемого сейсмическими силами инерции, так и за счет скалывающих усилий, действующих в плоскости стены. В первом случае стены получают горизонтальные трещины от знакопеременных растягивающих и сжимающих усилий при изгибе, а во-втором — крестообразные трещины от знакопеременных скалывающих усилий (рис. 2).

Узкие простенки в нижних этажах разрушаются от перенапряжения при сжатии (рис. 3). Из простенков разной ширины наибольшим разрушениям от скалывающих усилий подверга-

ются широкие (рис. 4). Это объясняется тем, что сейсмическая нагрузка на простенки в их плоскости передается пропорционально жесткости простенка, которая зависит от его ширины в третьей степени, тогда как прочность пропорциональна его ширине в первой степени.

Наиболее слабым местом в зданиях являются углы, примыкания и пересечения стен. В этих местах происходит концентрация усилий и разложение их по направлению продольных

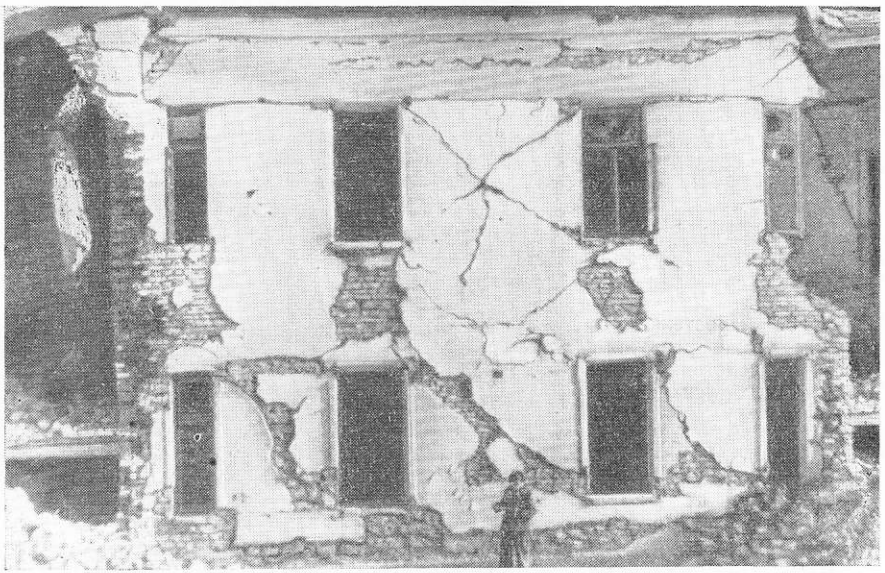


Рис. 2. Крестообразные трещины в простенках

и поперечных стен. Большое различие в жесткостях продольных и поперечных стен относительно данной оси приводит к отрыву продольных стен от поперечных и выпадению углов (рис. 5, 6). Стены выступающих в плане лестничных клеток, как и другие выступающие участки стен, подвержены бо́льшим разрушениям, чем прямолинейные участки.

Перекрытия зданий, особенно железобетонные, хорошо связанные со стенами, образуют своего рода жесткую горизонтальную диафрагму, которая повышает пространственную жесткость здания и весьма положительно сказывается на устойчивости стен. Деревянные и железобетонные перекрытия отличаются большой сейсмостойкостью. Обрушение перекрытий наступает, как правило, вследствие разрушения стен. В железобетонных каркасах наиболее слабыми участками являются верхние и нижние сечения колонн в местах сопряжения их с ригелями, которые чаще и прежде всего подвергаются разру-

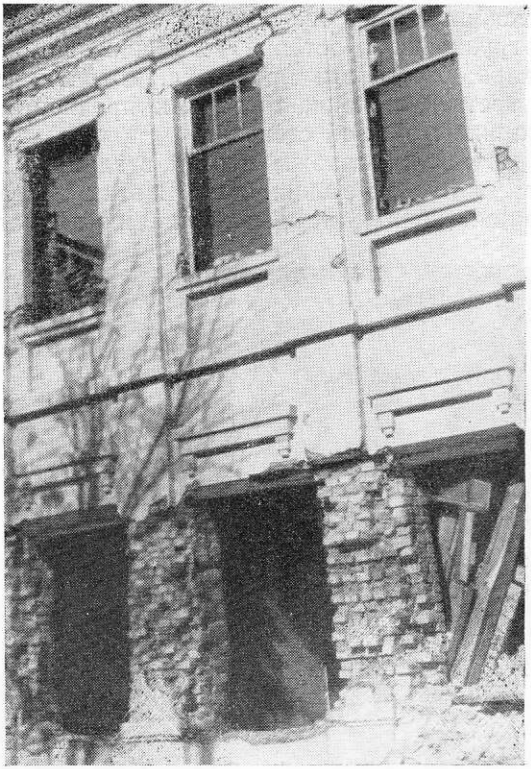


Рис. 3. Простенки в первом этаже разрушились от действия сжимающих усилий

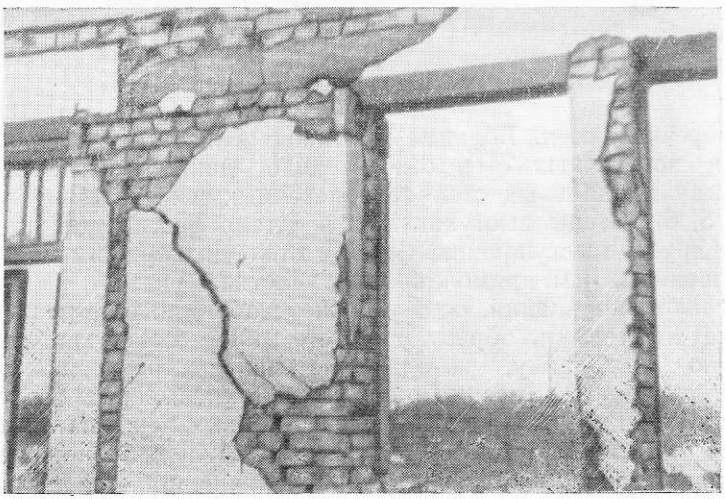


Рис. 4. Широкие простенки разрушились от действия скалывающих усилий больше, чем узкие

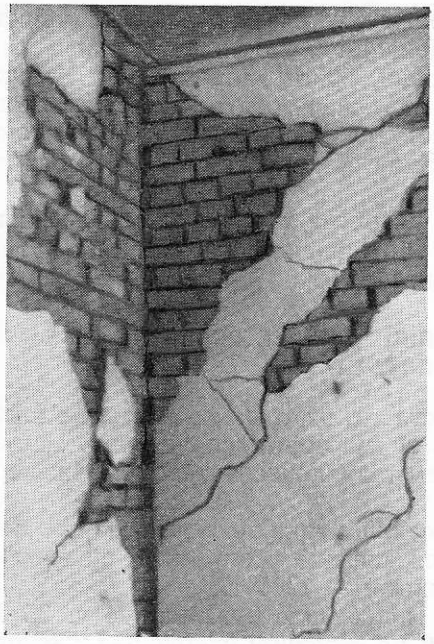


Рис. 5. Отрыв продольных стен от поперечных

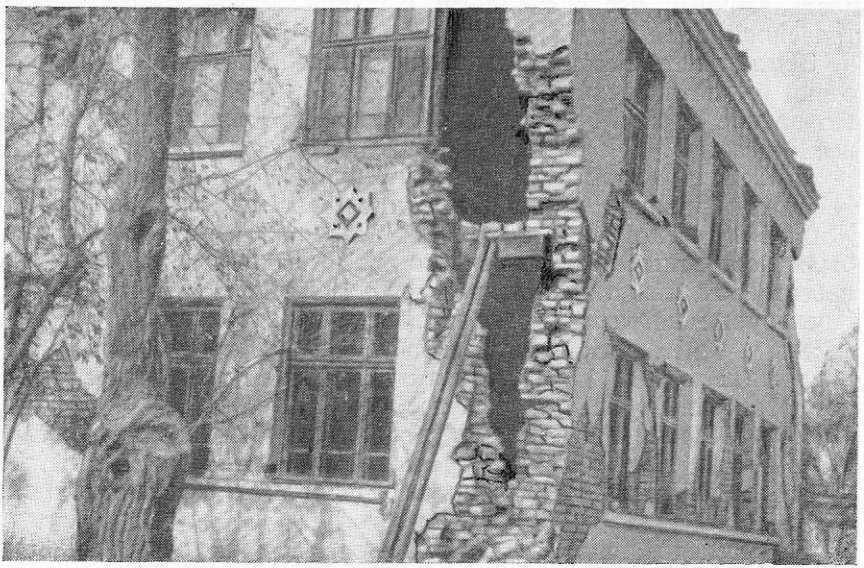


Рис. 6. Разрушение угла кирпичного здания

шениям. Такой характер повреждения железобетонных каркасов объясняется, согласно развиваемой доктором технических наук И. И. Гольденблатом теории, образованием фронта ударной волны в местах сопряжений железобетонных элементов. Облицовка железобетонных конструкций кирпичом, отличающимся от бетона своими динамическими свойствами, подвержена отслаиванию.

Трубы, массивные карнизы и другие, высоко расположенные выступающие элементы зданий обрушиваются первыми и попутно повреждают другие конструкции.

3. ПРИМЕРЫ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

Вспомним в порядке сопоставления с описываемым Ашхабадским землетрясением 1948 г. некоторые сильнейшие землетрясения в Средней Азии, представляющие интерес с инженерной точки зрения.

Из сильнейших землетрясений, приуроченных к горным цепям Тянь-Шаня, остановимся прежде всего на Верненском землетрясении 1887 г. и Кебинском — 1911 г.

Верненское землетрясение произошло 9 июня в 4 ч. 35 м. утра. Его очаг был расположен на северном склоне Заилийского Ала-Тау в 10—12 *км* к югу от Алма-Аты (б. Верный) в виде полосы шириной 5 *км* и длиной 35 *км*. Глубина очага была определена И. В. Мушкетовым в пределах 5—15 *км*. Однако последующими исследованиями глубина фокуса этого землетрясения определяется примерно в 60 *км*.

Землетрясение сопровождалось подземным гулом, а сотрясения были так велики, что люди не могли устоять на ногах. По оценке И. В. Мушкетова, сила землетрясения была не менее 10 баллов.

До землетрясения 1887 г. строительство в г. Верном и в прилегающих районах велось без учета сейсмической опасности. Жилые и общественные здания, за исключением немногих, были построены из обожженного или сырцового кирпича на известковом или глиняном растворе, а также из глино-самана. Пренебрежение угрозой землетрясений окончилось весьма печально — сейсмическая катастрофа 1887 г. почти полностью разрушила город. Даже капитальные здания не выдержали землетрясений (рис. 7).

Из 1799 кирпичных зданий города сохранилось полностью только одно. Погибло более трехсот человек жителей, а убыток, причиненный землетрясением, определяется в 2 млн. золотых рублей.

По исследованию И. В. Мушкетова верхние этажи зданий города пострадали больше, чем нижние и фундаменты. В некоторых местах обнаружено действие как бы вертикального

толчка или же, во всяком случае, удара с большим углом к горизонту. Бо́льшая часть фундаментов, особенно сложенных из однородного и хорошо сцементированного материала, сохранилась от повреждений. В деревянных домах Большой и Малой станиц разрушились только трубы и печи; сами же дома в большинстве уцелели от разрушения. Даже высокие деревянные дома с башнями пострадали меньше, чем каменные, не только высокие, но и низкие.

Населенные пункты, расположенные около г. Верного, также сильно пострадали.

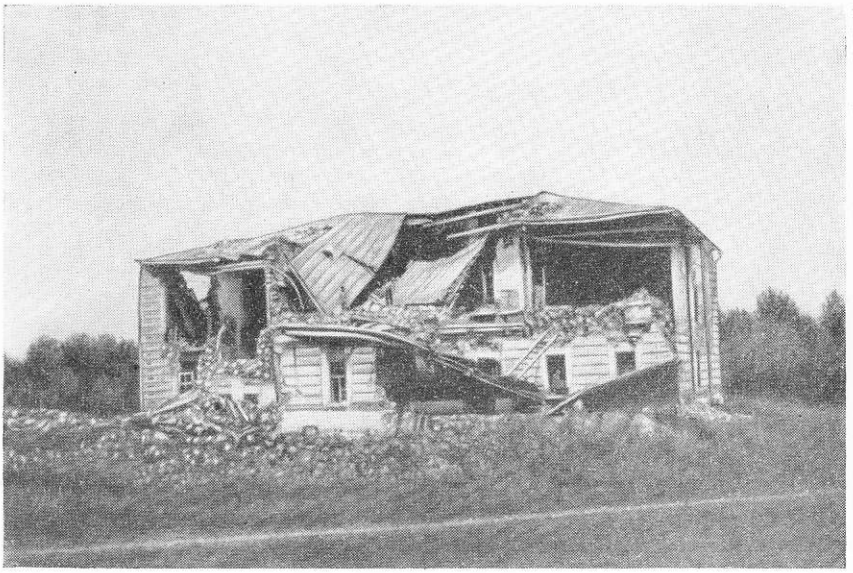


Рис. 7. Кирпичное двухэтажное здание женской гимназии в г. Верном, разрушенное землетрясением 1887 года

Землетрясение показало, что здания из глино-самана, сырцового и обожженного кирпича на глиняном и известковом растворах при отсутствии специальных антисейсмических мероприятий не могут противостоять сейсмическим ударам такой интенсивности. Опыт этого землетрясения привел к тому, что новое строительство города после катастрофы осуществлялось преимущественно из дерева с применением ряда антисейсмических мероприятий.

Крупнейшее Кебинское землетрясение, относящееся к классу мировых, разразилось 4 января 1911 г. в северных цепях Тянь-Шаня. Эпицентральная зона охватила горы Заилийского Ала-Тау и Кунгай Ала-Тау с долиной р. Кебин, расположенные

между г. Верным и оз. Иссык-Куль и имела протяжение около 200 *км*, что устанавливается по оставшимся на поверхности подвижкам вдоль линий разломов. Эпицентр был расположен на расстоянии около 40 *км* от г. Верного. Глубина фокуса равна примерно 70 *км*.

Характерной особенностью этого землетрясения является значительная длительность фазы разрушительных толчков, продолжавшаяся около 5 мин., а также наличие последующих толчков большой силы.

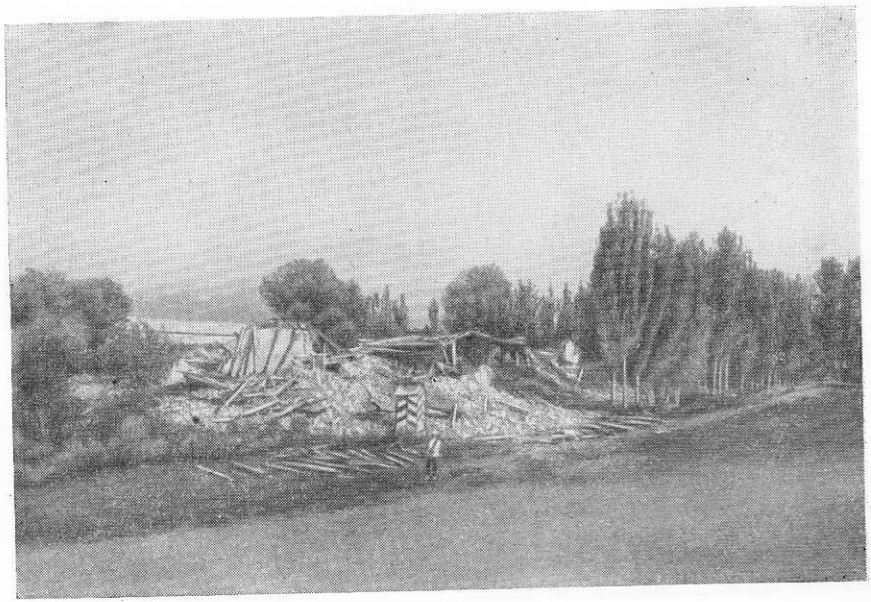


Рис. 8. Общий вид разрушений в г. Верном во время Кебинского землетрясения в 1911 году

Нарушения земной поверхности в центре сотрясения были необычайные. По описанию одного очевидца, последствия этого землетрясения можно сравнить с огромным ледоходом, «где глыба наворочена на глыбу, оплывина на оплывину, бугор на бугор. Будто гигантские руки схватили наше жилище и встряхнули его, как встряхивают пузырек, чтобы разболтать его содержимое» (рис. 8).

На побережье оз. Иссык-Куль и в районе сада Рафикова в г. Верном (рис. 9) возникли грандиозные трещины со смещением до 8 *м* и большие надвиги. Многие трещины растянулись на километры, не прерываясь.

Типичными жилыми постройками того периода были одноэтажные деревянные дома с цокольным или полуподвальным

этажом. Цокольный этаж возводился из обожженного кирпича на известковом или глиняном растворе, на который ставился деревянный одноэтажный сруб. Сруб обшивался досками и штукатурился.

В качестве конструктивных мер повышения сейсмостойкости домов применялось укрепление углов и прочное соединение венцов, а также, в некоторых случаях, изоляция фундаментов от поверхностных волн при помощи устройства вокруг дома узкой канавы. Заключением печей в стальные кожухи и упру-



Рис. 9. Трещины в грунте в г. Верном, вызванные Кебинским землетрясением 1911 г.

гим креплением их к стенам достигалось не только обеспечение устойчивости печей при землетрясении, но и пожарная безопасность, что в высшей степени важно при деревянных постройках.

Деревянные постройки такого типа в г. Верном обнаружили высокую устойчивость и подверглись при Кебинском землетрясении лишь незначительным повреждениям. При этом уцелели не только 1- и 2-этажные дома, но даже 4-этажное здание бывшей вальцевой мельницы и великолепное деревянное здание бывшего кафедрального собора (ныне музея), построенного за несколько лет до землетрясения 1911 г. (рис. 10).

Здание этого собора является одним из самых высоких деревянных сооружений в СССР (его высота равна 53,5 *м*). Распо-

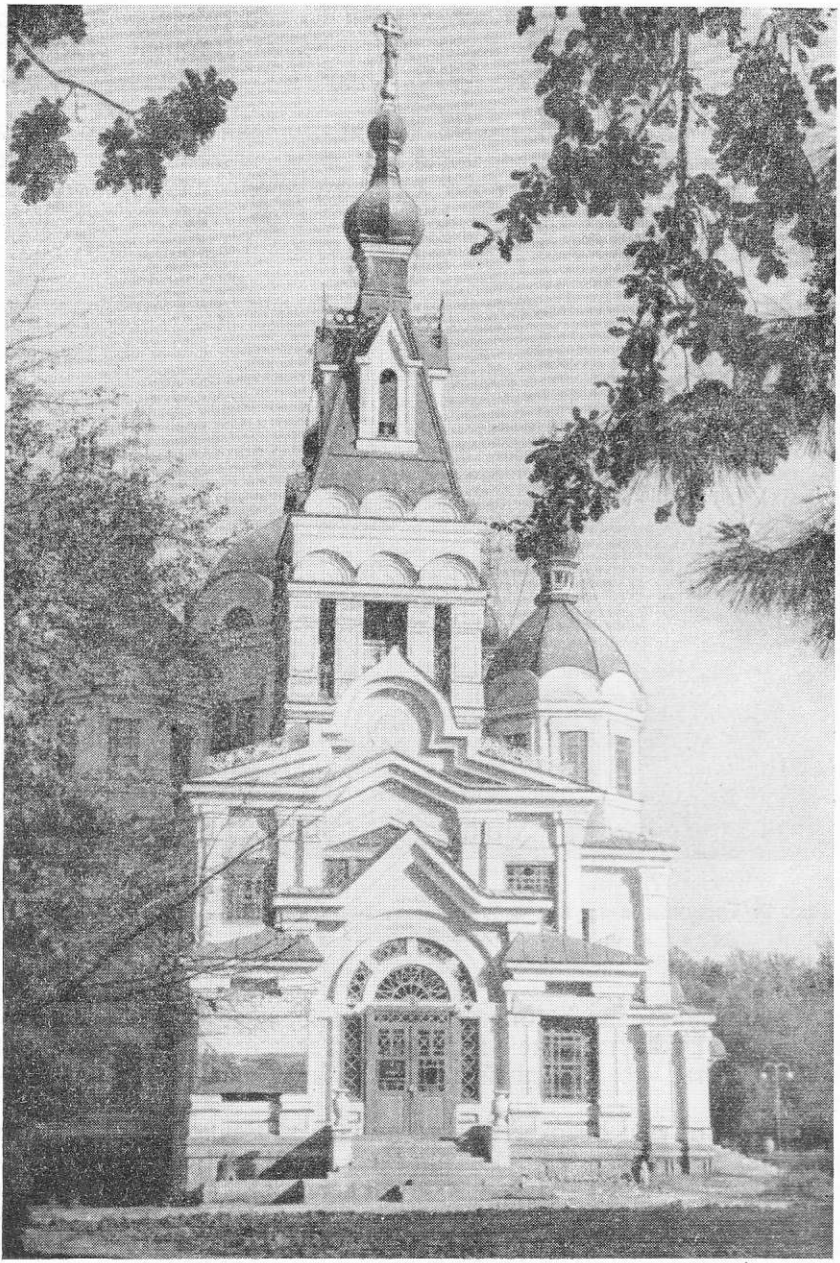


Рис. 10. Хорошо сохранившийся деревянный кафедральный собор (ныне музей) в г. Алма-Ате

ложенное в центре, оно представляет собой до сих пор архитектурную доминанту города.

Собор при землетрясении, как уже сказано, не пострадал и является классическим примером деревянного сооружения высокой сейсмостойкости. Что касается одноэтажных деревянных жилых домов, то большая часть их сохранилась до наших дней и составляет существенную часть жилого фонда современного г. Алма-Аты.

В 1938 г. 21 июня также в северных цепях Тянь-Шаня разразилось очередное катастрофическое Кемино-Чуйское земле-

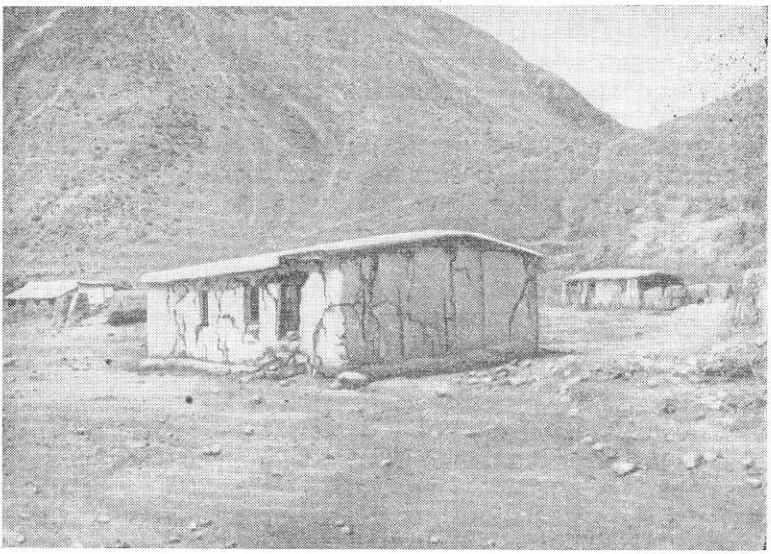


Рис. 11. Жилой дом из сырцового кирпича среднеазиатского типа, частично разрушенный во время Кемино-Чуйского землетрясения

трясение. Эпицентр этого землетрясения по данным П. М. Вильгельмзона располагался в низовьях р. Большой Кемин и прилегающей к нему части долины р. Чу; глубина фокуса была определена в 55 *км*. Плестосейстовая область этого землетрясения охватила слабо населенные местности и материальный ущерб был сравнительно небольшим. В эпицентре сила землетрясения оценивалась в 9 баллов, в г. Фрунзе — 7 и в г. Алма-Ате — 6 баллов. В эпицентральной области наблюдались интенсивные поверхностные нарушения: обвалы, оползни, осыпи, трещины. Имели место также тектонические разломы.

В долинах рек Б. Кемина и Чу преобладающим типом постройки были одноэтажные здания со стенами из сырцового кирпича и глино-камышовой земляной крышей (рис. 11). Реже

встречались глинобитные, каркасноплетневые и деревянные постройки. Сырцовые здания такого типа без каркаса при силе землетрясения в 8 баллов подверглись значительным разрушениям, а при 9 баллах превращались в бесформенную груду развалин. Глинобитные постройки сопротивлялись сейсмическим воздействиям еще меньше. Сырцовые же постройки с жесткими деревянными стойками, несущими вес крыши, выдержали 8-балльную силу землетрясения, а при особо хорошей конструкции способны были выдерживать без опасных повреждений и 9-балльное землетрясение. Хорошо построенные деревянные рубленые и каркасные постройки отличались наивысшей степенью сопротивляемости и выдерживали 9-балльные сотрясения без существенных повреждений. Каркасноплетневые постройки с подкосами в каркасе и легкой крышей обнаруживали сравнительно хорошую сейсмостойкость даже при колебаниях силой в 9 баллов.

Представляют практический интерес и результаты инженерного обследования последствий Чаткальского землетрясения, происшедшего 3 ноября 1946 г. в 0 ч. 29 м. 55 с. по ташкентскому времени, которое охватило значительную часть районов Узбекской и Киргизской ССР. Сила этого землетрясения в г. Ташкенте проявилась в 7 баллов, а в некоторых населенных пунктах интенсивность его была равна 8 баллам (Патша-Ата, Караван).

При Чаткальском землетрясении почти все каркасные постройки сельского типа с заполнением из гуваляка (комки перемешанной глины) получили серьезные повреждения, а с заполнением из кирпича-сырца получили только неопасные мелкие трещины в местах примыкания заполнителя к каркасу. Глинобитные (дувальные) постройки показали себя недостаточно сейсмостойкими в условиях даже 7-балльного землетрясения. Сырцовые постройки при хорошем качестве кирпича и раствора, не перегруженные тяжелой кровлей и не ослабленные чрезмерно проемами или нишами, выдержали колебания силою в 7 баллов без существенных повреждений.

Таким образом, сырцовые постройки, усиленные в углах, примыканиях и пересечениях стен досками, камышом, колючей проволокой и имеющие деревянный антисейсмический пояс, выдерживают 7-балльное землетрясение без каких-либо повреждений и могут рассматриваться при такой балльности как сейсмостойкие. При сотрясении силою в 8 баллов (сел. Патша-Ата, Караван) сырцовые постройки полностью разрушились или получили непоправимые повреждения. Из этого можно сделать вывод, что при 8-балльном землетрясении обеспечить сейсмостойкость сырцовых построек представляется весьма затруднительным.

В заключение скажем несколько слов о двух землетрясениях, происшедших на территории Узбекистана несколько

раньше, а именно, об Андижанском землетрясении 16 декабря 1902 г. и Карадагском — 8 октября 1907 г.

«Катастрофа 3 (16) декабря 1902 г. привлекла внимание общества размерами несчастья, при котором погибло больше 4,5 тыс. человек, как ни при одном из землетрясений, бывших в пределах России». Материальный ущерб, причиненный землетрясением, составил около 12 млн. руб. золотом. Сила этого землетрясения в г. Андижане оценивается между 8 и 9 баллами.

Здания из обожженного кирпича в г. Андижане пострадали сравнительно мало. Повреждения носили характер трещин и нарушений кладки в наиболее слабых частях зданий — углах, карнизах, арках и т. п. В каркасных домах разрушение каркасов вызывалось обрушением тяжелых земляных крыш.

Все сырцовые дома русского типа под железной крышей на фундаменте из обожженного кирпича подверглись сильному или полному разрушению. Наибольшим разрушениям подверглись глинобитные («дувальные») постройки, с тяжелыми земляными крышами. В селениях плейстосейстовой области, где преобладали глинобитные постройки, разрушения носили не менее массовый характер и сопровождались проваливанием тяжелых крыш и обрушением стен.

Интенсивность Карадагского землетрясения М. М. Бронников оценивает в 9 баллов. Причем он считает, что оно было несколько сильнее Андижанского и слабее Верненского. В г. Карадаге погибло 567 человек, а в селениях — около 500 человек. Карадаг, застроенный в основном зданиями сельского типа, был почти полностью разрушен. В неменьшей степени были разрушены и многие здания, расположенные вблизи селения.

ГЛАВА I

СЕЙСМИЧНОСТЬ ТУРКМЕНИИ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ЕЕ ТЕРРИТОРИИ

1. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ПРОШЛОМ

Туркменская ССР расположена в самой южной части Советского Союза. На западе ее ограничивают Каспийское море, на юге — хребты Копет-Дага и предгорья Парапамиза. Восточная граница Туркменистана идет вдоль Аму-Дарьи, северная — уходит к плато Усть-Урт.

Большинство населенных пунктов расположено в южной части республики, вдоль хребта Копет-Дага.

В различных литературных источниках можно познакомиться с многочисленными землетрясениями, происходившими в этих районах еще в глубокой древности. Землетрясения в отдельных случаях достигали катастрофической силы, вызывавшей большие повреждения зданий и сооружений и сопровождавшиеся большим количеством человеческих жертв. Об этом говорят результаты раскопок Ак-Тепе и Старой Несы, разрушенных землетрясениями в начале нашей эры. Позднее также происходили землетрясения большой разрушительной силы.

Ниже приводится описание наиболее разрушительных землетрясений, происшедших на территории Туркменской ССР за последние 70 лет.

В 1893 г., 17 ноября произошло сильное землетрясение в Иране и районе Кучана. По определению А. В. Вознесенского интенсивность его достигала 9 баллов, а область распространения — 150 000 $км^2$. Повторные толчки ощущались до весны 1894 г. Горный инженер Л. И. Цимбаленко по этому поводу пишет: «В 7 час. 17 ноября 1893 г. внезапный удар развалил город Кучан, как карточный домик; погибло около 5000 жителей и 1,5 тыс. голов скота, т. е. не менее $^1/_3$ жителей и $^1/_2$ всего скота. Зданий, уцелевших от землетрясений в городе Кучане, не видел, а те, которые устояли и не обратились в груды обломков и мусора, сильно пострадали, покрыты многочисленными трещинами и почти повсюду разорваны на части; там

угол отбит, здесь одна стена отвалилась, и остальные едва держатся и т. д. Таковы мечеть и минарет, кои разрушены совершенно, дворцы Кучанского Ильханы и пр... В некоторых 2-этажных домах сильнее пострадали нижние этажи вследствие сейсмического удара».

Городские дома в Кучане были построены из глины, сырца и обожженного кирпича; много домов было с деревянным фахверком, заполненным глиной или кирпичом. Наибольшим разрушениям подверглись глинобитные здания и здания из сырцового кирпича: все они обратились в груды развалин. Здания из обожженного кирпича на хорошем растворе оказались более устойчивыми. Наибольшей устойчивостью отличались фахверковые здания, особенно с заполнением из обожженного кирпича. Все глинобитные заборы в городе разрушились. В аулах, расположенных в окрестностях города, также разрушены все глинобитные постройки.

17 января 1895 г. в Кучане вновь произошло сильное землетрясение. На этот раз погибло около 8000 человек. Отмечены большие обвалы и трещины в горах, окружающих Атрекскую долину. Сила в эпицентре оказалась выше 9 баллов. Область распространения около 200 000 *км*^{2}. В Геок-Тепе и Теджене это землетрясение отмечалось силою в 4 балла, в Каахке — 5 баллов.

Через полгода после второго Кучанского землетрясения, 9 июля 1895 г., произошло третье сильное землетрясение, известное в литературе под названием Красноводского. Сила этого землетрясения в эпицентре — более 9 баллов. Землетрясение сопровождалось обвалами в горах, образованием трещин в земле, нарушением деятельности источников, искривлением железнодорожных рельсов, затоплением участков морского берега, разрушением построек и т. д.

Между 1896 и 1928 гг. в южной части территории Туркмении зарегистрировано до 80 землетрясений, в том числе: в Ашхабаде — 12 и в Красноводске — 24. Большая часть этих толчков относится к категории не сильных (3—4 балла). Некоторые из них достигали 5—6 баллов и лишь сила трех землетрясений приближается к 7 баллам. По данным профессора Г. П. Горшкова с 1893 г. по 1948 г. в г. Ашхабаде зарегистрировано 22 землетрясения. Одно из них было 7-балльным, одно 6-балльным, два 5-балльными и восемнадцать 4-балльными.

Наиболее сильное из них произошло 1 мая 1929 г. Эпицентр землетрясения находился в пределах Ирана, в районе Атрека, где сила удара оценивалась примерно в 9 баллов, причем в этом районе погибло 3250 человек. Зона 9-балльной интенсивности охватила также ряд населенных пунктов Туркмении. По сведениям специальной правительственной комиссии общее число поврежденных строений составляет 2602. В Фирюзе по-

страдали все 161 здание, из них разрушены полностью — 18. В Гермабе разрушены целиком все государственные и частные постройки (31 здание). В г. Ашхабаде из 522 зданий государственных учреждений повреждено 187, т. е. 36%; из них 4 здания разрушены полностью, 73 здания серьезно повреждены и 110 повреждены частично. Сила проявления этого землетрясения в г. Ашхабаде оценивается в 7 баллов.

Характер повреждения зданий и другие признаки проявления этого землетрясения в Ашхабаде могут быть вкратце представлены следующими данными. Сильно пострадали школьные здания. Одно из них — здание счетно-канцелярских курсов отремонтировать было невозможно. В ряде других зданий школьного типа возникло много трещин. Пострадали здания: Наркомпроса, 1-й и 2-й амбулаторий, бактериологической лаборатории, яслей, дома матери и ребенка, городской больницы, больницы Красного креста и т. д. Значительно пострадали казармы ашхабадского гарнизона, в стенах которых образовались опасные трещины. В доме Красной Армии рухнула стена летней сцены. На хлебозаводе разрушена стена хлебохранилища. На складах Нефтесиндиката из нефтяных баков было выплеснуто много нефти. Стены многих жилых домов дали трещины. Были несчастные случаи в виде ранений.

Однако нормальная жизнь города нарушилась лишь на очень короткое время. Кратковременно прервалась телефонная связь. Промышленные предприятия в городе не имели почти никаких повреждений. На железной дороге также все обошлось благополучно.

После землетрясения было отмечено увеличение дебита воды в реках Ашхабадке, Фирюзинке и Гермабке.

2. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В 1948 г.

6 октября 1948 г., в 01 ч. 12 м. 08 с. по местному времени в г. Ашхабаде произошло самое сильное в мире за последнюю четверть века землетрясение. За 15—20 секунд значительная часть города была разрушена. Колебания почвы были настолько сильными, что людям нельзя было держаться на ногах. Рабочие ночной смены мотовозного депо Ашхабадской железной дороги были сбиты с ног первым же толчком и, едва поднявшись, снова падали. Стоящие в депо мотовозы были опрокинуты. Около ст. Гяус был сброшен с рельс целый состав товарного поезда вместе с тепловозом. Спящие люди сбрасывались с кроватей, а сидящие — со стульев. Пытавшиеся выскочить из домов не могли достигнуть двери, так как их бросало из стороны в сторону. Многие не могли выйти из помещений потому, что двери оказались заваленными упавшими стенами или защемленными в дверных коробках перекосом стен, происшедшим в

свою очередь от деформации последних. Пыль поднявшаяся от разрушившихся зданий, повисла над городом густой пеленой, усилила мрак безлунной ночи, что мешало людям ориентироваться в такой обстановке.

Для характеристики впечатлений и ощущений от землетрясения приводим некоторые из рассказов местных жителей. «Я сидела на кровати, а моя тринадцатилетняя дочь спала — рассказывала портниха Ашхабадского Государственного театра оперы и балета Е. И. Малышева. — Неожиданным странным толчком меня сбросило с кровати под стол. Моя дочь также оказалась на полу и нас, охваченных ужасом, задыхающихся от пыли, быстро засыпало кирпичом. Один из первых кирпичей ударил дочь по лицу и она начала кричать. Я, к счастью, не была завалена полностью, как моя дочь, и, освободившись из-под обломков, тотчас же бросилась ее спасать. Не могу вспомнить, что происходило в период наших усилий, направленных к собственному спасению, но когда опомнились, то первым делом убедились в том, что наши кости целы и лишь после этого обратили внимание на наше положение. Непонятным для нас образом мы очутились на крыше. Изумленные этим обстоятельством подползли к ее краю и обнаружили, что она лежит на земле. Услышав вокруг крики и топот бегущих людей, мы бессознательно начали пробираться вперед и скоро оказались на дороге. Потрясенные, избитые и изрезанные мы только здесь почувствовали себя в безопасности».

Другой очевидец землетрясения — управляющий овцеводческим совхозом, расположенным в районе эпицентра Курру-Гаудане, — т. Коробченко рассказал: «В день накануне землетрясения чабаны, пасшие овец, обратили внимание на то, что животные сбивались в группы и не паслись, но не придали этому значения. В 12 часов ночи 5 октября был закончен киносеанс в нашем совхозе, на котором присутствовало 55 человек зрителей. Томимый какой-то непонятной для меня тревогой, я отменил второй сеанс, не придавая значения вызванному этим распоряжением неудовольствию, особенно со стороны приехавших из степи работников совхоза. Придя домой, я хотел лечь спать и сел на кровать, но вдруг сильнейшим толчком был отброшен к окну, затем от окна к столу, на который и упал животом. Толчки были вертикальные, переходящие в горизонтальные. Выбравшись из дома я увидел, что хозяйственные и жилые постройки из сырцового кирпича были превращены в руины за исключением некоторых, стены которых обрушились неполностью. Я понял, что если бы состоялся второй сеанс кино, то совхоз оказался бы не только без построек, но и без людей. Колебания продолжались еще долгое время и нередко довольно сильные. Однажды они повторились, когда я ехал на лошади. Сбитая с ног лошадь отказалась продолжать путь, пока не закончилось землетрясение».

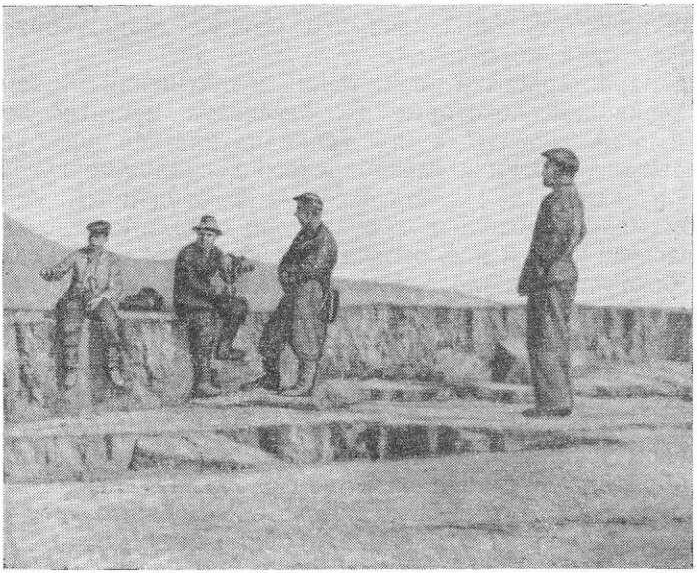


Рис. 12. Нарушения земной поверхности в районе эпицентра Курру-Гаудане

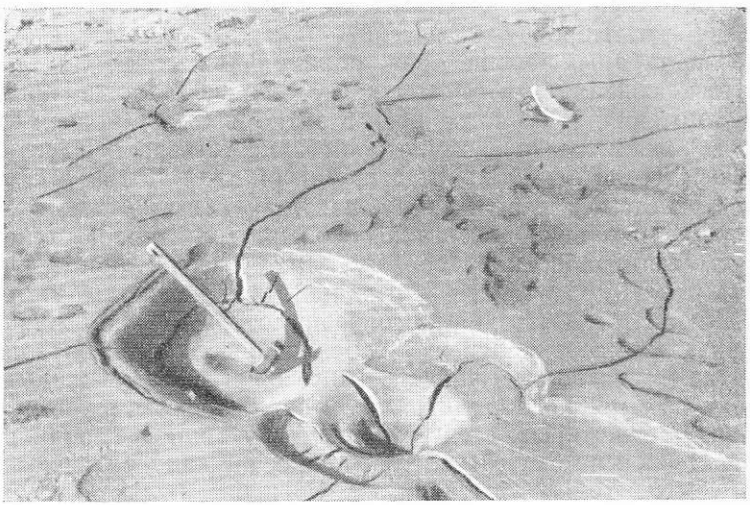


Рис. 13. Грязевые вулканчики, образовавшиеся в районе эпицентра

В районе эпицентра имели место тектонические разломы земной коры и нарушения ее в виде сбросов, надвигов и образованием грязевых вулканчиков (рис. 12, 13).

Все эти факты характеризуют происшедшее землетрясение как весьма интенсивное. Однако сила его проявлялась различно в разных местах, иногда расположенных в непосредственной

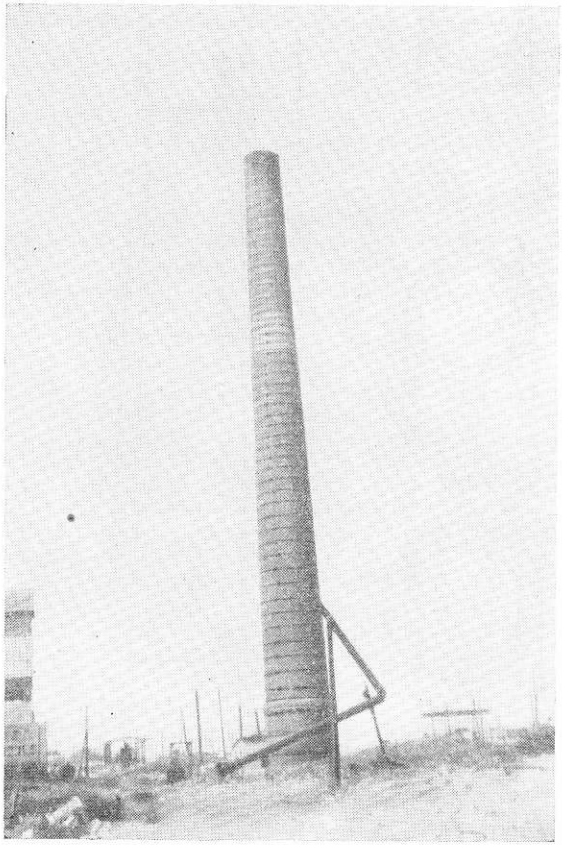


Рис. 14. Кирпичная дымовая труба механического стекольного завода. Верхняя часть около 15 *м* обрушилась

близости друг к другу, что можно объяснить разнообразием геологических и гидрогеологических условий. Большинство пострадавших селений было разбросано вблизи гор. Те из них, которые были расположены на конусах выноса с отложениями галечника и низким стоянием грунтовых вод, оказались в более благоприятных условиях, чем те, которые находились в

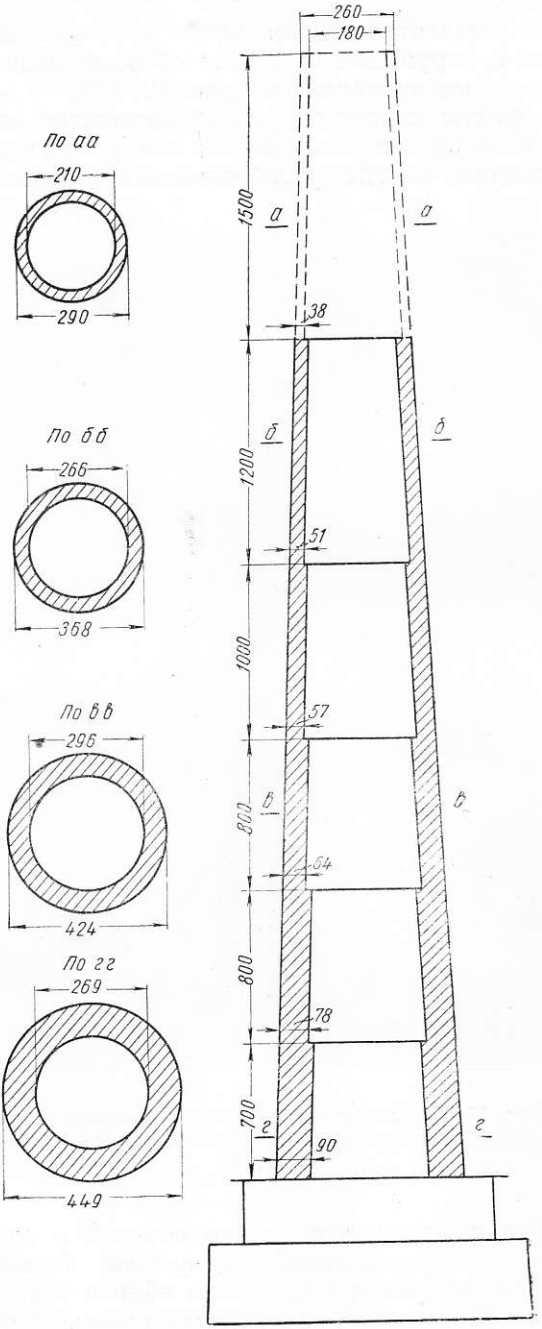


Рис. 15. Схематический чертеж кирпичной дымовой трубы

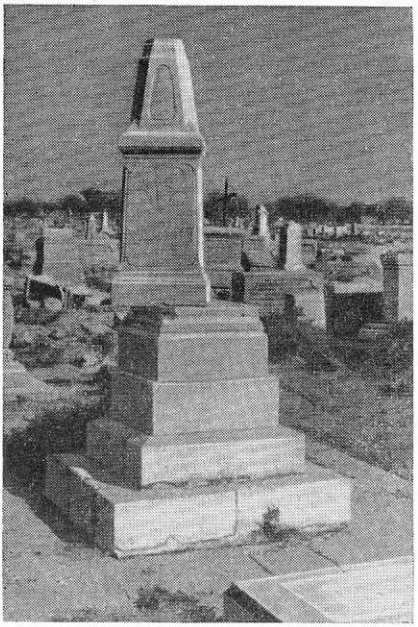


Рис. 16. Надгробный памятник, повернувшийся на постаменте во время землетрясения



Рис. 17. Надгробные памятники, сдвинутые и повернутые на постаменте или опрокинутые

межконусных понижениях участка с мелкодисперсной структурой грунтов и с неглубоким уровнем стояния грунтовых вод. В г. Ашхабаде интенсивность землетрясения также была различной в зависимости от геологических и гидрогеологических условий. Если в западной части города и на других повышенных участках с глубоким залеганием грунтовых вод с мощными гравийно-галечными отложениями интенсивность землетрясения находилась в пределах 8 баллов, то на остальной территории города сила его была не менее 9 баллов, причем нарастание интенсивности совпадало с ухудшением геологических и гидрогеологических условий местности.

В связи с тем, что Ашхабадской сейсмологической станцией не было произведено инструментальной фиксации землетрясения, установить действительную величину ускорения в период сейсмических колебаний не удалось. Попытка определить эти параметры сейсмического движения расчетным путем по поведению фабричных дымовых труб (рис. 14, 15*), надгробных памятников (рис. 16, 17) и отдельно стоящих кирпичных столбов с рядом условных допущений и упрощений позволила установить, что период колебаний земной поверхности в главной фазе землетрясения находился в пределах от 0,27 до 1,2 сек., а величина ускорения земной поверхности, при которой должно было наступить имевшее место скольжение или опрокидывание надгробных памятников и кирпичных столбов, колебалась в пределах от 2 800 до 8 300 *мм/сек*^{2}.

На основании анализа не только приведенных фактов, но и многих других, можно сказать, что:

а) во время землетрясения интенсивность колебаний, вызывавших опрокидывание столбов, надгробных памятников и разрушения других конструкций, была весьма велика;

б) короткопериодные волны, предшествовавшие длиннопериодным, расстраивали кладку стен ашхабадских зданий, выполненных на плохом растворе, что облегчало длиннопериодным волнам дальнейшее разрушение до катастрофических размеров;

в) величина ускорения короткопериодных колебаний, очевидно, намного превышала величину сопротивления трения камня о камень, т. е. 0,5 g, что и дало повод жителям единогласно утверждать, что они испытывали сильные и резкие толчки во время землетрясения.

В заключение следует указать, что обобщение множества наблюдений над направлениями падения и смещения памятников, печных труб, кирпичных столбов и колонн показывает, что доминирующие колебания происходили в направлении СЗ—ЮВ.

---

* В этом рисунке и в ряде последующих пунктиром показаны разрушенные землетрясением части зданий и сооружений.

ГЛАВА II

ПОВРЕЖДЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

1. ОДНОЭТАЖНЫЕ СЫРЦОВЫЕ ЖИЛЫЕ ДОМА

Бо́льшую часть жилого фонда г. Ашхабада составляли одноэтажные дома из сырцового кирпича. Сырцовые жилые постройки, в основном, строились с плоской глиняной крышей азиатского типа и лишь иногда встречались дома с двускатной или шатровой крышей, покрытой кровельным железом.

Фундаменты этих домов в большинстве случаев были заложены на глубину 0,3—0,5 *м* и сложены из известняка или песчаника. Сырцовый кирпич для стен готовился из местных лессовидных суглинков, употребляемых также для приготовления раствора. Толщина стен из сырцового кирпича — в пределах 50—65 *см*. Перегородки состояли из фахверков, представляющих собой ряд стоек, поставленных на расстоянии 1—2 *м* друг от друга с врезанными в них или прибитыми к ним взаимно перекрещивающимися раскосами из досок, заполненных кладкой из сырцового кирпича. Толщина таких перегородок была равна ширине кирпича. Деревянные перемычки над окнами и дверями выполнялись из брусьев, кругляка или из толстых досок. Плоские глиняные крыши совмещались с потолочными перекрытиями. Расстояния между внутренними поперечными стенами были не более 8 *м*. Высота помещений от пола до потолка составляла от 2,5 до 3,5 *м*. Стены и потолки были покрыты глиносоломенной или глиняной штукатуркой; часть потолков была подшита фанерой. Применялись печи разных типов, в железных кожухах и без кожухов. Таковы в общем были конструкции жилых построек из сырцового кирпича.

Груды развалин с торчащими кое-где печами и остатками стен — вот все, что осталось от сырцовых жилых домов в зоне 9-балльного землетрясения (рис. 18). Изучение поведения зданий из сырцового кирпича во время землетрясений неизменно приводит к одному выводу: в районах с интенсивностью землетрясений в 9 баллов нельзя допускать строительство жилых домов с несущими стенами из сырцового кирпича без применения эффективных антисейсмических мероприятий.

Как упоминалось ранее, сила землетрясения в Ашхабаде была неодинаковой. В частности, на западной окраине города, в районе Кеши, землетрясение не превышало 8 баллов. Это обстоятельство не могло не отразиться на характере разрушений и повреждений сырцовых построек. Многие небольшие дома в этой зоне хоть и были повреждены, но не в такой степени, чтобы их нельзя было отремонтировать. По мере увеличения размеров зданий в плане и по высоте степень повреждений увеличивалась. Повреждения концентрировались в местах пересечения стен, вдоль подоконников и деревянных перемычек.



Рис. 18. Дом во дворе главного почтамта из сырцового кирпича полностью разрушился

Щипцовые стены, парапеты и фронтоны оказывались наиболее уязвимыми. Наличие контрфорсов увеличивало устойчивость стен только в тех случаях, если расстояния между контрфорсами не превышали 2,5—3 *м*. Над деревянными перемычками, если они были сделаны из досок толщиной 5—6 *см*, почти всегда проходили трещины, что можно объяснить несоответствием сечения перемычек нагрузке, которую они несли. Особенно сильно повреждались или разрушались сырцовые стены, ослабленные дымоходами, нишами или оконными и дверными проемами. Плоские тяжелые глиняные крыши, создающие при землетрясении большую инерционную нагрузку, приложенную в верхнем участке стен, увеличивали степень разрушения построек.

Сравнительно небольшая глубина заложения фундаментов мало отражалась на сейсмосопротивляемости жилых зданий.

Здание *общежития сельскохозяйственного института и сельскохозяйственного техникума,* находящееся в районе Кеши, заслуживает внимания. Общежитие имеет довольно сложную конфигурацию в плане (рис. 19) и построено из сырцового кирпича. Толщина стен — 51 *см*, высота от пола до потолка 5 *м*, окна размером 2 × 2,4 *м*. Стены оштукатурены глино-саманным раствором. Потолки фанерные. Наружная дворовая продольная стена северного корпуса *А* имеет длину 38 *м*, а восточного *Б* — 50 *м*. Связь этих стен с другими стенами осуществлена только через деревянные потолочные перекрытия. Антисейсмического пояса не имеет. Кровля железная. Печи, за исключением одной круглые в кожухах из кровельной стали. Наиболее сильные повреждения оказались в торцовой части корпуса *А*, где юго-западный угол отвалился, а внутренняя продольная стена на протяжении 10 *м* от торца разрушена; по линии пересечения стен и на уровне подоконников образовались трещины. Трубы упали, но печи не получили повреждений и даже разделки в $^1/_2$ кирпича между печами и стенами уцелели. Общежитие было отремонтировано и заселено студентами.

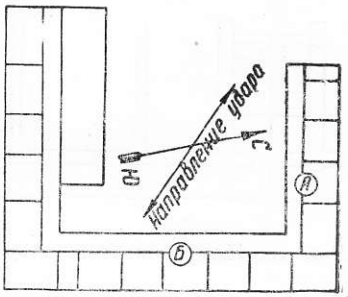


Рис. 19. Схема плана общежития сельскохозяйственного техникума

Здание общежития, построенное без соблюдения антисейсмических правил (большая площадь здания без разделения на отсеки, сложность конфигурации в плане, значительное расстояние между поперечными стенами, отсутствие антисейсмического пояса и т. д.), как сказано выше, не только не было полностью разрушено, но его повреждения можно считать умеренными. Это обстоятельство указывает на то, что в данном районе имелись острова, где интенсивность землетрясения снижалась до 7 баллов. Это же подтверждается характером поведения стоящего рядом огромного *учебного корпуса,* построенного из сырцового кирпича с еще большими нарушениями норм антисейсмического строительства. Здание не разрушилось, а подверглось лишь повреждениям, аналогичным повреждениям общежития.

2. 2-ЭТАЖНЫЕ КИРПИЧНЫЕ ЖИЛЫЕ ДОМА С ПРОСТОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ В ПЛАНЕ

1. *12-квартирный 2-этажный кирпичный жилой дом* (корпус № 1 на рис. 24) в центральной части города на ул. Шевченко, имеет простую конфигурацию плана, без выступов (рис. 20). Высота дома от обреза фундаментов до верха карниза 7,85 *м*. Схематический разрез дома приведен на рис. 21.

Грунт — супесчано-суглинистый мелкозернистый, переходящий на глубине 3,5—4 *м* в гравийно-галечные отложения. Грунтовые воды залегают на глубине около 16 *м*. Интенсивность земле-

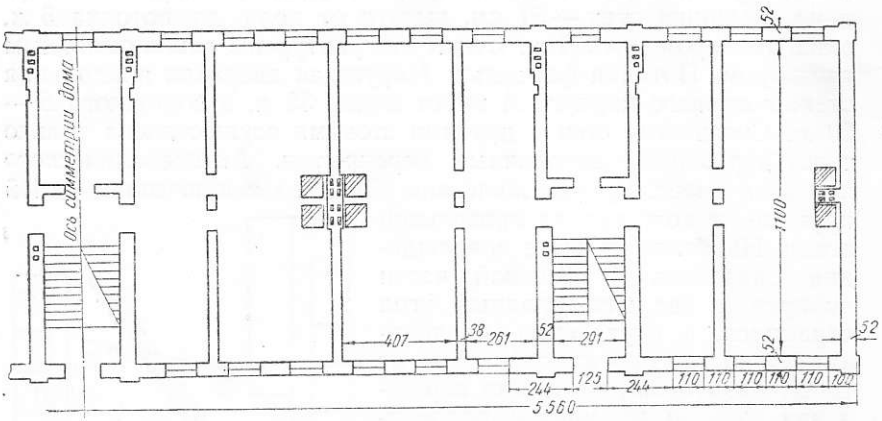


Рис. 20. План 1-го этажа двухэтажного кирпичного жилого дома № 15 по улице Шевченко

трясения в данном районе приближалась к 9 баллам. Фундаменты сложены из известняка на смешанном растворе марки 15. Глубина заложения фундаментов — 1 *м*. Никаких повреждений в них не было. Наружные стены толщиной 51 *см* и внутренние стены толщиной 38 *см* возведены из обожженного кирпича на прочном сложном растворе. Карнизы кирпичные с выносом на 25 *см*. Антисейсмические железобетонные пояса уложены на уровне перемычек 2-го этажа по наружным стенам с запуском в поперечные стены «хвостов» длиною 1,5—2 *м*. Перегородки фахверковые. Перекрытия деревянные, не связанные со стенами. Крыша — двухскатная с асбестофанерным покрытием.

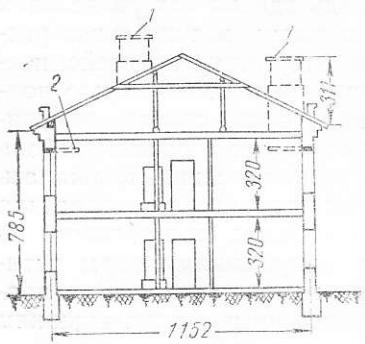


Рис. 21. Разрез двухэтажного жилого дома № 15 по ул. Шевченко

1—разрушенная дымовая труба; *2*—железобетонный антисейсмический пояс

Обращает на себя внимание четкая и целесообразная сеть капитальных стен: продольные наружные стены через 3—4,5 *м* связаны поперечными стенами, при этом все балки перекрытий уложены в одном направлении и обеспечивают равномерное распределение сейсмической нагрузки между поперечными стенами. Такая схема планировки капитальных

стен показала себя с наилучшей стороны и должна найти широкое применение в антисейсмическом строительстве.

По фасадной стене возникли трещины шириною до 2 *см* на крайних угловых простенках, ниже уровня антисейсмического пояса. В других простенках трещины ничтожные, почти волосные. Восточная торцовая стена прорезана крестообразной трещиной шириной с раскрытием до 4 *см* (рис. 22). Малые повреждения фасадных стен отчасти объясняются тем, что ширина простенков одинакова на всем их протяжении и лишь

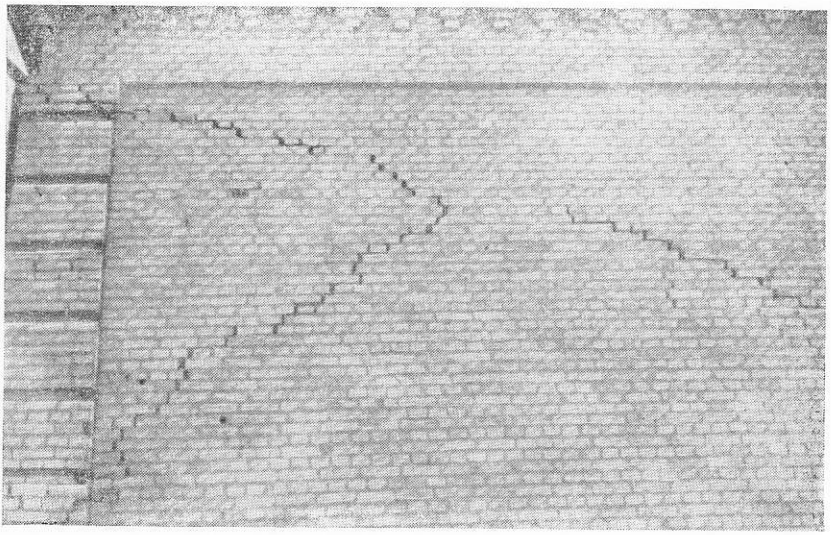


Рис. 22. Восточная торцовая стена с крестообразной трещиной

у лестничных клеток ширина простенков в 2 раза больше. Кроме того, нагрузка от перекрытий передается на поперечные стены, а простенки несут незначительную нагрузку только от крыши. Фасадная стена со стороны улицы оторвалась от поперечных стен и отошла от них на 4 *см*.

У части внутренних поперечных стен в пределах 1-го этажа появились незначительные, почти волосные трещины. Во 2-м этаже трещины диагонального направления проявились значительней и ширина их доходит до 1,5 *см*. Внутренние продольные стены лестничных клеток повреждены больше других. Стальные сварные косоуры, опирающиеся на стальные площадочные балки, и ступени повреждений не получили. Железобетонные сборные плиты, уложенные на полки стальных двутавровых балок и перекрывающие лестничные клетки, местами выпали, так как не были ни замоноличены, ни связаны с балками. Стены, через

которые прошли дымоходы, пересечены диагональными трещинами; трещин же вдоль дымоходов не обнаружено. Все печи без кожухов и развалились. Оголовки труб попадали. Штукатурка на потолках сохранилась удовлетворительно, на стенах же во многих местах отслоилась. Заполнение фахверковых перегородок местами выпало. В общем, здание противостояло землетрясению гораздо успешней, чем можно было ожидать, учитывая такие существенные недостатки, как отсутствие антисейсмического пояса в 1-м этаже, замена его на поперечных стенах короткими «хвостами» и пренебрежение такой важной мерой, как анкеровка балок перекрытия в стенах (рис. 23).

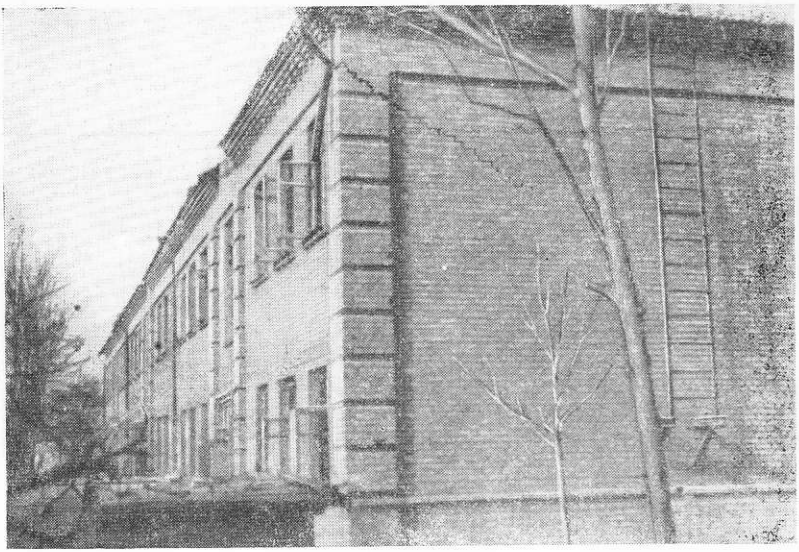


Рис. 23. Дворовый фасад двухэтажного кирпичного жилого дома. Конструкции стен и карниза решены без выступающих элементов

2. На расстоянии около 200 *м* от описанного дома, на Октябрьской ул. (недалеко от конца ул. Карла Маркса) расположены три дома, планировка и конструкция которых ничем не отличается от описанного жилого дома на ул. Шевченко, так как они были построены по одному и тому же проекту. Отличие состоит только в ориентировке одного из корпусов по отношению к направлению сейсмического удара. Грунты под зданиями, их мощность до уровня грунтовых вод также аналогичны. Повреждения здесь носят более серьезный характер. Рассмотрим характер повреждения каждого корпуса в отдельности.

а) *Корпус № 2* (рис. 24) выходит фасадом на Октябрьскую улицу. Повреждения в 1-м этаже не настолько велики, чтобы внушать чувство страха его обитателям, продолжавшим в нем жить, но во 2-м этаже повреждения настолько значительны, что он оказался непригодным даже для временного проживания и подлежал разборке, хотя по внешнему виду это не заметно (рис. 25).

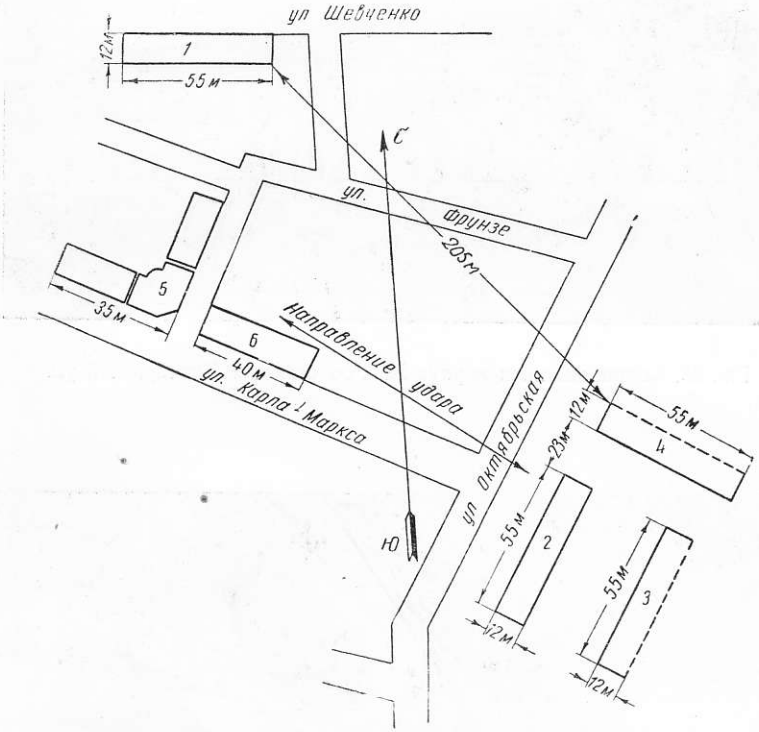


Рис. 24. Схема расположения домов

б) *Корпус № 4* ориентирован перпендикулярно корпусу № 2, т. е. положение по отношению к направлению главного сейсмического луча почти такое же, как и дома на ул. Шевченко. Полная аналогия в планировке и конструкции и ориентации не дала подобия в повреждениях. Северная наружная стена этого корпуса оторвалась и обвалилась на всем протяжении, причем линия отрыва прошла через поперечные стены, начиная с конца «хвостов» антисейсмического пояса (рис. 26) до места пересечения стен и далее по месту их пересечения. Стена вывалилась вместе с антисейсмическим железобетонным поясом. При слабом сцеплении известкового раствора с кирпичом выдергивание полуторакирпичных «хвостов» антисейсми-

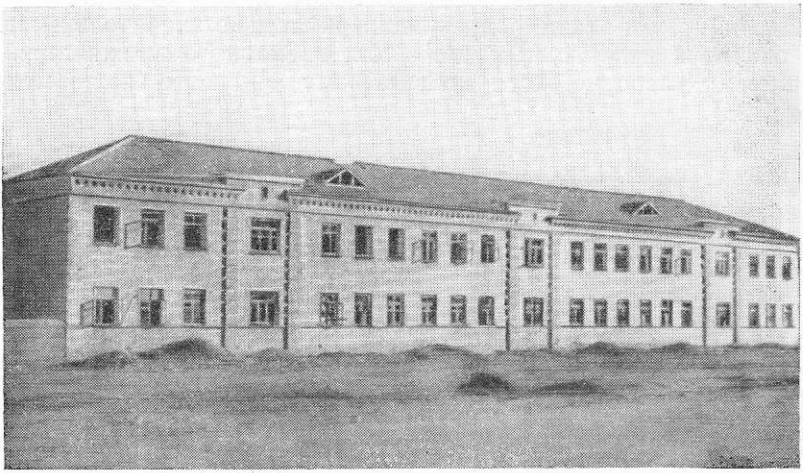


Рис 25. Сохранившийся корпус № 2 со стороны Октябрьской ул.



Рис. 26. Разрушенная продольная стена корпуса № 4 с северной стороны

ческого пояса из поперечных стен произошло легко; по той же причине стены не могли противостоять скалывающим усилиям. Трещины от мест скалывания и отрыва стен друг от друга прошли по вертикальным и горизонтальным швам, причем кирпичи оказались неповрежденными, что лишний раз подтверждает весьма низкое качество кладки. Южная фасадная стена не упала и мало повреждена, хотя и оторвалась от поперечных стен и отошла от них во 2-м этаже на расстояние до 10 *см*.

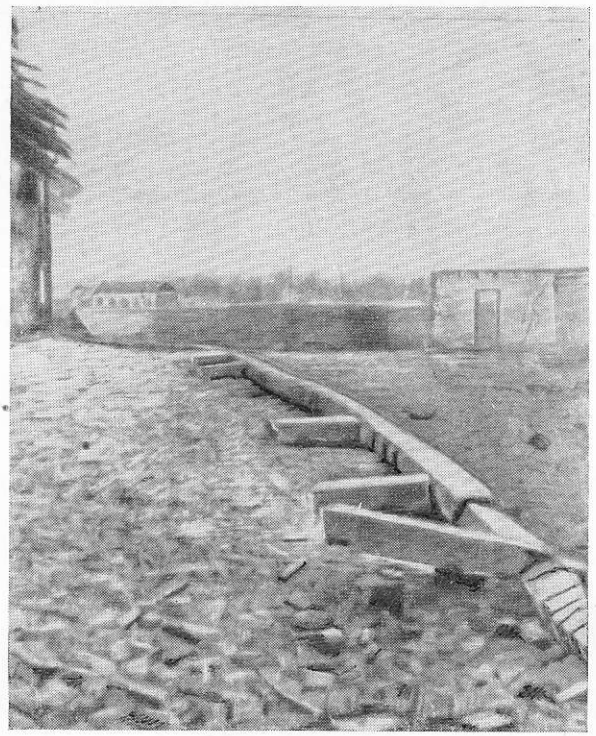


Рис. 27. Обрушившийся железобетонный антисейсмический пояс с «хвостами» (корпус № 3)

Корпус № 3, находящийся на юго-востоке от корпуса № 2, подвергся также большим повреждениям. Повреждения обнаружены такие же, как и у корпуса № 4, но резче выраженные. Восточная наружная стена отвалилась на всем протяжении, а железобетонный антисейсмический пояс с «хвостами» вырван из поперечных стен и упал вместе с рассыпавшейся стеной (рис. 27). Сцепление между раствором и кирпичами в стене было настолько ничтожно, что кирпичная кладка при падении рассыпалась на отдельные кирпичи почти без следов раствора.

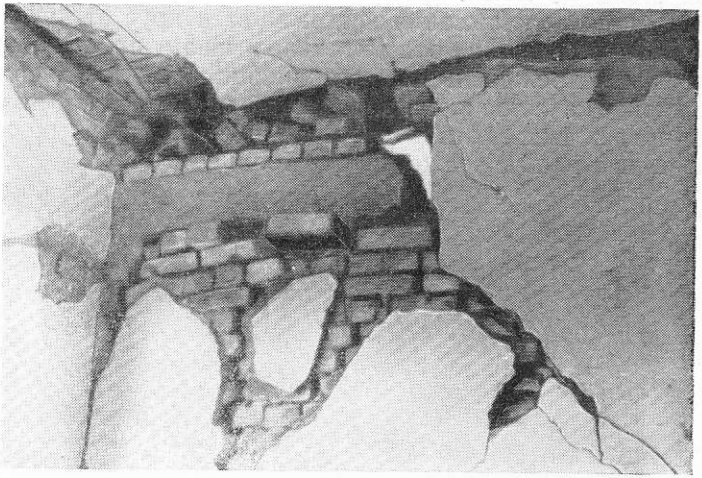


Рис. 28. Разрушение кирпичной кладки в местах примыкания поперечных стен к продольным

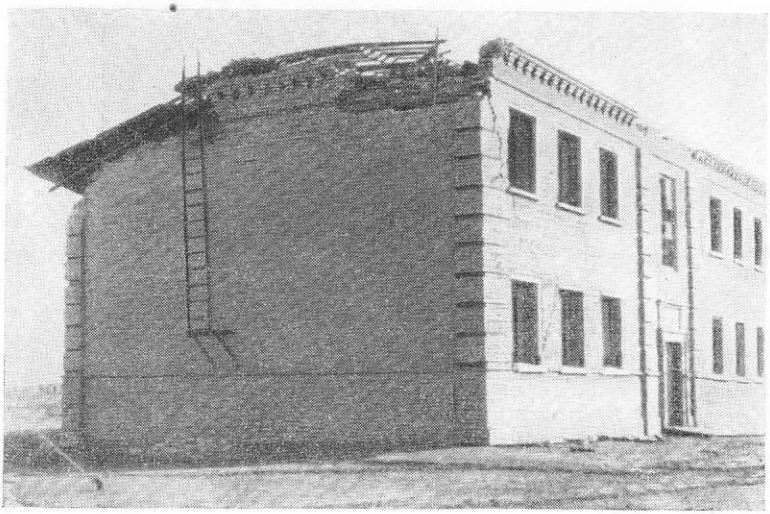


Рис. 29. Обрыв торцовой стены от наружной в корпусе № 3

Не подлежит сомнению, что кладка велась без полива кирпичей и представляла собой как бы кладку насухо. Западная наружная стена оторвалась от поперечных стен по той же схеме, как и в других зданиях (рис. 28). Торцовые стены повреждены менее (рис. 29), но также оторвались от продольных стен. Часть сборных железобетонных плит, перекрывающих лестничную клетку, выпала по причине отсутствия связи между ними и двутавровыми балками, на нижние полки которых опирались плиты.

Печи размером в плане 52×65 *см* без стальных кожухов, но со стальными каркасами, состоящими из четырех уголков 30×30 *мм*, поставленных по углам печей и связанных между собой катанкой сверху, снизу и посредине, имели ничтожные повреждения в виде волосных трещин. Очевидно, не только кожух из кровельной стали, но и стальной каркас даже самой простой конструкции в значительной степени предохраняет печи от разрушения во время землетрясения.

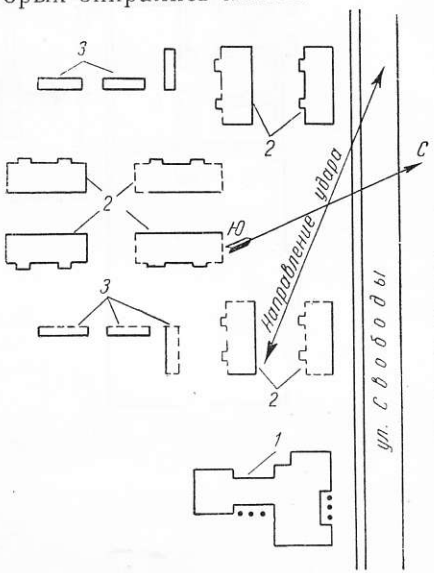


Рис. 30. Схема генерального плана участка второго железнодорожного городка (пунктиром показаны разрушенные стены)
1—клуб; *2*—жилые дома; *3*—сараи

3. *Второй железнодорожный городок* с восемью 8-квартирными жилыми домами (рис. 30) расположен в восточной части города по улице Свободы. Все дома были построены по одному проекту, с простой конфигурацией плана. Размер зданий в плане 10,5 × 42 *м*. Высота от обреза фундаментов до верха карниза 7,25 *м* (рис. 31). Предельная свободная длина капитальных стен — 10,5 *м*. Глубина заложения фундаментов — 1,6 *м*. Грунт песчано-глинистый мелкозернистый, мощностью до 10 *м*; глубина залегания грунтовых вод более 12 *м*. Толщина наружных стен, сложенных из обожженного кирпича, 51 *см*, а внутренних — 38 *см*. Железобетонные антисейсмические пояса заложены во вторых этажах на уровне оконных перемычек только по наружным стенам с запуском «хвостов» во внутренние стены на 1,5 *м*. Перекрытия и лестницы деревянные, перегородки фахверковые. Характер повреждений всех домов этой группы идентичен.

Фундамент, возведенный из песчаника на сложном растворе марки около 15, не имел никаких повреждений. Кирпичные



Рис. 31. План и разрез 8-квартирного жилого дома
1—«хвост» антисейсмического пояса



Рис. 32. Разрушение выступающей части стенки лестничной клетки и части фасадной стены

стены были сложены на таком же растворе, но благодаря тому, что кладка велась, по-видимому, без полива кирпича, прочность раствора не превышала марки 8, а на отдельных участках стен и того меньше. Лестничные клетки оказались разрушенными, чему способствовал, помимо слабого раствора, ряд конструктивных недочетов, к числу которых следует отнести ослаб-

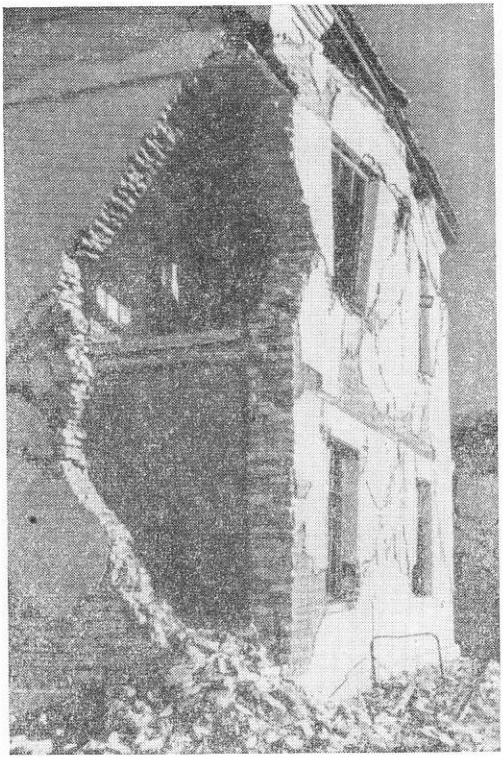


Рис. 33. Выпадение южного угла 8-квартирного 2-этажного жилого дома

ление стен дымоходами, нишами, очень высоким окном, простирающимся на полтора этажа и почти смыкающимся с дверным проемом парадного хода, и отсутствие антисейсмических поясов в поперечных стенах. В одном из домов отрыв передних стен лестничных клеток произошел по линии дымоходов и по окну около лестничной клетки (рис. 32). Железобетонный пояс (марка бетона которого не превышала 80, а армирование состояло из четырех стержней диаметром 10 *мм*) оказался слишком слабым и легко был разорван инерционными силами. Дере-

вянные лестничные площадки, не скрепленные со стенами, упали вместе с деревянными маршами. Повреждения наружных стен в промежутке между лестничными клетками также весьма значительны, а в юго-западном и южном углах — катастрофического характера. Юго-западный угол вместе с примыкающей лестничной клеткой разрушен полностью. Южный угол (рис. 33) выпал, чему способствовало отсутствие связи перекрытия со стенами.

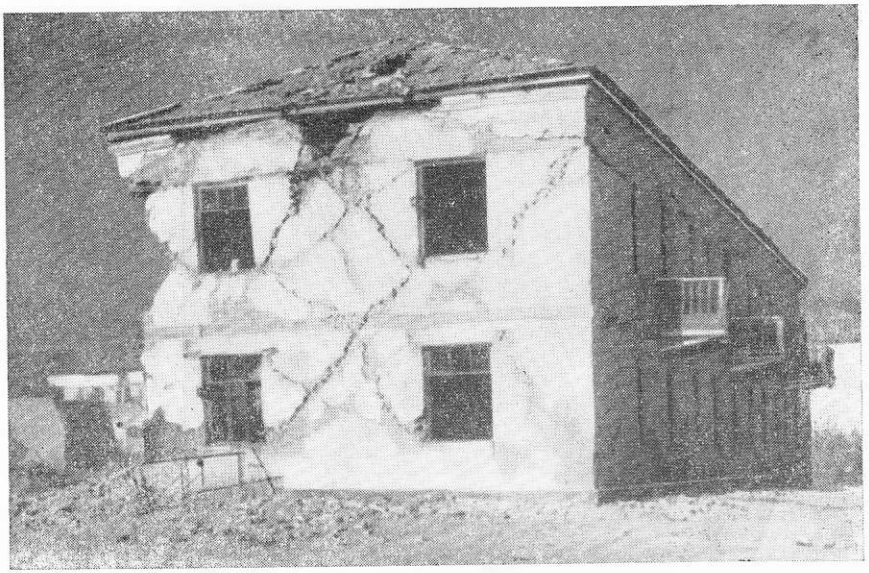


Рис. 34. Разрушение торцовой стены с широким простенком в месте примыкания к внутренней продольной стене

В местах примыкания поперечных стен к продольным образовались вертикальные трещины. Юго-восточная торцовая стена оторвалась от продольных стен и отошла, выпучившись, от внутренней продольной стены на 25 *см*, причем «хвост» железобетонного антисейсмического пояса оборвался, а пояс торцовой стены против оборванного «хвоста» раскрошился (рис. 34). Внутренняя продольная стена, ослабленная большим количеством дверных и печных проемов и дымоходов оказалась сильно повреждена косыми и перекрещивающимися трещинами. Северо-восточная продольная наружная стена значительно меньше пострадала, чем другие стены здания. Здесь косые трещины пересекли простенки, а горизонтальные трещины прошли на уровне верха окон около балконных дверей. По линии среза стена отошла наружу на 13 *см*. Крайние широкие простенки

срезались по диагональному направлению, с отрывом торцовых стен (рис. 35). Деревянные балконы, покоящиеся на железобетонных заделанных в стену 1,5-метровых консольных балках, сохранились, а повреждения, причиненные ими стенам, проявились в виде неопасных трещин по контуру заделки консолей.

Деревянные перекрытия не были связаны со стенами, вследствие чего деревянные балки, состоящие из спаренных досок, вышли из своих гнезд. Фахверковые перегородки с заполнением в $^1/_2$ кирпича на том же растворе, на каком выложены стены,

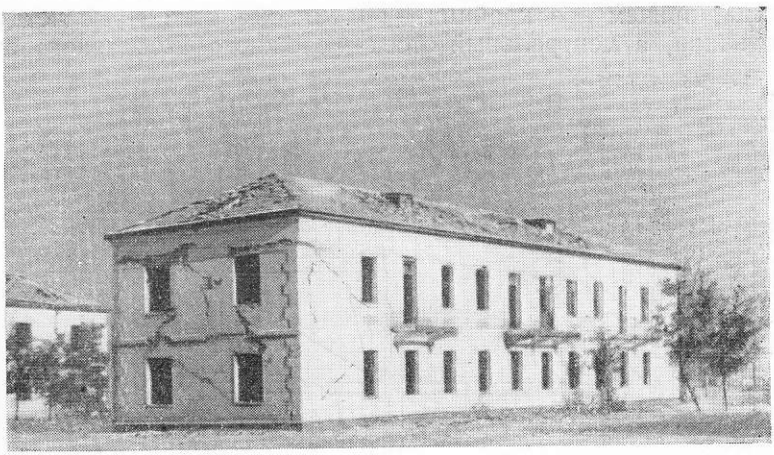


Рис. 35. Дом, пострадавший менее других, получил значительные трещины.

повреждены в верхних панелях, из которых выпало заполнение. Местами нарушены гвоздевые крепления узлов деревянного досчатого каркаса перегородок. Наслонные стропила, состоящие из досок, сплоченных гвоздями, оказались поврежденными лишь на участках разрушенных стен. Стропильные ноги были врезаны в мауэрлат, уложенный на образе стен без связи с последней, а в верхней части оперты на прогон, поддерживаемый кирпичными столбами сечением 38 × 38 *см*, и на досчатые подкосы, опиравшиеся на нижний прогон, уложенный по указанным столбам. Концы стропильных ног были выпущены за наружные стены на 50 *см* для крепления к ним верхней деревянной части карниза, нижнюю часть которого составляла выпущенная из стены кладка. Карниз хорошо сохранился за исключением мест, где произошло обрушение стен. На этих же участках, а также под упавшими дымовыми кирпичными трубами оказалась разбитой и черепичная кровля.

В остальных семи домах повреждения несколько меньшие, но все же настолько серьезные, что исключили возможность их восстановления для последующей эксплуатации.

3. 3-ЭТАЖНЫЕ КИРПИЧНЫЕ ЖИЛЫЕ ДОМА СО СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ В ПЛАНЕ

1. *18-квартирный 3-этажный кирпичный жилой дом* на углу улиц Кушкинской и Гоголя был построен в 1938 г. Интенсивность землетрясения в данном районе — 9 баллов. Здание разрезано двумя вертикальными антисейсмическими швами на три отсека, причем два крайних — правильные, вытянутые четырехугольники, а центральный отсек — сложного Г-образного очер-

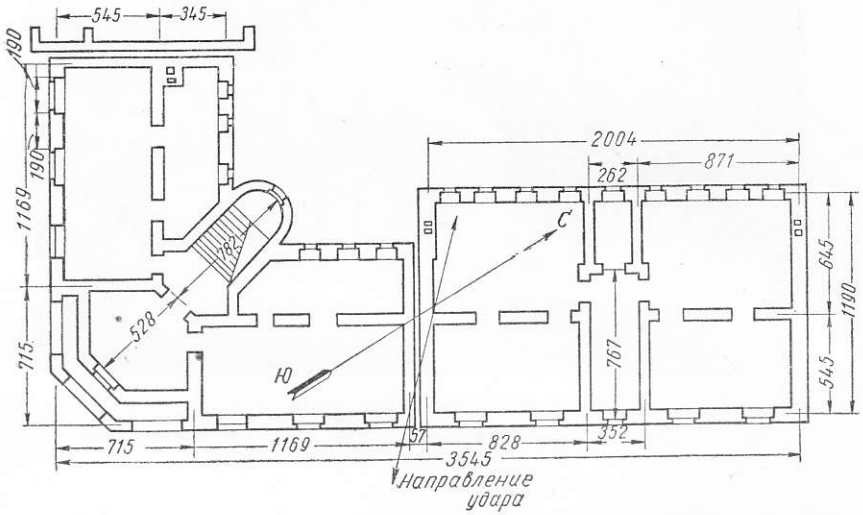


Рис. 36. План 1-го этажа 3-этажного жилого дома на углу ул. Гоголя и Кушкинской ул.

тания в плане со скошенным углом на уличном фасаде и с круглым выступом во входящем углу со стороны двора (рис. 36). Под всем зданием имеется подвал. Крыша двухскатная, стропила деревянные, кровля асбофанерная. Грунт — супесчано-суглинистый мелкозернистый мощностью до 10 *м*, подстилаемый гравийно-галечными отложениями. Глубина грунтовых вод более 12 *м*. Наружные стены подвального этажа толщиной 78 *см*, а внутренние — 64 *см* (рис. 37) сложены из обожженного кирпича на растворе марки 10. Перекрытие над подвальным этажом железобетонное монолитное.

В стенах подвального этажа особенно торцовых в пределах надземной части под окнами возникли трещины. Бетонные полы подвала также потрескались. Железобетонное перекрытие над подвалом повреждений не имело.

В первом этаже толщина наружных стен 64 *см*, внутренних — 52 *см*. На уровне перемычек по всем стенам этого этажа проходит железобетонный антисейсмический пояс толщиною 15 *см* и шириною 40 *см*. В пределах 1-го этажа получили тяжелые повреждения продольные наружные стены центрального отсека (рис. 38, 39, 40), а торцовые стены получили повреждения менее серьезного характера. Совсем ничтожные повреждения в виде волосных трещин образовались во внутренних стенах. Лестничные клетки и лестницы сохранились хорошо.

Во 2-м и 3-м этажах толщина наружных стен 51 *см*, а внутренних — 38 *см*. Повреждения наружных стен в этих этажах оказались весьма значительны особенно в 3-м этаже. Максимальные повреждения и разрушения сосредоточились в средней части центрального отсека (на изломе плана) и в торцовых стенах боковых отсеков. Наличие лоджий усилило повреждения. Угловые столбы лоджий и железобетонные плиты, служащие перекрытиями, плохо связанные со стенами, разрушились. Стрельчатые арки лоджий также разрушены. Лестничная клетка центрального отсека выходящая во двор и имеющая наружную стену полуциркульного очертания, в пределах этих этажей разрушилась (рис. 41).

