

33
С. 28

СЫСҮОУСТОНЧЫВЫЕ
СРОИТЕЛЫЕ КОМПОЗИЦИИ

ТАШКЕНТ

38
6-28

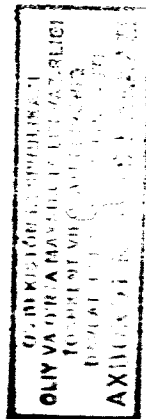
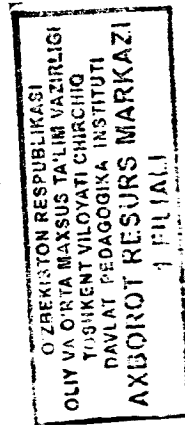
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ИНСТИТУТ

СЕЙСМОУСТОЙЧИВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ

1698

С. Касимов



ТАШКЕНТ - 2014

ости и от
рушенные
ля жилых
ажности
вующим
жений от
онструк-
нием ко-
работка
ых рас-
жку ко-
вляется
блюда-
перио-
ор того
л тре-
олеба-
ых ис-
ПОЗИТ-
ИСМИ-
ЭКС-
МИКИ
УТНО-
сле-
едо-
ина,
ва и
НЫХ
ДСТ-
ТИ-
ео-
ЦИХ



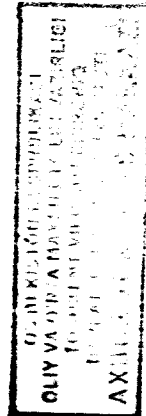
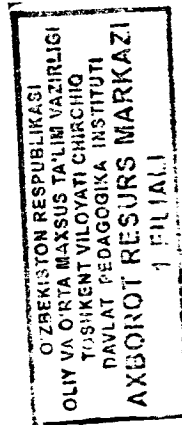
38
6-28

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ИНСТИТУТ

СЕЙСМОУСТОЙЧИВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ

1698



ТАШКЕНТ - 2014

Смелый

УДК: 691.53:550.34
ББК 38.33
С-28

С-28 Сейсмоустойчивые строительные композиции. Монография.
—Т.: «Fan va technology», 2014, 124 стр.

ISBN 978-9943-975-71-2

В монографии приведены результаты научных исследований по выявлению причин хрупкого разрушения отделочных композиционных строительных растворов под влиянием местных и транзитных землетрясений. Разработаны оптимальные составы и технология отделочных композиционных строительных растворов при введении полимерных добавок.

Монография рассчитана для научных работников, проектировщиков строительного комплекса, а также её могут пользоваться магистранты и бакалавры строительных специальностей.

УДК: 691.53:550.34
ББК 38.33

Авторы:

САМИГОВ Н.А., МАХКАМОВ С.М., ХАМИДОВ Л.А.,
ТУРАПОВ М.Т.

Рецензенты:

Зияуддинов Ф.Ф. — д.ф.-м.н., проф.;
Акромов Х.А. — д.т.н., проф.

Монография рекомендована к изданию решением учёного Совета
ТАШ от 2014 года 11 сентября.

ISBN 978-9943-975-71-2

© Изд-во «Fan va technology», 2014.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что Узбекистан находится в зоне сейсмичности и от землетрясений наблюдались полностью или частично разрушенные здания и сооружения, особенно эти явления характерны для жилых и общественных зданий.

При этом отдельные части зданий и сооружений, в частности каркас здания, сохраняется, если это выполнено по существующим требованиям. Практически влиянием колебательных движений от землетрясений подвергаются подвесные, ограждающие конструкции и в основном отделка и отделочные элементы, основанием которых являются отделочные строительные растворы. Разработка новых прогрессивных составов разновидностей строительных растворов, на основе местного сырья, обеспечивающих поддержку колебательных движений от землетрясений без разрушения, является актуальной задачей.

Если учесть, что за последние два года в г. Ташкенте наблюдалось более 40 транзитных низкочастотных землетрясений с периодом от 30-40 сек до 1-1,5 мин. силой от 2 до 5 баллов, то выбор того или иного строительного раствора который бы обеспечивал требуемые эксплуатационные характеристики для поддержки колебательных движений землетрясения диктует проведение научных исследований оптимальных составов покрытий.

По вопросам, посвященным состоянию отделочных композиционных строительных материалов, находящихся под влиянием сейсмических сил и определению их прочностных, деформативных, эксплуатационных и других свойств, по вопросам развития динамики колебаний широко начаты научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в 40 годах прошлого столетия. Особо следует отметить в этих направлениях научно-обоснованные исследования, а также результаты выдающихся учёных Х.А.Рахматуллина, И.Т.Уразбаева, В.К.Кабулова, В.Т.Раскатовского, Т.Р.Рашидова и К.С.Абдурашидова. Они, в основном после совершения сильных землетрясений в регионах Республики, глубоко изучали последствия землетрясений в зданиях и сооружениях, обосновали математическим путем направления сейсμοдинамики, соответствующие теории колебаний и нагруженных сейсмических сил, прослеживающих в природе колебательной динамики.

В монографии приведены результаты научных исследований по грантовому проекту Ф-4-50 «Развитие основ полиструктурной теории создания композиционных строительных материалов» и КА-14-003 «Хрупкое разрушение строительных материалов, изготовленных из местного сырья и композитов, используемых в сооружениях под влиянием транзитных и местных землетрясений».

Представлены результаты экспериментальных исследований по выявлению хрупкого разрушения отделочных композиционных строительных растворов, использованных в зданиях и сооружениях Ферганской долины после Каннского землетрясения 19 июля 2011 года, Кашкадарьинской области после Камашинского землетрясения того же года, и Джизакской области после Маржанбулакского землетрясения 26 мая 2013 года.

Разработаны и предложены эффективные новые композиционные материалы на основе местного сырья с введением органических модификаторов, обеспечивающих высокие физико-механические, деформативные, адгезионные, а также эксплуатационные свойства отделочных композиционных строительных растворов.

Представлены результаты разработки технологии приготовления модифицированных составов отделочных композиционных строительных материалов, а также их опытно-промышленное внедрение на базе ООО «Жиззах бинокор савдо» Джизакской области.

ГЛАВА I. ПРИЧИНЫ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ ОТДЕЛОЧНЫХ КОМПОЗИТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

1.1. Научные предпосылки к сейсмоактивности регионов

Известно, что в целом, территория Узбекистана является одной из самых сейсмически активных зон Средней Азии. В сейсмоактивных зонах Узбекистана, которыми являются Чаткал-Кураминская горная область, Туркистано-Гиссарская горные зоны, помимо сильных землетрясений, всегда происходят слабые толчки. Поэтому во время строительства в этих зонах зданий и других строительных сооружений должны учитываться сейсмическая активность и нормы строительства, а также создаваться системы мониторинга сейсмостойкости и технического состояния, как для строящихся, так и для существующих строительных объектов.

На сегодняшний день существует множество методов, технологий и систем анализа и мониторинга сейсмостойкости. Сюда входят методы анализа сейсмических колебаний и их регистрации; способы обработки сейсмограмм и магнитограмм; определение деформаций высотных зданий с помощью GPS (Global Positioning System); методы решения задачи геодезического мониторинга высотных зданий и сооружений методом спутниковой геодезии; методы мониторинга деформационного поведения зданий, попадающих в зону влияния нового строительства; методы мониторинга технического состояния несущих конструкций высотных зданий и широкопролетных сооружений; способы применения мобильных диагностических комплексов для оценки прочности, устойчивости и остаточного ресурса зданий и сооружений и др.

Анализ вышеперечисленных решений, методов, алгоритмов, технологий, технических средств и систем, наглядно показывает огромную значимость проблемы обеспечения безопасности строительных объектов и сооружений. Благодаря этим работам, мероприятиям, конструкциям, технологиям и т.д. в настоящее время обеспечивается безопасность проживания населения в крупных мегаполисах современных высокоразвитых промышленных стран. На сегодняшний день обеспечение гарантированной безопасности имеют те строительные сооружения, которые обеспечены системой

контроля сейсмостойкости и технического состояния. Те здания и строительные сооружения, у которых сейсмостойкость и техническое состояние контролируется эпизодически по мере возникновения необходимости, не имеют гарантированного обеспечения безопасности. Как правило, для таких объектов в результате планового контроля технического состояния принимается решение об использовании мобильной системы для мониторинга изменения их сейсмостойкости.

Однако для городов, расположенных в странах с активными сейсмическими процессами, контролировать состояние сейсмостойкости нескольких тысяч социально значимых и стратегических объектов практически невозможно, так как каждый такой контроль с применением мобильных средств выполняется в течение нескольких дней. В то же время в сейсмоактивных регионах, как правило, каждый год происходит несколько маломощных (слабых) землетрясений до 3 баллов. На первый взгляд они кажутся безобидными. На самом же деле, на те здания, которые обладают высокой степенью запаса сейсмостойкости, эти землетрясения никакого влияния не оказывают. В то же время для землетрясения недостаточным запасом сейсмостойкости после каждого такого землетрясения есть вероятность изменения состояния в худшую сторону. Среди нескольких тысяч социально значимых и стратегических объектов после каждого слабого землетрясения в силу указанных причин возникает необходимость выявить те здания, у которых произошло изменение состояния сейсмостойкости.

В связи с выше указанным, несмотря на достаточное множество перечисленных методов, способов, алгоритмов, технологий, технических средств и систем, они не в состоянии обеспечить решение указанной задачи после каждого маломощного землетрясения. При этом очень важно учесть, что в зданиях после землетрясения происходит изменение сейсмостойкости в скрытом виде. Это очень важная специфическая особенность высокотных зданий и социально значимых строительных объектов. Когда изменение сейсмостойкости имеет явно выраженную форму, то с применением мобильных систем на основе анализа существующих методов анализа сигналов, получаемых от датчиков мобильной аппаратуры, удается выявить объекты с измененной сейсмостойкостью. Когда же изменение сейсмостойкости имеет скрытый характер, осуществить мониторинг изменения сейсмостойкости строительных объектов с

применением традиционных технологий при помощи мобильной аппаратуры оказывается очень трудно. Причем, если даже для каждого здания применять отдельные системы, то все равно не будет уверенности в успешном решении проблемы мониторинга сейсмостойкости в большом количестве строительных объектов. Поэтому тема работы, посвященная разработке робастных распределенных систем по определению скрытого периода изменения технического состояния высотных зданий и стратегических объектов городов, расположенных в сейсмоактивных регионах, является актуальной.

Кратко остановимся на анализе некоторых землетрясений, происшедших в различных частях земного шара и в регионах Республики Узбекистан.

В 1755 г. сильнейшее землетрясение и вызванные им волны цунами разрушили г. Лиссабон. Были превращены в развалины около 15000 домов, погибла четверть населения города [3,4,18]. Плейстоценовая зона охватила площадь радиусом более 30 км.

В Индийской провинции Ассам в 1897 г. землетрясение разрушило все на территории 350 тыс. кв. км. Возникли трещины в грунте, реки изменили течение, некоторые дома погрузились в мягкий грунт до крыш.

Землетрясение 1908 года в Италии с гипоцентром под дном Мессинского пролива было одним из самых сокрушительных. Разрушено 98 % зданий, погибло около 100 тыс. человек.

Токийское землетрясение 1923 года разрушило города Йокогаму и Токио. Оно сопровождалось взрывами газовых магистралей и пожарами. Более 1 млн. зданий было разрушено, более 400 тыс. зданий сгорело и более 200 тыс. зданий смыла морская волна. Погибло свыше 150 тыс. человек. Дно бухты Сагама вдоль тектонической линии поднялось к северу на 200 м и опустилось к югу на 100 м.

Ашхабадское землетрясение 1948 года силой 8 баллов сильно повредило здания из сырцового кирпича и железобетона практически полностью разрушив весь город.

В 1966 г. произошло землетрясение в г. Ташкенте с очагом под центром города. Разрушены здания из глинобита, самана и некоторые сейсмостойкие здания современной постройки.

Землетрясения в г. Газли 1976 и 1984 годах силой 10 баллов по отечественной 12-балльной шкале вызвали значительные разрушения и выявили небрежность и низкую квалификацию проектиров-

щиков и строителей ряда крупнопанельных жилых зданий, а землетрясение 1986г. в Молдавии (г.Кишинев) силой 7-8 баллов подтвердило должную сейсмостойкость строящихся в Молдавии 9-этажных крупнопанельных домов серии 135 [21,22].

Катастрофические землетрясения силой 7,8 баллов 19 сентября и 7 баллов 20 сентября 1985 года (по шкале Рихтера), поразившие всю страну, произошли в Мексике. Наиболее значительным разрушениям подверглись центральные и южные районы г.Мехико. Погибло около 7 тыс. человек, тысячи людей были ранены. До основания разрушено более 500 многоэтажных зданий современной постройки. Специалистами установлено, что разрушившиеся высокие здания имели ассиметричную форму в плане, были расположены слишком близко к более низким зданиям (эффект соударения). А определенное количество разрушенных зданий было построено строительными фирмами, экономившими на антисейсмических мероприятиях. Мощности этого землетрясения была обусловлена эффектом усиления колебаний обводненных аллювиальных отложений в долине Мехико, а его причиной явился разрыв земной коры, вызванный смещением на расстоянии от одного до двух метров плиты земной коры под названием "плита Кокос" относительно неподвижного соседнего участка.

Шкалы сейсмической интенсивности. Вопрос о силе землетрясения наиболее старый в сейсмологии. Еще в античные времена пытались различным образом охарактеризовать силу землетрясения. Первые попытки классифицировать землетрясения по интенсивности относятся к началу XVII века [23]. Для оценки силы землетрясения пользовались различными сейсмическими шкалами. За период примерно в 200 лет таких шкал составлено около 50-ти. Первые сейсмические шкалы составляли применительно к последствиям отдельных землетрясений и поэтому они имели индивидуальный характер. В дальнейшем ученые обобщали последствия разных землетрясений и разрабатывали обобщенные шкалы. Рассмотрим некоторые действующие в настоящее время шкалы сейсмической интенсивности.

У нас до 1953 г. использовалась шкала MM (Шкала Меркалли-Канкани-Зиберга). В настоящее время в Средней Азии действует сейсмическая шкала Института физики Земли РАН [1,2,27]. Описание последствий землетрясений в этой шкале дифференцировано по трем разделам: поведение зданий и сооружений, остаточные яв-

ления в грунтах, изменение режима грунтовых и подземных вод и прочие признаки (реакция людей, животных, смещение мебели и т.п.), что является ее отличительной особенностью. Раздельное описание позволяет проследить изменение эффекта по какому-то одному признаку при изменении балльности землетрясения. Сила землетрясения в баллах (балльность) определяется здесь величиной x_0 , представляющей наибольшее относительное смещение сферического упругого маятника сейсмометра, имеющего период собственных колебаний 0,25с и логарифмическим кривым затухания, при этом величину x_0 в мм получают сейсмометром СМ-5, что позволяет получить количественную оценку землетрясения. В населенных пунктах, где отсутствуют сейсмометры, силу землетрясения определяют по описательной части шкалы.

Сейсмическая интенсивность. Среди специалистов по сейсмостроительству принято характеризовать интенсивность землетрясений величиной максимальных ускорений [4,5,6]. Такой подход основан на предположении, что воздействие землетрясения на здания или сооружения в основном определяется максимальным ускорением. Однако этот подход справедлив лишь для жестких сооружений, которые разрушаются хрупко. Когда интенсивность землетрясений выражают через ускорения, то используют отношение этого ускорения к ускорению свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. Это отношение имеет вид, $k = a / g$, где a - величина ускорения грунта при данном землетрясении. За рубежом часто интенсивность землетрясений оценивают в галах (gal), $1 \text{ гал} = 0,001 \text{ см/с}^2$.

Американскими исследователями было проведено детальное сопоставление инструментальных записей и наблюдавшихся после землетрясения повреждений [84,85,94,95]. Было установлено, что степень повреждения зависит, как от ускорений, так и от периодов колебаний. При одинаковых ускорениях степень повреждений в случае коротких периодов была меньше, чем в случае больших периодов. Степень скорости колебаний были одинаковы, то независимо от периода наблюдалась одна и та же степень повреждений.

Интенсивность землетрясений. Сейсмическая интенсивность характеризует силу землетрясения в определенном районе, но не дает представления о размерах землетрясения. О размерах землетрясения судят на основании результатов обследования пострадавших районов [5,6]. При этом считают, что чем большую

площадь охватывает землетрясение, тем больше его сила. К. Рихтер в 1935 г. предложил измерять силу землетрясения величиной:

$$M = \lg A,$$

где: A - измеренная сейсмографом амплитуда колебаний в микронах для эпицентрального расстояния равного 100 км;

M - магнитуда землетрясения.