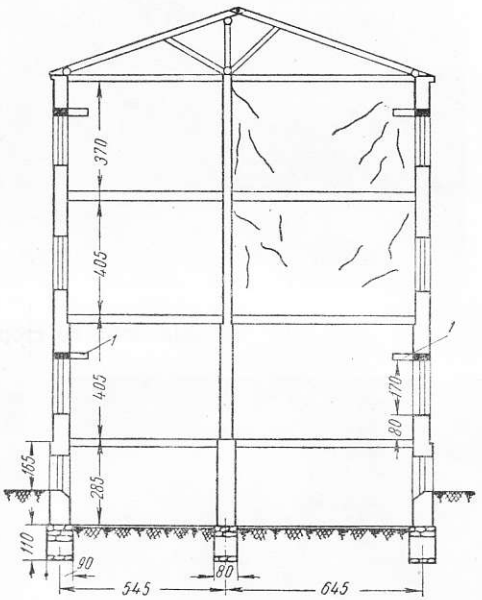


Рис. 37. Поперечный разрез 3-этажного жилого дома
1—«хвост» антисейсмического пояса

Во всех отсеках наружные и внутренние стены покрылись крестообразными трещинами. Часть торцовой стены крайнего отсека, выходящего на ул. Гоголя, отвалилась, а железобетонный антисейсмический пояс этой части стены повис в воздухе. Карниз во многих местах обрушен, чему способствовало то, что он был расположен на 1,2 *м* выше антисейсмического пояса 3-го этажа. Стены местами оторвались и отошли друг от друга на 8—10 *см*, причем слабо армированный железобетонный пояс, уложенный на уровне перекрытий 3-го этажа, разорвался. Недостаточная ширина вертикального антисейсмического шва в пределах 2-го и 3-го этажей была причиной сильного повре-



Рис. 38. Вид дома со стороны Кушкинской

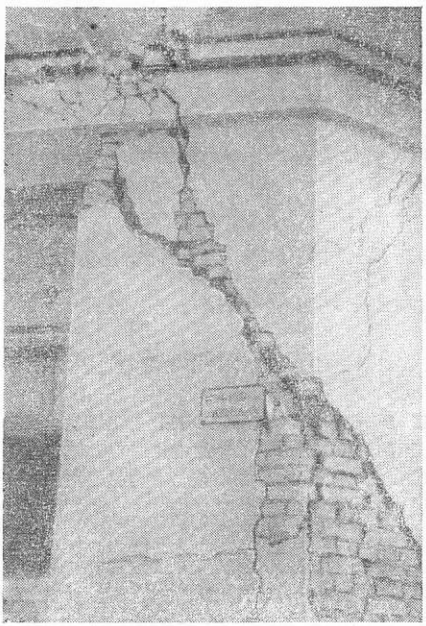


Рис. 39. Диагональная трещина в угловой кирпичной стойке дома

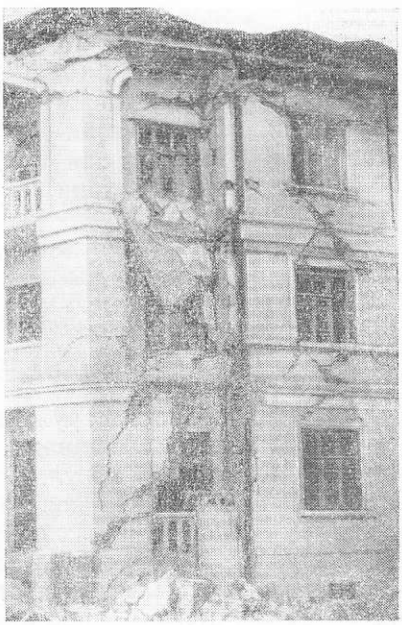


Рис. 40. Разрушение угловых лоджий. Сильно пострадали железобетонные плиты и обрушился карниз с парапетом

ждения стен, особенно в верхней части. Сильно повреждены лестничные клетки 2-го и 3-го этажей в крайних отсеках.

Железобетонные лестничные марши и площадки получили умеренные повреждения. Под балками лестничных площадок стены покрылись характерными вертикальными и косыми трещинами. Нельзя не отметить имевший место срез узких про-

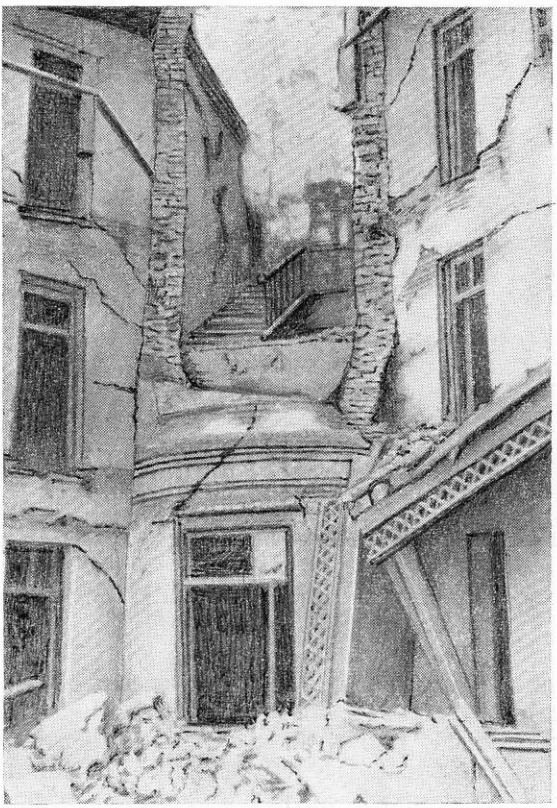


Рис. 41. Разрушение стены полукруглой лестничной клетки выходящей во двор (план дома на рис. 36)

стенков по линии подоконников и низа рядовых перемычек. Балки деревянных перекрытий над 2-м и 3-м этажами не могли препятствовать отрыву стен вследствие явно недостаточной связи их со стенами, осуществленной анкерами из полосового железа через две балки, и ввиду разрыва антисейсмического пояса над 3-м этажом.

Стойки деревянных веранд в 1-м этаже врублены в лежни, уложенные по кирпичному цоколю. Кирпичный цоколь разру-

шился на 50%. Бетонные ступени у входов на веранду 1-го этажа осели и разломились. Часть веранд разрушена главным образом упавшими на них стенами.

2. *Другой жилой дом по такому же проекту* был построен в 1940 г. на углу улиц 1 Мая и Андижанской. Разрушения его отличаются бóльшей катастрофичностью (рис. 42). Причиной больших разрушений является то, что здание расположено в зоне перехода предгорного рельефа в равнинный, т. е. оказались неблагоприятные в сейсмическом отношении условия. Стены 2-го и 3-го этажей части дома, выходящей на Анди-

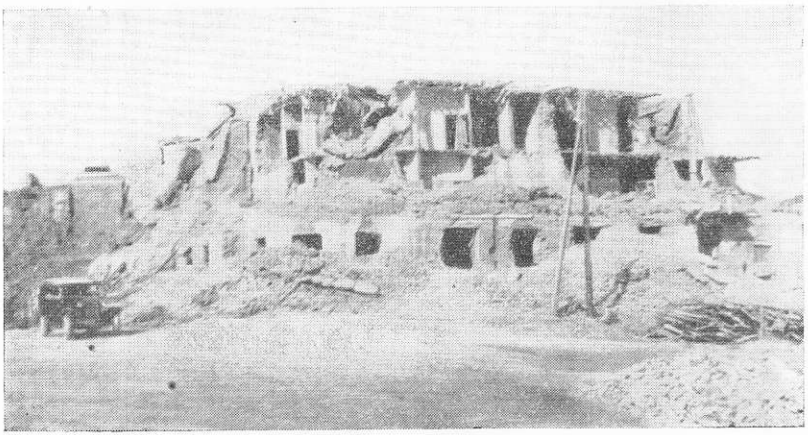


Рис. 42. Разрушения 3-этажного кирпичного жилого дома на углу улиц 1 Мая и Андижанской

жанскую улицу, упали или сильно разрушены. Крыша сброшена на восток. Торцовая стена вывалилась до уровня антисейсмического пояса 1-го этажа. Стены лестничных клеток обвалились и разрушили железобетонные марши и площадки лестниц. Железобетонный антисейсмический пояс на уровне перекрытий 3-го этажа разорвался и упал вместе со стенами, а пояс на уровне перемычек 1-го этажа на пересечениях стен выкрошился. Армирование антисейсмических поясов было самое разнообразное, но совершенно недостаточное. Можно установить, что в большинстве случаев армовооружение поясов состояло из трех или четырех стержней диаметром 8—10 *мм*. Рядовые кирпичные перемычки расслоились и повисли на арматуре (рис. 43). Полукруглая стена лестничной клетки, расположенной во входящем углу центрального отсека здания, в пределах 3-го этажа разрушилась, а в пределах остальных этажей сильно повреждена. Во многих местах произошло расслоение кладки стен (рис. 44).

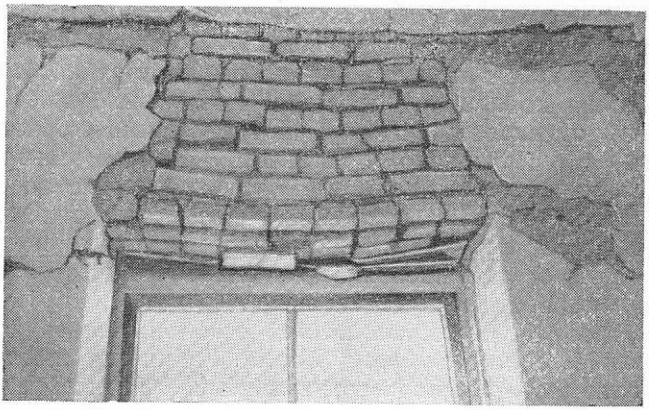


Рис. 43. Характер повреждения рядовой кирпичной перемычки

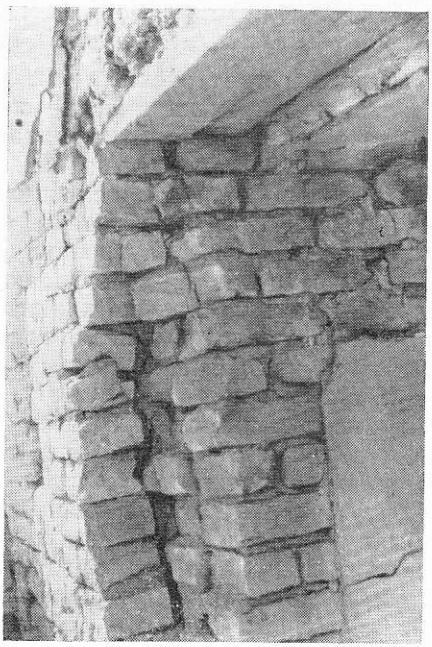


Рис. 44. Расслоение кирпичной кладки простенка

Направление колебаний этого дома очень отчетливо обозначилось характером смещений обстановки в одной из уцелевших комнат — мебель передвинулась на 30—50 *см* в северо-западном направлении. Таким образом, направление сейсмических колебаний почти совпало с биссектрисой угла излома здания в плане. При таком направлении основных колебаний крайние отсеки здания попали под действие одинаковых усилий и должны иметь одинаковую степень повреждений, что в действительности и наблюдалось. Что же касается центрального отсека, то направление колебаний по биссектрисе здесь более благоприятно, чем иные направления, но целый ряд конструктивных дефектов весьма сильно снизил сопротивляемость этого отсека, а потому разрушения в нем оказались даже значительнее, чем в крайних отсеках.

3. *Кирпичный 3-этажный жилой дом описанного типа* был обследован еще на углу улиц Карла Либкнехта и Багирской. Это здание разрезано вертикальными антисейсмическими швами на три отсека, причем средний из них в плане имеет Г-образную форму со скошенным входящим углом и закругленным углом со стороны улицы. По биссектрисе угла размещена лестничная клетка. Фланговые отсеки в плане представляют правильные вытянутые четырехугольники с выступами лестничных клеток на 25 *см*. Под зданием имеется подвал. По дворовому фасаду расположены трехярусные деревянные веранды. Грунт супесчано-суглинистый мощностью не менее 10 *м*. Глубина грунтовых вод не менее 15 *м* от поверхности земли. Сила землетрясения в этом районе — 9 баллов. Стены дома возведены из обожженного кирпича на сложном растворе примерно марки 10. Наружные стены 1-го этажа толщиной 64 *см*, во 2-м и 3-м этажах — 51 *см*; внутренние стены соответственно — 51 и 38 *см*. Наружные стены возвышаются над уровнем чердачного перекрытия на 1 *м*, причем карниз здания сложен с напуском кирпичной кладки и венчается железобетонной плитой толщиной 6 *см*, не связанной арматурой со стеной. Вынос карниза — 38 *см*.

На поперечных стенах фланговых отсеков у антисейсмических швов были возведены брандмауэры толщиной 38 *см* с дымоходами от очагов. Участки стен с дымоходами утолщены до 3 кирпичей. Железобетонные антисейсмические пояса со слабой арматурой были уложены на уровне перемычек, причем в 3-м этаже по всем стенам, а во 2-м этаже только по наружным продольным стенам, с запуском концов («хвостов») в поперечные стены на глубину 1 *м*. Торцовые стены крайних отсеков завершают щипцовые фронтоны. Лестницы железобетонные, монолитные, с опиранием косоуров на железобетонные площадочные балки. Плиты лестничных площадок заделаны в стену только на 6—12 *см*. Перекрытия над лестничными клетками в крайних отсеках деревянные. Междуэтажные перекрытия

деревянные, не связанные со стенами. Потолки в квартирах фанерные. Стропильные ноги одним концом опираются на коньковый брус, уложенный по кирпичным столбам сечением 38 × 38 *см*, а другим — непосредственно на карнизную плиту без мауэрлатов. Кровля — железная по дощатой обрешетке.

Характерной особенностью этого здания было равномерное размещение оконных проемов в стенах, в связи с чем почти все простенки оказались одинаковой ширины. К сожалению, этот

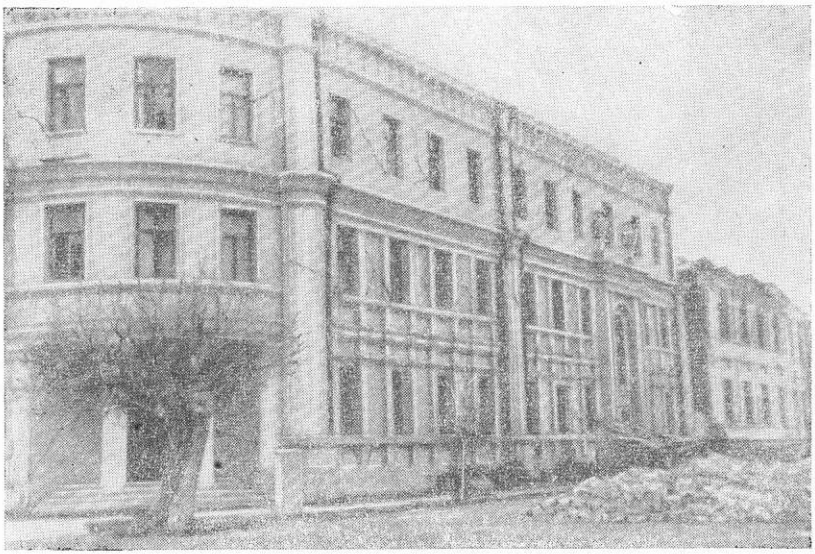


Рис. 45. Жилой дом со стороны главного фасада

весьма благоприятный фактор в смысле уравнивания усилий, действующих на простенки, не мог существенно отразиться на поведении здания во время землетрясения из-за множества других его конструктивных дефектов, хотя фасадные стены и сохранились лучше, чем в других случаях (рис. 45). Подвал здания, имеющий высоту около 3 *м* и перекрытый железобетонной плитой, получил весьма незначительные повреждения в виде образовавшихся кое-где волосных трещин.

При осмотре здания с внешней стороны оно производило благоприятное впечатление, но внутри обманчивость первого впечатления становилась совершенно очевидной: поперечные стены испещрены крестообразными трещинами, ширина которых доходила до 5—6 *см*; местами из стен вывалились раздавленные кирпичи; железобетонный антисейсмический пояс оказался разорван в нескольких местах; стены оторвались друг от друга. Стены лестничных клеток повреждены еще больше,

чем другие стены здания, причем боковые стены выпучились и даже сместились на $^1/_2$ кирпича. В пределах чердака обвалилась щипцовая стена крайнего отсека, выходящего на ул. Карла Либкнехта (рис. 46). Часть кирпичных столбов, поддерживавших коньковый прогон, обрушилась. Под площадочными балками лестниц кладка расстроена, а в некоторых местах и раздроблена. Железобетонные косоуры получили незначительные трещины. Большинство простенков наружных стен покрылись косыми трещинами.

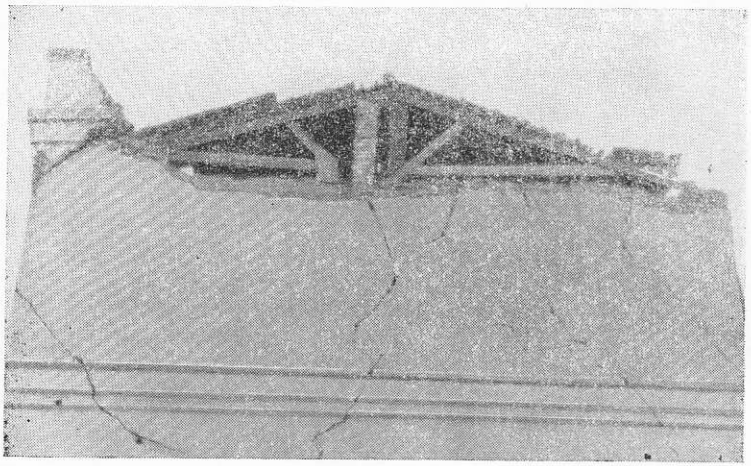


Рис. 46. Обрушение щипцовой стены. Видно опирание конькового прогона на кирпичный столб

Хорошо сохранились веранды, что объясняется частым расположением столбов и их достаточной связью с обвязками, а последних с балками перекрытий. Повреждения дома в 1-м этаже оказались меньше, чем во 2-м, а во 2-м меньше, чем в 3-м. Расположение антисейсмического пояса над 2-м этажом вместо 1-го (как это практиковалось во всех 3-этажных зданиях Ашхабада) оказалось более целесообразным, и, если бы пояс проходил по всем, а не только по наружным стенам, то повреждения носили бы, по-видимому, более умеренный характер.

4. *Здание 3-этажного жилого дома АшГРЭС,* построенное в 1943 г. расположено на углу улиц Свободы и Маргеланской в северо-западной части города. Форма плана Г-образная (рис. 47). Здание разрезано антисейсмическими швами на три отсека. Лестничные клетки выступают из плоскости фасадных стен на 38 *см*. На такую же величину сделан выступ на фасадной стене центрального отсека. Подвал расположен под всем

зданием. Разрез этого дома показан на рис. 48. Грунт — супесчано-суглинистый мощностью около 10 *м*, подстилаемый гравийно-галечниковыми отложениями. Глубина грунтовых вод более 10 *м*.

По рассказам жильцов дома, при первом толчке некоторые из них выбежали наружу, а большинство осталось в своих квартирах. От этого сотрясения никто не упал с ног, мебель не перемещалась и не опрокидывалась. Одна из женщин, живущая в 1-м этаже, рассказала, что вначале не поняла, почему дом начал раскачиваться, но потом, встав с кровати, она вместе с мужем подошла к окну и держалась за подоконник пока не закончилось землетрясение. В некоторых квартирах 1-го этажа жители продолжали находиться после землетрясения без особых опасений за свою судьбу. Исходя из характера повреждений, с учетом конструктивных недостатков здания, надо полагать, что интенсивность землетрясения в месте расположения дома АшГРЭС снижалась до 8 баллов.

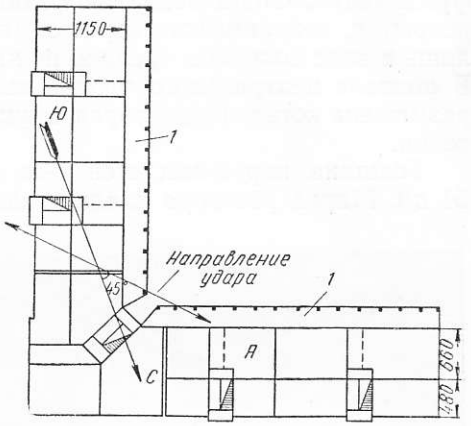


Рис. 47. Схема плана жилого дома АшГРЭСа
1—деревянная веранда

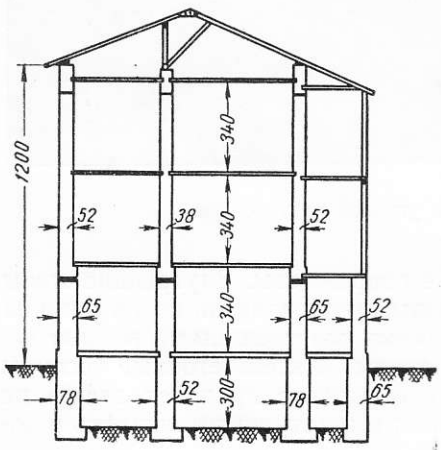


Рис. 48. Разрез жилого дома АшГРЭСа

Подвальный этаж этого дома заглублен в землю на 2,5 *м*. Стены подвала сложены частью из кирпича, а частью из известняковых блоков правильной формы на сложном растворе марок 8—15. Толщина наружных стен подвала 78 *см*, а внутренних 50 *см*. В северо-западном отсеке наружные стены подвала сложены из известняковых блоков, а внутренние стены заменяют железобетонные колонны, поддерживающие ребристые железобетонные перекрытия. Над этой частью подвала продольные и поперечные капитальные стены вышележащих трех этажей возведены на железобетонных прогонах,

проходящих по железобетонным колоннам. Это обстоятельство губительно отразилось на стенах. Они оказались повреждены в большей степени, чем другие, непосредственно опирающиеся на фундаменты. Стены подвального помещения, равно как и их перекрытия, сохранились хорошо; их повреждения выразились лишь в виде волосных трещин, не имеющих серьезного значения. В подвале центрального отсека, высота которого равна 3,5 *м*, размещена котельная, которая также не пострадала от землетрясения.

Толщина наружных стен 1-го этажа 64 *см*, внутренних — 51 *см*. Марка раствора кладки такая же, как и у стен подваль-

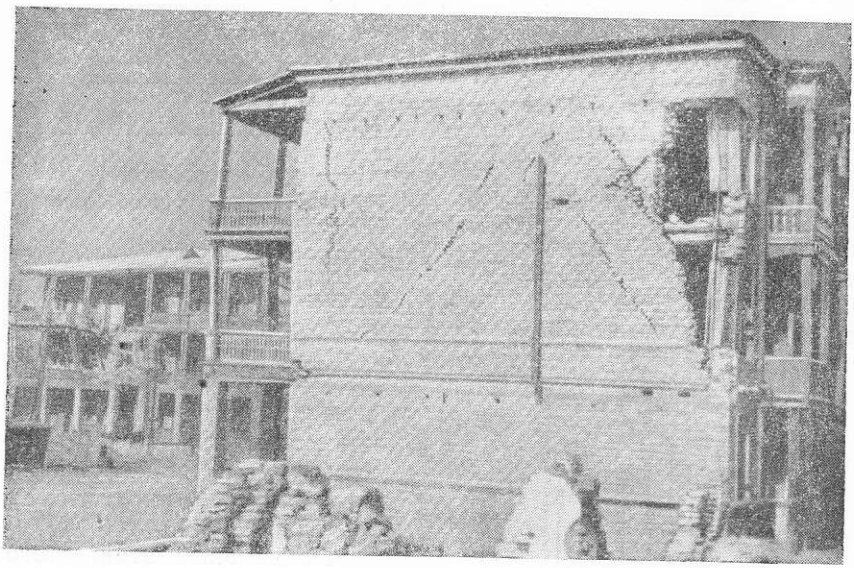


Рис. 49. Разрушение угловой части стены

ного этажа. Наружные стены не повреждены. Внутренние стены покрыты обычными крестообразными трещинами, но их ширина не превышает 0,5 *см*. Точно такими же трещинами покрыты и стены лестничной клетки в 1-м этаже. Железобетонные косоуры и лестничная промежуточная площадка в пределах этажа не имеют повреждений. Повреждения штукатурки выразились в волосных трещинах.

Во 2-м этаже, где толщина наружных стен равна 51 *см*, а внутренних — 38 *см*, повреждения имеют такой же вид, но выражены более резко. В наружных стенах, за исключением торцовых и примыкающих к ним участков продольных стен, а также стен дворового фасада северо-западного отсека, повреждений нет. Во внутренних, особенно поперечных, стенах ширина

трещин доходит до 4 *см*. Очень характерны трещины под железобетонными прогонами, перекрывающими трехметровые проемы во внутренней продольной стене, которые проходят от опор прогонов в косом направлении, причем под прогонами кирпичная кладка раздавлена. Подобные повреждения наблюдались всегда при значительной сосредоточенной нагрузке на кирпичные стены. Косоуры лестницы повреждены в середине пролета и в местах сопряжений с лестничными площадками. Под площадочными балками образовались трещины. Штукатурка потолков покрыта множеством мелких трещин, а галтели с ломаным профилем отвалились.

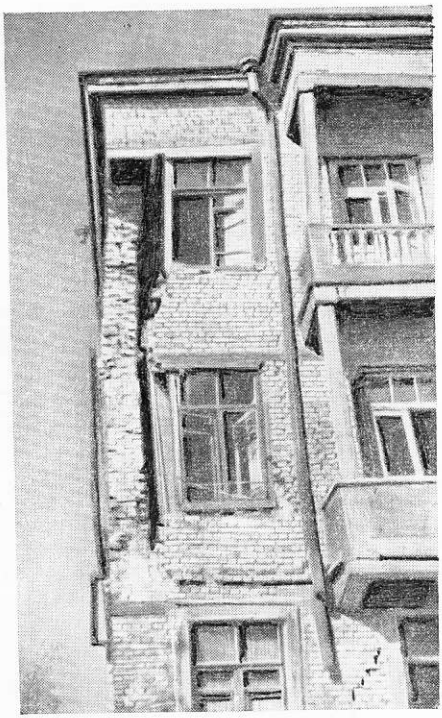


Рис. 50. Торцовая стена выпучилась.

Толщина внутренних и наружных стен 3-го этажа такая же, как и во 2-м этаже. Повреждения здесь более значительные, чем во 2-м этаже. Особенно велики повреждения стен лестничной клетки в пределах 3-го этажа, где взаимопересекающиеся крестообразные трещины достигли ширины 6 *см*. Окно лестничной клетки 4-метровой высоты сильно ослабило ее переднюю стенку и резко снизило ее сейсмостойкость. Косоуры повреждены у мест сопряжения их с промежуточной лестничной площадкой и на расстоянии четверти длины косоура. Наибольшие повреждения оказались в лестничной клетке центрального отсека. Здесь наружная стена обвалилась, антисейсмический пояс оборвался, а стыки боковых стен лестничной клетки с поперечными стенами отсека полуразрушились. Оторванный от площадочных балок косоур упал. Причиной этого является неглубокая заделка арматуры косоура в площадочные балки. Повреждение косоуров во 2-м и 3-м этажах объясняется отсутствием надлежащей связи лестничных площадок и балок со стенами и недостаточной жесткостью стен, усугубляемой отсутствием между этими этажами антисейсмического пояса. В южном торце, со стороны Маргеланской улицы, вывалился угол на протяжении двух верхних этажей (рис. 49). При-

чем эта стена, не имеющая антисейсмического пояса над 2-м этажом и не связанная деревянным перекрытием, выпучилась (рис. 50). Такого же характера деформации, но в меньшей степени, произошли и в северо-западном торце. Харкатерным яв-



Рис. 51. Обрушение железобетонного балкона

ляется смещение стены вдоль антисейсмического пояса 3-го этажа, указывающее на ничтожное сцепление между поясом и кирпичной кладкой, обусловленное тем, что бетон укладывался на несчищенную сухую кладку стены.

Брандмауэрная стена толщиною 38 *см* и высотою 2,65 *м*, проходящая у антисейсмического шва, оказалась срезанной на

уровне крыши. Упавшие дымовые трубы разрушили часть брандмауэра. Балки деревянного чердачного перекрытия, не связанные со стенами, вышли из гнезд на величину от 3 до 12 *см*, в зависимости от отклонения стен, на которые они опирались. В пересечениях продольных стен с поперечными во многих местах железобетонные антисейсмические пояса оказались разрушенными, а арматура выдернутой. Антисейсмический шов, отделяющий отсек по Маргеланской улице, был заложен кирпичом с оставлением щели, в которую вставлена доска, поэтому свободные колебания смежных отсеков во время землетрясения не были обеспечены, что повлекло за собой разрушение кир-



Рис. 52. Трехъярусные деревянные веранды с кирпичными стойками в 1-м этаже. Угловые части веранды разрушились

пичной кладки и повреждение прилегающих к шву простенков. Отрицательную роль сыграли также тяжелые железобетонные балконы на консолях, заделанных в кирпичные стены на уровне перекрытия. Двухъярусные балконы повредили стены и деформировались, а одноярусные либо повисли, либо разрушили стену и упали (рис. 51). Железобетонные перемычки, заведенные в стены на 30 *см*, оказались вполне надежной конструкцией. Карниз, основанный на железобетонной плите, заделанной в стену, повреждений не имел.

Трехъярусные веранды были расположены вдоль всего дворового фасада и (рис. 52) имели следующую конструкцию. В первом ярусе кирпичные столбы сечением 51×51 *см* были связаны по верху железобетонной обвязкой, в свою очередь скреп-

ленной с антисейсмическим поясом. По железобетонной обвязке уложен деревянный лежень, в который врублены деревянные балки перекрытия. Двойные деревянные столбы следующих двух ярусов веранды врублены в тот же лежень и в деревянные обвязки 2-го и 3-го этажей. Балки перекрытия 2-го и 3-го ярусов одним концом опирались на стену здания без какой-либо связи с ней, а другим концом врублены в деревянную обвязку. Во время землетрясения часть веранды у северо-западного конца здания разрушена обвалившейся наружной стеной, а часть покосилась, так как балки вышли из гнезд. У веранды, примыкающей к южному торцу здания, перекос столбов сопровождался выдергиванием балок перекрытия над 2-м ярусом из гнезд в стене и выпучиванием продольной наружной стены.

4. 2-ЭТАЖНЫЕ ЖИЛЫЕ ДОМА С РАЗНОТИПНЫМИ НЕСУЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

1. *2-х этажный 8-квартирный жилой дом горкомхоза* был построен в 1935 г. на углу улиц Карла Маркса и Садовой в южной части города. Конфигурация плана простая, несколько осложненная выступами лестничных клеток (рис. 53). Размер выступов — 0,8 *м*. Длина здания 41 *м*, ширина 11 *м*, высота от обреза фундаментов до верха карниза 10 *м*. Грунт песчано-глинистый мелкозернистый, подстилаемый на глубине 3—3,5 *м* гравийно-галечными отложениями. Глубина уровня грунтовых вод более 17 *м*. Под всем зданием имеется подвал, уровень пола которого лежит на 1,9 *м* ниже уровня земли. Высота подвального помещения 2,8 *м*. Толщина наружных стен подвала 64 *см*, внутренних — 51 *см*. Предельное расстояние между поперечными стенами 9 *м*. Кладка выполнена из обожженного кирпича на известковом растворе. Антисейсмические железобетонные пояса расположены на уровне перемычек обоих этажей как по наружным, так и по внутренним стенам. Перекрытия над жилыми помещениями и подвалом деревянные, а над лестничными клетками — железобетонные. Перегородки — деревянные обшивные. Крыша — совмещенная плоская, глиняная, односкатная. Веранды двухъярусные деревянные также с плоской глиняной крышей.

Заглубленные на 2,4 *м* от поверхности земли фундаменты не имели повреждений, если не считать мелких, почти волосных трещин в углах и кое-где под балками подвального перекрытия. Наружные стены обоих этажей довольно хорошо противостояли землетрясению интенсивностью около 9 баллов. Их внутренняя поверхность покрылась крестообразными тонкими трещинами, которые снаружи обозначались только на незначительных участках стен и нигде не пересекали междуэтажный антисейсмический пояс. Торцовые стены прорезаны горизонтальными трещинами по плоскостям сопряжения кладки с антисейсмическими поясами и взаимно пересекающимися в пределах этажа диаго-

нальными трещинами. Карнизы с выносом равным 24 *см* потрескались в углах и под парапетными кирпичными столбами, а со стороны двора частично обвалились вместе со стеною до уровня чердачного перекрытия. Тяжелая глиняная кровля в данном случае сыграла немалую роль в разрушении указанного участка стены. Один из парапетных столбов над лестничной клеткой восточной половины здания упал. Внутренняя продольная

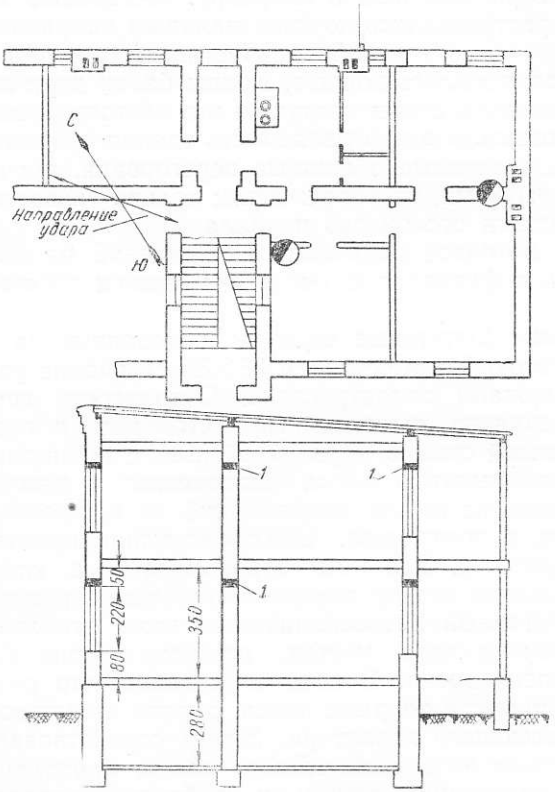


Рис. 53. План и разрез 8-квартирного кирпичного жилого дома горкомхоза
1—железобетонный антисейсмический пояс

стена, ослабленная проемами, хотя и повреждена несколько больше, чем наружные стены, но все же сохранилась относительно удовлетворительно. Дымовые каналы в наружных стенах у ванных помещений прорезаны косыми слабо выраженными трещинами. Такие же трещины, но менее заметные оказались и у дымовых каналов, проходящих в торцовых стенах. Если в данном случае не было разрывов стен вдоль дымовых каналов, то это следует объяснить наличием антисейсмических поясов в

каждом этаже и утолщениями стен в местах ослабления их каналами.

Повреждения поперечных стен гораздо серьезнее. Поперечная стена, ограничивающая лестничную клетку с востока, разорвалась и выпучилась на участке, ослабленном стенным шкафом с глубиной заделки в стену на 38 *см*. В противоположной стене образовалась трещина, идущая от низа окна лестничной клетки до двери, ведущей в квартиру. Остальные поперечные стены дома растрескались по диагональным направлениям. Ширина трещин — от 0,5 до 1,5 *см*. Лестницы с железобетонными косоурами сохранились хорошо. Концы балок деревянных перекрытий заделаны в стены наглухо и это обстоятельство, следует полагать, повысило сопротивляемость здания сейсмическим воздействиям. Деревянные обшивные перегородки, прочно связанные с перекрытиями, не повреждены; только известковая штукатурка местами отслоилась и упала.

Отделка потолков подвальных помещений из подшитого к балкам теса и фанерная в 1-м и 2-м этажах хорошо сохранилась.

Деревянные 2-этажные веранды, основанные на кирпичных столбах высотою 1 *м* и сечением 38×38 *см* вполне удовлетворительно выдержали землетрясение. Сохранность веранд была обеспечена хорошо выполненными столбами и обвязками, а также надежной связью перил и обвязок с парными стойками. Круглые печи высотою 2,8 *м*, заключенные в кожухи из кровельной стали, не имели повреждений за исключением одной, находящейся в помещении, непосредственно примыкающем к лестничной клетке. Эта печь опрокинулась в юго-восточную сторону. Разделки между печами и стенами повреждены.

Железобетонный антисейсмический пояс 2-го этажа выполнен разрезным в двух местах, причем в один из разрезов была вставлена доска. Вполне естественно, что разрыв стены произошел по месту разрыва пояса. Здание получило повреждения неугрожающего характера. Этому содействовало наличие в каждом этаже антисейсмического пояса, проходящего по наружным и внутренним стенам, и глубокого подвала под всем зданием с толстыми стенами. Если бы в довершение ко всему кладка велась на хорошем сложном растворе с соблюдением других мер антисейсмического строительства, то повреждения здания были бы еще меньшими.

2. *2-этажный кирпичный жилой дом горкомхоза* был построен в 1938 г. на углу ул. Карла Либкнехта и Кемине, в южной части города. В плане здание имело Т-образную форму (рис. 54) и не было разделено на отсеки. Фундаменты сложены из обожженного кирпича на смешанном растворе. Грунты супесчано-глинистые, переходящие в гравийно-галечные отложения на глубине 10 *м*. Грунтовые воды залегают на глубине более 8 *м*. Интенсивность землетрясения 9 баллов.

Наружные стены толщиной 52 *см* и внутренние — 38 *см* возведены из обожженного кирпича на сложном растворе марки примерно 15. Кирпичный карниз с выносом на 36 *см* заканчивался кирпичным парапетом. На уровне перемычек 2-го этажа

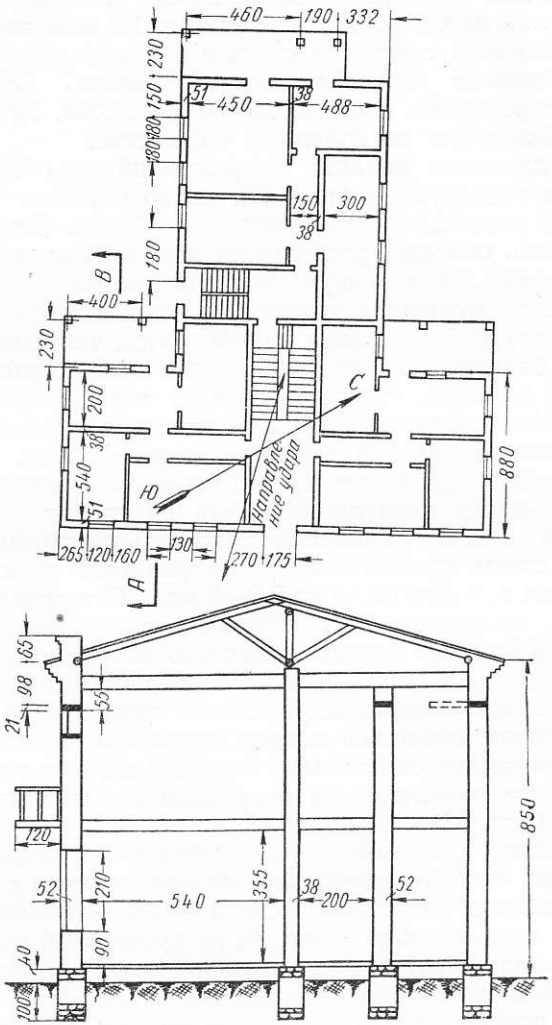


Рис. 54. План и разрез 2-этажного жилого дома горкомхоза

по наружным стенам был уложен железобетонный антисейсмический пояс, заходящий во внутренние стены «хвостами» на 1,2 *м*. Перемычки в 1-м этаже железокирпичные. Высота здания со стороны ул. Карла Либкнехта — 8,45 *м*. Наибольшая сво-

бодная длина стен 10 *м*. Дворовые 2-этажные массивные веранды опирались на кирпичные столбы сечением 51×51 *см* и на стену дома. Перегородки деревянные обшивные, оштукатуренные по драни. Перекрытия деревянные; балки перекрытий не были связаны анкерами со стенами. Потолки — фанерные. Железобетонные балконы с выносом в 1,2 *м* и шириною 1,7 *м* были заделаны в стену без связи с балками перекрытия или с железобетонными антисейсмическим поясом. Стропила — наслонные деревянные с подкосами и ригелями. Кровля из волнистой асбофанеры по сплошной обрешетке.

В фундаментах никаких повреждений не обнаружено. Но надземные конструкции были настолько серьезно повреждены, что здание подлежало немедленной разборке. Основными причинами столь опасных разрушений являлись сложность конфигурации зданий в плане, неудачная планировка внутренних капитальных стен, отсутствие антисейсмического пояса над 1-м этажом и на внутренних стенах во 2-м этаже, тяжелые с большим выносом балконы, громоздкий кирпичный карниз, такой же парапет и, наконец, отсутствие связей между перекрытиями и стенами. Железобетонные обвязки тяжелых веранд, не связанные с железобетонным антисейсмическим поясом, и со стеной, при колебаниях здания оторвались от него, увеличив повреждение стен. Карниз разрушился почти до уровня антисейсмического пояса (рис. 55). Типичные диагональные трещины покрыли наружные стены, причем в одном направлении их ширина доходила до 6 *см* а, в другом — до 0,5—2 *см*. Юго-западные наружные стены, оторвавшись от примыкающих к ним поперечных стен, вышли из своих вертикальных плоскостей на 5—7 *см*. Угол, выходящий на ул. Кемине, полностью обрушился. В стенах лестничных клеток образовались трещины шириною до 8 *см*. В такой же степени оказались поврежденными и другие внутренние стены. Балконы, не связанные с балками перекрытия, не только обрушились и повисли, но и повредили стены, в которые были заделаны (рис. 56).

Концы железокирпичных перемычек в 1-м этаже оказались повреждены, чего не произошло бы при наличии в этом этаже железобетонного антисейсмического пояса. Круглые печи высотою 2,8 *м*, заключенные в кожухи из кровельной стали и стоявшие в проемах стен, хорошо сохранились, а расположенные в углах, на междуэтажных перекрытиях, повалились. Деревянные обшивные перегородки не были повреждены. Известковая штукатурка по драни местами отслоилась и упала. Известковая штукатурка по кирпичным стенам отслоилась в тех местах, где она имела чрезмерную толщину или где стены деформировались. Фанерные потолки не получили никаких повреждений. Дымовые трубы попадали.

3. *Жилой дом мясокомбината,* построенный на территории комбината, находящегося на северной окраине города, имеет в

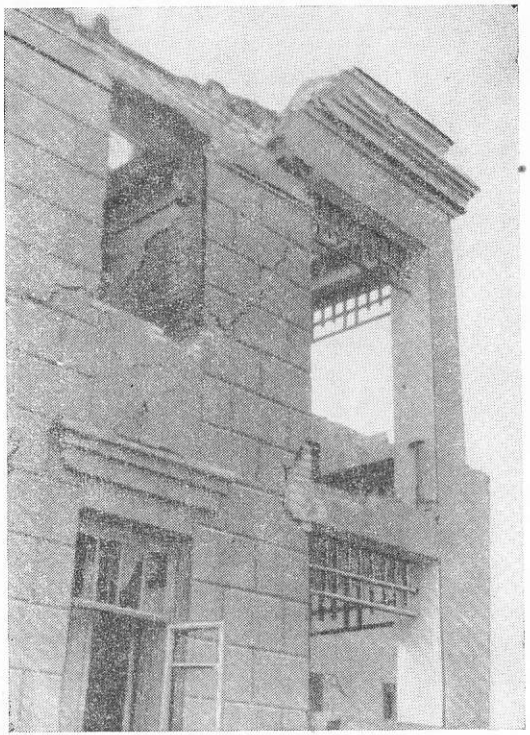


Рис. 55. Разрушенный карниз

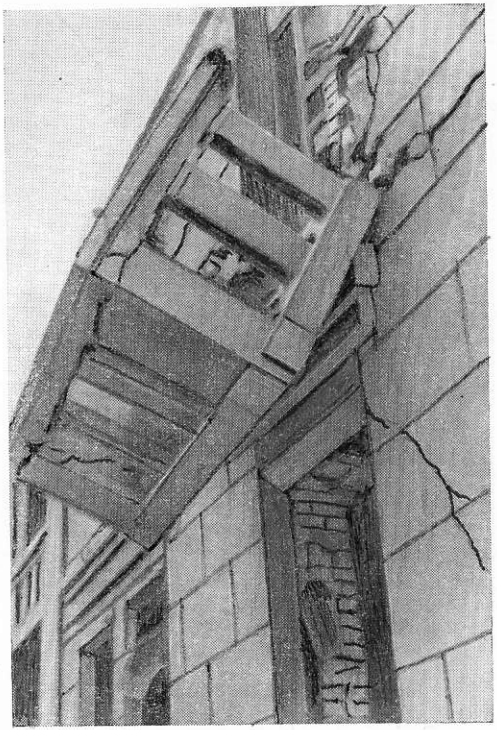


Рис. 56. Повисший балкон

плане форму вытянутого прямоугольника, причем наружные стены имеют ряд входящих углов (рис. 57). Здание кирпичное, 2-этажное, размером в плане 42×13 *м* и высотой от уровня земли до карниза — 9,6 *м*. Грунт — супесчано-суглинистый мощностью более 10 *м*. Глубина грунтовых вод около 8 *м*. Интенсивность землетрясения 9 баллов. Стены из обожженного кирпича на сложном растворе марки не ниже 15. Толщина стен в 1-м этаже 51 *см*, во 2-м — 38 *см*. Антисейсмические железобетонные пояса были уложены на уровне перемычек в обоих этажах. По необъяснимым причинам пояса не стыкованы на углах здания, что по существу свело почти на нет их роль в сейсмосопротивляемости здания. Междуэтажные перекрытия — деревянные, стропила — дощатые. Наружные стены были выложены на 1,5 *м* выше чердачного перекрытия.

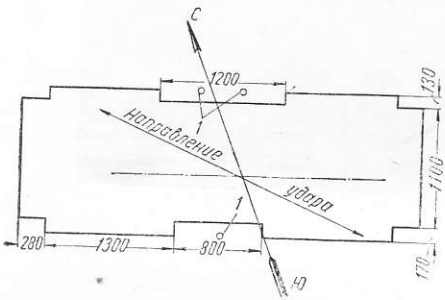


Рис. 57. Габариты жилого дома мясокомбината

1—железобетонные колонны

Из-за высокой интенсивности землетрясения и больших конструктивных недостатков здание весьма сильно повреждено. Вся верхняя часть стены со стороны фасада, возвышающаяся над уровнем чердачного перекрытия, обрушилась. Стена северо-западного торца дома обрушилась до уровня антисейсмического пояса 2-го этажа (рис. 58), а стена юго-восточного торца — до пояса 1-го этажа. Наружные стены оторвались от внутренних поперечных стен. В наружных и во внутренних стенах образовались косые пересекающиеся трещины. Угол у юго-восточного торца здания обвалился. Антисейсмический пояс, уложенный с изломом, огибающим верхние окна лестничных клеток, разрушен или сильно поврежден в углах. Такая конструкция антисейсмического пояса для сейсмических районов недопустима. Лестничные клетки получили небольшие повреждения в виде мелких трещин. Малую степень повреждения лестничных клеток можно объяснить тем, что они не выступали за пределы наружных стен. В центральной части фасада двухпролетная железобетонная арка, монолитно связанная с железобетонными круглыми колоннами, антисейсмическим поясом 2-го этажа и вертикальной железобетонной стенкой, оказалась вполне сейсмостойкой.

Упавшие стены не рассыпались полностью на отдельные кирпичи, как это наблюдалось на большинстве обследованных объектов, а образовали гору глыб и мелких блоков в 2—3 кирпича, что указывает на хорошее сцепление раствора с кирпичом. Однако хороший раствор, в данном случае, не гарантировал зда-

ние, имеющее крупные конструктивные недостатки, от сильных повреждений.

4. *Второй жилой дом мясокомбината,* расположенный рядом с описанным выше и имеющий такую же конструкцию, но измененный фасад, получил аналогичные повреждения, но мень-

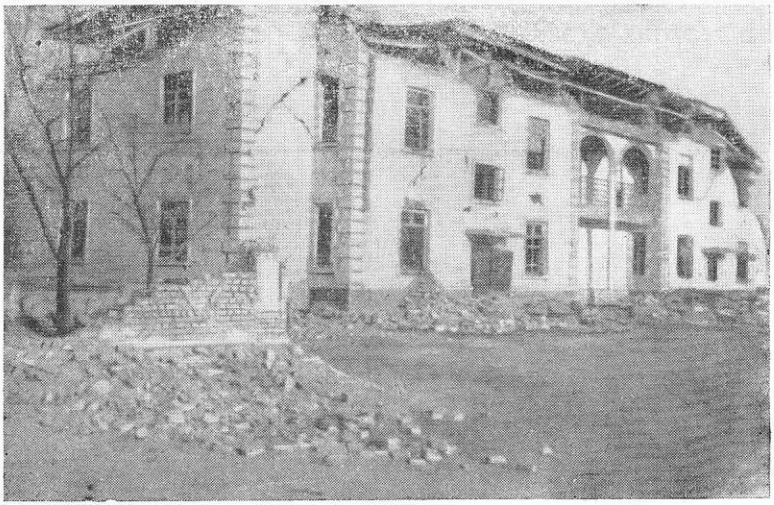


Рис. 58. Обрушение карнизной части стены до уровня антисейсмического пояса 2-го этажа

шего масштаба. Ни один из углов не обвалился; в углах излома наружной фасадной стены трещины проявились слабее, так как вблизи не оказалось оконных проемов, а устройство антисейсмического пояса над верхним окном лестничной клетки без излома обеспечило сохранность передней стены.

5. ЖИЛЫЕ ДОМА С ДЕРЕВЯННЫМ КАРКАСОМ

Деревянный каркасный 2-этажный 8-квартирный жилой дом был построен 1935 г. на улице Энгельса № 122 в центральной части города. В плане дом представляет вытянутый прямоугольник размером 32×9 *м*. Высота здания от уровня земли до верха карниза — 7,2 *м*. Грунт супесчано-суглинистый, переходящий на глубине около 12 *м* в гравийно-галечные отложения. Грунтовые воды залегают от поверхности земли на глубине более 10 *м*. Интенсивность землетрясения на этом участке — 9 баллов. Каркас здания состоит из деревянных стоек сечением 10×14 *см*; заполнение в 1-м этаже выполнено сырцовым кирпичом, во 2-м — обшивкой досками с двух сторон и засыпкой опил-

ками. Толщина заполнения в 1-м этаже — 25 *см*. Междуэтажные перекрытия деревянные. Подшивные потолки оштукатурены по драни известковым раствором. Отопительные печи — без кожухов.

Повреждения стен 1-го этажа выразились в образовании трещин между элементами деревянного каркаса и заполнением из сырцового кирпича с выпадением отдельных кирпичей в верхних рядах. Каркас при землетрясении получил крен

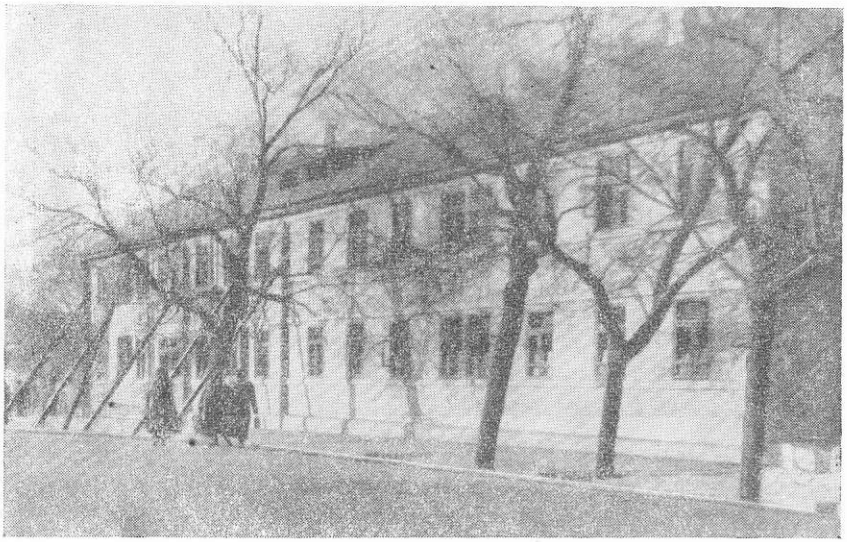


Рис. 59. Устоявший дом с деревянным каркасом

до 5—10°, в результате того, что был слабо раскреплен подкосами и имел недостаточную жесткость. Дымовые трубы и печи развалились. Дощатые стропила на гвоздях и тесовая крыша сохранились без повреждений. Глиняная штукатурка стен с последующей известковой затиркой в значительной части отслоилась и упала. В одном из помещений верхнего этажа провалилось чердачное перекрытие от удара свалившейся дымовой трубы. Несмотря на множество нарушений требований антисейсмического строительства, к числу которых относятся ненадежное закрепление сырцового заполнения каркаса, плохое крепление в узлах, кладка печей без кожухов и др. здание в целом оказалось достаточно сейсмостойким (рис. 59).

ГЛАВА III

ПОВРЕЖДЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ И КУЛЬТУРНО-БЫТОВЫХ ЗДАНИЙ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Школьные, административные и общественные здания в городе Ашхабаде, за исключением небольшого их числа, построены после Октябрьской социалистической революции. Все школьные здания возведены по типовым проектам, предназначенным для несейсмических районов Советского Союза, с той лишь разницей, что по периметру их наружных стен через этаж устраивались железобетонные антисейсмические пояса. Стены школьных, административных и общественных зданий в большинстве случаев возведены из обожженного кирпича на известковом или на сложном растворе. Только несколько 2- и 3-этажных школьных зданий построены из блоков красноводского известняка. Отличается от других здание Дома техники, возведенное в железобетонном каркасе с кирпичным заполнением. Большинство многоэтажных школьных, административных и общественных зданий имело подвальные, полуподвальные и цокольные этажи.

Все здания общественного и культурно-бытового назначения были слабо обеспечены антисейсмическими мероприятиями потому, что они, как правило, запроектированы с учетом землетрясения 7—8 балльной интенсивности. По этой причине во время землетрясения большое количество школьных, общественных и административных зданий либо разрушилось, либо получило серьезные повреждения. Характер повреждений конструкций этих зданий подробно описывается ниже, на примерах некоторых из них.

2. ЗДАНИЯ С КИРПИЧНЫМИ СТЕНАМИ

1. *Музыкальное училище* расположено на углу улицы Шевченко и Докторского переулка. 2-этажное здание училища состоит из шести отсеков, разделенных антисейсмическими швами, осуществленными в виде парных стен (рис. 60). Основано оно

на лессовидном суглинке при значительной глубине грунтовых вод, превышающей 10 *м*. Стены из обожженного кирпича. Фундаменты бутовые, ленточные, шириной 70—80 *см*, выполнены на сложном растворе низкой марки. Толщина наружных стен здания 64 *см*, а внутренних, соответственно в 1-м и во 2-м этажах — 51 и 38 *см*. В центральном отсеке толщина стен под наружной аркадой и за галереей — 64 *см*. Толщина парапета —

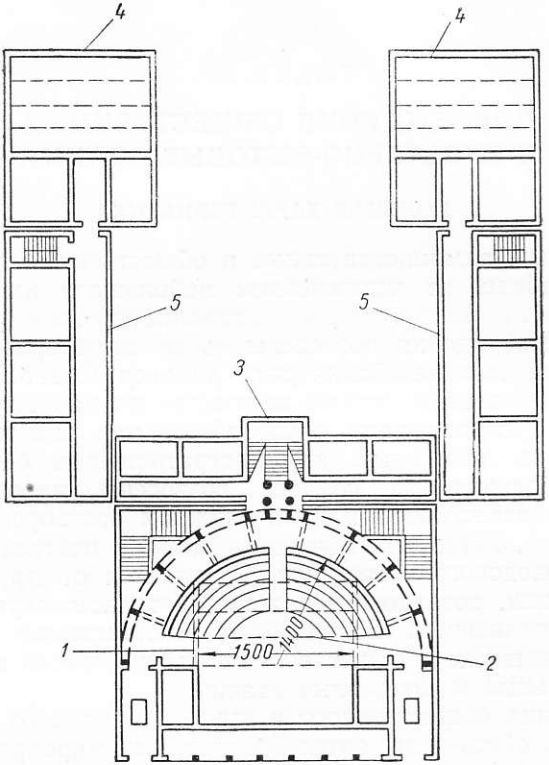


Рис. 60. Схема плана здания музыкального училища

1—металлические фермы; *2*—деревянные фермы; *3*—большой проем; *4*—высокая кирпичная торцовая стена; *5*—стена с шахматной расстановкой оконных проемов

51 *см*. Толщина стены внутреннего полуцилиндра концертного зала, решенного арками, в 1-м этаже — 64 *см*, во 2-м этаже — 51 *см*. Раствор, применявшийся для кирпичной кладки, слабый — марки не выше 10.

Железобетонный пояс предусмотрен только по периметру наружных стен над оконными проемами 2-го этажа. Проемы были перекрыты плоскими, полуциркульными и клинчатыми перемычками.

Центральная часть здания со стороны главного фасада имела глухую стену, на которой во 2-м этаже стояли железобетонные колонны аркады наружной галереи. Галерея была перекрыта монолитной железобетонной плитой, связанной с антисейсмическим поясом фасадной стены концертного зала. Эта стена венчалась высоким парапетом, возвышавшимся над перекрытием аркады на 3—3,5 *м*. Такие же высокие парапеты с сильно выступающим железобетонным карнизом были и над угловыми лоджиями. Парапет стены концертного зала был усилен железобетонными вертикальными ребрами, доходящими до верхнего пояса.

В полукруглой части концертного зала концентрически расположены два ряда несущих конструкций, вписанных в габариты прямоугольника наружных стен. Первый (внутренний) ряд представляла кирпичная стена толщиной 64 *см*, а второй (внешний) — железобетонная криволинейная рама. Указанная кирпичная стена в первом этаже была решена в виде криволинейной аркады с проемами пролетом 2 *м* в свету и массивными простенками шириной 1,5—0,65 *м*, во 2-м этаже она имела полуцилиндрическую поверхность с тремя дверными проемами и продолжалась выше чердачного перекрытия с переходом на толщину 38 *см*. В этой верхней части стены были равномерно расположены окна шириной 80 *см*, служившие для освещения концертного зала. Радиус внутреннего полуцилиндра 14 *м*. Высота зала в свету около 8 *м*. Двухъярусная криволинейная железобетонная несущая рама внешнего полуцилиндра соединена с внутренней стеной радиальными балками пролетом 3,5 *м*. Внешний прямоугольник, в который были вписаны оба полуцилиндра, образован кирпичной стеной толщиною в обоих этажах 64 *см*. В этой стене было очень много оконных проемов, перекрытых в 1-м этаже полуциркульными кирпичными перемычками, а во 2-м — железобетонным поясом.

Перекрытие концертного зала подвесное на деревянных фермах, опирающихся концами на две металлические фермы, расположенные параллельно боковым стенам портала. Металлические фермы опирались, с одной стороны, на глухую внутреннюю стену, а с другой — на углы стен, образующих портал. Подвесное перекрытие по фермам имело широкое полукольцо остекления.

Отсеки, выходящие во двор, имели обычные конструкции с односторонними коридорами. Высота помещений 1-го этажа 4 *м*, 2-го—4,6 *м*. Окна этих отсеков были расположены в шахматном порядке, как это видно на рис. 61. В центре среднего отсека расположена трехмаршевая лестничная клетка с железобетонными стойками, в которых применен бетон очень низкой марки. Проемы для освещения лестничной клетки (судя по остаткам стен выступа) были очень большие с промежуточными высо-

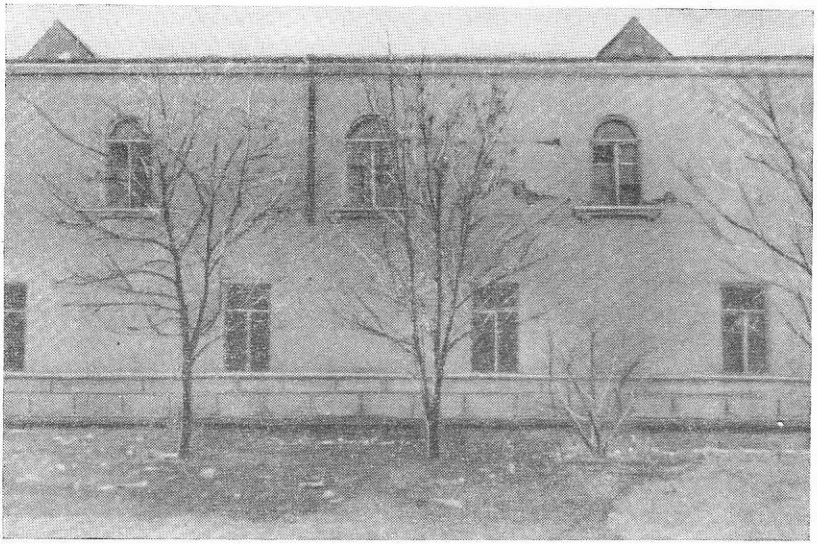


Рис. 61. Хорошо сохранившиеся стены дворового фасада с шахматным расположением оконных проемов

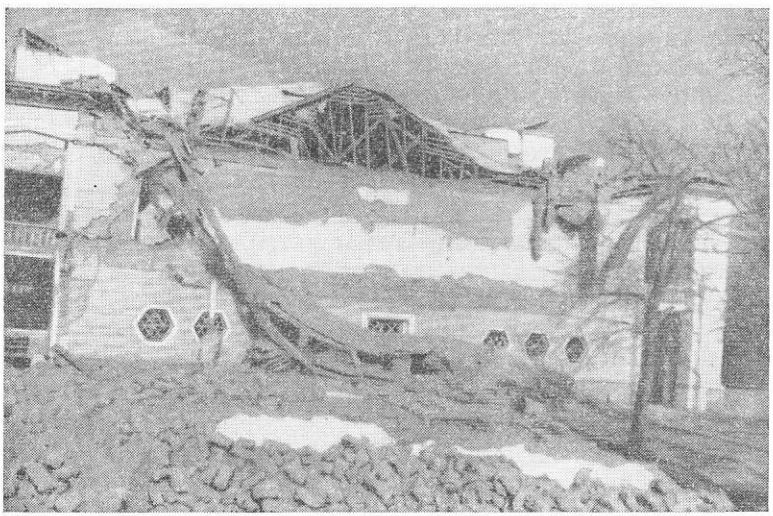


Рис. 62. Полное обрушение наружной галереи с железобетонным перекрытием со стороны главного фасада

кими узкими кирпичными простенками. Этот отсек имел цокольный этаж, в котором располагалась котельная.

Крыша была покрыта волнистой асбофанерой по опалубке и стропилам обычной конструкции. Отопление центральное.

Наружная галерея главного фасада вместе с железобетонным перекрытием, вследствие скалывания кирпичной стены в местах опирания колонн, обрушилась (рис. 62). Задняя сплошная стена в пределах этажей повреждений не имеет, но часть ее, расположенная выше железобетонного пояса, развалилась вместе с усиливающими ее ребрами. Надо полагать, что падение этой стены сыграло большую роль в обрушении галереи; сила удара упавшей на плиту кладки была настолько велика, что плита переломилась по всей линии примыкания к поясу и обрушилась вместе с конструкциями галереи.

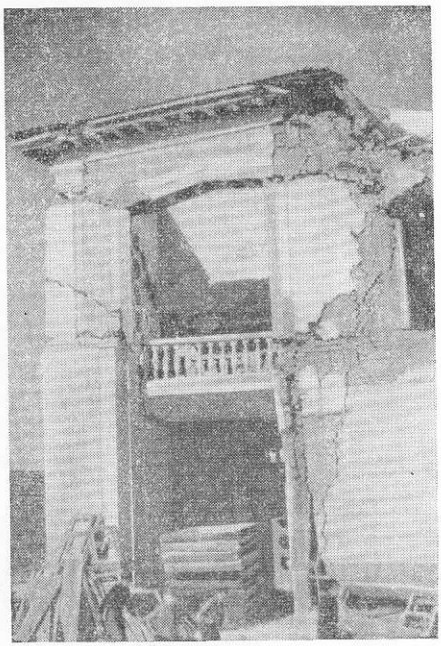


Рис. 63. Повреждение угловых лоджий и срез боковых пилонов

В угловых лоджиях арки имели большие распоры и плиты перекрытия не были жестко соединены с кладкой стен. Такие лоджии оказались сильно поврежденными: арки обрушились, стены потрескались, а парапеты упали (рис. 63).

Внутренний кирпичный полуцилиндр тоже сильно поврежден. Часть простенков между арками, а также и соединявшие их полуциркульные арки в 1-м этаже получили значительные повреждения. Наибольшим повреждениям подверглись именно те участки, над которыми были расположены опоры металлических ферм. Кроме того, произошло полное разрушение двух арок с другой стороны и сильное повреждение соседних с ними, причем и в этом случае участок разрушенной аркады опять соответствовал месту расположения опоры металлической фермы. На тех же участках произошло сильное повреждение стен полуцилиндра и во 2-м этаже. Самый верхний барабан полуцилиндрической стены центрального корпуса с большим количеством световых проемов и узкими простенками между ними особых повреждений не имеет; произошло лишь местами срезывание простенков вверху и раздавливание кладки в нижних рядах.

Смещение стены сопровождалось раздавливанием кладки. С правой стороны под опорами металлических ферм образовались большие наклонные трещины. Стены портала сильно повреждены по всей высоте трещинами с крутым наклоном. Такие значительные повреждения вызваны тем, что на концы этих стен опирались металлические фермы, а также одна из деревянных ферм пролетом 16 *м*, расположенная над порталом.

Сильно повреждены стены центрального дворового и боко-



Рис. 64. Разрушение выступающей стены лестничной клетки

вых дворовых отсеков. Так, например, стена лестничной клетки, выходившей выступом во двор, полностью вывалилась (рис. 64), так как стена выступа была сильно ослаблена широкими и высокими проемами для освещения лестничной клетки. В железобетонных стойках лестничной клетки произошло скалывание и выкрашивание бетона очень плохого качества (куски его легко разламывались руками). Полуциркульные кирпичные арки, перекрывавшие проемы входов в лестничную клетку как из цент-

рального корпуса, так и из боковых коридоров, почти не повреждены; кое-где в арках имеются лишь волосные трещины.

Простенки боковых отсеков во внешних стенах, несмотря на их большую ширину (1,8—2 *м*), лишь повреждены косыми трещинами. Трещины эти в первом этаже начинаются у пят полуциркульных перемычек и проходят наискось до низа смежных проемов. Простенки, нагруженные сосредоточенными железобетонными балками (рис. 65), оказались раздробленными и наполовину выкрошились. Дворовые стены боковых отсеков, имею-

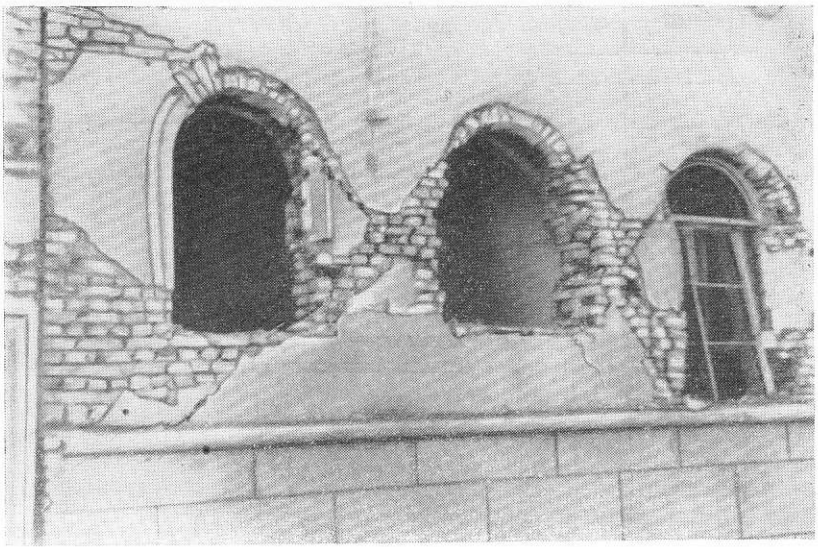


Рис. 65. Повреждения узких простенков, нагруженных большой сосредоточенной нагрузкой

щие шахматное расположение окон, повреждены очень мало и только в простенках 2-го этажа появились горизонтальные трещины. Косых трещин, характерных при обычном расположении проемов, эти стены не имеют.

Торцовые стены 2-го этажа дворовых отсеков обрушились. При этом щипцовые части стен обвалились (по-видимому, от первого удара) во внутрь корпуса, а стена 2-го этажа от антисейсмического пояса до перекрытия над 1-м этажом вывалилась (от второго толчка) наружу. Падение щипцовых стен разрушило часть деревянных ферм. Надо отметить, что сами фермы были сделаны хорошо — с накладками, хомутами и с хорошей пригонкой элементов, однако, как и другие конструкции, они не были связаны со стенами на опорах.

Железобетонные перегородки в классах, опертые на деревянные балки, выбили в продольных внутренних стенках довольно

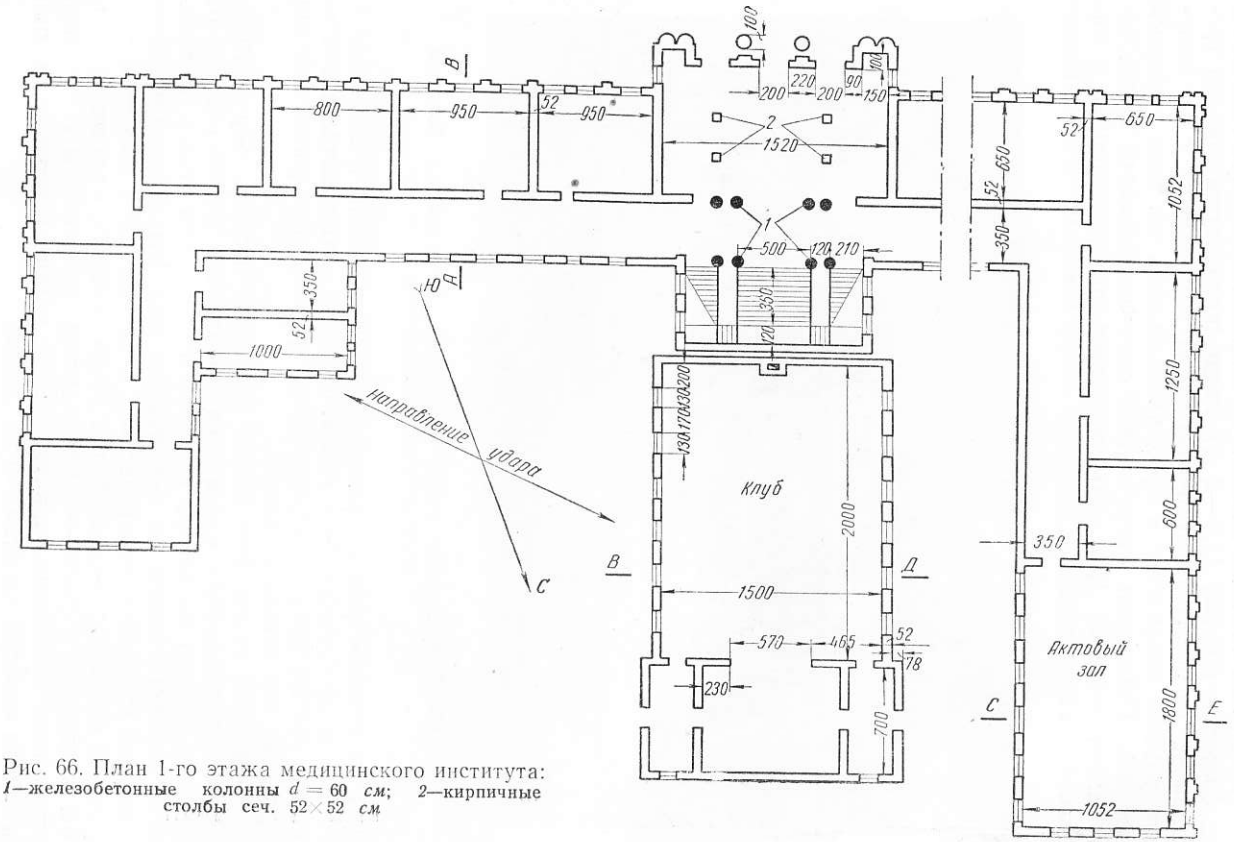


Рис. 66. План 1-го этажа медицинского института:
1—железобетонные колонны $d = 60$ *см*; *2*—кирпичные столбы сеч. 52×52 *см*

глубокие штрабы (на 3—4 *см*) по всей высоте, со стороны коридора против этих штраб образовались вертикальные трещины.

Узкие антисейсмические швы между отсеками, устроенные по типу осадочных швов, вызвали сильные повреждения кромок и углов примыкающих стен, а в карнизе произошло обрушение примыкающих к швам участков.

Крыша центральной части, где за парапетными стенами имелось очень много сложных разжелобков, покрытых частично волнистой асбофанерой, а частично кровельной сталью, получила сильные повреждения. Листы волнистой асбофанеры сдвинулись со своих мест, местами надвинулись друг на друга, а на коньках и в ендовах сломались и сползли с обрешетки. Стропила в этих местах оказались сильно расстроенными, так как вследствие очень сложной формы крыши их конструктивное решение оказалось недостаточно жестким. Верхняя часть дымовой трубы обвалилась, пробив чердачное и частично междуэтажное перекрытия.

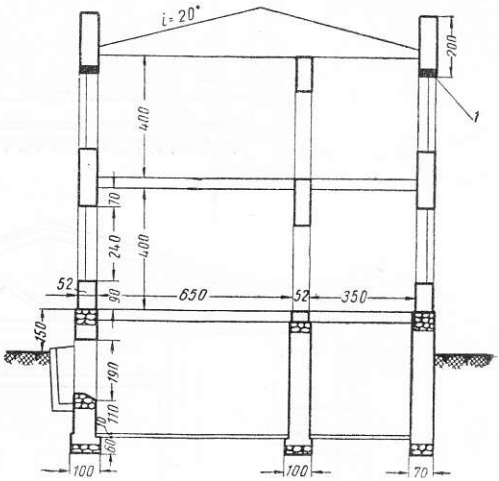


Рис. 67. Поперечный разрез здания медицинского института по *А—В*

1—железобетонный антисейсмический пояс толщиной 21 *см*

2. *Медицинский институт* расположен в северозападной части города по улице Островского № 20. Здание 2-этажное, построено между 1935—1940 гг. В плане имеет сложное очертание, с резкими выступами. Длина здания по главному фасаду около 110 *м*, а его боковых крыльев около 5 *м* (рис. 66). Ширина простенков между оконными проемами почти одинакова. Главный вход оформлен модернизированной кирпичной колоннадой, которая поддерживает антаблемент с мощным кирпичным карнизом и кирпичным парапетом высотой около 2 *м*. В торце западного крыла расположен актовый зал с внутренними размерами в плане 10,5×18 *м* и высотой около 6 *м*. Во дворе, по оси главного входа, расположено здание студенческого клуба, отделенное антисейсмическим швом от основного корпуса института. Размеры его зала в плане 15×20 *м*, при высоте от пола до потолка 7 *м*. Под клубом расположено подвальное помещение.

Фундаменты здания института ленточные; сложены из постелистого бутового камня на известковом растворе марки 8; глубина их заложения от поверхности земли, в зависимости от

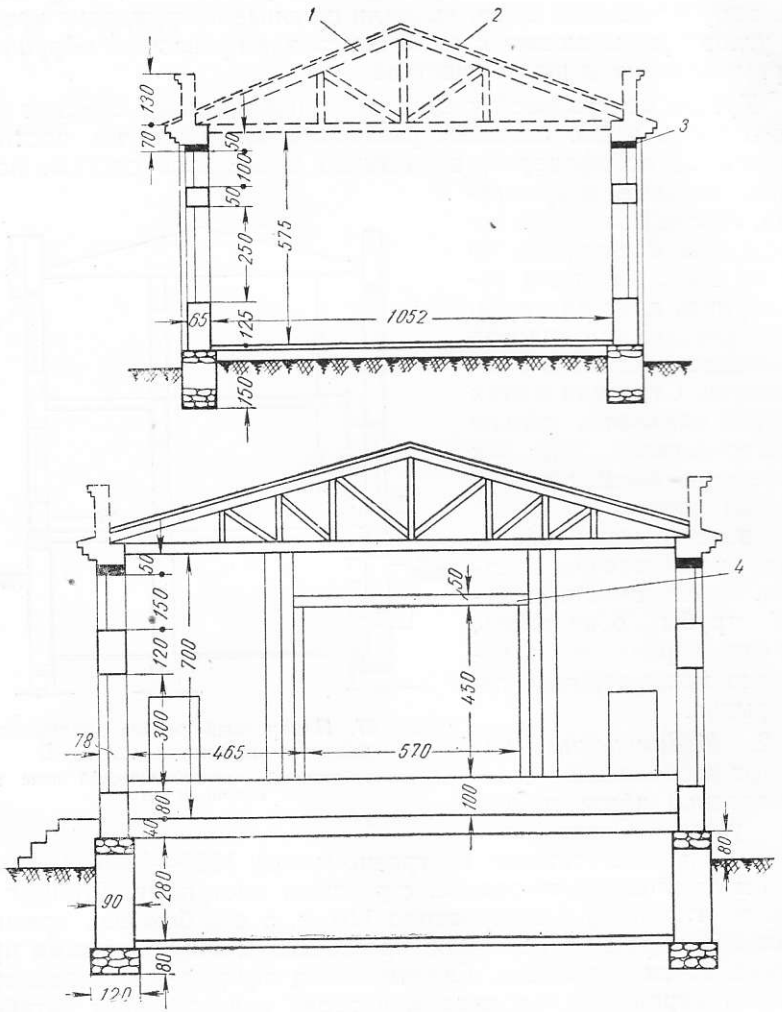


Рис. 68. Поперечные разрезы клуба и актового зала
1—дощатая ферма; *2*—волнистая асбофанера; *3*—железобетонный антисейсмический пояс; *4*—портальная балка

наличия или отсутствия подвала, в пределах от 1,4 до 4 *м*. Основанием фундаментов служит лёссовидный суглинок. Глубина горизонта грунтовых вод в этом районе более 10 *м*. Стены сложены из обожженного кирпича на известковом растворе марки 8.

Толщины стен и высоты помещений приведены на рис. 67. Перемычки над дверными и оконными проемами рядовые кирпичные, а в клубной части здания — железобетонные.

Междуэтажные и чердачные перекрытия, в том числе и над подвалом главного корпуса, деревянные. Только перекрытие над подвалом, расположенным под студенческим клубом, — железобетонное. Перегородки деревянные обшивные, оштукатурены с обеих сторон известковым раствором. Потолок обшит фанерой. В вестибюле, кроме железобетонных колонн, поддерживающих лестницу, имеются кирпичные колонны сечением 51×51 *см*, поддерживающие перекрытие над вестибюлем. Наружные и внутренние стены с двух сторон оштукатурены известковым раствором. Трехмаршевая лестница, ведущая из вестибюля главного входа на 2-й этаж, выполнена из монолитного железобетона.

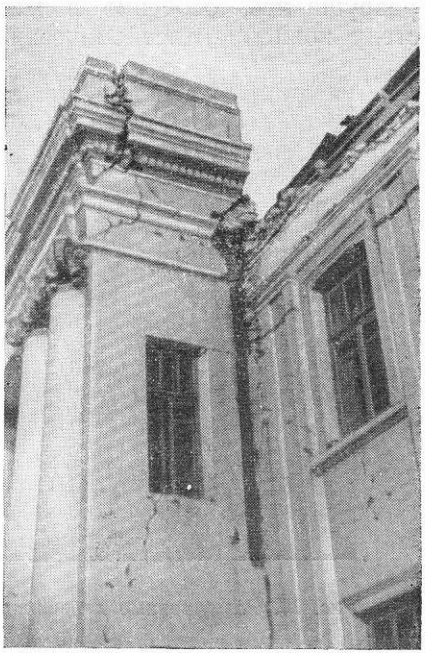


Рис. 69. Обрушение парапетов с карнизами со стороны главного фасада

Стены актового зала и студенческого клуба выложены из обожженного кирпича на сложном растворе марки 15. Фундаменты этой части здания выполнены из рваного булыжного камня на сложном растворе той же марки, что и стены. Простенки между оконными проемами клуба оформлены пилястрами, выступающими на полкирпича от их внутренних и наружных плоскостей. Ширина оконных проемов не превышает 2 *м*.

В примыканиях правого и левого крыла к центральной части здания предусмотрены температурные швы. Антисейсмический пояс уложен по периметру наружных стен над оконными проемами 2-го этажа основного корпуса и над верхними проемами актового зала и клуба. При этом в примыкающие внутренние стены он заведен всего только на 1—1,5 *м*.

Кровля — из волнистой асбофанеры. Стропила над основным корпусом обычной конструкции, а над актовым залом и над клубом — деревянные треугольные фермы. По периметру

наружных стен были возведены кирпичные парапеты, высотой около 1,5 *м* (рис. 68). Отопление здания центральное.

Кирпичные парапеты в большинстве своем разрушились до уровня чердачных перекрытий и обвалились (рис. 69). Кирпичные стены главного корпуса имеют большие трещины шириной местами до 5 *см*. Простенки между оконными проемами в большинстве случаев повреждены косыми трещинами, идущими от верха одного проема до низа соседнего; в некоторых случаях имело место выпадение кирпичей.

Внутренние поперечные стены почти без исключения сильно разрушились, особенно в местах, где кончается заделка в стену концов антисейсмических поясов. Произошло это в ос-

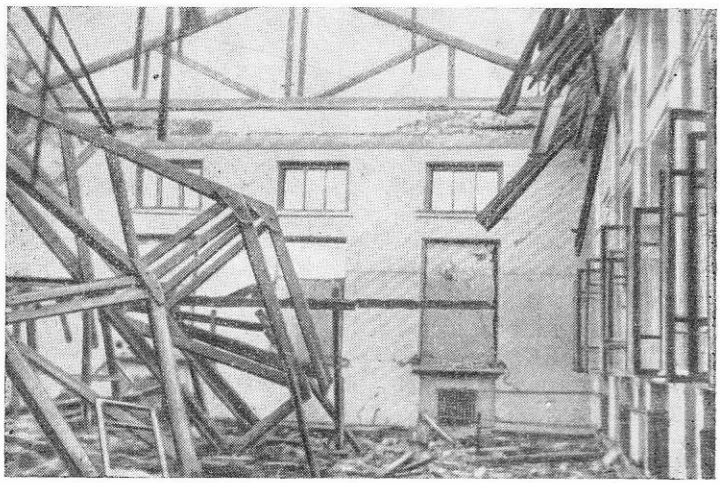


Рис. 70. Разрушенные деревянные дощатые фермы над актовым залом

новном от того, что кладка стен производилась небрежно, без перевязки швов, особенно в пересечениях продольных стен с поперечными.

Брандмауэрная стена между актовым залом и западным крылом упала на покрытие актового зала и полностью разрушила его (рис. 70). Также разрушились и упали все щипцовые стены. Особенно сильно пострадала портальная стена и портальная балка. Разрушение балки произошло посередине и на $^1/_3$ части пролета.

Железобетонное перекрытие над подвалом повреждений не получило. Бутовые стены подвала, кроме мелких волосных трещин, признаков повреждений не имеют.

Железобетонные перемычки над оконными и дверными проемами не деформировались. Кирпичные стойки в вестибюле,

поддерживающие перекрытие над 1-м этажом, деформаций не имеют. По-видимому, кладка их производилась на цементном растворе высокой марки. Монолитная железобетонная лестница повреждений, за исключением мелких трещин, не имеет. Однако кирпичная кладка стен лестничной клетки получила значительные повреждения в виде диагональных трещин.

3. Здание *Туркменского филиала Академии наук СССР* выходит главным фасадом на улицу Энгельса. Здание 2-этажное кирпичное, построено в 1933 г. Основанием для его фундаментов служит плотный суглинок, с уровнем грунтовых вод на глубине

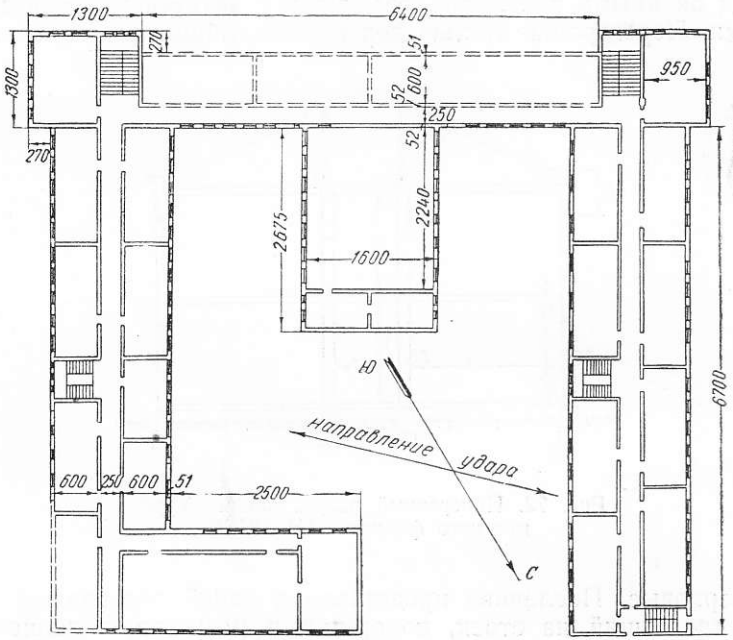


Рис. 71. Схема плана здания Туркменского филиала Академии наук СССР (пунктиром показаны разрушенные стены)

10—12 *м*. Здание в плане сложного очертания, общая длина его достигает 250 *м*, однако при этом не разделено на отдельные отсеки антисейсмическими швами (рис 71). Фундаменты ленточные из бутового камня на известковом растворе. Глубина заложения фундаментов — 1 *м* (рис. 72). На уровне оконных перемычек каждого этажа по периметру наружных стен были уложены железобетонные антисейсмические пояса, «хвосты» которых заходили на внутренние стены всего лишь на 1,8 *м* и то не везде. По непонятной причине антисейсмические пояса через каждые 9—10 *м* прерывались прокладкой кирпича, чем их конструктивное значение сводилось к нулю. Наружные стены были сильно ослаб-

лены оконными проемами, а внутренние — дверными и печными проемами, а также дымоходами. Стены здания, наружные и внутренние, толщиной 52 *см*, сложены на слабом известковом растворе.

Деревянные балки междуэтажных и чердачных перекрытий не были заанкерены в антисейсмических поясах. Одна часть крыши была покрыта волнистой асбофанерой, а другая часть — черепицей, уложенной по деревянной обрешетке, настланной по наслонным стропилам. Лестницы с железобетонными косоурами. Перемычки над дверными и печными проемами железобетонные, а над оконными проемами совмещены с антисейсмическими поясами. Перегородки частью деревянные, обшивные, а частью—

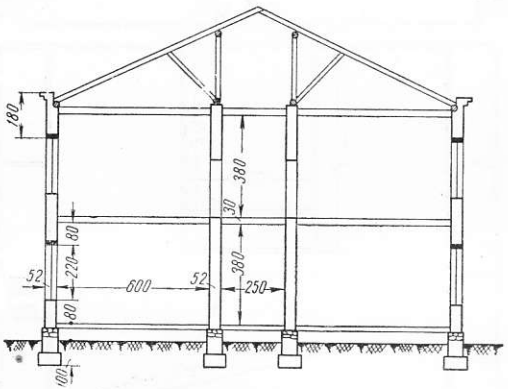


Рис. 72. Поперечный разрез здания Туркменского филиала АН СССР

фахверковые. Последние представляли собой деревянный каркас, состоящий из стоек, поперечин и раскосов, заполненный кирпичом на глиняном растворе. Высота оконных проемов не одинакова; в частности, в угловых выступающих частях с узкими простенками они были высотой в полтора этажа.

Средняя часть здания по главному фасаду, расположенному по улице Энгельса, разрушилась полностью (рис. 73). Стены, не связанные с перекрытием и по существу дела не усиленные, а ослабленные во многих местах разрезанными антисейсмическими поясами, обрушились, увлекая за собой перекрытия. Значительно повреждена наружная дворовая стена левого крыла в пределах лестничной клетки по причине сильного ослабления стены проемами разной высоты, наличия разрезанных антисейсмических поясов и плохой кладки на слабом растворе. Наружная продольная стена, выходящая на Комсомольскую ул., отошла от своей вертикальной плоскости на 10 *см*, а простенки сильно повреждены (рис. 74, 75).

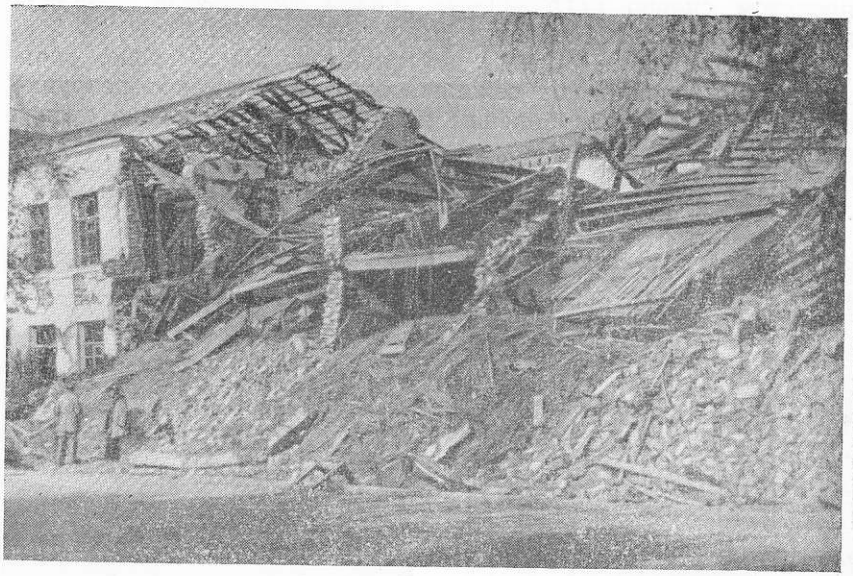


Рис. 73. Разрушения центральной части здания

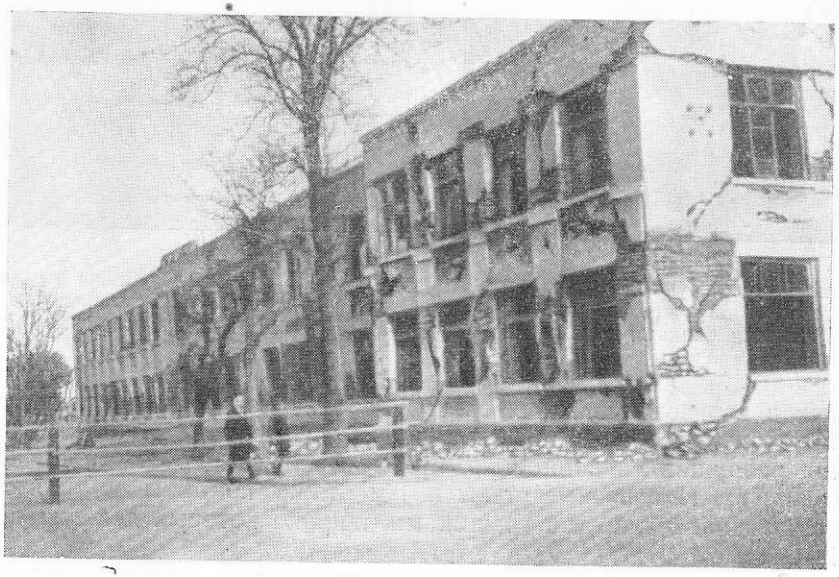


Рис. 74. Фасад здания со стороны Комсомольской ул.

Следует отметить, что в угловых помещениях с большим пролетом сильно нагруженные балки перекрытий, действуя как таран, вызвали сильное разрушение простенков.

Все поперечные стены, воспринимающие большие горизонтальные усилия от сейсмического толчка, либо разрушились, либо получили большие повреждения. Особенно сильно пострадали поперечные стены в местах примыкания их к наружным стенам (рис. 78). Здесь также большую роль сыграло плохое качество кладки, в частности плохая перевязка вертикаль-

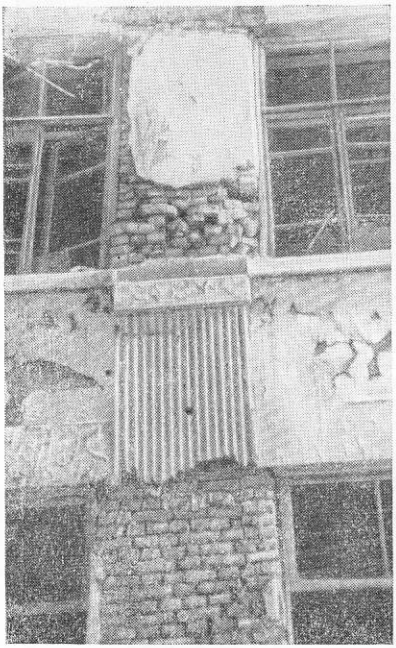


Рис. 75. Разрушение узких простенков, нагруженных железобетонными балками перекрытий

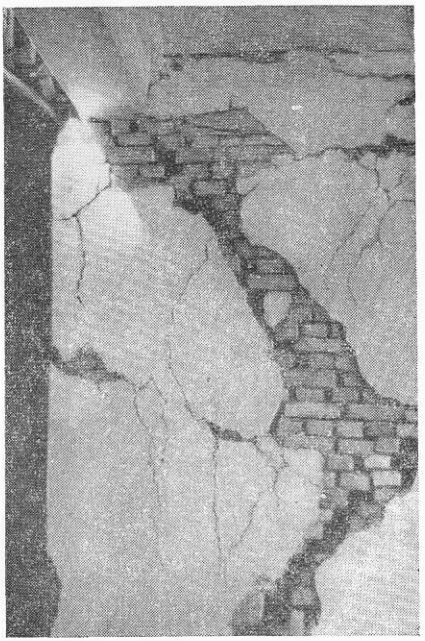


Рис. 76 Внутренний входящий угол в лестничной клетке раскололся под нагрузкой от железобетонного прогона

ных и горизонтальных швов. Внутренние поперечные стены во 2-м этаже пострадали больше, чем в 1-м этаже, а некоторые из них разрушились полностью, превратившись в груды кирпичей (рис. 77). Поперечные стены в 1-м этаже, покрыты во многих местах диагональными трещинами, ширина которых доходит до 4—5 *см*.

Стены лестничных клеток в выступающих угловых частях здания значительно пострадали, местами обвалились, но железобетонные конструкции лестниц хорошо сохранились. Внутренние входящие углы в лестничных клетках не выдержали сосредото-

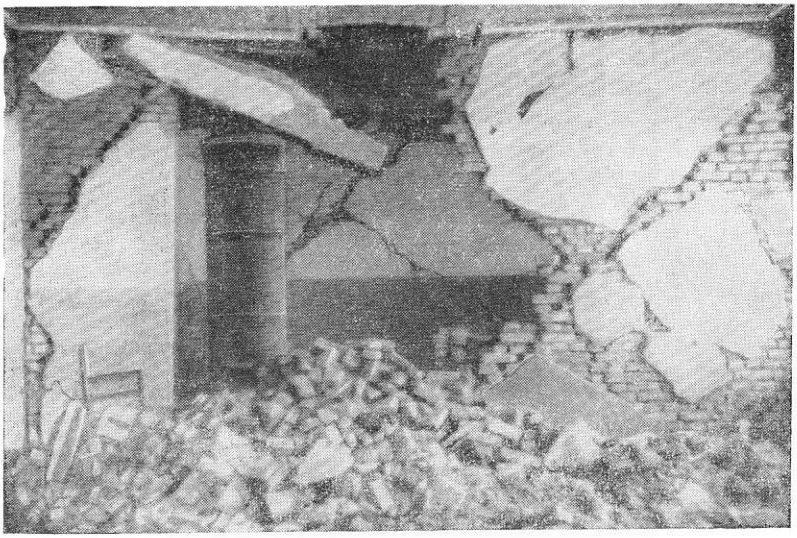


Рис. 77. Разрушение поперечной стены у печного проема

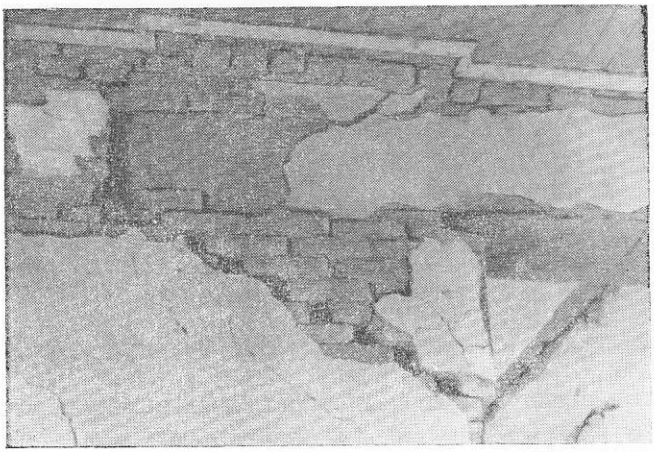


Рис. 78. Разрушение поперечной стены (виден конец «хвоста» антисейсмического пояса)

ченных нагрузок от железобетонных прогонов и потрескались, причем ширина трещин доходила до 10 *см* (рис. 76). Кирпичные брандмауэрные стены разрушились.

Каркасы фахверковых перегородок сохранились хорошо, но кирпичные заполнения на глиняном растворе во многих местах вывалились (рис. 79). Деревянные обшивные перегородки вообще не пострадали, за исключением отдельных перегородок, сла-

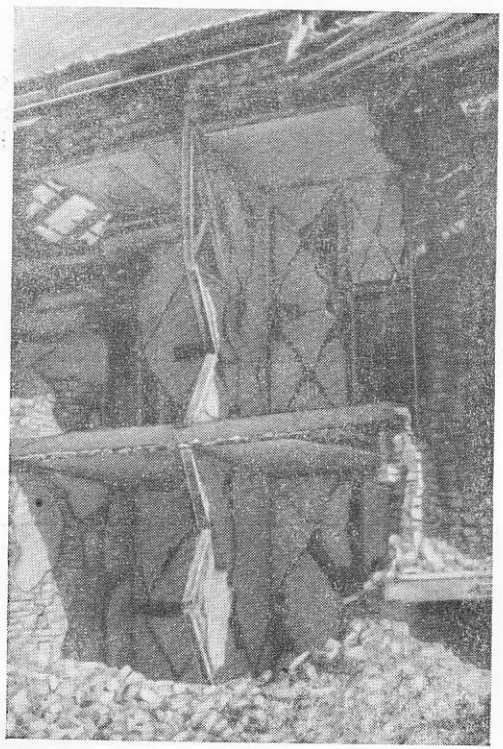


Рис. 79. Сохранившиеся каркасы фахверковых перегородок

бо прикрепленных к основным несущим конструкциям. Такие перегородки оторвались и упали.

Круглые отопительные печи в стальных кожухах, стоявшие на собственных фундаментах, сохранились.

4. *Министерство сельского хозяйства* расположено в центральной части города на ул. 1 Мая. Кирпичное 2-этажное здание министерства с цокольным этажом построено в 1938 г. При сложном очертании в плане оно также не было разделено антисейсмическими швами на отсеки. Грунт — плотный суглинок. Глубина залегания грунтовых вод — 10—15 *м*. Фундаменты под

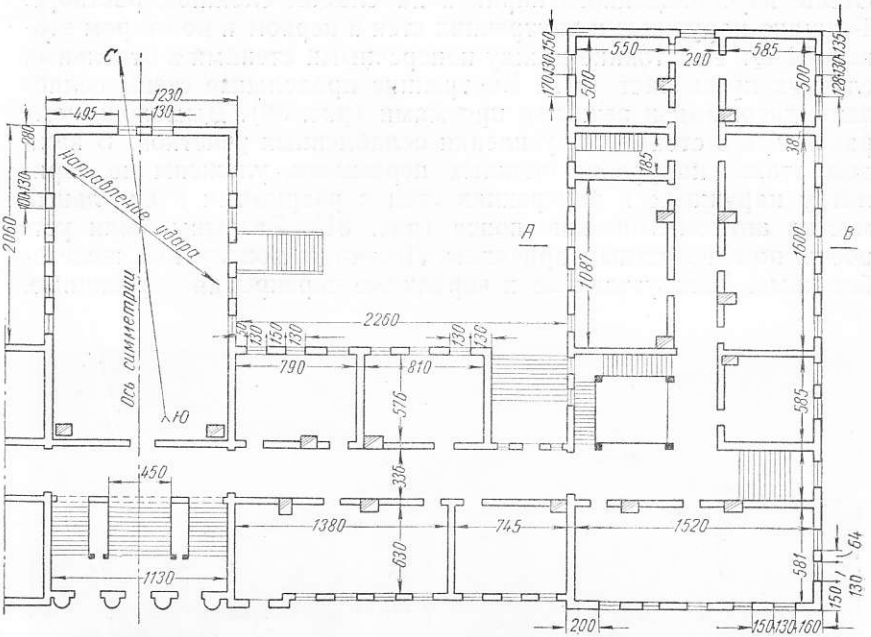


Рис. 80. План 1-го этажа здания Министерства сельского хозяйства

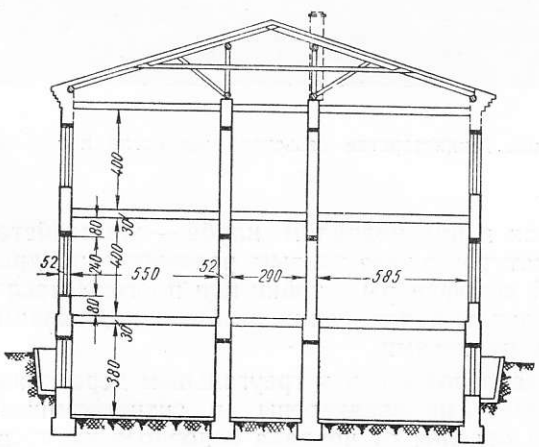


Рис. 81. Разрез здания Министерства сельского хозяйства по *А—В*

всем зданием ленточные, бутовые, на сложном растворе марки 8. Стены из обожженного кирпича на слабом сложном растворе. Толщина наружных и внутренних стен в первом и во втором этажах 51 *см*. Расстояние между поперечными стенами в отдельных случаях превышает 15 *м*. Внутренние продольные стены ослаблены дверными и печными проемами (рис. 80). Дымоходы устраивались в стенах без усиления ослабленных участков. В каждом этаже, на уровне оконных перемычек, уложены по периметру наружных и внутренних стен с разрывами в отдельных местах антисейсмические пояса (рис. 81). Разрывы были устроены по неизвестным причинам. Лестницы монолитные железобетонные. Междуэтажные и чердачные перекрытия деревянные,

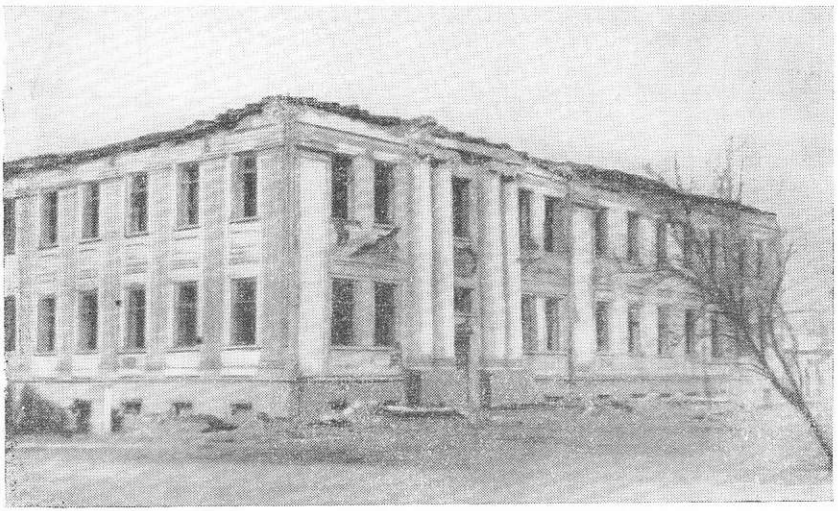


Рис. 82. Здание Министерства сельского хозяйства после землетрясения

а в коридорах и над подвалом клуба — железобетонные. Потолки оштукатурены известковым раствором по драни. Кровля из волнистой асбофанеры. Стойки под прогоны наслонных стропил в продольном направлении не были надлежащим образом раскреплены подкосами.

Потолок зала подвешен к треугольным деревянным фермам, опоры которых не заанкерены в антисейсмическом поясе. Чердак зала отделен от чердака основного корпуса кирпичной брандмауэрной стеной. Потолок подшит фанерой. Стены зала высотой 5,85 *м*, возведены на сложном растворе марки 8. Кладка хорошего качества. Свободная длина продольных стен зала 20 *м*, поперечных—12 *м*.

Парапет высотой 1,5 *м* обрушился по всему периметру здания, за исключением незначительных участков (рис. 82, 83). Стропильная система от толчка накренилась в восточную сторону, а некоторые стропильные ноги упали (рис. 84) вследствие недостаточного крепления узлов. Дымовые трубы обвалились. Свободно стоящие кирпичные брандмауэрные и щипцовые стены разрушились. Разрушение брандмауэрной стены между основным корпусом и залом было одной из основных причин разрушения перекрытия зала, а также перекрытия подвала. В основ-

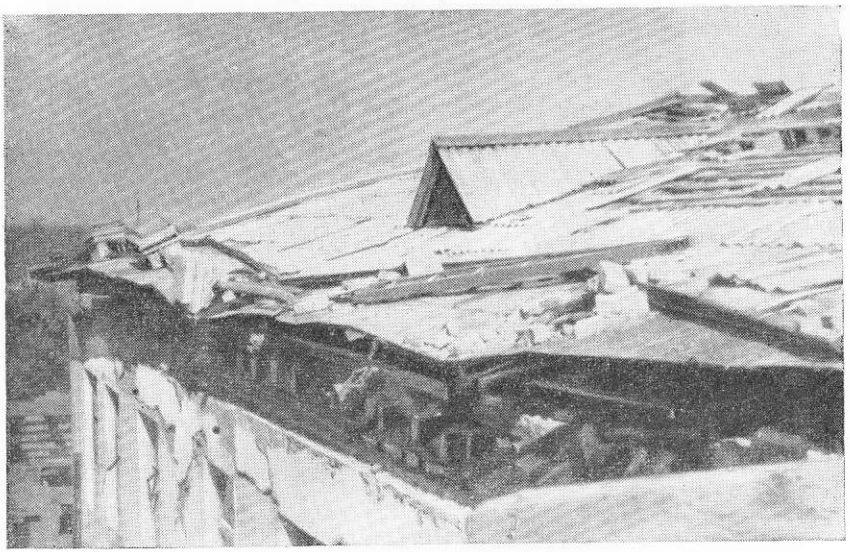


Рис. 83. Обрушение карнизной части стены высотою 1,5 *м*

ном подвал сохранился без значительных повреждений, за исключением двух деформировавшихся простенков.

Наружные стены по внешнему виду пострадали не сильно. Однако, продольная стена со стороны двора отошла от вертикали на 6 *см*, а со стороны главного фасада в центральной части здания отклонение достигло 10—12 *см*. Оконные и дверные железобетонные перемычки сохранились хорошо. Большинство простенков деформировалось; при этом более жесткие широкие простенки сильнее пострадали, приняв на себя большую часть силы удара.

Особенно сильно пострадала наружная стена лестничной клетки главного входа, ослабленная высокими 7-метровыми оконными проемами. Внутренние боковые стены клетки сильно потрескались, а одна из них отошла от своей вертикальной плоскости на 7—8 *см*. В железобетонных стойках, поддерживаю-

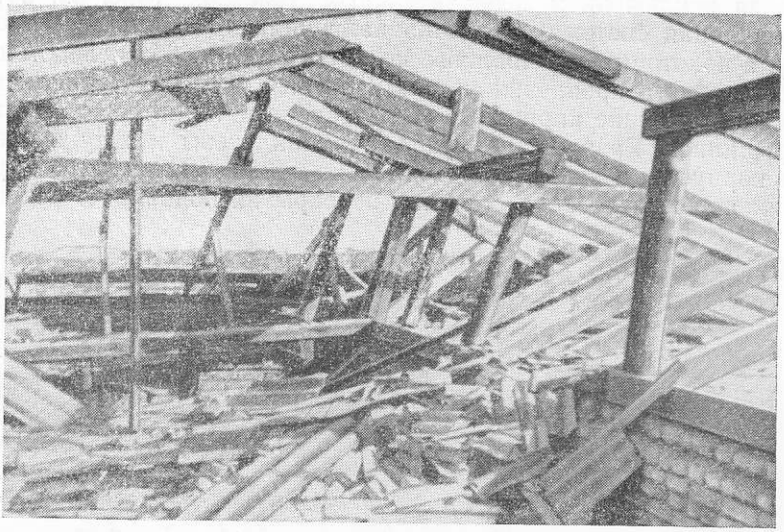


Рис. 84. Стропильная система накренилась

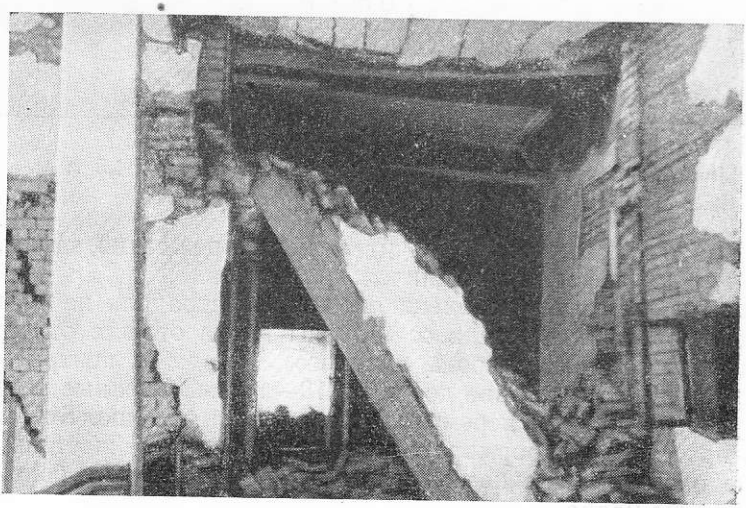


Рис. 85. Слабо заделанная железобетонная перемычка пролетом 3,5 *м* срезала кладку и упала

щих лестничные площадки, в местах опирания на них площадочных балок, разрушился бетон и обнажилась арматура. Железобетонное перекрытие лестничной клетки, марши, ступени, площадочные балки хорошо сохранились.

Внутренние продольные стены правого крыла получили большие деформации в виде трещин с выпадением в отдельных случаях кирпичей. Особенно сильные разрушения произошли в местах примыкания внутренних стен к наружным. Внутренние поперечные стены оказались сильно поврежденными диагональными и ступенчатыми (по швам кладки) трещинами. Наиболее значительные разрушения произошли в местах ослабления их печными проемами и дымоходами, вследствие того, что в этих местах они не были надлежащим образом усилены. По той же причине рухнула в левом крыле продольная внутренняя стена, разрушив перекрытие 1-го этажа. Обрушение железобетонных перемычек в коридоре вызвано отсутствием надежной заделки их в стены (рис. 85).

Железобетонные плиты перекрытий, заделанные в стену всего на 6 *см*, в некоторых местах были выдернуты из кладки и деформировались. Почти все печи развалились. Обшивные деревянные перегородки, прочно прикрепленные к примыкающим конструкциям, хорошо сохранились. Штукатурка потолков, стен и перегородок, выполненная известковым раствором, частью потрескалась и отслоилась, а в тех местах, где она была нанесена толстым слоем, обвалилась.

3. ЗДАНИЯ СО СТЕНАМИ ИЗ МЕЛКИХ ИЗВЕСТНЯКОВЫХ БЛОКОВ

1. *Железнодорожная школа* расположена в юго-восточной части города на углу ул. Свободы и Октябрьской. Здание 3-этажное, высотой 12,8 *м*, со сложным очертанием в плане (рис. 86, 87). Фундаменты толщиной около 70 *см* выполнены из песчаника с подушкой в толще плотного лессовидного суглинка.

Стены возведены из штучного камня известняка размером 35×20×20 *см* на известковом растворе марки не выше 8. Толщина наружных и внутренних стен 56 *см*. Расстояния между поперечными стенами не более 9 *м*. При сложном очертании плана здание не было разделено антисейсмическими швами на отсеки. Антисейсмические пояса были расположены над оконными проемами 2-го и 3-го этажей, при этом уложены только по периметру наружных стен с запуском «хвостов» на 1—1,5 *м* в примыкающие внутренние стены. Перекрытия, кроме лестничных клеток, деревянные. Балки перекрытий не были заанкерены в антисейсмических поясах. Потолок чистый подшивной. Стены оштукатурены известковым раствором при толщине намета местами до 5 *см*. Перемычки оконных и дверных проемов железо-

бетонные. Перегородки обшивные оштукатуренные с двух сторон по драни. Стропила двухскатные, наслонные, весьма неце-

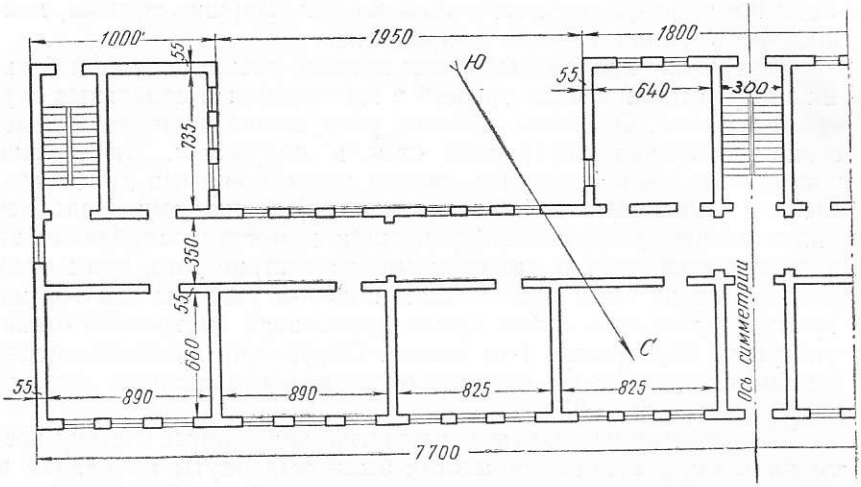


Рис. 86. План здания железнодорожной школы

лесообразная конструкция которых показана на разрезе. Отопление центральное, за исключением некоторых помещений с печным отоплением.

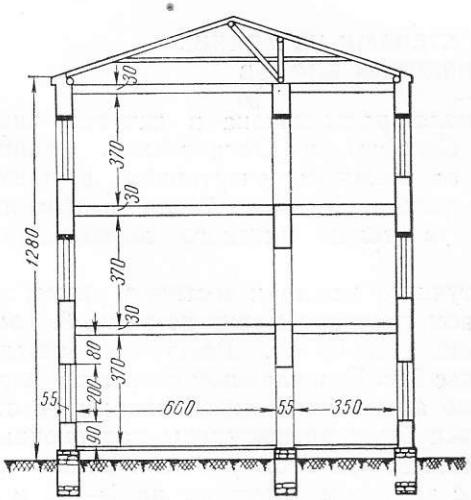


Рис. 87. Схема поперечного разреза здания железнодорожной школы

При землетрясении торцовая стена юго-западной выступающей части обрушилась на всю высоту (рис. 88), при этом деформировавшиеся антисейсмические пояса остались на весу. Обрушение этой стены произошло из-за слабой связи ее с примыкающими продольными стенами, причиной чего была небрежная кладка камней на слабом известковом растворе с нарушением правил перевязки. Центральная часть здания, выходящая на ул. Свободы, обвалилась вместе с перекрытиями (рис. 89). Необвалившиеся стены главного фасада покрылись трещинами, ширина которых местами доходила до 2 *см*. Угол юго-восточного выступа в пределах

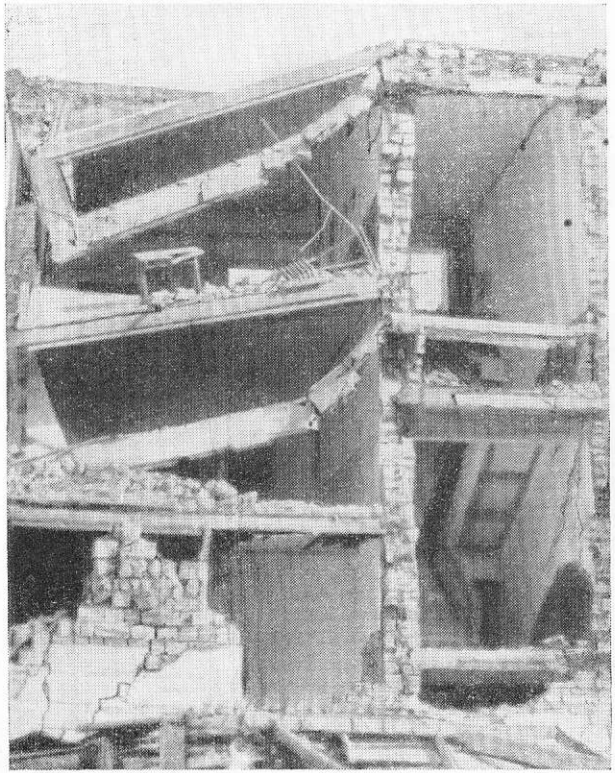


Рис. 88. Обрушение на всю высоту торцовой стены юго-западной выступающей части

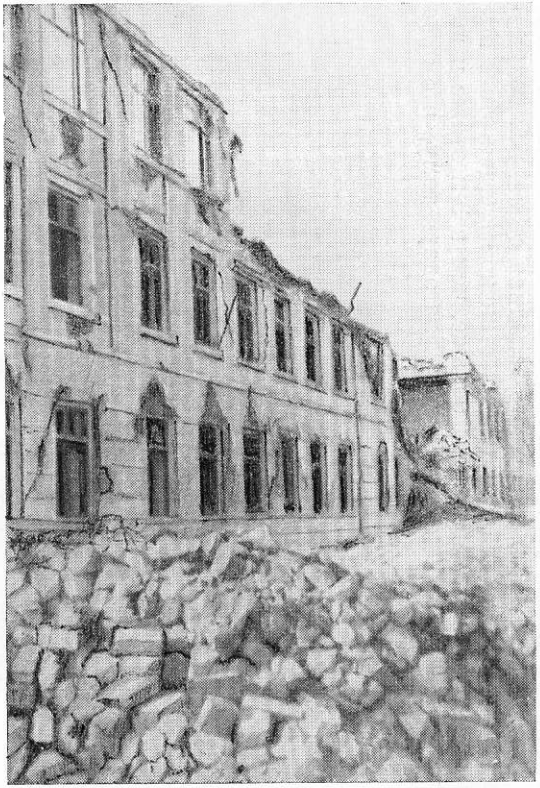


Рис. 89. Разрушения здания со стороны главного фасада

3-го и 2-го этажей рухнул, а изломанные антисейсмические пояса повисли на арматуре (рис. 90).

Центральный выступ в месте примыкания к основному корпусу сильно пострадал, но его юго-западная стена, вся покрывшаяся трещинами, устояла. Стены лестничной кладки этого выступа во 2-м этаже повреждены больше, чем в 3-м этаже и получили трещины шириной до 4 *см*. Благодаря тому, что окна



Рис. 90. Разрушение угла здания

в лестничной клетке небольшие, передняя стена с окнами была повреждена не сильно. Прямоугольные печи без стальных кожухов развалились. Оголовки дымовых труб сорвались, а сами трубы в пределах чердака частью устояли, а частью опрокинулись.

2. *Школа № 3* расположена на западной окраине города на ул. Островского. Здание 2-этажное, неспокойного очертания в плане, построено в 1937 г. из красноводского известняка, причем не было разделено антисейсмическими швами на отдельные от-

секи (рис. 91). Фундаменты каменные на известковом растворе заглублены примерно на 1 *м*. Грунт — лёссовидный суглинок, залегающий пластом значительной мощности с уровнем грунтовых вод до 8 *м* от дневной поверхности.

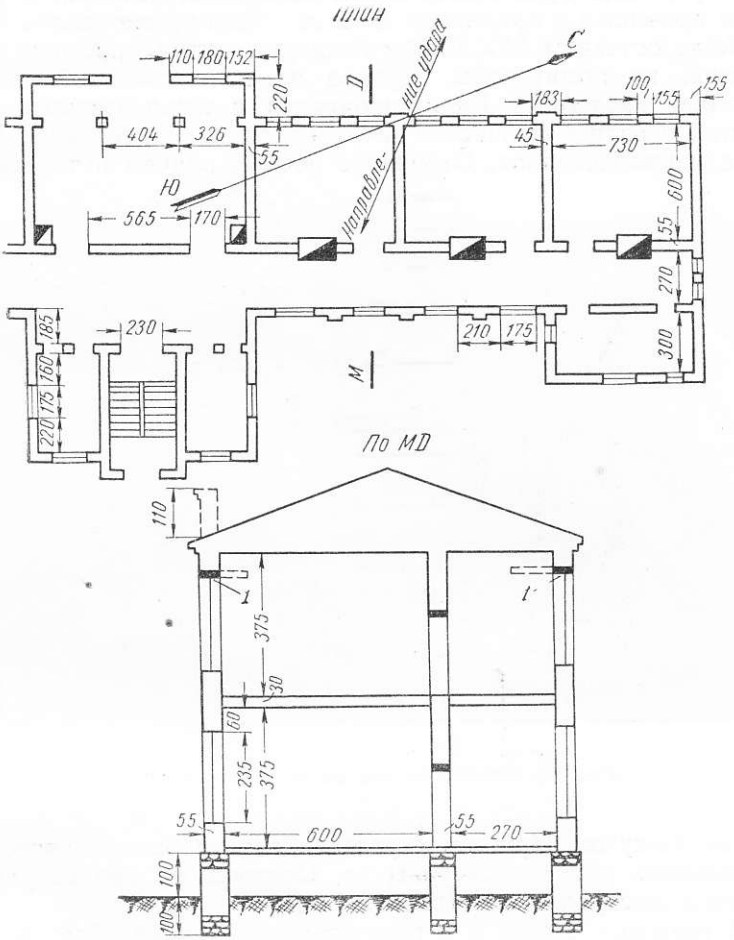


Рис. 91. План 1-го этажа и разрез здания школы по улице Островского

1—железобетонный антисейсмический пояс

Наружные и внутренние стены в 1-м и во 2-м этажах сложены из известняковых блоков, размером 35×20×20 *см* на слабом известковом растворе. Междуэтажное и чердачное перекрытия деревянные, за исключением лестничных клеток и вестибюля, над которыми сделаны монолитные железобетонные перекрытия. Железобетонные плиты заделаны в стены всего на

12 *см*. Антисейсмический пояс уложен на уровне оконных перемычек только во 2-м этаже по периметру наружных стен с запуском «хвостов» во внутренние стены на 1—1,5 *м*.

Внутренние продольные стены ослаблены печными и дверными проемами с пролетами до 2 *м*. Кирпичные столбы в вестибюле сечением 38×38 *см*, поддерживающие прогоны перекрытия, не армированы. Кровля из волнистой асбофанеры; стропила наслонные. Балки чердачных и междуэтажных перекрытий с антисейсмическим поясом и стеной не связаны. Лестница железобетонная. Отопление печное, причем печи без же-

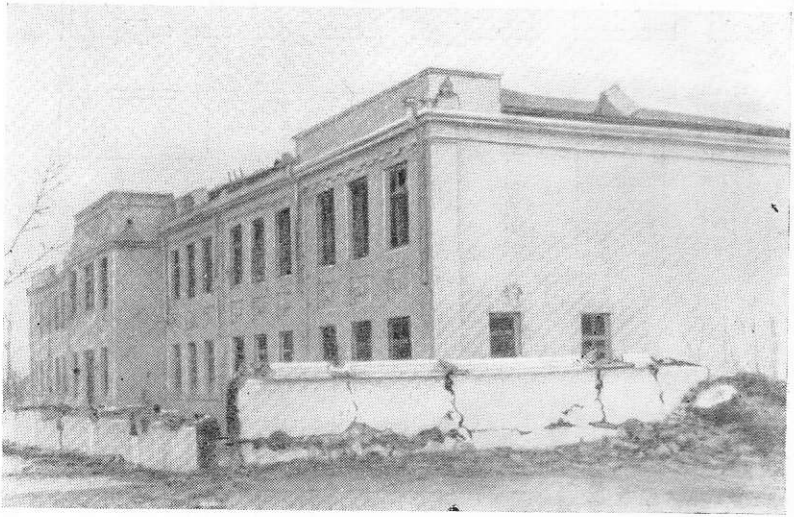


Рис. 92. Здание школы после землетрясения

лезных кожухов. При землетрясении здание было значительно повреждено, хотя со стороны ул. Островского оно сохранило вид мало пострадавшего (рис. 92).

В торцовых стенах и в некоторых простенках образовались слабо выраженные диагональные трещины; частично разрушился парапет главного фасада. Северная торцовая стена во 2-м этаже отошла от вертикали на 4 *см*. Упавшая брандмауэрная стена разрушила чердачное и междуэтажное перекрытия (рис. 93). Карнизы почти по всему периметру хорошо сохранились.

Внутренние поперечные стены во 2-м этаже почти все без исключения значительно повреждены: вывалились отдельные участки стен, а некоторые участки получили диагональные трещины на всю высоту шириной до 5—6 *см*, причем в 1-м этаже эти трещины значительно слабее. Во 2-м этаже между наруж-

ными и внутренними стенами образовались сквозные трещины. Деревянные обшивные перегородки между классными комнатами над вестибюлем отошли от вертикальной плоскости на 30 *см*, а в других местах получили незначительные повреждения. Стены лестничных клеток, особенно торцовые, сильно потрескались. Кирпичные столбы, поддерживающие перекрытия

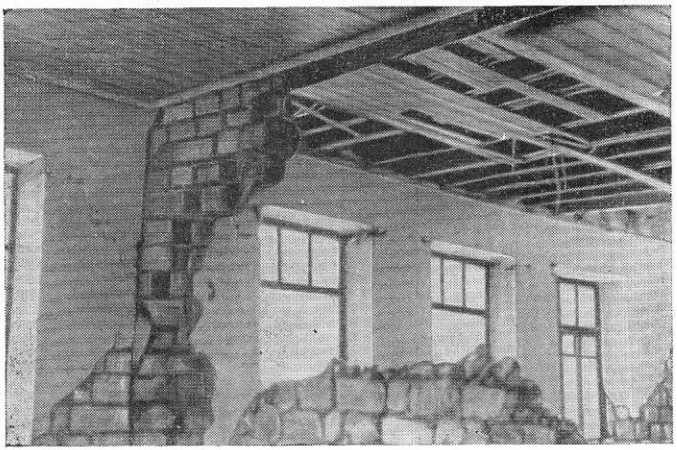


Рис. 93. Разрушение перекрытий и внутренней поперечной стены на 2-м этаже

над вестибюлем, кроме мелких трещин, повреждений не получили. Печи в классных комнатах в 1-м и во 2-м этажах сильно повреждены, но не разрушились. Дымовые трубы выше крыши развалились в разные стороны. Угловые печи, находящиеся в вестибюле, не повреждены. Штукатурка на стенах потрескалась, кое-где отстала, а в некоторых местах обвалилась.

4. ЗДАНИЯ ТЕАТРОВ И КЛУБОВ

1. *Оперный театр,* схематический план и разрезы которого даны на рис. 94 и 95, находится на углу ул. Энгельса и Карла Либкнехта. Зрительный зал театра был перестроен из здания медресе и мечети. Стены его толщиной в $3^1/_2$ кирпича, сложенные на известковом растворе, были надстроены очень слабой кладкой. Продольные внутренние стены имеют несколько широких стрельчатых арок, заложенных кирпичными стенками толщиной 25 *см*. В этих стенках устроены широкие дверные проемы для сообщения зрительного зала с фойе. Наружные стены фойе, для которого были использованы стены старых зданий, были выложены из сырцового кирпича. Крыша фойе с одной стороны была плоская земляная. Стропила над зритель-

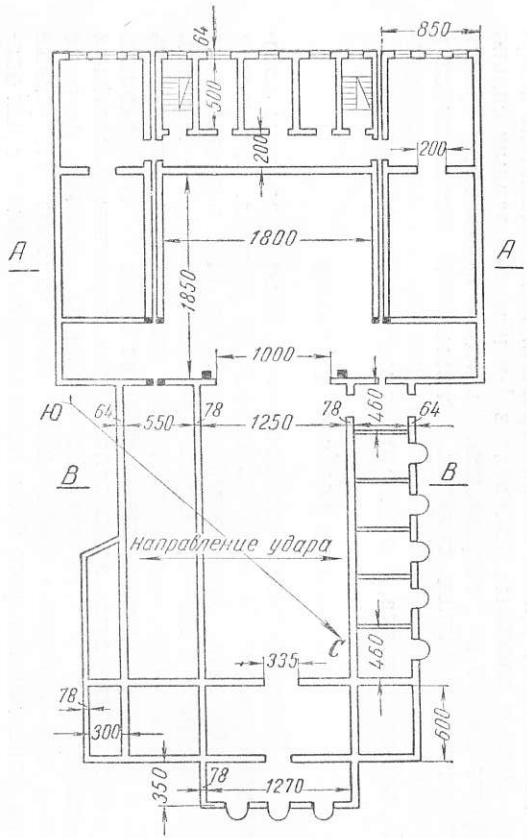


Рис. 94. Схема плана оперного театра

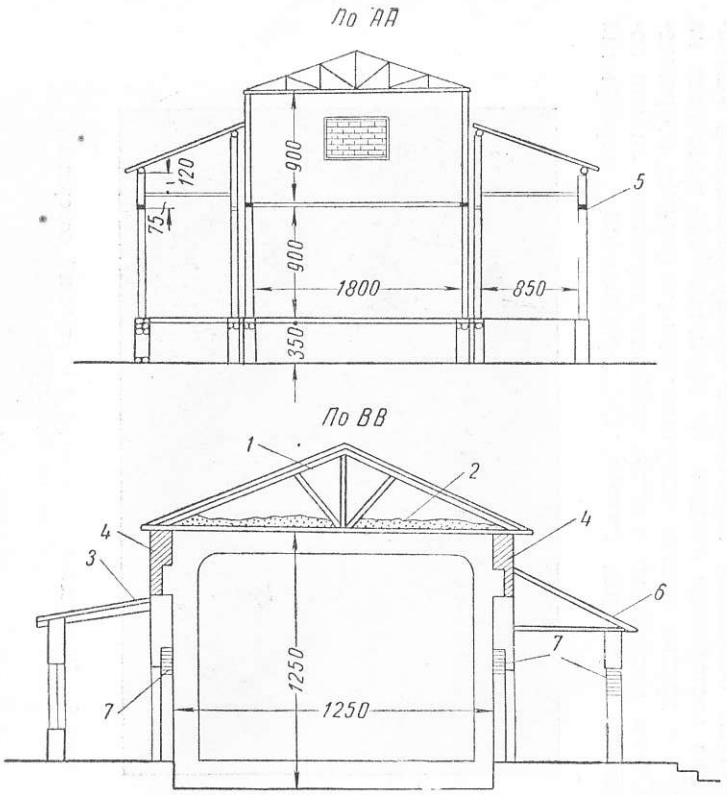


Рис. 95. Поперечные разрезы здания оперного театра

1—бревенчатая ферма; *2*—глино-соломенный утеплитель; *3*—земляная кровля; *4*—надстроенная стена; *5*—железобетонный антисейсмический пояс; *6*—асбофанерная кровля; *7*—арка полуциркульная

ной частью оставались старые, из бревен, со слабыми по конструкции узлами. Сценическая часть пристроена к залу при его реконструкции и состоит из трех отсеков: одного центрального, включающего сценическую коробку, и двух боковых 2-этажных с цокольными этажами.

Перекрытия цокольных этажей монолитные железобетонные, а надземных этажей — деревянные. Центральный отсек в передней части вмещает сцену, усиленную тремя железобетонными рамами. На средней портальной раме пролетом 10 *м* была сложена кирпичная стена высотой 9 *м* и толщиной 51 *см*.

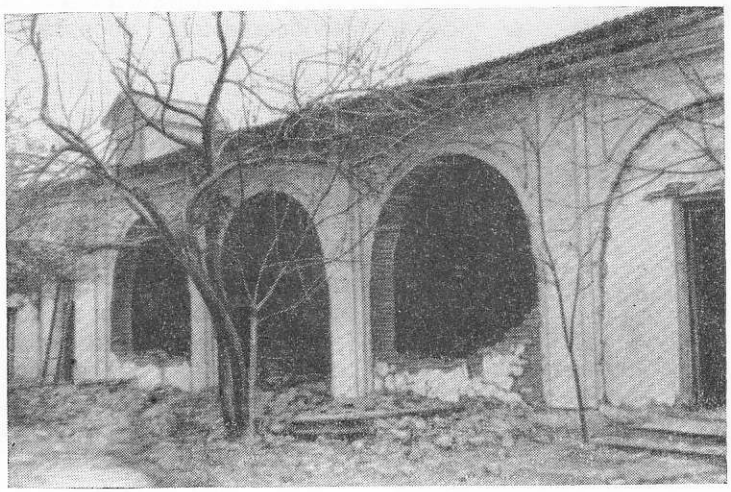


Рис. 96. Сохранившиеся кирпичные арки зрительного зала

Стойки угловых рам доходили до верхнего антисейсмического пояса. Боковые стены сценической коробки в пределах карманов сцены до половины высоты заменены железобетонными рамами пролетом 8 *м*. Задняя часть сценического корпуса решена нормальными этажами с односторонним коридором, примыкающим к сцене. Стены этой части корпуса выложены из обожженного кирпича толщиной: наружные в 1-м и во 2-м этажах 64 *см*, внутренние — 38 *см* в верхних двух этажах наружные — 51 *см* и внутренние — 38 *см*. В первых трех этажах располагались артистические уборные, комната администрации театра, а в верхнем (4-м) этаже был расположен балетный танцевальный зал.

В стенах сценической части здания были уложены два железобетонных антисейсмических пояса по середине их высоты и по верху сценической коробки. Стены, за исключением проемов, обрамленных железобетонными рамами, были сплошные кирпичные; кладка на растворе марки 10—15. Одна из стен сцени-

ческой коробки до антисейсмического пояса была переложена на прочном цементном растворе, так как прежняя стена стала деформироваться. Сценическая коробка перекрывалась висячими деревянными фермами, к нижним поясам которых были подвешены бруски колосников. Кровля очень легкого типа — железная, утепленная войлоком в два слоя. Лестница монолитная железобетонная.

Стены фойе с северо-западной стороны, сложенные из сырцового кирпича и имевшие тяжелую земляную кровлю, разрушились. Стены фойе с юго-восточной стороны зрительного зала, над которым была легкая асбофанерная кровля, сохранились, но вывалилась сырцовая кладка, заполнявшая проемы старой кирпичной аркады (рис. 96). Стены зрительного зала сильно пострадали: их верхние части, надстроенные при реконструкции здания под театр, разрушились по всему периметру. Часть стрельчатых арок, в особенности те, которые расположены ближе к сценической коробке, сильно повреждены. Обращает на себя внимание тот факт, что арки, заложенные кирпичом, повреждены значительно меньше, чем арки без заполнения. Обрушение верхних частей стен зрительного зала вызвало обрушение всех стропильных ферм над ним.

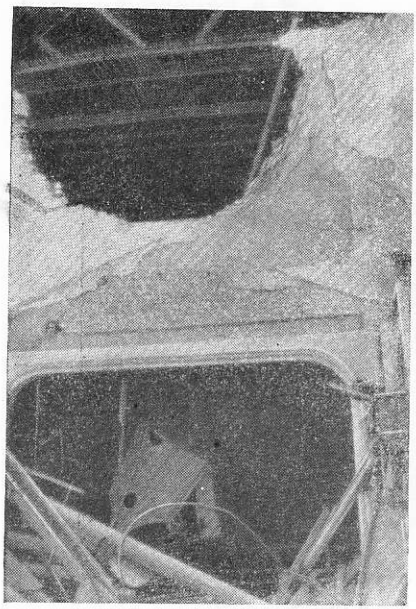


Рис. 97. Выпадение части стены над порталом сценической части здания

Боковые стены сценической коробки более или менее уцелели. Особенно хорошо сохранилась стена, сложенная заново на прочном цементном растворе — она не получила никаких повреждений. Противоположная ей боковая стена в некоторых местах сдвинулась и выпучилась. Такой характер повреждения можно объяснить тем, что при колебании отсеков в шов между ними упали куски кладки от разрушившейся верхней части стены бокового отсека, которые, заклинившись в шве, препятствовали свободному колебанию и вызвали деформации. Передняя и задняя стены сценической коробки оказались в несколько иных условиях. Верхняя часть передней стены, расположенная на портальной раме, имевшая свободную длину 10 *м* и высоту 9 *м*, представляла собой весьма непрочную конструк-

цию и не в состоянии была противостоять приходящейся на нее нагрузке. Эта стена, как видно на рисунке 97, упала на крышу зрительного зала. Несомненно, что одной из причин ее разрушения явилось отсутствие связи кирпичной кладки с антисейсмическим поясом и слабая его конструкция. В сохранившихся участках стены над порталом, в зонах, близко прилегающих к вывалившейся части, произошло смещение кладки по швам в сторону сцены на 5—6 *см*.



Рис. 98. Дворовый фасад сценической части здания

Портальная рама сохранилась хорошо, без каких-либо повреждений. Контрфорсы у портала также не имели повреждений. Объясняется это, по-видимому, тем, что, во-первых, они расположены очень близко от железобетонных стоек портала, и, во-вторых, они были раскреплены главными балками колосников. Последние вместе с поясами образовали жесткую диафрагму, работа которой во многом содействовала сохранению сценической коробки.

Щипец задней стены сценической коробки отошел от вертикального положения на 50—55 *см*, но не упал, удержанный, по-видимому, жесткой конструкцией крыши. Задняя стена сценической коробки в верхнем ярусе получила серьезные повреждения, выразившиеся в скалывании и раздавливании кладки в углу по

всей высоте яруса. Был также раздавлен железобетонный пояс в правом углу. При этом очень характерно, что косые трещины как бы обошли жесткий «остров», образованный проемом, обрамленным железобетонной рамкой и заложенным кладкой на цементном растворе. Это подтверждает соображение о том, что железобетонные элементы, включенные в кладку, пересекая плоскости скалывания, служат надежным средством против образования косых трещин. В простенках между оконными проемами со стороны дворового фасада появились косые трещины (рис. 98). Особенно сильно повреждены простенки 4-го этажа, где помещался танцевальный зал (рис. 99). Кровля над сценической коробкой сохранилась хорошо.



Рис. 99. Косые трещины в простенках между оконными проемами со стороны дворового фасада

В стенках боковых отсеков образовались косые трещины в двух направлениях. На некоторых участках стен правого отсека, примыкающих к боковой стене сценической коробки, произошли сдвиги и выпучивание. Причина та же, что и при аналогичных повреждениях боковой стены сценической коробки. Еще одна характерная деталь: в поперечных стенах боковых отсеков имеются проемы шириной 2 *м*, обрамленные железобетонными рамами. Землетрясение не вызвало в этих стенах повреждений и в них не образовались косые трещины, обычные для поперечных стен зданий.

Лестницы сохранились в сравнительно удовлетворительном состоянии. Заметны повреждения лишь в местах заделки косоуров в площадочные балки и имеет место небольшое расстройство сборных ступеней. Что же касается стен лестничных клеток, то, как и во многих других зданиях, количество и ширина образовавшихся в них косых трещин значительно больше, чем в поперечных стенах. Причем в верхних этажах произошло даже смещение стен в стороны по косым трещинам. В местах заделки площадочных балок также образовались трещины с раздроблением кладки.

Стены подвалов театра, имевшие железобетонное монолитное перекрытие, сложены также из обожженного кирпича, но толщина их на $^1/_2$ кирпича больше, чем стен надземных этажей. Они во всех отсеках сохранились, только кое-где в поперечных стенах в местах опирания прогонов и балок в штукатурке образовались незначительные трещины.

Трубопроводы в котельной и насосной, а также санитарно-технические коммуникации сохранились без всяких повреждений.

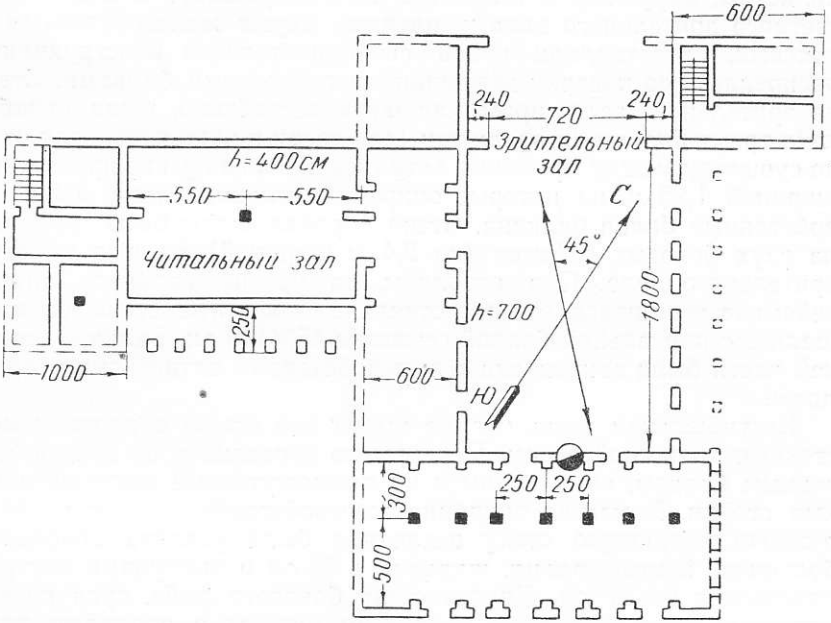


Рис. 100. Схема плана здания клуба механического стекольного завода (пунктиром показаны разрушенные участки стен)

2. *Клуб механического стекольного завода* расположен по ул. Свободы. Здание кирпичное, 2-этажное. Толщина наружных стен 51 *см*, внутренних—38 *см*. План здания представлен на рис. 100. Для кладки применялся сравнительно хороший раствор (марки 10—15), однако сцепление его с кирпичом было слабое, вероятно, по причине плохого производства работ. Здание имеет два железобетонных антисейсмических пояса высотою 14 *см*, проходящих по всем наружным и внутренним стенам. Зрительный зал и боковые фойе перекрыты легкими гвоздевыми деревянными фермами-балками, расставленными соответственно разбивке простенков. На опорах фермы-балки

не соединены анкерами с верхними антисейсмическими поясами, хотя возможность для такого соединения, при данном конструктивном решении была полная.

Стены зрительного зала на всю свою 7-метровую высоту не имели промежуточной связи. Примыкавшая к залу наружная галерея на кирпичных столбах была осуществлена в очень ненадежной конструкции и, кроме того, балки, перекрывающие ее, не были связаны со стеной зрительного зала. Вполне понятно, что они вырвались из гнезд при первых же ударах. Железобетонное междуэтажное примыкавшее слева к зрительному залу перекрытие над боковым фойе, опиравшееся свободно на кирпичные пилястры, обрушилось (пилястры не выдержали). Стены двухсветного зрительного зала, усиленные двумя железобетонными поясами, представляли собой свободностоящую конструкцию, раскрепленную поверху деревянными гвоздевыми балками. Стена зрительного зала, примыкавшая к вестибюлю, была ослаблена тремя большими проемами (две двери и одна печь), так что по существу между проемами остались довольно узкие простенки шириной 1,25 *м*, на которые опирались глухая стена и железобетонные балки балкона. Стена портала сцены была решена из двух боковых софитов (по 2,4 *м* шириной) на всю высоту зрительного зала. Под потолком, на уровне верхнего антисейсмического пояса, эти две отдельные софитные стены совмещались с портальной балкой сечением 45×100 *см*. Балка в верхней части была закреплена в железобетонном антисейсмическом поясе.

Вестибюльная часть здания имела два этажа с наружными стенами толщиной 51 *см*. Перекрытие деревянное по железобетонным балкам, опирающимся на промежуточные железобетонные стойки. В местах опирания железобетонных балок на наружную кирпичную стену последняя была усилена довольно большими контрфорсами, шириной в 38 *см* и выступами внутрь помещения на 77 *см*. Другая стена бокового фойе, судя по ее остаткам, была ослаблена большими оконными проемами, так как освещение фойе могло быть осуществлено только на этом участке наружной стены. Узкие простенки были усилены контрфорсами, на которые опирались, как вкладыши железобетонные тяжелые 6-метровые балки. Продолжение этой стены в пределах читального зала также состояло из контрфорсов, разделенных 2-метровыми дверными проемами.

Часть здания, включающая читально-библиотечную группу, не имела достаточной четкости в схеме расположения стен. В ней также были железобетонные внутренние несущие конструкции, но она имела более крупные пролеты, чем вестибюль, вследствие чего на крайние кирпичные опоры, решенные контрфорсами, передавались значительные сосредоточенные нагрузки. Наружная кирпичная колоннада (столбы сеч. 52×90 *см*), связанная по верху сплошной железобетонной стен-

кой парапета, являлась достаточно мощной, тем не менее она не могла, в силу малой жесткости, способствовать устойчивости здания.

Часть здания, примыкающая к сцене и к фойе, имела только один этаж и все же не была отделена от общего массива здания антисейсмическим швом. Помещения для артистических комнат и медицинского пункта, выступающие из общего контура здания на 6 *м*, также не были отделены антисейсмическим швом.

При землетрясении это здание подверглось большим повреждениям. Разрушились углы и стены верхнего этажа выступаю-

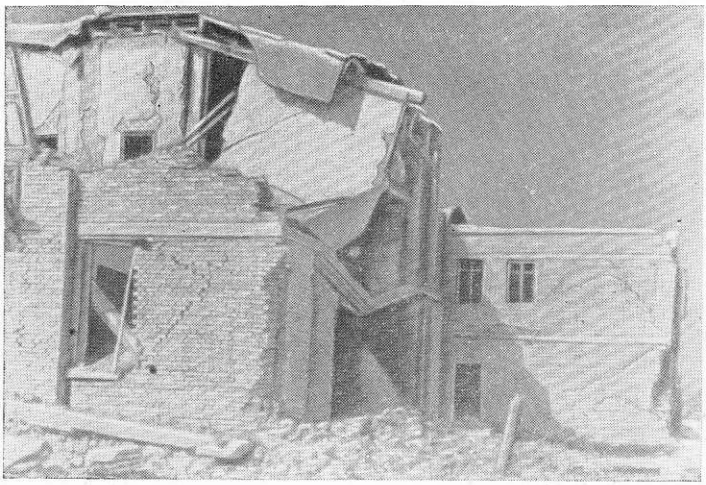


Рис. 101. Разрушение углов и стен верхнего этажа выступающих частей здания

щих частей здания. В нижнем этаже, хотя обрушения и не произошло, однако угловые и средние простенки так сильно потрескались, выкрошились и деформировались, что стали близки к разрушению. Разрушился и угол выступавший одноэтажной части, причем характер повреждений самих стен выявляет взаимодействие 1- и 2-этажной частей здания. На рис. 101 видны трещины, образовавшиеся в стенах. Характер их указывает на то, что в одноэтажной части от сильных ударов, передававшихся на нее сценической высокой частью, скололись углы, а в сценической части разрушен угол во 2-этаже в месте его сопряжения с одноэтажной частью. Наружная стена бокового фойе, ослабленная проемами и сильно нагруженная железобетонными балками, разрушилась. Вместе со стеной рухнули перекрытие и дощатые гвоздевые балки. В глубине фойе, где перекры-

тие опиралось на контрфорсы, последние скололись вверху и выкрошились внизу, вследствие чего балки перекрытия вместе с плитами обрушились. Но так как сами стены не разрушились, то верхнее перекрытие по гвоздевым балкам на этом участке уцелело.

Разрушились и верхние части софитных стен у портального проема. Вследствие этого произошло обрушение портальной балки, причем один конец балки, связанный с антисейсмическим поясом, оторвался от него, а другой остался на месте. Так и осталась висеть портальная балка, упавшая свободным концом на сцену.

Разрушилась конструктивно слабая наружная стена читально-библиотечного корпуса (рис. 102), так как простенки

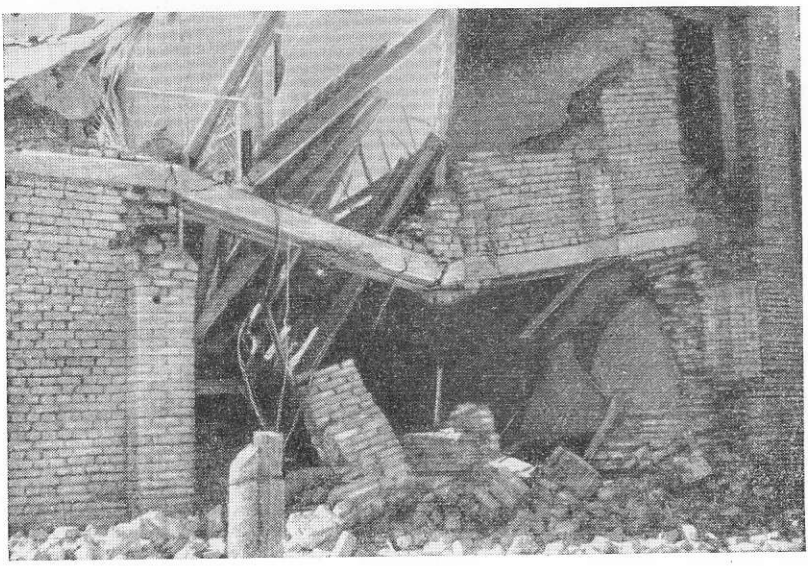


Рис. 102. Разрушение висячей стены и железобетонного прогона — пояса читально-библиотечной части здания

стены были очень слабые, а нагрузка на них от чердачного перекрытия передавалась довольно значительная. Железобетонный антисейсмический пояс, потеряв опору, также рухнул, причем один его конец вырвался из антисейсмического пояса поперечной стены. На обнажившемся конце было видно, что арматура в поясах была заделана плохо, без крючков. Железокирпичные перемычки (типа рядовых) вывалились на перекрытие массивными глыбами. Последнее объясняется тем, что здесь был использован прочный, цементный раствор, превративший кладку в монолит.

Наружные стены зрительного и читального залов, хотя и уцелели, но получили повреждения узких простенков в обоих этажах, которые срезались горизонтально вверху и смялись внизу. Точно так же горизонтальными трещинами среза повреждены все железобетонные внутренние стойки в вестибюле и читальном зале. Повреждены контрфорсы в местах опирания на них ригелей железобетонных рам. Разрушились узкие простенки сечением 51 × 51 *см* в вестибюле, равно как и угловые участки кладки. Разрушению одного из простенков содействовал, вероятно, опертый на него конец железобетонного ригеля. Как уже было выше упомянуто, угловые выступающие части здания оказались сильно повреждены (рис. 103). Сильно разру-

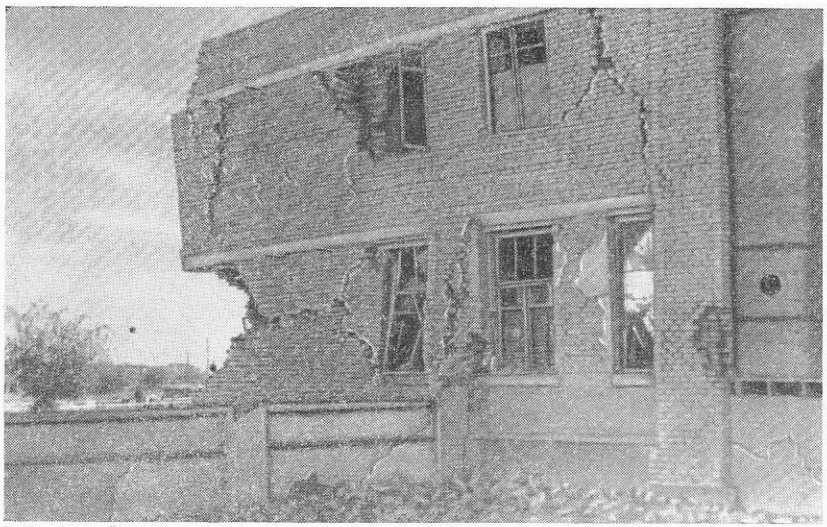


Рис. 103. Разрушение угла и простенков здания

шены (выкрошились, скололись и раздробились) также промежуточные участки стен. На рис. 104 ясно видна степень разрушения здания клуба.

3. *Цирк* расположен на ул. Свободы. Здание в плане решено в виде внутреннего круга диаметром 30 *м*, ограничивавшего зрительный зал и охваченного наружным восьмигранником. Между высокими стенами внутреннего цилиндра и низкими стенами внешнего восьмигранника располагались фойе, артистические комнаты, ресторан и подсобные помещения. Стена внутреннего цилиндра толщиной 51 *см* и высотой 6,25 *м* сложена из обожженного кирпича на известковом растворе. В верхней ее части размещались окна для освещения зрительного зала. Оконные проемы перекрывались клинчатыми перемыч-

ками, стрела подъема которых при пролете 1,6 *м* равнялась всего 20 *см*, т. е. $^1/_8$ пролета. В стенах нижней части цилиндра были размещены дверные проемы для входа в зрительный зал из фойе. Два главных проема имели ширину по 2,85 *м* и перекрывались кирпичными арками пологого коробового очертания. Конструктивная высота арок была равна 51 *см*. Внешний восьмиугольник высотою 4 *м* был сложен из кирпича-сырца на глине.



Рис. 104. Разрушения здания клуба

Над ареной цирка возвышался шестигранный деревянный купол, укрепленный на шести парных и тройных деревянных столбах, связанных по верху парными насадками, которые подпирались подкосами. На насадки опирались стропила, служившие одновременно потолочными балками. Потолок был обшит фанерой. Все деревянные сопряжения были стянуты хомутами, накладками и болтами, а низ стоек заделан в кирпичные столбовые фундаменты.

Здание цирка было выстроено до 1917 г. частным лицом, без применения каких-либо антисейсмических мероприятий.

Деревянный купол сохранился хорошо, если не учитывать такие мелкие повреждения, как отрыв кое-где фанерной обшивки, обвал местами наружной штукатурки и т. п.

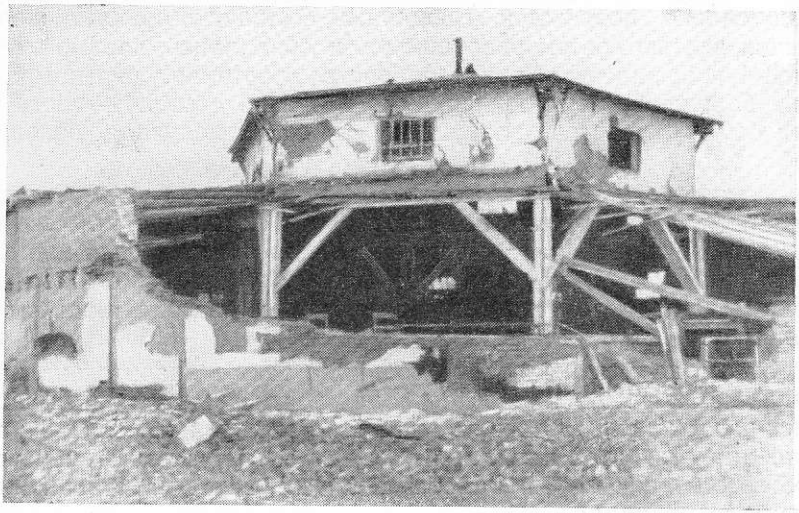


Рис. 105. Разрушения здания цирка

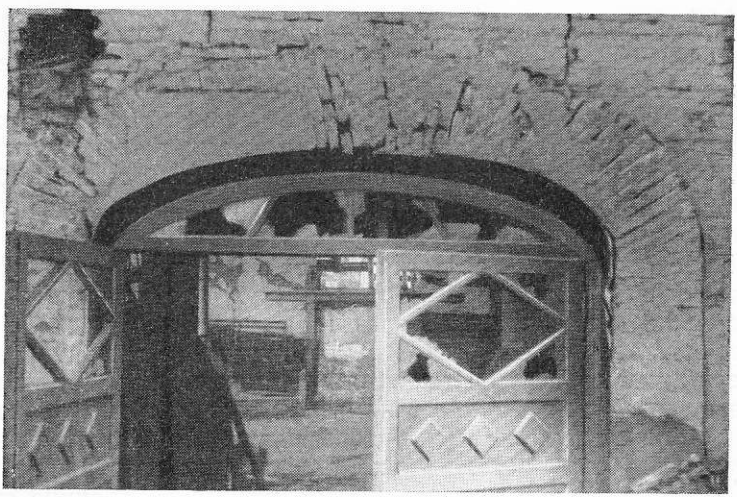


Рис. 106. Поврежденная арка коробового очертания

Часть цилиндрической кирпичной стены цирка с северо-западной стороны на протяжении одной трети периметра развалилась (рис. 105). Противоположный участок стены цилиндра был сильно поврежден трещинами. Клинчато-арочные перемычки частью совсем разрушились и обвалились, частью очень сильно повреждены. Арки коробового очертания, перекрывающие большие проемы, повреждены в разной степени — часть из них была полностью разрушена, а часть получила большие деформации (рис. 106).

Значительные повреждения получили клинчатые перемычки низких, но широких оконных проемов, на которые опиралось по две потолочные балки, уложенные всего на два ряда кладки выше проемов. Часть этих перемычек разрушилась полностью, а часть только частично. Кладка во всех местах опирания балок покрытия растрескалась.

Стены наружного восьмиугольника также значительно разрушились и к моменту обследования почти все остатки их были уже разобраны. По словам директора цирка, наибольшие разрушения этих стен произошли именно в тех участках, которые соответствовали зонам наибольших разрушений в стенах внутреннего цилиндра.

5. ЗДАНИЯ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ РАМНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

1. *Дом техники железнодорожников* расположен на восточном конце ул. Свободы, недалеко от железнодорожного поселка. Здание 4-этажное, в плане разделено антисейсмическими швами на три отсека, что обеспечило самостоятельное колебание каждого из них. План и разрезы здания, а также размеры отдельных отсеков показаны на рис. 107 и 108. Здание не было закончено постройкой, точнее не были выполнены отделочные работы.

Первый и второй (соответственно левый и средний) отсеки имели почти одинаковое конструктивное решение. Разница была лишь в том, что все перекрытия над 1-м, 2-м и 3-м этажами во втором отсеке были железобетонные, а в первом отсеке железобетонные перекрытия имелись только над коридорами и над крайними помещениями у юго-восточного торца, а в остальных помещениях — деревянные. Балки деревянных перекрытий были расположены параллельно наружным продольным стенам и опирались на поперечные внутренние стены и на железобетонные прогоны. Толщина железобетонной плиты в перекрытиях второго отсека при больших пролетах (до 4,2 *м*) была 12 *см*, что создавало большую сосредоточенную нагрузку,

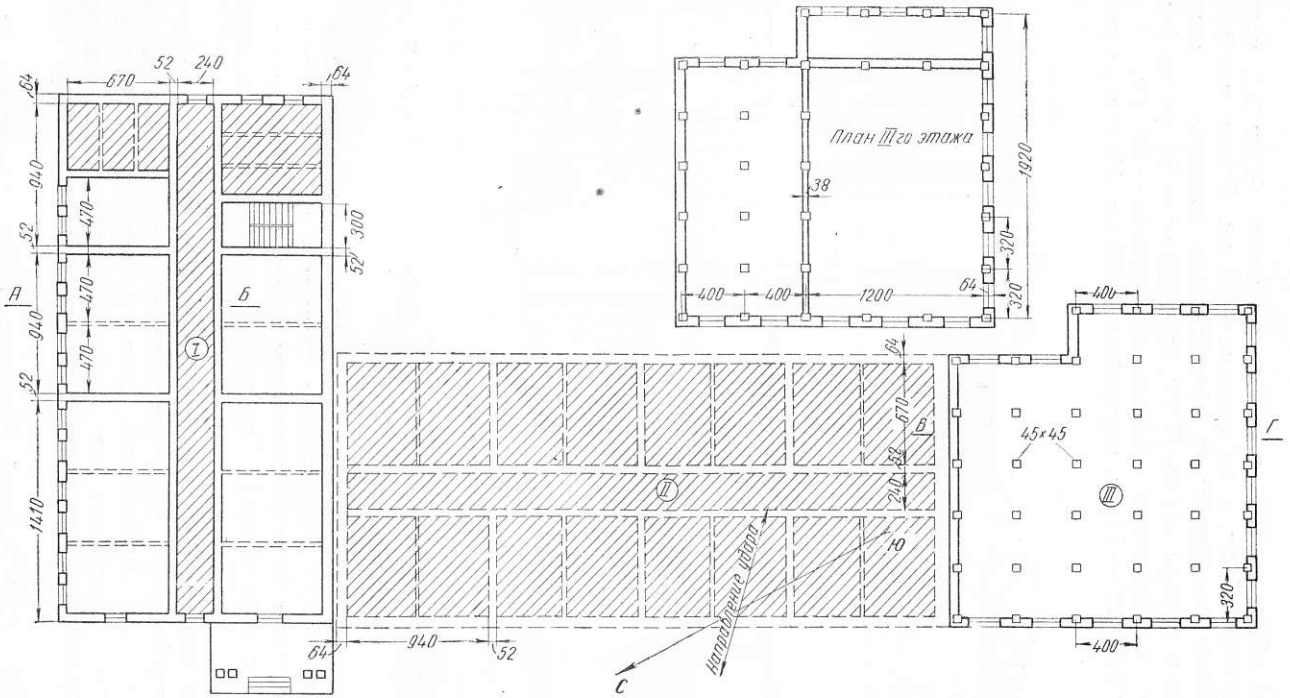


Рис. 107. Схема плана 2-го этажа Дома техники железнодорожников (пунктиром показаны разрушенные стены и железобетонные балки; железобетонные перекрытия заштрихованы)

передаваемую на кирпичные стены, через железобетонные прогоны.

Стены обоих отсеков в цокольном этаже бетонные; наружные толщиной 85 *см*, а внутренние — 60 *см*. Стены надземных этажей были выложены из обожженного кирпича толщиной: наружные в первом этаже 77 *см*, внутренние — 51 *см*, во 2-м и 3-м эажах наружные — 64 *см*. внутренние — 38 *см*, в 4-м этаже наружные — 51 *см*, внутренние — 38 *см*. Марка раствора,

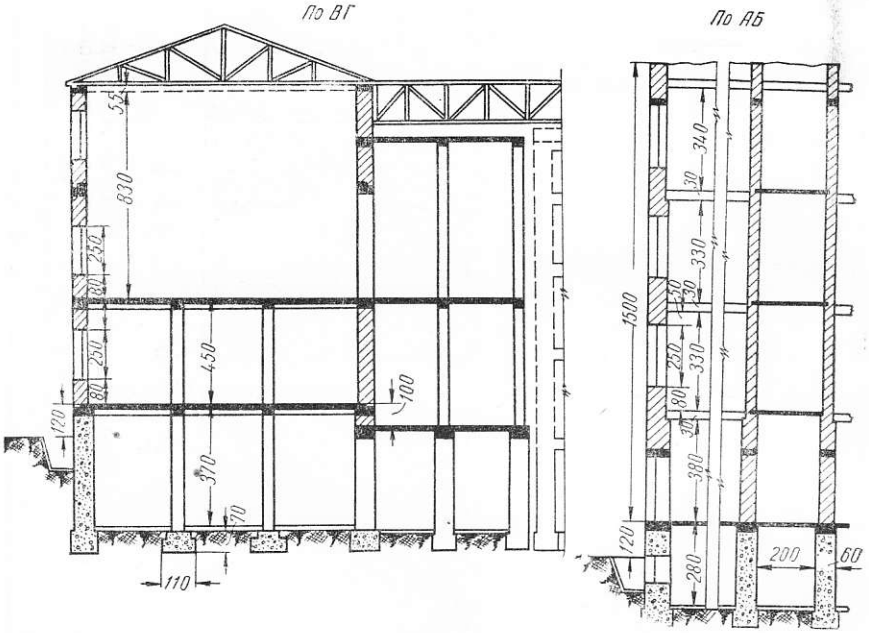


Рис. 108. Поперечные разрезы Дома техники по *В—Г* и *А—Б*

применявшегося для кладки, по-видимому, не превышала 15. Расстояния между поперечными стенами — до 14 *м*. Антисейсмические пояса были расположены только над оконными проемами 1-го и 4-го этажей. Перемычки над проемами железобетонные.

Кровля над всеми отсеками железная по висячим стропилам, опирающимся нижними концами на мауэрлаты, уложенные по оси продольных стен, а верхними концами — на прогоны, уложенные на стойки с подкосами. Все элементы стропильной системы были скреплены между собой скобами.

Несущей конструкцией третьего (правого) отсека была жесткая рамная система с кирпичным заполнением толщиной —

наружных стен 64 *см* и внутренних 38 *см*, выложенным на растворе марки, примерно, 15. Расстояние между стойками рамы 4 *м*. Заполнение каркаса связано со стойками рам выпушенной из них «щетиной» (проволокой) через 50 *см* по высоте с запуском в кладку на 60 *см*. Потолочное перекрытие над залом подвешено к дощатым фермам. В цокольном этаже была размещена котельная. Перегородки между служебными помещениями в котельной железобетонные толщиной 10 *см*.



Рис. 109. Разрушения центрального отсека здания

При землетрясении второй (средний) отсек разрушился полностью. Как видно на рис. 109, от него осталась только груда кирпичей, накрытая обломками обрушившихся железобетонных перекрытий.

Первый (левый) отсек, имевший, как было сказано, аналогичную конструкцию, но с легкими перекрытиями был сильно поврежден, однако не обрушился. Повреждены главным образом внутренние стены и тяжело нагруженные простенки наружных стен. В них образовались диагональные трещины, а кладка в местах опирания прогонов раздроблена. Особенно сильно пострадали стены лестничной клетки: в них образовались сквозные широкие трещины, кладка на некоторых участках вывалилась, на других сместилась из плоскости стены на 5—6 *см* и в нижних рядах раздавились кирпичи. Конструкции железобетонной лестницы оказались также сильно поврежденными: плиты лестничных площадок откололись от площадочных балок, косоуры выкрошились в местах заделки в площадочные балки,

ступени сместились. Площадочные балки повреждены в местах заделки в стены, а кладка стен по их концам сильно расстроена и покрыта трещинами.

Разрушения в конструкциях крыши всего здания произошли в местах падения брандмауэров. В других местах они сравнительно хорошо сохранились, только скобы, связывавшие элементы стропильной системы, частично деформировались. Легкие железобетонные баллюстрады на крыше сохранились хорошо.

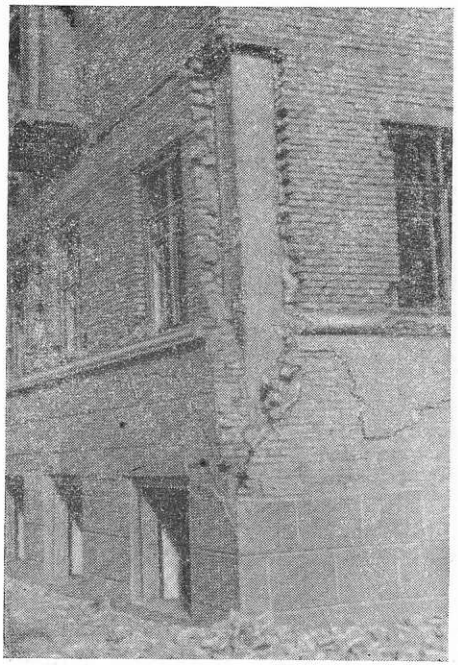


Рис. 110. Обнаженная железобетонная стойка каркаса

В цокольном этаже третьего (правого) отсека железобетонные конструкции хорошо сохранились, только потрескался и местами отслоился толстый слой штукатурки. В угловых частях кирпичных стен образовались мелкие трещины. Котлы, их арматура и трубопроводы никаких деформаций не имели. В первом этаже отсека в элементах железобетонных рам образовались значительные повреждения. В нижних частях стыков стержней арматуры стоек бетон выкрошился, арматура оголилась и погнулась. Между кладкой заполнения и элементами каркаса возникли трещины. В одной из панелей заполнения обнаружена косая трещина. В местах, где в стенах были борозды для труб отопления и водопровода, кладка выкрошилась и появились большие трещины. Во многих местах сопряжения стоек с ригелями произошло выкрашивание бетона до обнажения арматуры. При этом было заметно, что хомуты на этих участках были поставлены очень редко.

На рис. 110 видно, что облицовочная кладка этого отсека из-за недостаточной связи со стойками каркаса и различных динамических свойств железобетона и кирпичной кладки в углах отслоилась и упала, обнажив бетон на всю высоту этажа. Кирпичные пилястры, расположенные против стоек рам, выкрошились в пределах высоты простенков, при этом в юго-восточном углу отслоение произошло до самого бетона, а в северо-восточном углу — до основной плоскости заполнения

(рис. 111). Железобетонная плита перекрытия хорошо сохранилась. Нет никаких деформаций ни в местах ее примыкания к ригелям, ни на фигурных кессонированных профилях. Каркас верхних этажей отсека повреждений не имеет.

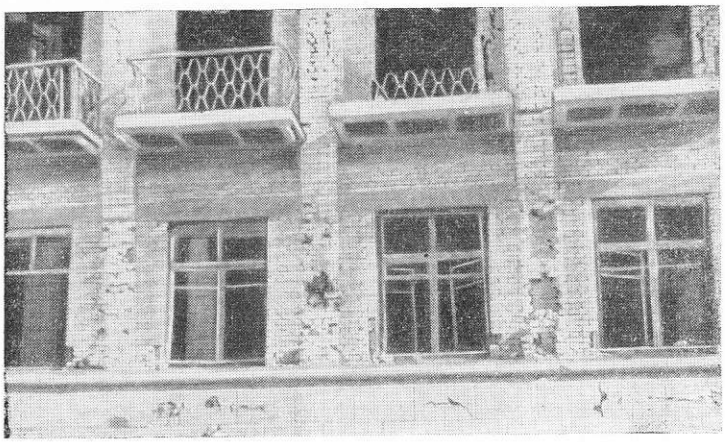


Рис. 111. Характер повреждения кирпичных пилястр облицовки. Железобетонные балконы сохранились хорошо

2. *Железнодорожный вокзал*, расположенный в конце Октябрьской ул., представляет собой 2-этажное здание с под-

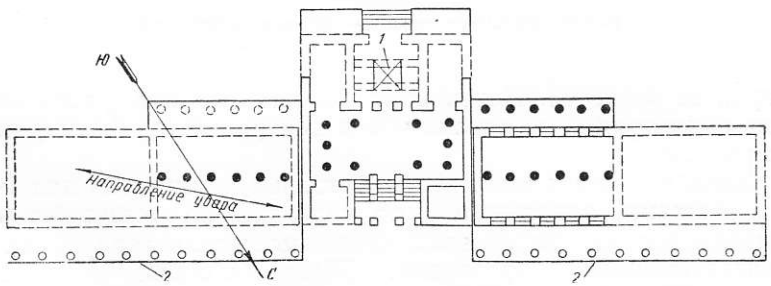


Рис. 112. Схема плана железнодорожного вокзала (пунктиром показаны разрушенные стены и колонны)
1—место скульптуры; *2*—навес перрона

валом, выложенное из обожженного кирпича с обильным насыщением железобетонными конструкциями (рис. 112 и 113).

Строительство здания было закончено перед Великой Отечественной войной. Основанием для фундаментов являлись лессовидные суглинки. Фундаменты бутовые, на сложном растворе,

глубина заложения их 2,9 *м*. Здание было разделено антисейсмическими швами на три самостоятельных отсека. Боковые отсеки были оформлены со стороны города модернизированными, высотою в два этажа, железобетонными колоннами с мощными 2-метровыми архитравными перекрытиями, имеющими тяжелые карнизы с большим выносом. Основными несущими конструкциями вокзала служили наружные кирпичные стены, толщиной в 1-м этаже 51 *см*, а во 2-м — 38 *см*. Раствор для кладки стен применялся сложный, по всем признакам

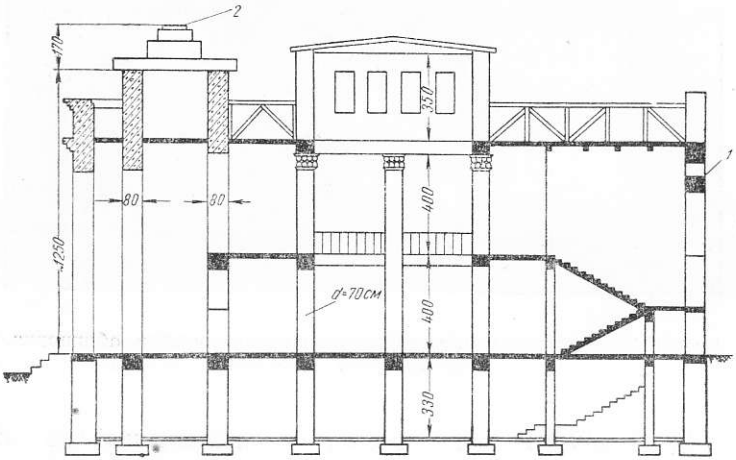


Рис. 113. Схема поперечного разреза по центральной части вокзала

1—железобетонная арка; *2*—постамент скульптуры

марки не выше 15. Перекрытия боковых отсеков, расположенных симметрично по отношению к центральному, были решены по-разному.

Западный отсек имел железобетонные перекрытия над 1-м и 2-м этажами, опиравшиеся по середине на железобетонные колонны пассажирского зала, связанные вдоль зала мощными железобетонными прогонами. Железобетонные перекрытия этого отсека были связаны с железобетонными антисейсмическими поясами наружных стен. Первый этаж восточного отсека был перекрыт монолитной железобетонной ребристой плитой, а 2-й этаж имел монолитный железобетонный прогон и сборные поперечные железобетонные балки, на которые были уложены деревянные балки и гипсобетонные армированные плиты. Центральный отсек со смешанными железобетонными и кирпичными несущими конструкциями представлял трехсветный зал высотой около 11 *м*. Железобетонное перекрытие 1-го этажа зала было расположено между стенами и колоннами, образуя балкон по

всем сторонам зала. Чердачные перекрытия помещений в этом отсеке, за исключением лестничной клетки, деревянные, связанные балками с антисейсмическим поясом, уложенным по наружным стенам. Лестница среднего отсека — монолитная железобетонная.

Над главным входом центрального отсека на высоте примерно 12,5 *м* от земли были установлены на двух железобетонных арках, связанных железобетонными перекрытиями, две статуи высотой 6 *м* и весом около 40,0 *т*. Эти статуи были расположены не непосредственно на железобетонных арках, а на дополнительной кирпичной кладке, выложенной на них. В железобетонный постамент скульптур были заделаны концы рельс, послужившие каркасом ног статуй. Каркас остальной их части состоял из бревен диаметром 20 *см*.