Если расстояние от эпицентра до точки наблюдения отличается от 100 км, вносят соответствующие поправки. Рихтером была разработана так называемая "абсолютная шкала M " с показателями силы землетрясения от 0 до 8,5. Шкала " M " широко используется сейсмостанциями мира при анализе инструментальных данных землетрясений, происходящих на земном шаре. В соответствии со шкалой " M " самые сильные землетрясения мира не превосходят величины $M = 9$.

Таблица 1.1
Сейсмическая шкала Института физики Земли РАН

Балл	Смещение x_0 , мм	Краткая характеристика землетрясения
1	-	Колебания почвы отменяются приборами
2	-	Колебания почвы ощущаются в отдельных случаях людьми, находящимися в спокойном состоянии
3	-	Колебания отмечаются немногими людьми
4	0,5	Землетрясение отмечается многими людьми. Возможно колебание окон, дверей
5	0,5 - 1	Качание висячих предметов, скрип полов, дребезжание стекол, осыпание извести
6	1,1 - 2	Легкие повреждения в некоторых зданиях: тонкие трещины в штукатурке, трещины в печах и т.п.
7	2,1 - 4	Значительные повреждения в некоторых зданиях: трещины в штукатурке и откалывание отдельных кусков, тонкие трещины в стенах, повреждение дымовых труб
8	4,1 - 8	Разрушения в некоторых зданиях: большие трещины в стенах, падение карнизов, дымовых труб

9	8,1 - 16	Обвалы в некоторых зданиях, обрушение стен, перекрытий, кровли
10	16,1 - 32	Обвалы во многих зданиях. Трещины в грунтах около 1 м шириной
11	32	Многочисленные трещины на поверхности земли, большие обвалы в горах
12	-	Изменение рельефа в больших размерах

Большая часть энергии, высвобождаемой во время землетрясения, распространяется в форме сейсмических волн. Чтобы оценить энергию, которую несут эти волны, гипотетично принимают в виде сферы и находят площадь, к которой передается энергия от верхней полусферы. Существует зависимость между выделяемой в виде сейсмических волн энергией землетрясения E (Дж) и его магнитудой M , которая выражается следующим эмпирическим соотношением:

$$\lg E = 4,8 + 1,5 M.$$

Формы колебаний зданий по данным натурных испытаний. В Узбекистане и за рубежом проведены натурные исследования колебаний зданий, показывающие, что деформации вертикальных элементов по длине здания неодинаковы. В ряде случаев существенными являются деформации в своей плоскости не только сборных, но и монолитных перекрытий.

Например, данные Борджес Дж.Ф., Равара А. [59,60,62,63], характеризующих сейсмические нагрузки в компонентах одного объекта показали, что продольные формы колебаний в плане объекта вызываются в основном воздействием на конструкцию зданий. Деформации различных поперечных элементов здания неодинаковы. При частотах $\nu = 1,5$ и $2,5-3,0$ гц формы колебаний жестких строительных элементов типа колонн рам не имеют узлов. Если расчетную частоту колебаний представить в виде плоской рамы, наличие без узловых точек характерно для жесткой рамы, соответствующей разным частотам, что свидетельствует о впадении в противоречие с основными положениями теории колебаний.

Важно отметить, что для узловых форм колебаний рам, соответствующих разным частотам колебаний здания, объясняется его пространственная работа, связанная с деформациями железобетонного покрытия в своей плоскости: при низших частотах покрытие слабо деформируется, при высших - в большей степени, при еще более

высоких, очевидно, появились бы узловые формы колебаний рам. Следовательно, расчеты по плоской расчетной схеме дают приемлемые результаты только для низших частот [3,4,6].

Результаты экспериментов были обработаны по плоской расчетной схеме, поэтому ни одна из упомянутых выше особенностей не была. Формы колебаний перекрытий каркасного здания приведены на рис.1.1 [14]. Колебания возникали от микросейсмических воздействий грунта на основание здания и при мгновенном сбросе горизонтальных статических нагрузок, прикладываемых к зданию во время эксперимента. Как видно из рисунка, отчетливо проявляются поворот и изгиб перекрытия в своей плоскости.

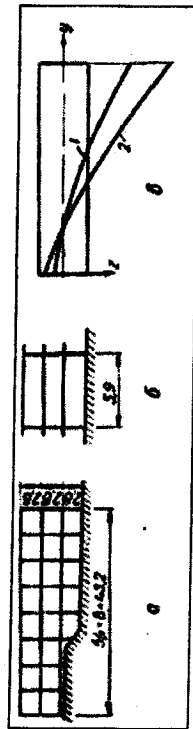


Рис. 1.1. Формы колебаний перекрытий в своей плоскости при микросейсмических воздействиях:
а,б - схемы разрезов соответственно продольного и поперечного; в - изогнутые продольные оси перекрытий над первым (1) и вторым (2) этажами.

Поворот перекрытий при колебании здания является следствием его несимметричности относительно поперечной оси, которая нагружает несимметрично и те строительные материалы, от которого она сложена. Однако эти крутильные эффекты могут быть значительными и для симметричных в плане зданий. Следовательно, поле микросейсмических воздействий нельзя считать равномерным по длине здания. В ряде случаев при микросейсмических воздействиях и сбросе нагрузок фиксировались чисто изгибные колебания перекрытий в своей плоскости (рис.1.2).

Поворот и изгиб перекрытий в своей плоскости в значительной степени проявляются при колебаниях каркасных зданий повышенной этажности (рис.1.3). Большие экспериментальные исследования колебаний каркасных зданий рамной конструктивной схемы были выполнены в Грузии под руководством Г.Н. Карцивадзе [98].

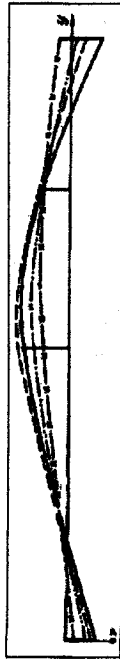


Рис. 1.2. Формы колебаний перекрытий 4-этажного каркасного здания в различные моменты времени.

В 1966 г. проводились измерения колебаний II строящихся высотных каркасных зданий на мысе Пицунда и в Тбилиси высотой 9 - 22 этажа. Характерно, что поступательные перемещения перекрытий, как жестких дисков, не наблюдались ни в одном из экспериментов. Но деформации и поворот перекрытий проявлялись даже в коротких зданиях, длина которых всего в 1,5 - 2,0 раза больше ширины (рис.1.3) [25,28].

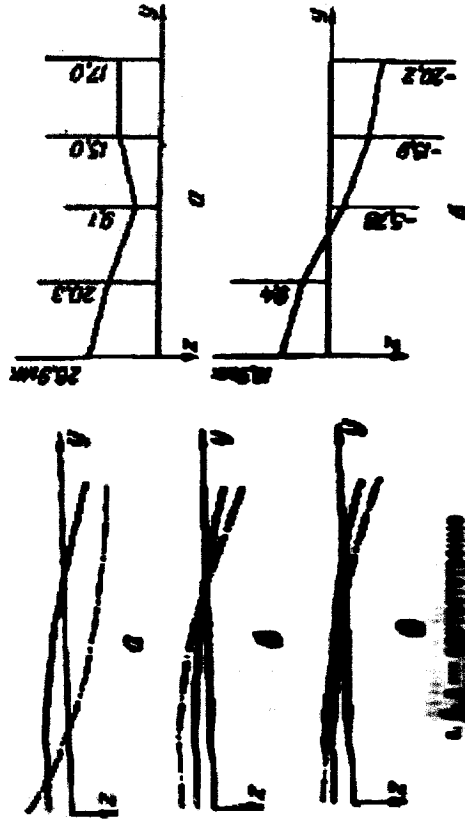


Рис. 1.3. Формы колебаний перекрытий и изгибных осей перекрытий 13-этажного каркасного здания.

Рис. 1.3а. Формы колебаний перекрытия короткого 13-этажного каркасного здания.

В отличие от протяженных в плане зданий здесь, судя по характеру форм колебаний перекрытий, преобладающими являются не деформации изгиба, а деформации сдвига.

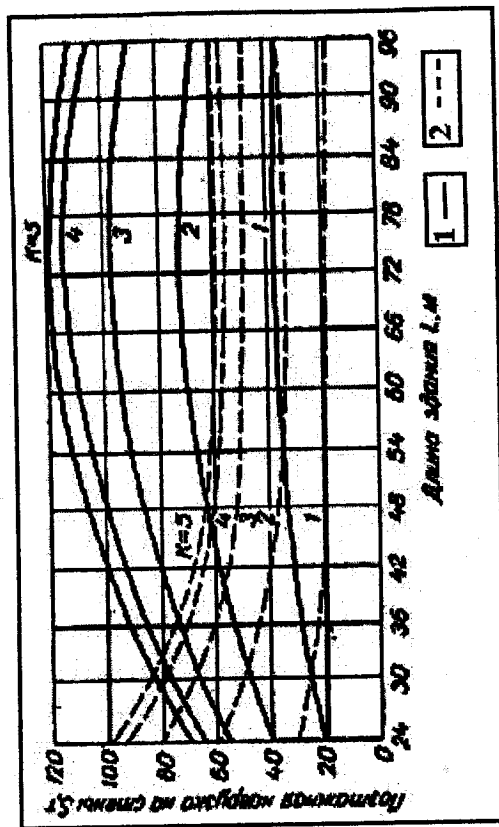
Деформации перекрытий в своих плоскостях проявляются в крупнопанельных, крупноблочных и кирпичных зданиях, несмотря на то, что в них нет далеко отстоящих одна от другой поперечных диафрагм, которые могли бы являться опорами для перекрытий.

Испытания колебаний зданий показали, что учет пространственных форм колебаний, связанных с кручением и общим изгибом перекрытий в своей плоскости, для сравнительно длинных зданий может оказаться существенным, независимо от числа вертикальных диафрагм и расстояний между ними. Поворот и деформативность перекрытий в своей плоскости - важный, объективный факт, установленный многочисленными экспериментами, который должен учитываться при расчете элементов конструкции зданий на сейсмические воздействия.

Расчеты, выполненные авторами на основе динамических расчетных схем в виде перекрестных систем, подтвердили правильность выводов о необходимости учета деформативности перекрытий. График распределения сейсмических нагрузок между средней (сплошная линия) и двумя крайними (пунктирная) стенами 5-этажного здания в зависимости от его длины приведен на рис.1.4. На среднюю стену (относительно менее жесткую - толщина 38 см) приходится большие сейсмические нагрузки, чем на две крайние, вместе взятые (толщина каждой по 51 см).

По теории консольного стержня гибкие каркасные здания загружаются при землетрясении значительно меньшими сейсмическими нагрузками, чем жесткие здания с несущими стенами или каркасные - с диафрагмами жесткости. Этим объясняется тенденция строить гибкие сооружения без жестких стен или диафрагм жесткости [63].

В Японии сохранена прямо противоположная направленность - строить здания жесткой конструктивной схемы с антисейсмическими стенами, железобетонными диафрагмами, фермами жесткости и т.д. Большинство японских специалистов считают, что такой тип зданий является наиболее устойчивым к сейсмическим нагрузкам [74].



Длина здания L в м, K - номер этажа.

Рис.1.4. График сейсмических нагрузок, приходящихся на средние и две крайние поперечные стены 5-этажного здания.

Противоречия между двумя точками зрения очевидны. Оба направления не лучшие при изучении сейсмических нагрузок. Они являются следствием чрезмерного упрощения сложной проблемы обеспечения устойчивости строительных материалов сейсмическим нагрузкам в современных зданиях и представляют лишь два крайних случая. Эта комплексная проблема должна базироваться на динамических методах исследования, учитывающих спектральный состав сейсмических воздействий, взаимодействие оснований с грунтом и наиболее вероятную игру сил в материалах сооружений.

Опыт строительства в Японии приводит также к выводам о хорошей сейсмостойкости зданий со стенами, воспринимающими горизонтальные нагрузки. Если же предположить, что для данного типа зданий более правдоподобной схемой является пространственная, в которой учтена деформативность перекрытий, то указанные противоречия исчезают или сокращаются. В упругих конструкциях зданий горизонтальные сейсмические усилия воспринимаются железобетонными рамами, работающими на изгиб. Во время землетрясений 1957 и 1968 гг. в Мексике здания каркасного

типа имели значительные повреждения, а несколько из них разрушилось [63].

Во время землетрясений 1952 г. в г. Бекерсфилде (США), был поврежден завод «Локхид». Два 1-этажных здания его, были выполнены полностью из сборных железобетонных элементов, запроектированных как жесткие диафрагмы, наружные стены должны были воспринимать горизонтальные усилия. Замена цементного раствора мастикой при заделке швов между сборными железобетонными панелями покрытия привела к неудовлетворительной работе его в качестве жесткой диафрагмы. Внутренние колонны оказались поврежденными от изгибающих усилий, вызванных чрезмерными поперечными смещениями покрытия [64, 73].

Примером удачно спроектированного длинного здания рамно-связевой системы с двумя вертикальными диафрагмами по торцам может служить здание средней школы в г. Эрвин (США), не разрушившееся во время землетрясения 1952 г. [64].

В нем удачно сочетались конструкции из разных материалов с различными деформативными качествами - кирпичных стен, усиленных арматурой, железобетонных рам и длинных железобетонных перекрытий. Не вызывает сомнений пространственный характер работы этого здания во время землетрясений. Благодаря достаточной протяженности, оно оказалось в меру гибким, несмотря на наличие в его составе жестких торцовых диафрагм. В силу этого сейсмические нагрузки были умеренными, а распределение их между каркасом и стенами - рациональным.

Стоимость восстановления всех поврежденных зданий, подобных школе, не превышает 1%, в то время как расположенный неподалеку торговый район, застроенный зданиями другого типа (жесткой и рамной конструктивными схемами), получил повреждения, затраты на ликвидацию которых составляют 100% стоимости зданий.

Современные примеры конструктивной нерегулярности зданий и их разрушений во время землетрясений показаны ниже в рис. 1.5.

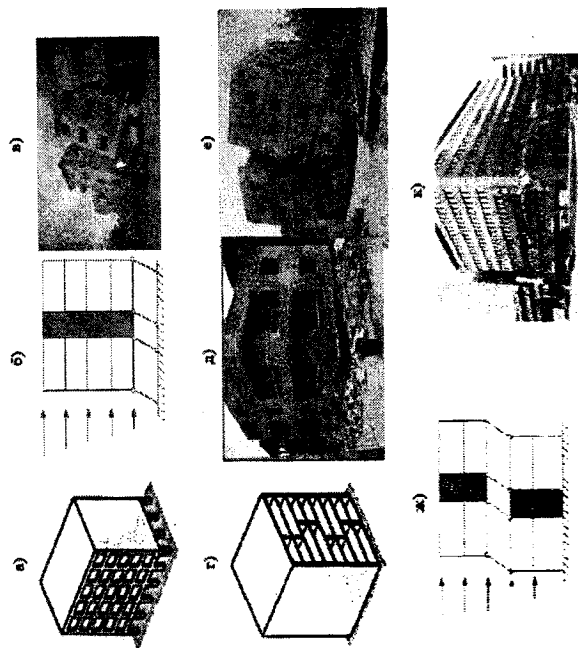


Рис. 1.5. Примеры конструктивной нерегулярности зданий и их разрушений во время землетрясений:

а - здание с «гибким» первым этажом; б - статическая схема деформирования здания с «гибким» первым этажом; в - разрушение зданий во время землетрясения в Турции (Турция, 1999); г - нерегулярное расположение поперечных диафрагм здания по высоте в плане; д - разрушение здания с «гибким» первым этажом при землетрясении в Японии (Акикава, 2003); е - здание, разрушенное при землетрясении (Турция, 1999); ж - схема деформирования здания с «гибкой» вставкой; з - разрушения при землетрясении в Кобе (Япония, 1995).

Характерно в этом отношении здание, построенное в г. Окленд (США), ширина - 17,5, высота - 34 м). В качестве вертикальных диафрагм использовались ограничивающие торцевые стены здания в со-... на почти центральном расположении поперечными... реакции стен были очень большими, и для их... использована плита пола нижнего этажа, специально... высокая горизонтальная балка, работающая в... Перекрытие второго этажа рассчитывалось в со-... необходимости передачи большой перерезывающей

силы от центра к концам. В расчет остальных перекрытий вводили соответствующие поправки [22].