Навесы боковых отсеков над платформой поддерживались железобетонными колоннами диаметром 25 *см*, связанными между собой и с наружной стеной отсеков железобетонными прогонами сечением 25 × 35 *см*. Как колонны, так и прогоны были сборные. Перемычки оконных проемов в 1-м этаже кирпичные, арочные, а во 2-м этаже железобетонные; перемычки дверных проемов железобетонные. Кровля железная по деревянной обрешетке, уложенной по наслонным стропилам. Стены вокзала были оштукатурены известковым раствором, при этом карнизы и потолки — по металлической сетке.

Рис. 114 и 115 дают ясное представление о полном разрушении здания вокзала. Решающую роль в разрушении центрального отсека сыграли тяжелые скульптуры, расположенные на большой высоте над его главным входом. Одна из арок, поддерживавшая скульптуру, обрушилась в пятах. Падая, арка увлекла за собой связанные с ней конструкции здания, от которых остались только обломки, висящие на арматуре (рис. 116а и б). Серьезные повреждения получили также железобетонные монолитные перекрытия в помещениях, непосредственно примыкающих к аркам с боков. Плиты разрушились и частью свалились вниз, частью повисли на арматуре. Колонны центрального трехсветного объема вокзала повреждены на уровне перекрытий в местах примыкания к ним прогонов. Арматура, вследствие разрушения бетона, обнажилась и выпучилась, причем на обнаженных участках не оказалось хомутов. На базах колонн повреждений бетона или арматуры не наблюдалось, имело место лишь отслоение штукатурки.

В железобетонном перекрытии галереи над 1-м этажом образовались трещины. Повреждены или совсем разрушены кирпичные наружные и внутренние стены; сильно деформированы стены лестничной клетки в местах опирания площадочных балок, значительно нагруженных и заделанных в стены всего на 30 *см*. Колонны, на которые опирались площадочные балки,

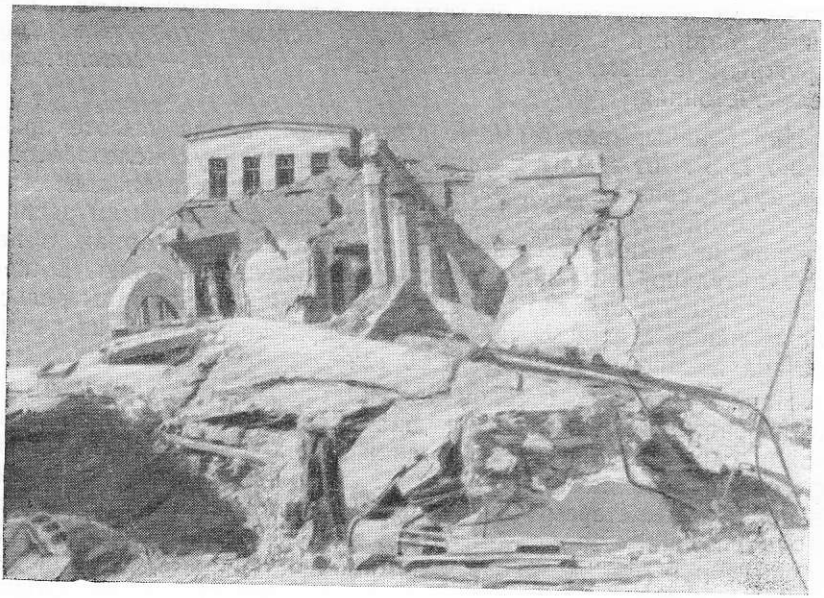


Рис. 114. Разрушенный вокзал с восточной стороны

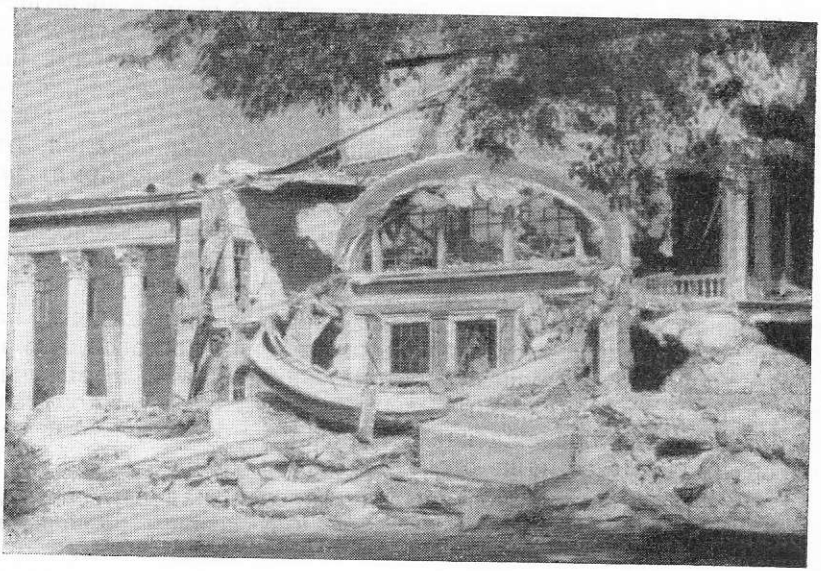
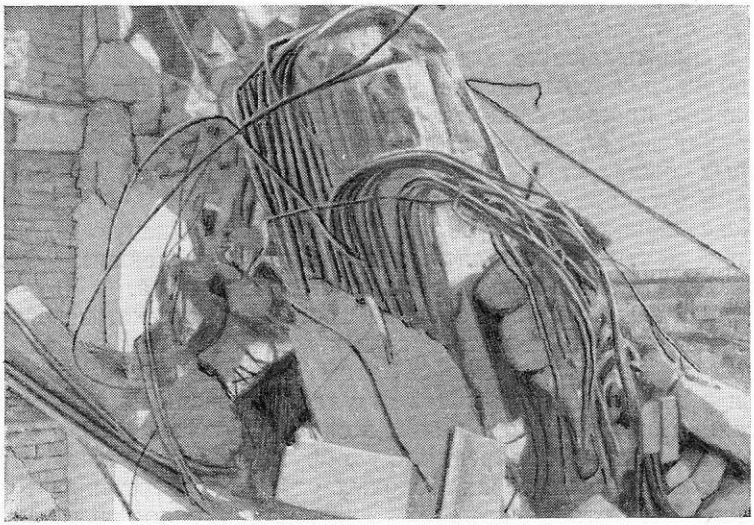


Рис. 115. Разрушения центральной части вокзала

а



б

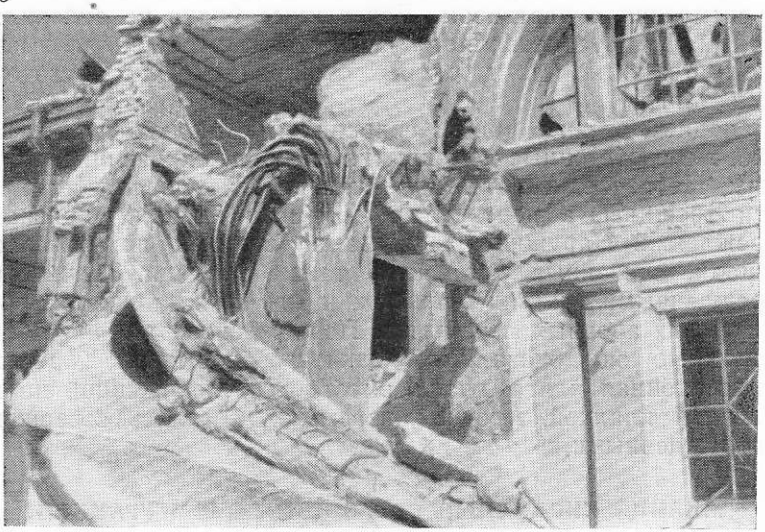


Рис. 116. Разрушенные железобетонные конструкции центральной части вокзала

были срезаны. Железобетонные колонны, поддерживающие галерею, накренились к юго-востоку на 5—8 *см*.

Железобетонная арка высотой в $1^1/_2$ этажа, оформляющая вход со стороны перрона, хорошо устояла во время землетрясения, а примыкающие к ней кирпичные стены обоих этажей сильно повреждены, но не упали. Оконные парные арочные кирпичные проемы с железобетонным средним столбом хорошо сохранились. Галереи со стороны перрона, сборная конструкция которых была слабо замоноличена и ненадежно связана со стенами отсеков, обрушились.

Известковая штукатурка стен, имевшая большую толщину, большей частью обвалилась, а штукатурка уцелевших местами потолков, произведенная по сетке, не пострадала.

Продольные наружные стены восточного отсека, не связанные надежно сборными поперечными железобетонными балками, полностью разрушились. При этом сборные железобетонные балки рухнули и, сломавшись от удара, повисли на продольном прогоне. Наружная колоннада, в силу отсутствия связи с фундаментом, упала одновременно с обрушением наружной стены.

Торцовые части обоих боковых отсеков совершенно разрушились. Отсутствие чертежей вокзала и полное разрушение этих торцов исключило возможность определить их конструкцию. Применявшийся для кладки раствор был до такой степени слаб, что кирпичи свободно вынимались рукой и не имели следов сцепления с раствором. Деревянные балки не анкерились к стенам. Все это позволяет прийти к заключению, что именно поэтому торцовые части боковых отсеков не были достаточно сейсмостойки.

Западный отсек в общем сохранился несколько лучше, особенно железобетонные перекрытия и поддерживающие их колонны. На последних заметны были не опасные для их прочности трещины, а перекрытия не имели никаких признаков повреждения. Наружные колонны со стороны привокзальной площади, связанные с отсеком, также уцелели. Значительно поврежденными оказались простенки 1-го этажа ниже пят полуциркульных арочных перемычек. Повреждение этих простенков таково, что они оказались близки к обрушению. Карнизная железобетонная плита упала вместе с расположенной на ней кирпичной кладкой. Арочные перемычки остались совершенно неповрежденными.

6. ЗДАНИЯ КИРПИЧНЫЕ С ПРОСТОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ В ПЛАНЕ

1. *Здание Туркменковерсоюза* кирпичное 2-этажное с подвалом, расположено на ул. Свободы. Схематический план и разрез здания представлены на рис. 117. Наружные стены в обоих этажах имеют толщину 51 *см*, внутренние — 38 *см*.

Внутренние кирпичные столбы, сечением 38 × 38 *см*, не армированы. Расстояние между внутренними поперечными стенами не превышает 10 *м*. Сложный раствор, применявшийся для кладки стен, слабый, марки 8. Подвальные стены толщиной в 70 *см* выполнены из известняка на сложном растворе незначительной прочности. Высота подвала 3,0 *м*. Перед главным входом расположен портик на четырех железобетонных колоннах высотой 7 *м*. Лестница и перекрытие над лестничной клеткой железобетонные. Подвальный этаж перекрыт монолитной железобетонной ребристой плитой. На кирпичные столбы

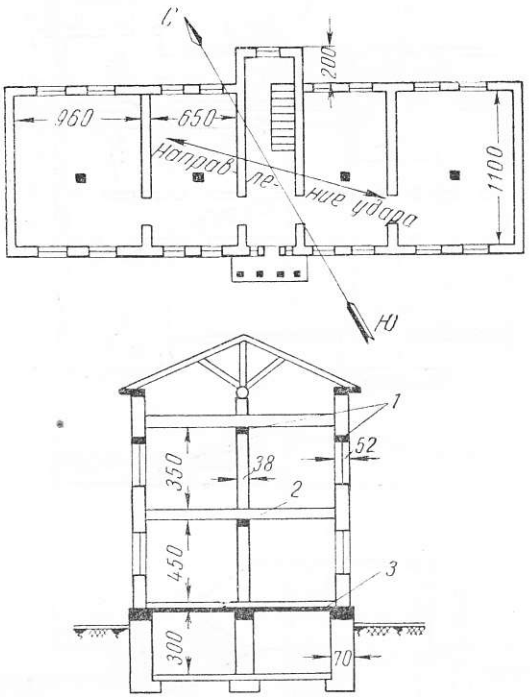


Рис. 117. Схемы плана и разреза здания Туркменковерсоюза

1—антисейсмический пояс; *2*—железобетонный прогон; *3*—железобетонная плита

в обоих этажах по длине здания были уложены железобетонные прогоны перекрытия. Деревянные междуэтажное и чердачное перекрытия не были заанкерены в стены. Железобетонный антисейсмический пояс был уложен только по периметру наружных стен над оконными проемами 2-го этажа, а во внутренние стены заведены лишь «хвосты» на 0,8—1 *м*.

Наружная фасадная стена получила незначительные повреждения в виде слабо выраженных трещин. Также хорошо со-

хранился портик. Простенки дворовой стены повреждены значительно больше: все они оказались с косыми трещинами в двух направлениях, причем более широкие простенки пострадали сильнее и местами даже выпучились. Торцовые стены получили сильно выраженные пересекающиеся трещины диагонального направления по всей высоте здания. Выступающая часть лестничной клетки разрушилась и один ее угол отвалился.

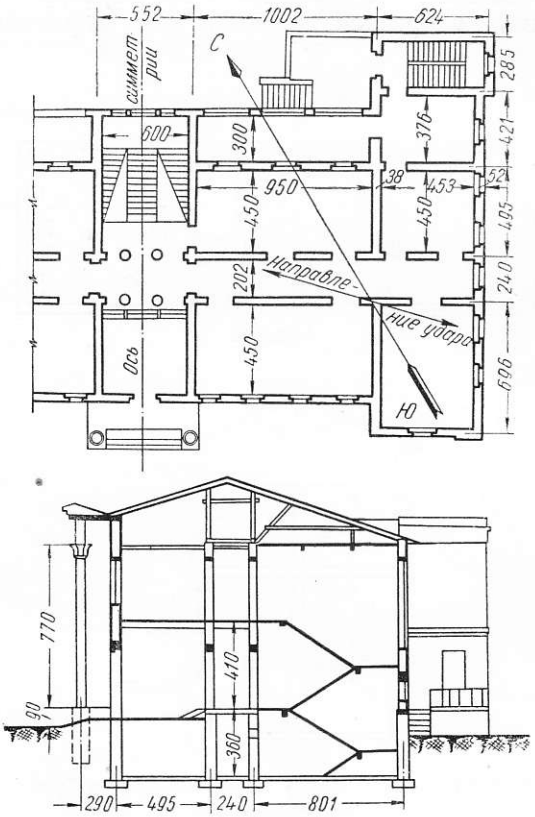


Рис. 118. План и разрез здания республиканского Управления милиции

Внутренние стены сильно растрескались и в некоторых местах вывалились кирпичи. Особенно сильные разрушения произошли в торцах поперечных стен, выходящих в коридор. В них образовались косые трещины, а под прогонами кладка раскрошилась и вывалилась. Внутренние несущие столбы также повреждены трещинами вверху и внизу, а в 1-м этаже в основании столбов произошло разрушение кирпича. Верхние концы

косоуров последнего марша, ведущего на 2-й этаж, срезались с обнажением арматуры. Железобетонные ступени были расстроены, но остались на своих местах. Подвал сохранился хорошо.

2. *Здание республиканского Управления милиции* 2-этажное с подвалом, расположено по ул. Свободы и Житникова. Закончено строительством в 1948 г. Конфигурация плана неудачная — много входящих углов (рис. 118). Основанием здания служит лессовидный суглинок. Глубина залегания грунтовых вод в этом районе около 8 *м*. Подошва фундамента заглублена на 3 *м*.



Рис. 119. Разрушения здания республиканского Управления милиции

Стены подвала кирпичные, фундаменты из бутового камня. Марка раствора, применявшаяся для кладки фундамента, примерно 15. Толщина наружных стен в 1-м и во 2-м этажах 51 *см*, внутренних — 38 *см*. Кладка стен произведена на известковом растворе марки 8. Высота подвала от пола до потолка 3,2 *м*, а высота этажей — 3,8 *м*. Расстояние между поперечными стенами не превышает 10 *м*. Главный фасад со стороны ул. Свободы был оформлен железобетонной колоннадой высотой в два этажа. Со стороны дворового фасада имеются деревянные веранды. Перемычки над оконными и дверными проемами 1-го этажа железокирпичные. Антисейсмический железобетонный пояс сечением 20 × 51 *см* уложен во 2-м этаже на уровне перемычек. Следует особо отметить совершенно нецелесообразную конструкцию этого пояса, проходящего только по наружным стенам и разрезанного по длине на отдельные части. Перего-

родки обшивные, деревянные оштукатурены с обеих сторон известковым раствором. Междуэтажные перекрытия деревянные, подшитые снизу досками. Концы деревянных балок не заанкерены в кирпичной кладке. Лестницы железобетонные с монолитными армированными ступенями. Плиты лестничных площадок заделаны в стены только на 6 *см*.

Стропила двухскатные, подкосно-ригельной системы. Подкосы и стойки сделаны из бревен диаметром 12 *см* и скреплены железными скобами. На стены под концы стропильных ног уложен бревенчатый мауэрлат, который не закреплен к стене. Кровля из волнистой асбофанеры по дощатой обрешетке.



Рис. 120. Разрушение стен, выходящих во двор

Отопление центральное.

Торцовые стены разрушились полностью, по-видимому, от первого же толчка. Продольные стены, выходящие на ул. Свободы, вместе с портиком развалились, превратившись в груды развалин (рис. 119). Выступающая с западного конца часть дворового фасада разрушилась, при этом участок антисейсмического пояса оказался на весу. Несомненно, что совершенно негодная конструкция антисейсмического пояса сыграла немаловажную роль в этих разрушениях (рис. 120).

Наружные стены со стороны дворового фасада местами отклонились от своего вертикального положения на 15 *см*. Простенки, независимо от их ширины, сильно пострадали (рис. 121). На большей части стен образовались косые трещины по швам кладки. Кирпичная кладка над антисейсмическим поясом высо-

той около 1 *м* и карнизы даже с небольшим вылетом разрушились по всему периметру здания. Деревянные веранды со стороны двора не только хорошо сохранились, но, по-видимому, предохранили от разрушения и стены дворового фасада.

Внутренние поперечные стены сильно деформировались, особенно в местах примыкания их к наружным стенам. На кирпичных стенах подвала местами образовались небольшие трещины, но в основном подвальный этаж находится в удовлетворительном состоянии. Обшивные деревянные перегородки хорошо сохранились, только штукатурка от толчков потрескалась и местами отстала.



Рис. 121 Разрушение простенков

Стены лестничной клетки сильно потрескались, но не упали. Железобетонные монолитные косоуры в пролете треснули. Ступени никаких деформаций не получили. Стропила в общем хорошо сохранились, но отдельные их элементы изломались, а узлы деформировались в результате обрушения наружной стены, на которую опирались стропильные ноги.

3. *Здание административного назначения,* 2-этажное кирпичное, расположено на углу улиц Свободы и Ташкентской. Толщина наружных стен 1-го и 2-го этажей 51 *см,* а внутренних поперечных и продольных 38 *см* (рис. 122). Раствор, применявшийся для кладки, очень слабый, по-видимому, марки 4. Подошва бутовых фундаментов заложена на незначительной глубине в лессовидных суглинках. Максимальное расстояние

между поперечными стенами 13 *м*. Междуэтажное и чердачное перекрытия деревянные, а в лестничной клетке и в вестибюле — железобетонные. Плиты этих перекрытий были заделаны в стены всего лишь на 12 *см*. Железобетонный антисейсмический пояс был уложен только над 2-м этажом по периметру наружных стен на уровне оконных перемычек.

Внутренние стены ослаблены большим количеством проемов для дверей и печей. В пределах зала заседаний внутренняя стена состояла из узких высоких простенков шириной 1,25 *м*, между которыми располагались застекленные перегородки длиной в 3 *м*. В вестибюле внутренние ненесущие стены из сырца на глиняном растворе. Простенки между оконными проемами наружных стен были достаточно широкие (до 2 *м*) и имели

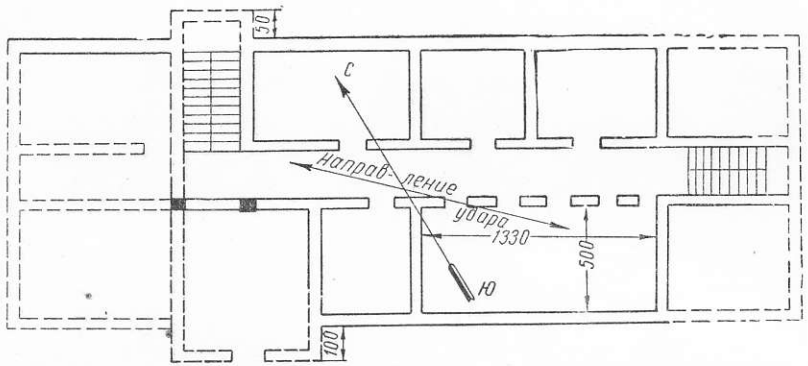


Рис. 122. Схема плана административного здания на Ташкентской ул. (пунктиром показаны разрушенные стены)

пилястры, выступающие на $^1/_4$ кирпича. Деревянные балки перекрытий не были связаны со стенами. Печи прямоугольные, без стальных кожухов. Общий вид этого здания после землетрясения представлен на рис. 123.

Разрушились и упали торцовые стены с обеих сторон, а вместе с ними развалились и значительные участки примыкавших к ним продольных и внутренних стен. Разрушились и вывалились полностью во 2-м этаже и частично в 1-м этаже углы выступающих частей как с фасадной, так и с дворовой стороны. Пилястры в пределах 2-го этажа срезались до основной плоскости стены, причем в некоторых пилястрах это произошло почти по всей высоте здания. Наружные стены, оторвавшись от внутренних поперечных стен, выпучились, особенно сильно на уровне перекрытия 1-го этажа.

Разрушилась одна боковая стена лестничной клетки во 2-м этаже. Угол торцовой стены лестничной клетки обрушился, а сама стена сильно повреждена и грозила обвалом. Элементы конструкции лестниц повреждены и деформированы, очевидно,

обрушившимися на лестничные марши кирпичными стенами. Потрескались и частично разрушились стены вестибюля, на которые оперты концы железобетонных балок. Сами железобетонные балки, колонны и перекрытия над вестибюлем повре-

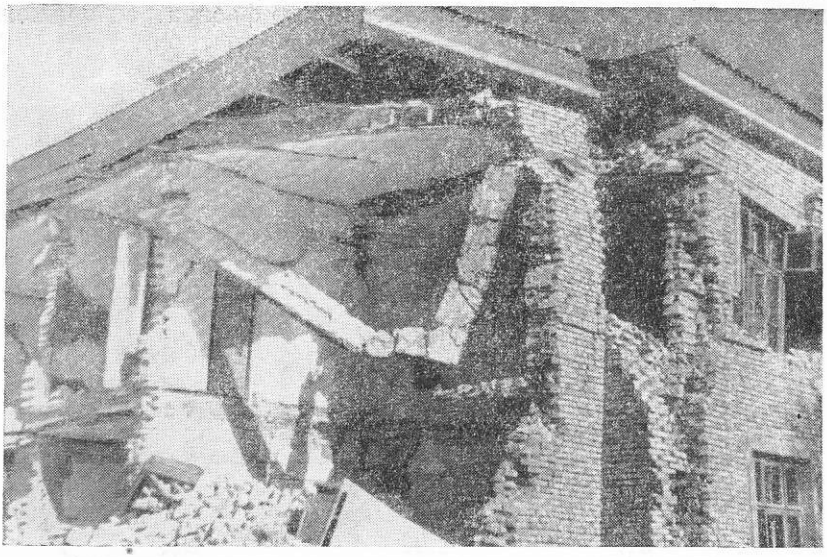


Рис. 123. Разрушение административного здания

ждений не получили. Покрылись косыми трещинами в обоих направлениях простенки наружных стен, а узкие и высокие простенки в продольных внутренних стенах в пределах зала вверху и внизу получили трещины и некоторое нарушение кладки.

7. ЗДАНИЯ С КАМЕННЫМИ СТЕНАМИ БЕЗ АНТИСЕЙСМИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

1. *Здание краеведческого музея* Туркменского филиала Академии наук Союза ССР (бывший жилой дом), расположено на ул. Хибали-Бабаева. Здание 2-этажное каменное, построено в 1904 г. (рис. 124). Высота от уровня земли до верха карниза 8,6 *м*.

Фундаменты ленточные из рваного булыжника сложены на известковом растворе с глубиной заложения 1 *м*. Грунт — лёссовидный суглинок. Стены 1-го этажа до низа подоконников 2-го этажа сложены из рваного бута (известняка) на известковом растворе и облицованы тесаным камнем. Стены 2-го этажа, начиная от подоконников, выложены из обожженного кирпича на известковом растворе марки 8 под расшивку. Качество

кладки удовлетворительное. По всему периметру здания расположены контрфорсы до уровня клинчатых перемычек 1-го этажа. Карнизы деревянные, неоштукатуренные. Кровля железная по деревянной обрешетке, уложенной по наклонным брусчатым стропилам. Междуэтажные и чердачные перекрытия деревянные. В центре и по углам главного фасада расположены

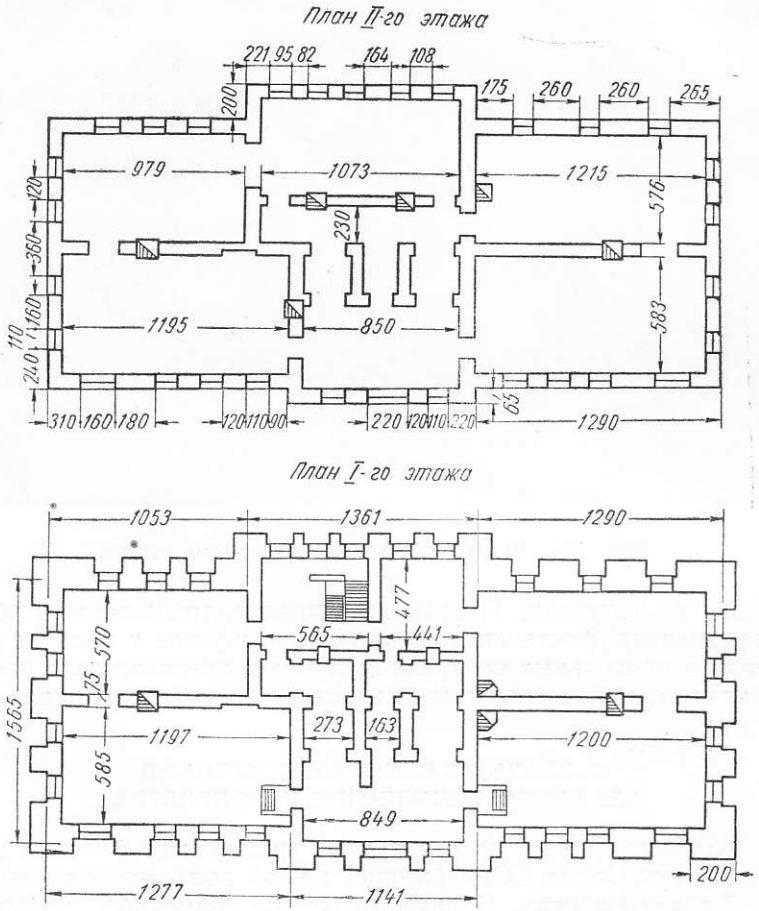


Рис. 124. Планы этажей краеведческого музея

кирпичные парапеты высотой до 1,2 *м*. Большинство из заключенных в стальные кожухи печей опирается на поперечные и продольные внутренние стены.

Сейсмический удар был направлен под углом со стороны торцового фасада. Попадали в разные стороны все дымовые трубы. Часть кирпичного парапета высотой 1,2 *м* разрушилась и упала на землю. В угловых парапетах образовались большие

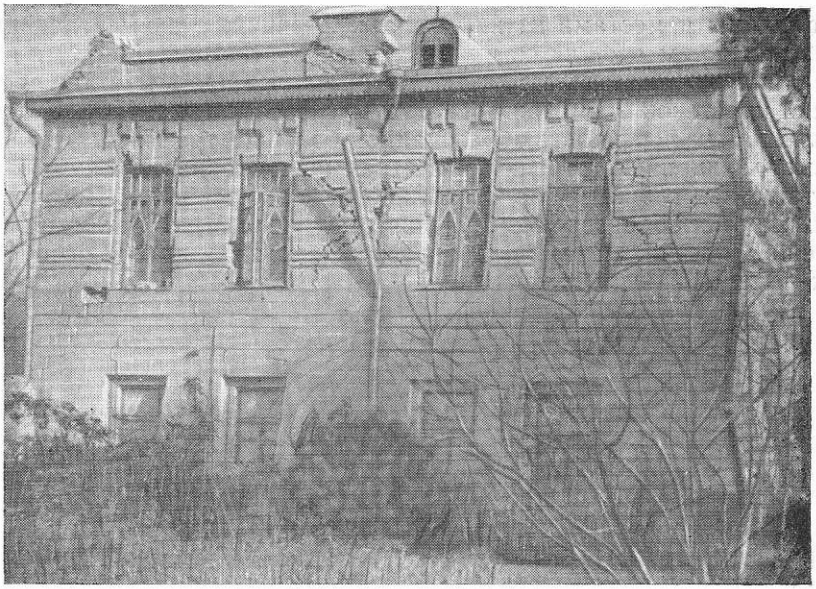


Рис. 125. Разрушение широких простенков в местах примыкания внутренних стен

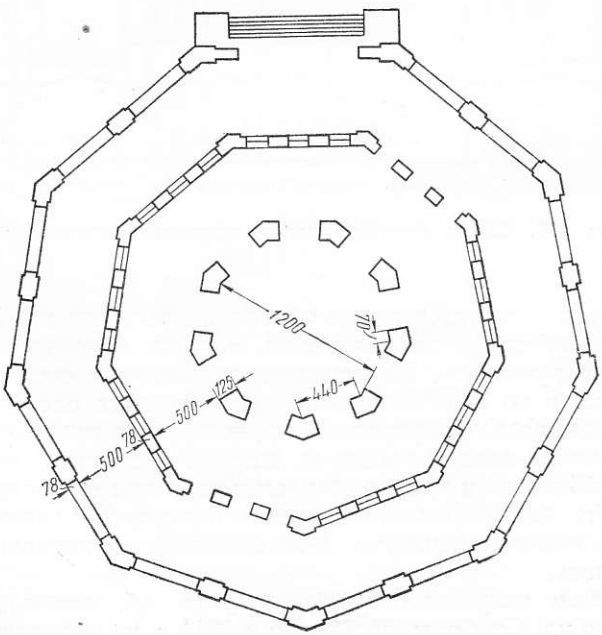


Рис. 126. План здания искусствоведческого музея

трещины и местами из них выпали кирпичи, а в выступающих частях стены отошли от их плоскостей на 7—8 *см*. Местами вывалились облицовочные камни; потрескались правый угол и средний простенок 2-го этажа на боковом фасаде (рис. 125). У всех клинчатых перемычек образовались большие трещины, местами выпали кирпичи. Стрельчатые перемычки оконных проемов 2-го этажа над главным входом сильно деформировались. Во входящих углах образовались большие трещины с выпадением кирпичей. В лестнице значительно повреждено примыкание косоуров к площадочным балкам.

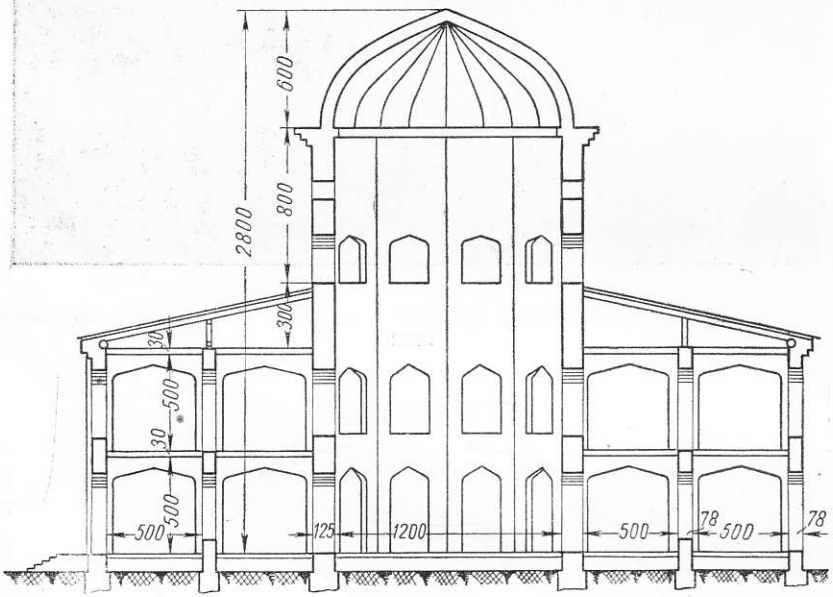


Рис. 127. Схема разреза здания искусствоведческого музея

В стенах 1-го этажа также образовались трещины. Некоторые простенки треснули по диагонали, а часть перемычек главного фасада разрушилась. Известковая штукатурка стен сильно потрескалась и во многих местах, где толщина слоя доостигала 5 *см*, отвалилась. Внутренние продольные и поперечные стены дали по швам кладки трещины, ширина которых местами 4—5 *см*. Перекрытия и крыша при землетрясении не пострадали. От сотрясения здания вылетели стекла в окнах и поломались элементы оконных переплетов. Большинство отопительных печей развалилось.

2. *Здание искусствоведческого музея* (б. мечеть), расположенное по ул. Свободы, построено в 1911 г. из обожженного кирпича на прочном известковом растворе. Фундаменты из бутового



Рис. 128. Разрушение наружного барабана здания

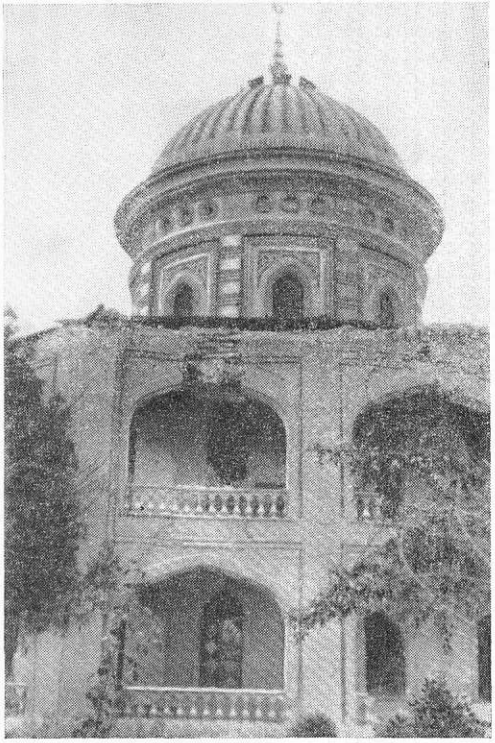


Рис. 129. Разрушение наружных стрельчатых арок в ключе

камня на известковом растворе заложены на значительную глубину в мощный слой сухого лессовидного суглинка.

Здание в плане состоит из трех концентрических девятигранных барабанов (рис. 126). Каждая грань наружного барабана имеет по два проема пролетом 3,5 *м*, перекрытых стрельчатыми арками. Толщина стены этого барабана — 3 кирпича, не считая внутренних и наружных пилястр. Следующий за ним промежуточный барабан имеет такую же конструкцию, но только на каждой его грани по три стрельчатых проема. Внутренний барабан диаметром 12 *м* самый высокий. Конструктивно он был решен

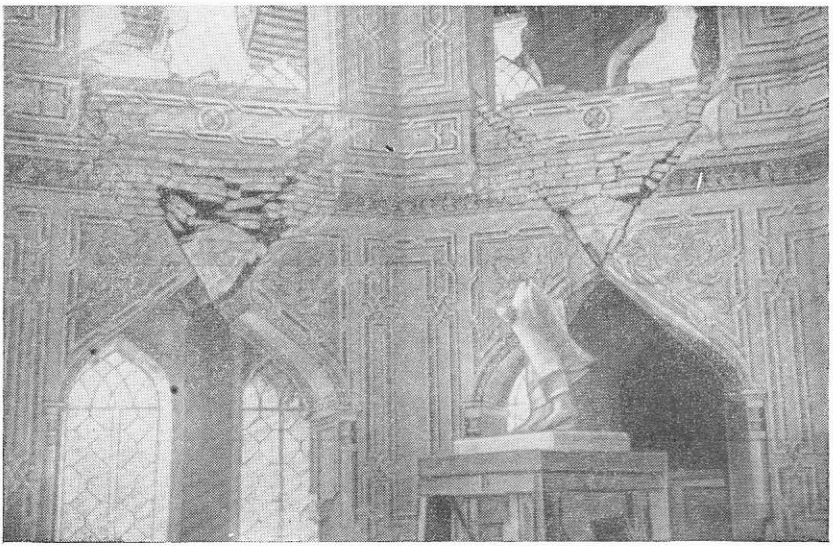


Рис. 130. Разрушение внутренних стрельчатых арок

девятью угловыми пилонами с четырьмя ярусами стрельчатых арок, несущими сплошной цилиндрический барабан с гофрированным куполом. Общая высота этого барабана до замка́ купола 33 *м*, а толщина его стен 1,25 *м*. Для кладки стрельчатых арок и купола применялся сложный раствор. Высота каждого из двух этажей части здания, заключенной между наружным и внутренним барабанами, равна 5 *м*.

В результате землетрясения большинство стрельчатых арок наружного барабана оказались сильно позреждены. Некоторые из них упали или разрушились (рис. 128, 129, 130). Стрельчатые арки оконных проемов 3-го яруса, в отличие от арок 1-го и 2-го ярусов, не повреждены. Исключение представляет одна из них у которой в замке образовалась трещина, распространившаяся вкось по барабану.

Часть пилонов среднего и наружно барабанов срезана в нижней части кладки. Бетонные баллюстрады 1-го и 2-го этажей частью были повреждены у сопряжения их поручней со стенами, а частью были разрушены кирпичами, выпавшими из поврежденных арок. Минареты упали и разломались. Следует отметить, что вывалившиеся глыбы кладки, упав с высоты 7—8 *м*, не разбились на мелкие куски, а только разломались на две — три отдельные части. Это указывает на хорошее качество применявшегося раствора.

Верхняя часть центрального барабана сохранилась хорошо.

ГЛАВА IV

ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

1. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ РАМНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

1. *Комплекс стекольного* завода состоит из ряда весьма разнообразных по конструкциям и материалам зданий. Здесь приведено описание производственных цехов завода и здания дизельной, представляющих интерес с точки зрения изучения повреждения рамных конструкций во время землетрясения. Основное здание завода представлено на схематическом плане и разрезах (рис. 131). Это здание решено в железобетонных рамных конструкциях разной этажности и с различными пролетами. Так, например, несущие конструкции корпуса плавильной печи представляют собой ряд однопролетных рам с ломаным ригелем, связанных продольными железобетонными балками (которые в то же время служат в качестве стеновых ранд-балок и балок покрытия), т. е. по существу представляют собой пространственно-жесткий монолитный железобетонный каркас. Прочность бетона высокая, хотя даже при внешнем осмотре было видно, что состав бетона не отличается однородностью и при бетонировании допускались длительные перерывы. Каркасы остальных корпусов основного здания имеют обычную правильную сетку в плане (5×6 *м*, 6×6 *м* и др.) и состоят из железобетонных рам разной ярусности. Междуэтажные перекрытия всюду железобетонные монолитные, ребристые. Качество бетона хорошее, за исключением цеха ширпотреба, в котором бетон настолько плохой, что свободно крошится в руках. Корпуса отделены друг от друга швами, решенными по принципу консольно-вкладышных пролетов, т. е. ригели одного корпуса оперты на выпущенные консоли другого корпуса, причем плоскости опирания значительно скошены (окол 60°).

Следует обратить внимание еще на некоторые обстоятельства: в 5-м и 6-м этажах корпуса *I* находились четыре больших железобетонных резервуара, к моменту землетрясения частично

наполненных водой. Пятый резервуар меньшего объема помещался над лестничной клеткой; между корпусом *III* (с плавильной печью) и соседним корпусом *IV* была возведена мощная железобетонная двухстоечная рама, которая принимала на себя нагрузки от крайних пролетов корпуса *III* и корпуса *IV*; кроме того, она выполняла роль брандмауэрной стены, так как вся ее верхняя часть, заполненная кирпичной кладкой, возвышалась

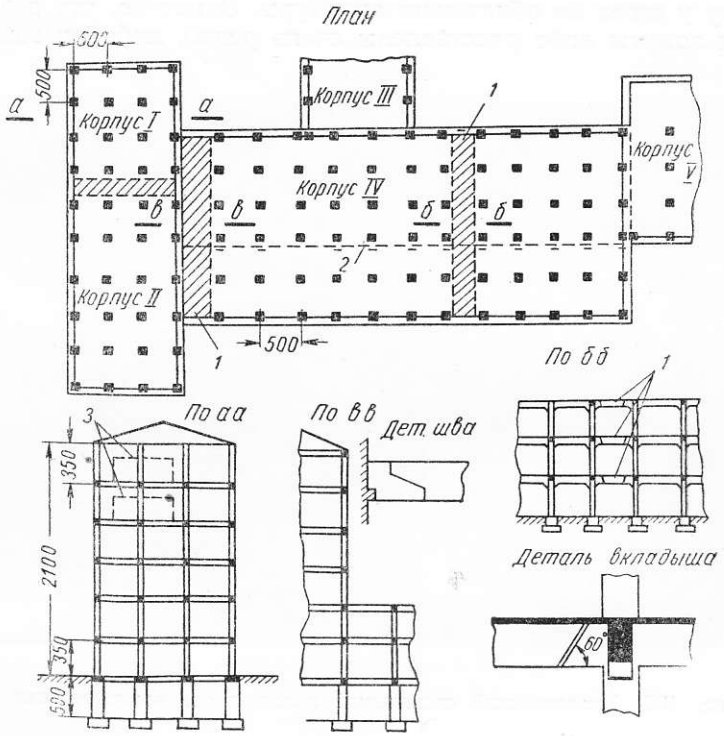


Рис. 131. Схемы плана и разрезов механического стекольного завода

1—консольные вкладыши; *2*—консольный шов; *3*—железобетонные резервуары

над кровлей более высокого *IV* корпуса. Таким образом, эта рама, имевшая мощные сечения стоек и ригелей была недопустимо перегружена.

Состояние корпусов основного здания завода после землетрясения оказалось такое:

а) *корпус I*. При наличии больших резервуаров с водой этот корпус должен был получить очень серьезные повреждения, так как представлял собой, по существу, обратный маятник и был запроектирован с учетом 8-балльного землетрясения. Однако жест-

кость конструкции и хорошее качество бетона обеспечили этому корпусу достаточную сопротивляемость 9-балльному землетрясению. В подвальном этаже этого корпуса повреждения конструкций оказались весьма незначительными: кое-где небольшие трещины и раздавливание бетона в нижних и верхних опорах стоек. В 1-м, 2-м и 3-м этажах повреждения значительно сильнее: трещины в ригелях (в середине и у опор), выкрашивание бетона на нижней плоскости ригелей у узлов, выкрашивание бетона вверху и внизу у стоек до обнажения арматуры. Замечено, что в этих местах хомуты либо расставлены очень редко, либо их совсем

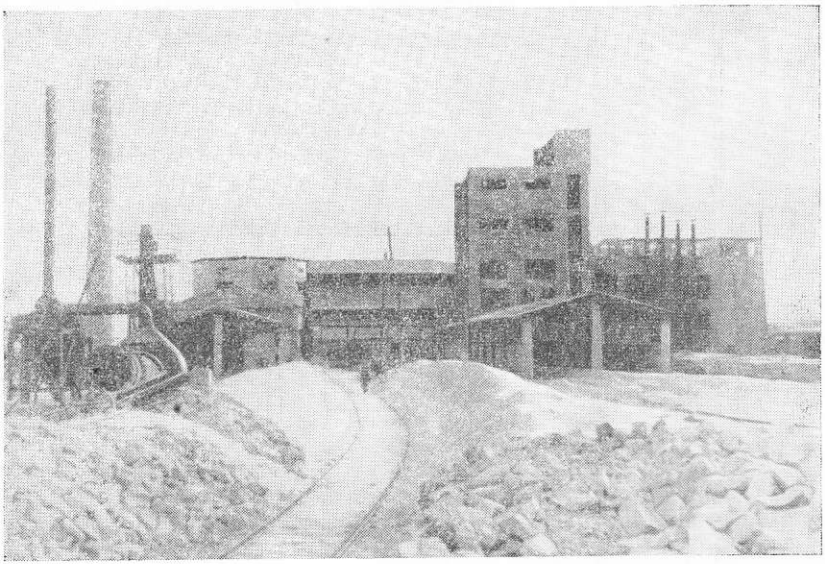


Рис. 132. Механический стекольный завод после землетрясения

нет, причем они всюду двухсрезные, несмотря на усиленную арматуру стоек. Однако повреждений конструкций, граничащих с разрушением, нет. В 4-м и 5-м этажах железобетонные конструкции совсем не получили повреждений. Внешний вид этого корпуса приведен на рис. 132.

б) *Корпус II.* Этот корпус получил примерно ту же степень повреждений, что и корпус *I*. Однако консольно-вкладышный пролет, как в перекрытиях, так и в стенах претерпел значительные деформации: вкладыши сместились с консолей, элементы вставного пролета перекосились и растрескались.

в) *Корпус III.* В некоторых рамах появились незначительные волосные трещины скалывания. Серьезных повреждений рамных конструкций, несмотря на большие их размеры, не оказалось. Степень повреждения плазильной печи по высоте различная.

Нижняя часть ее (в цокольном этаже), состоящая из кирпичных опор-столбов, перекрытых полуциркульными кирпичными арками, почти совсем не пострадала, лишь некоторые столбы получили раздавливание кладки в нижних рядах. Что касается верхней части печи, то она значительно повреждена.

Очень серьезные повреждения получила двухстоечная рама, расположенная между корпусом *III* и *IV* (рис. 133). В стойках, несмотря на мощные сечения (80×90 *см*), примерно на высоте 0,6—0,8 *м* от пят образовались косые трещины, причем верхняя часть стоек сместилась вправо и осела, удерживаясь только на



Рис. 133. Повреждение железобетонных рам

арматуре, также сильно деформировавшейся. Скалывание стоек произошло именно в той зоне, где оканчивались стержни нижнего яруса, т. е. в том сечении, где резко изменилась жесткость арматурного каркаса. Осадка рамы вызвала сильные повреждения связанных с ней конструкций обоих корпусов, а именно: продольные балки крайнего пролета корпуса *III*, опиравшиеся на раму, оказавшись консольными, сломались и либо опустились вместе с ней, либо вышли из гнезд опор и повисли на арматуре.

г) *Корпус IV*. Ригели корпуса вследствие осадки опор сильно повреждены (скалывание у опор и раздавливание бетона). Получили значительные повреждения и стойки, ближайшие к корпусу *III* (срез у верхних углов, раздавливание бетона и деформация обнажившейся арматуры). Что же касается остальных пролетов корпуса *IV*, то в них произошли повреждения хотя и

меньшие, чем в пролетах, примыкающих к корпусу *III*, но все же во всех стойках образовались трещины среза, выкрашивание бетона в узлах и косые трещины скалывания у начала вутов и в ригелях. Такие серьезные повреждения объясняются не только тем, что вышла из строя двухстоечная рама, являвшаяся основной несущей конструкцией, но и воздействием инерционных сил, возникших при колебаниях корпуса *V*.

д) *Корпус V*. Здание совершенно разрушено и его перекрытие вместе с грудами оплавленного стекла рухнуло на землю (рис. 134). Чем объяснить такое катастрофическое последствие землетрясения для этого корпуса? Поскольку качество бетона и

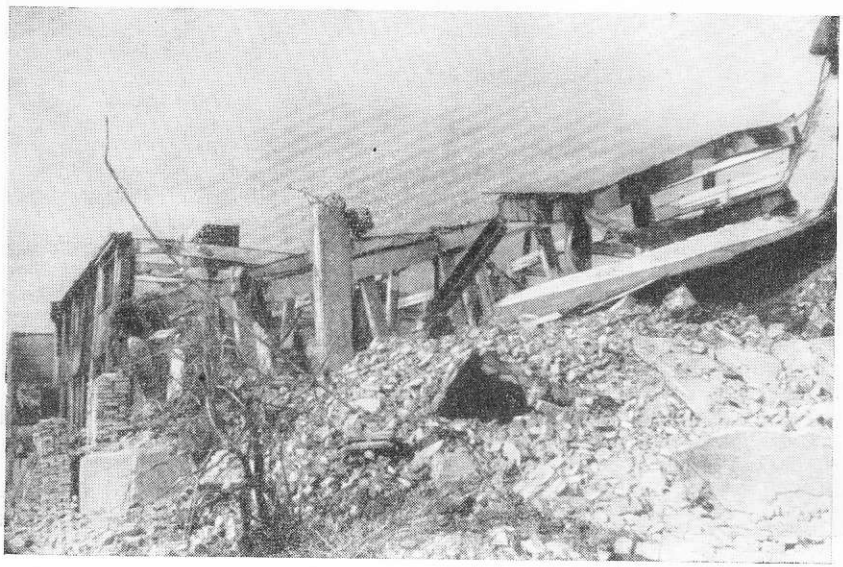


Рис. 134. Сборные железобетонные элементы в V корпусе сместились с места и упали

конструкции его не были хуже, чем в смежных корпусах, причина, по-видимому, скрывалась в пороках его конструктивной схемы. Действительно, примыкание *V* корпуса к *IV* было решено на консолях с круто скошенными концами, причем опиравшиеся на них балки являлись не вкладышами, а продолжением ригелей поперечных рам *V* корпуса. В результате получилось, что при первом же толчке крайние ригели сползали с консолей и сами, оказавшись консольными при пролете 6 *м*, не выдержали. Но прежде чем сломаться, они передали на средние стойки огромные изгибающие моменты и увеличенные нормальные силы; кроме того, по-видимому, от корпуса *IV* через консоли передался и горизонтальный удар. Естественно, что оказавшись в условиях

такой непредусмотренной проектом огромной перегрузки, стойки сломались и рухнули. Крайние стойки не могли остаться целыми при обрушении средних опор, следовательно, цепочка нарушений статической схемы и связанных с ними разрушений, начавшись от консольной опоры, последовательно прошла по всем конструкциям *V* корпуса и вызвала его полное разрушение.

е) *Цех ширпотреба.* Почти полное разрушение цеха произошло исключительно из-за чрезвычайно низкого качества бетона. Крайние стойки разрушены, причем в 1-м этаже они почти полностью раздавлены, а во 2-м этаже, вследствие обрушений и оседания нижнего яруса, возникли сильные деформации каркаса в узловых частях. Казалось бы, при 2-этажной высоте и довольно правильной, хотя и крупной, сетке каркаса (6×6 *м*) этот корпус мог бы успешно перенести землетрясение, однако качество бетона, как уже было сказано, оказалось настолько низким, что весь корпус разрушился. По-видимому, песок и гравий имели большие примеси глины, поэтому и цвет бетона грязно-желтый. Прочность же была такова, что куски его свободно разламывались руками, а при ударе по стойке даже кирпичом, отваливались большие куски бетона. Кроме того, как во многих других зданиях, хомуты были поставлены двухсрезные и на больших расстояниях друг от друга, а возле опор стоек их не было обнаружено на участках длиной 50—60 *см*. Между тем именно в этих местах хомуты следует ставить гораздо чаще.

2. *Ледозавод железнодорожной станции* Ашхабад расположен вблизи мотовозного депо. Здание, имеющее размеры в плане 20×37 *м*, при высоте до 5 *м*, выполнено в железобетонном каркасе рамной конструкции, с кирпичным заполнением в 1 кирпич на хорошем растворе марки 30. Стойки каркаса сечением 35×35 *см* поставлены через 5 *м*.

Здание 1-этажное с 2-этажной башней для загрузки льда в вагоны. По периметру здания со стороны путей и с северо-западной стороны устроены платформы в виде железобетонных площадок с консольным железобетонным навесом, поддерживаемым через каждые 2,35 *м* железными стойками из двух уголков 45×45 *мм*. К основному корпусу примыкают насосная и трансформаторная подстанция, стены которых сложены из обожженного кирпича. Перекрытия над помещениями железобетонные. Кровли плоские с засыпкой гравием толщиной 10 *см* по рулонной гидроизоляции. Машинное и холодильное отделение отделяет от льдохранилища антисейсмический шов.

Башня в плане имеет размеры 5×5 *м*. Каждый этаж по высоте равен 3,8 *м*. Сечение стоек 1-го этажа башни 40×40 *см*, а стоек верхнего этажа — 20×20 *см*. Лестница в башне — железобетонная с криволинейным очертанием косоуров.

Железобетонный каркас основного корпуса устоял против сил землетрясения, но во многих местах подвергся довольно большим повреждениям. В железобетонных стойках и ригелях кар-

каса оказались значительные трещины и разрушение бетона. В отдельных местах соединения стоек с ригелями образовались деформации прогиба; арматура выгнулась, а перекрытие просело. Некоторые стойки получили отклонения от вертикали до 10 *см*. Имеет место также раздробление бетона и выпучивание арматуры стоек каркаса в местах стыков с ригелями на уровне подоконников и ниже ранд-балок. Кладка заполнения каркаса местами дала осадку, а местами выпала вследствие того, что не была связана с каркасом.

Основные деформации в заполнении выражены резко обозначенным отслоением кладки от элементов каркаса (рис. 135),

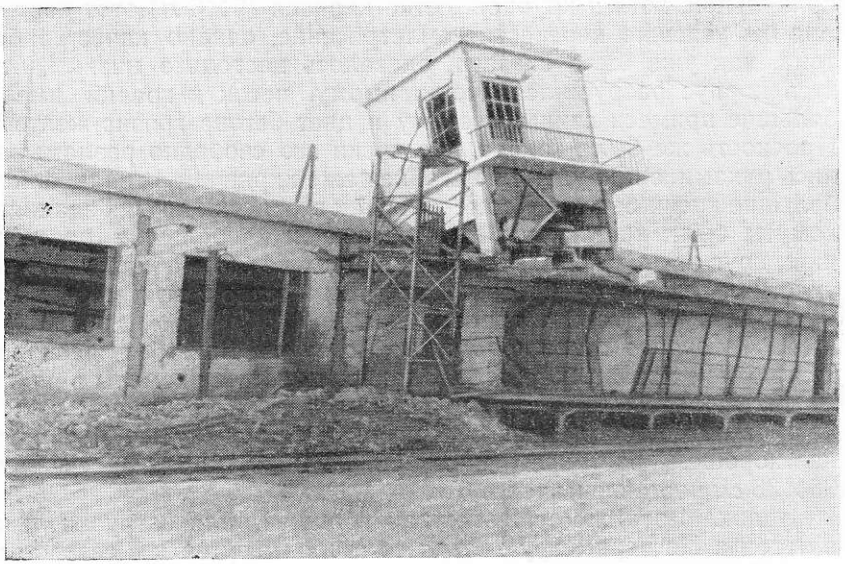


Рис. 135. Разрушенное здание ледозавода со стороны железнодорожного пути

значительными трещинами в стенах и местами раздроблением кирпичной кладки (рис. 136). В целом заполнение пострадало в такой степени, что большая часть его подлежит разборке. Значительные повреждения произошли по антисейсмическому шву, который был сделан с зазором. Этот зазор на всю высоту здания почему-то был заложен кирпичом. Кирпич оказался раздробленным, а железобетонная карнизная плита, которой заканчивается шов, — сколотой.

Стойки из уголков, поддерживающие железобетонный навес, сильно прогнулись, выпучившись в разные стороны. Это указывает на то, что колебания консольного навеса были весьма значительными и сопровождались деформациями плиты и балок.

Наиболее жестоким повреждениям подверглась башня. Стойки каркаса 1-го этажа башни с одной стороны полностью разру-

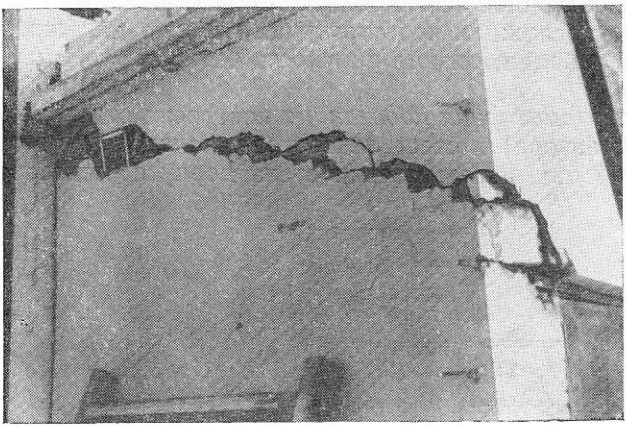


Рис. 136. Трещина в кирпичном заполнении 2-го этажа

шены (бетон раздроблен, арматура оголена и смята, или оказалась совсем выдернутой), кирпичная кладка заполнения разва-



Рис. 137. Накренившаяся башня

лилась. Вследствие этого башня осела и накренилась с уклоном от вертикали на восток до 30° (рис. 137). Стойки западной части 1-го этажа башни разрушились у основания на уровне пола кор-

пуса и у верхнего ригеля, а арматура обнажилась и согнулась. Каркас 2-го этажа не разрушился, но в кладке заполнения оказались диагональные сквозные трещины. Повреждения имеются и в железобетонной лестнице. Главными причинами повреждений лестницы послужили недостаточная глубина заделки арматуры косоуров в балки, низкая прочность бетона и ломаный профиль косоуров.

Трансформаторная подстанция построена отдельно, но вплотную (без зазора) к стене ледозавода, вследствие чего во время колебаний при землетрясении стена корпуса ледозавода была

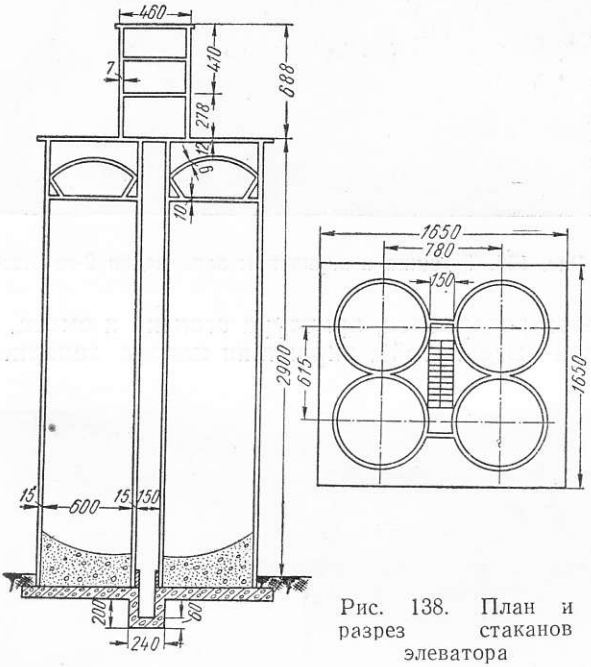


Рис. 138. План и разрез стаканов элеватора

сильно повреждена железобетонной плитой покрытия подстанции, а стена последней получила горизонтальное смещение по образовавшейся косой трещине. Кроме того, при взаимных ударах были сильно повреждены железобетонные карнизы завода и подстанции. В машинном зале отмечены деформации и, в отдельных местах, проседание плиточных полов. Технологическое оборудование полностью сохранилось.

3. *Элеватор* расположен в северо-западной части города около железнодорожной станции. Геологические и гидрогеологические условия площадки элеватора (совершенно одинаковые с условиями площадки мясокомбината) дают основание полагать, что землетрясение на этих площадках, расположенных сравнительно недалеко друг от друга, проявилось с силой 9 баллов.

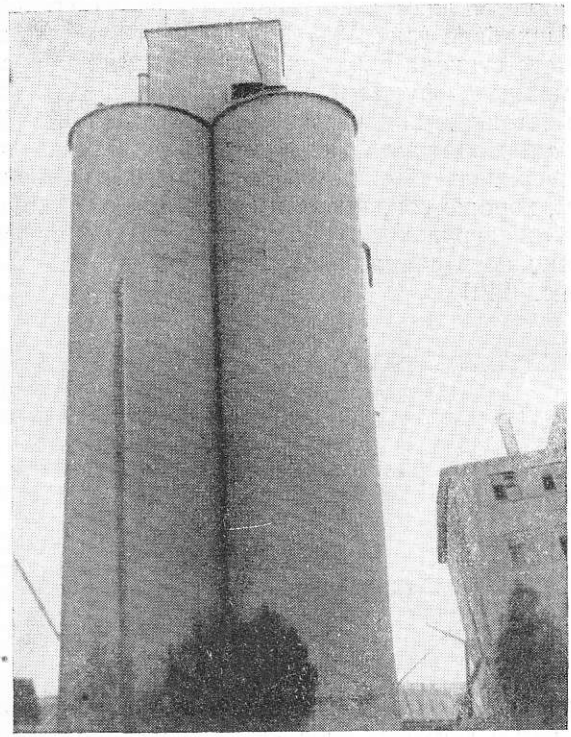


Рис. 139. Стаканы элеватора после землетрясения

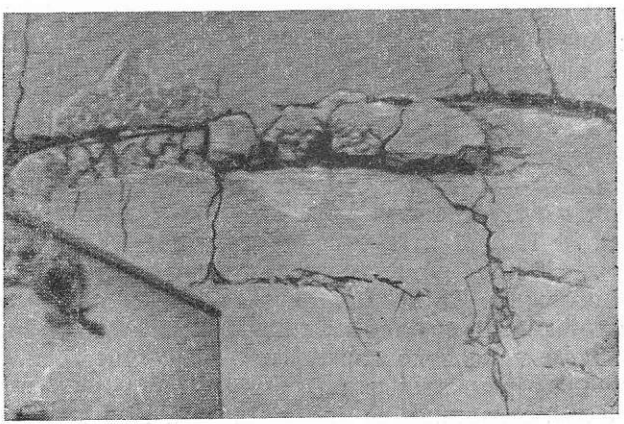


Рис. 140. Раздробление бетона в стенке одного из стаканов

а) *Силосные стаканы* элеватора, состоящие из четырех спаренных секций, являются по высоте (35,88 *м*) третьим сооружением в г. Ашхабаде (рис. 138). Внутренний диаметр каждого железобетонного стакана 6 *м*, при толщине стенок 15 *см*. Стаканы стоят на мощных фундаментах, которые представляют собой сплошную бетонную плиту, размером в плане 16,5×16,5 *м* и толщиной 80 *см*. Подошвы фундаментов заглублены на 1,65 *м* от дневной поверхности. Во время землетрясения силосные стаканы, в основном, хорошо сохранились (рис. 139). Только в тех из них, которые были загружены зерном, на высоте 3 *м* от земли образовались трещины и обнажилась арматура на небольшом протяжении (рис. 140).

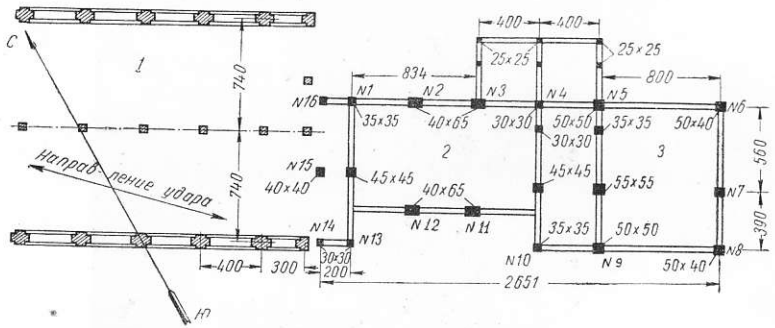


Рис. 141. План 1-го этажа здания мельницы элеватора
1—склад готовой продукции; *2*—помольное отделение; *3*—обойное отделение

б) *Мельница элеватора* — 5-этажное здание с железобетонными рамными несущими конструкциями (рис. 141). Фундаменты железобетонные, заглублены на 3,6 *м* от поверхности земли. С восточной стороны, где имеется подвал, фундаменты заглублены на 4,6 *м*. Сечение стоек в первом этаже, в зависимости от места их расположения, от 30×30 *см* до 40×65 *см* (рис. 142). Во всех остальных этажах: 30×30 *см*, 30×45 *см* и 25×50 *см*. Количество арматуры в стойках, определенное по разрушенным и обнаженным участкам, следующее: в 1-м этаже, в стойках № 1, 2, 11 и 12 — по 14 стержней диаметром 25 *мм*, в стойках № 6 и 8 — по 8 стержней такого же диаметра, в стойке № 7—16 стержней диаметром 18 *мм*. Заполнение каркаса выполнено пустотелой кирпичной кладкой на цементном растворе, толщиной 25 *см* и усилено горизонтальной арматурой. Арматура расположена через каждые два ряда кладки по два стержня диаметром 5 *мм*, связанные со стойками рам. Перекрытия монолитные железобетонные, ребристые. Перемычки железобетонные, связанные со стойками рам. Кровля плоская по железобетонной плите.

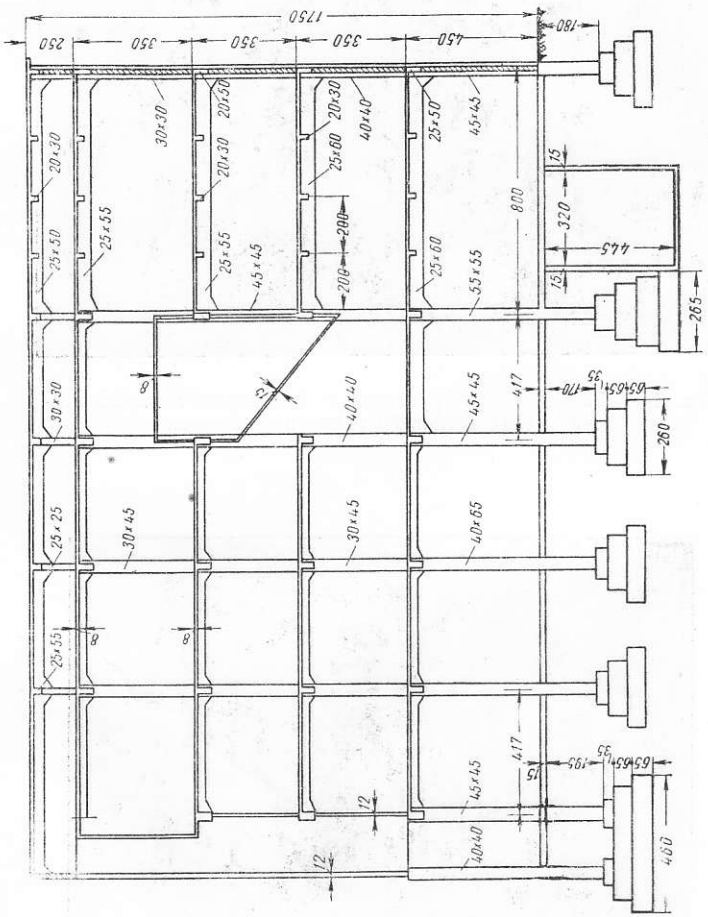


Рис. 142. Продольный разрез мельницы

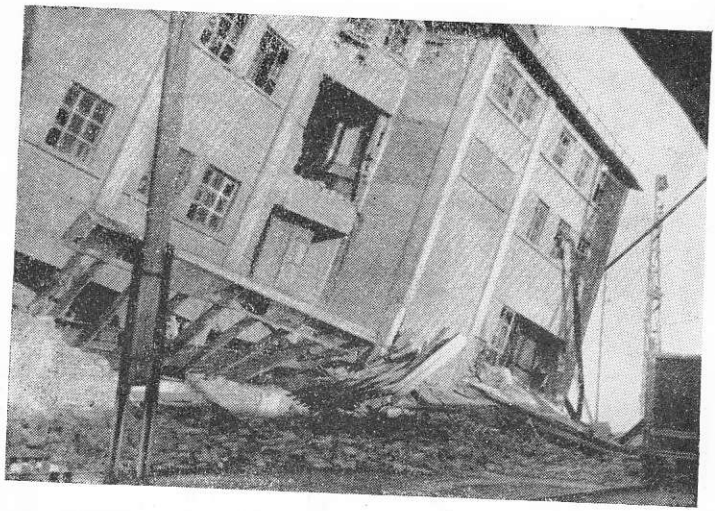


Рис. 143. Вследствие разрушения в 1-м этаже железобетонных стоек здание мельницы осело и дало крен на 30°

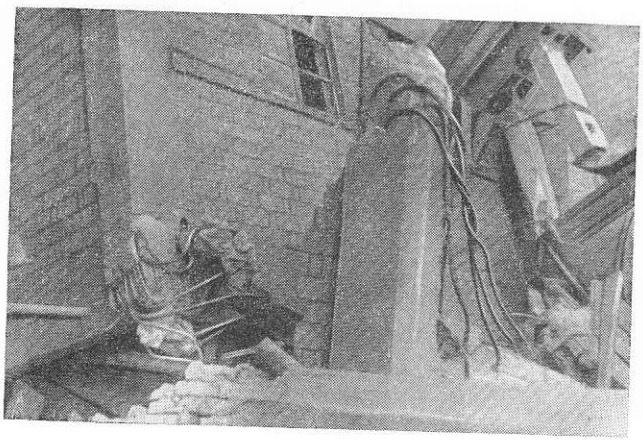


Рис. 144. Разрушение стоек в местах примыкания к ригелю рамы

При землетрясении, вследствие разрушения в 1-м этаже заполнение в этом пролете разрушилось. Крайние стойки № 1; 13; лезобетонных стоек, здание осело и дало крен на 30° (рис. 143). Бетон стоек № 2 и 12 в месте примыкания к ригелям разрушился, а арматура оголилась и деформировалась (рис. 144). Стойка № 5 срезалась несколько ниже ригеля (рис. 145). Кирпичное за-

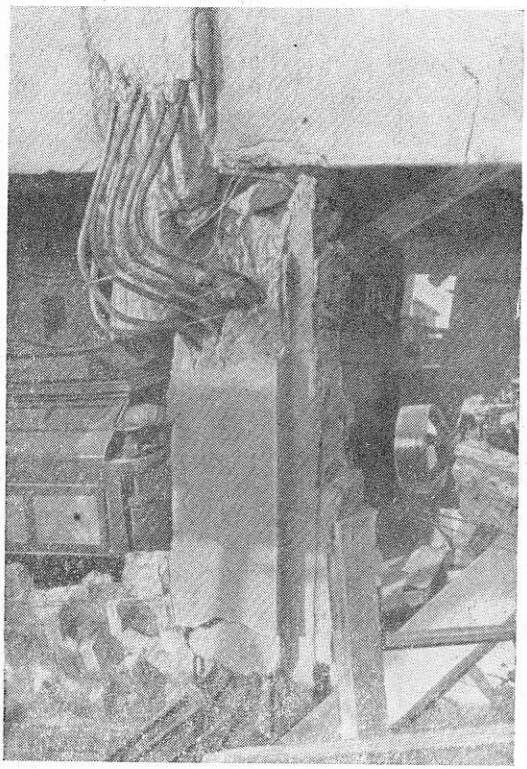


Рис. 145. Стойка № 5 железобетонной рамы срезалась в опорах

14; 15 и 16 также срезались. Разрушились и продольные ригели между стойками. Перекрытие 2-го этажа обойного отделения разрушилось и свалилось на 1-й этаж. Кирпичное заполнение в верхних этажах хорошо сохранилось. Основные несущие железобетонные конструкции в верхних этажах деформаций не имеют.

Стены 1-го и 2-го этажей мельницы с южной стороны тоже разрушились. Необходимо заметить, что бетон для несущих конструкций был приготовлен на некачественных инертных, в результате чего марка бетона оказалась значительно ниже 110. При ударе этот бетон легко крошится и гравий отделяется.

в) *Склады.* На территории элеватора имелось большое количество складских помещений. Фундаменты складов были кирпичные, неглубокого заложения; наружные стены состояли из кирпичных столбов с заполнением и с односторонними контрфорсами. Внутренние столбы, тоже кирпичные, сечением 51×51 *см*, были сложены на известковом растворе. Высота столбов 3,5 *м*; расстояние между ними в продольном направлении 4 *м* и в поперечном — 7,4 *м*. Столбы были по верху связаны антисейсмическим поясом. Заполнение между столбами толщиной 38 *см* было выполнено из сырцового кирпича на глиняном растворе. Кровли — железные по деревянным наслонным стропилам.

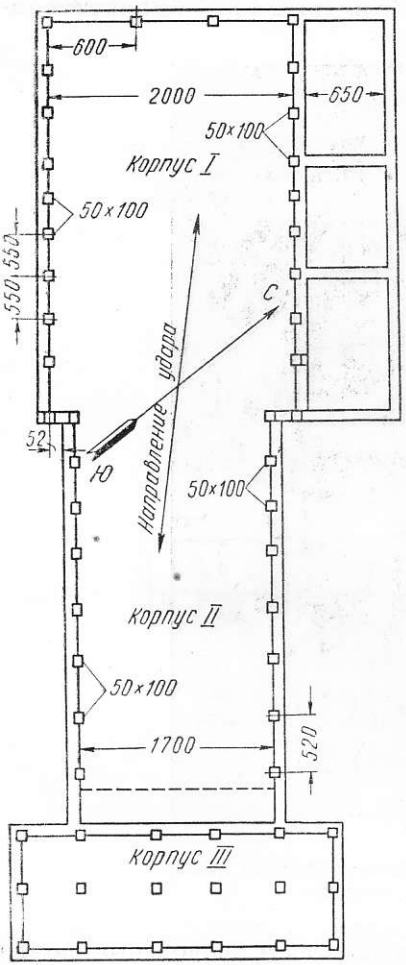


Рис. 146. Схема плана здания электростанции

При землетрясении все склады были разрушены полностью.

4. *Городская дизельная электростанция.* Основной производственный корпус станции был построен в 1937 г. Основанием для фундаментов служит пласт плотного лессовидного суглинка большой мощности. Глубина залегания грунтовых вод в этом районе примерно 8 *м*. Схематический план основного корпуса электростанции показан на рис. 146. Несущей конструкцией здания служит железобетонный монолитный каркас, заполненный в наружных стенах кирпичной кладкой толщиной 51 *см* на сложном растворе марки 10—15. Арматура для связи заполнения с каркасом не закладывалась. Бетон в элементах каркаса достаточно прочен.

Крайние рамы корпусов *I* и *II* пролетами 17 и 20 *м* совмещены в одной плоскости. Промежутки между стойками этих рам заполнены кирпичной кладкой сверху донизу. Корпус *III* присоединяется к корпусу *II* по принципу консольно-вкладышного шва в продольных прогонах, связывающих рамы, и по принципу кон-

сольного шва — в чердачных балках и в стенных проемах. Такую же конструкцию шва имеет и боковая пристройка в примыканиях к корпусу *I*. По периметру наружных стен пристройки на уровне земли расположена железобетонная ранд-балка, связанная с каркасом (рис. 147).

В производственных корпусах имеется цокольный этаж. Железобетонное перекрытие над ним, соединенное с основными рамами имеет дополнительные промежуточные опоры, на которые опираются продольные прогоны и поперечные балки. В тор-

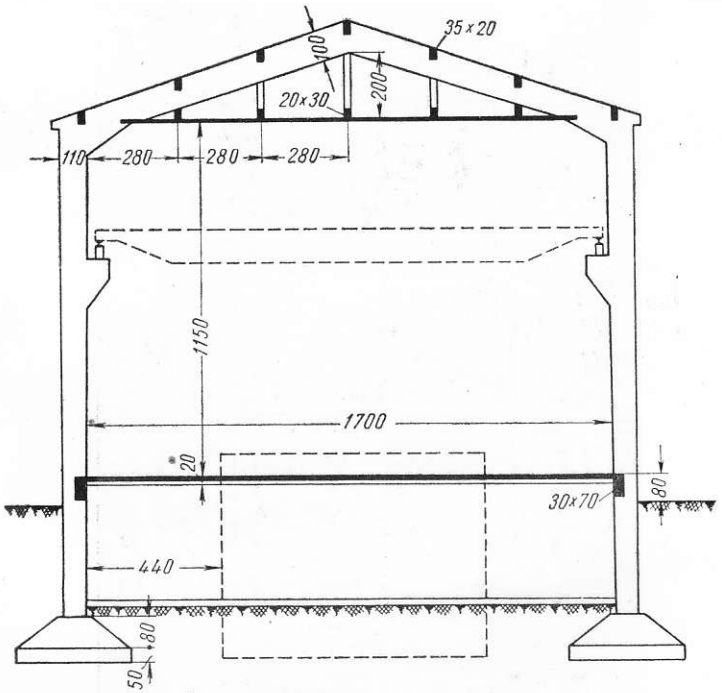


Рис. 147. Разрез здания электростанции

цовой стене корпуса *I* имеются промежуточные железобетонные стойки и проходят прогоны. Подвесное перекрытие представляет собой монолитную железобетонную плиту толщиной 8 *см*, по которой уложен камыш слоем в 8 *см* по 2-сантиметровой глиняной смазке.

При землетрясении основные конструкции здания были повреждены незначительно и работа станции вскоре возобновилась, так как здание не потребовало особого ремонта. В крайних рамах корпуса *I*, на уровне цоколя, произошло выкрашивание бетона. В остальных рамах на этом же уровне потрескалась и местами отскочила штукатурка. В крайних пролетах стенных прогонов этого корпуса, в местах их опирания на стойки основ-

ных рам тоже наблюдалось выкрашивание бетона и образовались трещины. Концы прогонов *III* корпуса, опертых на консоли *II* корпуса, смялись и раздробились, причем в нижних прогонах меньше, чем в верхних. Произошло расстройство швов в консольно-балочных вкладышах между корпусами *II* и *III*. Консоли и вкладыши сдвинулись с мест на 7—8 *см*. Стойки во внутренней поперечной стене между корпусами *II* и *III* местами получили местные повреждения с выкрошиванием бетона.

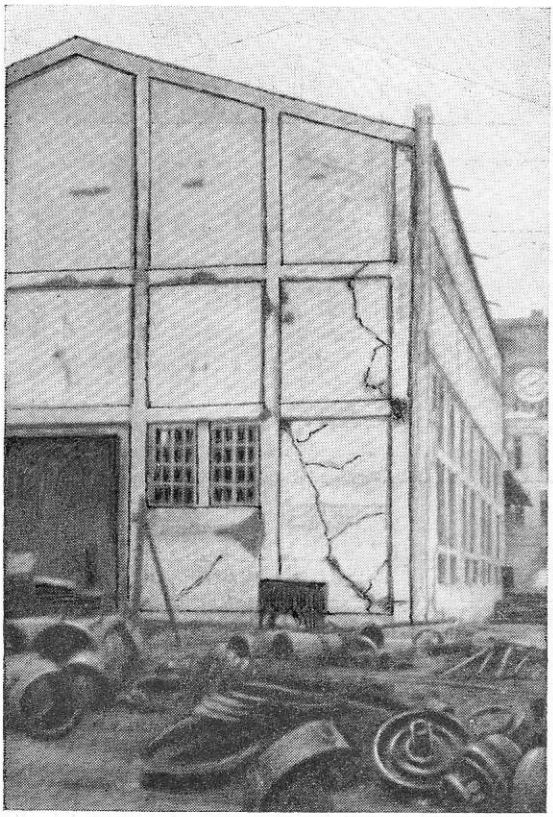


Рис. 148. Общий вид электростанции

Заполнение между элементами каркаса получило повреждения следующего характера. В торцовых стенах образовались диагональные трещины в двух направлениях и произошло сильное расстройство кладки. В местах соединения корпусов *I* и *II* заполнение шириной 0,52 *м* отстало от стоек по всей высоте, но не вывалилось. Заполнение в каркасе корпуса *III* сильно расстроено, местами даже вывалилось. Между заполнением и эле-

ментами железобетонного каркаса в верхних этажах везде образовались трещины (рис. 148).

Кирпичная пристройка к *I* корпусу также очень сильно повреждена. Особенно сильные повреждения получили торцовые стены. Все простенки повреждены трещинами. Внутренние стены, не связанные с продольными, хотя и были усилены двухсторонними контрфорсами, упали частично или полностью. Балки, опертые на консоли *I* корпуса, отошли от стоек на 9—10 *см*.

5. *Текстильная фабрика* расположена в западной части города, в конце ул. Свободы. Здание фабрики построено в 1938 г. Основанием фундаментов служит лёссовидный плотный суглинок со значительной мощностью залегания. Здание, включая цокольный этаж, 3-этажное, прямоугольного очертания в плане, но с выступающими четырьмя лестничными клетками. Размер здания в плане 114 × 37 *м*. Высота цокольного этажа — 4,6 *м*, 1-го этажа — 6,5 *м* и 2-го этажа — 6,5 *м*. Основной несущей конструкцией служит железобетонный каркас с кирпичным заполнением (рис. 149). Железобетонные рамы каркаса здания пятипролетные, трехъярусные (рис. 150). Сечение колонны в цокольном этаже 85×85 *см*, в первом этаже — 55×55 *см* и во втором — 40 × 40 *см*. Арматура колонн на уровне пола 2-го этажа состоит из 12 стержней диаметром 22 *мм* при этом хомуты поставлены через каждые 20 *см*. Стыки всех стержней арматуры колонн сделаны в одном месте. Заполнение между наружными стойками рам выполнено из обожженного кирпича на сложном растворе толщиной 51 *см*. С наружной стороны стойки рам облицованы кирпичом толщиной в $^1/_2$ кирпича. Облицовка скреплена со стойками «щетинкой», выпущенной из тела стоек.

Междуэтажные перекрытия ребристой конструкции выполнены из монолитного железобетона. Сечение поперечных ригелей рам в цокольном и в 1-м этажах 45 × 95 *см*, во 2-м этаже 35×70 *см*. Продольные ригели в цокольном этаже имеют сечение 30 × 70 *см*, в 1-м и во 2-м этажах — 25 × 50 *см*.

Лестничные клетки примыкают к стенам корпуса и связаны в одно целое с основной рамной конструкцией здания. Парапеты железобетонные. Кровля железная по двухскатным наслонным стропилам с уклоном в 18°.

По длине основной корпус разделен температурными швами на три отсека.

Со стороны ул. Кемине к корпусу примыкает водонапорная башня высотой 37 *м*, выполненная в железобетоне. Конструктивная схема башни решена так же, как и лестничные клетки, т. е. монолитно связана с железобетонной рамой основного корпуса. Башня в плане представляет квадрат со сторонами 7,2× ×6,7 *м*. Внутри башни, начиная с цокольного этажа, проходит монолитная железобетонная лестница до уровня чердачного перекрытия корпуса фабрики, дальше, на высоту до 27 *м*, идет ме-

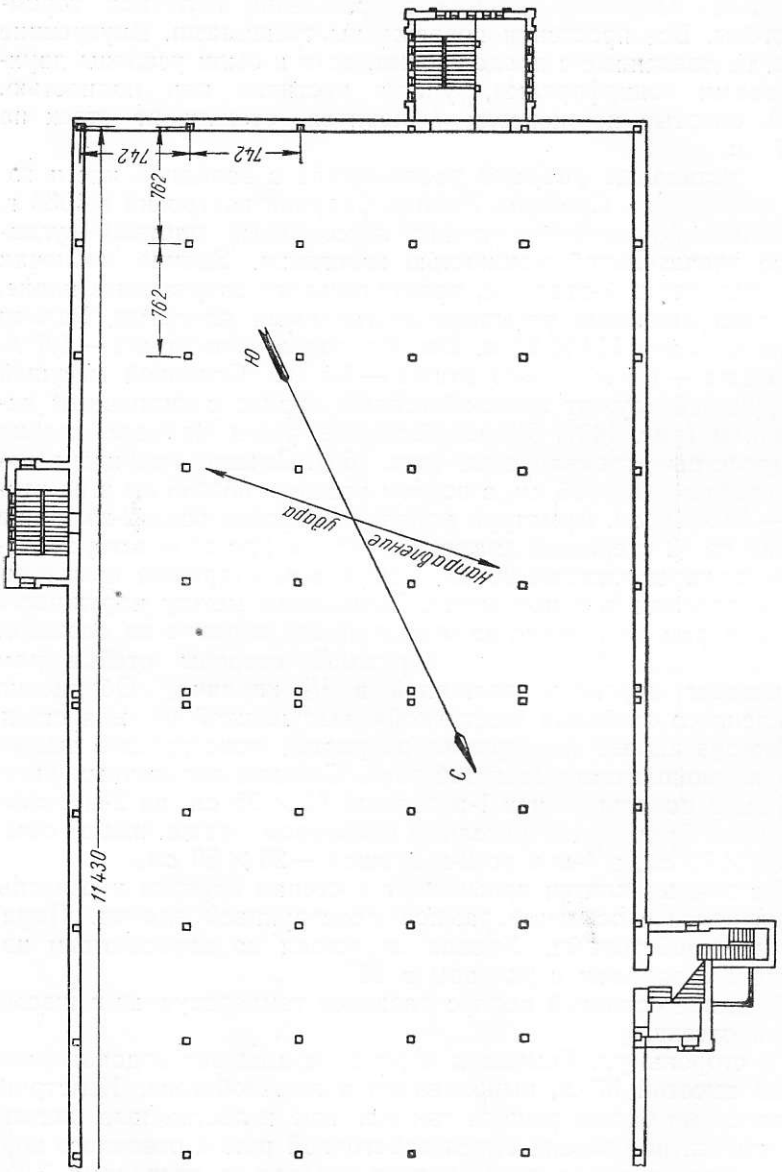


Рис. 149. План 2-го этажа текстильной фабрики

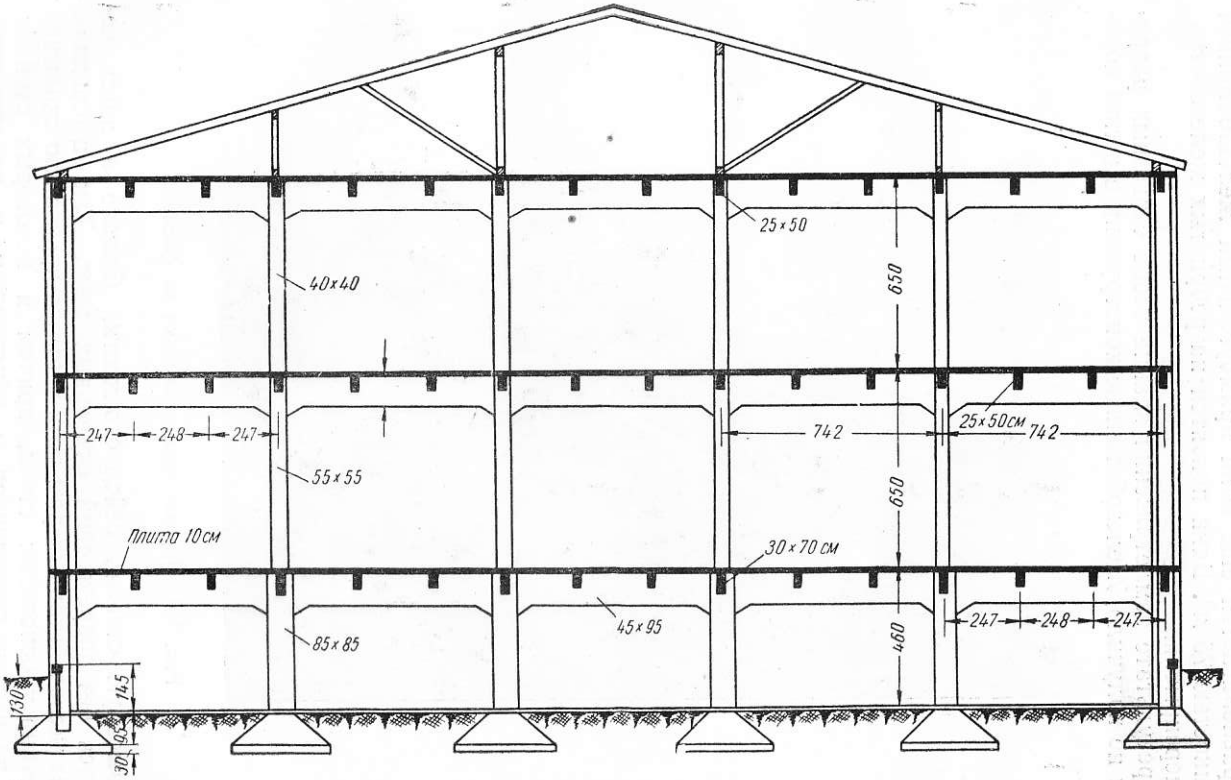


Рис. 150. Поперечный разрез здания текстильной фабрики

таллическая лестница. На этой высоте расположены четыре металлических бака емкостью по 10 $м^3$ воды каждый, а на высоте 32 $м$ располагается еще один прямоугольный железобетонный бак емкостью 75 $м^3$. Баки покоятся на ребристых железобетонных перекрытиях.

В результате землетрясения здание особо серьезных разрушений не получило. Железобетонные конструкции в целом пока-



Рис. 151. Повреждение облицовки на фасаде

зали высокую степень сейсмостойкости. Однако и здесь не обошлось без повреждений отдельных мест. Так, в средних стойках железобетонных рам во 2-м этаже произошло скалывание бетона у основания стоек, причем в некоторых стойках бетон полностью разрушился с обнажением и деформацией арматуры. Трещины и раздробление бетона имеют место также вверху стоек на уровне вутов. Вследствие недостаточной связи

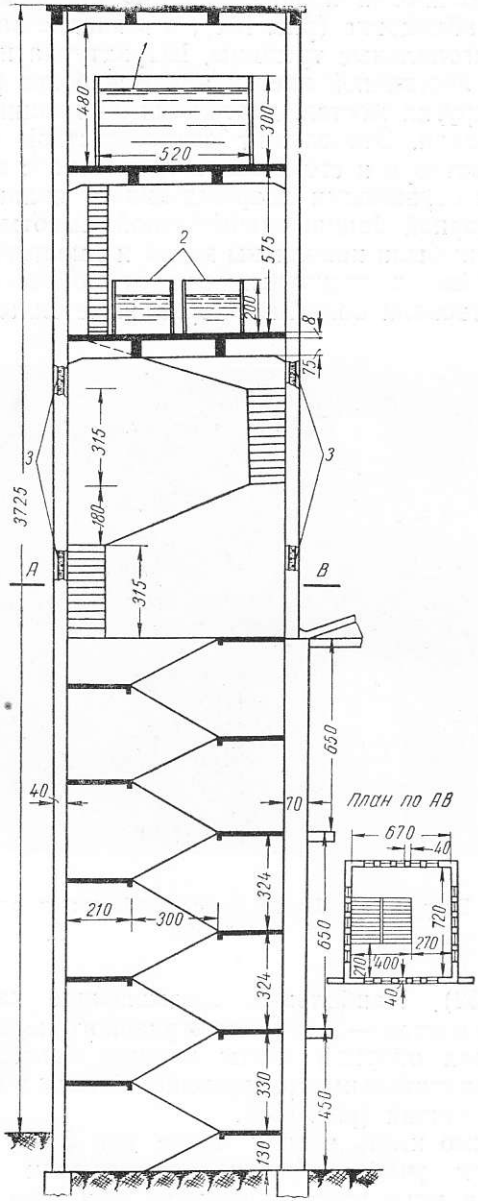


Рис. 152. Разрез и план водонапорной башни

1—бак емкостью 75 *м*; *2*—баки емкостью по 10 *м*; *3*—повреждение колонн (бетон разрушен, арматура оголена)

кирпичной облицовки и заполнения со стойками рам местами обрушилась облицовка (рис. 151), а в кладке заполнения образовались диагональные трещины. Штукатурка нарушена.

В стенах лестничной клетки имеются более резко выраженные, чем в других местах, диагональные трещины, проходящие по швам кладки. Это служит свидетельством крайне низкой прочности раствора и его плохого сцепления с кирпичом.

Наиболее серьезными повреждениями являются повреждения водонапорной башни значительной высоты. Баки в день землетрясения были наполнены водой и имели вес 115 *т*. Таким образом, кроме инерционных сил от собственного веса, на башню действовали большие инерционные силы от баков с во-

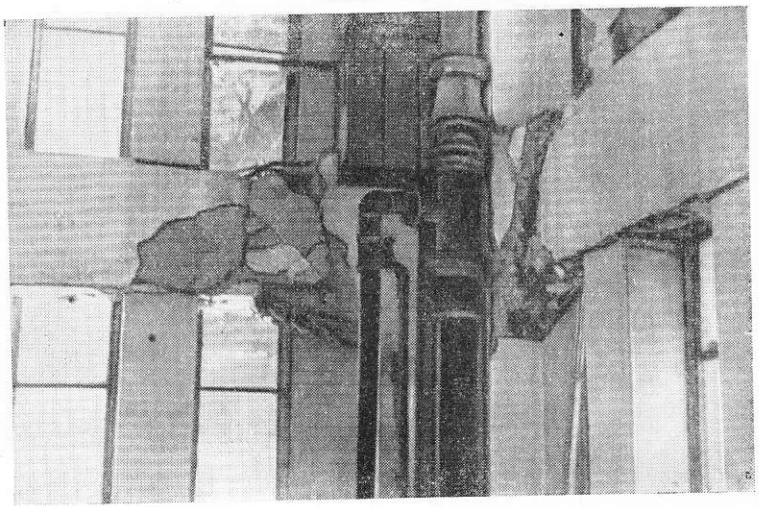


Рис. 153. Разрушение бетона в железобетонных стойках и ригелях рам

дой (рис. 152). Наибольшие срезывающие напряжения возникли в двух местах — на уровне чердачного перекрытия корпуса и ниже уровня опорной плиты нижних баков. В этих местах произошли значительные разрушения бетона в стойках и ригелях каркаса башни (рис. 153).

Необходимо иметь в виду также тот факт, что в наиболее поврежденном участке башни отсутствовали горизонтальные диафрагмы в виде плит перекрытия или монолитных железобетонных плит лестничных площадок. В частности, начиная от чердачного перекрытия корпуса и выше, монолитная железобетонная лестница сменяется металлической, нисколько не увеличивающей жесткость коробки башни. Таким образом, на этом участке образовалась как бы пустотелая коробка высотой 8,3 *м*,

где и наблюдаются наибольшие разрушения конструкций в виде среза, раздробления бетона и оголения арматуры. Следует еще отметить, что болты диаметром 12 *мм*, которыми были прикреплены металлические косоуры к площадочным балкам, оказались слабыми и при землетрясении срезались.

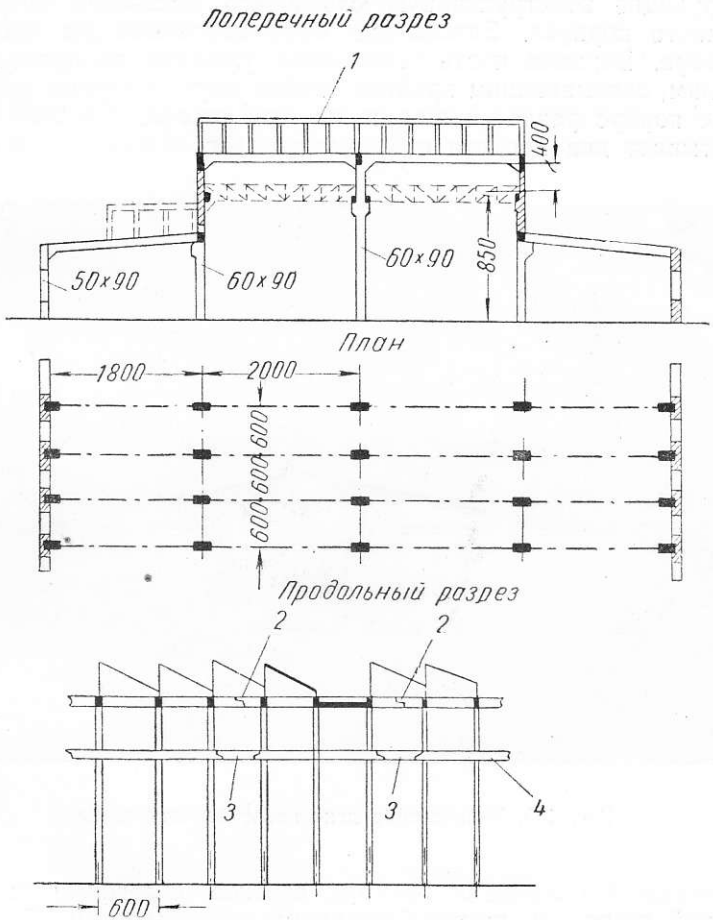


Рис. 154. Схема плана и разрезов тепловозного депо
1—шеды; *2*—шов; *3*—вкладыши; *4*—подкрановая балка

Из анализа конструктивного решения и после осмотра повреждений здания можно установить, что здание фабрики проектировалось с учетом возможного землетрясения силою до 8 баллов, которая в действительности была значительно превзойдена.

6. *Тепловозное депо* расположено в северо-восточной части города, на пласте лёссовидных суглинков большой мощности

с неглубоким залеганием грунтовых вод. Здание длиной 102 *м* состоит из нескольких цехов с шедовыми покрытиями. Железобетонные рамы имеют пролеты 18—20 *м* и высоту более 12 *м*. Расстояние между рамами в продольном направлении 6 *м*. На рис. 154 приведены схематический план и разрезы депо, иллюстрирующие конструктивную схему его основного производственного корпуса. Заполнение стен кирпичное на сложном растворе. Верхняя часть заполнения уложена по продольным ригелям, связывающим крайние стойки двухпролетных рам. По длине корпус разделен швами на три отсека. Средний отсек охватывает два пролета с примыкающими к ним двумя полу-

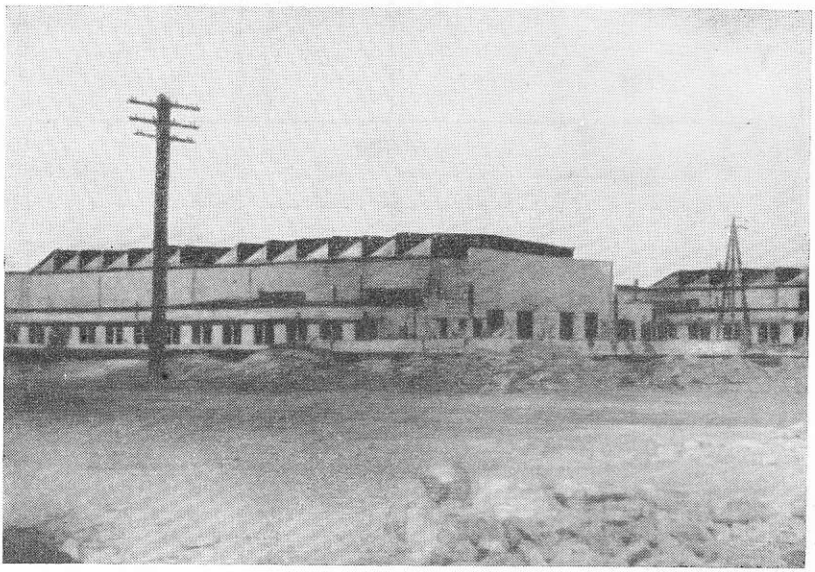


Рис. 155. Тепловозное депо после землетрясения

пролетами. В отличие от крайних отсеков с легкими шедами, средний отсек — с железобетонными перекрытиями. В левой пониженной части среднего отсека расположена железобетонная надстройка для верхнего освещения.

При землетрясении двухпролетные рамы основного корпуса особенно серьезных повреждений не получили (рис. 155). Однако в некоторых стойках имело место скалывание бетона ниже вутов ригелей с появлением сквозных трещин и обнажением деформированной арматуры. В продольных ригелях-связях образовались трещины у опор. Крайние стойки получили трещины на уровне консолей, поддерживающих ригели боковых полурам, а также косые трещины против консолей

подкрановых балок (рис. 156). Наиболее серьезным из всех повреждений было обрушение левых полурам среднего отсека вследствие скалывания консолей, на которые опирались ригели полурам. При этом разрушились верхние узлы крайних стоек ниже вутов, а сами стойки вместе с заполнением наклонились наружу на 15—20°. В продольных верхних ригелях-связях других цехов, конструкция которых была аналогична конструкции основного корпуса, образовались трещины у опор, в связи с тем, что они имели недостаточное сечение при отсутствии вутов и, по-видимому, были слабо армированы косыми стержнями у промежуточных опор.

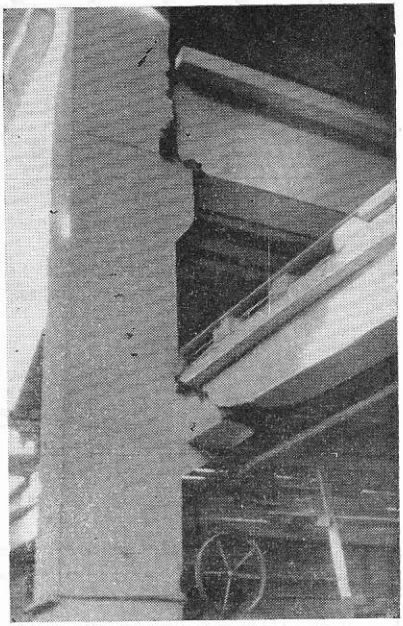


Рис. 156. Стык сборных элементов здания тепловозного депо разошелся

7. *Винодельческий завод* расположен по ул. Свободы. Наибольший интерес с точки зрения сейсмостойкости из всего комплекса зданий завода представляет винный корпус, построенный в 1928 г., имеющий два подземных и два надземных этажа. В плане этот корпус прямоугольной формы с выступающей клеткой подъемника (рис. 157). Рамная конструкция железобетонного каркаса здания имеет переменное сечение стоек по этажам (рис. 158). Заполнение каркаса в подземной части выполнено в виде пустотелой железобетонной стены. В надземной части заполнение кирпичное. Перекрытия железобетонные. Кровля железная по сплошной дощатой опалубке.

Здание оказалось весьма сейсмостойким и, несмотря на отдельные повреждения каркаса и заполнения, в целом хорошо сохранилось. Можно указать только на деформации в двух стойках в верхних узлах 1-го подвального этажа, на трещины в боковых стойках, на деформации среза в стойках 3-го этажа и на повреждения бетона в узлах и у основания стоек на 4-м этаже (рис. 159). В верхнем этаже кое-где выпало несвязанное с каркасом кирпичное заполнение. Нарушения бетона каркаса и кладки заполнения в целом незначительны и не носят аварийного характера. Сильно разрушена лишь выступающая в плане клетка шахтоподъемника.

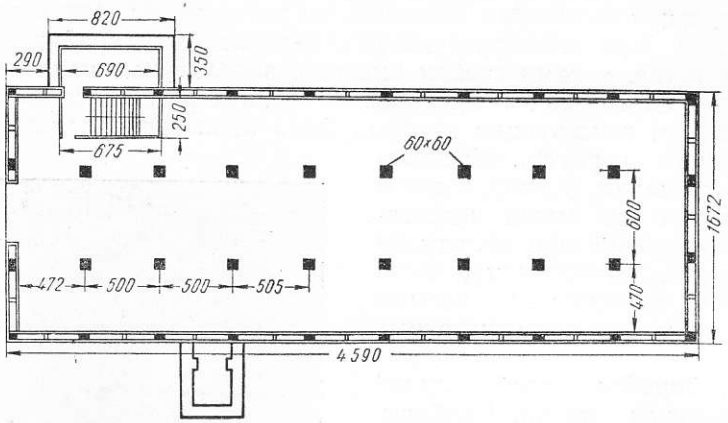


Рис. 157. План 2-го подземного этажа винного корпуса ашхабадского винзавода

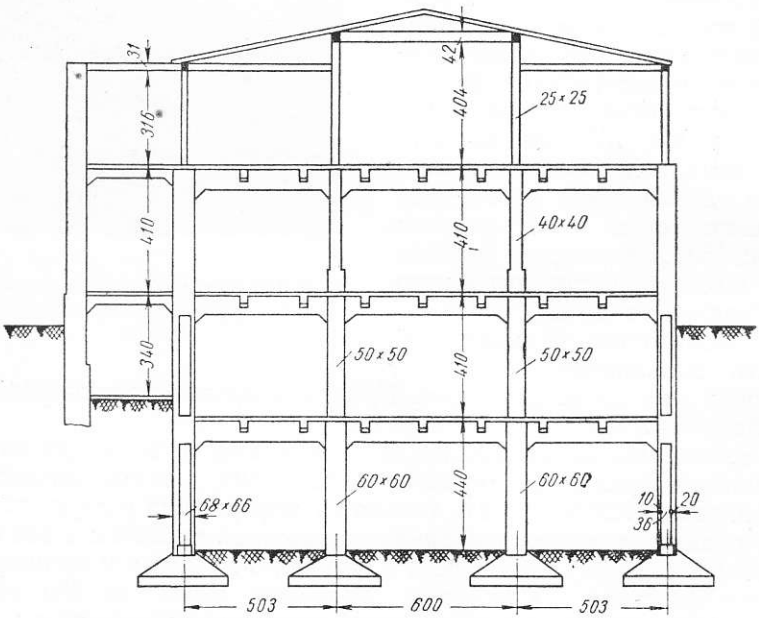


Рис. 158. Поперечный разрез винного подвала

Таким образом, можно полагать, что железобетонный каркас, правильно сконструированный и выполненный из хорошего

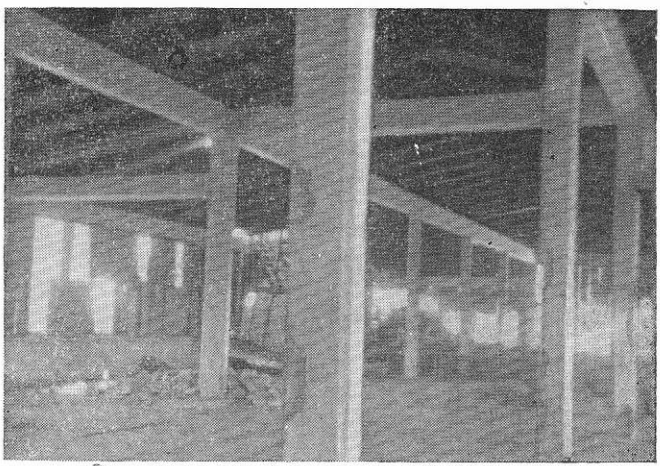


Рис. 159. Сохранившийся железобетонный каркас верхнего этажа

бетона, вполне удовлетворительно противостоит разрушительному действию 9-балльного землетрясения.

2. ЗДАНИЯ С ОДНОСТОРОННИМИ КОНТРФОРСАМИ

1. *Ремонтно-механический завод* расположен в северо-западной части города в непосредственной близости от электростанции (уг. ул. Тейлия и Островского). Эта территория, по-видимому, находилась на грани между 9-балльной и 8-балльной зонами интенсивности землетрясения. Грунты — лёссовидные суглинки.

а) *Механический цех* в плане имеет Г-образную форму с размерами северного крыла 10 × 25 *м* и южного — 10 × 51 *м*; высота помещений 4 *м*. Корпус построен в 1940 г. Фундаменты кирпичные на сложном растворе с глубиной заложения 90 *см*. Стены каркасной конструкции со столбами сечением 51 × 51 *см* из обожженного кирпича, расположенными через 3,37 *м*, с заполнением стен из кирпича-сырца, при этом каждый четвертый столб одновременно является наружным контрфорсом с выносом на 98 *см*. Столбы и контрфорсы выполнены на прочном сложном растворе. Оконные перемычки деревянные из двух бревен диаметром 22 *см*, при глубине заделки концов в стены на 25 *см*. Треугольные стропильные деревянные фермы выполнены на болтах и опираются на кирпичные столбы. Потолки подшиты фанерой. Кровля из волнистой асбофанеры по дощатой обрешетке. Антисейсмический пояс не был уложен.

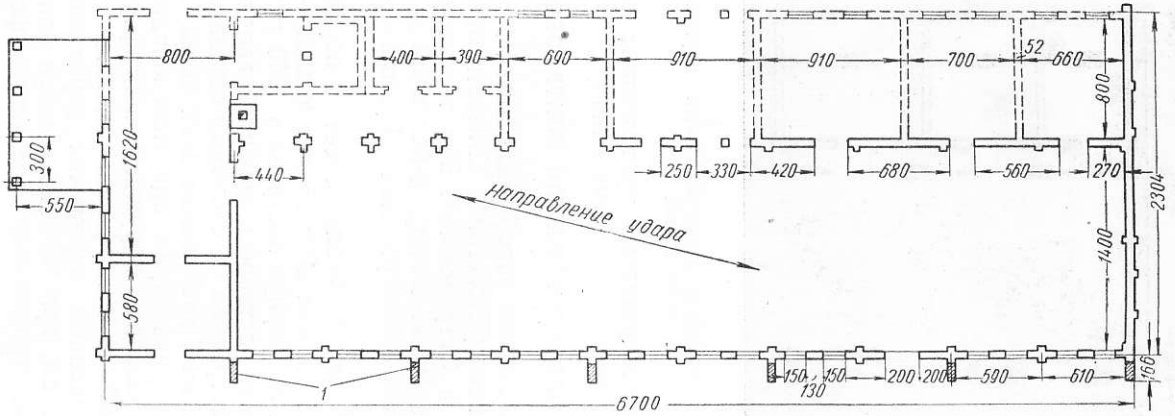


Рис. 160. План литейного цеха ремонтно-механического завода (пунктиром показаны разрушенные стены)

1—контрфорсы

При землетрясении северная продольная стена северного крыла упала наружу, а южная продольная стена этого крыла упала частью во внутрь, частью наружу. Упавшие стены увлекли за собой и крышу. Южное крыло устояло, но получило значительные повреждения: торцовая стена разрушилась; один из контрфорсов упал, а устоявшие контрфорсы получили трещины и горизонтальные смещения преимущественно на уровне подоконников и оконных перемычек; стены потрескались, а в некоторых местах (ниже подоконников) выпала кладка из сырцового кирпича. Деревянные фермы и крыша южного крыла сохранились удовлетворительно, только под опорами ферм частично выпали кирпичи.

б) *Кузнечный цех* построен в 1943 г. В плане он представляет собой прямоугольник размером 14,5 × 41 *м*. не включая пристроек. Высота помещения 5 *м*. Фундаменты и стены кир-

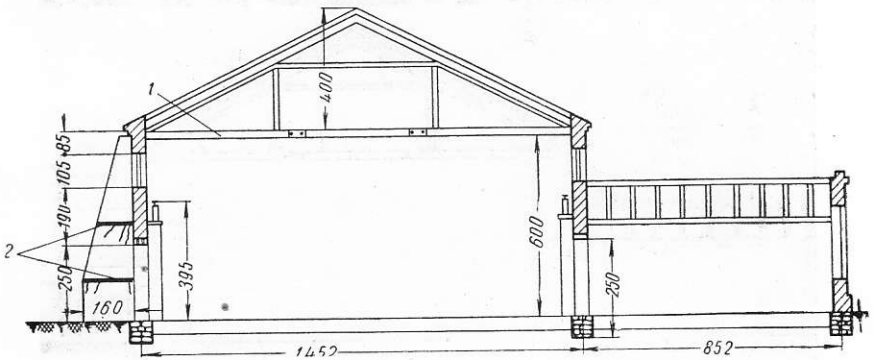


Рис. 161. Поперечный разрез литейного цеха
1—стропильная ферма из брусьев; *2*—железобетонная плита

пичные на сложном растворе. Толщина стен 51 *см*. Здание имеет наружные контрфорсы с выносом на 90 *см* при ширине 51 *см*. Антисейсмического пояса нет. Цех перекрыт деревянными дощатыми фермами с железной кровлей по сплошной дощатой обрешетке.

Землетрясением разрушены торцовые стены, при падении которых сильно пострадали перекрытия. Продольные стены местами получили косые и вертикальные трещины, проходящие по швам кладки. В некоторых местах обрушился карниз. Клинчатые перемычки, получив небольшие трещины, сохранились удовлетворительно. Некоторые контрфорсы, приняв на себя основные усилия от землетрясения, разрушились, но большая часть из них получила значительные горизонтальные трещины и смещения. Крыша оказалась в хорошем состоянии. Кузнечное оборудование и его фундаменты не были повреждены.

в) *Литейный цех* с подсобными помещениями построен в 1943 г. В плане здание прямоугольное, длиной 67 *м* и состоит

из двух разных по высоте помещений: двухсветного литейного цеха шириной 14 *м*, высотой 6 *м* и группы подсобных помещений шириной 8 *м* и высотой 3 *м* и более (рис. 160 и 161). Стены здания кирпичные, толщиной 51 *см* на известковом растворе марки 4—8. Стена северного фасада усилена двухсторонними пилястрами и односторонними наружными контрфорсами с выносом 1,66 *м*, при ширине 51 *см*. По продольным стенам на пилястры были уложены железобетонные подкрановые балки, опиравшиеся на железобетонные плиты, пропущенные сквозь стены в контрфорсы. Такие же плиты были уложены внизу на уровне $^1/_5$ высоты контрфорсов. Перемычки клинчатые. Кровля

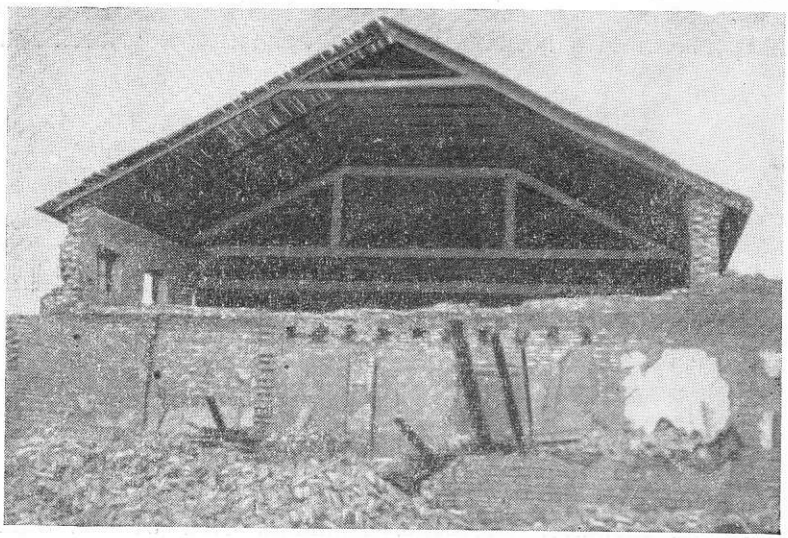


Рис. 162. Обрушение фронтона

железная по сплошной дощатой опалубке, уложенной по деревянным фермам. При землетрясении обе торцовые стены цеха обрушились. При этом упавшей восточной торцовой стеной разрушено перекрытие и свалена стена пристройки (рис. 162). Южная продольная стена цеха на некоторых участках также обрушилась, причем в этих местах рухнули также стены и перекрытия пристроек. Фермы здания сильно деформировались, но не упали. Подкрановые балки сломались в местах обрушения стен. В северной продольной стене образовались только трещины и отклонения от вертикальной плоскости (рис. 163). В этом сказалась положительная роль контрфорсов, которые, обеспечив устойчивость стены, сами, однако, подверглись значительным повреждениям. Из пяти контрфорсов три срезались по горизонтальной железобетонной плите и получили горизон-

тальное смещение, отделившись от стены (рис 164). У двух контрфорсов верхние участки оказались сброшенными. Несмотря на то, что подкрановые железобетонные балки нагружены не были, пилястры, на которые они опирались, срезались заподлицо со стеной. Другие пилястры получили большие трещины и кладка их была рассторена.

г) *Склад готовой продукции* имел грунтовую крышу по деревянным гвоздевым балкам, которая с южной стороны обрушилась. Отсутствие прочной связи балок со стенами и неглубокая заделка их концов в стены привели к разрушению кирпичной кладки в местах опирания балок и к выпадению последних.



Рис. 163. Литейный цех после землетрясения

д) *Дымовая труба,* имевшая высоту около 14 *м*, сечением 1,55×0,55 *м*, и сложенная из обожженного кирпича на глиняном растворе частично разрушилась, т. е. часть трубы срезалась и сместилась по горизонтали на юг с небольшим поворотом вокруг своей оси против часовой стрелки, а часть (верхушка) упала. Упавшая часть составляет по длине около 4 *м*; срезавшийся и сместившийся участок имеет длину также около 4 *м*. Свалившаяся часть трубы упала на крышу склада и усилила размер обрушения покрытия этого объекта.

2. *Автобусный гараж,* построенный в 1936 г., расположен в центральной части города и в конструктивном отношении представляет определенный интерес (рис. 165). Здание основано

на лёссовидных суглинках небольшой мощности с глубоким залеганием грунтовых вод. Фундаменты ленточные из камня на сложном растворе; глубина их заложения около 1 *м*. Несущими конструкциями являлись кирпичные стены и железобетонные колонны. Толщина кирпичных стен в местах опирания ферм — 90 *см*; ширина простенков 1,82 *м*. Кладка стен из обожженного кирпича выполнена на сложном растворе, марка кото-

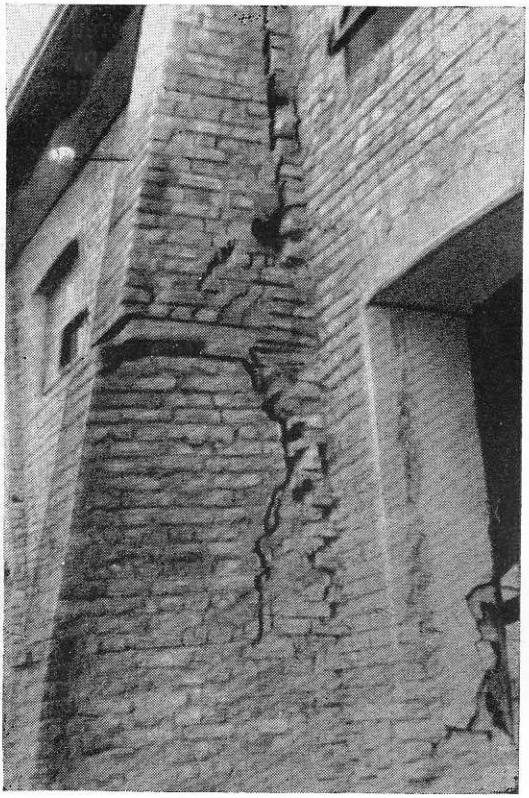


Рис. 164. Повреждение односторонних контрфорсов

рого не превышает 8. Наружные стены не были связаны с внутренними поперечными стенами, которые служили таким образом только перегородками.

Железобетонные стойки, сечением 30×40 *см* и 35×85 *см* связаны между собой в продольном направлении железобетонными арками с затяжками. Расстояния между стойками в продольном направлении 6,82 *м*, в поперечном — 8,35 *м*. По периметру наружных стен был уложен бетонный прогон сечением

70 × 50 *см*, не связанный с кирпичной кладкой. Над этим прогоном возвышался кирпичный парапет высотой 2 *м* и толщиной 51 *см*, сложенный на цементном растворе марки 15. Кровля плоская, руберойдная по сплошной дощатой опалубке, уложенной по деревянным дощатым фермам с параллельными поясами. Деревянные фермы располагались через 3,41 *м* и опирались на железобетонные прогоны и железобетонные арки Опорные части ферм заделывались в кладку и связывались со стеной анкерами из полосового железа.

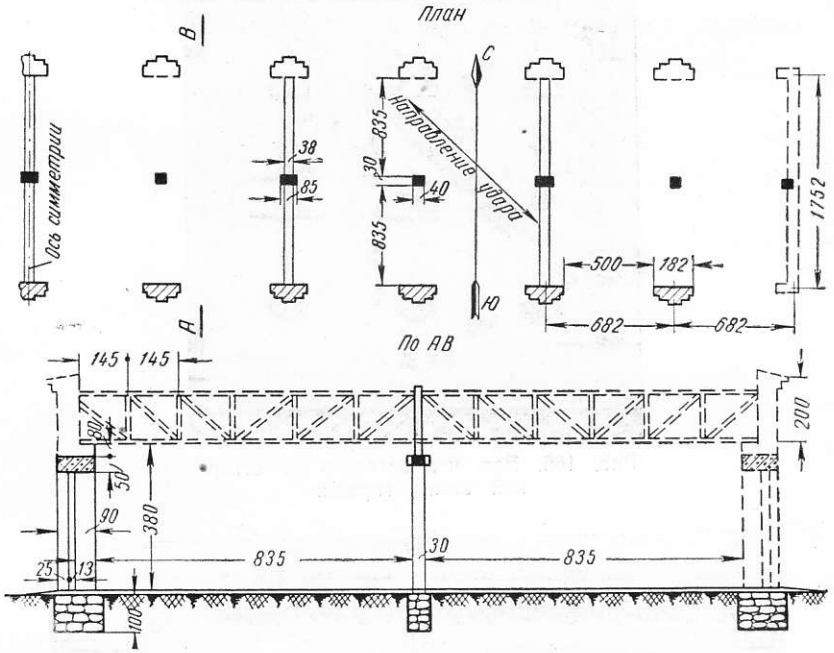


Рис. 165. Схема плана и разреза гаража (пунктиром показаны разрушенные столбы)

В результате землетрясения, северная наружная стена обрушилась полностью вместе с железобетонным прогоном и кирпичным парапетом (рис. 166). Деревянные фермы тоже обрушились (рис. 167). Железобетонные стойки вверху, в местах примыкания их к железобетонным аркам, т. е. в местах, где проходили рабочие швы при бетонировании, получили повреждения. Все внутренние и крайние поперечные стены рассыпались. С южной стороны наружные стены хорошо сохранились, но кирпичный парапет тоже упал по всей длине, а так как кладка его была выполнена на хорошем растворе, то обрушившись, не рассыпалась на отдельные кирпичи, а лежала глыбами.

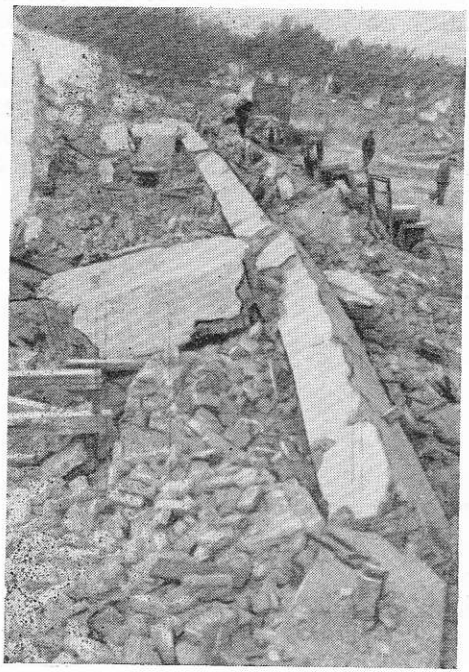


Рис. 166. Все, что осталось от северной стены гаража

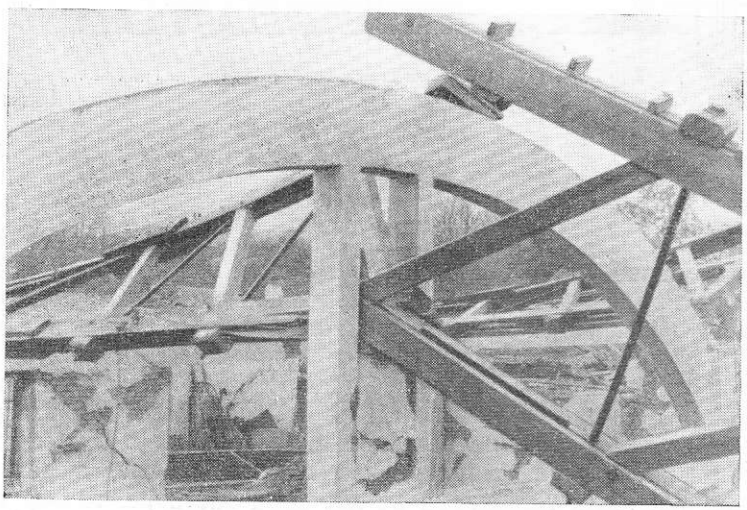


Рис. 167. Обрушение деревянных ферм, опиравшихся на железобетонные арки

3. ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ РАЗНОТИПНОЙ КОНСТРУКЦИИ В ЗОНЕ ОДИНАКОВОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Ашхабадский мясокомбинат расположен в северной части города, за железнодорожной линией. Район мясокомбината относится к зоне наиболее интенсивного землетрясения, где сила его достигала не менее 9 баллов.

Геологические и гидрогеологические условия площадки мясокомбината характеризуются мощными, по преимуществу супесчано-суглинистыми отложениями, залегающими на глубину свыше 10 *м*, и сравнительно неглубоким уровнем грунтовых вод, не превышающим 8 *м*. Супесчано-суглинистые отложения подстилаются гравийно-галечными образованиями.

В состав ашхабадского мясокомбината входило более 30 объектов, разнообразных по конструкциям, габаритам, планировочному решению, качеству материалов и по производству работ. Здесь, на одной площадке, при одинаковых геологических и гидрогеологических условиях наблюдались поразительные контрасты: одни здания совершенно уцелели и не имеют каких-либо следов повреждений, в то же время другие разрушились полностью. Ниже приводится описание этих зданий и сооружений с указанием характера и размеров повреждений их конструкций при землетрясении.

А. Здания и сооружения мясокомбината с железобетонными конструкциями

а) *Холодильник.* 3-этажный корпус холодильника — наиболее крупное здание мясокомбината. План и разрез этого здания приведены на рис. 168 и 169. Основные несущие конструкции — железобетонный каркас с безбалочными перекрытиями. Сечение колонн 1-го этажа 40×40 *см*, 2-го этажа — 35×35 *см* и 3-го этажа — 30×30 *см*. Толщина железобетонных перекрытий соответственно 16; 17 и 13 *см*. С северной стороны к зданию примыкала крытая платформа, а с восточной — открытая. Заполнение наружных панелей каркаса — кирпичное, толщиной в 1 кирпич, с изоляцией торфолеумом толщиной 15—18 *см*. Внутренние перегородки сделаны из плит торфолеума.

В день землетрясения полезная нагрузка на перекрытие 2-го этажа составляла 485 *кг/м*^{2}, а на перекрытие 3-го этажа — 320 *кг/м*^{2}. В результате землетрясения корпус превращен в беспорядочные груды развалин и изломанных железобетонных конструкций (рис. 170). Колонны и перекрытия 2-го и 3-го этажей обрушились, а 1-й этаж оказался похороненным под их развалинами. Перекрытие 1-го этажа деформировалось и сильно осело. Колонны 1-го этажа тоже подверглись значительным деформациям.

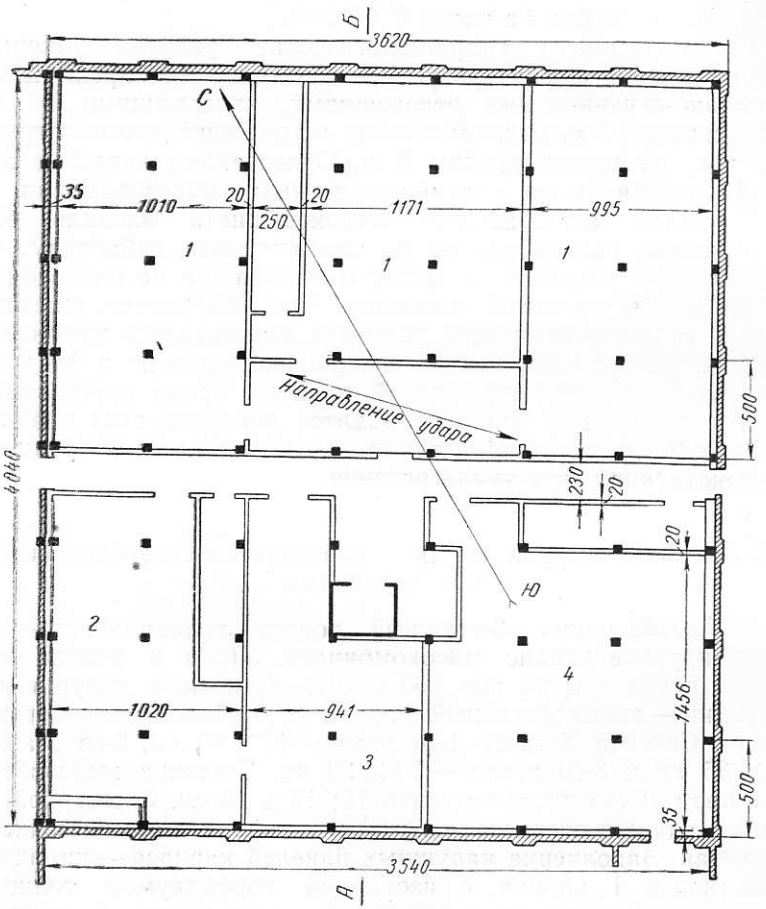


Рис. 168. План второго этажа холодильника мясокомбината

1—морозилка; *2*—остывочная; *3*—засольная колбасного мяса; *4*—хранилище мороженого мяса

б) *Мясожировой корпус.* Здание 3-этажное с железобетонным каркасом и кирпичным заполнением, расположено с западной стороны холодильника.

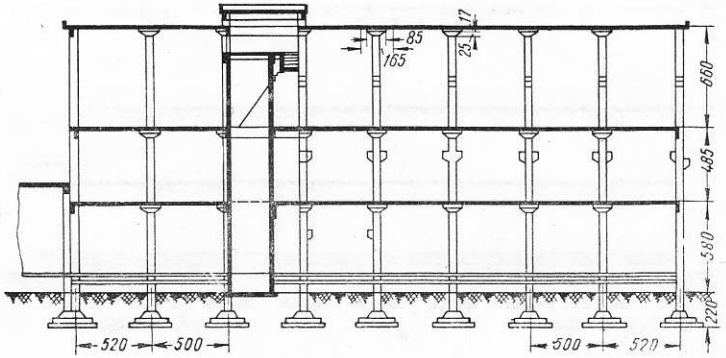


Рис. 169. Разрез здания холодильника мясокомбината по *А—Б*

В результате землетрясения здание также превратилось в хаотическое нагромождение развалин (рис. 171).

в) *Компрессорный цех.* Здание размером в плане 20 × 22 *м* при высоте помещений 5 *м*, расположено с южной стороны

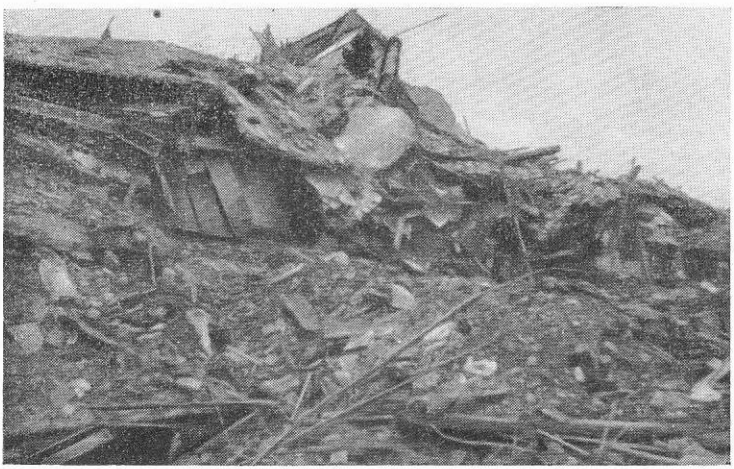


Рис. 170. Разрушенное здание холодильника

мясожирового корпуса. Здание одноэтажное с железобетонным каркасом, имевшим кирпичное заполнение. Внутренних продольных и поперечных стен не было. Покрытие железобетонное безбалочное (грибовидное) по железобетонным стойкам.



Рис. 171. Остатки от мясожирового корпуса

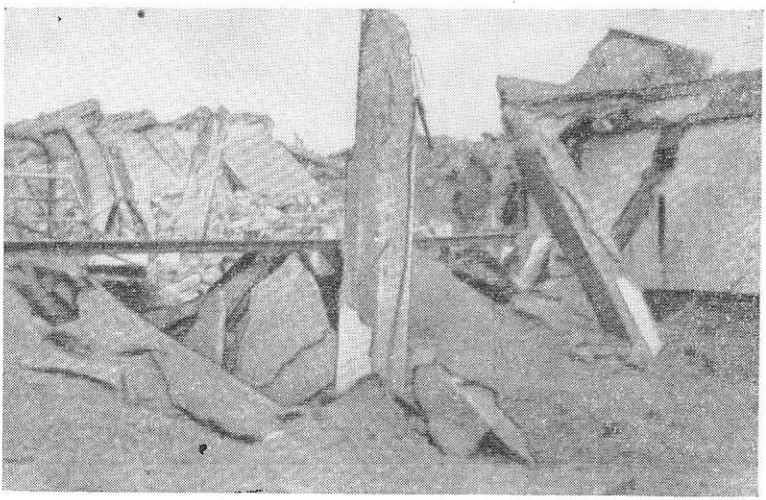


Рис. 172. Компрессорный цех превращен в груды развалин

Стойки были расположены через 10 *м* в поперечном и через 5,5 *м* в продольном направлении, имели сечение 30 × 30 *см* и были армированы 4 стержнями диаметром 16 *мм*.

Несмотря на отсутствие значительных нагрузок, здание пострадало катастрофически. Железобетонное покрытие целиком обрушилось на оборудование, а стойки оказались сломанными и смятыми. Часть из них, пробив железобетонную плиту покрытия, осталась торчать кверху, с вырванной из бетона арматурой (рис. 172). Кирпичное заполнение вывалилось. Общий вид наибольших разрушений зданий мясокомбината показан на рис. 173.



Рис. 173. Разрушения мясокомбината со стороны взгона

г) *Переходный мостик* от консервного цеха к колбасному также относится к числу сильно разрушенных сооружений. Мостик длиной 18 *м* и шириной 2,8 *м* поддерживался пятью железобетонными рамами высотой 5,1 *м*, связанными продольными железобетонными прогонами и железобетонной плитой. Железобетонные стойки имели сечение 30 × 40 *см* и арматуру 4∅ 22 *мм*. Сечение ригелей имело размеры 20 × 35 *см*, а сечение прогонов — 30 × 30 *см*. Стены расположенной на мостике галереи кирпичные, толщиной 38 *см*. Покрытие галереи, имевшей высоту 2,5 *м*, железобетонное. Мостик ориентирован меридионально.

В результате землетрясения стены и покрытие галереи оказались сброшенными на землю. В стойках, в местах сопряжения

их с прогонами и на уровне 0,8 *м* от земли бетон был раздроблен, а арматура оголена. Одна из стоек оказалась совсем перебитой и повисла на арматуре. Прогон на этом участке деформировался и опустился на 50—60 *см*, а плита треснула (рис. 174). В целом весь мостик накренился на юго-восток за счет деформации стоек и грунта.

д) *Взгон.* Между лайвстаком и мясожировым корпусом построен наклонный железобетонный взгон, состоящий из железобетонных стоек с консольными ригелями. Стойки установлены в один ряд и связаны продольными 1,5-метровыми железобетонными балками-стенками двутаврового сечения и наклонной железобетонной плитой, на которых расположены деревянные стены галереи с деревянным покрытием. Вертикальные балки-стенки армированы слабо и не были связаны с железобетонной плитой; связь же их с поперечными консольными ригелями осуществлена неглубокой заделкой (4—5 *см*) арматуры ригелей в нижний тавр стенки.

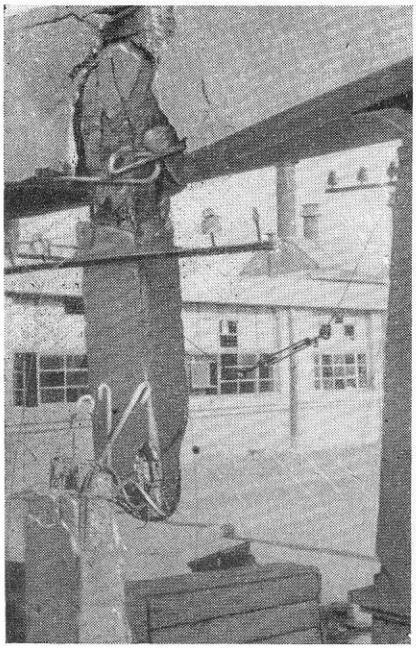


Рис. 174. Повреждение железобетонных стоек и прогонов переходного мостика

При землетрясении пострадал наиболее высокий (примыкающий к мясожировому корпусу) пролет. Балки-стенки и железобетонная плита настила этого пролета разрушились, при этом часть балки-стенки упала, а другая повисла на арматуре вместе с раздробленным покрытием (рис. 175). Разрушение произошло вследствие примыкания этого пролета к зданию, имевшему совершенно иной период собственных колебаний. В остальной части взгон сохранился в удовлетворительном состоянии.

е) *Колбасный цех.* Одноэтажное каркасное здание цеха, примыкающие к южной стороне холодильника, имеет подвал для топок. Стеновое заполнение каркаса выполнено кирпичной кладкой, а перекрытия — в монолитном железобетоне.

Здание получило следующие повреждения. В двух пролетах 1-го этажа колонны и балки разрушены, а плиты сильно деформировались. В двух других пролетах разрушения оказались несколько меньшими, однако и здесь часть колонн получила

серьезные повреждения. Бетон у основания этих колонн раздроблен и колонны удержались только на согнутой арматуре. Некоторые из них получили горизонтальное смещение. Имеются также сквозные трещины и выкрашивание бетона. Кирпичные стены некоторых помещений обрушились, сместились или треснули. Кирпичное заполнение каркаса также пострадало, получив разрушения углов и значительные горизонтальные и косые трещины. Железобетонные конструкции и стены подвального этажа почти не повреждены.



Рис. 175. Разрушение железобетонных стоек и перекрытия взгона

ж) *Котельная.* Здание расположено в северной части площадки мясокомбината и ориентировано в широтном направлении. Котельная в плане имеет прямоугольную форму и состоит из двух разных по высоте помещений: топочного помещения размером в плане $26 \times 4{,}87$ *м*, высотой 7,5 *м* и группы подсобных помещений общим размером в плане $26 \times 6{,}9$ *м* и высотой 3,2 *м*. К топочному помещению с севера примыкает открытая котельная установка. Топочное помещение выполнено в каркасе смешанной конструкции. Стойки каркаса железобетонные сечением 35×45 *см*, связаны в продольном направлении железобетонными прогонами, проходящими на уровне крыши подсобных помещений и перемычек верхних окон. По верху стоек уложен (не по всему периметру) двутавровый стальной прогон. Перекрытие наполнено железобетонной пли-

той по металлическим балкам. Заполнение каркаса — кирпичная кладка, толщиною 38 *см* на сложном растворе. Стены подсобных помещений кирпичные бескаркасные, на сложном растворе. Толщина наружных стен 51 *см*, внутренних — 38 *см*. Покрытие железобетонное.

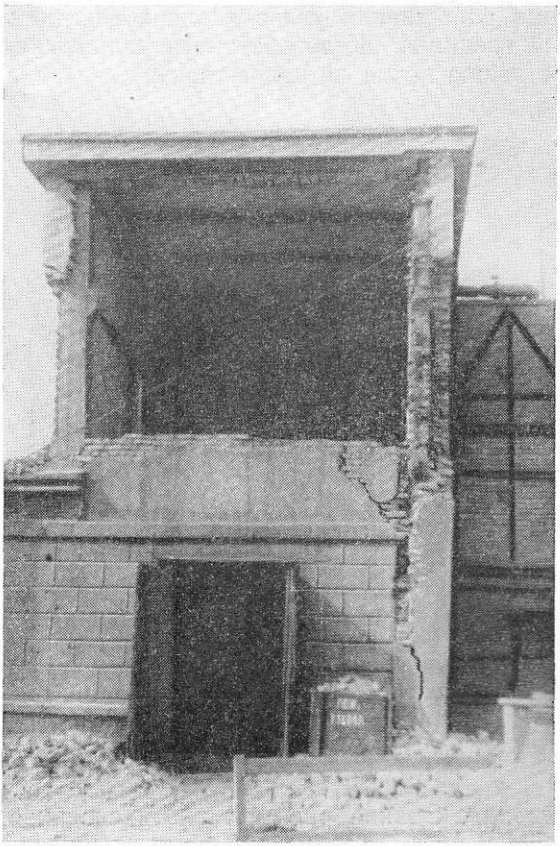


Рис. 176. Обрушения торцовой стенки котельной

Землетрясением нанесены большие повреждения.

В железобетонных стойках топочного помещения произошло сильное раздробление бетона и оголение арматуры, в результате чего стойки изогнулись, а обе продольные стены разошлись и выпучились на 8—10 *см*. Расхождение продольных стен вызвало деформацию перекрытия аварийного характера. Кладка заполнения каркаса северной стороны потрескалась, то же произошло и с простенками на уровне оконных перемычек вто-

рого света. Торцовые стены подверглись сильным разрушениям: верхняя часть их обрушилась полностью, а в углах нижней части образовались большие трещины (рис. 176).

Стены и перекрытие подсобных помещений оказались в удовлетворительном состоянии, без следов серьезных повреждений.

Котлы и заключенная в каркас из уголкового железа их обмуровка также успешно противостояли землетрясению, не получив никаких видимых деформаций. Хорошо сохранилась металлическая на растяжках дымовая труба котельной высотой около 35 *м*, которая не имеет никаких признаков повреждений. Бетонный тоннель сечением 2,2 × 2,5 *м* длиной 30 *м*, предназначенный для выгрузки шлака, также не имел никаких следов повреждения и лишь только у выходного отверстия обнаружены небольшие трещины под балочкой перекрытия.

Заслуживает упоминания также подземный бак для конденсата. Стены камеры для бака кирпичные толщиной 51 *см* на сложном растворе. Размер камеры в плане 5 × 5 *м*, при высоте 3 *м*. Камера перекрыта железобетонной плитой по двутавровым стальным балкам. Железный бак объемом 4 × 2 × 1 *м* свободно поставлен на металлическую раму (подставку). В день землетрясения бак был наполнен наполовину водой и оказался смещенным с рамы на 4 *см* в юго-восточном направлении. Перекрытие камеры не повреждено.

Б. Кирпичные здания мясокомбината

з) *Трансформаторная подстанция* в плане представляет прямоугольник размером 8 × 17 *м*, разделенный поперечной железобетонной перегородкой; здание ориентировано меридионально. Высота помещения 3 *м*. Здание построено из обожженного кирпича на цементном растворе высокой марки при толщине стен 38 *см* и имеет железобетонное покрытие . Стены оштукатурены изнутри и снаружи.

Это здание представляет редкое исключение среди кирпичных зданий г. Ашхабада по высокой степени сохранности (рис. 177). Ничто в нем не напоминает о разыгравшейся катастрофе и только при очень внимательном рассмотрении можно обнаружить кое-где еле заметные волосные трещины в штукатурке. Кроме того, некоторые из стеклянных абажуров разбились о потолок от колебаний при землетрясении.

и) *Каныжная.* Здание также кирпичное с толщиной стен 51 *см*; междуэтажные перекрытия отсутствовали. В плане оно имело форму прямоугольника размером 7 × 11 *м* с двумя выступами, идущими не на всю высоту, а лишь на 3 *м* при общей высоте здания 12,35 *м*. В помещении бункеров проемы пролетом 3 *м* были перекрыты мощными железобетонными перемычками, на которых возведены висячие кирпичные стены. Плоская крыша состояла из железобетонной плиты по железо-

бетонным балкам, уложенным на кирпичные стены, покрытой слоем пенобетона толщиной 15 *см*, цементной стяжкой толщиной 3 *см* и рубероидом на клебемассе.

Это здание в сравнении с трансформаторной подстанцией по результатам разрушений представляло другую крайность. Землетрясение превратило это здание целиком в развалины. Причиной разрушения, видимо, послужили большая свободная длина и высота кирпичных стен, а также наличие сосредоточенных нагрузок на них от балок и перемычек с висячими стенами в бункерном помещении.

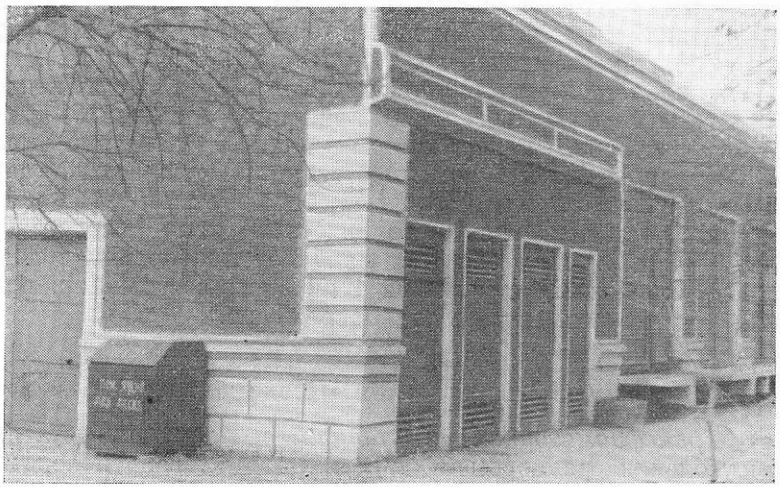


Рис. 177. Здание трансформаторной подстанции хорошо сохранилось

к) *Насосная станция.* Здание одноэтажное; стены кирпичные, толщиной 38 *см* выложены на хорошем цементном растворе марки не ниже 30. В плане здание представляет прямоугольник размером 7,38 × 19,76 *м*, при средней высоте помещений 4,25 *м*. Поперечная кирпичная стена разделяет здание на две неравные части. Покрытия односкатные, в большей части здания железобетонные, а в меньшей — деревянные. Стены оштукатурены снаружи и изнутри.

Землетрясение больших повреждений зданию насосной станции не нанесло (рис. 178). В помещении с железобетонным перекрытием образовались волосные трещины в железобетонных балках перекрытия и в штукатурке стен. В помещении с деревянным перекрытием повреждения выражены более резко: штукатурка потолка потрескалась, перекрытие прогнулось, торцовая стена отошла от продольных стен на 3—4 *см*. В продольных стенах, в месте примыкания к ним поперечных

стен, со стороны помещения с деревянным перекрытием образовались сквозные вертикальные трещины, идущие сверху донизу.

л) *Столовая.* Несколько севернее насосной станции расположено одноэтажное кирпичное здание столовой, представляющее в плане прямоугольник. Кладка стен выполнена на цементном растворе марки 30. В здании мало внутренних капитальных стен. На уровне оконных перемычек уложен железобетонный антисейсмический пояс. Покрытие деревянное с грунтовой кровлей.

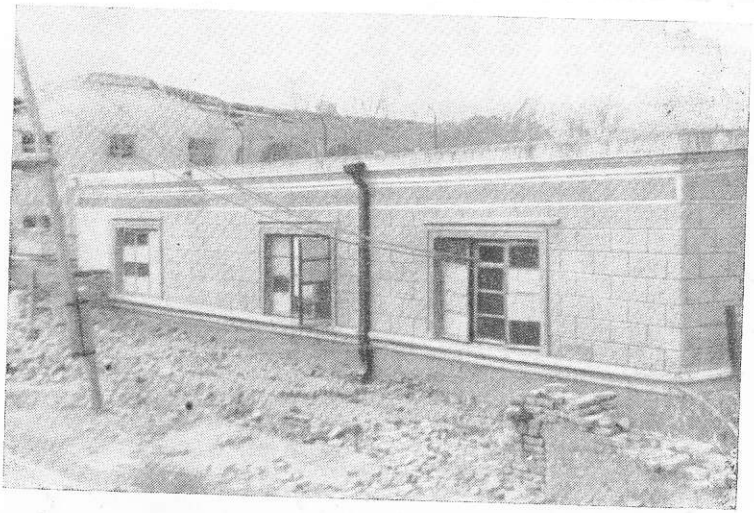


Рис. 178. Сохранившееся здание насосной станции

В результате землетрясения здание было значительно повреждено (рис. 179). Верхняя часть южной торцовой стены до уровня антисейсмического пояса обрушилась, а устоявшая часть стены покрылась косыми трещинами. Крыша в этом месте осела. В восточной продольной стене на большом участке обрушился карниз. Продольные стены сместились с отклонением от вертикальной плоскости до 5—8 *см*. Верхняя часть северной торцовой стены отошла от продольных стен с образованием на уровне антисейсмического пояса горизонтальной трещины. Внутренние кирпичные перегородки деформированы и частично обвалились.

м) *Консервный цех.* Здание 2-этажное, кирпичное, строительством не закончено. В восточном и западном отсеках корпуса было закончено строительство только 1-го этажа; во 2-м этаже возведены лишь стены без перекрытия и крыши; в среднем отсеке были сложены стены одного этажа. Кладка стен

выполнена на цементном растворе невысокой прочности. Внутренние несущие конструкции перекрытий 1-го этажа — многопролетные железобетонные рамы, расположенные вдоль цеха. По ригелям рам уложены железобетонные неразрезные балки, опертые концами на кирпичные стены. Перекрытие — частью железобетонное, частью деревянное по железобетонным балкам. На уровне верха оконных проемов было устроено нечто вроде антисейсмического пояса, совмещенного с перемычками. Этот пояс по периметру имел разрывы, а по высоте уложен на разном уровне. В опорах балки уложены не на пояс, а на прослойку из одного или двух рядов кирпичной кладки.



Рис. 179. В здании столовой разрушены кирпичные парапеты, а продольная стена отошла от своей вертикали

Стены средней части здания обрушились до подоконников. В восточном отсеке стены 2-го этажа обрушились полностью, перекрытия над 1-м этажом и колонны 1-го этажа рухнули. Устоявшие части стен этого этажа потрескались и значительно отклонились от вертикали. В западном отсеке стены 2-го этажа также рухнули полностью, а стены 1-го этажа получили большое количество вертикальных и горизонтальных трещин и столь значительное отклонение от вертикали, что состояние их оказалось совершенно безнадежным. Почти все железобетонные колонны срезаны у сопряжений с прогонами, бетон раздроблен, арматура оголена и выгнулась наружу, прогоны разрушились у крайних опор (у стен).

Отсутствие вутов в стойках рам ухудшало сопротивляемость стоек в местах наибольших напряжений, т. е. в местах сопряже-

ния ригелей со стойками (рис. 180). Разрушению железобетонных перекрытий способствовала в значительной мере дополнительная нагрузка от упавших на перекрытия кирпичных стен

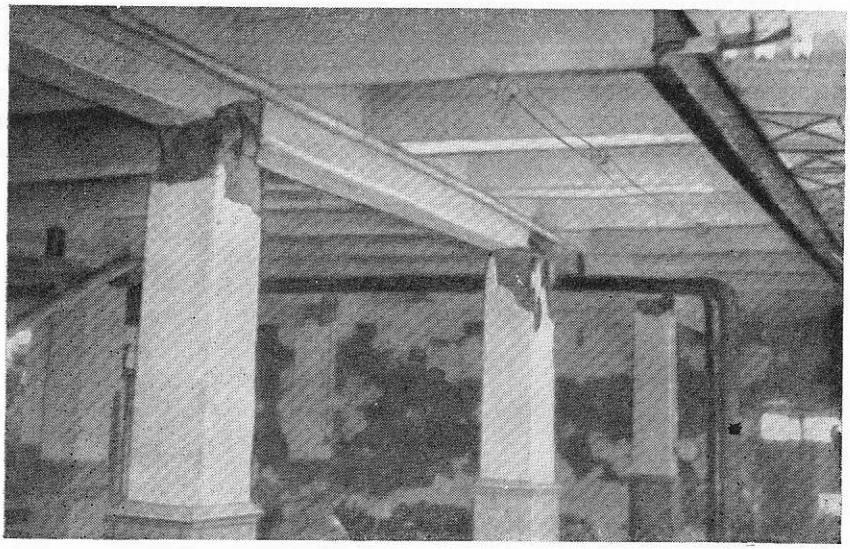


Рис. 180. Раздробление бетона в местах сопряжения колонн с ригелями

2-го этажа. Некоторые балки и плиты получили небольшие сквозные трещины в пролетах.

4. ЗДАНИЯ С КОНСТРУКЦИЯМИ СМЕШАННОГО ТИПА

1. *Табачная фабрика.* Здания двух самостоятельных одинаковой конструкции корпусов фабрики расположены на углу улиц Энгельса и Пушкинской. Фабрика построена в дореволюционный период. Эти корпуса расположены под прямым углом, следовательно, элемент случайности в характере повреждений конструкций, который мог иметь место при определенном благоприятном или неблагоприятном совпадении направления сейсмического удара с продольной или поперечной осью здания, в данном случае можно считать исключенным.

Здания возведены на суглинках, простирающихся в этом районе на значительную глубину. Основная часть несущих конструкций состоит из двух паралелльных кирпичных аркад, выполненных на хорошем сложном растворе. Выше аркад на высоту около 2 *м* возведены стены из сырцового кирпича. Поверх этих стен уложены деревянные пояса, на которые опираются треугольные висячие фермы пролетом 7 *м*. С обеих сторон к основному среднему пролету примыкают пристройки

меньшей высоты, сложенные из сырцового кирпича на глиняном растворе и перекрытые деревянными балками. В середине корпусов средний пролет раскреплен двумя поперечными кирпичными арками.

При землетрясении наружные торцовые стены и часть продольных стен развалились, а уцелевшие сильно повреждены. Арки продольных внутренних стен основных пролетов и все вышерасположенные конструкции в торцовых частях корпусов также сильно повреждены. Судя по тому, что штукатурка на всех арках отслоилась, можно предполагать, что во время



Рис. 181. Часть фасада табачной фабрики. Характер повреждения арок

землетрясения они подверглись значительным деформациям. Об этом свидетельствуют и некоторые другие повреждения — трещины, раздавливание кирпичей в арках и т. п. (рис. 181). В то же время кирпичные столбы, на которые опирались арки, не получили никаких видимых повреждений. В них даже не оказалось обычного для столбовых конструкций раздавливания кирпичей в нижних рядах. Фермы, балки и кровля средних пролетов сохранились без каких-либо повреждений.

Тот факт, что арочные конструкции корпусов табачной фабрики, расположенных под прямым углом один относительно другого и, следовательно, различно ориентированных к главному сейсмическому удару, сохранились вполне удовлетворительно, подтверждает их сейсмостойкость.

2. *Паровозное депо,* состоящее из отдельных цехов и мастерских, расположено против Ашхабадского железнодорожного

вокзала. Все здания депо конструктивно решены весьма разнообразно. Рассмотрение схематического плана (рис. 182) убеждает в том, что возведение отдельных цехов происходило в разное время путем пристроек по случаю расширений депо, вызванных производственной необходимостью.

а) *Цех А.* Основные несущие конструкции здания — однопролетные двухшарнирные железобетонные рамы с консолями

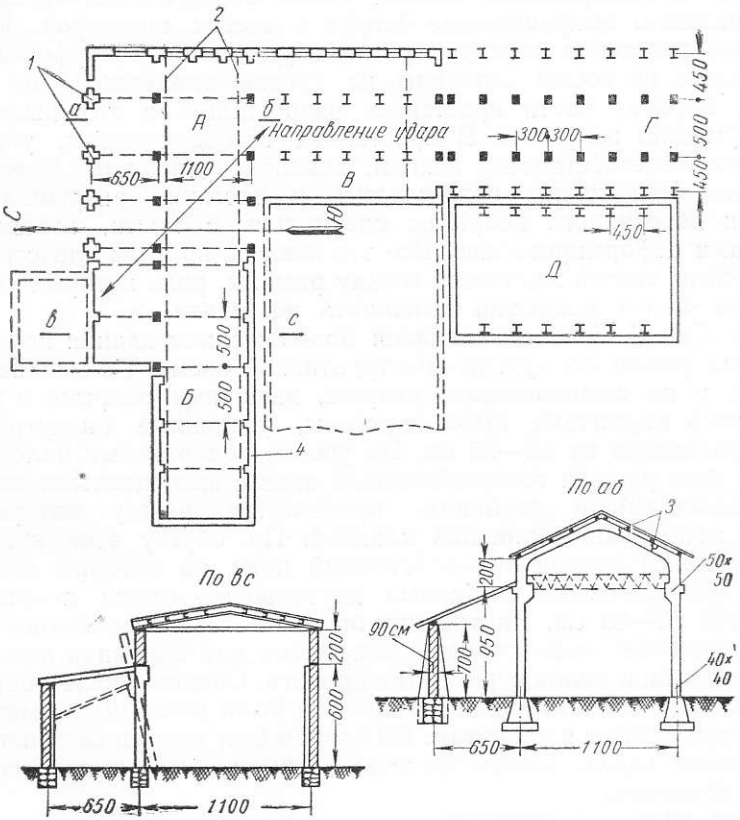


Рис. 182. Схемы плана и разрезов паровозного депо
1—кирпичные столбы с пилястрами; *2*—подкрановые балки; *3*—трещины в раме; *4*—свободно стоящая стена с контрфорсами

для железобетонных подкрановых балок. Рамы не были связаны в продольном направлении прогонами. Опорные части рам представляют железобетонные башмаки на бутовых подушках. Покрытие по рамам деревянное. Бетон в элементах рам прочный и по внешним признакам соответствует марке 110. Наружные стены — кирпичные, толщиной 90 *см*, усиленные пилястрами или контрфорсами. Над широкими оконными про-

емами уложен железобетонный пояс, совмещенный с оконными перемычками, над которым возведена кирпичная стена на высоту 2,5 *м*. По верху этой стены уложен мауэрлат.

При землетрясении железобетонные рамы получили незначительные повреждения. В ригелях рам, у начала вутов, появились трещины. Бетон в пятах стоек выкрошился только потому, что арматура для образования шарнира была отогнута неправильно. В подкрановых балках также образовались трещины и произошло выкрашивание бетона в местах шарниров. Кирпичные простенки между воротами, усиленные контрфорсами, скололись по косым сечениям на уровне примерно $^1/_3$ их высоты. Верхние части простенков разрушились и это вызвало деформацию покрытия. В простенках торцовой стены, укрепленных железобетонным поясом, появились трещины. Верхние участки стен также потрескались и частично разрушились. Балки деревянного покрытия сдвинулись с места, подшивка местами деформировалась. Все это явилось прямым следствием отсутствия связей жесткости между рамами, роль которых деревянные балки покрытия выполнить не могли.

б) *Цех Б*. Этот цех являлся продолжением здания цеха А, но был решен по другой конструктивной схеме. Как видно из плана и на схематическом разрезе, внешними опорами в нем являлись кирпичные высокие стены, усиленные пилястрами, выступавшими на 12—25 *см*. На уровне подкрановых балок по стене был уложен железобетонный пояс с выпущенными вверх железобетонными стойками, промежутки между которыми были заполнены кирпичной кладкой. По обрезу этой кладки был уложен второй железобетонный пояс, на который опирались металлические составные двутавровые балки покрытия высотой 70—80 *см*. Внутренние опоры в цехе — свободностоящие железобетонные стойки с консолями для опирания подкрановых балок и балок перекрытия пролета. Сборные железобетонные плиты покрытия бокового пролета были уложены по металлическим балкам и прогонам. По плитам был уложен слой шлака и кировая корка. Такого же типа покрытие было и над основным пролетом.

Как видно из описанного, конструктивное решение здания цеха *Б* имело существенные недостатки, значительно снизившие его сейсмостойкость. Стена высотой 6 *м*, усиленная пилястрами, выступающими на 25 *см*, не могла считаться надежной конструкцией при 9-балльном землетрясении. Кроме того, вверху стена имела еще тяжелую надстройку высотой 2,2 *м*, с очень массивным перекрытием, что также значительно ухудшало ее сейсмостойкость. Крайняя левая стена хотя и была ниже, чем правая, но обладала еще меньшей устойчивостью, так как пилястры выступали всего на 12 *см*. Внутренние отдельно стоящие стойки, не защемленные в фундаментах и недостаточно жестко раскрепленные металлическими прогонами, не могли иметь

необходимой пространственной жесткости и сейсмической устойчивости. Естественно, что землетрясение разрушило почти до основания цех *Б*. Кирпичные стены упали, перекрытия рухнули вместе со стенами, а железобетонные стойки накренились под большим углом.

в) *Цех В*. Эта часть депо имеет внутренние опоры в виде рам из рельс с криволинейными ригелями, концы которых заделаны в наружную стену. Рельсы стоек рам связаны парными соединительными планками швеллерного сечения на сварке. Деревянные балки покрытия, опирающиеся на ригели, поддерживают обрешетку под железную кровлю. Торцовая наружная стена состоит из кирпичных пилонов, между которыми размещены двухстворные ворота. Кладка наружной продольной стены в нижней части выполнена из естественного камня, а простенки и перемычки — из кирпича. Раствор как в нижней, так и верхней части стены очень слабый (известково-глиняный). Перемычки над окнами в наружной стене и над проемами во внутренней стене арочные с очень малым подъемом.

Металлическим рамам землетрясение никаких повреждений не нанесло. Покрытие также сохранилось полностью. Но кирпичная наружная стена разрушена до уровня подоконников почти на всем протяжении. Надо полагать, что в ее разрушении виновны заделанные в кладку концы металлических ригелей. Это особенно хорошо заметно на простенках, которые разрушены только до уровня заделки этих концов. То же самое произошло во внутренней стене: участки кладки в местах заделки концов рельс либо сильно расстроились, либо разрушились. Столбы-пилоны торцовой стены, сложенные из каменных блоков размером $40 \times 20 \times 15$ *см*, также получили серьезные повреждения и деформации. Разрушение произошло в верхних и нижних частях пилонов, причем некоторые пилоны сильно отклонились от вертикали, а пилоны, на которых были подвешены ворота, возможно упали бы, но открывшиеся створки ворот создали для них упор и удержали от падения.

г) *Цех Г*. Этот цех размещен под навесом, опирающимся на четыре ряда стоек. Наружные стойки — металлические из парных рельсов, а внутренние — железобетонные с жесткой арматурой. По верху каждый ряд стоек соединен прогоном, состоящим из двух рельсов; поперечная связь между стойками не создает жесткости. Деревянные стропильные ноги соединены с прогонами накладками из полосового железа на болтах.

На этот цех землетрясение повлияло весьма незначительно. Оно вызвало только отслаивание бетона от рельсов и выкрашивание его в нижней части стоек, армированных рельсами. При этом оказалось, что рельсы в этих местах оказались покрытыми коррозией.

д) *Цех Д*. Этот цех интересен тем, что на нем можно проследить как при землетрясении воздействуют друг на друга

связанные между собою металлические и каменные конструкции.

Основными несущими конструкциями цеха были стены, сложенные из камня на известковом растворе. Никаких антисейсмических поясов по стенам не было уложено. Опорами для подкрановых балок являлись стойки из рельсов, связанные со стенами тремя, расположенными на различных уровня по высоте, хомутами из полосовой стали. Цех был перекрыт металлическими фермами типа «Полонсо» с фонарем. Со стенами фермы связаны не были и это еще больше снизило сейсмостойкость здания.

Здание получило тяжелые повреждения. Одна из несущих стен была разрушена до основания. Фермы, лишенные опоры, упали на подкрановую балку, которая передала этот удар металлическим рельсам, а последние от удара сильно деформировались, довершив при этом полное разрушение стены. Противоположная несущая стена разрушилась частично и больше всего там, где были заделаны анкеры металлических опор.

ГЛАВА V

ПОВРЕЖДЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗДАНИЙ И СЕЛЬСКИХ ПОСТРОЕК В ОБЛАСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Обследование последствий Ашхабадского землетрясения 1948 г. в плейстосейстовой области и в области распространения землетрясения было произведено по шести секторам во время радиальных поездок из Ашхабада. В той же последовательности производится и изложение материала.

1. АШХАБАД — ТЕДЖЕН
(юго-восточное направление)

а) *Станция Анау* расположена на расстоянии 10 *км* от г. Ашхабада. По характеру разрушения станционных построек и жилых домов сила землетрясения оценивается в 9 баллов. Свидетельством этому может служить также и то, что древняя крепость Анау, находившаяся в 4 *км* к югу от железной дороги, выдерживавшая в прошлом землетрясения силою до 8 баллов, подверглась полному разрушению (рис. 183).

б) *Станция Гяурс* расположена в 34 *км* от Ашхабада. Сила землетрясения в районе ст. Гяурс оценивается в 8 баллов. Грунты на этом участке представлены лёссовидными суглинками. Станционные постройки и жилые дома либо разрушились полностью, превратившись в хаотическое нагромождение развалин, либо пострадали настолько основательно, что восстановление таких зданий было полностью исключено.

Стены из сырцового кирпича во многих случаях обрушились по всему периметру домов, а плоские земляные крыши домов и здания, построенные из каменных блоков на известковом растворе, оказались не более прочными, чем сырцовые здания, и подверглись полному разрушению. Жилые дома, построенные из отбракованных или старогодних шпал, как правило, уцелели, за исключением крайне ветхих домов, или тех домов, в которых отсутствовала надлежащая связь стропил из шпал как с коньком, так и с обвязкой, вследствие чего крыши обрушились, повреждая перекрытия и стены.

Стены водонапорной башни, сложенные из обожженного кирпича на известковом растворе, почти полностью превратились в каменные глыбы, распадавшиеся на отдельные кирпичи. Деревянный шатер над башней оказался на земле, внутри сохранившейся части стен.



Рис. 183. Фрагмент разрушенной крепости Анау, построенной в XV веке

Фундаменты зданий существенных повреждений не получили.

в) *Разъезд № 47* расположен между ст. Гяурс и Ахсу на расстоянии 49 *км* от Ашхабада. Здесь было землетрясение силой в 8 баллов. Сырцовые одноэтажные здания, имевшие большие размеры в плане, были полностью разрушены. Здания из обожженного кирпича на глиняном растворе получили тяже-

лые повреждения. Печные трубы оказались разрушенными почти во всех зданиях. Очень тяжелые плоские земляные крыши были одной из основных причин разрушения стен.

г) *Ст. Ахсу,* находящаяся от Ашхабада на расстоянии 60 *км,* подверглась землетрясению силою до 8 баллов. Стены некоторых сырцовых зданий разрушены, а стены каменных зданий получили большие трещины. Карнизы и парапеты, преимущественно с торцов здания, обвалились. Наблюдались разрушенные трубы.

д) *Станция Баба-Дурмаз* в 75 *км* от Ашхабада подверглась землетрясению силой в 6—7 баллов. Парапеты торцовых стен во многих случаях обвалились; встречаются большие трещины в стенах и случаи выхода стен из вертикальной плоскости на несколько сантиметров. Частично обвалились трубы.

е) *Станция Артык* расположена в 95 *км* от Ашхабада. Здесь сила землетрясения определилась в 6 баллов. Каменная арка в станционном здании получила много трещин. Расстроена кладка стен здания, но разрушений не оказалось.

ж) *Станция Душак* расположена на расстоянии 171 *км* от Ашхабада. Сила землетрясения здесь оценивается в 5—6 баллов. В кирпичных и сырцовых стенах зданий появились трещины. Трубы, даже высокие, не упали. В сырцовых стенах образовались многочисленные косые пересекающиеся трещины.

Один из очевидцев следующим образом описывает проявление землетрясения на станции Душак:

— «В комнате послышался треск, под ногами заколебался пол, затем последовал резкий толчок, точно тронулся и внезапно остановился поезд. С потолка посыпался известковый набел. Электрический свет сначала погас, потом снова загорелся. Стенные часы остановились. Люди в испуге выбежали из домов. В ожидании повторного землетрясения они спали на улице в течение 2—3 дней».

з) *Станция Теджен* расположена в 217 *км* от Ашхабада. Сила землетрясения, по-видимому, достигала здесь 5 баллов. В водонапорной башне из обожженного кирпича и в некоторых других кирпичных зданиях образовались трещины.

По рассказам очевидцев ощущалось два толчка: первый толчок был слабый, а второй, последовавший через 5—6 мин., — значительно более сильный. Жители проснулись и выбежали на улицу.

2. АШХАБАД — ГЯУРС — АНАУ

(юго-юго-восточное направление, район эпицентра)

а) *Мельница.* В 17 *км* от Ашхабада, в начале ущелья расположена мельница и два жилых дома. Мельница построена из булыжного камня на глиняном растворе. Здание имеет

длину 14 *м* и ширину 4 *м*; один из торцов уширен выступом до 6,5 *м*. Крыша плоская, земляная. Стены мельницы при землетрясении потрескались, торцовая стена заметно отошла от продольной, но обрушений конструкций или выпадения камней не было. Мельница эксплуатировалась без перерыва.

Жилые дома со стенами толщиной 38 *см* из сырцового кирпича покрыты земляной совмещенной крышей. Дома в плане имеют форму прямоугольника размером 6,5×14 *м* с поперечными стенами посередине. Высота стен в этих сырцовых домах от 1,8 до 2,2 *м*. У одного из домов крыша двухскатная, у другого — односкатная. Конструкция крыш представляет образец примитивного использования местных материалов: стропила выполнены из криволинейных стволов кустарника, по которым уложены ветви; по ветвям насыпан грунт, покрытый слоем глиняной смазки. В доме с односкатной крышей стропила уложены на прогоны, опертые на деревянные стойки. Такая конструкция представляет некоторое подобие каркаса, что сказалось положительно на устойчивости здания при землетрясении.

Стены домов дали трещины. В доме с двухскатной крышей северная торцовая стена отделилась от продольных стен и верхняя часть кладки упала. Угол крыши вследствие разрушения кладки стены и выпадения стропил, опертых непосредственно на сырцовую кладку с незначительным запуском концов на стены, обвалился.

Описанные постройки не относятся к типу сейсмостойких, однако они получили только значительные деформации, но не разрушились полностью. Это дает основание считать, что сила землетрясения здесь была не выше 7—8 баллов, несмотря на то, что рассматриваемый пункт расположен между Ашхабадом и Курру-Гауданом, где сила землетрясения достигла максимальной 9-балльной интенсивности. Следовательно, район мельницы представил собою остров с пониженной на 1—1,5 балла интенсивностью проявления землетрясения. Такие явления нередко наблюдаются при землетрясениях и объясняются геологическим строением массива и микрогеологическими свойствами грунтов. В данном случае грунты представлены слоем суглинка в 1,5 *м*, сменяемым мощным слоем галечника.

б) *Поселок Калининск* расположен на речке Кельты-Чинар в 20 *км* от г. Ашхабада. Сила землетрясения в этом районе определяется в пределах 8—9 баллов. Жилые дома, как правило, одноэтажные, сельского типа, 2—3-комнатные, построены из сырцового кирпича, с плоскими крышами из местных материалов. Толщина стен 38 *см*. Из 31 жилого дома и 4 скотных дворов около половины разрушились полностью и превратились в руины, а устоявшая часть пострадала столь существенно, что исключала возможность дальнейшего проживания в них (рис. 184), так как отдельные участки стен выпали, а остальные участки получили угрожающие обвалами трещины. Рис. 185

иллюстрирует характерную картину повреждения и обрушения сырцовых стен. Встречались и такие случаи, когда обрушились только крыши и перекрытия, а стены сохранились.

По рассказам жителей во время землетрясения был слышен гул с юга и ощущались сильные горизонтальные колебания почвы; здания разрушились очень быстро.

в) *Совхоз Курру-Гаудан* расположен в горной местности восточнее пос. Калининска, на расстоянии 25 *км* от г. Ашхабада. В районе совхоза землетрясение проявилось с наибольшей интенсивностью, сопровождавшейся массовым разрушением

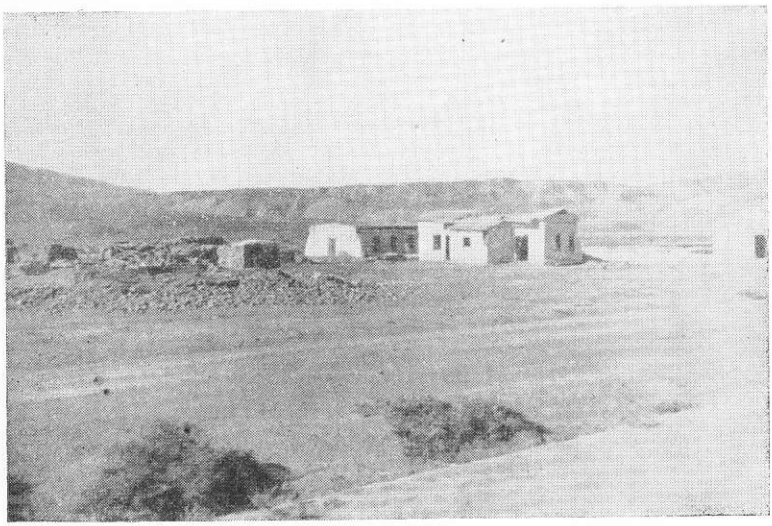


Рис. 184. Поселок Калининск после землетрясения

зданий, значительными нарушениями почвы, повышением уровня грунтовых вод, изменением дебита родниковых источников и появлением грязевых вулканчиков.

В совхозе имелось 16 крупных одноэтажных зданий (в том числе 7 жилых), построенных из кирпича-сырца на фундаментах из обожженного кирпича. Перемычки над проемами железокирпичные, перекрытия деревянные, а кровли железные. Жилые и конторские помещения имели развитую сеть внутренних поперечных и продольных стен. Жилые дома состояли из шести 2-комнатных квартир с кухнями. Стены толщиной 51 *см* были выложены без антисейсмических мероприятий. Грунты основания зданий — пылевидные супеси; уровень грунтовых вод на глубине 4—5 *м*.

Четырнадцать из названных объектов подверглись полному разрушению: стены обрушились до самого фундамента, обратившись в груды кирпичей и кирпичного боя. Крыши и пере-

крытия упали на развалины стен. Значительных горизонтальных смещений упавших крыш не наблюдалось и выраженного доминирующего направления падения стен в разрушенных зданиях также не было замечено. Эти факты свидетельствуют о том, что разрушение объектов, отличавшихся наименьшей сейсмостойкостью, было мгновенным и произошло полностью от вертикального удара прежде, чем последовали возможные горизонтальные колебания, или, во всяком случае, падение стен и крыш этих объектов наметилось вертикальным ударом столь определенно, что последующие горизонтальные колебания уже

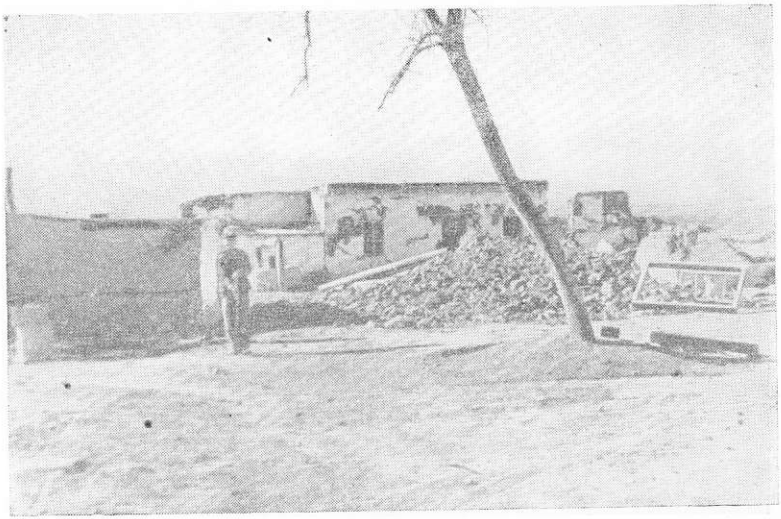


Рис. 185. Повреждения сырцового дома в поселке Калининске

не оказали влияния. Характерная картина разрушений большинства зданий в Курру-Гаудане представлена на рис. 186. Справа, по оставшейся части трубы, видно, что крыша сколько-нибудь существенных горизонтальных смещений не получила.