Современные методы проектирования зданий основываются на некоторых новых подходах, которые широко освещены в нормативных документах зарубежных стран: США, Канады, Японии, стран Европы [23].

Этот метод получил название «Nonlinear pushover analysis» (Нелинейный метод, основанный на анализе последовательного разрушения элементов конструкций при действии поперечной нагрузки), апробированный в нём подход к проектированию «Performance based seismic engineering» можно рассматривать как «Проектирование сейсмостойких конструкций с заданными параметрами сейсмостойкости» или «Проектирование на основе рабочих характеристик». Анализ последствий землетрясений подтверждает необходимость применения в расчетах на сейсмостойкость пространственных расчетных схем. Рациональность их использования в динамических расчетах, в зависимости от категорий сооружений и типов грунтов, не вызывает сомнений.

Во время Ташкентского землетрясения обрушения наблюдались лишь в зданиях старой постройки. Однако значительные повреждения имели кирпичные здания новой постройки, часть из которых была рассчитана на сейсмические нагрузки, соответствующие 8-балльному землетрясению.

Ташкентское землетрясение имеет свои особенности, не учитываемые, к сожалению, современными методами расчета, для совершенствования которых нужны представления не только о характере разрушения, но и о самих сейсмических воздействиях.

В зданиях с жесткой конструктивной схемой, в том числе имеющих антисейсмические мероприятия, в первую очередь разрушались связи между продольными и поперечными стенами, продольными стенами и перекрытиями. Для зданий старой постройки разрушение связей было причиной большого количества обвалов и обрушений. Исследования проведены В.К.Егуповым и В.Ф.Тачковым. Более полные данные последствий Ташкентского землетрясения см. в [1,2,3].

Отделение продольных и поперечных стен произошло вследствие вертикальных и горизонтальных колебаний зданий, которые были совместными: при повороте поперечных стен на упругом осевании вертикальные перемещения продольных стен неизбежны.

Соединения продольных и поперечных стен должны быть достаточно прочными, чтобы обеспечить совместность колебаний частей зданий с различными динамическими характеристиками. На такие виды колебаний современные здания не рассчитываются. Усиление эффекта колебаний способствовало близкое расположение к поверхности земли грунтовых вод. Усилия в связях, соединяющих продольные и поперечные стены, продольные стены и перекрытия могут быть определены лишь из пространственной расчетной схемы. Вертикальные составляющие сейсмических воздействий, учитываемые в расчете одновременно с горизонтальными, существенно изменяют весь режим колебаний. Если связи обеспечивали пространственную работу здания, то в несущих стенах возникали косые трещины.

Преимущественная повреждаемость внутренних стен при лучшей сохранности наружных (рис.1.6) подтверждает необходимость учета в расчетах податливости перекрытий в своей плоскости.

Было установлено, что повреждаемость внутренних стен находится в прямой зависимости от степени податливости перекрытий: большие повреждения характерны для зданий с деревянными перекрытиями, меньшие - с железобетонными. Большие повреждения были тогда, когда антисейсмический пояс захватывал лишь наружный контур здания. Наблюдались сдвиги в опорах перекрытий, трещины между панелями, отделение продольных стен от перекрытий. Анализ последствий других землетрясений привел к выводу о равно вероятности разрушений кирпичных зданий во всех этажах. Для Ташкентского землетрясения характерны резонансные или близкие к ним колебания жестких зданий с периодами 0,3-0,4 сек. и меньше. Это объясняет причину большей уязвимости жестких зданий, чем зданий сравнительно гибких, т. е. каркасных.

На здания оказывали также влияние высокочастотные продольные волны, которые распространялись по стенам снизу вверх, а затем отражались. В результате их наложения могут возникнуть пружения, особенно в верхних частях стен, значительно превышающие предел прочности кладки. При прохождении продольных волн в кирпичной стене напряжения растяжения могут достигать порядка 3,4 - 6,7 кг/см², что опасно для кирпичной кладки.

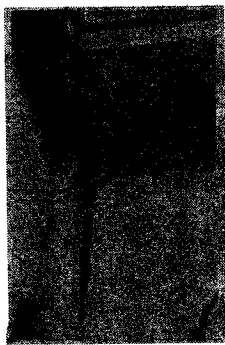
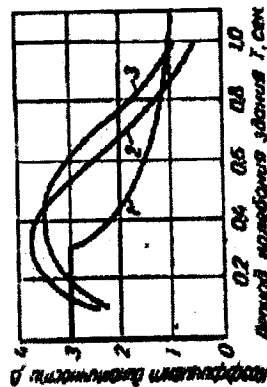


Рис.1.6. Повреждение внутренней стены.

Эффекты растягивающих напряжений определяются величиной сейсмической жесткости здания P , C , (соответственно, эффективные плотность и скорость распространения упругой волны в здании), которая для зданий с несущими стенами значительно больше, чем для каркасных. Повреждение преимущественно верхних этажей многоэтажных зданий свидетельствует о том, что применяемые при расчете кирпичных зданий методы не дают правильного распределения сейсмических нагрузок по высоте. Повреждение кирпичных заполнений в каркасных зданиях, построенных в последние годы, было столь значительным, что в ряде случаев здания вышли из эксплуатации на продолжительное время. Это и оказалось неожиданным, так как подобные конструкции относятся к разряду сейсмостойких.



1-нормативная; 2,3 - для разных участков сейсмограммы.

Рис. 1.7. Кривые коэффициентов динамичности зданий Ташкентского землетрясения.

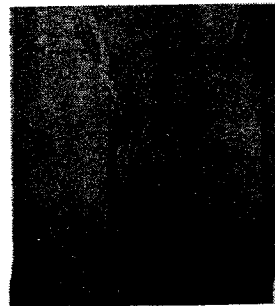


Рис. 1.8. Разрушение стенового заполнения каркаса.

При пространственной работе здания неравномерность распределения усилий между несущими элементами связана не только с деформативностью перекрытий в своей плоскости, но и с их пово-

ротами относительно вертикальной оси. Этим объясняется разрушения у торцов зданий.

Несимметричные разрушения симметричных зданий объясняются асинхронностью колебаний различных точек грунта по длине здания. Вследствие неравномерности поля колебаний грунта перекрытия поворачивались и деформировались в своей плоскости. Во многих случаях наблюдались трещины между панелями перекрытий.

Расчетная сейсмическая нагрузка в выбранном направлении, приложенная в точке "К" и соответствующая i -му тону собственных колебаний (способ разложения в ряд по главным формам), определяется по формуле:

$$S_k = K_i S_{0ik},$$

где: K_i - коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений, принимаемый по табл.4; S_{0ik} - значение сейсмической нагрузки для i -го тона собственных колебаний здания или сооружения, определяемое в предположении упругого деформирования конструкций по формуле:

$$S_{0ik} = Q_k A \beta_i K_i \eta_i,$$

где: Q_k - вес здания или сооружения, отнесенный к точке "К", определяемый с учетом расчетных нагрузок на конструкции и с учетом коэффициента их сочетаний; A - коэффициент, значения которого следует принимать равными 0,1; 0,2; 0,4 соответственно, для расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов; β_i - коэффициент динамичности, определяемый в зависимости от категории грунта по сейсмическим свойствам и в зависимости от расчетного периода свободных колебаний T_i здания или сооружения при их колебаниях по i -му тону при определении сейсмических нагрузок, по формулам:

для грунтов I и II категорий по сейсмическим свойствам

при $T_i \leq 0,1c$ $\beta_i = 1 + 15 T_i$

при $0,1c < T_i < 0,4c$ $\beta_i = 2,5$

при $T_i \geq 0,4c$ $\beta_i = 2,5 (0,4 / T_i)^{0,5}$

для грунтов III категории по сейсмическим свойствам

при $T_i \leq 0,1c$ $\beta_i = 1 + 15 T_i$

при $0,1c < T_i < 0,8c$ $\beta_i = 2,5$

при $T_1 \geq 0,8с$ $\beta_1 = 2,5 (0,8/T_1)^{0,5}$;

во всех случаях значения β_1 должны приниматься не менее 0,8; K_ψ - коэффициент, принимаемый по табл. 5.

При сейсмичности площадки строительства, равной 8 баллов и более, при грунтах III категории к значению S_{ik} вводится множитель 0,7, учитывающий нелинейное деформирование грунтов при сейсмических воздействиях.

При расчете зданий и сооружений, с использованием консольной расчетной схемы, значение η_{ik} определяют по формуле:

$$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_j(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_j^2(x_j)},$$

где: $X_i(x_k)$ и $X_j(x_j)$ - смещения здания или сооружения при собственных колебаниях по i - му тону в рассматриваемой точке k и во всех точках j , где в соответствии с расчетной схемой его вес принят средоточенным; Q_j - вес здания или сооружения, отнесенный к точке j , определяемый с учетом расчетных нагрузок на конструкцию и с учетом коэффициентов сочетаний.

После нахождения сейсмических сил для требуемого числа форм собственных колебаний и нахождения напряженно-деформированного состояния здания или сооружения от этих сил определяют расчетные значения внутренних силовых факторов (изгибающих моментов, нормальных и поперечных сил, нормальных, касательных и главных напряжений). Для этого эффекты действия сейсмических нагрузок по формам суммируют по правилу среднего квадратичного:

$$N_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2},$$

где: N_i^2 - величина определяемого внутреннего силового фактора от сейсмической нагрузки i - й формы колебаний; n - количество учитываемых форм колебаний. Здесь принципиальным является вопрос о выборе достаточного числа форм колебаний, которое следует учитывать. Однако, эта проблема в данном пособии не рассматривается.

Полученные, таким образом, расчетные значения внутренних силовых факторов от сейсмике используют для составления особого сочетания расчетных усилий в требуемых защитных покрытиях. При этом силовые факторы, соответствующие сейсмической нагрузке, являются одновременно расчетными и нормативными. Конструктивный расчет сечений по предельным состояниям первой группы при особом сочетании усилий выполняют с введением дополнительных коэффициентов условий работы в связи с кратковременным действием сейсмической нагрузки.

Спектральные коэффициенты динамичности (нормализованные спектры) необходимо построить на основе обработки акселерограмм землетрясений для различных сейсмических зон. В США, в конце прошлого века, проведена нормировка кривых путем приведения зарегистрированных ускорений к «эффективным пиковым ускорениям грунта» Выбор спектра включал обработку акселерограмм, как близких, так и дальних землетрясений. В нем учтены влияния различных условий на строительство. Эти спектры были включены в UBC-94 с учетом коэффициента затухания, равного 5% от критического [70,74]. На основе принятого нормированного спектра ускорений был построен «спектр реакций защитных покрытий», представляющий собой зависимость «горизонтальной поперечной силы», действующей на них, от «периода колебаний здания». Этот спектр включен в UBC-1997U (рис.1.9).

В нем учитываются также коэффициенты, характеризующие близость к источнику сейсмических движений в зависимости от расстояния до источника и его типа.

Здесь выделяются две зоны, одна из которых характеризует зону короткопериодных колебаний (А-это в основном местные землетрясения с высокочастотным колебанием), другая - длиннопериодных колебаний (Б- это транзитное землетрясение с низкочастотным колебанием). Для зоны «А» опасным воздействием на конструкцию сооружения являются уровни ускорений, а для конструкций, имеющих большие величины периодов собственных колебаний - уровни скоростей сейсмических волн.

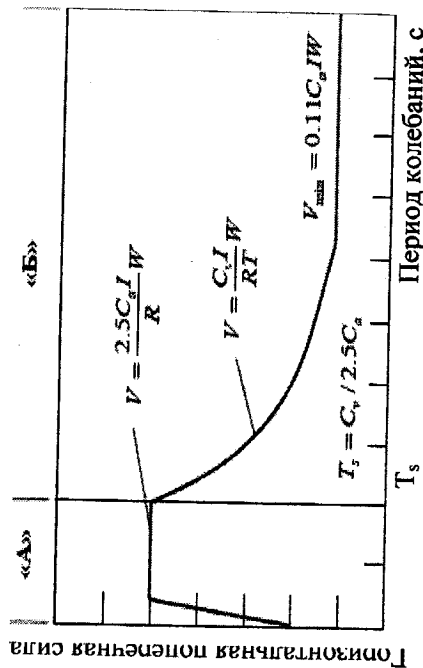


Рис. 1.9. Проектный спектр реакции для определения сейсмических нагрузок по нормам США UBC - 1997U.

Коэффициент «I», входящий в формулу для определения горизонтальной силы в основании, называется «сейсмическим коэффициентом важности» [Seismic Importance Factor] и назначается в зависимости от категории заселенности территории [Occupancy Category] и необходимости сохранить важное оборудование для следующих работ после землетрясения.

Приняты несколько уровней обеспечения безопасности, которые характеризуются различными коэффициентами важности:

- сооружения особо ответственные и опасные (больницы, пожарные станции, аварийные службы, производства с опасными токсическими или взрывоопасными веществами); для этих сооружений принимается $I = 1.25$;

- все другие специальные, стандартные и разнообразные сооружения (общественные собрания, школы, центры обслуживания автомобилей, медицинского обслуживания, торьемы, гостиницы, апартаменты для проживания, жилища предприятия оптовой торговли и розничной продажи, офисные здания, фабрики, личные гаражи, крытые стоянки) рассчитываются с коэффициентом важности $I = 1.00$.

1.2. Математико-механическое обоснование причин хрупкого разрушения отделочных композитных строительных растворов от воздействия транзитных и местных землетрясений

Хрупкое разрушение материалов. В отличие от вязкого разрушения твердых тел, где этому процессу предшествует образование «шейки» малого сечения, хрупкое разрушение возникает после малой пластической деформации или вообще без нее. Такое разрушение наблюдается у неметаллов или у металлов при очень низких температурах. Оно должно происходить в идеальном случае в результате мгновенного разрыва межатомных связей по плоскости, перпендикулярной действующему нормальному напряжению. Гео-техническая прочность на разрыв можно определить по формуле:

$$\sigma_{\text{теор}} = \sqrt{\frac{V_s E}{a}}, \quad (1.1)$$

где: V_s — удельная поверхностная энергия, E — модуль упругости Юнга, a — межатомное расстояние. Оценка этой величины по формуле (1.1) для стекла дает значение $\sigma = 8 \cdot 10^8$ Па, однако реальная прочность оказывается $\sigma = 8 \cdot 10^7$ Па. Такая ситуация имеет место для большинства твердых тел. Гриффитс дал объяснение этому различию. Он предположил, что в твердом теле существуют микротрещины, которые могут концентрировать вокруг себя большие напряжения.

Пусть к пластинке единичной толщины приложено растягивающее напряжение σ (рис. 1.10). Тогда в единичном объеме пластины без трещины записывается упругая энергия:

$$W = \frac{\sigma \sigma}{2} = \frac{\sigma^2}{2E}, \text{ т.е. } \frac{\sigma^2}{2E} = \frac{\sigma}{\Delta l/l} \cdot \epsilon \quad (1.2)$$



Рис. 1.10. Образование трещины по Гриффитсу.