Иной характер разрушений можно наблюдать на здании бани, выразившийся в горизонтальном смещении крыши на две трети длины здания в направлении с юго-востока на северо-запад (рис. 187). Стены бани толщиной в 51 *см* были выложены из обожженного кирпича на известковом растворе и оштукатурены. Перекрытие деревянное, кровля железная, потолок подшит досками. Высота помещений от пола до потолка 2,8 *м*. В плане здание представляет собой прямоугольник размером 7×17 *м* с хорошо развитой сетью внутренних стен. Южная продольная и обе торцовые стены сильно повреждены. Карнизы и парапеты попадали, но в общем эти три стены устояли и перекрытие не обрушилось. Северная продольная стена постра-

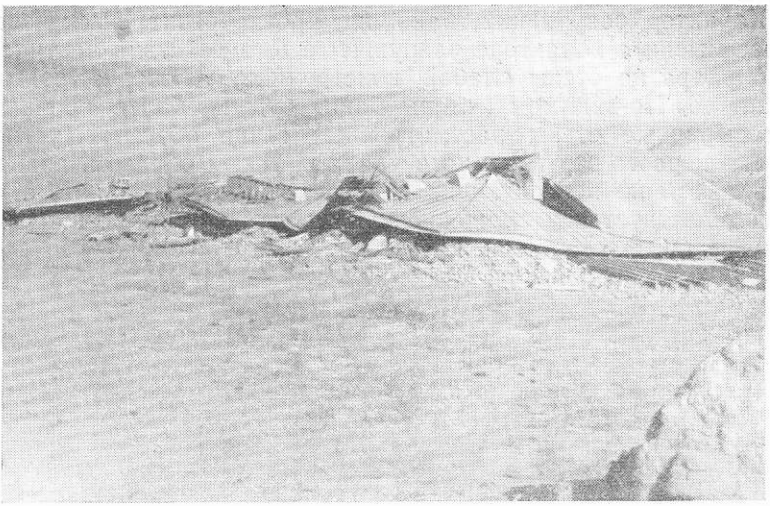


Рис. 186. Здесь были сырцовые дома совхоза «Курру-Гаудан»

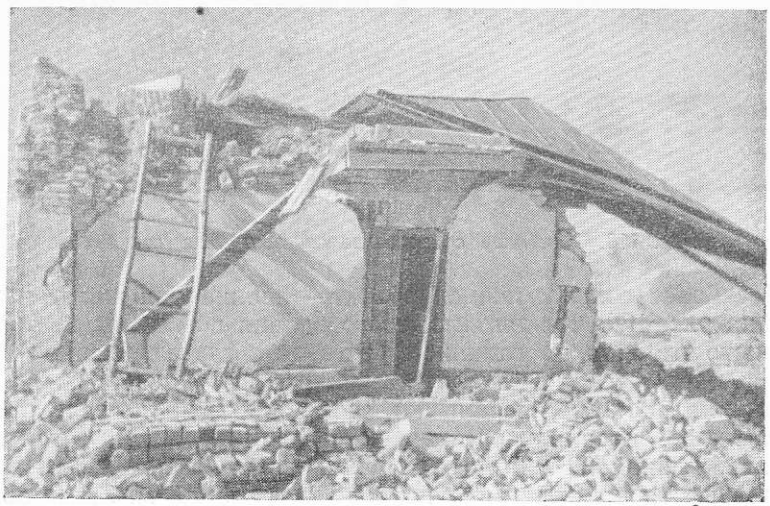


Рис. 187. Смещение крыши бани

дала еще в большей мере — в ней произошло выпадение отдельных участков. Смещенная крыша повисла на разрушенной стене.

Характер разрушения бани не противоречит высказанной ранее мысли о характере разрушительного действия вертикального удара на стены слабой конструкции, а скорее подтверждает ее. По-видимому, стены бани, будучи более прочными, чем сырцовые стены рассмотренных выше объектов, устояли против первого вертикального удара и, таким образом, подверглись действию последующих горизонтальных колебаний, о чем свидетельствует как смещение крыши, так и направление падения верхних частей стен.

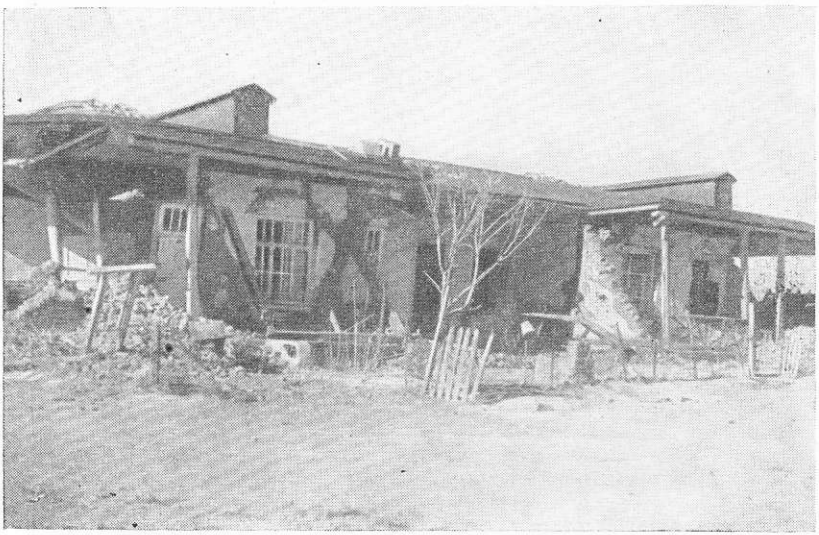


Рис. 188. Наиболее сохранившаяся постройка совхоза

Наиболее сохранившийся объект — здание больницы, показан на рис. 188. Фундаменты этого здания возведены из обожженного кирпича на глиняном растворе с глубиной заложения 0,5 *м*. Стены толщиной 51 *см* выложены из кирпича-сырца на глиняном растворе, перемычки железокирпичные, перекрытие деревянное, кровля железная по обрешетке. Прямоугольное здание, длиной 26 *м*, имеет хорошо развитую сеть внутренних стен. Высота помещений от пола до потолка 2,8 *м*. Здесь обрушились торцовые стены и отдельные участки продольной восточной стены. Большая часть внутренних и наружных стен устояла, что предотвратило крышу и перекрытие от падения.

Представляют интерес повреждения цилиндрического резервуара для воды, расположенного на возвышенности. Над-

земная часть резервуара сложена из обожженного кирпича на известковом растворе. Диаметр резервуара — 4 *м*, высота заглубленной части — 6,5 *м*, надземной части — 2,3 *м*. Повреждение надземной части характеризуется значительными трещинами в кирпичной кладке и сбросом части глиняной смазки кровли (рис. 189). Стены подземной части получили трещины меньших размеров. Резервуар может быть восстановлен.

Последним из не разрушенных полностью зданий может быть отмечен небольшой склад со стенами из сырцового кирпича, прямоугольной формы в плане. Стены склада получили значительные деформации, но обрушенных конструкций нет.

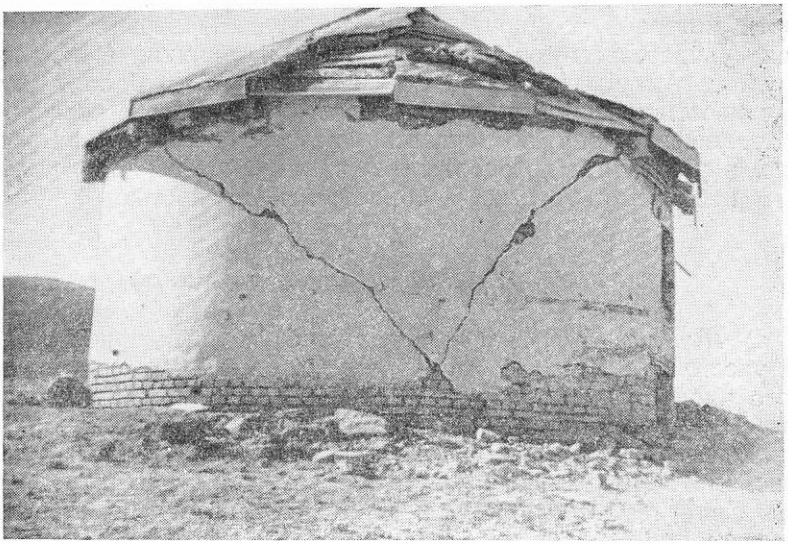


Рис. 189. Кирпичный резервуар

Территория Курру-Гаудана попадает в полосу эпицентральной зоны. Приведенное выше описание разрушения зданий с наличием 4 устоявших несейсмостойких объектов не дает оснований утверждать, что в совхозе землетрясение проявилось с силой более 9 баллов. Горизонтальные сейсмические удары были направлены с юго-востока на северо-запад.

г) *Селение Гяурс* расположено у склонов Копет-Дага на 5—6 *км* севернее совхоза Курру-Гаудан и на 4 *км* южнее железнодорожной станции Гяурс. Землетрясение проявилось силою в 8 баллов. Постройки в селении сырцовые, одноэтажные, с толщиной стен 38 *см*. Крыши земляные плоские. Грунты — галечник с включениями булыжника и примесью песка и суглинков. Здесь разрушено несколько построек, у которых целиком или частично произошел обвал стен и крыш. Стены сохра-

нившихся зданий имеют значительные трещины и даже разрушения небольших участков. Замечено, что стены глинобитные и саманные сырой укладки оказались более устойчивыми в сравнении со стенами из сырцового кирпича, что может быть объяснено их бо́льшей монолитностью.

д) *Аул Анау* расположен юго-восточнее Ашхабада, на расстоянии 8 *км*. Даже небольшие жилые дома в ауле со стенами из сырцового кирпича подверглись сильному разрушению. На 4 *км* севернее аула, в поле была расположена старинная мечеть Анау, построенная 500 лет тому назад. Мечеть возведена из обожженного кирпича на ганчевом растворе. Кирпич употреблялся квадратный, размером $25 \times 25 \times 5$ *см*. Стены были почти метровой толщины. Проемы были перекрыты арками. Как свидетельствуют литературные источники, в прошлом в районе Анау были землетрясения силою 7—8 баллов, которым мечеть успешно противостояла, но в результате последнего землетрясения она подверглась катастрофическому разрушению, в результате которого перекрытия и стены (за исключением небольших участков) обрушились полностью.

3. АШХАБАД—ШАБЛИ (южное направление)

а) *Поселок Первомайск* расположен в предгорной полосе, на расстоянии 13 *км* от Ашхабада. Поселок состоит из небольшого числа жилых домов и построек хозяйственного назначения с сырцовыми или с саманными стенами. Все постройки, за исключением двух, получили лишь незначительные трещины (рис. 190). Их ремонт ограничился затиркой трещин и побелкой. Сила землетрясения в Первомайске на неблагоприятных участках превышала 7 баллов.

К числу пострадавших объектов относится жилой дом из кирпича-сырца с толщиной стен 38 *см*. Дом этот имел грунтовую двухскатную крышу. Часть западной стены и южного торца разрушены и крыша на этом участке обвалилась.

Другим разрушенным объектом была школа, построенная в 1927 г. из кирпича-сырца. Стены толщиной 51 *см*, поддерживавшие земляную крышу, получили сильные повреждения, имело место выпадение углов и обрушение части перекрытия (рис. 191). Особенно сильно пострадала южная продольная стена.

Микрогеологические и гидрогеологические условия местности характеризуются следующими данными: верхний слой грунтов представлен лессовидными суглинками толщиной на разных участках от 1 до 10 *м*, сменяемых мощной толщей галечных образований. Глубина залегания грунтовых вод до 60 *м*. В юго-западном направлении мощность пласта лессовидных суглинков значительно увеличивается, а глубина залегания грунтовых вод уменьшается до 10—15 *м*.

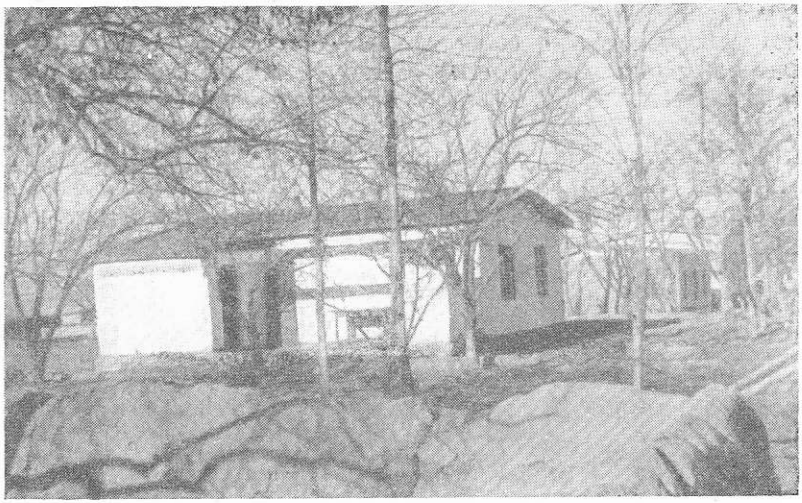


Рис. 190. Сохранившиеся домики из сырцового кирпича в поселке Первомайск

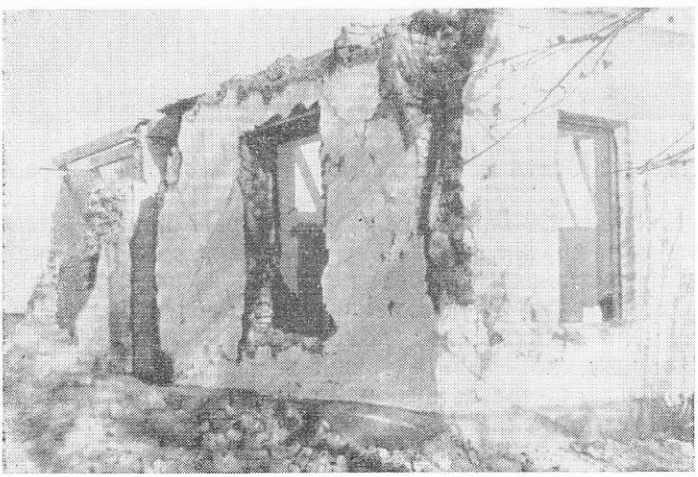


Рис. 191. Разрушение здания школы из сырцового кирпича в поселке Первомайск

б) *Поселок Карагач* расположен в горах, на расстоянии 25 *км* от Ашхабада. Сила землетрясения в этом пункте определялась в пределах 7—8 баллов. Несмотря на то, что Карагач территориально попадает в полосу эпицентральной зоны, сила землетрясения в нем была сильно ослаблена геологическими факторами (скальный грунт). В этом пункте было около десяти построек жилого и хозяйственного назначения. Жилые постройки, возведенные из кирпича-сырца, были покрыты земляными крышами. Там же имеются старые дома, стены которых выложены из камня. Кладка стен не отличалась тщательностью перевязки швов, тем не менее не все дома разрушены

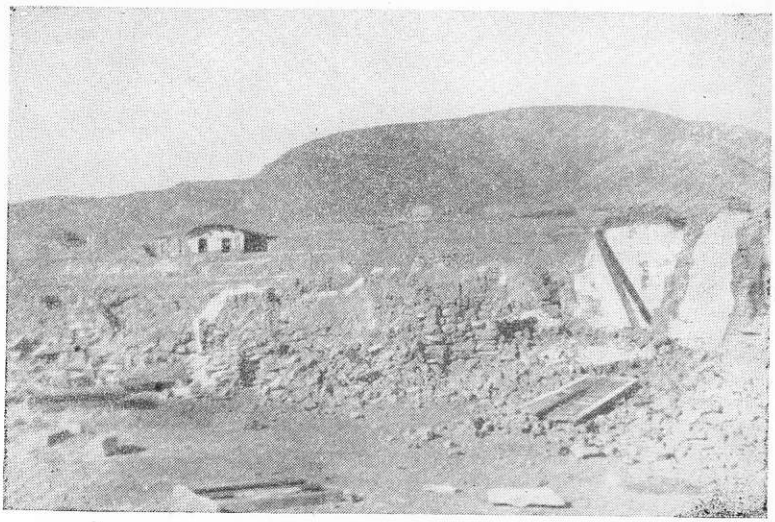


Рис. 192. Общий вид разрушений в населенном пункте Карагач

(рис. 192). Если в одних домах разрушены стены и упали перекрытия, то в других домах повреждения выразились трещинами в углах, частичном отслоении глиняной штукатурки стен и разрыхлением саманной смазки крыш. Было отмечено, что сырцовые стены заброшенных домов без крыш подверглись бо́льшим повреждениям (шире трещины и значительнее обрушение кладки), чем стены домов, занятых под жилье. Объяснение этому следует искать не только в том, что не защищенные крышей стены пришли в большую ветхость от размывания дождем и выветривания, но, вероятно, и в положительной роли крыши, повышающей устойчивость стен (как диафрагма жесткости).

Стены жилого дома, расположенного отдельно на дне ущелья, возведены из местного «дикого» камня разного размера и неправильной формы на глиняном растворе. Стены оштука-

турены также глиняным раствором. Кладка стен дома выполнена без соблюдения перевязки швов, что по существу привело к образованию двухслойности стен. Внешний слой на отдельных участках стен отделился и обрушился. Стены имели также и вертикальные трещины, однако в характере разрушения этого объекта преобладало именно расслоение кладки стен (рис. 193). Труба, сложенная из кирпича-сырца, уцелела. Плоская земляная крыша также сохранилась.

Большой коровник и примыкающий к нему сарай, расположенные вблизи этого жилого дома, сохранились в удовлетворительном состоянии. Для характеристики землетрясения следует указать, что на дно ущелья во время землетрясения скатилось с гор несколько крупных обломков скал, но вреда они на своем пути не причинили.

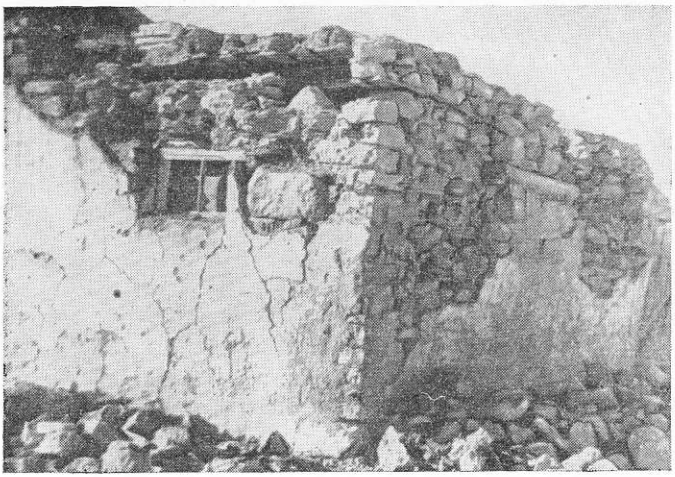


Рис. 193. Расслоение кладки из естественного камня

в) *Поселок Маныш* расположен в 35 *км* от Ашхабада, в гористой местности. Интенсивность землетрясения в этом пункте оценивается не ниже 8 баллов. Все здания были построены из сырцового кирпича и были покрыты плоскими крышами. Из двух десятков жилых домов устоял только один, остальные полностью разрушились.

Сравнительно крупным объектом высотой 4 *м* было здание школы, построенное из кирпича-сырца. Наружные стены были толщиной 51 *см*, внутренние — 38 *см*; крыша — плоская, грунтовая. Здание имело угловое решение. По наружным стенам, на уровне оконных перемычек, имелись антисейсмические пояса из двух бревен с доской между ними, служащие одновременно и оконными перемычками. В результате землетрясения отдельные участки стен полностью обрушились, а устоявшие стены

подверглись непоправимым деформациям. Крыша в большей части обрушилась (рис. 194).

г) *Селение Шабли* расположено в горах и удалено от Ашхабада на 50 *км*. Сила землетрясения в районе Шабли определяется в 8 баллов. Несколько имеющихся здесь объектов жилого и хозяйственного назначения построены из кирпича-сырца. Все постройки небольшие, одноэтажные. Около 50% этих зданий разрушены. Повреждение устоявших зданий характеризуется тре-

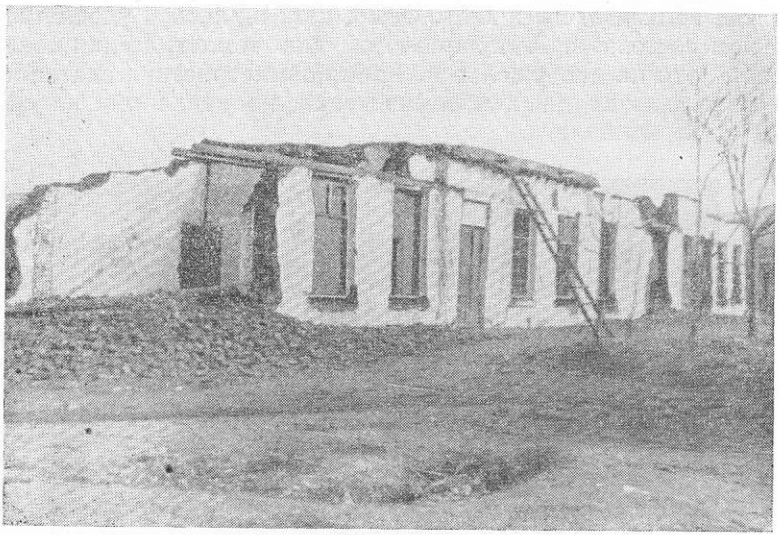


Рис. 194. Здание школы в поселке Маныш из сырцового кирпича

щинами в стнах, падением труб и обрушением штукатурки. Эта группа зданий к моменту обследования была уже отремонтирована и находилась в эксплуатации.

На расстоянии 3 *км* от селения, в цепи гор образовался тектонический надвиг, простиравшийся по длине на 12—15 *км*. На крутых склонах произошли многочисленные обвалы скал и скатывание камней, сопровождавшиеся, по рассказам очевидцев, сильным шумом и обильным каскадом искр от ударов падающих камней друг об друга.

4. АШХАБАД — ГАУДАН
(юго-юго-западное направление)

а) *Поселок Яблоновка* расположен южнее Ашхабада, на расстоянии 16 *км* от города, в ущелье предгорья. Силу землетрясения можно оценить в 6 баллов. В поселке насчитывается около 20 одноэтажных домов из кирпича-сырца и самана с плоскими крышами.

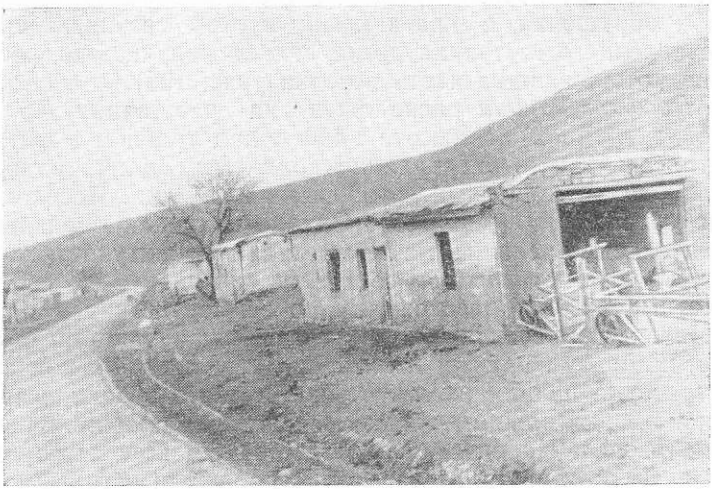


Рис. 195. Саманные домики в поселке Яблоновка после землетрясения

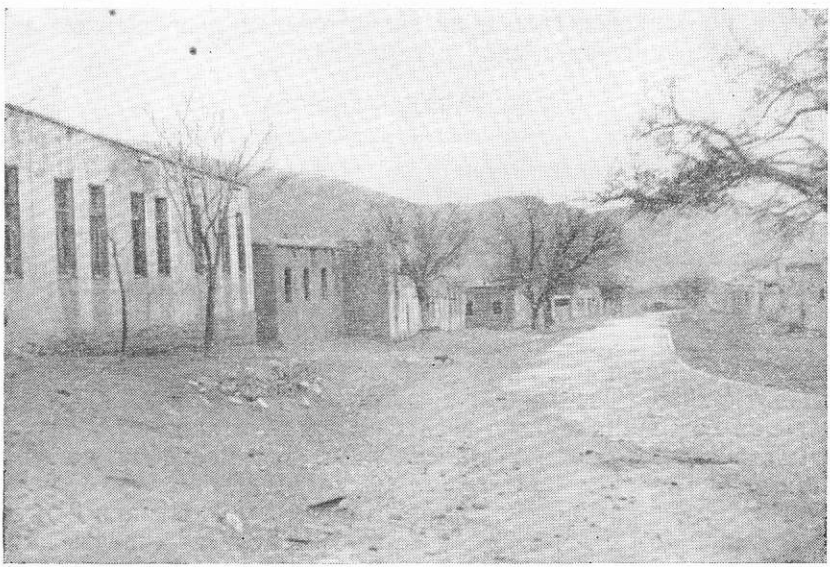


Рис. 196. Сохранившиеся жилые домики из сырцового кирпича в поселке Гаудан

Особенно сильных повреждений зданий не произошло. Отмечены лишь неопасные трещины, частичное осыпание штукатурки и обрушения с краев крыш кусков саманной смазки. Представление о состоянии домов можно получить по фотографии, на которой видна часть поселка (рис. 195).

б) *Поселок Гаудан* расположен на расстоянии 45 *км* от Ашхабада, в горах, на высоте 1 600 *м* над уровнем моря. Сила землетрясение здесь определялась баллами. Здания одноэтажные сырцовые с плоскими грунтовыми крышами. Поселок полностью сохранился (рис. 196). Однако в стенах образовались незначительные трещины, местами отвалилась штукатурка и обвалилась глиняная смазка со свесов крыш.

Местные жители рассказывают о землетрясении в Гаудане следующее: «Мы слышали странные звуки, идущие со стороны Ирана, но сразу не могли понять, что это такое. За полчаса до землетрясения начали реветь коровы и лаять собаки, выражая беспокойство, которое мы отнесли за счет приближения к поселку хищных зверей. Но спустя некоторое время коровы сорвались с привязей, выскочили из загонов и побежали в горы, чего до этого с ними никогда не случалось».

Дальше по четвертому маршруту до самой границы с Ираном сила землетрясения не превышала 7 баллов. Таким образом, в секторе этого маршрута проявление землетрясения оказалось наименее сильным, находящимся в пределах 6—7 баллов, и не сопровождалось ни значительным разрушением зданий, ни нарушением земной поверхности.

5. АШХАБАД — ФИРЮЗА
(юго-западное направление

а) *Водоочистная станция,* на которой происходит очистка воды для водоснабжения г. Ашхабада, расположена на расстоянии 2,5 *км* от города. Интенсивность проявления землетрясения в этом пункте определяется в пределах 8—9 баллов. Небольшое одноэтажное здание хлораторной, построенное из обожженного кирпича на известковом растворе, полностью разрушилось, но деревянные резервуары и металлический бак сохранились. Здание фильтра, каркасное, с кирпичным заполнением, покрытое деревянной крышей, оказалось в удовлетворительном состоянии и было введено в эксплуатацию сразу после землетрясения. Оно нуждалось лишь в ремонте штукатурки стен.

На территории водоочистной станции имеется один 2-этажный жилой дом с деревянным каркасом. Если не считать падения труб и нескольких печей, дом успешно противостоял землетрясению и может быть восстановлен без значительных затрат (рис. 197).

б) *Селение Ямбаш* (колхоз им. Ленина) находится на расстоянии 12 *км* от Ашхабада. Интенсивность землетрясения в

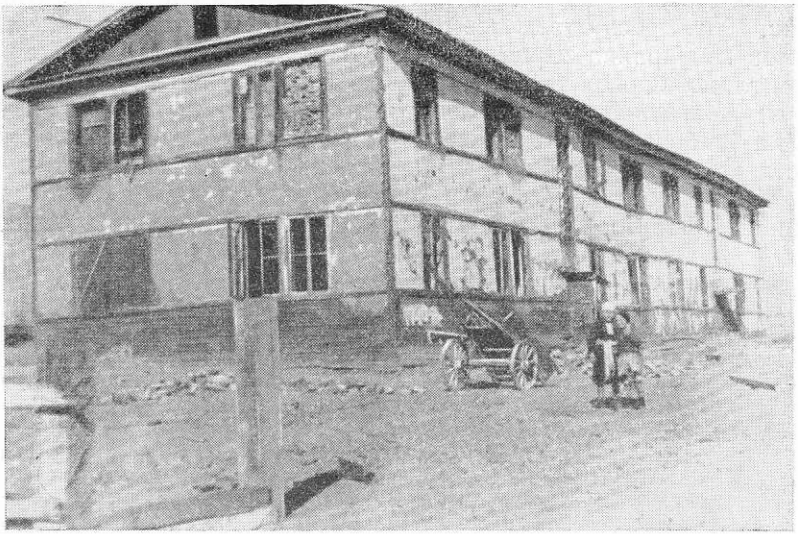


Рис. 197. Хорошо сохранившийся 2-этажный деревянный каркасный дом ашхабадского горводопровода

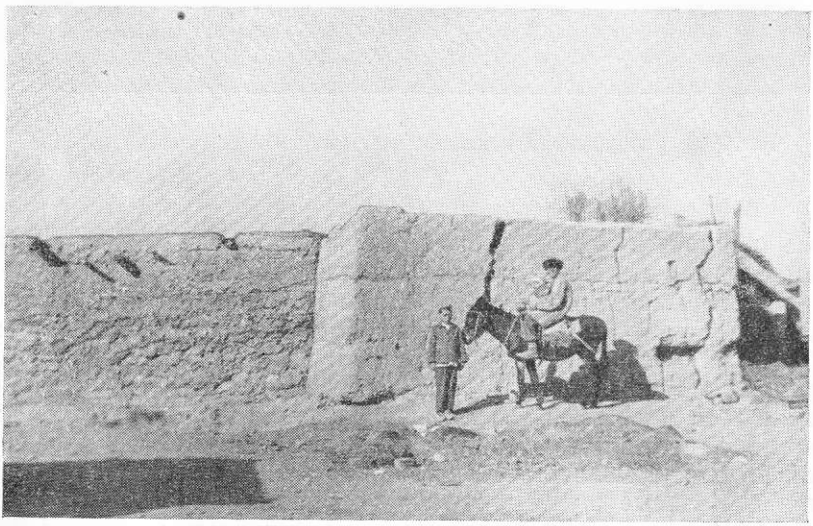


Рис. 198. Сохранившиеся глинобитные дувалы и домик в селении Ямбаш

этом пункте оценивается в 6—7 баллов. Постройки в селении — местного типа из кирпича-сырца, самана и глинобитные (рис. 198). Здесь оказались лишь отдельные случаи разрушения домов из кирпича-сырца, а в основном здания (главным образом, глинобитные) устояли, получив лишь трещины в стенах.

в) *Конезавод № 69* находится на расстоянии 0,5 *км* от поселка Ямбаш и расположен на плато в непосредственной близости от цепи гор, идущих в направлении с запада на восток.

Жилые дома и конюшни построены из кирпича-сырца на глиняном растворе. В стенах жилых домов образовались неопас-

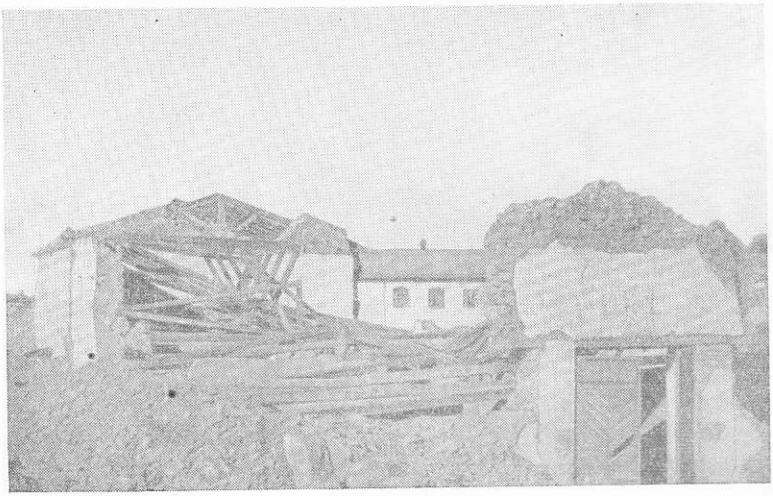


Рис. 199. Разрушенная конюшня из сырцового кирпича на конезаводе № 69

ные трещины и местами осыпалась штукатурка. Других следов землетрясения в этих домах не оказалось.

По периметру обширного прямоугольного двора расположены четыре конюшни, имеющие длину от 50 до 70 *м* и ширину 11—12 *м*. Конюшня, расположенная с южной стороны двора, оказалась разрушенной. Длина этого здания 54 *м*, а высота — около 6 *м*. Фундаменты конюшни сложены из постелистого известняка, стены — из сырца толщиной 64 *см*. Кровля черепичная по деревянным стропильным фермам. В правой части здания продольные стены и крыша обрушились полностью, часть же торцовой стены сохранила вертикальное положение (рис. 199). В левой части здания рухнула часть продольной южной стены и торцовая стена.

Конюшни, расположенные с западной и восточной стороны двора, имеющие железную кровлю и стены, выполненные из

сырцового кирпича, сохранились в достаточно хорошем состоянии (если не считать трещин в стенах и обсыпания штукатурки) и пригодны для эксплуатации (рис. 200). Арка над проемом в брандмауэрной стене пролетом около 3 *м* устояла, а повреждения были ограничены трещинами. Это следует отметить, учитывая, что ранее утвердившееся мнение об арочных перемычках как о весьма неустойчивых не подтверждается результатами обследования последствий Ашхабадского землетрясения.

На северной стороне двора расположено здание конюшни значительной длины с сырцовыми стенами и с разобранной кры-

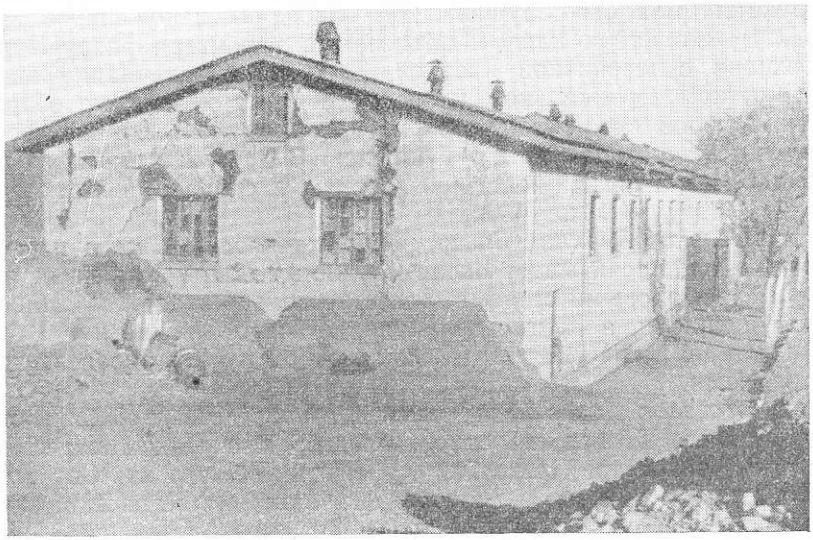


Рис. 200. Хорошо сохранившаяся конюшня из сырцового кирпича

шей. Повреждения этой конюшни так же, как и в предыдущих двух объектах, незначительны.

Интенсивность землетрясения на территории конезавода, судя по характеру повреждения зданий, является невысокой, и должна быть отнесена к 7 баллам. Однако по свидетельству местных жителей землетрясение сопровождалось поразительными внешними явлениями: «С оглушительным грохотом с гор летели камни, из-под которых сверкали искры. Через несколько минут все вокруг окуталось непроглядной пылью». «Из кяризов глубиной в 15 *м* вода выступила через верх». «Из полного ведра, стоявшего на подоконнике, выплеснулась почти вся вода, но ведро с подоконника не упало». «Граммофонные пластинки, лежавшие на столе, не упали на пол, а разбились на месте и остались на столе».

Два последних сообщения свидетельствуют о том, что вертикальный удар здесь был преобладающим. Это подтверждается и тем, что крыша разрушенной конюшни упала вертикально, не получив горизонтального смещения. Не менее убедительным доводом в пользу утверждения о значительном преобладании в данном пункте вертикального удара над горизонтальными колебаниями является и то, что устояла часть высокой торцовой стены конюшни, возвышающаяся над воротами и имеющая незначительную площадь опоры. Горизонтальная устойчивость этой массы кирпичной кладки, свободно опертой на столбы, совершенно ничтожна и вполне очевидно, что при более или менее значительных горизонтальных колебаниях такая конструкция была бы обрушена. На основании изложенного вывода можно найти ключ к объяснению характера разрушения конюшни с черепичной кровлей. Тяжелая черепичная кровля при резком вертикальном ударе расстроила непрочные сопряжения узлов стропильных ферм, появился сильный горизонтальный распор, и стены обрушились. В других конюшнях, покрытых более легкой железной кровлей, распора не возникло и стены разрушены не были.

г) *Селение Верхний Багир,* расположенное на 2 *км* западнее конезавода, насчитывает около 15 жилых и хозяйственных построек с сырцовыми стенами. Здесь несколько зданий оказались разрушенными, а другие получили легкие повреждения.

Сила землетрясения в этом населенном пункте определяется 7 баллами.

д) *Поселок Багир* расположен в непосредственной близости от Верхнего Багира, на склоне предгорья, с резким падением рельефа на север. Постройки в Багире местного типа из кирпича-сырца, саманные и глинобитные. Здесь землетрясение проявилось с большой разрушающей силой, превосходящей 8 баллов. Большинство зданий разрушилось полностью, остальные подверглись катастрофическим повреждениям. Такое резкое изменение интенсивности землетрясения обусловлено микрогеологическими условиями местности. В районе Верхнего Багира грунты представлены обломочными образованиями с глинистым заполнением и с глубоким стоянием грунтовых вод, тогда как в Багире грунты глинистые, сильно увлажненные поливными водами. Далее от Багира до самой Фирюзы не оказалось как разрушенных зданий, так и значительных нарушений земной поверхности. В ущельях гор можно встретить лишь сползшие рыхлые породы и следы обвалов небольших каменных глыб.

е) *Селение Фирюза,* находящееся на расстоянии 50 *км* от Ашхабада, расположено на дне ущелья, в долине реки Фирюзинки, и представляет собой одно из самых живописных мест во всей Туркмении, удивляющее взор и причудливыми формами окружающих гор и необыкновенно богатой растительностью. Здесь интенсивность землетрясения оценивается в 6—7 баллов.

Стены различных по назначению и размерам одноэтажных построек выполнены из кирпича-сырца. Обследованы не только небольшие сельские жилые дома, но и дома отдыха и санатории

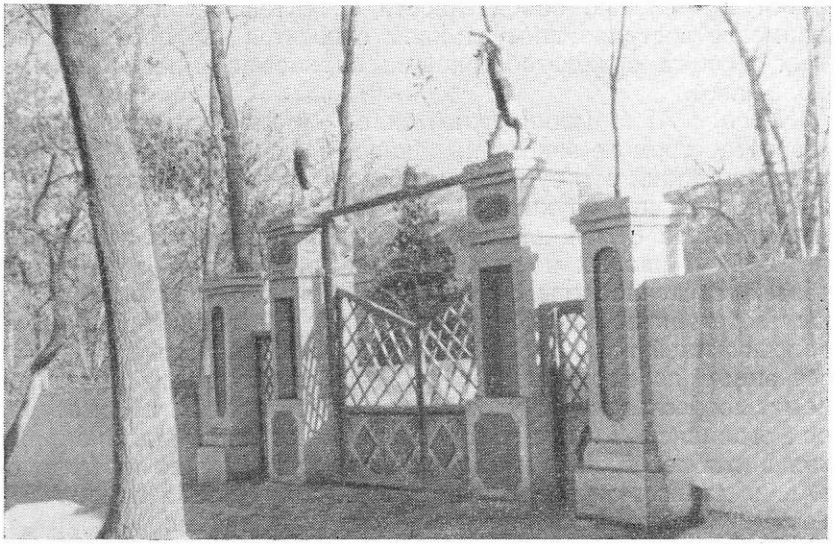


Рис. 201. Забор из сырцового кирпича в Фирюзе при 6-балльном землетрясении хорошо сохранился

европейского типа. Большинство труб в этих домах упало, в стенах имеются небольшие трещины и местами осыпалась штукатурка. Одна из скульптур у входа в дом отдыха оказалась срезанной на уровне пояса, тогда как ограда и сырцовые столбы ворот не повреждены (рис. 201).

6. АШХАБАД — ГЕОК — ТЕПЕ
(северо-западное направление)

а) *Станция Безмеин* находится на расстоянии 22 *км* от Ашхабада.

Строительство цементного завода в Безмеине начато в 1938 г. Проектирование основных объектов велось с расчетом на землетрясение в 8 баллов. Два производственных корпуса завода выполнены с железобетонным каркасом. Здания механической мастерской, пожарного депо заводоуправления, гаража, временной дизельной, паровозного депо и других подсобно-вспомогательных объектов — кирпичные, бескаркасные. Строительство завода не было закончено. Грунты на его территории представлены в верхнем слое суглинками, которые на глубине 3—3,5 *м* сменяются галечником.

Характер и степень повреждения объектов завода весьма разнообразны и зависят от целого ряда причин, начиная от степени осуществления антисейсмических мероприятий и кончая качеством строительных материалов, качеством производства работ и степенью законченности объектов строительством. К наименее пострадавшим зданиям относятся два производственных корпуса с железобетонными каркасами и кирпичным заполнением.

Корпус № 1, (клинкерный склад и цементные мельницы) строительством не закончен, однако, в данном случае на устойчивости зданий это существенно сказываться не могло, так как все несущие конструкции были уже возведены полностью. Корпус шириной 8 *м* и длиною более 100 *м* является комплексом нескольких разных по высоте и по конструктивному решению частей. Восточное крыло здания высотою около 14 *м* состоит из железобетонных рам (без заполнения) с этернитовой кровлей, покрывающей только один скат крыши. Некоторые стойки рам, связанные по низу поперечными железобетонными перегородками, потрескались на уровне верха перегородок, и арматура в них оголилась. Это говорит о том, что максимальные напряжения в стойках возникли на уровне верхних граней перегородок, т. е. в данном случае максимальные напряжения появились в местах резкого изменения жесткости конструкции.

Так же конструктивно решена и центральная часть, имеющая высоту 20 *м*. Далее следуют незаконченные бетонированием железобетонные бункера, а за ними возвышается двухъярусное, квадратное в плане, помещение высотою около 10 *м*. Корпус заканчивается одноэтажной каркасной пристройкой, к которой примыкает бескаркасное кирпичное здание. Помольный цех (железобетонный каркас с кирпичным заполнением) существенных повреждений не получил (рис. 202).

В этом комплексе заслуживает внимания неудачное решение вертикального шва. В железобетонном каркасе с кирпичным заполнением на участке перепада высоты здания устроены вкладыши по железобетонным консолям (рис. 203). Эти вкладыши связаны с образованием не только осадочного, но и антисейсмического шва. Заметным повреждениям подвергся участок с вкладышами. Бетон консолей и ригелей в местах опирания разрушен, а арматура оголена. Образование антисейсмических швов в здании при помощи таких вкладышей должно считаться недопустимым, так как обычно именно в этом месте начинается разрушение здания, которое может служить непосредственной причиной катастрофических разрушений всего здания, что и наблюдалось на ряде объектов в г. Ашхабаде.

Кирпичное заполнение железобетонного каркаса при значительных расстояниях между стойками необходимо армировать, иначе упущение этого приводит к расстройству кладки заполнения и к выпадению отдельных участков стен, что можно было

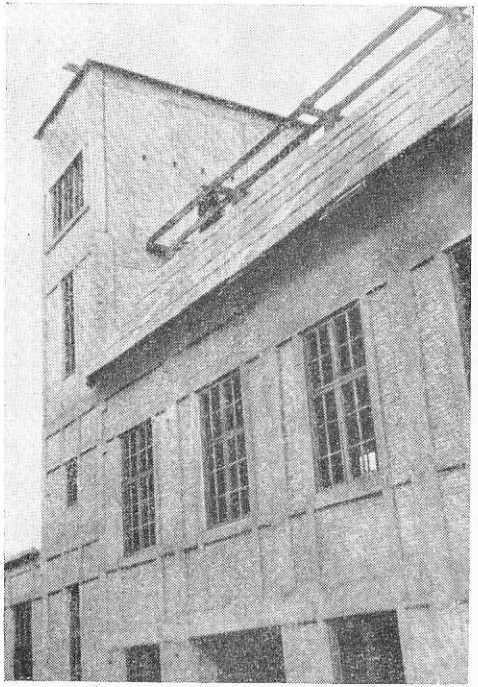


Рис. 202. Помольный цех Безмеинского цементного завода существенных повреждений не имеет

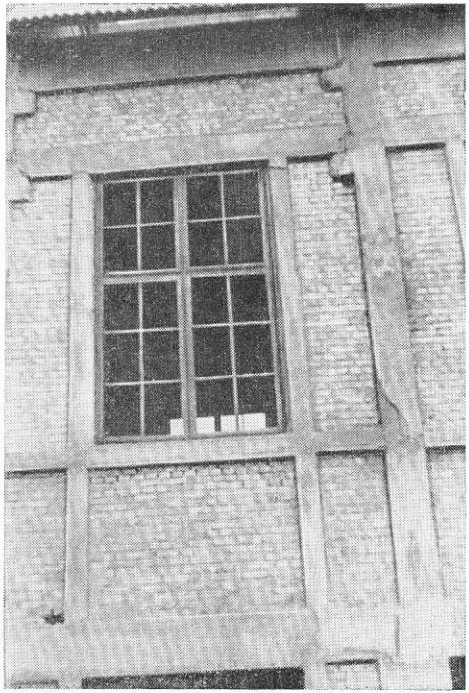


Рис. 203. Фрагмент фасада помольного цеха и деталь железобетонного вкладыша

видеть и на этом объекте. В западной части корпуса, несмотря на незначительную высоту, оказались большие повреждения. Там в каркасе здания вертикальные железобетонные элементы, обладающие незначительной жесткостью, изогнулись и кирпичная кладка заполнения сильно потрескалась. В бескаркасной части образовались большие трещины в кладке стен (рис. 204), а торцовая стена, отделившись от продольных, сильно накренилась.

Корпус № 2 не закончен строительством и решен тоже в железобетонном каркасе с кирпичным заполнением. Серьезных повреждений в здании нет. Однако местами отмечается выпа-

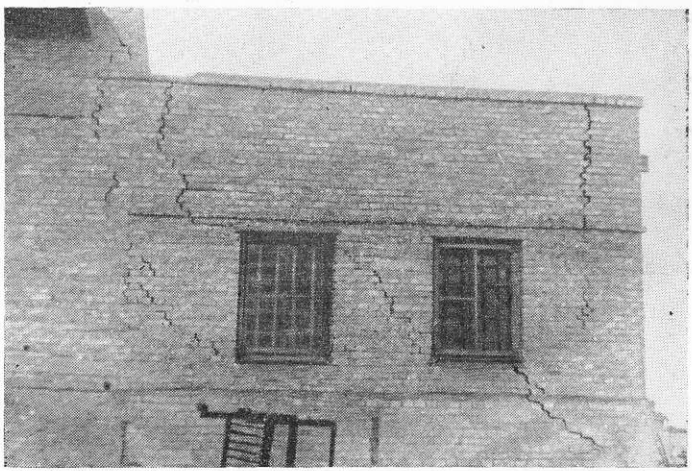


Рис. 204. Трещины в кирпичной кладке бескаркасного корпуса

дение кирпичной кладки заполнения и расстройство связи между заполнением и каркасом. Стойки ненагруженного железобетонного каркаса в верхней части здания, не заполненного кирпичной кладкой, получили значительные деформации на уровне железобетонных плит перекрытия. Бетон по периметру стоек выкрошился, а арматура оголилась и изогнулась.

Здание временной дизельной, построенное из обожженного кирпича без антисейсмических мероприятий оказалось наиболее пострадавшим объектом. Высота стен этого, почти квадратного в плане, здания равна 8 *м*. Трещины в углах здания угрожали обрушением стен. Торцовые стены вышли из вертикальной плоскости, оторвавшись от продольных. Эти стены были временно укреплены подпорками и в таком виде здание продолжали эксплуатировать (рис. 205).

Здание гаража одноэтажное кирпичное, построено так же без антисейсмических мероприятий, но, при меньшей высоте

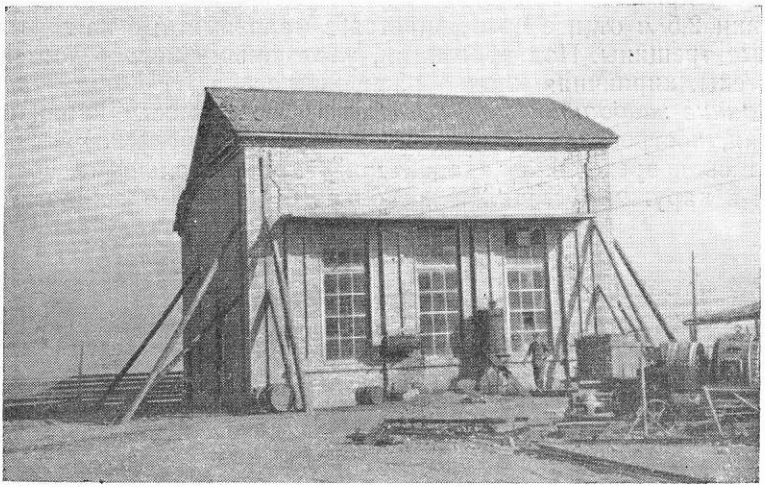


Рис. 205. Кирпичная дизельная электростанция после землетрясения

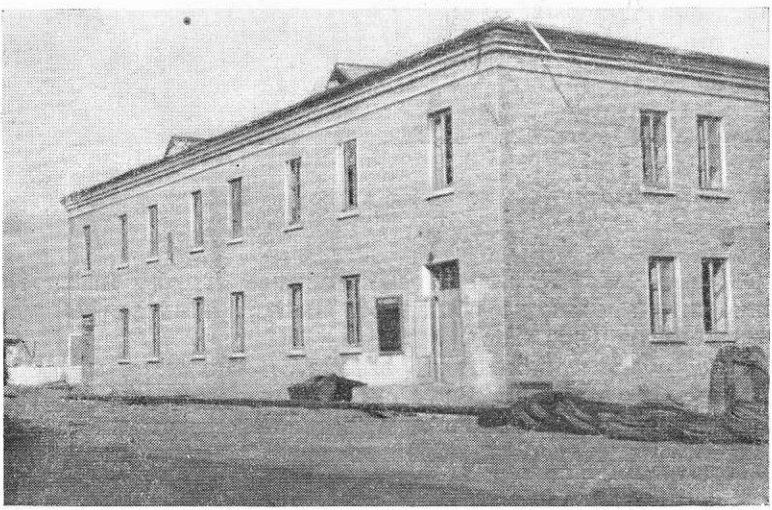


Рис. 206. Сравнительно хорошо сохранившееся здание заводоуправления

стен, пострадало в значительно меньшей мере. В углах здания имеются вертикальные трещины. Раскрытие трещины в одном случае у крыши достигает 3—4 *см* и, уменьшаясь книзу, на расстоянии 2,5 *м* от нее превращается в малозаметные на глаз волосные трещины. Под прогонами, уложенными непосредственно на стены, кирпичная кладка раскрошилась.

Здание заводоуправления и другие бескаркасные кирпичные здания, построенные без антисейсмических мероприятий, подверглись повреждениям, характеризуемым небольшими трещинами в наружных стенах и несколько большими трещинами во



Рис. 207. Сырцовые жилые дома в поселке Безмеин после землетрясения

внутренних стенах. Наблюдалось обрушение труб и местное отслоение штукатурки, но общая сохранность этих зданий удовлетворительная (рис. 206).

Жилой поселок цементного завода, расположенный поблизости, еще более контрастен: одни здания почти совершенно не повреждены в то время, как другие оказались катастрофически разрушенными. К первой группе относятся: баня, построенная из обожженного кирпича на сложном растворе с земляной крышей, дом ИТР со стенами из местного камня «гюша» и земляной крышей и столовая с деревянным каркасом. В этих объектах следы землетрясения обнаруживаются по небольшим трещинам в стенах и по нарушению кладки карнизов. Местами отстала штукатурка. Другая группа зданий, к которой относятся семь одноэтажных жилых домов, магазин и детский сад, была

построена из кирпича-сырца с земляной крышей. Повреждения этих зданий характеризуются обрушением несвязанных с перекрытием торцовых стен, разрывом всех углов зданий, отрывом наружных стен от внутренних, вертикальными трещинами с разрывом кирпича и другими повреждениями, т. е. эта группа зданий пострадала настолько, что восстановление их оказалось нецелесообразным.

Пристанционный поселок представляет такую же картину. Некоторые сырцовые жилые дома подверглись катастрофическим повреждениям, но у большинства из них повреждения носят легкий характер, например, обрушение труб, парапетов,

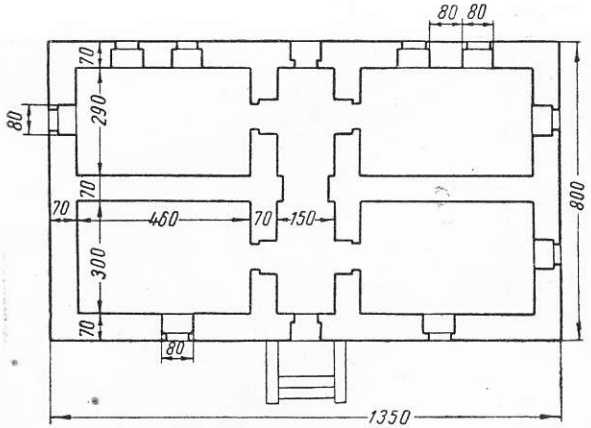


Рис. 208. План вокзала на ст. Геок-Тепе

карнизов и карнизных участков стен, трещины в стенах и осыпание штукатурки (рис. 207). Разная степень разрушения сырцовых зданий объясняется различием их планировочного решения и габаритов.

Следует отметить, что район Безмеина характеризуется резкой неравномерностью интенсивности с диапазоном от 6 до 8 баллов, обусловленной разнородностью геологического строения грунтов. На территории цементного завода и заводского жилого поселка сила землетрясения близка к 8 баллам. В то же время железнодорожная станция и пристанционный поселок находятся в зоне 7 баллов, так как грунты этих участков представлены мощными галечными отложениями с глубоким залеганием грунтовых вод.

б) *Геок-Тепе.* Следующим пунктом этого направления является железнодорожная станция и поселок Геок-Тепе, расположенные от Ашхабада на расстоянии 60 *км.*

Здание вокзала одноэтажное, имело размеры в плане 8×13,5 *м* (рис. 208), а высоту от пола до потолка — 3,5 *м.* Оно было построено из местного «дикого» камня, причем кладка вы-

полнена на известковом растворе с плохой перевязкой швов. Фасады оштукатурены с рустовкой. Несмотря на незначительные габариты и высокую насыщенность здания внутренними стенами оно, в силу низкой прочности кладки стен и отсутствия антисейсмических мероприятий, подверглось катастрофическому разрушению. В правой стороне южного фасада карниз обрушился полностью, а кладка стены расслоилась и наружная часть ее до уровня подоконника обрушилась (рис. 209). Восточный торец и главный фасад пострадали в значительно большей степени. Там разрушились стены до оконных перемычек, а в некоторых местах даже до подоконников. Обращают на себя

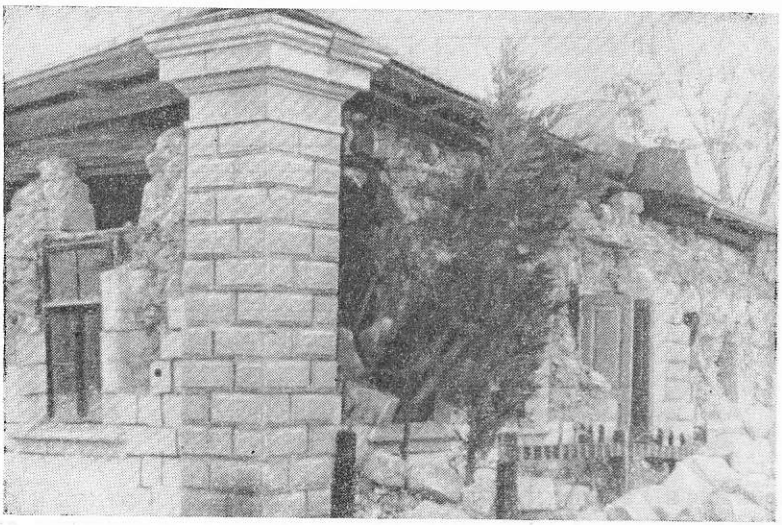


Рис. 209. Разрушенное здание вокзала из каменных блоков

внимание углы здания, которые хотя и сильно деформировались, но, тем не менее, устояли. Это следует объяснить тем, что перевязка кладки в углах была выполнена более тщательно, чем в других местах.

На снимке, иллюстрирующем разрушения, хорошо видны не только повреждения кладки, но и ее качество.

Пакгауз. Рядом с вокзалом расположено одноэтажное прямоугольное здание пакгауза, построенное из обожженного кирпича на известковом растворе. Толщина стен этого здания — 64 *см*. С западной стороны, как продолжение основного здания, примыкает навес. По продольным стенам и в углах на всю высоту здания выведены пилястры размером 38×65 *см*, назначение которых в том, чтобы увеличить устойчивость стен. В торцовых стенах имеется по две пилястры, доходящие по высоте

до середины оконных проемов. Дверные проемы тоже усилены пилястрами, доходящими до уровня перемычек. Дверные перемычки выполнены клинчатой кладкой по рельсам. Оконные перемычки арочные, полуциркульного очертания. Небольшие размеры окон и ограниченное их число ослабило стены незначительно. Карниз выполнен в кирпичной кладке с выносом в $^1/_2$ кирпича. Щипцовые стены были выведены на высоту 1,8 *м*.

В результате землетрясения в продольных стенах пакгауза образовались трещины. Часть пилястр оторвалась от тела стены, из них выпали кирпичи и разрушились цокольные части. Особенно сильно пострадали пилястры, граничащие с дверными

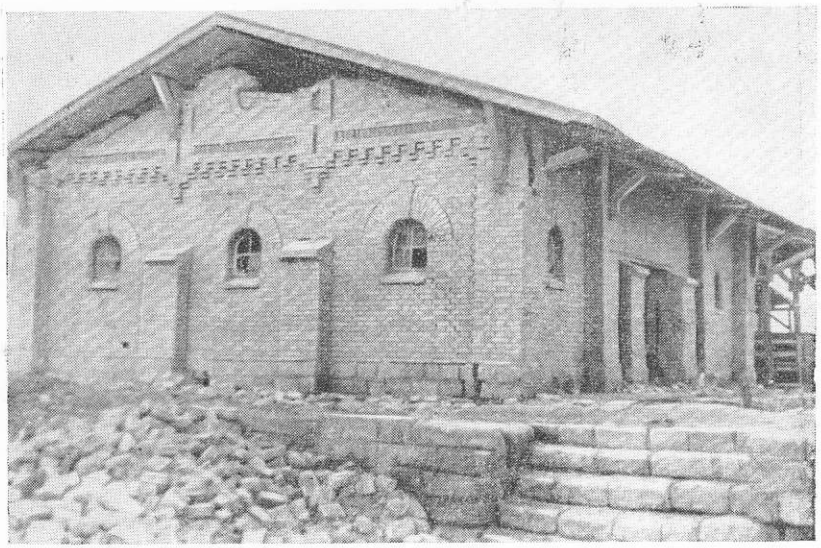


Рис. 210. Здание пакгауза после землетрясения

проемами. В восточном торце упала верхняя часть щипца и появились трещины в стене. Небольшие трещины отмечены в углах и у крайних оконных проемов. В правом углу проходит вертикальная трещина сверху донизу, образованная отрывом продольной стены от поперечной (рис. 210). Западный торец носит бо́льшие следы последствий землетрясения, выражающихся в изобилии трещин (рис. 211) и в разрушении стен до уровня оконных проемов. Обращают на себя внимание арочные оконные перемычки, которые относительно хорошо сохранились. Характер трещин в стенах пакгауза, проходящих везде по швам кладки, свидетельствует о резком несоответствии прочности обожженного кирпича и известкового раствора, примененного при строительстве этого объекта (расслоение кладки по швам).

Водонапорная башня, расположенная на территории железнодорожной станции, была построена из известняка, на известковом растворе. Это сооружение разрушено до основания: кладка превращена в груды камня, а железный бак откатился в сторону. Причины столь катастрофического разрушения этого объекта кроются в низкой прочности примененного раствора и слабого его сцепления с камнем, ибо кладка разрушилась не глыбами, а рассыпалась на отдельные камни (рис. 212).

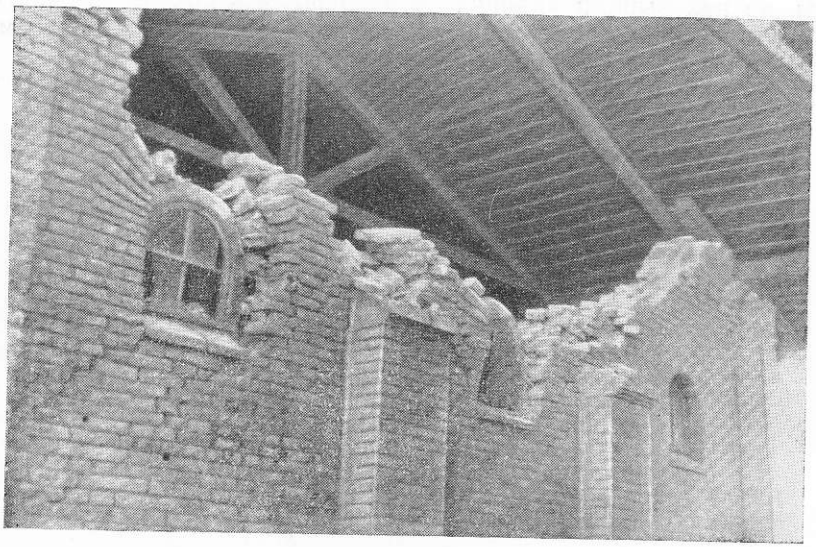


Рис. 211. Обрушение торцовой стены пакгауза

В поселке Геок-Тепе почти все жилые и культурно-бытовые здания построены из кирпича-сырца или из самана, с плоскими грунтовыми крышами местного типа. Геологические условия района Геок-Тепе характеризуются залеганием на значительную глубину глинистых грунтов с горизонтом грунтовых вод на 10—15 *м* ниже поверхности земли. Интенсивность землетрясения в Геок-Тепе была около 8 баллов.

Значительная часть жилых домов и других объектов этого поселка разрушилась полностью и превратилась в кучи кирпича и мусора (рис. 213). В некоторых постройках сохранились отдельные участки стен, иные же дома устояли, но получили аварийные повреждения. Только очень немногие здания сохранились в более или менее удовлетворительном состоянии, позволяющем их временную эксплуатацию. В целом же картина разрушения поселка носит на себе печать 8-балльного землетрясения. Заслуживает особого внимания здания детского дома и



Рис. 212. Разрушение каменной водонапорной башни



Рис. 213. Разрушения сырцовых домиков в поселке Геок-Тепе

средней школы, выделяющиеся своими размерами, конструкциями и характером повреждений.

Детский дом расположен в южной части поселка. Здание одноэтажное высотою 3,5 *м* со сложным очертанием в плане, имеющем три выступа по линии главного фасада (по углам и в центральной части) и три крыла, выходящие во двор. При значительных габаритах в плане и сложности конфигурации, здание антисейсмическими швами не разделено. Стены сложены из сырцового кирпича на глиняном растворе; наружные стены толщиной 51 *см*, а внутренние — 38 *см*. Чердачные перекрытия деревянные с фанерной подшивкой потолков. Кровля из волнистой асбофанеры по деревянным стропилам.

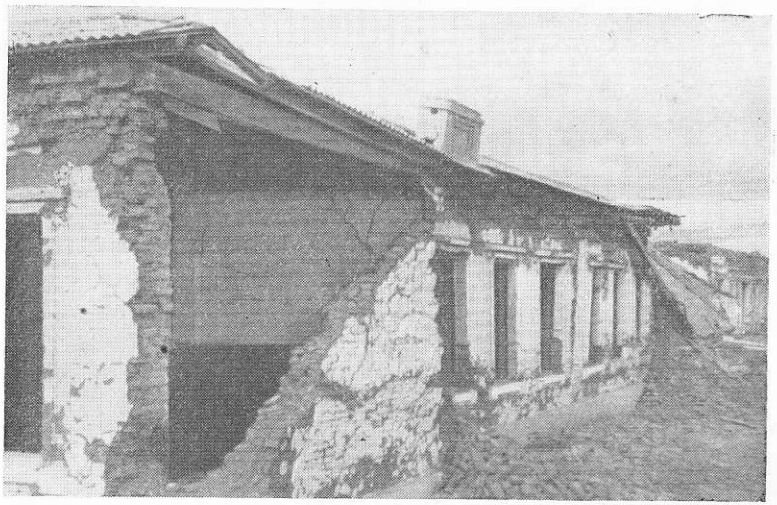


Рис. 214. Разрушение угла и главного входа детского дома из сырцового кирпича

Со стороны главного фасада сильнее всего разрушены левая часть здания и главный вход (рис. 214, 215). Вывалилась почти вся стена южного торца. Рухнула бóльшая часть продольных и некоторая часть торцовых стен, выходящих во двор крыльев здания. Местами имеется обрушение перекрытий. Сильно деформировалась и в некоторых местах обрушилась крыша. Внутренние стены покрылись значительными трещинами, однако массового обрушения этих стен не произошло.

Полная средняя школа им. Кирова расположена на южной окраине поселка и представляет собой прямоугольник с выступающей частью на переднем фасаде (главный вход). Школа 2-этажная, стены из обожженного кирпича на известковом растворе, постройки 1940 г. Размеры здания в плане 53,3×14,8 *м*,

высота этажей (от пола до потолка) — 3,5 *м*. Наибольшая свободная длина внутренних поперечных стен не превышает 6,05 *м*, а длины продольного внутренних и наружных стен (за исключением спортзала и вестибюля) — в пределах 8,1 *м*. Толщина наружных стен 1-го этажа 64 *см*, толщина внутренних стен 38 *см*. На уровне оконных перемычек 2-го этажа по периметру наружных и внутренних стен уложен антисейсмический железобетонный пояс.

Здание школы подверглось следующим повреждениям. Фундаменты, заложенные на глубине 1,2 *м*, и цоколь высотой 0,5 *м* существенных повреждений не получили за исключением



Рис. 215. Разрушенное здание детского дома со стороны главного фасада

образования нескольких отдельных трещин в цоколе, продолжавшихся и в фундаменте. Эти трещины наблюдались преимущественно на участках глухих стен. Глухие участки стен подверглись значительно бо́льшим повреждениям, чем узкие простенки.

Стены 1-го этажа как наружные, так и внутренние пострадали меньше, чем стены 2-го этажа, но достаточно для того, чтобы считать их непригодными для дальнейшей эксплуатации. Глухие наружные и внутренние стены изборождены частыми косыми трещинами. Простенки 1-го этажа в большинстве своем сохранились в удовлетворительном состоянии. Местами на уровне подоконников в них был выкрошен кирпич и появились горизонтальные трещины в плоскости низа перемычек. Горизонтальные участки стен между оконными перемычками 1-го

этажа и подоконниками 2-го этажа подверглись более интенсивному воздействию сейсмических сил, что легко установить по изобилию трещин и по значительным площадям отслоившейся штукатурки (рис. 216).

Наибольшим разрушениям подверглись глухие стены 2-го этажа, карнизные участки стен с торцов и в углах здания, выступающая часть главного входа и парапеты. На южном торце местами обвалился карниз, упал парапет, а удержав-

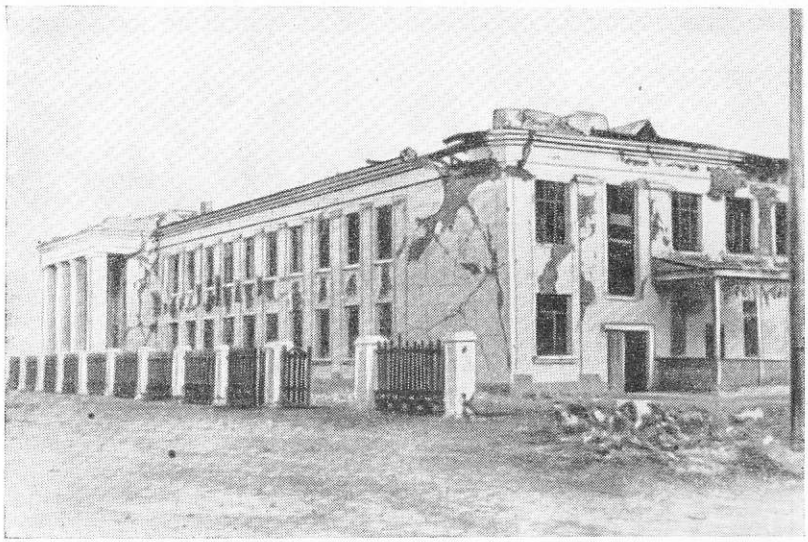


Рис. 216. Школа со стороны главного фасада после землетрясения

шаяся часть карниза и парапета близка к обрушению (рис. 217). Кладка стен выступающей части главного входа разрушилась местами по швам и местами по целому кирпичу. На многих внутренних стенах 2-го этажа обвалилась штукатурка и образовались большие трещины, проходящие по вертикальным швам кладки, а в двух поперечных стенах выпали участки кладки (ниже антисейсмического пояса). Кладка настолько расстроена, что удержавшиеся кирпичи заняли беспорядочное положение и свободно вынимаются рукой (рис. 218).

Междуэтажное и чердачное перекрытия (деревянные с фанерной подшивкой потолков) сохранились в хорошем состоянии. Отопительные печи в стенах 1-го этажа, сложенные без футляров, не обрушились, но потрескались. Часть печей 2-го этажа, сложенных также без футляров, развалилась, а в остальных печах образовались трещины шириной до 2 *см*.



Рис. 217. Разрушение карнизов и парапетов

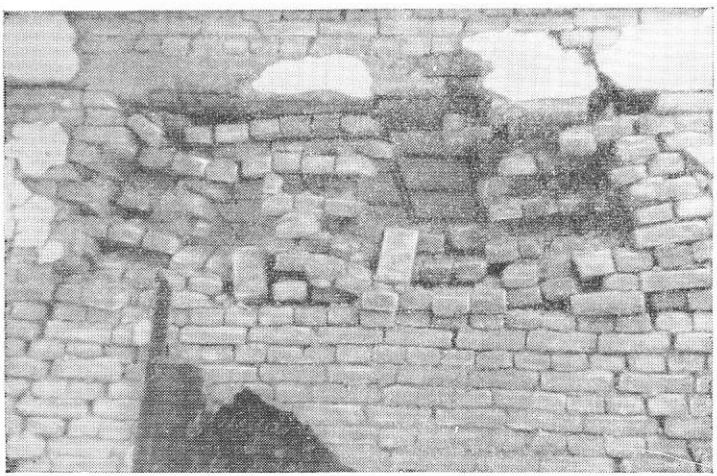


Рис. 218. Расслоение кирпичной кладки внутренней стены

в) *Геок-Тепе 3* расположен на расстоянии 12 *км* на запад от Геок-Тепе. Сила землетрясения в этом пункте оценивается 7—8 баллами.

Сырцовые постройки расположенного там колхоза «Октябрь» подверглись повреждениям в разной степени. Некоторые из них получили небольшие повреждения — трещины в стенах и обрушения отдельных участков штукатурки. Но у большинства этих построек обвалились крыши и стены.

ГЛАВА VI

ПОВРЕЖДЕНИЯ ДОРОЖНЫХ И ИРРИГАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

1. АШХАБАДСКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА И ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА НЕЙ

Проведенными обследованиями установлено, что на станции Геок-Тепе, расположенной в 60 *км* к западу от Ашхабада, сила землетрясения достигала 8 баллов. На станции Безмеин, в 22 *км* к западу от Ашхабада, интенсивность землетрясения снижалась до 7 баллов. Район Ашхабадской железнодорожной станции находится в неблагоприятных в сейсмическом отношении гидрогеологических условиях и здесь сила землетрясения достигала 9 баллов. На станции Анау, расположенной в 10 *км* к востоку от Ашхабада, сила землетрясения оценивается также в 9 баллов, на станции Ахсу, удаленной на 50 *км* к востоку от Анау, сила землетрясения определялась в 7 баллов. На станциях Баба-Дурмаз и Артык, к востоку от Ахсу соответственно на 25 и 45 *км* интенсивность землетрясения была равна 6 баллам. На рассматриваемых участках железной дороги нет крупных инженерных сооружений. Несмотря на это в результате нанесенных землетрясением повреждений земляного полотна и небольших мостов, а также разрушения станционных и линейно-путевых зданий, железнодорожное сообщение от станции Геок-Тепе до станции Артык протяженностью 135 *км* было прервано.

На дороге повреждено пять небольших железобетонных мостов, пролетные строения которых основывались на каменных устоях, сложенных на цементном растворе. Устои наиболее поврежденных мостов имели сквозные трещины, а некоторые из них получили осадку. Все эти повреждения оказались легко исправимы. Повреждения земляного полотна общей протяженностью до 7 *км* заключались в значительных деформациях. Вертикальная осадка насыпей, имевших высоту 4—7 *м*, достигала 60 *см;* участки с насыпями меньшей высоты получили, в зависимости от силы землетрясения, осадку в пределах 10—30 *см*. При этом необходимо отметить, что даже при незначительных насыпях нарушилась рих-

товка с осадкой до 3 *см*. Деформации земляного полотна сопровождались искажением пути в профиле и в плане. Смещение оси пути в плане колебалось в пределах 5—80 *см*.

2. ШОССЕЙНЫЕ ДОРОГИ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА НИХ

а) *Шоссейная дорога Ашхабад — Гаудан* направлена на юг от Ашхабада. То обстоятельство, что сила землетрясения в секторе, расположенном на расстоянии 10—15 *км* от Ашхабада, нигде не превышала 7 баллов, объясняет сравнительную сохранность дороги и искусственных сооружений на ней. Обследовать этот район авторам удалось только спустя 2 месяца после землетрясения. К этому времени дорога была приведена в полную исправность и следы обвалов и повреждений можно было установить только по неубранным местами глыбам камней, а также по свежим следам обрушения стенок выемок или по исправлениям насыпей и подпорных стенок.

Повреждений одежды по всей трассе дороги не было. На горном участке дороги было обрушено около 1 500 $м^3$ кладки подпорных стенок, 650 *пог. м* парапетов. Кроме того, осыпалось около 1 700 $м^3$ откосов. Имевшее место значительное обрушение подпорных стенок и парапетов на дороге было вызвано в основном тем, что они были выполнены из местного камня, уложенного насухо.

б) *Шоссейная дорога Ашхабад — Фирюза*, идущая в юго-западном направлении от Ашхабада, имеет протяженность 50 *км*. Дорога проходит в районе, где сила землетрясения в основном не превышала 6—7 баллов.

Повреждения этой дороги были незначительны. Местами произошли обвалы отдельных валунов, да сполз косогор, завалив дорогу грунтом. На одном участке произошло обрушение незасыпанной грунтом подпорной стенки. Покрытие дороги, небольшие каменные мосты и подпорные стенки, за исключением одной, повреждений не получили.

Обследование этих двух дорог и ознакомление с данными поведения других пригородных и городских дорог, позволяет сделать вывод, что асфальтобетонная и булыжная одежда дорог, улиц и площадей во время землетрясения заметных деформаций не получила. Наблюдавшиеся в городе отдельные нарушения в покрытиях улиц следует отнести за счет местных осадок грунта, вызванных его подмачиванием или другими причинами чисто локального характера.

3. ИРРИГАЦИОННОЕ ХОЗЯЙСТВО

Действие землетрясения с разрушительными последствиями в ирригационном хозяйстве распространяется на Ашхабадский,

Геок-Тепинский, Бахарденский и Каахкинский районы Ашхабадской области. Наибольшим разрушениям подверглись кяризы [1], бетонные каналы и гидросооружения в Ашхабадском и Геок-Тепинском районах.

В Геок-Тепинском районе разрушено 7 кяризов с завалом 220 *пог. м* галерей и 180 *пог. м* колодцев. В Бахарденском районе повреждено 5 кяризов. Сплошных завалов галерей и колодцев здесь не встречалось. Однако для введения в эксплуатацию поврежденных кяризов потребовалась очистка 1 200 *пог. м* галерей от частичных обрушений грунта.

Ирригационные сооружения Ашхабадского и Геок-Тепинского районов, представленные узкими бетонными каналами, регуляторами и дюкерами, подвергались повреждениям, сравнительно легко исправимым. В этих сооружениях образовались трещины, и только в отдельных местах бетон подвергся разрушениям. Объем повреждений ирригационных сооружений можно охарактеризовать следующими цифрами: по Ашхабадскому району для восстановления облицовки отдельных участков каналов потребовалось 540 $м^3$ бетона, для восстановления шести регуляторов — 280 $м^3$ бетона, а для ремонта дюкера — 80 $м^3$ бетона. По Геок-Тепинскому району повреждено около 1000 *пог. м* бетонных каналов, требующих для восстановления 120 $м^3$ бетона.

Несмотря на то, что действие землетрясения охватывает большое количество гидротехнических сооружений, их повреждения не являются значительными как по объему, так и по характеру разрушения. Большинство повреждений поддается исправлению сравнительно легко. Объяснить это следует тем, что с одной стороны, эти гидротехнические сооружения не отличаются большими размерами, а с другой — тем, что землетрясение не сопровождалось интенсивным нарушением грунтов.

4. АШХАБАДСКОЕ ГОРОДСКОЕ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

Электрохозяйство г. Ашхабада в целом пострадало от землетрясения сравнительно мало. Объясняется это не только хорошей сейсмостойкостью основных объектов АШГРЭСа и удачным устройством воздушных сетей с их опорами, но и своевременно принятыми мерами по предотвращению аварий на электростанции во время землетрясения.

События на электростанции во время землетрясения по рассказам работников станции развертывались следующим образом. При первом толчке люди не могли понять, что происходит, но в следующее мгновение при повторном толчке стало ясно, что это

[1] Кяризы — оригинальные сооружения туземного типа, представляют собой ряд шахтных колодцев-шурфов, прорытых до водоносного слоя, соединенных между собой подземными галереями малого сечения, являющимися одновременно водосборами и путями вывода каптированной воды на поверхность.

землетрясение. Агрегаты быстро были выключены и сеть обесточена, что явилось весьма важным обстоятельством для сохранности электросетей и сыграло решающую роль в избавлении города от второго бедствия — пожаров, которые являются весьма частыми спутниками землетрясений и иногда причиняют еще более тяжелые бедствия, чем само землетрясение. Уместно отметить, что 2—3 случая пожаров, возникшие в Ашхабаде в момент землетрясения, и своевременно локализованные не были связаны с авариями электросети.

Главный корпус электростанции имеет железобетонный каркас и сильным повреждениям не подвергся. Серьезная авария могла произойти с дизельными установками, которые были застигнуты землетрясением на полном ходу. Но благодаря находчивости обслуживающего персонала машинного зала эта опасность была предотвращена и все дизели после землетрясения оказались неповрежденными. Сравнительная сохранность электростанции обеспечила возможность дать городу электрический ток спустя 4—5 дней после землетрясения.

Несколько в худшем состоянии оказались трансформаторные киоски. Так, например, из 49 киосков в городе 21 вышли из строя. Эти киоски настолько сильно разрушились, что не могли быть восстановлены. Остальные 28 киосков получили повреждения, которые были ликвидированы путем капитального, а, в некоторых случаях, текущего ремонта. Киоски были построены из обожженного кирпича на сложном растворе и имели высоту 3,8 *м*, при размерах в плане 3,5×3,5 *м*. На стены толщиной 38 *см* опирались железобетонные плиты перекрытий толщиной 6 *см*. Несмотря на столь незначительные размеры киосков в плане и по высоте более 40% киосков было разрушено. Конструкция и характер разрушения трансформаторных киосков в Ашхабаде приведены на фотографии (рис. 219). Причиной таких разрушений послужили низкая прочность раствора и его слабая связь с кирпичом. К недостаткам надо также отнести и отсутствие надежной связи железобетонной плиты перекрытия с кирпичными стенами.

Воздушная высоковольтная сеть протяжением 38 *км*, построенная в основном в 1936 г., за 12 лет эксплуатации в значительной мере обветшала. При землетрясении была нарушена регулировка проводов на линии и сорвано с крючьев 5 изоляторов. Ряд опор, особенно угловых, был выведен из вертикального положения. В целом, несмотря на неудовлетворительное техническое состояние сети до землетрясения, ей были причинены незначительные повреждения.

Низковольтная воздушная сеть протяженностью 76,3 *км* при землетрясении получила обрывы проводов, ряд опор упал, по всей сети частично разбились изоляторы, часть опор выведена из вертикального положения и нарушена регулировка проводов. Общий объем повреждений низковольтной воздушной сети не превышает 20%. Необходимо отметить, что большинство этих

нарушений произошло или в результате обрушения зданий или по причине плохого состояния элементов сети. Провода и опоры, находившиеся в хорошем техническом состоянии и незадетые обломками разрушившихся зданий, показали, как правило, хорошую устойчивость даже при силе землетрясения в 9 баллов.

Протяженность городской кабельной сети составляет 13 *км*. Удалось установить, что повреждены два участка кабельной линии, один из которых протяженностью 0,6 *км*, второй — 0,5 *км*.

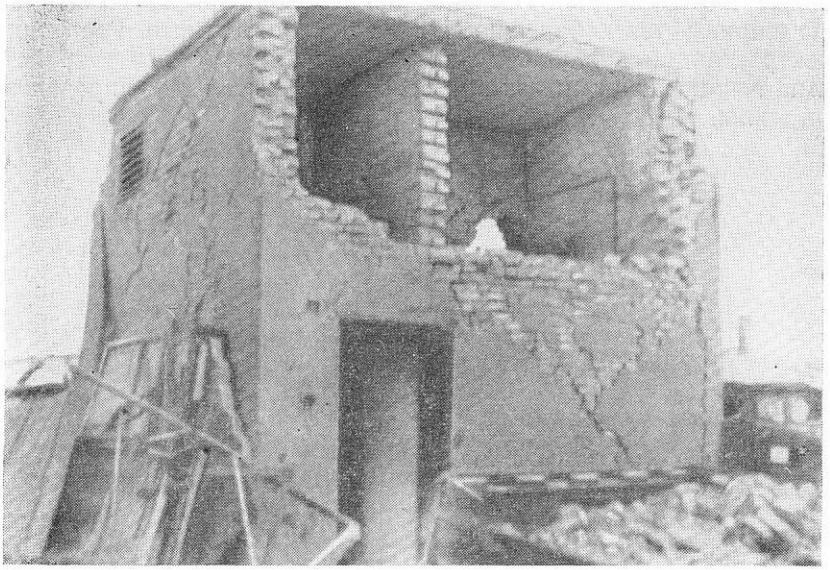


Рис. 219. Разрушения кирпичного трансформаторного киоска

Осталась не проверенной из-за разрушения на этой трассе трансформаторных киосков около 3 *км* кабельной линии.

Степень повреждений внутридомозых проводок и распределительных устройств зависела всецело от характера повреждения стен и перекрытий зданий. Там, где перекрытия устояли, а стены дали незначительные трещины, электропроводка тоже находилась в удовлетворительном состоянии. Выдергивание роликов или срывы шнура с роликов имели место лишь на участках образования больших трещин в стенах, в местах отрыва наружных стен или в случаях других значительных деформаций здания. В отдельных случаях подвесная стеклянная арматура, в результате сильного раскачивания, разбивалась от ударов о потолки.

Таким образом, результаты проведенного обследования подтверждают, что основные условия устройства в сейсмических районах воздушных сетей и их опор, кабельных коммуникаций и

внутренних проводок заключаются в применении высококачественных материалов и обеспечении надлежащего качества работ. Этот вывод можно дополнить следующими рекомендациями. Глубина заложения опор должна определяться плотностью грунтов и быть достаточной для того, чтобы обеспечить опоры от опрокидывания при действии землетрясения. Необходимо периодически проверять техническое состояние проводов, сетей и опор в процессе эксплуатации. Кладку стен трансформаторных киосков следует выполнять только на прочном растворе. Железобетонные плиты перекрытий киосков необходимо заделывать на всю ширину стен и надежно скреплять с последними. Городские электростанции нужно оборудовать автоматическими устройствами, выключающими ток при сейсмических толчках определенной силы.

ГЛАВА VII

ПОВРЕЖДЕНИЯ ГОРОДСКИХ ВОДОПРОВОДНЫХ УСТРОЙСТВ И СООРУЖЕНИЙ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

1. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

К водозаборным сооружениям городского водопровода и водопроводов промышленных предприятий в г. Ашхабаде относятся кяризы, скважины с самоизливом, скважины, оборудованные эрлифтами или глубоководными насосами, и скважины с насосами, установленными в шахте.

а) *Кяризы.* Кяризы городского водопровода облицованы тесаным камнем, сложенным насухо. Шахты (смотровые колодцы кяризов) диаметром около 1 *м* и глубиною до 35 *м* — не облицованы. Грунт в шахтах после землетрясения удержался в вертикальных стенках; облицовка кяризов разрушений не получила. Оголовки кяризов (подпорные стенки на выходах тоннелей на дневную поверхность) во многих местах обвалились, но движение воды стеснено не было и вода продолжала выходить свободно. Первое время после толчков, как сообщили эксплуатационники, выходила мутная вода и дебит воды увеличился на 3—5%. В необлицованных (земляных) кяризах водопровода механического стекольного завода в результате землетрясения образовались обвалы. Устье одного городского кяриза, у выхода его из косогора, оборудовано небольшим отстойником, имеющим две различные глубины с резким перепадом в средней части. По линии сопряжений двух различных глубин образовалась трещина.

б) *Скважины.* Самая большая (в 1948 г.) скважина в районе г. Ашхабада расположена в головной части городского водопровода. Скважина питала водой бетонированный лоток, проложенный в необлицованном и ничем не закрепленном тоннеле длиною 1,1 *км*. Головной конец тоннеля подходил к скважине на глубине 35 *м* и вода самотеком поступала из скважины в лоток. Во время землетрясения ни скважина, ни тоннель с бетонированным лот-

ком не пострадали. Расход воды в скважине увеличился на 25%.

Скважины, оборудованные эрлифтами, находятся в городе на территории молочного комбината и пивоваренного завода. Землетрясение их не повредило. Воздуходувные трубы и все остальное оборудование тоже ремонта не потребовало.

Из всех имеющихся скважин, оборудованных центробежными насосами, установленными в шахтах, были осмотрены только две: одна на бутылочно-стекольном заводе и вторая на механическом стекольном заводе. Обе скважины после землетрясения были введены в эксплуатацию без осложнений.

Скважина бутылочно-стекольного завода диаметром 150 *мм* имеет глубину 54 *м* от поверхности земли. Внутренний диаметр кирпичной шахты — около 4 *м*, глубина 16,6 *м*, толщина стенок 25 *см*. Трещин в стенах шахты обнаружено не было и оборудование сохранилось в полной исправности.