Если в пластине возникает поперечная трещина длиной L , то в зоне этой трещины высвобождается упругая энергия. Если трещина

имеет плоскую эллипсоидальную форму с полуосями L и $\frac{L}{2}$, то в зоне такой трещины, т. е. в области объемом $\frac{\pi L^2}{2}$, упругая энергия пластины уменьшается на величину W :

$$\Delta W = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2 \pi L^2}{E} = \frac{\pi \sigma^2 L^2}{4E}$$

Возникновение трещины сопровождается появлением двух новых поверхностей с поверхностной энергией:

$$U = 2\gamma_s L.$$

С учетом (1.3) и (1.4) полное изменение энергии пластины T будет

$$T = U - \Delta W = 2\gamma_s L - \frac{\pi\sigma^2 L^2}{4B}$$

Если длина трещины такова, что $\partial T / \partial L = 0$, то она находится в состоянии неустойчивого равновесия. Трещина большого размера быстро распространяется, т. к. упругая энергия при увеличении L уменьшается быстрее, чем увеличивается поверхность. Трещина меньшего размера расти не будет и вовсе закроется. Найдем критический размер трещины L_{cr} из условия $\partial T / \partial L = 0$. Тогда:

$$L_{xy} = \frac{4\gamma_s B}{\pi\Omega}.$$

Отсюда можно оценить напряжение, достаточное для того, чтобы тело, содержащее трещину размером $l_{\text{кр}}$, разрушилось: (1.6)

$$\sigma = 2 \left(\frac{\gamma_B B}{\pi L_{40}} \right)^2$$

Условие неустойчивого роста трещины (1.7) было найдено Гриффитсом без учета напряженного состояния у конца трещины, вблизи которого концентрируются напряжения. Острая трещина с радиусом в вершине, равным межатомному расстоянию a , приводит к локальному повышению напряжения до значения:

$$\sigma_{\text{эпк}} = \sigma \left(1 + 2 \sqrt{\frac{L}{2a}} \right). \quad (18)$$

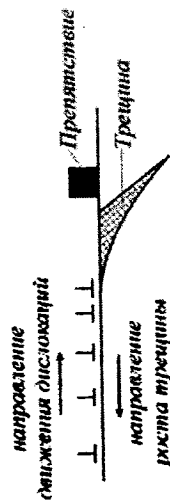
Комбинируя формулы (1.8) и (1.1) при $\sigma_{\text{max}} = \sigma_{\text{жир}}$, получим:

$$\sigma = \left(\frac{\gamma_s B}{2L} \right)$$

Это значит, что если в твердом теле имеется трещина длиной L радиусом у вершины, равным межатомному расстоянию a , то при достижении некоторого приложенного напряжения s значения, соответствующего формуле (1.9), локальное напряжение у вершины трещины достигнет σ_{max} и трещина будет распространяться вплоть до разрушения пластины. Если трещину притупить, то ее распространение прекратится.

Тренции могут возникнуть в процессе изготовления и механической обработки чаще в последнем случае.

Существует несколько возможных механизмов зарождения трещины при приложении к твердому телу механического напряжения. Один из них - дислокационный. Представим, что к кристаллу приложено растягивающее напряжение, вызывающее в нем скольжение краевых дислокаций вдоль какой-либо плоскости скольжения (рис. 1.11).



Вывод. 1.11. Обращение трещины под действием нормальных напряжений.

двигаться на пути движущихся дислокаций встречается препятствие (граница зерен, местн пересечения плоскостей скольжения). Этот процесс происходит при низкой температуре, то головная дислокация у препятствия останавливается. Следующая дислокация продолжает движение на нее, и головная испытывает давление. Оно распространяется на следующие дислокации.

вещества, находясь в таком состоянии, что вблизи его поверхности образуется ионизованная трещина. Она представляет собой совокупность ионизованных и прелатетивных дислокаций.

сорбированные на поверхности тела, проникают вглубь, расправляют зародышевые трещинки и уменьшают разрывную прочность тела.

Для уменьшения влияния трещин и царапин их необходимо, как говорят, «залечивать» либо как-то от них избавиться. Один из способов - удаление приповерхностного слоя травлением в растворе. Другой способ - облучение ускоренными ионами (ионная имплантация).

Достижение теоретической прочности твердых тел является далекой перспективой и очень важной задачей физики твердого тела. Необходимо развивать количественную теорию дислокаций, разгадать механизм образования «усов», изучить влияние примесей на процессы деформации и разрушения. К этому классу задач относятся также проблемы получения особо устойчивых к колебаниям материалов.

Определение частот и форм собственных колебаний. Если какую-либо механическую систему вывести из состояния равновесия, то она будет совершать свободные гармонические колебания, в процессе которых на систему действуют силы инерции и уравновешивающие их силы упругости. Часть энергии колебаний расходуется на преодоление неупругого сопротивления (внутреннего трения) в материале, поэтому рассматриваемые колебания являются затухающими.

Отклонения отдельных точек системы в один и тот же момент времени различны. Максимальные отклонения от положения равновесия (в этот момент времени потенциальная энергия и соответствующие ей силы упругости максимальны) называются амплитудами колебаний, а соотношения между амплитудами точек, в которых сосредоточены массы системы, называются формами свободных колебаний [76].

Каждая точка сооружения совершает полный цикл колебаний за один и тот же промежуток времени, который называется периодом свободных колебаний. Периоды и формы свободных колебаний являются динамическими характеристиками механической системы. Они зависят от жесткости системы и инерционных параметров и могут быть найдены методом сил или методом перемещений. Определение частот и форм методом сил. Система уравнений собственных колебаний в методе сил в матрично-векторной форме имеет следующий вид (ее называют также системой вековых уравнений) [4,5]:

$$\|a_{ij}M - \lambda E\|Z = 0,$$

где a_{ij} - матрица податливостей системы; M - диагональная матрица масс; λE - диагональная матрица собственных значений матрицы $a_{ij}M$. Здесь $\lambda_i = 1/\omega_i^2$, частота собственных колебаний системы ω_i ; E - единичная матрица; Z - вектор смещений системы.

Систему можно решить, если системы однородных уравнений $a_{ij}M Z = 0$ получить ненулевой вектор Z , приравняв определитель, составленный из коэффициентов системы уравнений метода сил, к нулю:

$$|a_{ij}M - \lambda E| = 0,$$

Матрицу $a_{ij}M$ называют, также, динамической матрицей, и она симметрична относительно главной диагонали. Решая в отношении частотную или полную проблему собственных значений и форм, находят частоты ω_i и формы Z_i свободных колебаний. Поскольку динамическая матрица имеет те же собственные значения, что и матрица $a_{ij}M$, а векторы отличаются на преобразование, то собственные векторы Z_i и Z_j взаимно ортогональны, т.е. выполняется равенство $Z_i^T Z_j = 0$, $\sum Z_i Z_j^T = 1$.

Определение частот и форм методом перемещений. Умножая уравнения собственных колебаний метода сил слева на матрицу A^{-1} для $A = a_{ij}$ и выполнив соответствующие преобразования, уравнения свободных колебаний в методе перемещений можно записать в матрично-векторной форме имеет вид:

$$|K - M\lambda|Z = 0,$$

где $K = A^{-1}a_{ij}M$. Приравняв определитель системы уравнений $K - M\lambda$ к нулю, получаем частотное уравнение:

$$|K - M\lambda| = 0,$$

решая которое, находят частоты ω_i и формы Z_i собственных колебаний. В одной степени свободы период собственных колебаний по формуле:

$$T_i = 2\pi \sqrt{M_{11}/K_{11}}.$$

где: M_1 - масса, определяется по формуле $M_1 = Q_1/g$. Здесь g - ускорение свободного падения; Q_1 - вес сооружения, сосредоточенный в точке.

Для системы с двумя степенями свободы периоды свободных колебаний, как показано выше, находят из уравнения $\|a_p M - \lambda E\|Z = 0$.

Подставляя значения $a_p M$ и λE в данное уравнение, получаем:

$$\begin{vmatrix} (\delta_{11}M_1 - \lambda_1) & \delta_{12}M_2 \\ \delta_{21}M_1 & (\delta_{22}M_2 - \lambda_1) \end{vmatrix} = 0.$$

Раскрывая этот определитель, получаем полином четвертой степени относительно ω_1 : $1/\omega_1^4 - C/\omega_1^2 + B = 0$.

Преобразуя последний, получено $\omega_{1,2}^2 = (C \pm \sqrt{C^2 - 2B})/B$,

где: $C = \delta_{11}M_1 + \delta_{22}M_2$; $B = 2M_1M_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2)$.

После определения величины ω_1 представляем ее значение в исходную систему однородных уравнений. Решение этой системы уравнений может быть найдено с точностью до постоянного множителя для каждой из частот ω_1 и ω_2 . Полагая $Z_1 = 1$, из первого уравнения находим $Z_2 = (\delta_{11}M_1\omega_1^2 - 1)/\delta_{12}M_2\omega_1$. Период собственных колебаний находим из формулы $T = 2\pi/\omega_1$.

Аналогичные рассуждения для системы с тремя степенями свободы привело к полиному шестой степени относительно ω , который решается известными способами "вручную" [37,88,89].

Конкретным образцам конструкционных материалов, а также выполненным из них изделиям, присуща индивидуальность прочностных и упругих характеристик. Разброс их значений для различных образцов, выполненных из одного и того же материала, обусловлен статистической природой прочности твердых тел, различием структур внешне одинаковых образцов. Из-за неопределенности реальных механических характеристик материала, неопределенности некоторых внешних нагрузок, действующих на технический объект, погрешности расчётов для обеспечения безопасной работы проектируемых конструкций должны быть приняты соответствующие проектному этапу обеспечения надёжности меры

предосторожности. В качестве такой меры используется понижение предела прочности материала, предела выносливости или предела текучести, пределы текучести, предела выносливости или предела текучести (исключены) ислучины максимально допускаемых напряжений и условий прочности.

Понижение свойств материалов во времени носит необратимый характер и является от эксплуатационных нагрузок и взаимодействия с окружающей средой.

Взаимодействие агрессивной среды приводят к существенным изменениям деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов.

Взаимодействие агрессивной среды приводят к существенным изменениям деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов.

Взаимодействие агрессивной среды приводят к существенным изменениям деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов.

Взаимодействие агрессивной среды приводят к существенным изменениям деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов. Соответственно деформационно-прочностных свойств материалов.

стоят в том, что в ней сглаживаются (размазываются) типы условий микротрещин, уменьшаются их размеры и снижается концентрация напряжений. Связь между крупными кристаллами по точкам контакта подобна такой микротрещине, которая согласно критерию Гриффитса, приведет к большей концентрации напряжений в структуре монолита.

Граница раздела фаз - это область природы формирования прочности твердого тела включает коллоидно-химические явления и связанные с ними поверхностные явления и эффекты: электростатический потенциал; адсорбцию, десорбцию и хемосорбцию, диффузию и осмос; гидролитическое воздействие при разрушении связей.

Важное значение принадлежит механико-энергетическим показателям на границе контакта. Для цементных и глинистых дисперсий влияние поверхностных явлений оказывается превалирующим. С природой подложки, с плотностью воды для адсорбционного слоя жидкой фазы связано образование двойного электрического слоя. Оно выражает уровень электрических зарядов и кулоновского взаимодействия между частицами твердой поверхности. Любое механическое возмущение (перемешивание и другое) ведет к перераспределению электрокинетических свойств дисперсной фазы. Происходит перестройка ориентационной упорядоченности молекул воды. В последние годы большое развитие получила механика хрупкого разрушения, берущая начало от работ Гриффитса, Орована, Ирвина и занимающаяся изучением процесса разрушения. Защитные материалы являются неоднородными материалами и полностью переносить на них механику хрупкого разрушения не представляется возможным. Но вместе с тем, многие закономерности остаются справедливыми при их рассмотрении как двухкомпонентных материалов отдельно на уровне матрицы и заполнителя с учетом влияния контактной зоны.

Для роста трещин характерно преимущественное развитие одной, наиболее опасной трещины. На деформативные свойства материала оказывает влияние не только наиболее опасная трещина, но и общее количество и ориентация всех трещин. Распространение трещин в хрупком или квазихрупком теле в условиях локальной симметрии наступает тогда, когда интенсивность напряжений у вершины трещины достигает своего критического значения. При прочности и модуле упругости заполнителя, превышающих данные

32

показатели у связующего, прочность материала определяется в основном прочностью связующего. Истинная прочность заполнителей в материале выше, чем при испытании дроблением. Объясняется это их большим объемным сжатием по сравнению с раствором.

При конструировании и изготовлении материалов следует по-
мнить новые типы структуры, обладающие лучшими свойствами
сравнению со свойствами отдельных составляющих компонен-
тов. Такой неаддитивный эффект можно представить в виде схемы,
в которой обозначим раствор как компонент А, а заполнитель упру-
гой — В. Для таких композитов типична формула: $A + B = C$, где,
как является алгебраической суммой А и В. Эта концепция для ма-
териалов не нова. И, тем не менее, приняв ее за основу на-
чало структурной механики, появляются надежные управ-
ляемые материалы с его полезными техническими свойст-
вами.

Иначе говоря, новый материал сможет унас-
тожить составляющих сочетание полезных свойств и
компонентов А и В с возможностью ликвидации опре-
деленных недостатков каждого из них. Таким образом, при
конструировании нового материала принцип конструирования
следует считать строго научным принципом.

Свойства материалов отражают способность тел (материалов) выдерживать внешним (от механических нагрузок), тепловым или другим напряжениям без нарушения установленных пределов. Известно, что механические свойства разделяются на пластические и прочностные.

... деформаций влияет не только величина нагрузки, но и температура, а также температура деформации. В частности, при повышении температуры материала деформации по упругопластическим, упругим и пластическим механизмам протекают быстрее.

и пластичные нарастающие без увеличения текучести материала. Пластичность нарастающая в течение длительного времени является фактором, не способных вызвать изменения на обычные периоды наблюдений, являющиеся процессом такого деформирования материала. Деформационные свойства строительных и других тел, обуславливаются периодом, или

33

временем релаксации. При релаксации происходит процесс саморазрушения материала. При произвольного падения внутренних напряжений в материале, связанных с молекулярным перемещением при условии, что начальная величина деформации остается неизменной, например зафиксированной жесткими связями.

К другому важному механическому свойству относится *прочность*, т.е. способность материалов в определенных условиях и пределах, не разрушаясь, сопротивляться внутренним напряжениям и деформациям, возникающим под влиянием механических, тепловых и других напряжений. Типичными прочностными характеристиками являются предел упругости, предел текучести и предел прочности при воздействии сжимающих, растягивающих или других видов усилий. Пределу упругости соответствует напряжение материала при максимальной величине упругой деформации; пределу текучести — постоянное напряжение при нарастающей пластической деформации; пределу прочности — максимальное напряжение в момент разрушения материала (рис. 1.12).

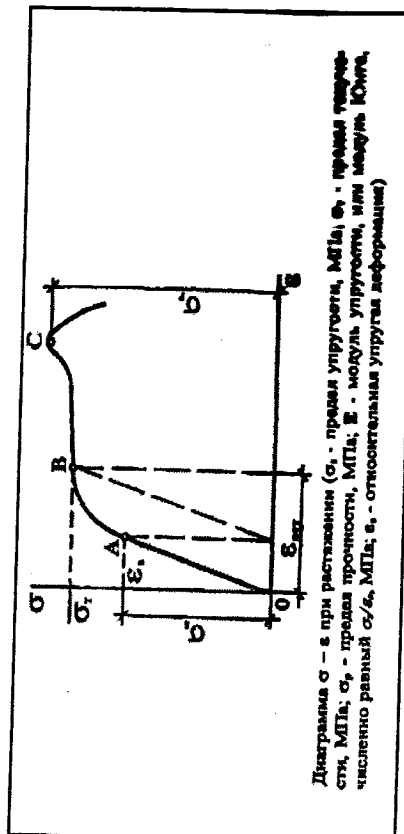


Рис.1.12. Диаграмма растяжения

Величины модуля упругости и прочности можно определять неразрушающими методами, при которых испытуемый образец остается неразрушенным, в отличие от того, как это происходит, например, при испытании его под прессом. Среди неразрушающих методов — ультразвуковые, радиометрические, ударные и др.

Дополнительными характеристиками механических свойств при оценке качества материалов могут служить *твёрдость, истираемость и ударная вязкость*.

Твёрдость, выражает способность материала сопротивляться проникновению в него более твердых тел, например при вдавливании стального шарика или конуса, царапаний резцом, сверлении, ударах молотка, пулевым выстреле и др. Эти условия испытания дают значения твердости либо только качественные, например, по шкале царапин, либо также и количественные — по глубине или площади отпечатка с учетом приложенной нагрузки.

Ударная вязкость характеризует способность материала сопротивляться сосредоточенным ударным нагрузкам и определяется количеством работы, затрачиваемой на излом образца в фиксированном месте.

Важной характеристикой к площади поперечника образца, характеризующей ударную работу на излом, называемую удельной ударной вязкостью. Она имеет практическое значение при оценке качества металлов, асбестоцементных и керамических изделий.

Удельная плотность характеризует массу единицы материала в данном состоянии (вместе с порами). Эта важная физическая характеристика определяется путем деления массы m образца на его объем V_0 и выражается инвариантно:

$$\rho_0 = m / V_0, \dots / \text{см}^3, \text{кг} / \text{м}^3.$$

Измерения объема образцов удобно принимать образцы сложной формы, хотя имеются несложные формы. При измерении объема образцов и неправильной формы, при которой не удается измерить их линейные размеры, применяют метод погружения в жидкость.

Величина пористости, например, песка, определяется по разнице масс *натянутой и натертой*. Из ее величин можно определить пор в каждом зерне или куске.