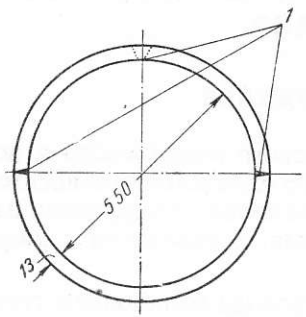


Рис. 220. Трещины в стенке круглой железобетонной шахты
1—трещины

Скважина с центробежным насосом механического стекольного завода заложена на глубине 40 *м* от дна шахты. Диаметр фильтровой колонны 300 *мм*, диаметр опущенной всасывающей трубы насоса 200 *мм*. На дне шахты установлено два агрегата насосов с электромоторами на одной оси. Диаметр шахты 5,5 *м* при глубине 20 *м*. Стенки шахты железобетонные толщиною 13 *см*. Арматура диаметром 10 *мм* уложена сеткой с ячейкой 20×20 *см*. По сообщению дежурной, находящейся в момент землетрясения на дне шахты, колебания были весьма значительными: ее отбросило от одной стороны шахты к другой с такой силой, что заставило удерживаться от падения, ухватившись за балку. Осмотр стен шахты показал, что трещины имеются лишь в самом низу на протяжении около 2 *м*, остальная часть стен трещин не получила (стены шахты гладко оштукатурены, так что имеющиеся трещины были отчетливо видны). На рис. 220 обозначено положение трещин; пунктиром показаны трещины, предполагаемые по некоторым признакам усматриваемым на поверхности штукатурки. Насосное оборудование выдержало землетрясение удовлетворительно. Однако пущенный после землетрясения насос начал нагнетать очень грязную воду и вскоре остановился. При повторных пусках насоса давление поднималось и вдруг внезапно падало. Можно предполагать, что срывы в работе насоса вызывались изменением удельного веса загрязненной воды, в силу чего уменьшалась высота всасывания.

2. ГЛАВНЫЕ ВОДОВОДЫ

От источников водоснабжения вода подавалась в город по системе открытых и закрытых каналов и частично по водоводу из асбестоцементных и железобетонных труб. Во время землетрясения в городе действовали (не считая ведомственных устройств) следующие водоводы: открытые каналы — 16 *км*, закрытые (подземные) бетонные каналы — 4 *км*, водоводы из асбестоцементных и железобетонных труб диаметром 300 *мм*, работающие по самотечному безнапорному режиму — 15 *км*.

а) *Открытые каналы.* Большинство открытых каналов устроены с откосами 1 : $^3/_4$, имеют глубину облицованной бетоном части 1 *м* и ширину по дну 70 *см*. Толщина бетонных стенок равна 8 *см*. Температурные швы в бетоне, расположенные через 3 *м*, залиты асфальтом, а сверху покрыты цементным слоем. Три участка открытых каналов проходят в насыпи и один в тоннеле. На одном из наиболее высоких участков насыпи (около 5 *м*) произошло разрушение лотка на длине 2 *м*; в непосредственной близости от этого места часть облицовочных плит откосов оторвалась и упала на дно лотка. Это разрушение произошло на одном из второстепенных каналов и на бесперебойности водоснабжения города не отразилось. Участок открытого канала, проходящий в тоннеле, имеет длину 1 *км* и глубину заложения около 7 *м*. Тоннель укреплен железобетонной трубой высотой 2 *м* и шириною 1,5 *м*; в нижней части труба имеет плоское дно, а в верхней — свод. Через каждые 70 *м* располагаются смотровые колодцы из бетонных колец, а в начальной и конечной точках тоннеля — железобетонные оголовки. В тоннеле нигде не обнаружено признаков повреждения.

б) *Закрытые каналы.* Закрытые подземные каналы проложены на весьма малых глубинах с незначительной присыпкой землей их перекрытий. Один из таких каналов длиною 2,5 *км*, глубиной 80 *см* и шириной 40 *см* собран из бетонных плит толщиною 8 *см* (стенки вертикальные). Во время землетрясения образовались в трех местах течи из канала в овражки (канал проложен по косогору сухого лога). Ликвидация возникших аварий была произведена путем параллельной прокладки чугунных труб без прекращения водоснабжения.

Другой закрытый подземный канал протяжением 1,5 *км* дал течь на двух участках, в местах прохождения в насыпи. Оба эти участка имели длину по 16 *м* с высотой расположения лотков над дном логов около 2,5 *м*. Ликвидация этих аварий была произведена путем отключения поврежденных участков от системы водоснабжения и замены бетонных каналов асбестоцементными трубами диаметром 600 *мм*, укладываемым по каменным опорам.

Выключение участков для ликвидации аварий в закрытых (подземных) каналах было произведено без ущерба для бесперебойности водоснабжения города.

в) *Трубопроводы.* Асбестоцементные и железобетонные трубопроводы диаметром 300 *мм*, уложенные на глубине 1,5 *м* на протяжении 15 *км*, работают без напора по самотечному принципу. Их повреждения оказались весьма незначительны и выразились в образовании течи в одном из стыков железобетонных труб, не вызвавшей необходимости срочного ремонта. Исправление этого повреждения было организовано лишь через три недели после того, как была закончена ликвидация более существенных аварий на других водоводах.

3. РАЗВОДЯЩАЯ ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ

а) *Трубопроводы.* В табл. 1 приводится характеристика диаметров и материала труб разводящей водопроводной сети города Ашхабада по состоянию на время землетрясения (без примыкающих к сети подводящих низконапорных магистралей и домовых вводов).

Таблица 1

Диаметр в *мм*	Протяженность трубопроводов в *пог. м* по видам материала труб			Общая протяженность в *пог. м*
	асбестоцементные	чугунные	стальные	
50	1 100	—	3 200	4 300
63	—	—	1 350	1 350
75	200	600	6 810	7 610
100	6 880	21 830	12 100	40 810
125	—	—	2 820	2 820
150	7 600	6 200	200	14 000
175	—	4 000	—	4 000
200	5 720	6 800	3 600	16 120
250	—	1 1 0	—	1 150
300	15 320	1 750	2 800	19 870
Итого:	36 820	42 330	32 880	112 030

Трубы уличной водопроводной сети проложены на глубине 1,2—2,5 *м*. Самые значительные повреждения (изломы труб и фасонных частей) в магистральной и распределительной сети произошли по Стекольной ул., расположенной севернее железнодорожной станции (рис. 221). По этой улице трубопровод проложен на глубине 1,7 *м* из стальных труб диаметром 150 *мм* на муфтовых соединениях с резиновым уплотнителем. К крестовине примыкал трубопровод в одном боковом направлении. Узел во всех трех направлениях снабжен муфтами. В 20 *м* от узла на ул. Стекольной лопнул боченочек муфты. На углу Стекольной и Аульной улиц в чугунной фланцевой крестовине 150×150 *мм* с

подставкой под гидрант откололась половина фланца с частью отростка диаметром 150 *мм*. В непосредственной близости этих мест поверхность земли имела резко выраженные трещины шириною в 1—2 *см*.

В 200 *м* от разрушенного узла (на север по Стекольной ул.) произошли другие разрушения водопровода. Здесь, на пересечении Стекольной и Загородной улиц, в 10 *м* от узла, на том же стальном трубопроводе сбило в сторону муфту, причем концы трубопровода сместились в вертикальном направлении. Авария была устранена без особых трудностей с помощью обыкновенного домкрата. В другом месте также в 10 *м* от узла, но по другой линии, произошло разрушение асбестоцементной муфты на асбе-

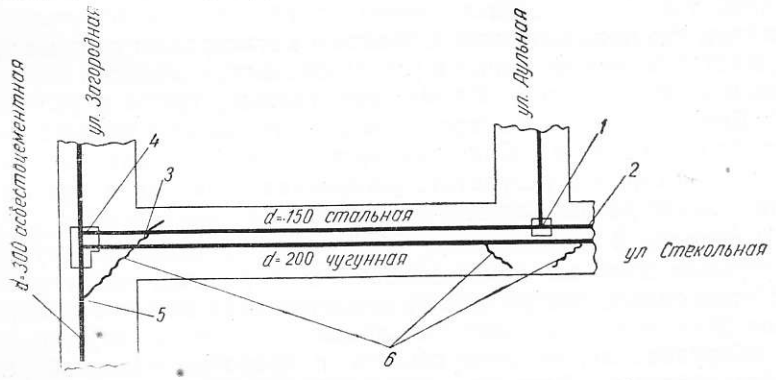


Рис. 221. Схематический план повреждений труб и фасонных частей водопровода по Стекольной ул.

1—разрушенная крестовина; *2*—лопнул боченочек муфты с резиновым уплотнением; *3*—муфта с резиновым уплотнением сдвинута в сторону; *4*—поврежден смотровый колодец; *5*—разрушена асбестоцементная муфта; *6*—трещины на поверхности земли

стоцементном трубопроводе, диаметром 300 *мм*. Концы двух соседних труб сместились по вертикали и, кроме того, одну трубу вмяло внутрь другой почти на 5 *см*. На поверхности земли вблизи этих мест возникли трещины шириной 1—1,5 *см*. Этим и исчерпываются, в основном, повреждения городской водопроводной магистральной и разводящей сети во время землетрясения.

Таким образом, магистральная и разводящая сеть города при общей ее длине в 112 *км* пострадала мало. Разрушения произошли в местах, совпадающих с местами образования значительных трещин в земле. Несмотря на то, что в этих местах заглубление водопровода было равно 1,7 *м*, водопровод в местах разрыва грунта был поврежден. В тех же местах, где на земле образовались небольшие трещины, шириною в несколько миллиметров, заметные только на асфальте дорог, разрушений водопровода не было.

При землетрясении выявились места засыпок старых котлованов, так как насыпной грунт дал большие осадки. Так, на

ул. Энгельса произошла большая просадка асфальтированной дороги, с образованием впадины глубиною 80 *см* и радиусом 10 *м*. В непосредственной близости от этой просадки грунта появилась течь водопроводной магистрали, которая была обнаружена только через 3 недели после землетрясения.

В результате землетрясения в большей степени пострадали места присоединения дворовых сетей к городской магистрали. Известно, что узлы на домовых ответвлениях слабее узлов пересечения магистральных труб больших диаметров, так как в этих узлах не применяются раструбные стыки или муфтовые соединения с резиновым уплотнителем, обеспечивающие определенную компенсацию сдвига; кроме того, стенки труб городских магистралей толще, чем стенки газовых труб домовых ответвлений. Понятно, что примыкающие к главным магистралям газовые трубы, жестко присоединенные к узлам, оказались слабыми местами в системе водопровода. Кроме того, газовые трубы в условиях ашхабадских грунтов быстро ржавеют, что также в значительной степени ослабляет их. Слабыми местами оказались также болты седелок, которые в результате ржавления ослабели и при колебаниях легко разрывались.

В течение 3 недель после землетрясения было обнаружено 25 отрывов домо́вых присоединений от городских магистралей. Особенно сильно пострадало от землетрясения домо́вое оборудование. Во время обрушения стен ломалось не только внутридомовое оборудование, но разрушались и дворовые водоразборные стояки, которые в Ашхабаде были весьма распространены. Повреждения домо́вых вводов было причиной того, что напор городской сети после землетрясения стал низким, так как вода утекала под завалы обрушившихся зданий. Быстро отключить такие места оказалось невозможным потому, что во многих случаях на включениях не было смотровых колодцев.

За время с 6 по 29 октября в городской сети была обнаружена течь в девяти местах и 25 вводов оказались оторванными от магистралей (из общего числа 4631).

Проводившиеся в дальнейшем работы по восстановлению водопроводной сети через 3 месяца после землетрясения привели к образованию нормальных напоров. В процессе проведения восстановительных работ обнаружилось еще одно повреждение, — перелом асбестоцементной трубы диаметром 300 *мм* на ул. Чехова вблизи ул. Апшеронской, — которое ранее не было обнаружено вследствие того, что место возвышается над остальной частью городской территории. Ликвидацией этого последнего повреждения и закончился восстановительный цикл работ на городской водопроводной сети. В течение последующей 10-летней эксплуатации аварий в описанной сети почти не было. Это говорит о том, что других, заслуживающих внимания, но скрытых повреждений в результате землетрясения водопровод не имел.

Железнодорожная водопроводная магистраль диаметром 200 *мм* из чугунных раструбных труб, пересекающая город с юга на север (приблизительно по его центру), с глубиною заложения 1,2—1,5 *м*, имеет длину 4,6 *км*. Раструбы ее заделаны цементом за исключением каждого десятого стыка, зачеканенного свинцом. Аварий в результате землетрясения не было, и водовод благополучно выдерживал давление в 3 *атм*.

Общая длина разводящих магистралей железнодорожного узла из чугунных труб (с заделкой раструбов свинцом) около 4 *км*. Строилась эта сеть 60 лет тому назад. Поверхность труб обросла, как мхом, слоем ржавчины толщиной 4 *см*. На всей этой сети возникла только одна крупная авария — выдернуло на

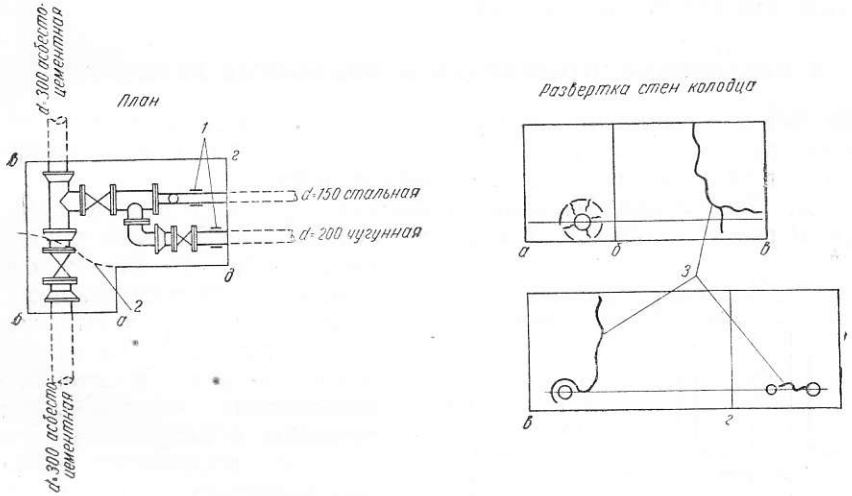


Рис. 222. Повреждения смотрового колодца:
1—муфтовые соединения; *2*—трещины в перекрытии; *3*—трещины в стенках колодца

несколько сантиметров трубу из раструба в смотровом колодце, рядом с экипировочной тепловозного депо. При осмотре места аварии оказалось, что поверхность земли покрыта трещинами шириной до 1,5 *см*. Других крупных аварий на разводящем железнодорожном водопроводе не было, если не считать течь в 12 раструбных стыках, которые после подчеканки продолжают нормально эксплуатироваться.

Сеть железнодорожного водопровода была полностью восстановлена в течение нескольких дней после землетрясения.

Точно так же быстро приведена в состояние нормальной эксплуатации разводящая сеть механического стекольного завода длиной 2 *км* из труб диаметром 100 и 150 *мм* (приблизительно 1 *км* чугунных и 1 *км* асбестоцементных). Две трети стыков чугунных труб зачеканены цементом, остальные — свинцом. На этом водопроводе выдавило 10 свинцовых стыков, а цементные

стыки нарушены не были. Асбестоцементные трубы в двух местах оказались сломанными.

б) *Смотровые колодцы.* Большинство водопроводных смотровых колодцев на территории г. Ашхабада имеют прямоугольную форму и выполнены из кирпича; часть колодцев — цилиндрические из железобетонных и бетонных колец. Подавляющее большинство колодцев повреждено не было и лишь у некоторых (на Стекольной ул. и др.) повреждения выразились в виде трещин в стенках колодцев.

На рис. 222 видны повреждения смотрового колодца, расположенного на углу Стекольной и Загородной улиц. Следует обратить внимание на веерообразные трещины вокруг труб, жестко заделанных в стены колодцев.

4. ПЕСКОЛОВКИ, ОТСТОЙНИКИ И ПОДЗЕМНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ

Все подземные инженерные сооружения, за исключением песколовки железнодорожного водопровода и подземных резервуаров винного завода, сохранились хорошо.

а) *Песколовки.* Песколовка железнодорожного водопровода, размером в плане 4,5×2 *м* имеет глубину 1 *м*. Толщина стенок песколовки — 25 *см*. Рядом с песколовкой находится открытая канава для выпуска промывных вод. Во время землетрясения в стенках песколовки образовались трещины, в результате чего вода из песколовки стала просачиваться в канаву через толщу засыпки. Это сооружение пришло в негодность и было заменено вновь проложенными трубами.

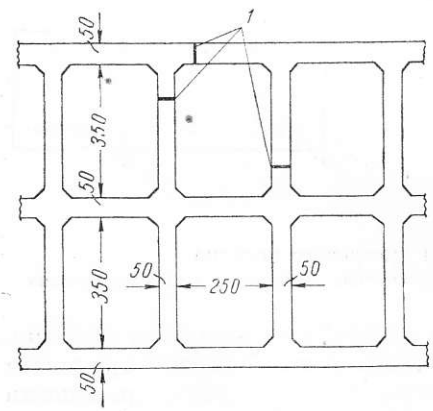


Рис. 223. План подземного ячейкового резервуара
1—трещины в стенках резервуара

б) *Отстойники и резервуары.* Подземные резервуары винного завода [1] состоят из двух рядов ячеек, по 7 шт. в ряду (рис. 223). Ячейки разделены стенками толщиною 50 *см*. Размеры ячеек в плане 2,5×3,5 *м*, глубина 4 *м*. Резервуары возвышаются над уровнем земли на 1,8 *м*. В одной из ячеек при землетрясении образовались трещины до самого дна, но раскрытие их было невелико и густая барда через них не уходила.

[1] Этот резервуар не относится к водопроводу и помещен для полноты анализов поведения различных резервуаров.

Два водоемных сооружения: отстойник железнодорожного водопровода и спаренные резервуары геаминского узла городских водопроводных сооружений получили незначительные трещины в верхних частях (выше уровня воды).

Отстойник железнодорожного водопровода размером в плане 30×15 *м* и глубиной 5 *м* — наиболее крупное водопроводное сооружение из всех имевшихся в Ашхабаде. Практически используемая емкость отстойника не превышала 1 350 $м^3$. Кирпичные стены отстойника толщиною 65 *см* сложены на цементном растворе; возвышающаяся на 1 *м* над поверхностью земли часть стен обвалована грунтом. Крыша поддерживается наслонными стропилами, причем в средней части отстойника для опоры стропил выложены 4 кирпичных столба. По столбам проложен прогон (который при землетрясении пробил торцовую стену). Концы стропил, опирающиеся на стены, заделаны в кладку. По линии их заделки образовалась горизонтальная трещина, не влияющая на прочность резервуара. Других трещин ниже не оказалось.

Дежурная, выходившая проверить поступление воды в заполненный в это время на высоту 1,5 *м* резервуар, рассказала: «Повернув голову, я увидела молниеносно надвигавшуюся черную, слегка светящуюся тучу, закрывавшую полнеба. Забежав в дежурку, я легла на топчан, но мгновенно была сброшена с него. Добравшись ползком до двери, я поднялась уже на улице и побежала домой; земля из под ног как будто уходила и не давала чувствовать опору под собой»... Необходимо отметить, что показанное ею направление движения волны совпало с образовавшимися волнами воды в резервуаре (волны образовались в направлении короткой стороны отстойника). При этом вода выплескивалась через край отстойника, поднимаясь с уровня 1,5 *м* над дном до высоты в 5 *м*. Потоки воды, переплескиваясь через две противоположные стены отстойника, оставили свои следы на поверхности земли.

Рассказ дежурной о свечении тучи было бы трудно объяснить, если бы нами не был опрошен дежурный АШГРЭСа. Он рассказал: «Я поднимался по лестнице и достиг половины ее высоты, когда раздался шум и лестница закачалась. Что-то взорвалось из оборудования — мелькнуло в голове. Я напряг силы, оторвался от лестницы и скатился вниз. Встал, когда уже не качало, бросился к агрегатам и выключил их сразу один за другим». Таким образом, можно установить, что некоторое время в начале землетрясения АШГРЭС не была выключена и давала энергию. Городской электрический свет и явился причиной свечения столбов пыли, которые наблюдала дежурная резервуара, приняв их за тучу.

Между двумя спаренными железобетонными резервуарами геаминского узла городских водопроводных сооружений с плоскими безбалочными перекрытиями расположена камера

(рис. 224). Оба резервуара с железобетонным мостиком и небольшим железобетонным помещением над камерой задвижек связаны в одно целое. Резервуары повреждений не получили. Нет трещин и в точках соединения мостика со стенами резервуаров. Незначительные трещины оказались лишь по линиям примыкания стенок железобетонного павильончика к железобетон-

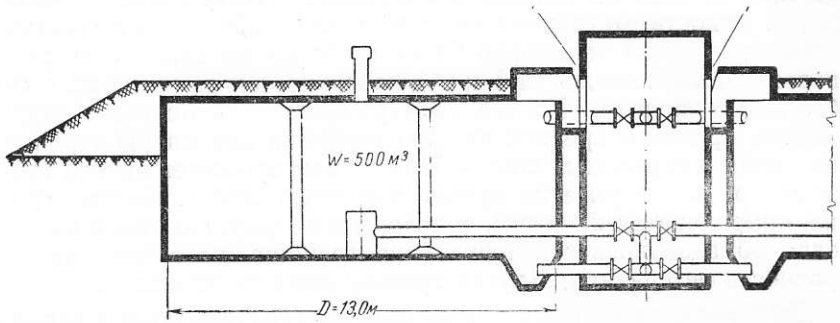


Рис. 224. Разрез по железобетонному спаренному резервуару:
1—трещины

ному перекрытию и к стенам резервуаров. По внешнему осмотру резервуары вполне пригодны для эксплуатации, однако проверить это не удалось, так как по выбывшему из строя еще до землетрясения деревянному водоводу вода в резервуары не подавалась.

Этим и исчерпываются последствия Ашхабадского землетрясения в части повреждения песколовок, отстойников и подземных резервуаров. Другие 9 резервуаров с купольными и безбалочными перекрытиями не были повреждены.

5. ФИЛЬТРЫ

В системе городского водопровода частично используется вода из открытого канала. Фильтровальная станция одного из водопроводных узлов городского водопровода выстроена из железобетона. Между двумя рядами прямоугольных фильтров (по 3 фильтра в каждом ряду) находится камера управления. Эксплуатировались они по типу быстродействующих фильтров — с обратной промывкой. Над центральной частью фильтровальной станции, т. е над камерой управления, расположен павильон размером в плане 4×12 *м*. Стены павильона выполнены в деревянном каркасе с заполнением в $^1/_2$ кирпича. В результате землетрясения появились резко выраженные трещины между стыками каркаса и кладкой, но надстройка сохранилась. Оборудование камеры управления жестко связано со стенами и каналами фильтров, однако никаких повреждений как фильтров, так и оборудования обнаружено не было.

На главном узле водопроводных сооружений расположены старый и новый фильтры-цедильники. Диаметр старого подземного кирпичного фильтра — 6 *м*, а толщина его стен — 64 *см*. Расположенный над фильтром кирпичный круглый павильон был настолько поврежден во время землетрясения, что восстановить его уже было нельзя. Сам фильтр повреждений не получил и работал как во время землетрясения, так и после него.

Новый фильтр главного узла (две ячейки по 4×5 *м* без надстройки) с кирпичными стенками толщиной 51 *см*, после землетрясения тоже работал нормально; трещин в кладке обнаружено не было.

6. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Насосных станций в системе городского водопровода в 1948 г. не было, поэтому были осмотрены имеющиеся на промышленных предприятиях три водопроводные и две канализационные насосные станции.

Здание водопроводной насосной станции механического стекольного завода (наиболее крупной из всех имеющихся в городе) размером в плане 14×10 *м*. Пол заглублен на 2,5 *м* ниже поверхности земли. Стены подземной части из кирпича толщиной в 64 *см*. Насосная станция довольно плотно насыщена агрегатами и проложенными в каналах трубопроводами.

Стены надземной части станции толщиной 51 *см* с антисейсмическим поясом на уровне перемычек. Опирающиеся на внутренние железобетонные колонны прогон и перекрытие в результате землетрясения не пострадали. Наслонные стропила и крыша также сохранились. Почти все простенки целиком оказались сдвинутыми с места, причем верх простенка скользил по сейсмопоясу, а низ—по шву на уровне подоконников. Один из угловых простенков был выбит совершенно (до ближайших окон), но крыша не нарушилась, так как железобетонный пояс выдержал эту нагрузку. Вся подземная часть здания и оборудование землетрясением повреждены не были. Насосная станция после землетрясения продолжала работать без ремонта.

Здание водопроводной насосной станции пивоваренного завода кирпичное, размером в плане 6×16 *м*. Пол находится на уровне земли. Антисейсмического пояса нет. Одна стена (торцовая) разрушилась, но оборудование обвалом не повреждено. Монтажная часть, за исключением электропроводки, осталась в порядке.

Диаметр круглой железобетонной части здания канализационной насосной станции пивоваренного завода равен 6 *м*, а уровень пола на глубине 8 *м*. Трещин в стенах подземной части не обнаружено; никакого повреждения не имеет и оборудование. Однако кирпичный павильон насосной станции, расположенный выше поверхности земли и имеющий железобетонные покрытия, пострадал. Простенки на уровне подоконников и по линии со-

пряжения с железобетонным покрытием дали трещины, но не разрушились.

Круглое здание канализационной насосной станции хлебозавода № 2 выполнено из кирпича. Насос установлен на перекрытии, расположенном на 1 *м* ниже поверхности земли. Под перекрытием находится приемный резервуар сточных вод, глубина которого равна 5 *м*. Стены резервуара кирпичные толщиной 51 *см*, а стены надстройки толщиной 38 *см* с шестью пилястрами, толщиной 12 *см*. Подземная часть и оборудование насосной сохранились без повреждений. Верхняя часть павильона на участке высотою в 1 *м* обрушилась.

7. ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ

Один из железнодорожных водонапорных баков стоял на металлической башне системы Шухова высотою 15 *м*. Каждый из наклонных стержней башни состоял из спаренных швеллеров № 10. Через 2,5 *м* по высоте стержни связывались кольцом из

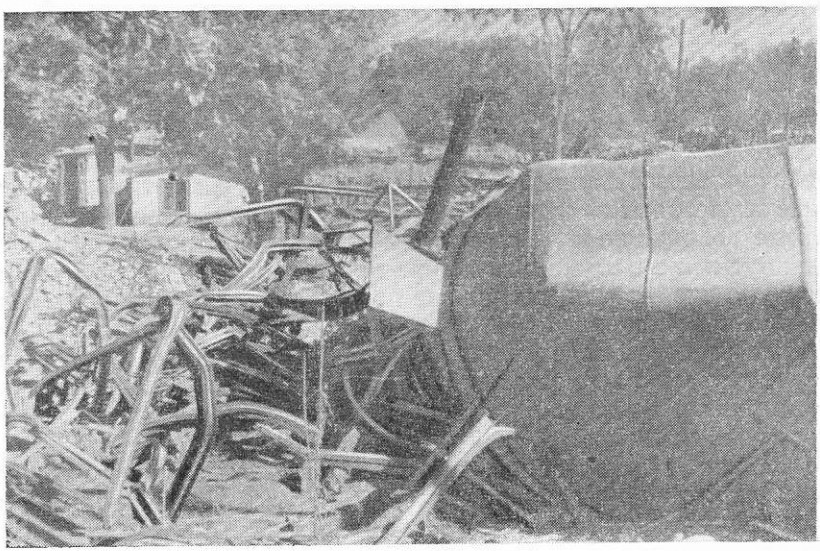


Рис. 225. Разрушение водонапорной башни системы Шухова

таких же швеллеров. Фундамент башни — кольцевой с утолщениями в местах заанкеривания наклонных стержней. Бак объемом 375 $м^3$ шатра не имел, но был покрыт железным куполом.

Башня во время землетрясения обрушилась полностью (рис. 225). Бак, сминая наклонные швеллеры башни, упал вниз почти по вертикали. Фундамент башни, кроме волосных трещин,

повреждений не получил. Анкерные болты тоже сохранились. Во время землетрясения бак был наполнен водой и при падении разбился (образовались разрывы по заклепочным швам).

Другая каменная железнодорожная башня, поддерживавшая два металлических клепаных бака, объемом по 70 $м^3$ каждый, просуществовала около 60 лет. Высота ее до дна баков — 8 *м*. Шатер — рубленый сруб. Толщина каменных стен башни около 80 *см*. Каменная кладка была выполнена из округленных валунов без соблюдения правильности рядов и без перевязки швов. Фасадная часть облицована камнем с обработанными плоскостями и тщательной приколкой облицовочных камней по их периметру. Эта башня разрушилась почти до основания, а баки раскатились в разные стороны от башни.

Водонапорная башня стеклобутылочного завода с металлическим баком объемом 30 $м^3$, установленным без шатра на площадке, поддерживаемой четырьмя слегка наклонными стойками из швеллера № 24, имеет высоту 12,7 *м* до дна бака. Горизонтальные схватки соединяют угловые стойки через 4 *м* по высоте, диагональные раскосы выполнены из уголков 50×50×7 *мм*. Несмотря на то, что бак в момент землетрясения был наполнен водой и башня находилась в районе наибольших разрушений, это сооружение устояло (рис. 226).



Рис. 226. Сохранившаяся водонапорная башня на четырех стойках из швеллеров

На башне складского хозяйства этого же завода, высота которой до дна бака равна 20 *м*, установлен железный бак объемом 7 $м^3$. Над баком возведен легкий дощатый восьмигранный шатер. Каждая из четырех стоек башни состоит из парных уголков 90×90×10 *мм*. На пяти уровнях стойки связаны жесткими рамами в виде сеток из углового железа 45×45×6 *мм*. Из таких же уголков выполнены диагональные раскосы. На всю высоту башни от земли до дна бака установлена цельносварная труба диаметром 100 *мм* с двумя фланцевыми соединениями, закрепленная только в днище бака и на урозне земли. Во время землетрясения выпали три грани шатра. Других повреждений башня не получила.

На деревянной башне винного завода установлен бак емкостью 45 $м^3$. Бак стоит на площадке, опирающейся на четыре слегка наклонные круглые деревянные стойки диаметром 30 *см*. Высота башни до дна бака 12,5 *м*. Через каждые 4 *м* по высоте башни установлены горизонтальные схватки, укрепленные диагональными раскосами. Соединения в узлах — болтовые. Каждая стойка заанкерена в бетонных фундаментных столбах. Башня землетрясение выдержала, несмотря на то, что интенсивность его в этой части города была весьма значительной.

8. ВОДОПРОВОДНЫЕ УЗЛЫ ПРИ СООРУЖЕНИЯХ И КАМЕРЫ

Если узлы водопроводной сети были смонтированы на относительно эластичных стыках, то монтаж узлов при водопроводных сооружениях был осуществлен на жестких стыках. Однако, вопреки всем предположениям, такие узлы с жесткой заделкой в стены резервуаров повреждены не были. Всего узлов и камер, вместе с промышленными, было обследовано 10. Остановимся на описании некоторых камер, не имевших повреждений.

На Ямбашском водопроводном узле камера переключения у двух подземных резервуаров, глубиной 3,5 *м* и емкостью по 500 $м^3$, имеет железобетонное перекрытие, засыпанное слоем грунта толщиной 60 *см*. В камеру входит шесть нитей водопровода, причем перед выходом из камеры каждая нить снабжена раструбом. Трубы в кладку стен заложены жестко. В стенах, даже в местах ввода трубопроводов, трещин не обнаружено.

Распределительная камера у двух подземных резервуаров механического стекольного завода емкостью по 500 $м^3$ каждый, имеет глубину 4 *м*. Стены камеры кирпичные, толщиной 64 *см*, перекрытие железобетонное ребристое. В камеру введены девять трубопроводов диаметром 200; 250 и 300 *мм*, проходящие как над дном камеры, так и на глубине 2 *м* от поверхности земли. В камере установлены задвижки на фланцах, жестко соединенные с трубопроводами. Все трубопроводы — стальные, без раструбов и нет никаких других компенсаторов. Заделка труб в стены — жесткая, но каких-либо нарушений трубопроводов или трещин в стенах нигде не обнаружено. На стенах камеры сооружена кирпичная хлораторная, толщина стен которой равна 38 *см*, а высота — 3,5 *м*. Надстройка антисейсмического пояса не имела и в ее стенах образовались довольно большие трещины.

Железобетонная камера между двумя подземными железобетонными резервуарами по 500 $м^3$ городского водопровода (геаминский узел) представляет известный интерес в связи с тем, что стальные трубопроводы, соединяющие оба резервуара, жестко заделаны в железобетоне. Никаких раструбов или других компенсаторов нет. Нарушений в трубопроводах не обнаружено, появились лишь трещины в местах сопряжения железобетонной надстройки камеры с перекрытиями резервуаров (рис. 224).

9. РАБОТА ВОДОПРОВОДА ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Городской водопровод Ашхабада во время землетрясения работал бесперебойно. Подача воды от головных сооружений и от водопроводных узлов в городскую сеть была нормальной. Правда, давление в сети в связи с утечками резко понизилось, но тем не менее все водоразборные краны давали воду. Крупная утечка воды из поврежденных труб в разрушенных железнодорожных водонапорных башнях была прекращена через час после землетрясения. Через два дня были изолированы переломы труб на Стекольной ул., а затем постепенно ликвидировались малые утечки в других местах. Через 20 дней после землетрясения нормальный напор в сети был почти полностью восстановлен.

10. ВЫВОДЫ О СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ВОДОПРОВОДНЫХ УСТРОЙСТВ И СООРУЖЕНИЙ

Обследование ашхабадских водопроводных сооружений позволяет сделать следующие выводы.

1) Водозаборные сооружения — кяризы и скважины — оказались достаточно сейсмостойкими. Вместе с тем следует иметь в виду возможность изменения дебита грунтовой воды в момент землетрясения. Так, в районе главных водозаборных устройств Ашхабадского водопровода общий дебит увеличился до 5%, причем не было ни одного источника, снизившего дебит, наоборот, вода появилась даже в местах, где источники давно иссякли. Но особенно резкое увеличение дебита воды произошло в геаминских источниках, где он увеличился с 7 до 85 *л/сек.*; через девять лет дебит снизился до 52 *л/сек.*

2) В тех местах, где деформации почвы были упругими (трещины не образовывались), никаких повреждений водоводов и разводящей сети не было. В этих местах все трубы (стальные, чугунные и асбестоцементные), независимо от глубины прокладки, перенесли землетрясение хорошо. На участках, где наиболее возможно образование трещин в грунте (вблизи логов и т. п.), надо увеличивать глубину прокладки трубопроводов.

Одной из основных причин утечки воды из водопровода после землетрясения является отрыв разводящих газовых труб в местах присоединения их к магистральным трубопроводам. Для предохранения от этих повреждений следует и на газовых трубах сразу за вентилем устанавливать сальниковые компенсаторы.

3) Имеющиеся в городе подземные водоемные сооружения (отстойники и подземные резервуары обычной для южных городов конструкции) оказались достаточно сейсмостойкими. Это заключение подтверждается также тем, что при повторном осмотре сооружений через девять лет после землетрясения не было обнаружено никаких, связанных с незамеченными трещинами дефектов в водоемных сооружениях.

4) При сооружении фильтровальных станций в сейсмических районах рекомендуется устраивать гибкие соединения в точках пересечения трубопроводами стенок фильтров. Огромное количество трубопроводов, пересекающих стенки фильтров, определяет потребность в соответствующем количестве сальниковых муфт. Приходится значительно расширять коридор между фильтрами и удорожать строительство. В то же время небольшая фильтровальная станция ашхабадского водопровода смонтирована жестко и при землетрясении не пострадала, несмотря на то, что вся территория вокруг здания покрылась резко выраженными трещинами. Это учтено при проектировании фильтровальной станции большой производительности для Алма-Аты. Там была принята жесткая заделка входящих в фильтры патрубков, причем компенсация была достигнута за счет упругости тонкостенных продольных трубопроводов. Расчет заключался в том, что податливость 6-миллиметровых стенок трубопровода будет компенсировать перемещения примыкающих к нему патрубков.

5) Оборудование насосных станций при землетрясении повреждено не было, однако воду они подавать не могли, потому что электросеть в момент землетрясения была отключена. Но и в ином случае подача тока могла быть прервана, например, в связи с повреждениями электросети, замыканиями, пожарами и т. п., кроме того, возможность землетрясения не исключена и в будущем. Поэтому в насосных станциях желательно устанавливать резервные агрегаты с двигателями внутреннего сгорания автомобильного типа.

6) Обрушение каменной водонапорной башни железнодорожного водопровода, построенной из камня округленной формы, без перевязки швов, не показательно. Гораздо более симптоматично разрушение стальной башни системы Шухова (известны случаи падения этих башен и от ветровой нагрузки). В Ашхабаде разрушение башни произошло от воздействия сейсмических сил. Есть основания предполагать, что эта конструкция неудачна для сейсмических районов, так как гибкость отдельных элементов конструкции значительно снижает ее общую сейсмостойкость. Примечательно, что металлические и деревянные водонапорные башни упрощенного типа при землетрясении почти не были повреждены.

7) Несмотря на то, что в местах жесткой заделки труб, объединяющих попарно резервуары и расположенные между ними камеры, повреждений не было, такое решение не заслуживает одобрения и не может быть рекомендовано к применению не только в сейсмических районах, но и и в обычных условиях, так как длинная, жестко заделанная в стенку резервуара стальная труба является рычагом, способным вызвать трещины в железобетонном резервуаре даже под влиянием осадки грунта.

ГЛАВА VIII

ОБОБЩЕНИЯ И ВЫВОДЫ

1. ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1948 г.

Ашхабадское землетрясение 6 октября 1948 г. по силе главных ударов и по величине района распространения уступает многим землетрясениям, происходившим в прошлом в разных частях земного шара. Однако разрушительные последствия этого землетрясения и вызванные им бедствия ставят его в один ряд с наиболее крупными и губительными землетрясениями. В этом первая особенность Ашхабадского землетрясения.

Второй особенностью этого землетрясения является внезапность сильнейших толчков. Обычно предшествующих им более слабых колебаний почвы на этот раз не было.

Третья особенность рассматриваемого землетрясения — кратковременность действия основных разрушительных ударов. По свидетельству многих очевидцев, продолжительность землетрясения исчислялась несколькими секундами.

Близкое расположение эпицентра к г. Ашхабаду (25 *км*) сказалось не только на интенсивности землетрясения в районе города, но и на направлении главных толчков. Величина вертикальной составляющей сейсмического удара была весьма значительна и роль ее в разрушительном действии на здания и сооружения была очень велика.

Считается установленным, что горизонтальным сейсмическим ударам предшествовал сильный вертикальный удар. Последующие вертикальные толчки совпадали по времени с горизонтальными колебаниями почвы или, во всяком случае, разница во времени их проявления была настолько незначительна, что действующие на здания вертикальные и горизонтальные колебания почвы могут считаться практически одновременными. Это довольно четко подтвердилось характером повреждений сооружений и предметов домашнего обихода, а также некоторыми другими сопутствующими землетрясению явлениями.

В характеристике проявления сил землетрясения в Ашхабаде и в прилегающих районах нужно отметить высокую интенсивность короткопериодных колебаний почвы и их активную роль

в разрушении зданий и сооружений. Короткопериодные колебания, расстраивая швы кирпичной кладки и нарушая жесткие соединения конструкций, как бы подготовляли здания к последующим разрушениям под действием длиннопериодных волн.

Основной же причиной столь катастрофических, не имевших прецедента на протяжении всей истории Туркмении, последствий было то, что зона наиболее разрушительного действия землетрясения охватила густонаселенный район, почти в центре которого находится г. Ашхабад. Отсутствие всяких признаков, предвещающих такое сильное землетрясение, было второй причиной происшедшей катастрофы.

В этом, сравнительно густо заселенном районе предгорий Копет-Дага в прошлом произошло сравнительно много землетрясений; некоторые из них вызывали разрушение сооружений. Однако землетрясения, равного по силе и бедствиям Ашхабадскому землетресению 1948 г., не было, по крайней мере, в течение последних 500 лет. Свидетельством этому может служить мечеть Анау (в 8 *км* от Ашхабада), построенная в XV веке и не имевшая повреждений вплоть до Ашхабадского землетрясения 1948 г., во время которого она была полностью разрушена.

Изучение землетрясений, происходивших в районе г. Ашхабада в прошлом, позволяло ожидать здесь землетрясения силой не выше 8 баллов. Поэтому сейсмичность района города Ашхабада определялась в разное время интенсивностью в пределах 7—8 баллов. Это привело к тому, что здания в Ашхабаде возводились в расчете на 7 или 8 баллов, а многие индивидуальные сырцовые жилые дома возводились без всяких антисейсмических мероприятий. Огромное количество несейсмостойких домов досталось городу и населенным пунктам как дореволюционное наследие.

Естественно, что здания, построенные не только из сырца, но и из других более сейсмостойких материалов с расчетом на 7 и 8 баллов, при строительстве которых часто допускалось применение некачественных растворов и бетонов, не могли противостоять разрушительному землетрясению 9-балльной интенсивности, в зону которого попала большая часть города и ряд населенных пунктов.

На основании произведенных обследований можно обрисовать следующую общую картину проявления интенсивности землетрясения и его последствий в г. Ашхабаде.

В большей части города интенсивность землетрясения проявилась с силой в 9 баллов, и лишь в южной и западной частях его сила снижалась до 8 баллов (что вполне согласуется с микрогеологическими и гидрогеологическими условиями этих районов).

В 9-балльной зоне сырцовые постройки превращены в груды развалин. Разрушение сырцовых жилых домов с тяжелыми грунтовыми плоскими крышами было наиболее опасным для

жизни людей. В 8-балльной зоне часть сырцовых зданий была разрушена полностью, а другие здания были только сильно повреждены.

Повреждения и разрушения кирпичных и каменных зданий были весьма различны, в зависимости от их размеров, от соблюдения требований к сейсмостойкости при проектировании и от качества строительных работ. В этой группе зданий как в 9 так и 8-балльных зонах сейсмичности были и полностью разрушенные, и хорошо сохранившиеся здания. Все же нужно сделать вывод, что кирпичные и каменные многоэтажные здания в г. Ашхабаде в большинстве случаев были сильно и непоправимо повреждены.

Здания с железобетонными каркасами, сейсмостойкость которых значительно выше кирпичных и каменных, были повреждены меньше, но и среди них, в зависимости от тех же причин, оказались здания хорошо сохранившиеся и разрушенные полностью.

Небольшое количество имевшихся в Ашхабаде жилых зданий каркасно-деревянной конструкции и промышленных зданий смешанной металло-деревянной конструкции перенесли землетрясение без значительных повреждений.

Материалы, собранные при обследовании отдельных населенных пунктов плейстосейстовой области, позволяют определить интенсивность землетрясения на территории Ашхабадской области и охарактеризовать его последствия в зависимости от географического положения и геологических условий того или иного населенного пункта.

9-балльная зона землетрясения, простираясь на восток от города, охватывает районы станции Анау и совхоза Курру-Гаудан. Сырцовые здания в этих пунктах разрушились полностью. И лишь уцелевший кирпичный резервуар и часть устоявших стен бани в Курру-Гаудане позволяют предполагать, что интенсивность землетрясения в совхозе была ограничена 9 баллами.

В поселке Калининске сила землетрясения находилась в пределах между 8 и 9 баллами. Около половины всех сырцовых зданий в поселке разрушились полностью, а остальные получили непоправимые повреждения. Такая же сила землетрясения была установлена и в поселке Багире.

8-балльная зона землетрясения охватила районы станции Гяурс и поселков Гяурс, Маныш, Шабли, цементного завода в Безмеине, поселка и станции Геок-Тепе. Более 35% сырцовых зданий в этих пунктах разрушилось.

В 7 и частично 8-балльную зону землетрясения попали следующие пункты: разъезд № 47, станция Ахсу, поселки Первомайск и Карагач, конезавод № 69, Верхний Багир и станция Безмеин. Повреждения сырцовых зданий в этих пунктах в большинстве случаев незначительны.

6-балльная зона землетрясения охватывает станции Баба-Дурмаз, Артык и поселки Яблоновка, Гаудан, Фирюза. В этих

населенных пунктах даже слабые сырцовые здания не были серьезно повреждены. Появились лишь небольшие трещины в сырцовых стенах, да кое-где осыпалась штукатурка.

Количество населенных пунктов, попавших в зону разрушительного действия землетрясения, невелико, поэтому общий объем разрушений на территории области значительно меньше, чем в самом Ашхабаде.

2. ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Известно, что микрогеологические и гидрогеологические факторы весьма влияют на интенсивность землетрясения в каждом конкретном пункте. В связи с этим небезынтересно проследить, в какой степени грунты влияли на изменение силы землетрясения в разных районах города.

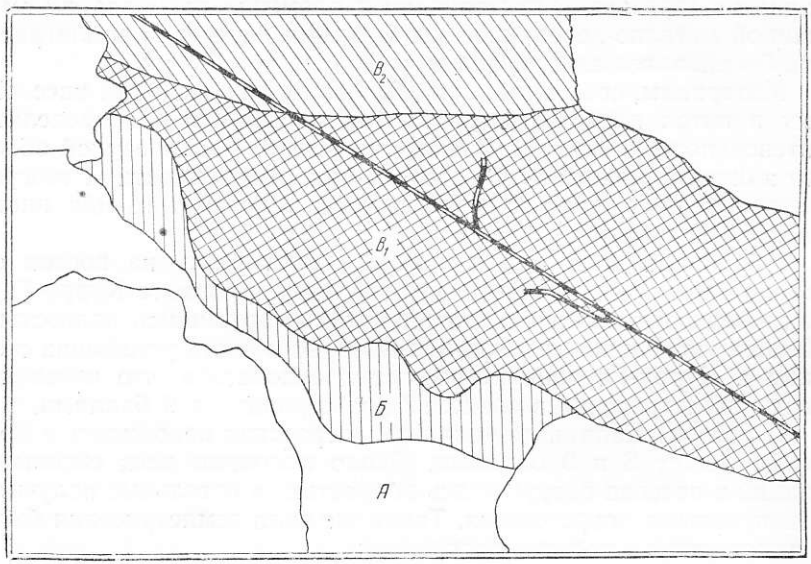


Рис. 227. Схема гидрогеологических зон в районе г. Ашхабада

Основанием для фундаментов зданий и сооружений в г. Ашхабаде являются супесчано-суглинистые грунты, подстилаемые гравийно-галечниковыми отложениями. В зависимости от мощности супесчано-суглинистых образований и глубины залегания грунтовых вод территорию г. Ашхабада можно разделить на следующие зоны (рис. 227):

1) южная и юго-западная слабо застроенная предгорная окраина города — зона *А*, простирающаяся с юго-востока на се-

веро-запад. Грунты в ней сложены мощной толщей гравийно-галечных отложений, покрытых мелкозернистыми супесчано-суглинистыми образованиями глубиной, не превышающей 1 *м*.

2) следующая за ней — зона *Б*, простирается в том же направлении и захватывает густо застроенные части города. Состав грунтов тот же, что и в зоне *А*, но мощность супесчано-суглинистых отложений колеблется в пределах от 1 до 3,5 *м*.

3) далее идет зона B_1, охватывающая почти всю восточную и северо-восточную часть города, большую часть центра и наиболее застроенную западную и северо-западную части города. Супесчано-суглинистые отложения в этой зоне достигают 10-метровой толщины.

4) северная зона B_2 охватывает слабо застроенную территорию за железнодорожной линией. Грунты на глубине до 10 *м* сложены тоже преимущественно супесчано-суглинистыми отложениями.

Обследованием повреждений зданий установлено, что в южной и западной частях города, где микрогеологические и гидрогеологические условия несколько благоприятнее, интенсивность землетрясения соответствовала 8 баллам. Центральная же часть города и полосы по обеим сторонам железной дороги, где залегание грунтовых вод неглубокое, а мощность суглинков и супеси значительна, землетрясение проявилось с силой в 9 баллов.

Примерами резкого влияния микрогеологических факторов на интенсивность землетрясения могут служить также грунтовые условия других населенных пунктов — Первомайска, Багира, Верхнего Багира, Безмеина и др., где интенсивность землетрясения в зависимости от микрогеологических условий колебалась с разницей от 1 до 3 баллов. Следует отметить район мельницы, расположенный между Ашхабадом и Курру-Гауданом, где интенсивность землетрясения снижалась до 7 баллов. Грунты здесь лёссовидные, но залегают на глубину не более 1,5 *м* и подстилаются мощными образованиями галечника.

Степень разрушения зданий, основанных на различных грунтах, подтвердила, что наибольшая интенсивность землетрясения проявилась на мощных напластованиях мелкоземистых грунтов с неглубоким горизонтом грунтовых вод, а наименьшая — соответствовала участкам с галечными грунтами и с глубоким залеганием грунтовых вод.

3. ЗНАЧЕНИЕ ПЛАНИРОВОЧНО-КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЗДАНИЙ

Пространственная жесткость здания, равнопрочность конструкций, правильное распределение масс, простая форма плана, ограниченные размеры и другие особенности планировочно-конструктивных решений зданий являются главнейшими факторами

их сейсмостойкости. Рассмотрим значение некоторых из этих факторов в связи со степенью повреждения зданий.

Здания сложной формы в плане, состоящие из нескольких, жестко связанных между собой объемов, при землетрясениях неизбежно повреждаются. При этом трещины возникают в местах примыкания одного объема к другому. Примерами этому служат здания Медицинского института, Министерства сельского хозяйства, клуба механического стекольного завода, железнодорожной школы в г. Ашхабаде и, наконец, здание детского дома в Геок-Тепе.

Во время землетрясения эти здания были разделены сквозными трещинами на отдельные простые фигуры. Следовательно, необходимость разделения сложных в плане зданий при строительстве на отсеки при сильных землетрясениях вполне очевидна.

Следует отметить еще одну особенность повреждений выступающих частей зданий, связанную соотношением размеров этих частей к размерам здания. Последствия землетрясений показывают, что чем меньше ширина выступа по сравнению с длиной стены здания, тем повреждения сильнее и, наоборот, чем шире выступ, тем повреждения меньше. Иными словами, степень повреждения выступающих частей находится в обратной зависимости от соотношения их ширины к длине всего массива здания. Так, например, узкие выступы лестничных клеток повреждались очень сильно. В качестве примеров можно привести жилые дома во втором городе железнодорожников, дом Туркменковерсоюза, административное здание на ул. Свободы и много других.

Разумеется, простота формы здания в плане, его компактность и ограниченные размеры являются лишь отдельными условиями общего критерия сейсмостойкости здания, определяемого в первую очередь пространственной устойчивостью и равнопрочностью его несущих конструкций.

Ашхабадское землетрясение показало, что те здания, в которых были обеспечены эти условия, хорошо сохранились. Примером могут служить хорошо построенные в Ашхабаде железобетонные каркасные здания, к которым относятся текстильная фабрика, здание административно-бытового корпуса и плавильной печи механического стекольного завода, здание АшГРЭСа, южный корпус Дома техники железнодорожников, здание винного завода и некоторые другие, которым землетрясение 6 октября 1948 г. причинило лишь незначительные повреждения.

Опыт обследования зданий позволяет внести поправку в практику применения антисейсмических швов. В большинстве случаев размеры вертикальных швов были недостаточны, что приводило к разрушению верхних частей здания, так как отсеки, разделенные швом недостаточной ширины, в процессе колебаний соударялись.

Неправильно, когда конструкция антисейсмического шва принимается по аналогии с осадочными швами и устраивается

в виде вкладышей, свободно опирающихся на консоли смежных колонн каркаса. Это приводит к значительному снижению общей сейсмостойкости здания, и разрушение начинается именно с вкладышей.

4. ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫЕ ЧАСТИ ЗДАНИЯ

А. Фундаменты

Так как несущими грунтами в городе являются преимущественно лессовидные суглинки, то допускаемое напряжение на эти грунты при низком горизонте грунтовых вод принималось равным 1—1,75 *кг/см*². В некоторой части города, в условиях повышенного уровня грунтовых вод и близости арыков, допускаемое давление принималось равным 0,5—1 *кг/см*².

При слабых и непродолжительных морозах в Ашхабаде грунты промерзают на незначительную глубину (0,2—0,3 *м*), поэтому фундаменты закладывают неглубоко. Фундаменты для жилых одноэтажных зданий из сырцового кирпича обычно возводились ленточные из обожженного кирпича, песчаника или известняка, с глубиной заложения 0,3—0,5 *м*. Фундаменты под кирпичные и каменные здания как промышленного, так и гражданского назначения возводились из тех же материалов, преимущественно на слабых сложных растворах (марки 8—30). Глубина заложения фундаментов этих зданий без подвалов колебалась от 0,7 до 1,5 *м* (преимущественно 1—1,2 *м*).

Такое, сравнительно неглубокое заложение фундаментов, как было установлено обследованиями, мало влияло на степень разрушения зданий. Все фундаменты, за весьма редким исключением, хорошо сохранились. Это можно объяснить тем, что землетрясение не сопровождалось значительными нарушениями земной поверхности.

Б. Стены

Сырцовые стены. Как известно, возведенные без антисейсмических мероприятий стены из сырцового кирпича, а также глинобитные и гувалячные стены значительно повреждаются при 7-балльном землетрясении. При 8-балльной интенсивности землетрясения такие стены частично разрушаются, а 9-балльное землетрясение разрушает эти стены уже полностью.

В практике ашхабадского строительства сырцовые и глинобитные постройки возводились не только без специальных усилений, но и с нарушением основных требований, предъявляемых к зданиям, возводимым в сейсмических районах.

Сложная конфигурация некоторых зданий, большая свободная длина стен, нагружение стен тяжелыми грунтовыми крышами с опиранием стропил непосредственно на кладку, применение слабого глиняного раствора, плохая перевязка швов клад-

ки и т. п. приводили к тому, что сырцовые постройки подвергались катастрофическим разрушениям даже в тех случаях, когда этого не должно было случиться.

Кирпичные и каменные стены. Как уже упоминалось, Ашхабад и прилегающие к нему районы до землетрясения 1948 г. относились к 8-балльному сейсмическому району, а по нормам, изданным в условиях военного времени, даже к 7-балльному. Естественно, что это повлекло за собою допущение многих, весьма существенных недочетов в кладке кирпичных и каменных стен. К общим, очень важным недостаткам в условиях 9-балльного землетрясения относятся: укладка антисейсмических железобе-



Рис. 228. Разрушение тяжелых парапетов

тонных поясов не в каждом этаже, а только в наружных стенах с запуском во внутренние стены «хвостов» на глубину всего лишь 1—1,5 *м*; полное отсутствие армирования углов, примыканий и пересечений стен; отсутствие связи стен с антисейсмическими поясами, перекрытиями и стропилами и т. д. Можно указать также на целый ряд конкретных планировочно-конструктивных недостатков, снижавших сейсмостойкость каменных стен. К ним относится:

1) сложная конфигурация зданий в плане (без разделения их на отсеки), резкие выступы стен в плане, устройство подвалов только под частью здания или отсека;

2) неправильное устройство антисейсмических швов, что, как уже упоминалось, приводило во время землетрясения к взаимным ударам и повреждениям стен смежных отсеков;

3) наличие на зданиях тяжелых массивных венчающих частей (фронтонов, парапетов, карнизов, тумб, скульптур, кирпичных и

каменных щипцовых и брандмауэрных стен и т. п.). Эти тяжелые надстройки, действуя во время землетрясения как разрушающий рычаг, не только обрушались сами, но повреждали, опрокидывали и разрушали стены и расположенные ниже перекрытия (рис. 228);

4) антисейсмические железобетонные пояса укладывались на уровне оконных перемычек, что исключало возможность устройства жесткой и прочной связи поясов с балками перекрытий и тем самым приводило к значительному снижению пространственной жесткости и прочности коробки здания;

5) местная перегрузка неармированной кладки стен значительными сосредоточенными грузами от железобетонных балок, прогонов и перемычек при неглубокой заделке концов (малая площадь опирания) приводила к раздроблению кладки и к разрушению стен;

6) значительное ослабление внутренних несущих капитальных стен многими дверными и печными проемами, нишами, дымовыми и вентиляционными каналами резко снижало сейсмостойкость таких стен;

7) возведение висячих стен без специальных конструктивных мероприятий весьма отрицательно сказалось на устойчивости зданий при землетрясении;

8) резкая разница в ширине простенков, приводившая к неравным условиям их работы, вызывала местные перенапряжения и разрушения кладки;

9) консольные заделки в стены тяжелых массивных железобетонных балконов, действовавших как рычаги, вызывали повреждения, а иногда и разрушения стен;

10) неоправданно большая толщина стен в верхних этажах (такая же, как и в нижних) увеличивала массу стен верхних этажей, что снижало сейсмостойкость здания;

11) недостаточная прочность перемычек (рядовых кирпичных и дерево-кирпичных) часто служила причиной не только более интенсивного повреждения стен, но и полного их обрушения;

12) возведение неармированных высоких стен и заполнений приводило к выпучиванию их (рис. 229) или к полному разрушению.

Самым существенным, решающим фактором, определяющим недостаточную сейсмостойкость стен, являлось низкое качество кладки, заключавшееся в:

а) применении плохих растворов (каракумские, пылеватые и засоренные слюдой пески), составы которых назначались без лабораторных испытаний. В большинстве случаев применялся раствор марки 8—12 (известковый), редко — 15 и только в отдельных случаях можно было встретить более прочный раствор;

б) несоблюдении основных правил производства кирпичной и каменной кладки в условиях сухого и жаркого климата (смачивание кирпича и создание необходимых влажностных условий

твердения), что служило одной из причин плохого сцепления кирпича с раствором;

в) незаполнении, в некоторых случаях, раствором вертикальных швов.

Все это привело к тому, что даже при достаточно хорошем кирпиче и камне кладка не имела требуемой прочности. Каждый из перечисленных дефектов в отдельности в той или иной мере ухудшал сейсмостойкость зданий. В целом же они приводили к большим авариям.

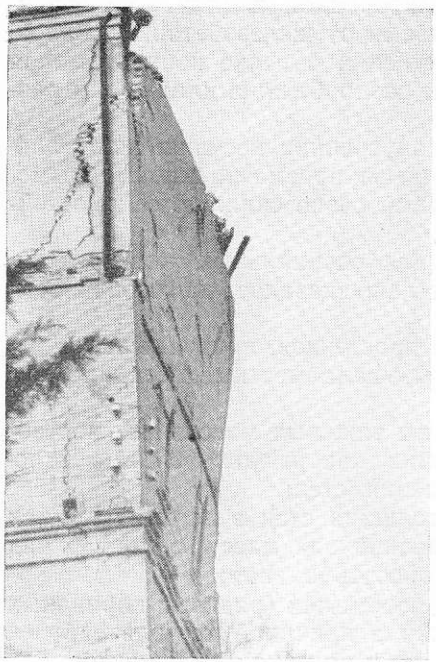


Рис. 229. Выпучивание торцовой стены русского драматического театра

Стены подвальных и цокольных этажей как кирпичные, так и бутовые в подавляющем большинстве сохранились хорошо. Многие из них как наружные, так и внутренние не имели никаких следов повреждений и лишь в некоторых подвальных стенах образовались косые или вертикальные волосные трещины. Только там, где на стены опирались тяжело нагруженные железобетонные балки или прогоны перекрытий, образовались довольно значительные трещины, а иногда и местное раздавливание кладки.

Характеристика позреждений несейсмостойких каменных стен сводится к следующему. Подвальные (подземные) стены сохранились значительно лучше стен надземных частей зданий. В свою очередь стены первых этажей 2- и 3-этажных зданий, как правило, пострадали в меньшей степени, чем стены вышерасположенных этажей. Были исключения, когда простенки в 1-м этаже оказались более повреждены, чем во 2-м (рис. 230).

Типичным же для стен первых этажей является следующий характер повреждений. Нижняя часть стен (до подоконников) за редкими случаями серьезных повреждений не имела; на этих участках можно отметить лишь волосные трещины и местное отслоение штукатурки. На глухих же участках стен (торцы и стены лестничных клеток) трещины проходили, как правило, в диагональном направлении, при этом, незначительно раскрываясь у

цоколя, расширялись кверху. Простенки первых этажей повреждались по-разному, в зависимости от их ширины: в широких появлялись диагональные перекрещивавшиеся трещины, проходившие по швам кладки, а в узких — горизонтальные трещины, внизу на уровне подоконников и вверху на уровне низа перемычек. В отдельных случаях простенки 1-го этажа разрушались полностью.

Характер трещин в простенках вторых и третьих этажей такой же, но число и размеры их резко возрастали. Стены вторых и третьих этажей в некоторых случаях обрушивались, а в других



Рис. 230. Жилой дом горкомхоза на улице 1 Мая. Повреждений простенков в 1-м этаже больше, чем во 2-м

случаях настолько деформировались, что оказались на грани обрушения или в состоянии, исключающем возможность их восстановления. Наружные стены вторых и третьих этажей часто отрывались от поперечных с отклонением от них на 10—20 *см* и выпучивались. Были случаи полного отрыва и разрушения продольных стен.

Наиболее поврежденными участками стен в зданиях оказались углы, выступы в плане, торцовые стены и стены лестничных клеток. Часто эти участки стен непоправимо повреждались даже тогда, когда здание в целом сохранилось более или менее удовлетворительно.

Характер повреждений внутренних и наружных стен в различных этажах был различен — внутренние стены (главным об-

разом поперечные), как правило, повреждались больше, чем наружные (рис. 231). Кирпичные и каменные брандмауэрные и щипцовые стены в большинстве случаев обрушились, повреждая при падении крышу и разрушая перекрытия.

Тяжелые венчающие части зданий (карнизы, парапеты, балюстрады, скульптуры и т. п.) при отсутствии надежной связи с антисейсмическими поясами и перекрытиями всегда опрокидывались первыми (рис. 232), вызывая при этом часто разрушение расположенных ниже конструкций. Разрушались также железобетонные порталы, нагруженные тяжелыми фронтонами

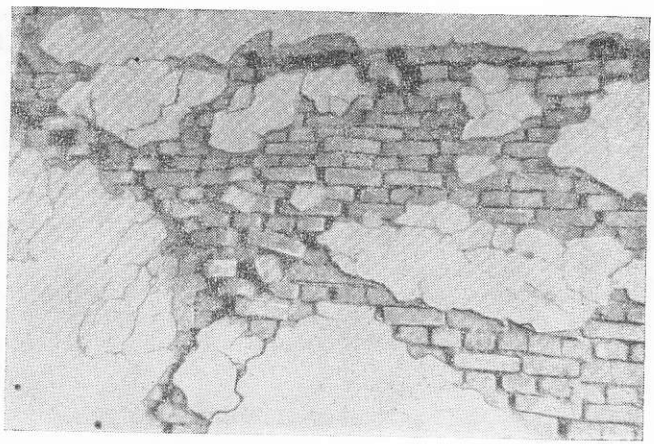


Рис. 231. Характерные трещины и расстройство кирпичной кладки внутренних стен

(рис. 233). Массивные кирпичные колонны портиков, выполненные без армирования, как правило, также разрушались (рис. 234).

Каркасные деревянные стены с сырцовым заполнением. Деревянные каркасы в г. Ашхабаде и в прилегающих районах не получили широкого распространения, но по имевшимся в городе нескольким 2-этажным домам этой конструкции можно составить заключение об их высокой сейсмостойкости. Однако недостаточная жесткость каркаса, почти полное отсутствие креплений в сопряжениях деревянных элементов, отсутствие надежной связи сырцового заполнения с каркасом и т. п. приводили в ряде случаев к перекосу каркаса и крену здания, к образованию трещин в кладке заполнения, а также между ним и элементами каркаса (и к выпадению в верхних участках панелей) кирпичей заполнения.

Железобетонные каркасные стены с кирпичным заполнением. Применявшиеся в г. Ашхабаде (преимущественно в промышленном строительстве) стены этой конструкции оказались весьма

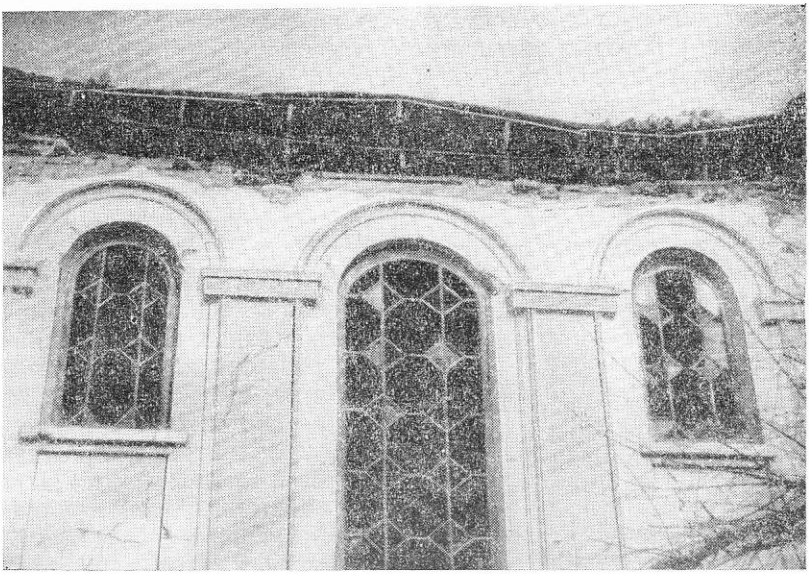


Рис. 232. При повреждении карнизной части стены арочные полуцир кульные перемычки хорошо сохранились



Рис. 233. Обрушение железобетонного портала с фронтоном высотой в 2 этажа в разрушенном здании Педагогического института

разными по сейсмостойкости и степени сохранности. Наряду со зданиями, у которых кирпичные стены с железобетонным каркасом получили незначительные и легко исправимые повреждения, встречались здания полностью разрушенные и превращенные в руины при равной силе землетрясения. В целом же железобетон как материал, обладающий высокой прочностью на растяжение и срез, оправдал ту высокую оценку, которую ему обычно дают в отношении сейсмостойкости; он является одним из самых надежных материалов в антисейсмическом строительстве.

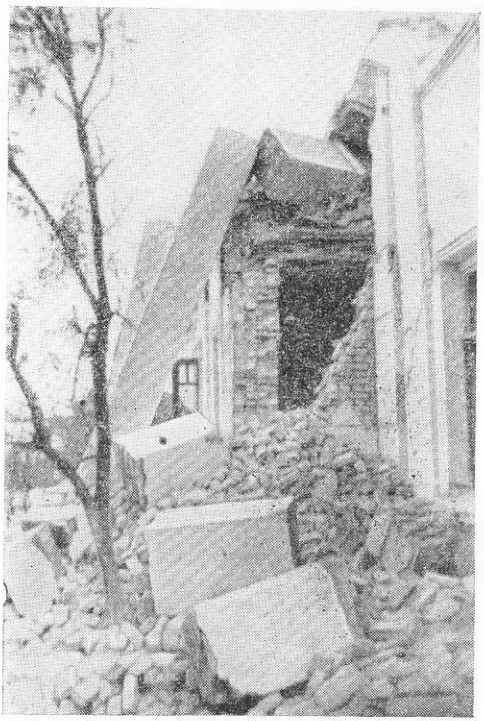


Рис. 234. Разрушение кирпичного портика школы

Как показали обследования, основной причиной серьезных повреждений и разрушений не только стен, выполненных в железобетонном каркасе с кирпичным заполнением, но и многих других железобетонных конструкций, было низкое качество бетона. Для приготовления бетона применялись инертные материалы, не отвечающие требованиям стандартов. Песок применялся в большинстве случаев каракумский, мелкозернистый, с большим содержанием лессовидных суглинков и засоренный слюдой, а вместо щебня употреблялся гравий с гладкоокатанной поверхностью. Состав бетона подбирался не в лабораториях и в ходе строительства ими не контролировался. Укладка бетона и обеспечение необходимого режима его твердения, судя по его низкой прочности в поврежденных конструкциях, очевидно осуществлялась без надлежащего соблюдения технических условий на производство строительных работ. В результате этого в ряде случаев бетон имел недопустимо низкую прочность. В некоторых случаях причиной повреждения железобетонного каркаса стен было неправильное расположение рабочих швов при перерывах в бетонировании.

К конструктивным недостаткам самого разнообразного характера относятся:

1) неудачное устройство антисейсмических швов (консольные и консольно-вкладышные);

2) расположение стыков арматуры внахлестку в одном сечении;

3) отсутствие косой арматуры в вертикальных элементах;

4) редкое расположение хомутов или полное их отсутствие в местах наибольших изгибающих и скалывающих усилий от горизонтальных сейсмических нагрузок;

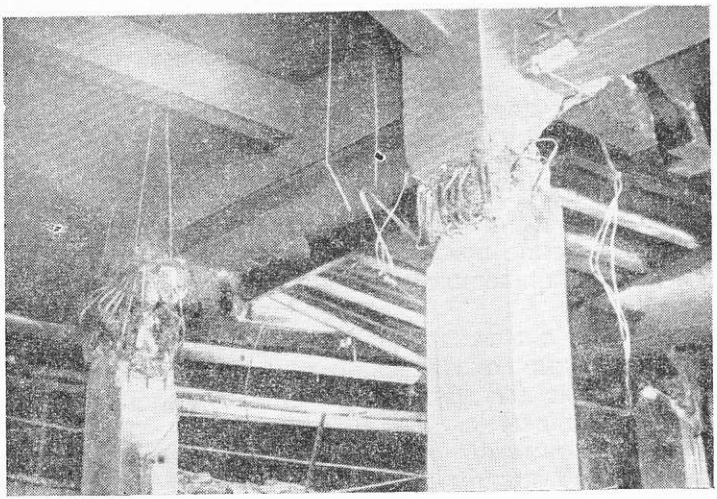


Рис. 235. Повреждение железобетонных стоек в местах их сопряжений с перекрытием

5) кладка кирпичного заполнения на слабых растворах и без связи его с каркасом;

6) недоучет возможности 9-балльного землетрясения в районе г. Ашхабада вместо 8-балльного.

Разумеется, что, в зависимости от объема допущенных ошибок и нарушений правил антисейсмического строительства, здания с железобетонным каркасом были повреждены в различной степени. Наряду с полностью разрушенным зданием мясокомбината и обрушением отдельных участков каркаса или заполнения в других зданиях, можно было наблюдать только повреждение стоек и ригелей каркаса в местах их сопряжений (раздробление бетона, трещины в бетоне) (рис. 235). В других каркасных зданиях повреждения свелись к разрушению консолей и ригелей в местах образования консольных антисейсмических швов или к образованию трещин в кладке заполнения преимущественно в местах примыкания к каркасу и к обрушению облицовки стоек каркаса.

В. Перегородки

Степень и характер повреждений перегородок зависит от их конструкции и от связи со стенами. В кирпичных и деревянных зданиях лучшими по сейсмостойкости являются обыкновенные каркасно-обшивные перегородки. Преимущество этих перегородок состоит в их легкости, жесткости и упругости (основные качества сейсмостойких конструкций).

Деревянные каркасно-обшивные перегородки, оштукатуренные по драни, имели широкое распространение в гражданском строительстве г. Ашхабада. Перегородки этой конструкции, хорошо прикрепленные к примыкающим основным конструкциям, хорошо перенесли землетрясение. Слабым местом этих перегородок явилась штукатурка, которая во время землетрясения местами отслаивалась от обшивки.

Шлакобетонные, гипсолитовые и им подобные панельные перегородки хорошо переносят землетрясения в том случае, когда они усилены ребрами жесткости из досок, укрепленных к балкам перекрытия. Плотное примыкание таких перегородок к капитальным стенам приводило к раздавливанию отдельных панелей.

Алебастровые плиты заполнения перегородок, примененные в некоторых зданиях, оказались достаточно сейсмостойкими. Выпадения этих плит или других серьезных повреждений, как правило, не наблюдалось.

Фахверковые перегородки с кирпичным заполнением получили трещины по линиям примыкания заполнения к элементам каркаса. В некоторых случаях выпали кирпичи из верхних панелей.

Железобетонные перегородки в кирпичных зданиях, нередко действуя как жесткое зубило (по сравнению с другими конструкциями), выбивали в кирпичных стенах, между которыми они были установлены, глубокие штрабы по всей высоте, но сами не повреждались (здание музыкального училища).

Г. Перемычки

Рядовые кирпичные перемычки, примененные в ряде зданий, оказались весьма несейсмостойкой конструкцией. Они не только сами разрушались, но часто представляли начальное место разрушений и повреждений стен здания.

Клинчатые перемычки оказались не намного прочнее рядовых. Кладка их расстраивалась, особенно в ключе (рис. 236), а в некоторых случаях они польностью разрушались.

Деревянные перемычки, применявшиеся преимущественно в сырцовых зданиях, в случаях устройства их из досок толщиною 5—6 *см*, повреждались, так как доски прогибались и в кладке над перемычками образовывались трещины. Перемычки же из

брусков и из кругляка выдерживали сейсмическую нагрузку, но кладка под перемычками в местах их заделки повреждалась.

Полуциркульные арочные перемычки, тщательно выложенные из хорошего кирпича на прочном пластичном растворе, вопреки установившемуся мнению о несейсмостойкости таких перемычек, оказались достаточно устойчивыми даже при 9-балльном землетрясении. Повреждения полуциркульных арочных перемычек сводились к образованию трещин главным образом в замке и у пят, расстройству (в некоторых случаях) опирающейся на них кладки и к раздроблению отдельных кирпичей в кладке перемычек.

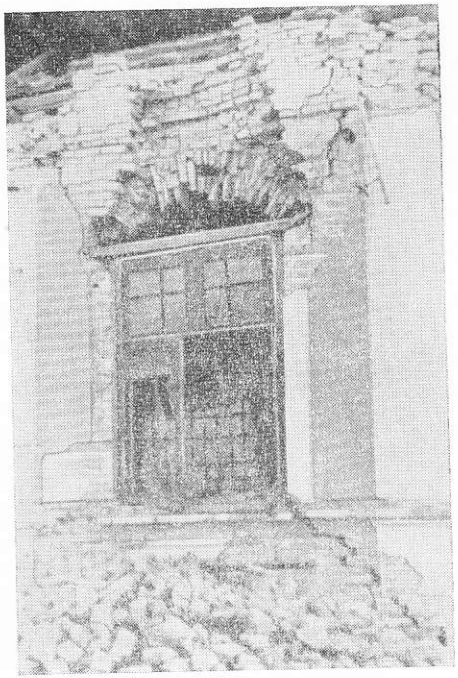


Рис. 236. Разрушение клинчатых перемычек

Железобетонные перемычки являются наиболее распространенным типом перемычек в г. Ашхабаде. Хорошо сохранились лишь те из них, которые были глубоко и тщательно заделаны в кладку стен. При неглубокой заделке перемычек повреждения кирпичной кладки были очень значительны.

Д. Антисейсмические пояса

В каменных зданиях укладывались преимущественно железобетонные антисейсмические пояса нормального сечения (14××52 *см*), но слабо армированные (как правило, четыре стержня диаметром 10—12 *мм*). Деревянные пояса применялись главным образом в сырцовых зданиях. Антисейсмические пояса, применявшиеся в строительной практике г. Ашхабада, меньше всего соответствовали их назначению. К числу наиболее существенных нарушений правил устройства железобетонных антисейсмических поясов следует отнести:

1) ничем не оправданная разрезка поясов на отдельные участки;

2) отсутствие поясов во внутренних стенах. Заводились лишь «хвосты» поясов на глубину 1—1,5 *м*, что было не только бесполезно, но иногда даже вредно;

3) укладка антисейсмических поясов на уровне оконных перемычек, а не на уровне перекрытий, что исключало возможность крепления к ним балок перекрытий, мауэрлатов и карнизов;

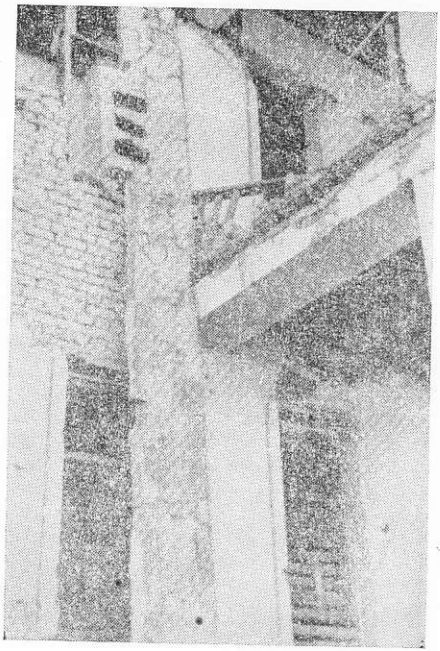


Рис. 237. Обрушение антисейсмического пояса, слабо связанного с кирпичной кладкой и с балками перекрытия (пояс висит вертикально)

4) расположение антисейсмических поясов не на каждом этаже, а через этаж, что оказалось недостаточным при 9-балльной и даже при 8-балльной интенсивности землетрясения;

5) слабое сцепление между антисейсмическим поясом и кладкой, обусловленное низкой маркой раствора и отсутствием «щетинки» (вертикальных стержней, связывающих кирпичную кладку с поясом);

6) плохое качество бетона и слабое сцепление с арматурой, в связи с чем антисейсмические пояса легко разрушались и не выполняли даже частично своего назначения;

7) неправильное армирование поясов в углах и в пересечениях стен и, зачастую, небрежное выполнение стыков арматуры.

При этих недочетах роль антисейсмических поясов в повышении сейсмостойкости зданий в большинстве случаев сводилось к нулю (рис. 237).

Е. Перекрытия и покрытия

Деревянные перекрытия наиболее широко применялись в строительстве зданий жилого, культурно-бытового и административного назначения. Благодаря своей легкости они весьма положительно влияли на снижение величины сейсмических сил инерции. Однако отсутствие крепления балок к антисейсмическим поясам и, следовательно, их слабая связь со стенами исключали возможность использования их как диафрагм для повышения сейсмостойкости здания. Сами же по себе деревянные перекрытия представляют конструкцию вполне сейсмостойкую и обрушались только в случаях разрушения стен.

Железобетонные монолитные перекрытия применялись главным образом в промышленных зданиях и над подвалами и цокольными этажами в жилых, культурно-бытовых и административных зданиях. Такие перекрытия при небольших пролетах и достаточно глубокой заделке плиты в стену перенесли землетрясение без повреждений. С другой стороны — массивные монолитные перекрытия больших пролетов, но с неглубокой заделкой плит были причиной разрушений стен и сами обрушались при этом (Дом техники).

Часторебристые железобетонные перекрытия зданий, выполненные в железобетонных рамных конструкциях, показали высокую сейсмостойкость. Слабым местом в этих конструкциях оказались ригели и стойки рам, которые повредились в местах примыкания ригелей к стойкам, кроме того, стойки имели у основания повреждения в виде трещин и раздробления бетона.

Железобетонные сборные перекрытия с незамоноличенными плитами и балками и смешанные перекрытия (монолитные железобетонные прогоны и сборные железобетонные и деревянные балки) при отсутствии надлежащего между ними крепления подвергались катастрофическим разрушениям (вокзал).

Грунтовые совмещенные плоские крыши, широко применявшиеся в сырцовых домах, разрушались при 8-балльной интенсивности землетрясения, а при 9-балльной интенсивности землетрясения почти не было случая, чтобы такая крыша устояла.

Крыши с деревянными стропилами и легкой кровлей в строительной практике г. Ашхабада имели ряд недочетов. Мауэрлаты не крепились к стенкам и к антисейсмическим поясам; стыки выполнялись впритык без применения накладок; узловые сопряжения выполнялись на гвоздях, а иногда просто на врубках, без всякого крепления; стропильные ноги к мауэрлатам прибивались гвоздями, а иногда свободно опирались на мауэрлат; у конька стропильные ноги часто скреплялись только гвоздями; коньковые прогоны в ряде случаев опирались на кирпичные столбы, которые легко разрушались (жилой дом на ул. К. Либкнехта). Все это приводило к тому, что стропила не обладали достаточной пространственной жесткостью и в отдельных случаях являлись причиной повреждения стен.

Применение тяжелой черепичной кровли в некоторых случаях являлось решающей причиной разрушения сырцовых зданий.

Ж. Лестницы

Деревянные лестницы повреждались только при обрушении на них кладки стен.

Металлические лестницы так же, как и деревянные, хорошо выдержали землетрясение и лишь в силу конструктивных недостатков были случаи отрыва косоуров от площадочных балок.

Железобетонные лестницы, широко применявшиеся в капитальном строительстве г. Ашхабада, оказались вполне сейсмостойкими и, как правило, сохранялись без существенных повреждений, за исключением тех случаев, когда повреждение и разрушение лестниц происходило вследствие обрушения стен лестничных клеток или когда нарушались элементарные правила конструирования их. К такого рода нарушениям относятся:

1) недостаточно глубокая заделка арматуры косоуров в тело площадочных балок, что приводило к выкрашиванию бетона и выдергиванию стержней арматуры, а в отдельных случаях даже к падению косоуров;

2) отсутствие распределительных подушек или армирования кладки в местах опирания площадочных балок, что во многих случаях вызывало местные повреждения стен лестничной клетки;

3) недостаточно глубокая заделка в стены площадочных железобетонных плит, что послужило причиной частичного или полного выдергивания их из стен с последующей деформацией или обрушением.

3. Балконы, веранды и лоджии

Массивные железобетонные балконы, основанные на заделанных в стены консолях, ломались по линии сопряжения со стеной (дом Горкомхоза по ул. К. Либкнехта), или выворачивали кладку стены и обрушивались (дом АшГРЭСа). В других случаях такие балконы, перегружая стены, усиливали их повреждения.

Деревянные веранды, надежно связанные со стенами зданий, показали не только высокую сопротивляемость землетрясению, но, в отдельных случаях, сыграли положительную роль в повышении устойчивости стен при землетрясении. В ряде случаев при недостаточной связи со стенами веранды отходили от здания и сильно деформировались. Повреждение некоторых веранд было вызвано падением на них обрушившейся кладки стен.

Лоджии отрицательно сказались на устойчивости зданий вследствии того, что они, как правило, были образованы изломами стен в плане, плохо сопротивляющимися повреждениям при отсутствии специальных мероприятий.

И. Печи и дымовые трубы

Отопительные печи применялись в г. Ашхабаде преимущественно двух типов: круглые, в футлярах из кровельной стали и прямоугольные без футляров. Если печи в футлярах оказались сейсмостойкими, то печи без футляров при землетрясении превращались в груды развалин. Неплохую сопротивляемость показали печи, заключенные в стальной сварной каркас.

Трубы отопительных печей возводились без кожухов и без какого-либо другого усиления. Стояки дымовых труб на чердаке при 8-балльном землетрясении разрушались или непоправимо повреждались. Оголовки труб, как правило, срезались на уровне крыши и падали.

К. Отделочные работы

Сырцовые здания были оштукатурены, как правило, глиняной и глиносаманной штукатуркой. При тонких наметах такая штукатурка стен во время землетрясения держалась сравнительно хорошо. В большинстве случаев степень ее повреждения зависела от степени и характера повреждения сырцовых стен.

Кирпичные и каменные стены и деревянные перегородки оштукатуризались известково-алебастровым раствором. При небольших наметах штукатурного слоя и при нормальном сцеплении раствора с оштукатуренной поверхностью обрушений известково-алебастровой штукатурки не наблюдалось. Штукатурка потолков известково-алебастровым раствором по драни при толстом намете отслаивалась и падала, а при тонком намете и хорошем сцеплении с поверхностью потолков наблюдалось лишь образование в ней трещин и в некоторых случаях выпадение на небольших участках.

Выступающие из плоскости стены архитектурные детали в виде поясков, сандриков и т. д., выполненные в штукатурке, при землетрясении скалывались и падали.

5. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ

Анализ повреждений целого ряда зданий и сооружений во время Ашхабадского землетрясения 1948 г. и обобщение последствий других землетрясений позволяют дать следующую характеристику сейсмостойкости зданий и сооружений, в зависимости от их конструкции и применяемых материалов.

Бутовые и сырцовые здания. Одноэтажные постройки, стены которых выполнены из бутовой кладки на глиняном растворе, при хорошем производстве работ могут перенести без существенных повреждений землетресение силою до 6 баллов. При землетрясениях силой в 7 баллов стены из бутовой кладки в отдельных случаях разрушаются. Низкая сейсмосопротивляемость бутовой кладки обусловлена ее большим объемным весом, резким различием упругих свойств камня и глиняного раствора, плохой перевязкой бутового камня и слабым сцеплением глиняного раствора с камнем.

Здания из кирпича-сырца подвергаются значительным повреждениям, начиная с 7-балльного землетрясения, но разрушений, угрожающих жизни населения, при этом не наблюдается.

При 8-балльной интенсивности землетрясения сырцовые дома обычной конструкции подвергаются массовому полному или частичному разрушению, а фактор внезапности может вызвать много человеческих жертв. 9-балльное землетрясение разрушает сырцовые здания полностью и возможность какой-либо сохранности зданий исключена. Разрушение сырцовых домов с тяжелыми грунтовыми крышами в зоне 9 баллов явилось главной причиной человеческих жертв.

Кирпичные здания. Повреждения зданий с кирпичными стенами отличаются крайне большим разнообразием в зависимости от конструктивного решения здания, его этажности, качества материалов, производства работ и т. д. Наиболее существенным из всех факторов для каменных зданий является монолитность кладки, что, как утверждает профессор Н. А. Попов, зависит не только и даже не столько от показателя прочности раствора, сколько от прочности сцепления раствора с камнем, а также от прочности сцепления между частицами самого раствора. Таким образом, сцепление раствора с камнем является основным фактором сейсмостойкости каменной кладки и решающим образом сказывается на судьбе каменного здания при землетрясении.

Здания с кирпичными стенами при 7-балльном землетрясении подвергаются незначительным, легко поправимым повреждениям. При 8-балльной интенсивности землетрясения, наряду с сильно поврежденными зданиями, можно наблюдать здания относительно сохранившиеся, которые легко поддаются восстановлению и дальнейшей эксплуатации. Человеческие жертвы и несчастные случаи редки и носят случайный характер .При 9-балльной силе землетрясения контрастность в повреждениях кирпичных зданий также значительна. Некоторые здания разрушаются полностью, превращаясь в руины. У большинства же зданий обрушаются углы и отдельные участки стен, а устоявшие стены получают непоправимые повреждения. Изредка такие здания получают лишь сильные деформации стен без их обрушений, но восстанавливать такие здания практические нецелесообразно (рис. 238). Наконец, последняя, самая немногочисленная группа зданий после землетрясения сохранила удовлетворительный вид и только при детальном обследовании обнаруживаются сквозные наклонные или вертикальные трещины на отдельных участках стен и в местах примыкания наружных стен к внутренним. Эти здания восстанавливаются и пригодны для дальнейшей эксплуатации.

Нужно добавить, что перекрытия в кирпичных зданиях (за исключением полностью развалившихся) не обрушаются и это является исключительно важным обстоятельством с точки зрения сохранения человеческих жизней.

Деревянные здания. Деревянные здания и, в особенности, каркасные деревянные здания являются высокосейсмостойкими и выдерживают самые сильные землетрясения. Но они не могут являться основным типом застройки городов в южных сейсмиче-

ских районах в силу дефицитности леса, а в восточных — из-за высокой пожарной опасности деревянных построек. Известно, что пожары — эти частые спутники землетрясений — иногда становятся более страшным и опустошительным стихийным бедствием, чем само землетрясение. Так было в Токио при землетрясении в 1923 г., при Мессинском землетрясении в 1908 г. и др.