Величина пористости, например, песка, определяется по разнице масс *натянутой и натертой*. Из ее величин можно определить пор в каждом зерне или куске.

$$P_{II} = P_2 * c_1 / c_2. \quad (1.21)$$

После разрыва второй связи сила P_2 , которую она уравновешивала, мгновенно добавляется к силе P_1 . На систему, состоящую после разрыва второй связи только из одной первой связи с удлинением ϵ_1 , действует статическая растягивающая сила:

$$P_1 = P_{II} + P_2 = P_2 [(c_1 / c_2) + 1]. \quad (1.22)$$

С учётом того, что для единичной химической связи её прочность на разрыв адекватна допустимому разрывному напряжению, (1.22) можно записать как:

$$P_1 = \sigma_2 [(c_1 / c_2) + 1]. \quad (1.23)$$

Кроме статической силы P_1 после разрыва второй связи на систему действует динамическая сила, вызванная мгновенным приложением силы P_2 . Таким образом, оставшаяся связь подвергается дополнительной растягивающей нагрузке от добавления статической силы P_2 и её динамической составляющей.

В зависимости от величины статической силы P_1 , приложенной к первой связи, возможно, что:

- а) если $P_1 > \sigma_1$, даже под действием статической силы P_1 произойдёт разрыв первой химической связи;
- б) если $P_1 < \sigma_1$ — связь может разорваться или сохранится её целостность в зависимости от величины инерционной составляющей силы P_2 .

Рассмотрим оба случая поведения первой химической связи при разрыве второй.

1-а. При $P_1 > \sigma_1$ первая связь разрушается после того, как действующая на вторую связь сила достигает величины допустимых напряжений, то есть $P_2 = \sigma_2$. Система из двух связей разрушается под действием статической силы P_1 , когда она достигает значения P_1 , вызывающего допустимое напряжение в связи σ_1 , и удлинения ϵ_1 .

Следовательно, прочность системы из двух химических связей в случае 1-а равна сумме напряжений в обеих связях в момент, когда относительное удлинение системы достигает величины допустимого относительного удлинения второй связи. Хотя разрыв первой химической связи происходит под действием растягивающей силы P_1 , превышающей прочность связи σ_1 , однако, при квазистатическом возрастании действующей силы в момент разрушения системы первая химическая связь несёт меньшую нагрузку, чем допустимая. Определим величину неиспользованной прочности первой связи. Неиспользованная прочность P_H первой связи равна

разности допустимого напряжения на растяжение и напряжения в ней в момент разрыва второй связи:

$$P_H = \sigma_1 - \sigma_{II} = (\epsilon_1 - \epsilon_2) / c_1 = (\sigma_1 c_2 - \sigma_2 c_1) / c_2.$$

Величина неиспользованной прочности системы указывает, насколько слабее могла быть первая связь при такой же жёсткости, чтобы обеспечить равную прочность связей. Разрушающая сила при растяжении системы из двух связей на P_H меньше суммы прочностей обеих связей:

$$P_I = \sigma_1 + \sigma_2 - P_H.$$

1-б. Если $P_1 < \sigma_1$, при разрыве второй связи статическая сила, которая прикладывается к первой связи, не способна разорвать первую связь. Для выяснения возможности разрыва первой связи следует оценить величину инерционной силы, возникающей в системе во время разрыва второй химической связи. Квазистатическое нагружение двух различных по жёсткости и силе абсолютно упругих химических связей вызывает в системе такую деформацию на растяжение, что она становится равной удлинению второй связи ϵ_1 . Вторая связь разрывается, при этом действующая на систему сила P_1 меньше допустимого напряжения на растяжение первой связи. Происходит мгновенное нагружение первой связи силой, второй ранее была нагружена вторая связь. Мгновенное изменение силы приводит к действию на первую химическую связь статических усилий на систему кроме дополнительной силы действует ещё сила инерции.

Вспомогательная динамическая задача механизма разрыва первой химической связи. Заменим химическую связь эквивалентной механической моделью. Модель химической связи — подвешенной на жёсткой опоре упругой пружины. Пружина соответствует химической связи. Масса тела, а груз — мгновённо добавляемой нагрузкой. В момент разрыва второй химической связи пружина растягивается под действием силы тяжести. Решение этой классической задачи приведено в работе [86,92]. При мгновенном приложении к пружине нагрузки от величины удлинения: $F = kx$, где k — жёсткость, x — величина удлинения.

Пружина растягивается под действием силы тяжести. Решение этой классической задачи приведено в работе [86,92]. При мгновенном приложении к пружине нагрузки от величины удлинения: $F = kx$, где k — жёсткость, x — величина удлинения.

$P_{\text{дин}}$:
ная динамическая составляющая первой гармоники колебаний

$$P_{2 \text{ дин макс}} = P_2. \quad (1.24)$$

Суммарная сила, которая добавляется ($P_{доб}$) в первый, наиболее опасный по растягивающим напряжениям полупериод колебаний к статической силе P_{II} , действующая на первую химическую связь состоит из статической силы P_2 и её динамической составляющей по (1.24):

$$P_{\text{ДОВ}} = P_2 + P_{2 \text{ ДИН МАХ}} = 2 P_2. \quad (1.25)$$

Таким образом, в системе из двух химических связей при разрыве одной из них мгновенное приращение к другой связи силы, приходящейся на разорванную связь, приводит к продольным колебаниям второй связи. При этом в динамическом процессе максимальная сила, действующая на оставшуюся связь, равна удвоенной статической силе, приходящейся на связь в момент её разрыва.

1.3. Причины хрупкого разрушения отделочных композитных строительных растворов от транзитных и местных землетрясений

В Узбекистане и за рубежом проведены натурные исследования колебаний зданий, показывающие, что деформации вертикальных элементов по длине здания неодинаковы. В ряде случаев существенными являются деформации в своей плоскости не только сборных, но и монолитных перекрытий.

Во время Ташкентского землетрясения обрушения наблюдались лишь в зданиях старой постройки. Однако значительные повреждения имели кирпичные здания новой постройки, часть из которых была рассчитана на сейсмические нагрузки, соответствующие 8-балльному землетрясению. Для зданий старой постройки разрушение связей было причиной большого количества обвалов и обрушений.

В результате землетрясения наблюдались отделение продольных и поперечных стен здания, вследствие горизонтальных и вертикальных колебаний. Следует, отметить, что усилия в связях соединяющих продольные и поперечные стены, также продольные стены и перекрытия могут быть определены лишь из эмпирической расчетной схемы. Соединения продольных и поперечных стен должны быть достаточно прочными, чтобы обеспечить совмест-

ности, колебаний частей зданий с различными динамическими характеристиками. Таким образом, под действием сейсмических воздействий деформируются, как стены, так и перекрытия зданий. Как уже выше отмечалось после землетрясения, даже если трещины не образуются в узловых местах, они все равно образуются в стенах зданиях в зонах штукатурки и отделки [41, 43, 44].

Функциями штукатурных и декоративных покрытий в настоящее время является не только как дополнительные, а основными показателями обеспечивающих защиту сооружений от различных внешних воздействий (ливневых осадков, мороза, температурных колебаний под действием инсоляции), от переувлажнения (паропроницаемость), от теплопотерь (теплоизоляционные свойства) и кроме того такие свойства, которые ответственны за долговечность конструкций - прочность сцепления штукатурного покрытия с основанием, деформации усадки и трещиностойкости, водозащитные характеристики - водонепроницаемость, гидрофобность, устойчивость к воздействию гниющей агрессии (преимущественно серного ангидрида) и солевой коррозии, отсутствие высолов и выцветов на поверхности покрытий, стойкость по отношению к грибковым поражениям и др.

Известно, что все рекомендуемые к применению составы **напряжения растяжения** (за исключением гипсовых и ангидритовых) **напряжения растяжения** песком от 3-3,5 до 4,0-4,5, **напряжения растяжения** что применяется песок с гранулометрией, **напряжения растяжения** [47,48]: Аналогичные **напряжения растяжения** стандарт Великобритании BS 4887. Соотношение **напряжения растяжения** определяющим для прочности **напряжения растяжения** в результате твердения **напряжения растяжения** возникает вопрос о том, какова **напряжения растяжения** **напряжения растяжения**. Наибольшую **напряжения растяжения** **напряжения растяжения** в **напряжения растяжения** механических свойств **напряжения растяжения** и **напряжения растяжения** модуля упруго- **напряжения растяжения** значение модуля упруго- **напряжения растяжения** материалов. Модуль упруго- **напряжения растяжения** быть меньше модуля упруго- **напряжения растяжения** с этим покрытием **напряжения растяжения** **напряжения растяжения** (σ_1), возникающие в **напряжения растяжения**

штукатурке с модулем упругости (E) вследствие деформаций (ε_3), могут быть рассчитаны из следующего уравнения: $\sigma_3 = E\varepsilon_3$. В цементной штукатурке с пределом прочности при сжатии 15 МПа, пределом прочности при растяжении 1,5 МПа, деформациями усадки 0,7 мм/м и модулем упругости 15 000 МПа [45] растягивающие напряжения составят: $\sigma_1 = 15 \varepsilon_1$, $0,75\% = 10,5$ МПа, что существенно (в 7 раз) превышает предел прочности штукатурки при растяжении и образовании в штукатурном покрытии трещин, кажется, неминуемым.

На практике, правда, штукатурное покрытие не растрескивается, так как, оно связывается механически с основанием, которое частично воспринимает возникающие напряжения. Основание при этом подвергается действию напряжений сжатия, часть которых релаксирует за счёт перестройки структуры твердеющего цементного камня [44,47].

Исключением из этого правила являются штукатурные растворы, в которых в качестве связующего используются органические материалы на основе синтетических полимеров. При достаточно высоких значениях предела прочности при сжатии (и при растяжении) штукатурные покрытия, на основе синтетических полимерных связующих, имеют сравнительно низкие значения модуля упругости и относительно небольшие усадочные деформации, поэтому их применение не ведёт к появлению в контактных зонах опасных напряжений, приводящих к разрушению контактирующих между собой материалов. Так как, в современных штукатурных материалах на основе синтетических полимеров значение модуля упругости в известных пределах может изменяться вне связи с прочностью, то в таких случаях следует обращать внимание на согласование модуля упругости материала отдельных слоёв (а не прочностных характеристик). Модуль упругости должен уменьшаться изнутри наружу.

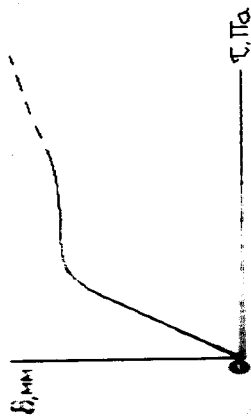
При обосновании соответствия выбора, применение отделочных покрытий, предназначенных для строительных конструкций в качестве критерием норм обеспечения воздействия механических сил на покрытиях, принимаются сопряжение твердых тел и постоянное размеров. Процесс крупного разрушения строительных растворов, толщина которого намного меньше периода колебаний, по-являются в высоких показателях ускорений при нагружении динамических сил. При этом после снятия сил и деформаций образуются

ммишисся под действием нагрузок образуется необратимый процесс хрупкого разрушения. В практике нарушается сопряжение твердых тел и образуются твердые тела с новыми размерностями. Процесс хрупкости твердых тел имеет локальный характер, кинетика хрупкости, прежде всего, оценивается развитием трещинообразования хрупкости. Здесь важный момент - это хрупкость твердого тела. Если учесть, линейное соотношение (закон Гука) между деформацией и напряжением:

3. $\frac{1}{2} = 0.5$

(здесь: σ - напряжение; E - модуль Юнга; ε - деформация) это угловой коэффициент прямой линии, то есть $\operatorname{tg} \theta = E$ определяет степень хрупкости.

Если угол определяющий зону хрупкости приближается π , то $\sigma_{\text{хр}} \rightarrow \sigma_{\text{т}}$, то твердое тело становится хрупким (рис. 1.13).



Взаимодействие между напряжением и деформацией.

сильного разрушения под действием кратковременных сил приводит к постепенному микропластическому разрушению и усталости, приводит к образованию трещин.

различия точек начальных значений x_0 и y_0 и разбиваются до периода

в ресторанах, имеющих высокие показатели. Эти показатели будут высокими, и время, проведенное посетителями, может быть

Эти скорости, примерно, могут быть равны скорости звуков твердых тел. Время от нагружения твердых тел механическими силами до полного разрушения выражается через ускорение развития трещинообразования:

$$v_e = v_{начал} \exp \delta / \delta = const \text{ и } T = const; \quad (1.26)$$

$$v_{начал} = v_0 \cdot \exp \cdot \alpha \cdot \delta_l = v_0 \cdot \exp \cdot \left[\frac{\alpha \cdot \delta_0}{1 - l/L} \right], \quad (1.27)$$

здесь: $\delta_l = \frac{\delta}{1 - l/L}$ — количество среднего напряжения

недеформированной (без трещинообразования) части твердого тела; δ_0 — средний показатель механической силы; L — ширина материала; l — длина трещины; l/L — относительная длина трещины; α и v_0 — постоянные показатели зависящие от свойства материала; β — θ — собственные ускоренные процессы хрупкого разрушения после нагружения механических сил (другими словами, примерно равен количеству радианам) степенью хрупкого разрушения.

Вышеуказанное экспоненциальное выражение показывает бурное развитие процесса хрупкого разрушения. В процессе интенсивного нагружения увеличение длины трещин твердого тела приводит к увеличению внутренних напряжений. Это, в свою очередь, приводит согласно выражению (1.27) к резкому повышению скорости трещинообразования.

Зависимость скорости трещинообразования в таком характере, приводит повышению локальных дефектных точек. Под напряжением у материалов образуются крупные центры трещин. На границе определения степени хрупкости и анализа исследования, а также выявления причин трещиностойкости, подчеркивается неопределенность прилагаемой механической силы. Если в дифференциальной форме ($v_l = dl/dt$) в выражениях (1.26) и (1.27) считаем при $t=0$ длина трещин $l=0$ и время разрушения τ в течение времени полностью проходит через сечение то:

$$\tau = \frac{L}{v_0 \cdot \alpha \cdot \delta_0} \cdot l^{-\alpha \delta_0}. \quad (1.28)$$

При кратковременном нагружении, в состоянии теоретической прочности равным $\delta = \delta_{теор}$ в разрезе материала, все силовые связи нарушаются одновременно, и количество τ приближается к 0.

значит, время хрупкости зависит от формы и размеров материала. Если даже переход от одной формы к другой не влияет основным результатом, то выражения могут изменить свой вид.

Максимальное ускорение приводящее к разрушению колебаний характеристик сейсмических влияний, оценивается количеством выражением амплитуды скорости или сдвига.

По результатам анализа площади сильных землетрясений многие ученые предложили ряд эмпирических формул для расчета максимальных ускорений колебаний.

Например, сопоставив линейных связей параметров акселерограмм в эпицентральной зоне микросейсмической интенсивности (О.К. Чернов,

$$I_{дд}^{max} = (0,06 M_L H^{-1,97}) \lg R + 0,54 M_H - 2,0$$

доказал возможность расчета максимального ускорения через сближенного радиуса эпицентра.

По действующим строительным нормам, количество амплитуд максимальных ускорений, выражены по назначенным баллам для здания или иных материалов приведенных в табл. 1.2.

Таблица 1.2
Значение максимальных ускорений по баллам

Балл	6	7	8	9	10
Значение	10-60	60-120	120-240	240-480	≥480

Полностью амплитуды максимальных ускорений баллов получились намного выше, чем

в действительности. Поэтому для определения количества максимальных ускорений необходимо разложить между интенсивностью и

амплитудой δ_{max} - амплитуда максимального колебания соответствующей максимальной

сейсмического нагружения; Δl - толщина площади; δ_s - спектральный состав колебаний данного материала.

Проведенные исследования доказывают что, для улучшения свойств строительных растворов, повышение стойкости (выдержки) колебательных движений при землетрясениях, следует обратить внимание двум вопросам.

Во-первых, следует повышать адгезионные свойства (адгезионная прочность) отделочных покрытий строительных растворов с основанием. Также, надо учесть свойства линейного расширения и сужения от температурных воздействий. Во-вторых, следует повышать стойкость (выдержку) строительных растворов к воздействиям колебательных движений транзитных и местных землетрясений, путем подбора рациональных составов, увеличением количества компонентов, введением минеральных и полимерных добавок и др.

При этом применении местных материалов в качестве сырья снижает себестоимость строительных растворов.

Полные деформативные характеристики отделочных материалов можно получить только путем динамических испытаний. Напряжение или деформация в этих исследованиях меняется по периодическому закону. Деформативные свойства характеризует способность материала к изменению его формы и размеров без отклонений в величины его массы. Основные виды деформации это сжатие, растяжение, сдвиг, кручение и изгиб. Все они могут быть как обратимыми так и необратимыми или же остаточными. Обратимые деформации используют при сжатии напряжения на материал, т.е. такие материалы называются для вязких жидкостей вязкоупругими, а для твердых тел просто упругими. Образующееся нормальное напряжение позволяет образцу материала принять первоначальную форму, который он имел до приложения напряжения. Обратимые деформации, которые называются упругими исчезают мгновенно и полностью, а если они исчезают в течение некоторого времени то таких материалов называют эластичными. Необратимые деформации, которые называются ещё пластическими, накапливаются в период действия этих факторов, после сжатия напряжения деформации сохраняются.

Следует обратить, что после пластической деформации возникает хрупкое разрушение, и оно наблюдается во многих случаях, когда испытуемый материал претерпевает напряжение превышающее его предельное динамическое напряжение. В твердых деформируемых материалах, при этом, наблюдается мгновенное

разным возможным связям по плоскости, перпендикулярной действующему нормальному напряжению.

Авторами работ [31,32] показана, что оценка этой величины по формуле (1.27) отличается от реальной прочности испытываемого материала на $10^3\lambda_n$. Такая ситуация имеет место для большинство твердых тел и что объясняется тем, что в твердых телах существует микротрещины, которые концентрируют вокруг себя большие напряжения.

Как указано в (1.26) и (1.27) когда к образцу единичной тол-
щины прилагается некоторое сжимающее или растягивающее на-
пряжение ϵ , то в единичном объеме, в предположении что трещины
отсутствуют, численноейся упругой энергии, можно определить по
формуле:

$$W = \frac{\sigma \varepsilon}{2} = \frac{\sigma^2}{2E}. \quad (1.28)$$

Здесь: $K = \frac{\sigma}{\Delta V} = k$ Если, предположим, что в образце возникает трещина поперечная трещина длиной L , что близко к случаю возникновения трещины в отделочных строительных материалах при сжатии, то в зоне этой трещины высвобождается упругая энергия. Не учитывая граничных условий в зоне такой трещины, постоянный объём ΔV , можно оценить уменьшение упругой энергии по формуле:

$$\Delta W = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{E} \Delta V \quad (1.29)$$

трещины это дефект, и этот дефект если со временем перерастет в трещину, то тут наблюдается концентрация напряжений в вершине трещины, поэтому трещина должна расти. Это происходит в том случае, когда трещина находится в состоянии между порами должно быть напряжение, которое приводит к локальному увеличению напряжений, т.е. эффект взаимодействия между порами. С увеличением времени трещина должна развиваться, т.е. если предположить, что трещина развивается по сравнению с другими, то в дальнейшем развитие роста трещины. А на основании свойств материала оказывает влияние трещина, но и более значительно трещина, но и более значительно трещина в крупном теле в условиях эксплуатации тогда, когда интенсивность на-
растания трещины увеличивается.

пряжений у вершины трещины достигает своего критического значения. Значит увеличение прочности и модуля упругости в отделочных покрытиях в строительных растворах, т.е. увеличение прочности и уменьшение пор приводит к уменьшению трещинообразования при приложениях напряжений.

При конструировании и изготовлении материалов необходимо стремиться к получению новых типов структур, обладающих лучшими свойствами по сравнению со свойствами отделочных покрытий и строительных растворов, применяемых за последнее время. Тогда механические свойства, которые отражают способность материалов сопротивляться силовым, тепловым, агрессивным, усадочным или другим напряжениям улучшаются.

Как выше отмечалось, твердое тело претерпевает под напряжением обратимую или необратимую деформацию. При этом необходимо отметить, что на характер и величину деформации влияет не только величина погружения, но и скорость приложения нагрузки, а также температура испытываемого материала. Как правило, при повышении скорости деформирования и понижении температуры исследуемого материала деформации, по своему характеру приближаются к упругопластическим, при этом уменьшается по абсолютной величине.

Пластическая деформация, когда напряжение без увеличения медленно нарастает, характеризует текучесть материала. При таком деформации, в течении длительного времени под влиянием силовых факторов, неспособных вызвать остаточную деформацию за обычные периоды наблюдений в тело, наблюдается деформация ползучести, а сам процесс такого деформирования называется ползучестью. Следует также отметить, что деформационные свойства строительных материалов, как и другие тела обуславливают периодом, или временем релаксации. Для оценки времени релаксации посвящены работы многих авторов.

При релаксации напряжений происходит процесс самопроизвольного падения внутренних напряжений в материале и это связано с молекулярным перемещением при условии, что начальная величина деформации остается неизменной, например, зафиксированной жесткими связями. Если материал преобладает более упругими свойствами то при нагружении тело релаксирует в течение некоторого интервала времени и только после этого начинается процесс деформирования.

Способность материалов в определенных условиях и пределах, не разрушаясь сопротивляться внутренним напряжениям и деформациям, которое возникает под влиянием механических, тепловых или других напряжений, называется прочностью. Типичными прочностными характеристиками являются предел упругости, предел текучести или предел прочности, после чего начинается необратимая деформация и материал или тело претерпевает определенную нагрузку и начинается трещинообразование, течение или разрушение структуры.

Полные деформативные характеристики некоторых строительных материалов, можно получить только путем динамического испытания. Напряжение или деформация в этих исследованиях, будем считать, меняется по периодическому закону. Вид нагружения, при этом, может быть весьма различным, мы здесь будем рассматривать нагружение при синусоидальной форме. Потому что при механических и транзитных землетрясениях распространение ударных волн тоже носит колебательный характер, при этом такой вид погружения легко поддается математическому анализу. Для решения задачи теория Фурье развита хорошо и применяется достаточно успешно. Амплитуда и частота деформации при этом должна быть достаточно малой, и в случае можно будет исключить структурное разрушение в среде. Частота деформирования системы анализа скорости деформации, так как его увеличение равносильно уменьшению деформации среды.

Выведем уравнение, что во время испытания образцов при разрыве образцов деформации, когда существует возможность появления касательных и нормальных напряжений при сдвиге образцов деформации можно предположить, что деформация подчиняется закону с частотой ω :

$$\gamma = \gamma_0 \cdot e^{i\omega t} \quad (1.30)$$

То же самое можно сказать и о деформации, вызываемой также и периодическими касательными τ или нормальными σ напряжениями. Представим в виде:

$$\tau(t) = \tau_0 \cdot e^{i(\omega t + \delta)}, \quad (1.31)$$

$$\sigma(t) = \sigma_0 \cdot e^{i(\omega t + \delta)}, \quad (1.32)$$

с некоторым углом запаздывания. Используя соотношения

$$\eta^* = \frac{\tau}{\gamma}$$

или $E = \frac{\delta}{\epsilon}$ можно получить для определения модуля упругости:

$$G^* = \eta^* \cdot \omega; \quad \text{или} \quad G^* = \eta^* \cdot \omega, \quad (1.33)$$

$$\text{где: } \eta^* = \eta_0 \cdot \cos \delta, \quad \eta^* = \eta_0 \cdot \sin \delta. \quad (1.34)$$

Величина δ характеризует меру отношения рассеиваемой энергии к запасенной.

Рассмотрим возможность применения методов теории ползучести для определения модули упругости в испытываемых образцах.

В работе [37,38] обоснована возможность применения методов теории ползучести базирующейся на измерении развития, где деформации в исследуемой среде при мгновенно приложенном постоянном напряжении сдвига. Эти методы позволяют анализировать ход развития деформации в аномальных высоковязких и быстротвердеющих средах. Приведены также результаты применения теории наследственной механики [39] для расчета кривых деформаций. В работах [38] один из этих методов использован для обработки кривых деформирования органоолокнотов.

Для определения параметров и нелинейной функции кривой мгновенной деформации используем уравнение Работнова [39]:

$$G_s = \epsilon + \int_0^t K(t-\theta) (\theta) d\theta, \quad (1.35)$$

где: t -напряжение; ϵ -полная деформация; $K(t-\theta)$ -ядро наследственности; G -модуль упругости; $\phi(\epsilon) = G \cdot \epsilon$ при $t=0$ -уравнение кривой мгновенной деформации, ограничивающей область деформирования сверху.

Уравнением (1.35) можно пользоваться тогда, когда ядро интегрально уравнения $\phi(\epsilon)$ известно. Согласно (9), функция $K(t)$ ядра наследственности называется функцией скорости ползучести.

Для упрощения расчетов в интегральном уравнении (1.35) в качестве ядра взята простая функция Абеля, которая имеет вид:

$$K(t-\theta) = K(t-\theta)^{-\alpha}, \quad (1.36)$$

где: $0 < \alpha < 1$, и характеризует свойства исследуемого объекта.

Например, если система обладает упругими свойствами в большей степени чем вязкостными, то значения α будут близкими к единице (60) и если в свойствах исследуемой среды преобладают вязкостные характеристики, то значения α уменьшаются, т.е. $\alpha < 1$.

При деформации системы происходит при постоянных значениях напряжения, то в уравнении (1.35) можно положить $\tau = \text{const}$. Тогда уравнение выносится из-под знака интеграла и уравнение (1.35) принимает вид:

$$\epsilon = \tau \left(1 + \frac{K}{1-\alpha} \cdot t^{1-\alpha} \right). \quad (1.37)$$

Значительно, когда α имеет значение, близкое к единице, из уравнения (1.36) следует, что деформация с течением времени увеличивается, т.е. при одном и том же значении напряжения ϵ оно не зависит от продолжительности нагружения. При $\alpha \rightarrow 0$, деформация является линейной функцией времени, и чем больше время нагружения, тем больше деформация.

В процессе деформации в полимерах, для кривых деформации функция Абеля оказалась малоэффективной. Поэтому для получения ползучести хорошо описываются уравнением Абеля, а именно ядро наследственности берется в виде функции Работнова $\Delta_a(\beta, t)$.

Вместо вынести из под знака интеграла, а интеграл по таблицам, приведенным в [4]. Теперь уравнение принимает вид:

$$\epsilon = \tau \Delta_a(\beta, t - \theta) d\theta. \quad (1.38)$$

В уравнении (1.38) параметры β и α вычисляются по

кривым ползучести при различных напряжениях τ строят изохронные кривые $\phi(\epsilon)$ в координатах ϵ и t . Для кривых деформации изохронных кривых деформации t_1, t_2 и t_3 соответственно, уравнение (1.37) относительно β и α

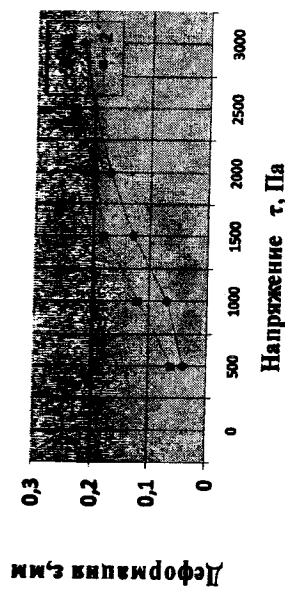
$$(1.39)$$

уравнений, определяем параметры β и α . Вычисления β и α необходимо иметь минимальные кривые ползучести.

Таким образом, если нам удастся получить кривые ползучести при фиксированных значениях времени, то можно будет определить параметры k и a и оценить величину деформации ϵ .

Одной из важнейших характеристик материала является его твердость. Твердость, это свойство материала оказывает сопротивление пластической деформации при компактном воздействии. Она зависит от структуры, химического состава, а также напряженного состояния материала. Измерение твердости осуществляется быстро и просто, при этом материал не подвергается к разрушению. Следствие быстроты и простоты измерения твердости или жесткости, получила широкое применение для контроля качества изделий и материалов. При этом прикладывается определенное напряжение к испытуемому материалу и измеряется деформация. Определяется деформация при различных значениях напряжений составляется зависимость $\sigma \rightarrow \epsilon$ и по известному выражению определяет жесткость (твердость, упругость) исследуемого материала. Для определения модуля упругости были проведены эксперименты с гипсо-песчаным раствором 1:1 и с добавкой ПВА 0,2:1%, результаты опытов представлены на рис.1.14.

Эксперименты проводились на испытательной машине, которая позволяет задавая определенное напряжение измерить деформацию испытываемого материала. Деформация материала измерялась на средствах измерения позволяющие измерить до 0,001 мм. Полученные результаты после обработки представлены в виде зависимости $\sigma \rightarrow \epsilon$.



1-исходный 2- контрольный с добавкой ПВА

Рис. 1.14. Зависимость между напряжением и деформацией для исследованных растворов.

Как показывают результаты добавки до 1% ПВА в гипсопесчаный раствор, увеличивают упругость раствора до 15%.

1.4. Научные предпосылки по хрупкому разрушению отдельных композитных строительных растворов от транзитных и местных землетрясений

Последние 100 лет в пределах Республики Узбекистан произошли землетрясения, интенсивность которых составила 7-9 баллов (магнитуда $M > 6$), в последствии чего частично или полностью разрушены населенные пункты, где проживают многочисленные люди. К ним относятся Коканд -1823г., $M=6,5$; Ташкент -1868г., $M=6,5$; Чаткал -1896г., $M=6,6$; Андиган -1902г., $M=6,4$; Наманган -1927г., $M=6,0$; Чаткал 1946г., $M=7,5$; Газли -1976г., 1984 $M=7,2$; Суусамир-1992г. $M=7,5$; и др. В вышеуказанных регионах зафиксировано 24 землетрясений силой 7 баллов и магнитудой больше пяти (и том числе Ташкентское землетрясение 1966 г., магнитуда $M=6,5$), причинивших большой урон экономике. Здания и сооружения и регионах находились под влиянием с постоянной средней личной силой (≥ 4 баллов) 10-15 землетрясений, систематической активной фазой большой и средней периодичности колебательных движений.

В качестве примеров следует подчеркнуть последствия землетрясений в Андигане (1902г.), в Намангане (1924г.), в Ташкенте (1966г.), в Назарбаке (1981г.), в Газли (1976, 1984гг.), (19 июля 2011 года) Канские землетрясение на юге Ферганы и последнее Маржанбулакское землетрясение в Джизакской области (26 мая 2013г.).

В результате землетрясений во всех зданиях и сооружениях степень хрупкости и разрушений составляло от 40 до 65%.

В начале 60 годов прошлого столетия под руководством акад. Т.Р.Рашидова созданы ряд совершенных математических моделей сейсмомодальности, основанных на законах деформированных твердых тел, определяющих влияние сейсмических нагрузений в на земных и подземных сооружениях.

Бурному развитию данного направления способствовало землетрясение в 1966 г. в г.Ташкенте силой 8-баллов. Анализ последствий землетрясения, изучение деформаций под воздействием сейсмических сил зданий и сооружений, в частности деформаций под воздействием сейсмических сил на строительные материалы нашли

свои отражения в научно-исследовательских работах многих учёных Республики [46,87,104].

В результате колебательных движений транзитных низкочастотных землетрясений с большим периодом, поступающих из дальних расстояний и высокочастотных с меньшим периодом, совершающих из близкого расстояния, т.е. местных землетрясений, наблюдается хрупкое разрушение строительных материалов из местного сырья, а также отделочных покрытий.

В настоящее время разнообразности строительных материалов настолько разнообразны, что из них выбор того или иного материала, которые обеспечивают требуемые эксплуатационные характеристики для колебательных движений землетрясений, диктует разработки научных исследований оптимальных составов. Разработка оптимальных составов декоративных и штукатурных растворов, практическая оценка хрупкого разрушения их под воздействием землетрясений различной силы, является актуальной задачей. Кроме того при этом использование местных материалов и сырья приводит к снижению себестоимости получаемых материалов.

В последние два года в г.Ташкенте наблюдались более 40 транзитных низкочастотных землетрясений с периодом от 30-40 сек до 1-1,5 мин силой от 2 до 5 баллов [3,4]. В результате этих землетрясений наблюдалось хрупкое разрушение строительных растворов. Эти явления особенно наблюдались в результате Каннского (Киргизия) землетрясения, произошедшего 19 июня 2011 г. В регионах Республики Узбекистан сила Каннского землетрясения ощущалась силой (магнитуда) $M=6,3$. В эпицентре силой $j=8-9$ баллов. Во время колебаний продлившихся во времени 6-9 сек в радиусе 200км, сила землетрясений распространялась в южной части Ферганской долины в районах Багдад, Риштан, Фергана, Олтиарик и Чимён.