Здания со стальным каркасом. Здания со стальными каркасами, рассчитанными на сейсмические нагрузки, успешно сопротивляются землетрясениям силою в 9 баллов. Применение сталь-

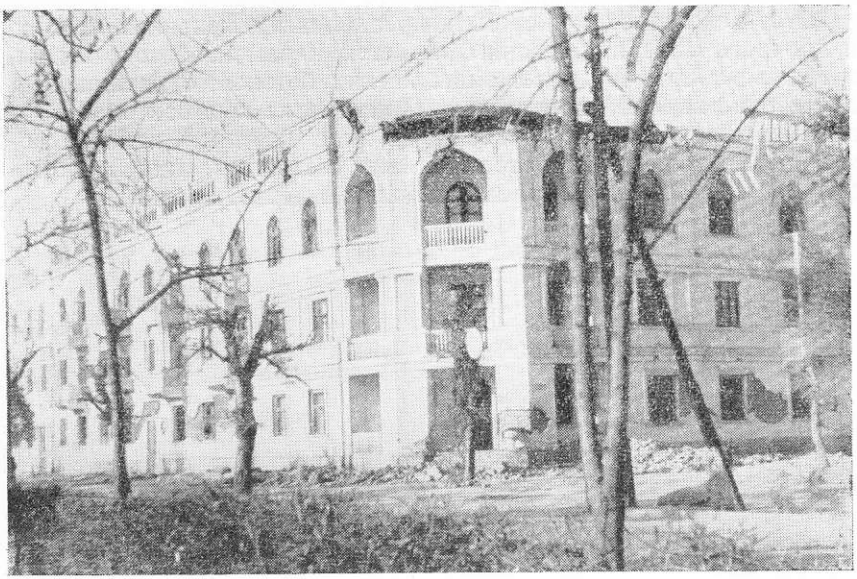


Рис. 238. Жилой дом № 12 по ул. Карла Маркса. Снаружи кажется слабо пострадавшим, но внутренние стены очень сильно повреждены

ных каркасов позволяет возводить многоэтажные здания, и сейсмостойкость их не вызывала бы сомнений. Однако, по экономическим соображениям, строительство зданий со стальными каркасами не может быть оправдано и, таким образом, не является решением проблемы сейсмостойкого строительства.

Железобетонные здания. Железобетонные здания оправдывают ту высокую оценку, которую обычно дают им в отношении сейсмостойкости. Тот факт, что некоторые железобетонные здания в силу огромного перенапряжения были сильно повреждены или даже разрушены при землетрясении силою в 9 баллов, не противоречит оценке железобетона как сейсмостойкого материала и объясняется применением бетона низкого качества, ошибками при проектировании и дефектами производства работ.

Возводимые в сейсмических районах СССР жилые и гражданские здания с железобетонными каркасами страдают одним крупным недостатком, который сдерживает темпы строительства и сужает масштабы возведения такого рода многоэтажных зданий в высокосейсмических районах. Недостаток их в том, что железобетонный каркас, отличающийся высокой сейсмостойкостью, обычно заполняется тяжелой, менее сейсмостойкой и сравнительно трудоемкой кирпичной кладкой. Такая конструкция стен вызывает сильную перегрузку каркаса и его повреждение при землетрясении, а также не исключает возможности повреждения и выпадания кирпичного заполнения.

Этот недостаток может быть преодолен применением легкого и прочного материала, каким является керамзитобетон, керамзитожелезобетон и другие виды легких бетонов, отличающиеся достаточно высокой прочностью. Применение керамзитобетона и керамзитожелезобетона особенно в виде крупных панелей позволит возводить индустриальными методами многоэтажные вполне сейсмостойкие, более надежные и дешевые здания.

ГЛАВА IX

ИЗ ОПЫТА СОВРЕМЕННОГО СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

После Ашхабадского землетрясения прошло более 10 лет. За этот период накопился значительный опыт в проектировании и строительстве сейсмостойких зданий и сооружений с учетом катастрофических последствий этого землетрясения.

Ниже приводятся некоторые рекомендации, вытекающие не только из требований действующих норм, но основанные глав-

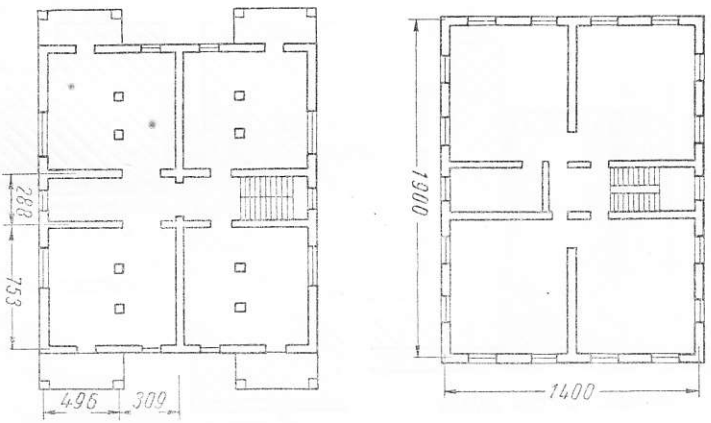


Рис. 239. Конструктивные схемы 8-квартирных жилых домов, применяемые в строительстве г. Алма-Аты

ным образом на опыте проектирования и строительства в высокосейсмических районах Казахстана.

При проектировании зданий и сооружений в сейсмических районах необходимо каждый раз тщательно продумывать, какая из планировочно-конструктивных схем здания наилучшим образом отвечает данным конкретным условиям. Нужно учитывать микрогидрогеологические условия участка строительства, характер применяемых конструкций, вид и качество материалов и т. д. Удачная планировочно-конструктивная схема с рационально ог-

раниченными размерами конструктивных элементов зданий играет важнейшую роль в их сейсмостойкости.

Плану следует придавать простую прямоугольную форму, принимать одинаковую высоту и жесткость несущих элементов здания, равномерно распределять продольные и поперечные стены (рис. 239). Массы и жесткости элементов здания должны

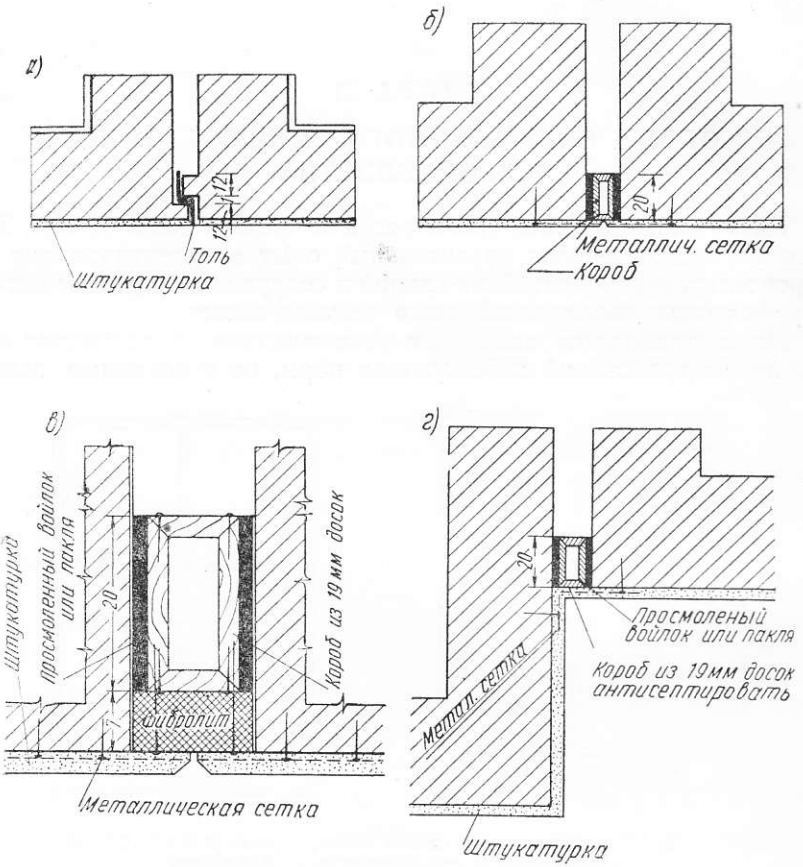


Рис. 240. Решения антисейсмических швов
а—шов с четвертями; *б*—шов с коробом; *в*—шов с коробом и фибролитом; *г*—вариант шва во входящем углу

быть распределены по возможности симметрично. Несоблюдение этого положения может привести к отрыву тяжелых и жестких элементов конструкций от более легких или гибких, если соединения их недостаточно прочны. В тех случаях, когда форма плана не может быть принята в виде простого прямоугольника (или круга) или когда отдельные части сооружения значительно отличаются одна от другой по динамической жесткости, а также

когда размеры зданий превышают установленные действующими нормами, должны предусматриваться нормативные антисейсмические вертикальные швы, разделяющие здание на отдельные отсеки и обеспечивающие самостоятельность их колебаний.

Обследование зданий, поврежденных во время Ашхабадского землетрясения, показывает, что в большинстве случаев ширина шва принималась недостаточной, что приводило к разрушению верхних частей отсеков, которые при колебаниях ударялись один о другой. Указание норм о том, что ширина антисейсмических швов в зданиях высотою до 5 *м* должна быть не менее 3 *см*, а при большей высоте зданий ширина швов должна увеличиваться не менее чем на 2 *см* на каждые 5 *м* высоты, должно соблюдаться во всех без исключения случаях. Заделка антисейсмических швов на фасадах не должна производиться из прочных и жестких материалов, способных передавать при землетрясении удары от одного отсека к другому. Для этой цели применяются деревянные короба с оштукатуриванием их по металлической сетке, вкладыши из легкого бетона низкой марки и другие конструктивные решения (рис. 240).

Для придания зданиям и сооружениям необходимой пространственной жесткости и устойчивости нужно возможно более полно и рационально использовать все архитектурно-планировочные и конструктивные средства. Нужно правильно и эффективно размещать продольные и поперечные стены, жесткие каркасы, рамы, контрфорсы, перекрытия, обвязки, обшивки, антисейсмические пояса, специальные связи и пр. Учитывая, что направление сейсмического луча по отношению к плану здания может быть любым, в том числе и наиболее неблагоприятным, необходимо проектировать таким образом, чтобы суммарная сопротивляемость продольных стен, равно как и поперечных, вдоль или поперек здания была достаточной для восприятия сейсмических сил инерции.

Проблема неразрушимости зданий и сооружений при землетрясениях, по нашему мнению, вполне надежно и с большим экономическим эффектом может быть решена путем возведения каркасно-панельных и крупнопанельных зданий из легких армированных бетонов и, прежде всего, керамзитожелезобетона, пемзобетона и ячеистого бетона.

1. КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ПОВЫШАЮЩИЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ

При строительстве в сейсмических районах фундаменты жилых, культурно-бытовых зданий и промышленных сооружений, как правило, применяются ленточные из бутового камня, бетона, бутобетона и обожженного кирпича на цементном или известковом растворах. Иногда, в зависимости от конструкции стен, применяются столбчатые фундаменты. В целях обеспечения одина-

ковых условий воздействия грунта на фундаменты зданий в пределах каждого отсека они должны закладываться на одной отметке. Для кладки ленточных фундаментов применяются те же камни и растворы, что и для несейсмических районов. При возведении фундаментов, особенно в районах 9- и 8-балльной сейсмичности, серьезное внимание обращается на однородность основания под фундаментами данного здания и достаточную мощность активной зоны грунта. На неблагоприятных в сейсмическом отношении грунтах (просадочных, рыхлых и т. п.) в фундаментах зданий применяется армирование.

Каменные стены подвальных помещений, как показывают последствия землетрясений, находятся в отношении воздействия сейсмических сил в более благоприятных условиях, чем надземные части. Поэтому каменные стены подвала тоже устраиваются по правилам, установленным для этих конструкций в несейсмических районах.

В строительной практике сейсмических районов СССР до сего времени возводят главным образом здания с каменными стенами. Основными видами стеновых строительных материалов в этих районах являются обожженный кирпич, мелкие или крупные бетонные блоки и естественные камни. Между тем известно, что каменная кладка обладает способностью хорошо сопротивляться лишь действию сжимающих усилий и очень слабо сопротивляется растягивающим и скалывающим усилиям. Поэтому при возведении каменных зданий и сооружений в обычных условиях стремятся к тому, чтобы кладка в основном испытывала сжимающие усилия. В зданиях, возводимых в несейсмических районах, это требование выполняется сравнительно просто, но в сейсмических районах дело обстоит сложнее. Во время землетрясения на сооружение действуют горизонтальные сейсмические силы, в результате чего в кладке стен помимо сжимающих неизбежно возникают знакопеременные растягивающие и скалывающие усилия. Эти усилия, достигающие определенной величины, вызывают крестообразные и горизонтальные трещины. Такой характер разрушения кирпичной кладки обусловливается значительными горизонтальными силами инерции в плоскости стены, которые вызывают скалывающие напряжения, превосходящие силы сцепления раствора с кирпичом. Напряжения при изгибе от сил, направленных из плоскости стен и вызывающих растяжение в горизонтальных швах кладки, также способствует нарушению сцепления раствора с кирпичом. Известное положение о том, что основным фактором сейсмостойкости каменной кладки является сцепление раствора с камнем, обусловленное целым рядом свойств камня, раствора и качеством производства строительных работ, совершенно справедливо.

Категории кладок по сейсмостойкости могут повышаться путем применения более легких материалов, более высоких марок растворов, армированием, устройством прокладных рядов из

камней правильной формы, укладкой антисейсмических поясов и т. п. Повышение категорий кладок обеспечивает не только увеличение сейсмостойкости зданий вообще, но и расширяет область

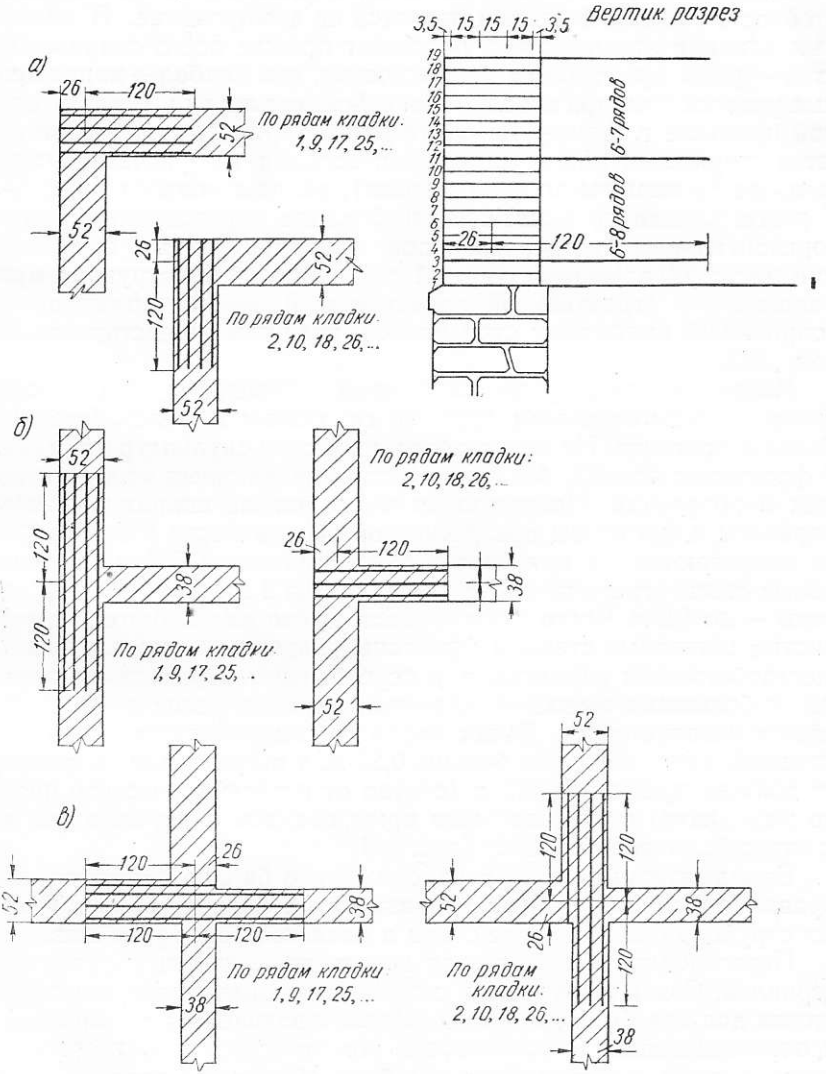


Рис. 241. Армирование стен стержнями ∅ 5—6 *мм*
а—углы; *б*—примыкание стен; *в*—пересечение стен

использования местных строительных материалов в сейсмостойком строительстве. Высокими показателями сейсмостойкости (по категориям) отличаются кладки из легких бетонных и каменных

материалов, монолитного легкого бетона (в том числе крупнопористого), дырчатого кирпича, керамических камней с вертикальными пустотами и т. п.

Одним из наиболее эффективных средств повышения сейсмостойкости каменной кладки является ее армирование. В каменных зданиях армированию подлежат прежде всего сопряжения стен — углы, примыкания и пересечения, как наиболее напряженные участки стен при воздействии сейсмических сил. В строительной практике г. Алма-Аты сопряжения кирпичных стен армируются стержнями или арматурными сетками (из расчета 1 стержень на $^1/_2$ кирпича толщины стены), укладываемыми через 6—7 рядов кладки по высоте. Во избежание образования толстых горизонтальных растворных швов, арматура разных направлений часто укладывается через 1 ряд кладки. Конструкция применяемого в строительной практике г. Алма-Ата армирования сопряжений кирпичных стен разной толщины представлена на рис. 241.

Избегается нагружение кирпичной и каменной кладки большими сосредоточенными грузами от тяжелых железобетонных балок и прогонов. Не допускается установка скульптур на стенах и фронтонах зданий, без применения специальных конструктивных мероприятий. Неармированные каменные щипцовые стены, парапеты и фронтоны при расчетной сейсмичности 9 и 8 баллов не допускаются, а при расчетной сейсмичности 7 баллов щипцовые стены ограничиваются по высоте до 2 *м*, парапеты и фронтоны — до 1,2 *м*. Часто применяются легкие железобетонные ребристые щипцовые стены и фронтоны, надежно закрепляемые к железобетонным каркасам или перекрытиям. Применение тяжелых с большими выносами карнизов в сейсмических районах является недопустимым. Вынос карнизов, выполняемых кирпичной кладкой, допускается не больше 0,25 *м*, а высота таких карнизов не должна превышать 0,5 *м* (считая от антисейсмического пояса до мауерлата) с обязательным армированием и укреплением их к антисейсмическому поясу (рис. 242).

Брандмауерные стены в районах 9 и 8 баллов делаются, как правило, железобетонными, толщиной не больше 10 *см*. Такая конструкция облегчает вес стены и является более устойчивой.

Перегородки рекомендуется делать из легких и упругих материалов. Связь перегородок с примыкающими к ним конструкциями должна быть надежной, обеспечивающей их от смещения и опрокидывания. В особенности это относится к фахверковым перегородкам, в которых должна быть обеспечена прочная связь заполнения с каркасом.

Стойки колоннад и портиков возводятся из железобетона или кирпича; в последнем случае они усиливаются продольной арматурой и надежно крепятся выпусками арматуры к основанию.

Балконы делаются легкими с вылетом, не превышающим допускаемые нормы. Такие балконы, показаны на рис. 243. Балки

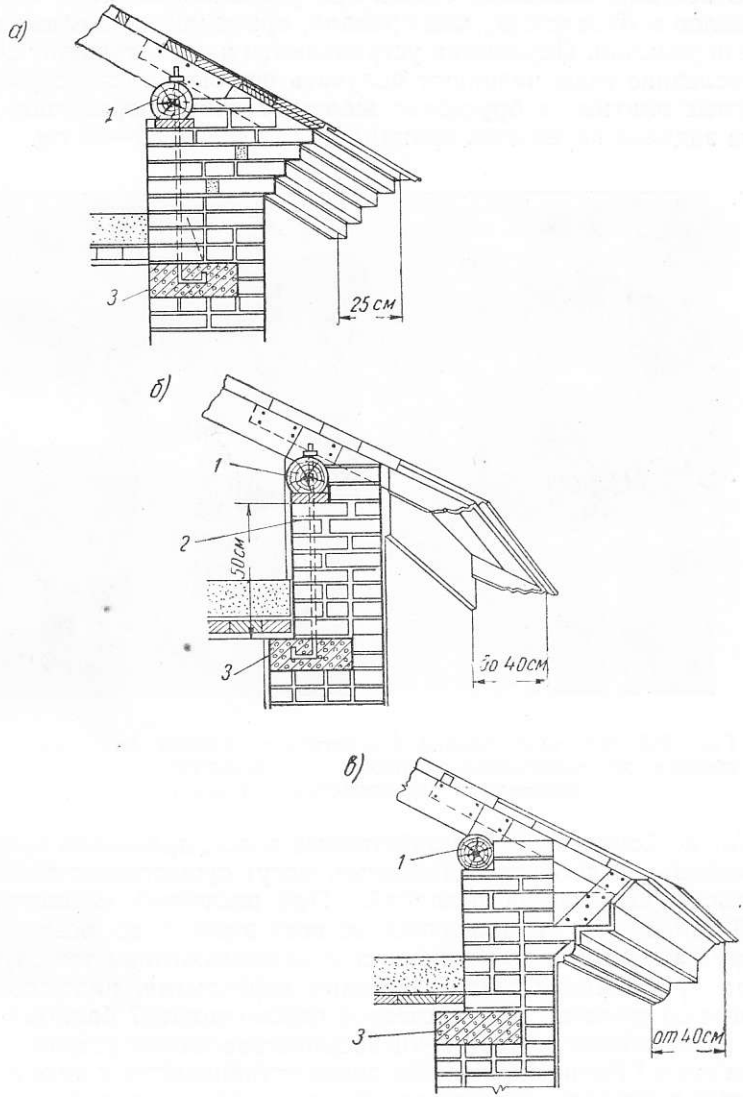


Рис. 242. Типы карнизов, применяемые в сейсмических районах

а—карниз из лицевого кирпича, вынос 25 *см*; *б*—открытый деревянный карниз; вынос 25—40 *см*; *в*—подшивной карниз, вынос 40 *см* и более; *1*—мауерлат; *2*—анкерный болт; *3*—антисейсмический пояс

балконов делаются как продолжение балок междуэтажных перекрытий или надежно с ними связываются.

В несущих каменных стенах при расчетной сейсмичности 9 и 8 баллов в Казахстане, как правило, применяются железобетонные перемычки. Перемычки устраиваются на всю толщину стены. В последние годы начинают получать широкое распространение сборные плитные и брусковые железобетонные перемычки. Глубина заделки перемычек принимается не менее 30—35 *см*.



Рис. 243. Фрагмент фасада 8-квартирного жилого дома. Легкие сборные железобетонные балконы с небольшим выносом, применяемые в строительстве г. Алма-Аты

Антисейсмические железобетонные пояса, правильно запроектированные и добротно сделанные, могут существенно повысить сейсмосопротивляемость зданий. При расчетной сейсмичности 8—9 баллов они устраиваются во всех этажах по всему периметру наружных и внутренних стен за исключением тех случаев, когда применяются железобетонные перекрытия, надежно связанные со стенами. При расчетной сейсмичности 7 баллов в стенах из каменных кладок антисейсмические пояса устраиваются через этаж.[1] Антисейсмические пояса устраиваются в виде непрерывных горизонтальных железобетонных рам с применением непрерывного армирования. Для предупреждения разрывов поясов

[1] Требования о проведении таких конструктивных мероприятий, как устройство антисейсмических поясов и швов, армирование пересечений и углов стен, а также армирование сборных перекрытий при их замоноличивании при расчетной сейсмичности 7 баллов исключены со II квартала 1960 г. из действующих «Норм и правил строительства в сейсмических районах» (редакция).

в местах их сопряжений устанавливаются в горизонтальной плоскости дополнительные косые стержни (рис. 244).

В верхних этажах для обеспечения связи пояса с кирпичной кладкой предусматриваются выпуски вертикальной арматуры («щетинки») вверх и вниз от пояса на 25—30 *см* по два выпуска

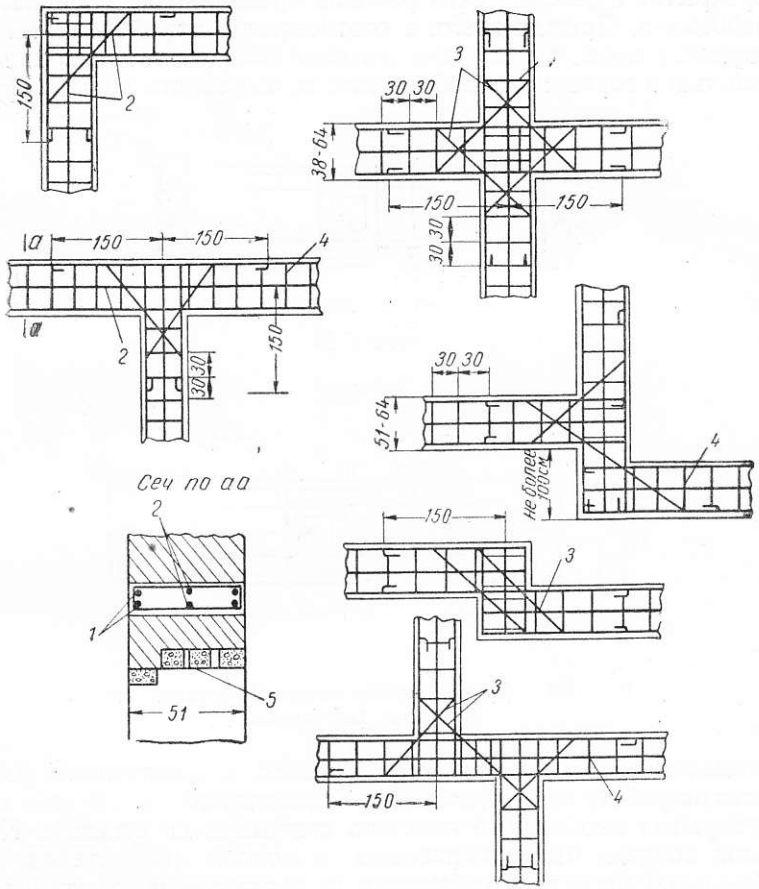


Рис. 244. Армирование антисейсмических поясов в местах сопряжения стен

1—основная арматура; *2*—монтажная арматура, d = 10 *мм*; *3*—дополнительная арматура d = 10 *мм*; *4*—хомуты, d = 6 *мм*; *5*—сборная железобетонная перемычка

на 1 *м* длины пояса. Связь антисейсмических поясов с крупноблочной кладкой достигается путем установки арматуры диаметром 5—8 *мм* в вертикальные швы между блоками и заделки выступающих концов арматуры в антисейсмические пояса.

При крупноблочной кладке антисейсмический пояс иногда выполняется в виде армированных блоков-перемычек, соединенных

в верхней и нижней плоскостях сваркой закладных частей или замоноличенными перекрывающими друг друга арматурными петлями, выпущенными из торцов блоков, с установкой вертикальных стержней.

Перекрытия являются также весьма важными частями здания, определяющими его сейсмостойкость, поэтому к устройству перекрытий в сейсмических районах предъявляются специальные требования. Прежде всего, в соответствии с требованиями действующих норм, перекрытия должны обладать надлежащей жесткостью в горизонтальной плоскости, выполнять роль диафрагм,

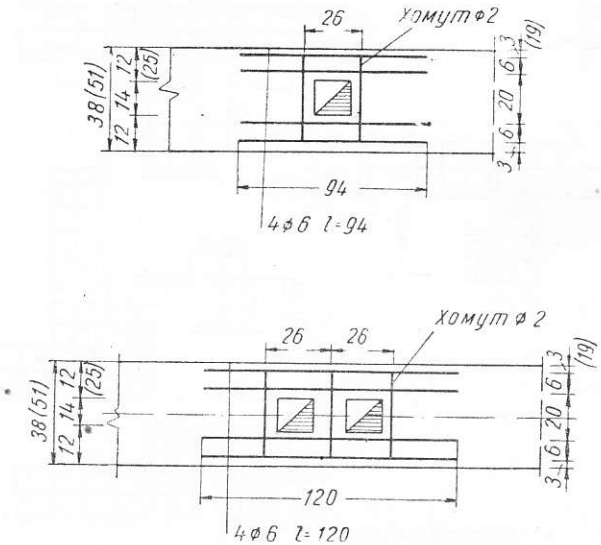


Рис. 245. Детали армирования внутренних стен в местах дымоходов

связывающих воедино все стены здания, и обеспечивать их совместную работу при воздействии сейсмических сил. В этих целях перекрытия необходимо надежно связывать со стенами. Концы балок должны быть заанкерены в поясах или стенах. При 9-балльной расчетной сейсмичности заанкериваются концы всех балок, при 8-ми балльной сейсмичности — через 1,5 *м*, а при 7-балльной — не реже чем через 2 *м*. Железобетонные перекрытия в г. Алма-Ате проектируются возможно более легкими, с толщиной плиты не более 8 *см* и с частым расположением балок, обеспечивающим равномерную передачу нагрузок от перекрытия на кирпичные стены.

Под опорами железобетонных балок, прогонов, ферм и других нагружающих конструкций по кирпичным стенам укладываются широкие железобетонные или стальные подушки или применяется местное армирование кладки, а плиты монолитных железобетон-

ных перекрытий только на 12 *см* не доводят до наружной поверхности стен.

Стены, ослабленные дымовыми и вентиляционными каналами, усиливаются армированием (рис. 245) или утолщением кладки стен, а антисейсмические пояса, в местах прохождения в них дымовых и вентиляционных каналов, усиливаются установкой дополнительных стержней арматуры. Для избежания ослабления стен рекомендуется устраивать приставные дымовые каналы из армированных блоков, выполненных из жаростойких бетонов, а вентиляционные — из шлакоалебастровых или шлакобетонных коробов.



Рис. 246. Главный фасад 24-квартирного жилого дома ХОЗУ Совета Министров КазССР, построенный с учетом 9-балльной сейсмичности

Можно привести примеры сейсмостойких жилых домов, построенных в Алма-Ате после Ашхабадского землетрясения.

На рис. 246 показан 24-квартирный жилой дом, который должен выдержать без разрушений 9-балльное землетрясение. Здание состоит из двух самостоятельных отсеков. Здание 3-этажное, кирпичное. Расстояние между поперечными стенами 3—4 *м*. Под всем зданием расположен подвал. Фундаменты и стены подвала возведены из крупных бетонных блоков. Перекрытие над подвалом монолитное железобетонное; над остальными этажами, кроме лестничных клеток и санитарных узлов, перекрытия деревянные. Карнизы и парапеты легкие деревянные. Карнизы оштукатурены по металлической сетке цементным раствором. Балконы железобетонные легкие, с выносом 1 *м*.

На рис. 247 показан 8-квартирный 2-этажный кирпичный жилой дом, представляющий в плане правильный прямоугольник, без подвала. Простенки почти одинаковые, перекрытия дерезян-



Рис. 247. 8-квартирный кирпичный жилой дом с легкими балконами и деревянным карнизом

ные, карнизы легкие деревянные, кровля железная. Все остальные мероприятия по сейсмостойкости выполнены в соответствии с требованием действующих норм.

2. КАРКАСНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Каркасные здания оказались более сейсмостойкими, чем каменные. Однако и в каркасных зданиях рациональные конструкции, антисейсмические мероприятия, качество материалов и производства работ также являются главным условием их сейсмосопротивляемости.

Деревянные каркасы зданий должны иметь достаточную пространственную жесткость, достигаемую косой обшивкой и раскосами. Для предупреждения скольжения каркас должен быть прикреплен к фундаменту анкерами. Заполнение стен должно надежно крепиться к каркасу. Верхний этаж 2-этажных каркасных домов должен быть прочно скреплен с нижним этажом косой обшивкой, прибитой к каркасам верхнего и нижнего этажей или путем постановки специальных креплений. Применение скоб для крепления элементов каркаса не рекомендуется.

Металлический каркас издавна считается конструкцией сейсмостойкой. Сталь, обладая высокими пределами прочности на все виды усилий, появляющихся в конструкциях при землетрясении, отличается в то же время большой гибкостью, влияющей на уменьшение сейсмических сил инерции. Здания со стальным каркасом, запроектированным на противодействие сейсмическим силам, как показал опыт ряда крупнейших землетрясений, отличаются высокой сейсмосопротивляемостью.

Однако сталь является дефицитным материалом и в антисейсмическом строительстве СССР стальные каркасы успешно вытесняются каркасами из железобетона.

Железобетонный каркас. Опыт ряда землетрясений (Ашхабадского 1948 г., японского 1923 г., Южнокалифорнийского 1952 г. и др.) с бесспорной убедительностью показывает, что железобетонные каркасные здания, запроектированные с учетом сейсмических сил инерции и качественно построенные, могут противостоять весьма сильным землетрясениям. Такие здания в общем можно считать сейсмически неразрушимыми.

Одно из важнейших условий повышения сейсмостойкости железобетонных каркасных зданий, заключающееся в снижении веса всех конструкций и, предже всего, веса материала заполнения каркаса, может быть решено технически доступными средствами путем применения таких высокоэффективных материалов, как керамзитобетон, ракушебетон, пемзобетон, пеносиликат и ячеистая керамика. Еще удачнее облегченное заполнение может быть решено в виде железобетонных плит, утепленных ячеистым бетоном, минеральной ватой и т. п. Применение этих материалов для заполнения железобетонных каркасов снижает вес стен в сравнении с кирпичным заполнением в 2—3 раза, что соответственно уменьшает величину сейсмических сил инерции и, следовательно, при прочих равных условиях, существенно повышает сейсмостойкость здания.

Наличие проемов в заполнении исключает возможность сквозного армирования и ухудшает сейсмосопротивляемость панелей каркаса. Поэтому кладка вокруг проемов должна усиливаться не только горизонтальным, но и вертикальным армированием, а при проемах шириною свыше 2,5 *м* необходимо устраивать обрамление их железобетонными рамками. При ширине проемов более 1,5 *м* необходимо делать над ними железобетонные перемычки на всю ширину панели и связывать их со стойками каркаса.

При проектировании железобетонных каркасов необходимо не только добиваться равнопрочности конструкций, эффективного расположения масс и жесткостей в сооружении, но и предусматривать возможность образования пластических шарниров в узлах, имея в виду, что пластические деформации значительно повышают сопротивление конструкций действию кратковременных сил. В железобетонных каркасах нельзя допускать резких изме-

нений жесткостей отдельных элементов и всего каркаса по высоте, так как это приводит к местной концентрации напряжений среза и скалывания и образованию трещин на границах разных зон.

В пределах отсека следует избегать значительных местных перегрузок отдельных участков сосредоточенными нагрузками.

Следует избегать применения «висячих» стен. В случае неизбежности применения такой конструкции, она должна быть обеспечена достаточной сейсмостойкостью.

Нельзя допускать опирания свободных концов тяжело нагруженных ригелей рам на неармированные кирпичные стены; вся



Рис. 248. Административное здание сейсмостойкой конструкции с железобетонным каркасом и фибролитовым заполнением

нагрузка от рамы должна быть передана на вертикальные железобетонные опоры или армированные вертикальными стержнями кирпичные стены.

В угловых сопряжениях стоек и ригелей в целях создания в них благоприятных условий для пластических деформаций должны использоваться вуты и другие конструктивные приемы увеличения сечений при относительном уменьшении процента армирования.

Стыкующиеся в стойках стержни и дополнительные опорные стержни в ригелях следует обрывать не в одном сечении, а последовательно, так, чтобы обеспечить плавный переход в армирова-

нии между узловыми и пролетными зонами. Стыки арматуры железобетонных колонн необходимо располагать выше, чем это делается при строительстве в несейсмических районах. Выпуски арматуры из колонн на уровне перекрытий, а также из фундаментов подлежит стыковать с арматурой вышерасполагающихся колонн на расстоянии не менее, чем $^1/_5$ высоты колонны, считая от уровня перекрытия или от верха башмака.

Облицовка железобетонных стоек каркаса в виде пилястр тяжелым и хрупким материалом приводит к ее отслаиванию и выкрашиванию. Для предупреждения таких повреждений целесообразно делать пилястры декоративной штукатуркой по стальной сетке.

К железобетонным каркасам в полной мере относятся указания и требования в отношении антисейсмического вооружения и максимального облегчения верхних венчающих частей здания (брандмауэров, фронтонов, парапетов, фриз, карнизов, дымовых труб, скульптур и т. д.).

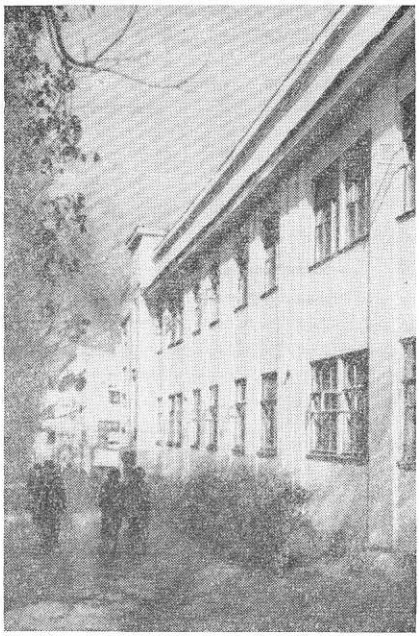


Рис. 249. Административные здания с деревянными каркасными стенами и фибролитовым заполнением

До Великой Отечественной войны в г. Алма-Ате построен ряд зданий с деревянным и железобетонным каркасом. Эти объекты по своим планировочно-конструктивным решениям вполне отзечают требованиям сегодняшнего дня (здания Дома связи, б. Минводхоза (рис. 248), Госбанка, клуба им. Дзержинского, управления Гурксиба и ряд других административных зданий). В этих зданиях в качестве утеплителя применены камышитовые и фибролитовые плиты, фундаменты заложены на глубине 2,5—3 *м*, перекрытия выполнены в железобетоне или в дереве с жесткой анкеровкой балок в стенах. Тяжелые карнизы с большим выносом не допускались, а крыши делались легкие, преимущественно стальные. Деревянные каркасные здания надежно раскреплены раскосами.

В качестве примера можно указать на здание министерств (рис. 249), построенное еще в 1933—1934 гг. Это здание 2-этажное с подвальным этажом, расположенным под всем зданием. Несущие конструкции двух верхних этажей — деревянный кар-

кас. В качестве заполнителя каркаса применен фибролит. Потолок обшит фанерой, а в качестве тепло- и звукоизоляционного материала в перекрытиях применялись опилки с известью. Парапеты и карнизы деревянные, оштукатуренные по металлической сетке цементным раствором.

Другой пример представляет здание универмага на 200 рабочих мест в г. Алма-Ате с железобетонным каркасом, решенное

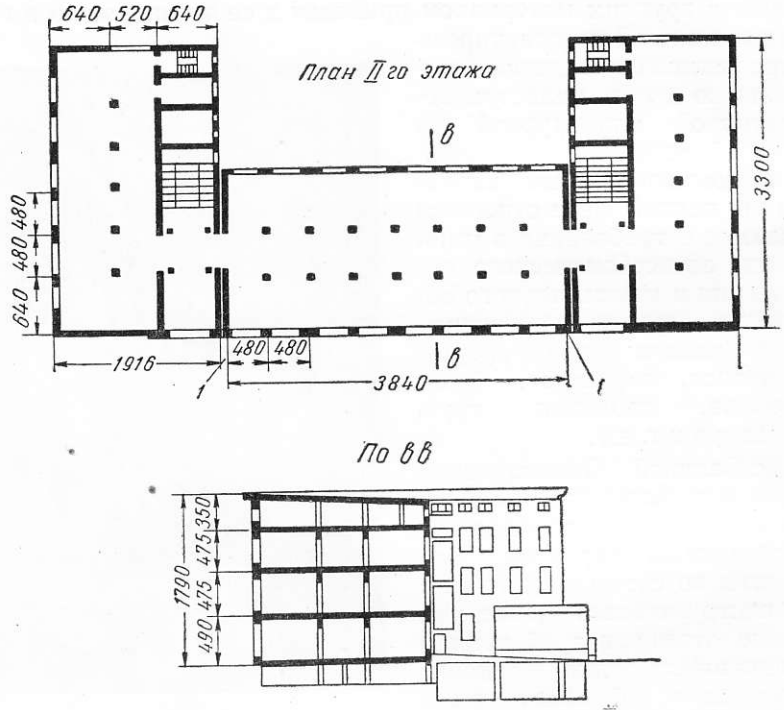


Рис. 250. План и разрез универмага, строящегося с монолитным железобетонным каркасом
1—антисейсмический шов

с учетом современных требований сейсмостойкого строительства. Здание универмага 4-этажное с подвальным этажом. В плане оно разрезано двумя антисейсмическими швами на три прямоугольных отсека (рис. 250). Заполнение каркаса в целях снижения веса принято из пористого кирпича. Перекрытия и покрытия выполняются из сборных железобетонных ребристых плит двух типоразмеров, укладываемых по ригелям каркаса с замоноличиванием. Здание по архитектурно-планировочному и конструктивному решению вполне удовлетворяет требованиям «Норм и правил по строительству в сейсмических районах» (СН8-57).

Здание отличается четкостью и простотой плана, отсутствием выступов и тяжелых архитектурных элементов в виде массивных карнизов, парапетов, фронтонов и т. п. (рис. 251).

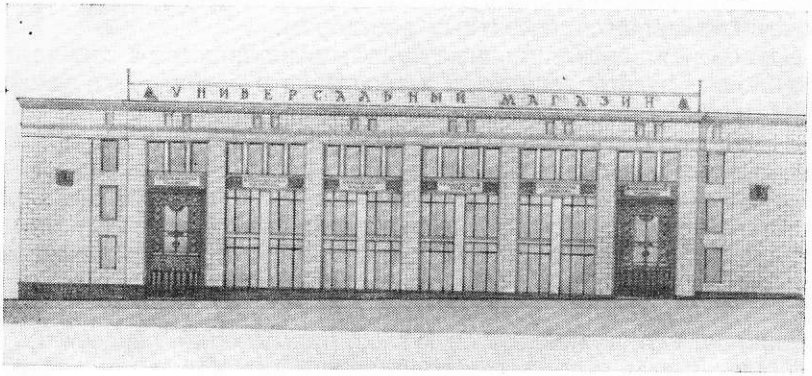


Рис. 251. Фасад универмага без выступающих архитектурных элементов

3. ПРИМЕНЕНИЕ КРУПНЫХ БЕТОННЫХ И КИРПИЧНЫХ БЛОКОВ

В последние годы в сейсмических районах начали находить применение при возведении зданий бетонные и кирпичные блоки и железобетонные пустотелые блоки крупных размеров. Фундаментные блоки делаются трапецеидального или прямоугольного сечения высотою в первом случае 40—50 *см* и во втором — 25—30 *см*. Ширина блоков-подушек назначается из расчета допускаемого давления на грунт. Фундаментные блоки-подушки делаются из бетона марки 150 или 200 и армируются по низу сварными сетками.

В зависимости от грунтовых условий нормами предусматриваются следующие мероприятия при устройстве сборных фундаментов.

При мало сжимаемых плотных глинистых, суглинистых, песчаных и супесчаных грунтах для создания монолитности и совместной работы блоков по верху сборных подушек по всему периметру фундаментов укладывается в слое раствора марки 50 арматура из 3—4 стержней диаметром 8—10 *мм*, связанных через 30—40 *см* стержнями из 6-миллиметровой стали. При просадочных грунтах — макропористых суглинках и насыпных грунтах по верху стен подвального этажа необходимо укладывать железобетонный или армокаменный пояс. При расчетной сейсмичности 9 баллов (при любых грунтах), кроме указанных мероприятий, должны укладываться арматурные стержни или сетки во всех сопряжениях фундаментов и стен подвалов.

Для кладки стен зданий применяются кирпичные и бетонные блоки различных размеров. В зависимости от размеров блоков применяется двухрядная и многорядная разрезка стен. При двухрядных разрезках блоки связываются между собой с помощью петель или применяются другие способы крепления. Швы между блоками заливаются цементным раствором.

Дымовые и вентиляционные каналы выполняются в специальных блоках, изготовленных из жаростойкого бетона. Для увеличения прочности блоки делаются из бетона высокой марки.

В районах Кавказа, Крыма и Туркмении широко применяются в строительстве блоки из туфа, ракушечников, известняков и др. пород. При кладке из этих камней разрезка стен делается многорядной. Прочность сопряжений в углах и примыканиях стен обеспечивается перевязкой швов и укладкой металлических сеток. Сейсмостойкость блочной кладки при многорядной разрезке стен обеспечивается путем перевязки швов и армирования всех сопряжений стен (углов, примыканий, пересечений) по аналогии с армированием сопряжений кирпичных стен. Перемычки, пояски и карнизы выполняются из сборного железобетона.

Крупноблочная кладка должна усиливаться постановкой в горизонтальных швах, в местах примыканий поперечных стен к продольным, Т-образных анкеров из круглой или полосовой стали, пропущенных в поперечные стены на длину не менее 1,2 *м*, или укладкой арматуры по аналогии с армированием кирпичных стен. Связь крупных блоков в сопряжениях стен может осуществляться также при помощи железобетонных шпонок, закладываемых на растворе в гнезда, устроенные в блоках, путем применения петель или сварки стальных закладных деталей.

В качестве примера современного крупноблочного многоэтажного жилого дома, решенного с учетом современных требований сейсмостойкости, может быть приведен типовой проект, разработанный проектным институтом Казгипрогорсельстрой для применения при строительстве в г. Алма-Ате и других сейсмических районах Казахстана и Средней Азии. Здание компонуется из секций длиною 17,6 *м*; эта же величина определяет длину отсека, составляемого из двух или из трех секций. Расстояние между поперечными стенами 3,2 и 7,2 *м*. Схема несущих стен этого сейсмостойкого здания показана на рис. 252.

Фундаменты и стены подвалов запроектированы из сборных бетонных блоков марки 100. Кладка блоков предусматривается на цементном растворе марки 50. Фундаментные подушки, в зависимости от расчетной сейсмичности и грунтовых условий, делаются из сборных бетонных блоков, железобетонных плит или из бутобетона марки не ниже 75. По верху подушек устраивается горизонтальное армирование по всему их периметру. Углы и пересечения фундаментов и стен подвалов усиливаются армированием. Стены надземных этажей выполняются из крупных блоков.

Керамзитобетонные блоки имеют объемный вес 1 200 *кг/м*³, кирпичные — 1 825 *кг/м*³, а блоки из крупнопористого бетона (рис. 253) — 1 850 *кг/м*³. Блоки из крупнопористого бетона применяются только для зданий высотой в 1—2 этажа и при условии укладки антисейсмических железобетонных поясов на уровне перемычек каждого этажа (рис. 254).

Для дымовых и вентиляционных каналов, в случае применения крупнопористого бетона, предусматриваются специальные блоки из жаростойкого бетона.

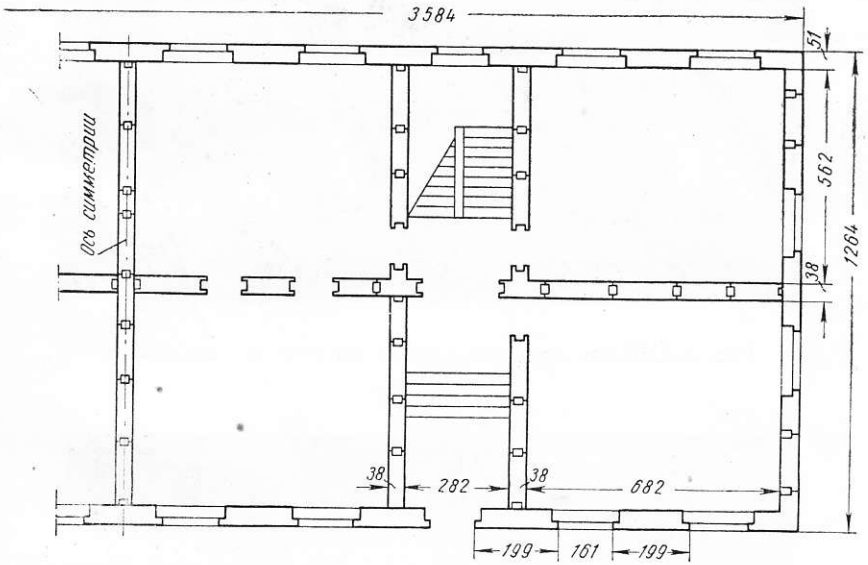


Рис. 252. План стен крупноблочного многоэтажного жилого дома для 8—9-балльных сейсмических районов

Для восприятия сейсмических сил, концентрирующихся в сопряжениях стен, применяются специальные угловые блоки. Кроме того, соединение блоков в углах, примыканиях и пересечениях осуществляется армированными шпонками. Для этих целей в торцах блоков предусматриваются вертикальные трапецеидальные или прямоугольные пазы, в которые закладываются арматурные петли. Связь отдельных перемычечных блоков осуществляется с помощью «стыков Передерия». Вертикальные каналы между блоками заполняются раствором или бетоном марки 100.

Перекрытия запроектированы из сборных многопустотных панелей и плит настилов типа «комбайн». Замоноличивание многопустотных панелей производится при помощи армированных шпонок, а плит «комбайн» — при помощи железобетонных обвязок с устройством специального замоноличивающего слоя.



Рис. 253. Блоки, изготовленные из крупнопористого бетона

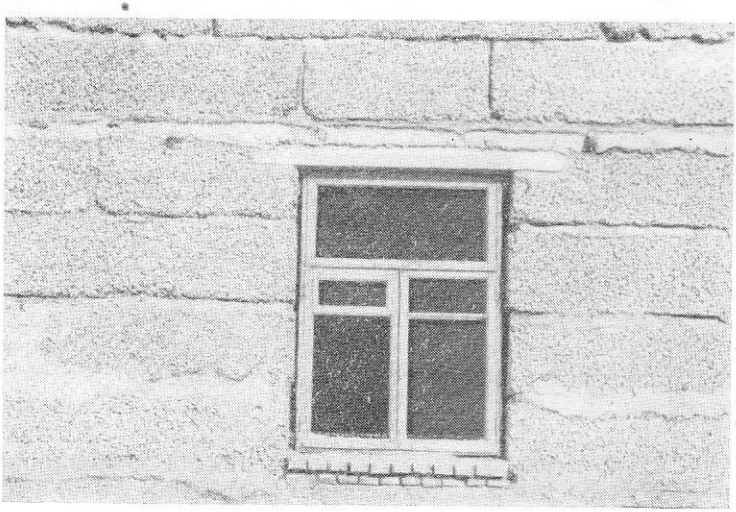


Рис. 254. Антисейсмический пояс над оконными проемами в стенах из крупнопористого бетона

4. ПРИМЕНЕНИЕ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Сборные железобетонные конструкции нашли широкое распространение и в сейсмостойком строительстве. Основным условием их применения является надежность замоноличивания соединений сборных элементов. Если это условие соблюдено, то преимуществом сборных индустриальных конструкций при строительстве в сейсмических районах является полная возможность обеспечения заданного их качества и равнопрочности, а следовательно, и сейсмостойкости элементов несущих конструкций здания. Применение крупноразмерных конструкций упрощает решение задачи обеспечения геометрической неизменяемости зданий.

Лучшим решением проблемы сейсмостойкости, по нашему мнению, может быть возведение каркасно-панельных и крупнопанельных бескаркасных зданий с применением такого высокосейсмостойкого материала, как керамзитобетон.[1]

Пространственная работа крупнопанельного здания при сейсмических воздействиях обеспечивается постановкой при изготовлении панелей стен, перегородок и перекрытий металлических закладных частей и связью их при монтаже. Количество закладных частей устанавливается расчетом. Закладные части должны устанавливаться во всяком случае не реже, чем через 1 *м* при расчетной сейсмичности 9 баллов, а при 7—8 баллах не реже, чем через 2 *м*.

Способов замоноличивания сборных железобетонных перекрытий и покрытий существует несколько. В действующих нормах приведено два способа замоноличивания. При устройстве монолитных железобетонных антисейсмических поясов или обвязок заанкеризание перекрытий производится в них, а швы между панелями заполняются растворами или бетоном марки 100. При применении этого способа для замоноличивания многопустотных настилов типа «комбайн», в которых технологически сложно устройство выпусков из панелей для заанкеривания их в антисейсмических поясах или обвязках, требуется укладка в швах между настилами на длину не менее 1 *м* каркасов из двух стержней ∅ 6 *мм*, связанных с арматурой пояса или обвязки. При расчетной сейсмичности 9 баллов в дополнение к этим мероприятиям требуется укладка поверх настилов слоя бетона толщиной 4 *см*, армированного сеткой 25×25 см из стержней ∅ 6 *мм*. Сетка должна быть связана с арматурой поясов, обвязок и каркасов. Нормами разрешается устраивать монолитный слой железобетона в виде полос шириною в 1 *м* вдоль несущих стен, к которым пере-

[1] Относительные коэффициенты сейсмостойкости, определенные как отношение критического ускорения возмущающей силы в ($мм/сек^2$) к пределу прочности материала при сжатии (в $кг/см^2$), равны: для керамзитобетона — 109; шлакобетона (из отборного шлака) — 91; для обычного бетона — 84 и для кирпичной кладки — 60. («Строительная промышленность» № 8, 1957, М. М. Сердюков Керамзитобетон в сейсмостойком строительстве).

крытие примыкает с одной стороны. Это облегченное требование используется в практике строительства.

Замоноличивание многопустотных настилов, изготавливаемых в формах, может осуществляться без устройства антисейсмических поясов или обвязок, но при обязательном устройстве надежных связей между панелями. Эти связи должны обеспечивать совместную работу панелей на горизонтальную и вертикальную сейсмическую нагрузку. Для устройства связей при изготовлении

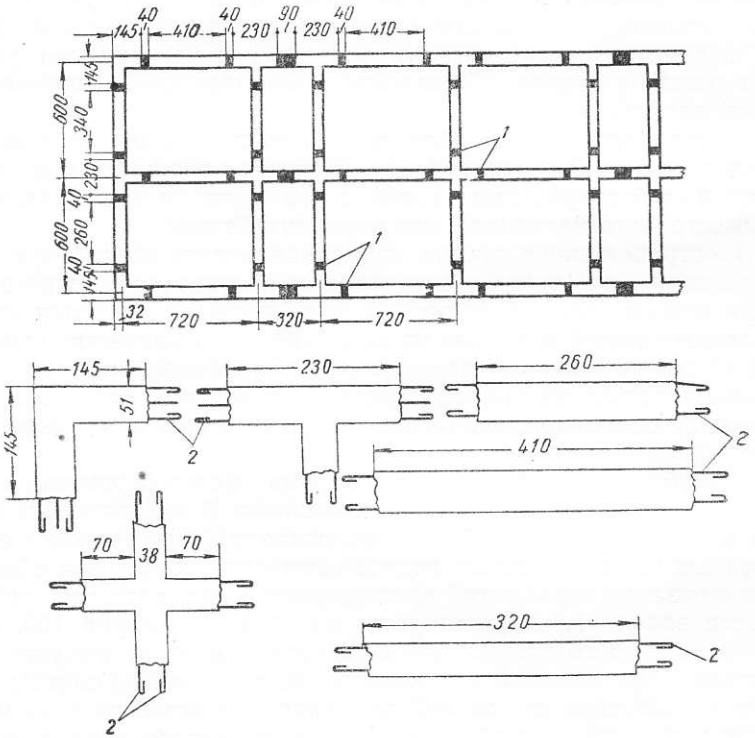


Рис. 255. Схема стыков сборного железобетонного антисейсмического пояса

1—места стыков; *2*—диаметр выпущенной арматуры по расчету

настилов на их боковых гранях оставляются вертикальные шпоночные пазы. При этом размещение поперечных стержней сеток должно быть таким, чтобы в местах пазов оказалось по два стержня (вверху и внизу). Связь между стержнями при монтаже настилов осуществляется скобами или сваркой закладных частей. Расстояние между шпонками назначается в зависимости от расчетной сейсмичности и не должно быть более 1,2 *м* при 9 баллах и 1,8 *м*—при 7—8 баллах.

Оба эти способа замоноличивания перекрытий находят широкое применение в практике возведения сейсмостойких зданий на территории Казахстана.

Другие виды сборных железобетонных конструкций: антисейсмические пояса (рис. 255), лестничные марши, перемычки, карнизы и т. д., также встречаются все чаще и чаще. Замоноличивание этих конструкций достаточно просто.

5. МАЛОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ ИЗ МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Такие местные строительные материалы как саман, сырцовый кирпич, гуваляк, глинобит, естественный камень неправильной формы и т. п. весьма широко применяются в малоэтажном строительстве. Однако по своей сейсмостойкости эти материалы занимают последнее место.

Опыт Ашхабадского и других землетрясений с бесспорной очевидностью показал, что постройки из таких материалов при сейсмических воздействиях разрушаются раньше и интенсивнее других.

Между тем строительство жилищ из этих местных материалов носит массовый характер и в пригородах, и в рабочих поселках, и в сельских местностях. Положение усугубляется еще и тем, что жилые дома зачастую возводятся индивидуальными застройщиками без соблюдения правил по строительству в сейсмических районах.

При расчетной сейсмичности 7 баллов допускаются глинобитные стены с обязательным введением в них соломы, камыша, хвороста и т. п. Глиняные растворы для заполнения глинохворостяных и турлучных стен следует применять также с добавлением рубленой соломы, камыша и других наполнителей. Такие дома можно строить быстро и легко, а внешний вид их достаточно приятен (рис. 256).

Саманная и сырцовая кладка в целях повышения ее сейсмостойкости должна армироваться камышом через два ряда кладки при саманном кирпиче и через четыре ряда при сырцовом кирпиче. В сопрягающихся стенах камыш укладывается в соседних по высоте швах. Камыш укладывается комлями в сторону сопряжений стен и в этих местах стебли его, для лучшего сцепления с раствором шва, расплющиваются. Расстояние между стеблями камыша принимается равным 5 *см*. В стыках стебли пропускаются на двойную толщину стены.

Глубина заложения фундаментов для этих построек должна быть не менее 0,5 *м*. В скальных грунтах глубина заложения фундаментов не нормируется. Допускается устраивать фундаменты в сухих грунтах из естественного камня на глиняном растворе и применять плотно утрамбованные гравийные или песчаные по-

душки. Однако в этом случае для отвода воды вокруг здания обязательно должна быть устроена отмостка.

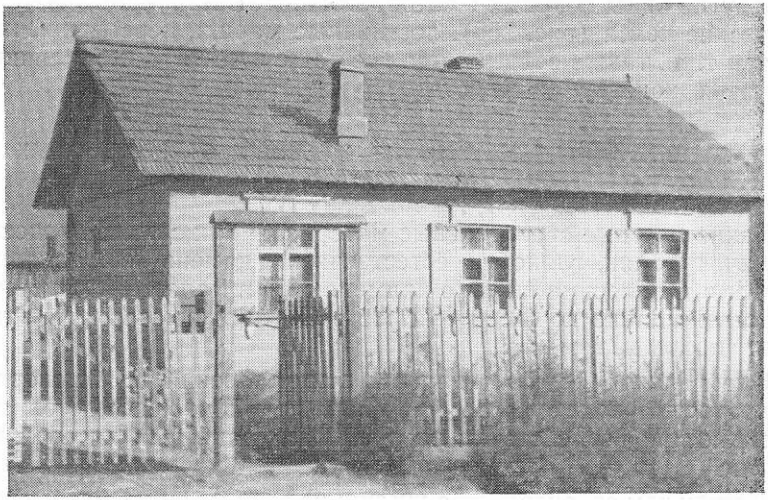


Рис. 256. Фасад одноквартирного дома каркасно-камышитовой конструкции, широко применяющейся при строительстве в высокосейсмических районах

Проемы в стенах из грунтоматериалов должны быть усилены надежными деревянными рамами; выступы стен в плане не допускаются.

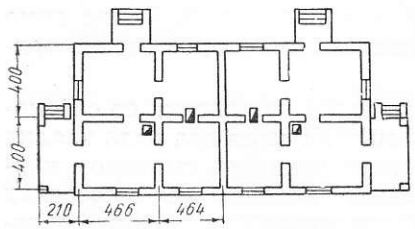


Рис. 257. План саманного 2-квартирного одноэтажного дома

В домах с расчетной сейсмичностью 7 и 8 баллов допускается устройство деревянных антисейсмических поясов, с которыми должны быть связаны балки перекрытий. Допускается также применение деревянных брускозых перемычек. Не допускается устройство из глиняных материалов фронтонов, парапетов и т. п. возвышений над зданиями. Вынос карниза следует осуществлять свесом стропил или выпуском потолочных балок.

Примером возведения здания из местных материалов с соблюдением правил сейсмостойкого строительства может служить 2-квартирный жилой дом, план которого изображен на рис. 257. Дом построен из самана на глиняном растворе в 9-балльном сей-

смическом районе. Сопряжения стен (углы и примыкания) армированы камышом. Антисейсмический пояс деревянный. Кровля легкая асбофанерная (рис. 258).



Рис. 258. Общий вид саманных жилых домов МТС (в 9-балльном сейсмическом районе)

6. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Качество производства работ и строительных материалов, как показали последствия Ашхабадского землетрясения, является безусловно решающими факторами сейсмостойкости зданий и сооружений даже тогда, когда соблюдены все прочие условия сейсмостойкости. Низкое качество работ и строительных материалов сводит на нет все антисейсмические мероприятия, и здания при землетрясении разрушаются.

Обследование каменных зданий в г. Ашхабаде приводит к выводу, что в районах с жарким и сухим климатом прочность сцепления камней с раствором оказывается намного ниже, чем нормативные значения этих величин. Из вышеприведенных соответствующих примеров видно, что разрушение кладки вызвано недостаточным сцеплением раствора с кирпичом. В большинстве случаев разрушенная кладка распадалась на отдельные кирпичи, которые сами по себе не были повреждены, причем во многих случаях раствор был достаточно высокой марки.

Обследование разрушенных бетонных и железобетонных конструкций приводит также к выводу, что их низкая прочность часто была обусловлена производственными причинами; в част-

ности, не создавались нормальные условия твердения и схватывания растворов и бетонов.

В каменной кладке, как уже ранее говорилось, должно быть обеспечено прочное сцепление раствора с кирпичом, являющееся основным условием сейсмостойкости кладки. Сцепление раствора с камнем, как известно, зависит от целого ряда факторов, главными из которых являются состав, марка и консистенция раствора, состояние поверхности камня (шероховатость и степень загрязнения), величина водопоглощения и степень увлажнения камня и, наконец, условия производства работ и твердения раствора. Многие из этих факторов поддаются контролю и регулированию, а поэтому соответствующие условия для обеспечения хорошего сцепления раствора с камнем должны быть созданы. При подборе составов раствора отношение суммы объемов вяжущих (цемента и извести или глины) к объему песка не должно превышать 1 : 3,5, а расход цемента на 1 $м^3$ песка не должен быть более 300 *кг*. Применение растворов с расходом цемента, превышающим эту норму, вызывает не только перерасход вяжущего, но и уменьшение прочности сцепления раствора с камнем. Как жесткие, так и излишне пластичные растворы приводят к снижению сцепления. Поэтому консистенция раствора должна подбираться в зависимости от вида применяемых для кладки камней. Для кладки из камней твердых пород ($\gamma > 1\,800$ *кг*/$м^3$) и крупных блоков консистенция раствора, выраженная величиной погружения конуса СтройЦНИЛа, должна быть 6—8 *см*. Для кирпичной кладки и кладки из камней легких пород, а также для заполнения вертикальных швов в крупноблочной кладке величина погружения конуса должна быть равна 12—14 *см*. Вертикальные швы кладки во всех случаях должны быть тщательно заполнены. Следует применять пластичные растворы для кладки с добавками извести или глины. При кладке из камней с водопоглощением 20% и более кладку следует вести под залив.

Кирпич и камни легких пород ($\gamma < 1\,800$ *кг*/$м^3$), обладающие повышенным водопоглощением, интенсивно отсасывают влагу из раствора. Это ухудшает условия твердения раствора и приводит к снижению прочности его сцепления с камнем. Особенно резко это сказывается в сухую и жаркую погоду. Поэтому перед употреблением в дело кирпич и камни легких пород, а также стыкуемые поверхности крупных блоков следует смачивать водой. В сухую и жаркую погоду (при температуре воздуха +25° и более) смачивание должно быть особенно обильным. Обожженный кирпич из лессовидных суглинков, применение которого широко распространено в сейсмических районах Казахстана, Средней Азии и Кавказа, обладающий высоким водопоглощением, перед укладкой в дело следует замачивать путем погружения в воду не менее, чем на 1 мин.

Загрязненность поверхности камня и наличие пыли резко понижает величину сцепления. Пыль на поверхности кирпича обра-

зуется в значительной степени вследствие его трения при перевозках и при перегрузках. Поэтому кирпич следует перевозить в контейнерах с плотной укладкой. Перед укладкой камни необходимо очищать от грязи и пыли. Смачивание камней и кирпича струей воды под давлением (брандспойтом) или путем погружения в воду практически обеспечивает достаточную очистку материала от пыли.

В целях повышения монолитности кладки рекомендуется применять облегченный многодырчатый кирпич. Повышение монолитности кладки из многодырчатого кирпича достигается за счет образования шпонок из раствора, затекающего в дыры.

На монолитность, а следовательно, и на сейсмостойкость кладки существенное влияние оказывают влажностные условия твердения раствора в теле кладки. Необходимо в сухую и жаркую погоду (при температурах воздуха в 13 час. +25° и более) поливать выполненную кладку в течение 3 суток по 3 раза в день.

Гарантировать необходимое качество каменной кладки можно только в том случае, если составы растворов подбираются лабораторным путем и за величиной сцепления раствора с камнем установлен контроль.

Качество бетона формируется в основном в процессе производства работ и после укладки его в дело. Поэтому роль производственных факторов в обеспечении надлежащей прочности и сейсмостойкости бетонных и железобетонных конструкций исключительно велика. Основными требованиями при производстве бетонных и железобетонных работ в сейсмических условиях являются следующие:

1) для бетонных и железобетонных работ должны применяться преимущественно портландцементы;

2) поверхности рабочих швов перед укладкой нового бетона должны подготавливаться насечкой, расчисткой и промывкой. Промывка должна производиться заранее, не менее, чем за 1 час до укладки нового бетона. Особое внимание должно быть обращено на эффективность удаления цементной пленки (шлама) с поверхности ранее уложенного бетона. Рекомендуется это удаление осуществлять, не дожидаясь окончательного затвердения бетона, т. е. через 6 час. после его укладки, путем промывки поверхности;

3) укладка нового бетона должна начинаться с нанесения тонкого слоя бетона той же консистенции и с тем же соотношением цемента к песку, что и в основной массе укладываемого бетона. Поливка перед бетонированием поверхности рабочих швов и арматуры цементным молоком запрещается. Составы бетонов должны строго соответствовать маркам, указанным в проекте;

4) при устройстве железобетонных антисейсмических поясов по несущим каменным стенам, а также каменной кладки по поясам смежные поверхности кладки и пояса должны тщательно очи-

щаться и смачиваться водой. Элементы сборных железобетонных поясов должны укладываться на растворе полужидкой консистенции, марка которого должна быть на одну ступень выше чем марка раствора, применяемого для кладки стен.

В условиях сухого и жаркого климата необходим тщательный уход за уложенным бетоном. Задача ухода заключается в создании для бетона соответствующих влажностных условий, необходимых для нормального процесса твердения. Одновременно необходимо предохранять бетон от механических повреждений и от размывания свежего бетона дождем. Основным видом ухода за бетоном является увлажнение путем покрытия поверхности бетона влажными материалами или поливки ее водой. В качестве покрытия могут служить брезент, мешковина, рогожа, маты, щиты и т. п. Допускается покрывать свежеуложенный бетон 4—5-сантиметровым слоем крупнозернистого увлажненного песка. Рекомендуемые сроки укрывания бетона на портландцементе, минимальные сроки поливки и количество поливок в течение суток приведены в табл. 2.

Таблица 2

	Средняя температура воздуха в 13 час. дня в тени в град.			
	20	30	40	50
Сроки укрывания бетона (в днях)	2	3	4	5
Минимальные сроки поливки бетонов (в днях)	7	10	13	15
Число поливок в течение суток . .	2	4	6	8

Качество производства работ и выполнение антисейсмических мероприятий должно тщательно и строго контролироваться. Кроме соответствующих записей в журналах работ и составления актов на скрытые работы, в которых должны отражаться все мероприятия, принятые для повышения сейсмостойкости здания, необходимо, по нашему мнению, при сдаче в эксплуатацию зданий и сооружений I и II категорий производить антисейсмическую паспортизацию с оценкой фактической степени их сейсмостойкости (с учетом всех производственных факторов). Такое мероприятие значительно повысит ответственность строительных и проектных организаций за состояние сейсмостойкого строительства и позволит накопить материал для дальнейшей разработки проблемы сейсмостойкости зданий и сооружений.

АШХАБАД СЕГОДНЯ

Через 10 лет после землетрясения производят сильное впечатление вновь построенные в Ашхабаде здания центральных улиц; они красивы, разнообразны по архитектурному замыслу и со-

ставляют единый ансамбль восточного колорита. Так преобразился не только центр города. Даже на окраинах трудно отыскать следы происшедшего бедствия.

Авторы были очевидцами того, как с первых же дней после землетрясения начались в городе восстановительные работы на текстильном комбинате и шелкомотальной фабрике, на полиграфическом комбинате, пивоваренном заводе, на железной дороге и других предприятиях. Вступила в строй электростанция; в ночь на 13 октября хлебозавод выдал первую партию печеного хлеба.

В эти дни в Ашхабад прибывали эшелоны, груженные различными строительными материалами. Из Сибири шел лес, из Поволжья и Узбекистана — цемент, с Урала и Украины — металл и различное оборудование, из районов Севера шли сотни и тысячи стандартных деревянных щитовых домов.

Проектные организации Узбекистана в короткие сроки подготовили для Ашхабада типовые проекты жилых и культурно-бытовых зданий. Некоторые из строительных организаций других братских союзных республик на свои средства построили несколько школ и других зданий. Московские, ленинградские, ростовские, бакинские и другие проектные организации Советского Союза обеспечили проектирование планировки г. Ашхабада и наиболее крупных капитальных зданий и сооружений. В восстановлении г. Ашхабада принимали участие все братские союзные республики.

После землетрясения в городе сохранились асфальт, озеленение, водопровод, телефонизация, электросети, арычная система и другие элементы благоустройства, поэтому при разработке генерального плана Ашхабада во многом была использована его прежняя планировка.

В новом утвержденном генеральном плане предусматривается дополнительное благоустройство города бульварами, скверами, цветниками и бассейнами. Городские площади оформляются в единый ансамбль, намечено расширение Ашхабада за счет пригородной зоны.

Город застраивается, согласно генеральному плану, невысокими, преимущественно 2-этажными и 3-этажными зданиями. Новые капитальные постройки жилых домов, культурно-бытовых и административных зданий намного благоустроеннее прежних; проектирование и строительство их ведется с учетом 9-балльной сейсмичности.

Свыше десятка строительных организаций участвовали в восстановлении Ашхабада, и за 10 лет после землетрясения построены и сданы в эксплуатацию несколько сотен тысяч квадратных метров жилой площади, десятки средних школ, поликлиник, больниц, культурно-бытовых и административных зданий и промышленных объектов. Индивидуальными застройщиками при помощи государственных ссуд построено более 4000 одноэтажных

домов. За этот же период сооружено свыше 500 тыс. $м^2$ гудронированных, булыжных и гравийных дорог, заасфальтировано более 200 тыс. $м^2$ улиц и тротуаров.

На месте разрушенного землетрясением вокзала построено новое сейсмостойкое здание. Это здание по своему планировочно-конструктивному решению и архитектуре может быть поставлено в ряд с лучшими вокзальными зданиями нашей страны.

Часть Октябрьской ул., которая подходит к привокзальной площади, застроена преимущественно служебными и культурно-бытовыми зданиями Ашхабадской железной дороги. Здесь построен клуб-дворец железнодорожников и расположен летний

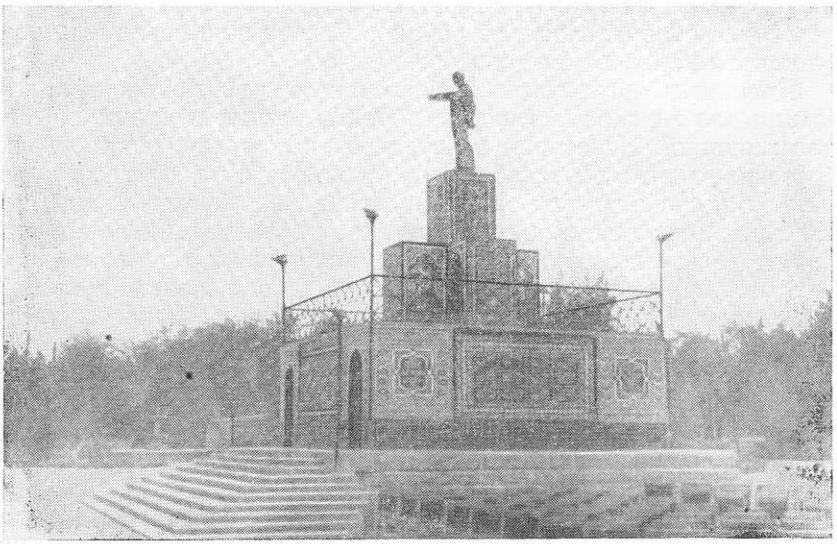


Рис. 259. Памятник Ленину в Ленинском сквере. Памятник хорошо противостоял катастрофическому землетрясению 1948 г.

сад. Вместо 1-этажного здания управления дороги, которое было разрушено землетрясением, построено монументальное 3-этажное здание.

На углу Октябрьской ул. и проспекта Сталина построена новая гостиница. Против парка Советской Армии на ул. Карла Маркса сооружено здание Центрального Комитета Коммунистической партии Туркменистана. Площадь имени Карла Маркса застраивается 2—3-этажными капитальными сейсмостойкими зданиями. Уже построено здание Министерства государственного контроля, здание республиканской прокуратуры, а между ними Государственная баблиотека с книгохранилищем на 2 млн. томов. Здесь, же, на площади, по проекту генерального плана преду-

сматривается строительство здания областных и городских партийных и советских организаций.

На ул. Гоголя построено здание Совета Министров, здесь же по близости строится целый комплекс зданий Академии наук Туркменской ССР. В центральной части города сторится здание Дома печати, в котором разместятся Министерство культуры с управлениями и редакции всех республиканских газет и журналов.

В центре города в сквере имени Ленина высится сохранившийся величественный памятник В. И. Ленину, сооруженный по проекту А. А. Карелина. Пьедестал памятника покрыт красочным узором туркменских национальных орнаментов, сделанных из майоликовых плиток. Конструкция памятника была хорошо продумана. Поэтому, несмотря на катастрофическую силу землетрясения 1948 г., памятник хорошо сохранился и повреждений не имеет (рис. 259).

На углу улиц Энгельса и Карла Либкнехта построено здание Туркменского Государственного театра оперы и балета. На Первомайской и других смежных с ней улицах построены: Медицинский институт, клиника Медицинского института, больницы, а в том месте, где Первомайская ул. переходит в Фирюзинскую дорогу, построен целый учебный городок (Туркменский Государственный университет и Республиканская партийная школа, Туркменский сельскохозяйственный институт).

В северо-западной части города размещены фабрики, заводы, дизельная электростанция. Здесь же недалеко от них находится ашхабадская киностудия, а на севере за железнодорожной линией расположились другие промышленные предприятия.

Генеральный план восстановления, реконструкции и расширения Ашхабада успешно претворяется в жизнь. Постепенно Ашхабад становится одним из красивейших городов нашей страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркан Д. Д., Сейсмовзрывные волны и действие их на сооружение, Стройиздат, М., 1945.

2. Бачинский Н. М., Антисейсмика в архитектурных памятниках Средней Азии, Изд. Академии наук СССР, М.-Л., 1949.

3. Богданович К. И., Карк М. И., Корольков Б. Я. и Мушкетов Д. И., Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1910 г. (4 января 1911 г.), Труды Геологического комитета, выпуск 89, С.-Петербург, 1914.

4. Бончковский В. Ф., Землетрясения, их причины и способы борьбы с их последствиями, Изд. Академии наук СССР, М., 1949.

5. Ботвинкин Н. Н., Руководство по сейсмостойкости сооружений, Объед. Госиздат, Средаз. отделение, Т., 1933.

6. Бриске Р., Сейсмостойкость сооружений, Заккнига, 1928.

7. Бронников М. М., Каратагское землетрясение, Известия Геологического комитета, С.-Петербург, 1908, том XXVII, № 7.

8. Быховский В. А., Исследования по сейсмостойкости зданий и сооружений. Под ред. д-ра техн. наук проф. А. Е. Десова, Госстройиздат, 1956.

9. Быховский В. А., Усовершенствование метода расчета жилых зданий на сейсмические нагрузки и сборные конструкции жилых зданий для строительства в сейсмических районах, Материалы ко 2-й сессии общего собрания членов Академии строительства и архитектуры СССР, М., 1957.

10. Вильгельмзон П. М., Кемино-Чуйское землетрясение 21 июня 1938 г., Изд. Академии наук Каз. ССР, А.-А., 1947.

11. Вопросы сейсмостойкого строительства, Изд. Академии наук Арм. ССР, 1949.

12. Гзелишвили И. А., Сафарян А. Н. Итоги сейсмического микрорайонирования населенных пунктов Грузинской ССР, Труды института строительного дела Академии наук Груз. ССР, Т. 1948.

13. Голицын Б. Б., Лекции по сейсмометрии, изд. Академии наук. С.-Петербург, 1912.

14. Гольденблат И. И., Быховский Б. А., Опыт строительства в сейсмических районах, «Строительная газета» № 6, М., 1955.

15. Гольденблат И. И., Быховский Б. А., Вопросы расчета и конструирования железобетона в сейсмостойком строительстве. Доклад на совещании по методам расчета сборных зданий, М., 1956.

16. Горшков Г. П., Землетрясения Туркмении. Труды Сейсмологич. ин-та Академии наук СССР № 122, М., 1947.

17. Горшков Г. П., Землетрясения на территории Советского Союза. Гос. Изд. географической литературы, М., 1949.

18. Губин И. Е. Сейсмо-тектонический метод сейсмического районирования, труды Геофизического института № 13 (140). Изд. Академии наук СССР, М.-Л., 1950.

19. Гутенберг Б. и Рихтер К., Сейсмичность Земли, Гос. изд. иностр. лит., М., 1948.

20. Динамические свойства строительных материалов. Сборник под редакцией д-ра техн. наук проф. Ю. А. Нилендера, Стройиздат, М., 1940.
21. Егерев К. Е., Индустриализация в антисейсмическом строительстве. Вопросы строительства, Изд. Туркм. филиала Академии наук СССР, А., 1950.
22. Завриев К. С., Динамика сооружений, Трансжелдориздат, М., 1946.
23. Корчинский И. Л., Расчет строительных конструкций на вибрационную нагрузку, Стройиздат, М., 1948.
24. Корчинский И. Л., Расчет сооружений на сейсмические воздействия, ЦНИПС, научное сообщение, выпуск 14, Госстройиздат, М., 1954.
25. Кресков Я., Динамика сейсмостойких сооружений, ОНТИ, М., 1935 (пер. с английского).
26. Ломоносов М. В., Избранные философские произведения, Госполитиздат, М., 1950.
27. Медведев С. В., Борьба с разрушительными последствиями сильных землетрясений, Вестник Академии наук СССР № 8, М., 1949.
28. Медведев С. В., К вопросу об учете сейсмической активности района при строительстве, Труды сейсмологического института № 119, М., 1947.
29. Медведев С. В., Новая сейсмическая шкала, Труды Геофизического института Академии наук СССР № 21 (148), 1953.
30. Мушкетов Д. И., Труды Сейсмологического института Академии наук СССР № 33, М., 1933.
31. Мушкетов Д. И., Сейсмическое районирование Средней Азии, Труды Сейсмологического института Академии наук СССР. № 34 вып. 2., М., 1933.
32. Мушкетов Д. И., Курс общей геологии, Географиздат, М., 1934.
33. Мушкетов И. В., Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г., Труды Геологического комитета, том. X, № 1, С.-Петербург, 1890.
34. Назаров А. Г., Опыт построения теории сейсмостойкости (докторская диссертация), 1946.
35. Новоторцев В. И., Теория колебания сооружений в применении к сейсмостойкому строительству, Труды Сейсмологического института № 43, Изд. Академии наук СССР, Л., 1934.
36. Нормы и правила строительства в сейсмических районах (СН 8-57), Госстройиздат, М., 1957.
37. Оразымбетов Н. О., Землетрясения и поведение надземных сооружений, Казгосиздат, А.-А., 1957.
38. Пильдиш М. Я., Вопросы сейсмостойкого строительства, Стройиздат, М., 1950.
39. Пильдиш М. Я. и Бирюков В. В., Конструкции зданий для сейсмических районов, Изд. Академии наук УзССР, Т., 1953.
40. Положение по строительству в сейсмических районах (ПСП 101-51), Госархстройиздат, М.-Л., 1951.
41. Саваренский Е. Ф. и Кирнос Д. П., Элементы сейсмологии и сейсмометрии, изд. технико-теоретической литературы, М., 1949.
42. Сердюков М. М., Керамзит и керамзитобетон Казгосиздат, А.-А., 1957.
43. Степанян В. А., Нормальное сцепление раствора с камнем. Изд. Академии наук Арм. ССР, Е., 1950.
44. Сюэхиро К., Инженерная сейсмология, Изд-во «Экономическая жизнь», М., 1935.
45. Тищенко В. Г., К вопросу о действии на элементы конструкций нагрузок большой интенсивности, длящихся короткий промежуток времени, Труды Сейсмологического института Академии наук СССР, М., 1945.
46. Тищенко В. Г., Сейсмические воздействия и сейсмоустойчивость сооружений, Совещание по антисейсмическому строительству, 1948.
47. Труды первого совещания по вопросам космогоний 16—19 апреля 1951 г., Изд. Академии наук СССР, М., 1951.
48. Труды координационного совещания по сейсмостойкому строительству, Изд. Академии наук АрмССР, Е., 1956.

49. Цшохер В. О. и Быховский В. А., Антисейсмическое строительство, Изд. Центр. строительной библиотеки, М., 1937.

50. Цшохер В. О., Сейсмика в проблемах планировки городов, Труды Технического института Туркменского филиала Академии наук СССР, вып. 1, Издат. Туркм. фил. Академии наук СССР.

51. Цшохер В. О., Микросейсмическое районирование и о комплексной кладке со стороны требований антисейсмического строительства, Вопросы строительства, сборник статей, Изд. Туркмен. фил. Академии наук СССР, А., 1950.

52. Чернышев Ф., Бронников М., Вебер В. и Фааст А., Андижанское землетрясение 3 (16) декабря 1902 г. Труды Геологического комитета, Новая серия, вып. 54, М., 1910.

53. Чураян А. Л., Лордкипанидзе Р. В. и Джабуа Ш. А., Разрушение построек при Чаткальском землетрясении 3 ноября 1946 г. Изд. Академии наук ГрузССР, Т., 1949.

54. Чураян А. Л., О нормировании каменной кладки в сейсмических условиях, Труды Физико-технического института Туркменского филиала Академии наук ССР, вып. 1, Изд. Туркмен. филиал Академии наук, А., 1949.

55. Чураян А. Л. и Джабуа Ш. А., Некоторые вопросы применения сборного железобетона в сейсмостойком строительстве, Изд. Академии наук ГрузССР, Т. 1956.

56. Шмидт О. Ю., Четыре лекции о теории происхождения Земли, Изд. Академии наук СССР, изд. 2-е, М., 1950.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие :	3
Введение	5
1. Общие сведения о землетрясениях	—
2. Характер воздействия землетрясений на здания	10
3. Примеры сильнейших землетрясений и их последствия . .	16
ГЛАВА I. **Сейсмичность Туркмении и характеристика землетрясений на ее территории**	24
1. Землетрясения в прошлом	—
2. Землетрясение в 1948 г.	26
ГЛАВА II. **Повреждения жилых зданий**	33
1. Одноэтажные сырцовые жилые дома	—
2. 2-этажные кирпичные жилые дома с простой конфигурацией в плане	35
3. 3-этажные кирпичные жилые дома со сложной конфигурацией в плане	48
4. 2-этажные жилые дома с разнотипными несущими конструкциями	62
5. Жилые дома с деревянным каркасом	69
ГЛАВА III. **Повреждения общественных и культурно-бытовых зданий**	71
1. Общая характеристика	—
2. Здания с кирпичными стенами	—
3. Здания со стенами из мелких известняковых блоков . . .	93
4. Здания театров и клубов	99
5. Здания с железобетонными рамными конструкциями . . .	112
6. Здания кирпичные с простой конфигурацией в плане . . .	122
7. Здания с каменными стенами без антисейсмических мероприятий	129
ГЛАВА IV. **Повреждения промышленных зданий и сооружений** . .	136
1. Здания и сооружения с железобетонными рамными конструкциями : . . . . . :	—
2. Здания с односторонними контрфорсами	163
3. Здания и сооружения разнотипной конструкции в зоне одинаковой сейсмической активности	171

Стр.

4. Здания с конструкциями смешанного типа 183

ГЛАВА V. **Повреждения различных зданий и сельских построек в области распространения землетрясения** 189

1. Ашхабад — Теджен . . . . . —
2. Ашхабад — Гяурс — Анау 191
3. Ашхабад — Шабли 198
4. Ашхабад — Гаудан 202
5. Ашхабад — Фирюза 204
6. Ашхабад — Геок-Тепе 209

ГЛАВА VI. **Повреждения дорожных и ирригационных сооружений и электросетей** 225

1. Ашхабадская железная дорога и инженерные сооружения на ней —
2. Шоссейные дороги и инженерные сооружения на них . . . 226
3. Ирригационное хозяйство . . . . . —
4. Ашхабадское городское электрохозяйство 227

ГЛАВА VII. **Повреждения городских водопроводных устройств и сооружений и канализационных насосных станций** . . . 231

1. Водозаборные сооружения . . . . . —
2. Главные водоводы 233
3. Разводящая водопроводная сеть 234
4. Песколовки, отстойники и подземные резервуары . . . 238
5. Фильтры 240
6. Насосные станции 241
7. Водонапорные башни 242
8. Водопроводные узлы при сооружениях и камеры 244
9. Работа водопровода во время и после землетрясения . . . 245
10. Выводы о сейсмостойкости водопроводных устройств и сооружений . . . . . —

ГЛАВА VIII. **Обобщения и выводы** 247

1. Интенсивность землетрясения 1948 г. . . . . —
2. Влияние грунтов на интенсивность землетрясения . . . 250
3. Значение планировочно-конструктивных решений зданий . . 251
4. Влияние землетрясения на различные части здания . . . 253
5. Общее заключение о сейсмостойкости зданий 267

ГЛАВА IX. **Из опыта современного сейсмостойкого строительства** . 271

1. Конструктивные мероприятия, повышающие сейсмостойкость каменных зданий 273
2. Каркасные конструкции 282
3. Применение крупных бетонных и кирпичных блоков . . . 287

Стр.
4. Применение сборных железобетонных конструкций . . . 291
5. Малоэтажные здания из местных строительных материалов . 293
6. Производство работ 295
Ашхабад сегодня 298
Литература 302

Н. О. ОРАЗЫМБЕТОВ,
М. М. СЕРДЮКОВ,
С. А. ШАНИН

АШХАБАДСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 1948 г.

* * *

Госстройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства *Г. Н. Вилков*
Художник *Е. В. Бекетов*
Технические редакторы *Л. Я. Медведев* и *Л. М. Осенко*

Сдано в набор 7/VII 1959 г. Подписано к печати 11/II 1960 г. Т-00371.
Формат 60×92¹/₁₆. 9,62 б. л., 19,25 печ. л., 19,00 уч.-изд. л. Тираж 1000 экз.
Изд. № VIII-3050. Заказ 605. Цена 9 р. 50к.+переплет № 5—1 р. 25 к.

Типография № 11 Управления полиграфической промышленности Ленсовнархоза, Ленинград, ул. Марата, 58

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
38	6 снизу	ориентировке одного из	ориентировке корпусов
79	11 снизу	5 *м*	50 *м*
149	1—7 сверху	строки перепутаны	строки следует читать в таком порядке 1, 3, 4, 5, 6, 2, 7
167	6 сверху	рассторена	расстроена
186	17 снизу	пролета	главного пролета
204	8 сверху	баллами	6 баллами
302	15 сверху	Каратагское	Карадагское

Зак. 605

10р. 75к.