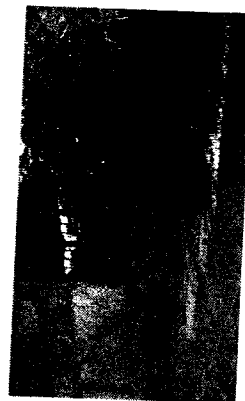


Рис. 1.15. Посёлок Чимён. Штукатурка из саман-лай.

В работе [43,44,45] приведены результаты эпицентральных визуальных макросейсмических обследований последствий Каннского землетрясения в Южной части Ферганской долины (11 июля 2011 г.). По этим данным эпицентр землетрясения расположен на территории Кыргызстана в 10 км к юго-востоку от посёлка Канн. Это землетрясение сильно проявилось, в юго-западной части Ферганской долины, особенно в населённых пунктах Риштан, Каптут, Олтиарик, Чимён, Вуадил, Сох и др. Рекогносцировочное макросейсмическое обследование населённых пунктов, расположенных в южной части Ферганской долины, дало возможность судить о характере повреждения зданий, трещинообразования в штукатурных материалах, использованных старыми и современными методами. По данным макросейсмического обследования последствий землетрясения, была составлена карта эпицентр Каннского землетрясения 20.07.2011г. (рис.1.16).

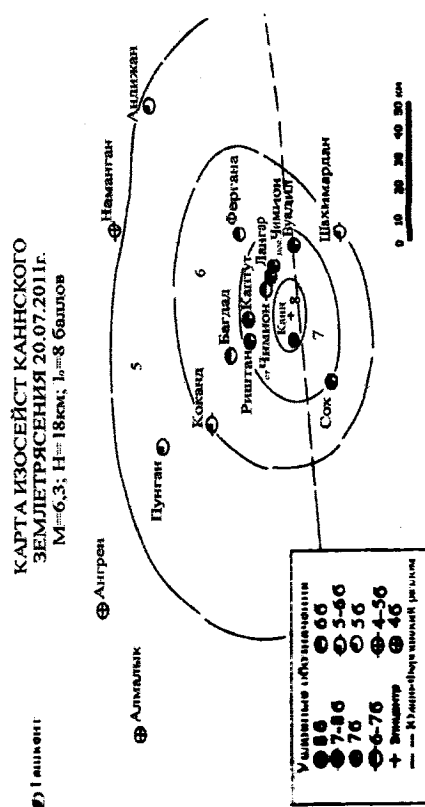


Рис. 1.16. Карта эпицентр Канского землетрясения 20 июля 2011 г., $M=6,3$.

На этой карте выделены три зоны с 8, 7 и 6 балльной сейсмической интенсивностью. На карте изосейст зона 8 балльной интенсивности (эпицентральной зона) располагается на территории Кыргызстана, где макросейсмические исследования нами не проводились. Макросейсмическое обследование в пос. Канн проводилось сотрудниками Института сейсмологии НАН Кыргызстана (Камчибеков М. и др.).

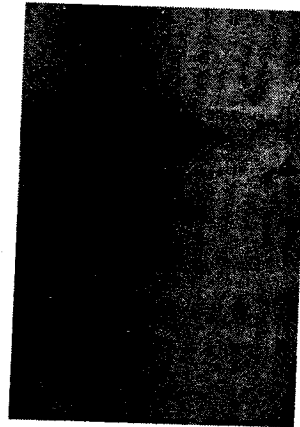
По материалам обследования последствий землетрясения на территории Узбекистана максимальная интенсивность дошла в кишлаке Лангар, Риштон и Сох до 7-8 баллов. Сейсмическая интенсивность в 7 баллах по шкале MSK-64 [45] проявилась в населенных пунктах: Лангар, Капгут, Вуадил, Риштон и Сох.

Кишлак Лангар расположен в 0,5 км восточнее санатория жезнодорожников Узбекистана «Чимён». Здесь интенсивность землетрясения оценена как 7-8 баллов. При этом в индивидуальных жилых домах с частичным деревянным каркасом, (с заполнением межкаркасного пространства из «гуваляка») произошли трещины в саманной штукатурке по каркасам, обваливание между каркасного заполнения, части обрушение стены, иногда полный обвал дома (рис.1.15).

Кишлак Капгут расположен в 23 км севернее эпицентральной зоны, в приграничном районе с Кыргызстаном. Здесь нами был обследован комплекс кирпичных зданий Алтыарыкского Агропромышленного колледжа. Обследование показало, что верхние этажи зданий повреждены сильнее, чем нижние.

Город Вуадил расположен в 25 км от эпицентра землетрясения. Здесь характерно сильное сейсмическое воздействие на кирпичные жилые, административные и общественные здания. Во многих зданиях степень повреждения кирпичных зданий варьирует от 1 до 3. Наблюдалось много случаев разрушения дымовых труб 2-х этажных жилых домов.

Рис.1.17. Многочисленные трещины на стенах жилого дома в поселке Лангар.

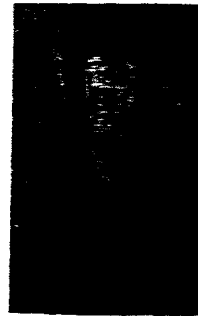


Список обследованных населенных пунктов и интенсивность сотрясений приводится в табл. 1.3.

Таблица 1.3
Пункты – баллы Каннского землетрясения 20.07.2011г.

№ п/п	Название населенного пункта	Эпицентр расстояние (км)	№ п/п	Название населенного Пункта	Эпицентр расстояние (км)
	8 баллов			6 баллов	
1	Канн	10		Фергана	39
	7-8 баллов			5-6 баллов	
2	Лангар	15	13	Шахимардан	40
3	Риштан	23		Коканд	55
4	Сох	32	12	5 баллов	
	7 баллов		13	Пунган	77
5	Пос. Чимён	17		Андижан	102
6	Капгут	23	14	4-5 баллов	
7	Риштан	23	15	Наманган	92
8	Алтыарик	25		4 балла	
9	Вуадил	26	16	Ангрен	135
10	Сох	32		Ташкент	215
11	Багдад	35	17	Алматы	166
	6-7 баллов		18		
12	Сан. Чимён	14	19		

Рис.1.18. Обрушение печных труб на крыше жилого кирпичного здания в г.Риштане.



Райцентр г.Риштан расположен в 6 км западнее от населенного пункта Капгут. На третьем этаже здания коиммата г.Риштана на перегородочной стене возникли тонкие сквозные трещины.

3-х этажный колледж построенный в 2011 г. в г.Риштане получил серьезные повреждения. Имеются крестообразные сквозные трещины. Другие лица, колледжи также требуют капитального

ремонта. В городской больнице г.Риштана, в детском отделении зарегистрированы обрушение балкона 2-го этажа. Многие корпуса зданий лицеев получили повреждения разной степени.

В населенных пунктах расположенных восточнее г.Риштан — Хурамабад, Капгут, Алтыарык, а также в северной части г.Риштан — кишлак Чувалачи (Багдадского тумана и др.) интенсивность сотрясений было повышенной.

Вероятной причиной возрастания интенсивности землетрясения, является близость к поверхности земли уровня грунтовых вод, из-за фильтрации воды из каналов.

Трагические последствия Каннского землетрясения в основном связаны с обрушениями айванов, пристроенных к жилым домам. Здесь наружный конец балки покоится на поперечных балках на стойках, а другой конец балки айвана ложится на нише заделанной выше балки дома. Часто для придания уклона (перекрытию айвана) между балками дома и айвана вставляют обрезок длиной 20-30 см. Тем самым создается лишний шарнир, ослабляющий и без того слабую конструкцию айвана. Конструкция айванов при статике – (т.е. без сейсмического воздействия) не обрушатся, а при динамике – (т.е. при сейсмическом воздействии 6 и выше баллов) – могут обрушиться. Такой случай ранее авторы наблюдали при обследовании Чимёнского землетрясения 06.05.1982г. (M=5,7; H=18км; I₀=7-8 баллов; эпицентральное расстояние – 24 км) в кишлаке Хуррамбад [44].

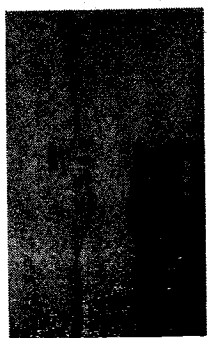
Сейсмическое воздействие при Канском землетрясении на вышеописанных населенных пунктах было около 7 баллов. Поэтому случаев обрушения аэзавов наблюдалось только

На карте изосейст данного землетрясения Г. Чуховский выделяется в 4-х балльной зоне. Интенсивность сотрясений в Улан-Удэ, а также и от многих других землетрясений Ферганской впадины, ощущалось выше исходной балльности территории на 0,5-1,0 балла.

Обследование зданий в районах Огтиарика, Риштона и Чимбена, получивших многочисленные косые трещины в верхних этажах, особенно колледжей, а так же одноэтажных зданий показывают, что прочность сцепления кирпича с раствором в большинстве случаев ниже проектной, но вместе с тем в районах Вуадилла, Фергани и Шахимардана (6-7 балльная зона сотрясений), имеется много адгезионный, где категория кладки в большинстве случаев не ниже третьей. В этих зданиях трещины возникали при условии $k_c > 0,05$.

Как видно из обследований элементы конструкций при землетрясениях могут работать в области нелинейных деформаций. В этих условиях значительную роль для оценки повреждаемости конструктивных материалов и конструкций, наряду с уровнем сейсмических нагрузок, играет длительность активной фазы землетрясения M , характеризующихся достаточно высокими ускорениями и суммарные нагрузки в течении длительного времени от местных и транзитных землетрясений, характеризующихся низкими значениями ускорений.

Проведенные научно-исследовательские работы по анализу применимости для условий материалов на территории построек Пашинты, Р'милтона, Олтиарика, Лянгара и Ферганы показали, что равномерность на микроразрушение тела материалов пропорциональна сейсмической интенсивности, и в основном изменяется за счет усреднений нагружения. (Рис. 1.19-1.20)



SECRET, INFORMATION-

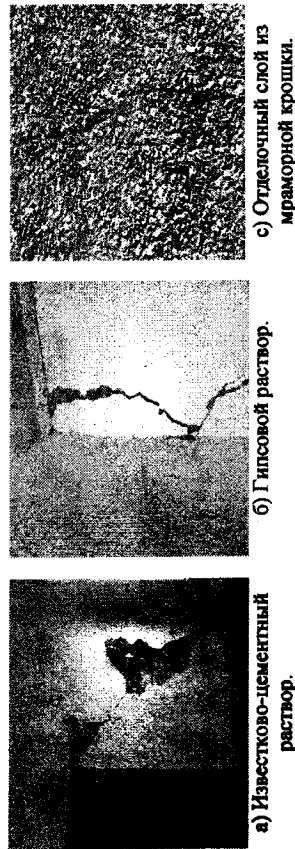
Рис. 1.20. Здание хокимията Риштанского района извлекново-цементная штукатурка.

зона наблюдались в Камашинском тумане, где сильно пострадали от землетрясения населенные пункты. Под влиянием землетрясения в этом тумане, эпицентре землетрясения, в этом тумане, разрушены все административные здания, где в качестве административных помещений использовались (см. 1.21).

различия в строении и функциях в той или иной степени характерны для всех групп животных, где имеются органы дыхания.

ные степени хрупкого разрушения и нарушения адгезионных свойств. Так, например, опытные наблюдения и исследование трещинообразования материалов и композитов показали, что количество и размеры трещинообразования строительных материалов изготовленных из местного сырья в 1,5-2,5 раза больше по сравнению с растворами изготовленных на основе цементных вяжущих. У растворов изготовленных в последнее время на основе сложных растворов – композитов трещинообразования меньше.

По мере уменьшения силы землетрясений и уменьшения расстояния от эпицентра, степень хрупкого разрушения и трещинообразования уменьшалась. Характерно то, что в зданиях и сооружениях старого города г. Ташкента находящегося на расстоянии 250 км от места землетрясения, наблюдалось хрупкое разрушение и трещинообразование строительных растворов используемых для штукатурных работ и отделок.



а) Известково-цементный раствор. б) Гипсовый раствор. в) Отделочный слой из мраморной крошки.

Рис. 1.21. Камшинский район Кашкадарьинской области.

Актуальность проблемы перспективного развития защитных покрытий потребовала обосновать ряд научных положений по повышению устойчивости сейсмическим колебаниям как целевой ус- тановки. Создание и применение новых видов сейсмостойчивых материалов, совершенствование прочности ограждающих конструкций, неизбежно приводят к сокращению расхода на ремонтно- восстановительные работы зданий и повышению комфорта в помещениях. Применение эффективных акустических материалов, близких по своей структуре и методам получения к сейсмостойчивым материалам, повышает культуру строительства, комфортность жизненных условий. В Узбекистане и за рубежом проведены натурные исследования колебаний зданий, показывающие, что деформации элементов по длине здания неодинаковы. В ряде случаев

существенными являются деформации в своей плоскости не только сборных, но и монолитных перекрытий.

В 2013 году 26 мая в посёлке Маржанбулак Галляларского района Джизакской области произошло землетрясение силой 6-7 баллов, в следствии чего существенно пострадали жилые, общественные здания, сооружения и населённые пункты. Маржанбулакское землетрясение 26 мая 2013 года эпицентр которого находился в горной зоне Губдунтау под городом. Были проведены предварительные обследования зданий, авторами данной работы, сразу после землетрясения через 2 часа, после основного толчка в возможной плейстосейсмической зоне (в фотографиях показаны предварительное макросейсмическое поле и типы разрушений и трещинообразования в зданиях с разными защитными покрытиями) (рис.1.21).

По данным сейсмической станции «Ташкент» в Джизакском виляете и в г.Ташкенте 26 мая 2013г в 11ч 16 мин. по Ташкентскому времени, произошло землетрясение с магнитудой $M=6,2$, $J=6-7$ баллов на глубине $h \sim 15$ км. Карта изосайт представлены на рис.1.22.

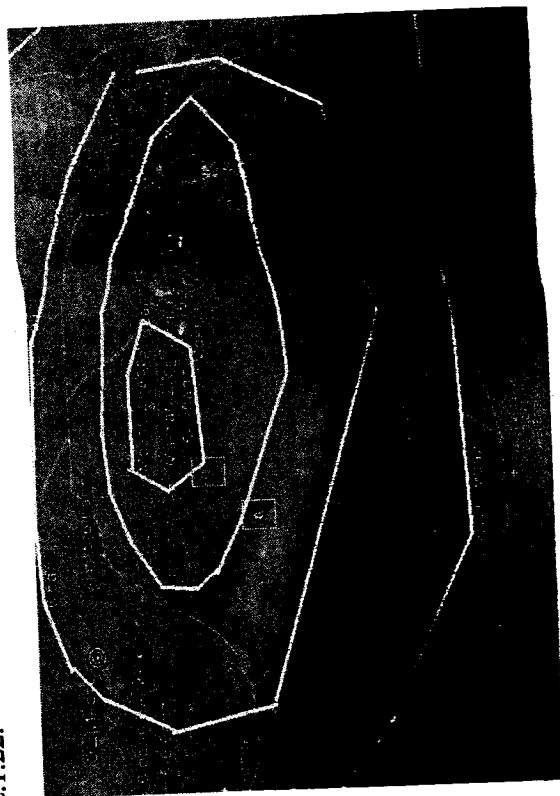


Рис.1.22. Карта изосайт Джизакского землетрясения.

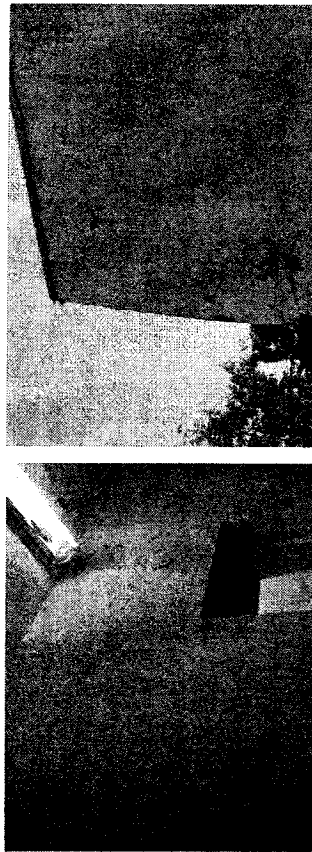


Рис.1.23. Разрушение в строкомплексе.

В деревни Навруз наблюдались мелкие разрушения потолков. По данным с/с Ташкент предварительные координаты были $40^{\circ}02'$ и $67^{\circ}00'$. В GPS было определено направление эпицентра с северо-запада под углом 30° , определяя азимут было оценено, что инструментальный эпицентр около 37 км.

Обследования зданий решено было начать с СЗ в направлении пос. Челек. По дороге в посёлке Дахбед были отмечены дома и школы, в которых наблюдались небольшие трещины в угловых зонах несущих и в промежутках окон до 40-70 см, плотность распределения трещин в стенах по направлению к эпицентру составляло $\rho_{тр}=0,5$. Все здания частные глинобитные и частично кирпичные.

Редко попадаются здания (школа, колледж и др. административные) из сжиженного кирпича. Строительные растворы отделочного покрытия зданий в основном глинобитные с добавлением сажана, глина с песком и гипсовое покрытие с песком 50 на 50%.

В двух кирпичных зданиях в посёлке Дехбед (в т.ч. школа) сильных повреждений не замечено (плотность трещин ниже $\rho_{тр}=0,3$). Макросейсмическая оценка силы около $J=5$ баллов. Следующие были две деревни, в которых наблюдались аналогичные состояния. Исследуя деревню Ил-назар было замечено ряд зданий, в которых на стыке потолков трещины в направлении эпицентра ($\rho_{тр}=0,5$). В колледже деревни Иль-назар имеются трещины длинные более (70-80 см), тоже указывающие направление эпицентра немножко ниже к востоку. В районе деревни Аккурган до деревни Чандыр такая же картина ($J=5-6$ баллов). В районе посёлка Янгирават количество трещин в зданиях начали расти ($\rho_{тр}=0,6$; $J=5-6$ баллов). В посёлке Челек такое же положение дел 5-6 баллов.

Далее в сторону деревни Каракиссарак (12 км до предварительного инструментального эпицентра) есть изломы и падавшие строительные растворы отделочных покрытий зданий, штукатурки, как со стен, так и из потолков ($\rho_{тр}=0,8$; $J=6$ баллов) (рис.1.24, 1.25).

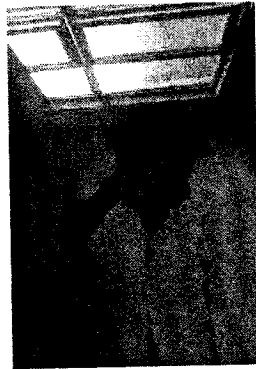


Рис.1.24. Разрушение штукатурки из гипсового раствора.



Рис.1.25. Разрушение штукатурки из цементно-известкового раствора.

Все здания частных домов деревни Чалмуин и Каракиссарак глинобитные, низкие потолки, жилья чабанов и др. постройки низкого качества и устойчивости. Имеются сквозные трещины указывающие направление эпицентра (восток) 5-6 баллов. Далее обследование продолжалось в сторону посёлке Джума ближняя зона деревни «Балик хужалик» и к инструментальному эпицентру (около 8 км.). В посёлке Джума серьезных повреждений видимых снаружи практически нет. Внутри колледжа имеются трещины крестообразные в направлении востока (5-6 баллов). Далее в деревни «Балик хужалик» был слышен сильный гул перед трясением земли, и люди работавшие на поляне (строили основание одного дома 5-6 столетий) видели, как шла волна с северо-восточной стороны. Там более 50 гектаров посеян ячмень и на ровном подъеме (уклон около 6 градусов) ярко видно зеленое поле. Кроме того, удар был в основном снизу и колебалось около 10 сек. В пяти зданиях поселения замечены сквозные трещины, смещение угловых стыков. В зданиях из сжиженного кирпича имеются трещины в проемах, как в дверных, так и в оконных ($\rho_{тр}=0,8$; $J=6$ баллов). Там же имеет место падение штукатурных материалов разного вида (глинистые, цементные и др.). Обследование в дальнейшем проводили вверх на север по адырной зоне около 17 км. В поселениях чабанов (Караташ, Бешкаль, Осарчорша и др.) на верху адыров как таковых сильных повреждений не замечено. Спустились с адыров в районе п.Аной

(ближе к п.Акташ). Там тоже такое же положение дел (5 баллов). Далее поехали в юго-восточном направлении в сторону посёлке Маржанбулак. По мере сближения в посёлке Маржанбулак с посёлке Анной замечено нарастание трещиноватости в зданиях (посёлке Камар, Акташ и др. ($\rho_{mp}=1,2$; $J=6$ баллов). В зоне посёлке Маржанбулак в складском помещении (высота над уровнем моря 874м). По разрешению администрации здания обследован 3х этажный корпус, отдельные здания столовой и вспомогательные постройки.

Везде одинаковая картина сплошные падения штукатурок со всех стен, разрушение проемов окон, сквозные крестообразные азимутальные трещины, указывающих на эпицентр ($\rho_{mp}=2,5$; $J=6-7$ баллов). В столовой 50% штукатурок упали. Имеется частичное разрушение стыков несущих стен. В главном цехе осколки стекла со всех окон, на гребневой части здания есть отход плиты на 8-10см. Внутри сплошные падения штукатурок. Конкретного разрушения зданий или стен не замечено (рис.1.26, 1.27, 1.28).

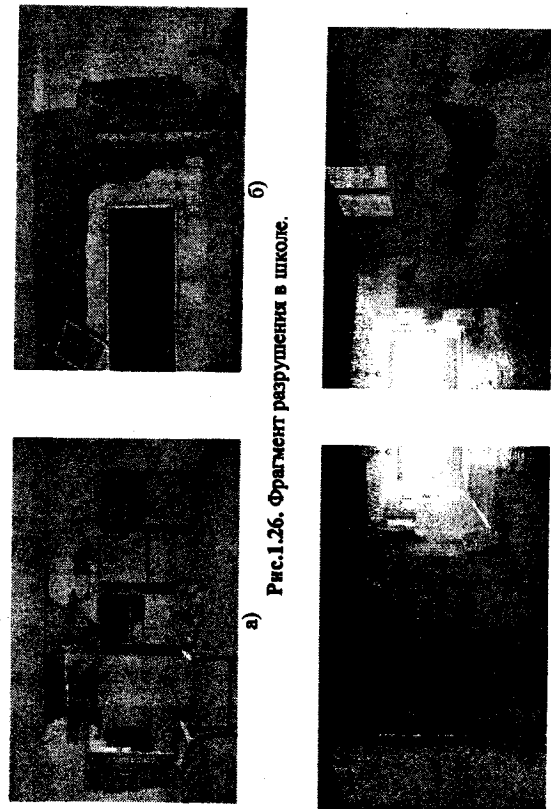


Рис.1.26. Фрагмент разрушения в школе.

Рис.1.27. Фрагмент разрушения в школе.

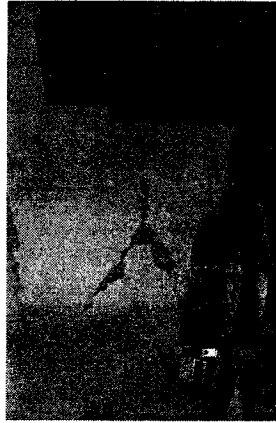


Рис.1.28. Фрагмент разрушения в школе.

Далее, в северо-запад от комбината, обследовали в несколько поселков: посёлке Гобдун здание школы двухэтажное, кирпичное, упали практически 60% штукатурок, как цементных растворов, так и алебастровые. Имеются сквозные крестообразные трещины ($\rho_{mp}=2,8$; $J=7$ баллов).

В табл.1.4 приведены предварительные определения плотности распределения трещин от длительности колебания в постройках Галляаралского района Джизакского вилоята, в которых визуальное аналитические съемки сделаны 26-27 мая 2013 года.

Они показали, что большому количеству плотности трещин подвергаются в основном частные строительства. В них не полностью учтены Строительные Нормы для сейсмически активных зон Узбекистана. В будущем предстоит определение полосы высокочастотных колебаний от местных сильных землетрясений и низкочастотных транзитных землетрясений.

Под влиянием землетрясения находились районы и посёлки вокруг Маржанбулака. В частности, в районе Челек землетрясение ощущалось силой 5-6 баллов, в поселке Янгиравот силой 5-6 баллов, в посёлках Аккуртан и Чандир 5-6 баллов, в поселке Дахбет 5 баллов. При изучении состояния зданий и сооружений наблюдались трещины в потолочных зонах, в проемах окон, падение штукатурного слоя, сквозные трещины. Замечено ряд зданий, в которых трещины по стыку потолков в направлении эпицентра.

По мере обближения в посёлке Маржанбулак установлено наличие трещиноватости в зданиях. В комбинате МГРК в зоне Управления замечены падения кирпичных кладок в складском помещении.

Таблица 1.4
Количество трещин на m^2 при сейсмических нагрузках в различных посёлках

№	Вид конструктивного элемента	Количество трещин на m^2 при сейсмических нагрузках в J=7 и 6 балльных зонах при Маржанбулакском землетрясении 26 мая 2013 года (M=6,2)				
		Челек 22 км.	Джума 17 км	Ак-таш 12 км.	Ханак 8 км	МБ 5 км.
1	Штукатурка	1,2	1,3	1,5	1,8	1,8
2	Гипсовое покрытие с песком 50 на 50%	0,5	0,2	0,03	0,01	0,05
3	Цементно-гипсовое покрытие 50 на 50%	0,6	0,06	0,03	0,02	0,04
4	Глинобитный покров с резанной соломой 50 на 50%	1,3	6	3,2	1,5	4,5
5	Плитки композит	0,02	0,05	0,02	0,01	0,04

При изучении административного корпуса вспомогательных служб везде одинаковая картина, сплошные падения штукатурок со всех стен, разрушения окон, сквозные трещины крестообразных азимутальных указывающих на эпицентр. В столовой 60% штукатурок упали, имеются частичные разрушения стыков несущих стен. В главном цехе комбина отсколки стекла со всех окон, на гребневой части здания есть отход плиты на 8-10 см. Внутри здания сплошные падения штукатурок (рис. 1.29, 1.30, 1.31, 1.32, 1.33, 1.34).



Рис. 1.29. Маржанбулак 6-7 баллов. Здание предприятия.



Рис. 1.30. Маржанбулак 6-7 баллов. Здание предприятия.

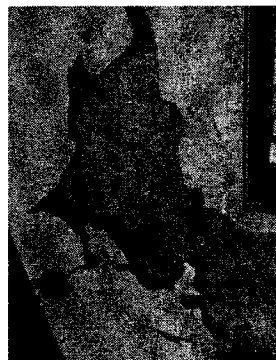


Рис. 1.31. Маржанбулак 6-7 баллов. Здание предприятия.

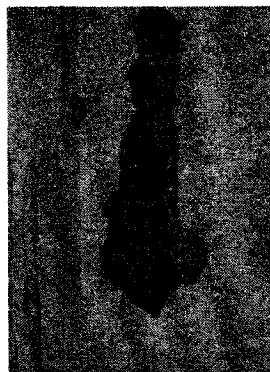


Рис. 1.32. Маржанбулак, школа №15, 7 баллов.

Из рисунков хорошо видно, что при воздействии одинаковых колебаний на различные материалы и композиты наблюдаются различные степени хрупкого разрушения и нарушения адгезионных свойств. Проведенные экспериментальные исследования по изучению трещинообразования материалов и композитов показали, что количество и размеры трещинообразования строительных материалов изготовленных из местного сырья 1,5-2,5 раза больше по сравнению с образцами изготовленных на основе цементных вяжущих. У растворов изготовленных в последнее время на основе сложных растворов композитов трещинообразование меньше.

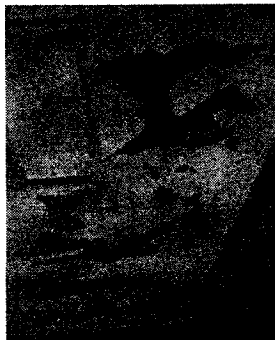


Рис. 1.33. 4 км до эпицентра, Колледж, 7 баллов.

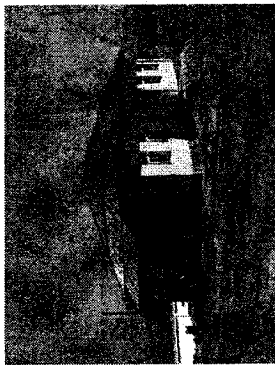


Рис. 1.34. Новое построенное здание в кишлаке получил незначительный ущерб (применились современные строительные материалы).

На рис. 1.34 изображены здания нового сельского строительства при возведении, которого использованы современные строительные материалы и изделия. Здания практически не пострадали от воздействия землетрясения.

Выше подчеркивалось, что по мере сближения к эпицентру землетрясения наблюдается нарастание трещинообразования в зданиях и сооружениях. По мере уменьшения силы землетрясений и уменьшения расстояния от эпицентра степень хрупкого разрушения и трещинообразования уменьшается.

Анализируя вышеуказанное можно сделать выводы, что определения и исследования, а также оценка степени трещинообразования и хрупкого разрушения отделочных и штукатурных строительных растворов, изготовленных из местного сырья и композитов, используемых в зданиях и сооружениях, под влиянием транзитных и местных землетрясений и разработки оптимальных составов строительных растворов с высокими строительными, эксплуатационными, а также адгезионными свойствами, воспринимающие усиления напряжения от землетрясений, является в настоящее время актуальной задачей.

ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДЕЛОЧНЫХ КОМПОЗИТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ, УСТОЙЧИВЫХ К ВОЗДЕЙСТВИЯМ ТРАНЗИТНЫХ И МЕСТНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

2.1. Исследование состояния отделочных композитных строительных растворов, испытавших последствия транзитных и местных землетрясений

2.1.1. Оценка технического состояния отделочных композитных строительных растворов, испытавших воздействия Каннского землетрясения в Ферганской долине

Снижение физико-механических характеристик строительных материалов в частности отделочных композитных строительных растворов, объясняется, в основном, протеканием в нем физических деструктивных процессов под воздействием различных факторов (влажность, попеременное замораживание и оттаивание, воздействие агрессивных сред, воздействие внешних механических нагрузок, воздействие последствий землетрясений и др.).

Вопросам снижения физико-механических характеристик отделочных композитных строительных растворов, причинам деструктивных процессов появляющихся под воздействием агрессивных сред, попеременного замораживания и оттаивания и других многих факторов, посвящены работы многих ученых.

Однако, вопросам оценки степени хрупкого разрушения отделочных композитных строительных растворов под воздействием транзитных и местных землетрясений, уделено мало внимания.

В связи с этим, в проведенных экспериментальных работах, основное внимание уделено, изучению снижения физико-механических деформационных и адгезионных свойств опытных образцов, приведенных из Ферганской долины под влиянием транзитных и местных землетрясений.

Опытные образцы подвергались испытаниям на предмет определения предела прочности на сжатие, плотности, водопоглощаемости, хрупкости и адгезионных свойств строительных растворов.

Результаты представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1
Результаты определения прочности цементно-известкового раствора

№	Размеры образцов, в см			Площадь поперечного сечения образца S, см ²	Разрушающая нагрузка Р, кг	Прочность R _c , кг/см ²
	a	b	h			
1	1,7	1,7	1,7	2,9	300	103,8
2	1,7	1,7	1,7	2,9	280	95,55
3	1,7	1,7	1,7	2,9	290	100

Средняя прочность R_c^{ср} = 99,7 кгс/см²; R_c^{ср} = 9,97 МПа

Таблица 2.2
Результаты определения плотности цементно-известкового раствора

№	Навеска, г	Остаток навески, г	Масса в объеме, г	Объем V _в , см ³	Плотность ρ, г/см ³
1	60	7,9	52,1	20	2,6
2	60	8,3	51,7	20	2,58
3	60	7,6	52,4	20	2,62

Таблица 2.3
Результаты определения прочности гипсового раствора

№	Размеры образцов, в см			Площадь поперечного сечения образца S, см ²	Разрушающая нагрузка Р, кг	Прочность R _c , кг/см ²
	a	b	h			
1	2	2	2	4	280	70
2	2	2	2	4	290	72,5
3	2	2	2	4	280	70

Средняя прочность R_c^{ср} = 70,8 кгс/см²; R_c^{ср} = 7,08 МПа

В проведенных экспериментах исследованиях определили степень водопоглощения по массе (весовое водопоглощение). При этом масса сухого образца составляла m = 14,67 г., вес образца после погружения в воду составлял m₁ = 17,76 г. W = 21,1%.

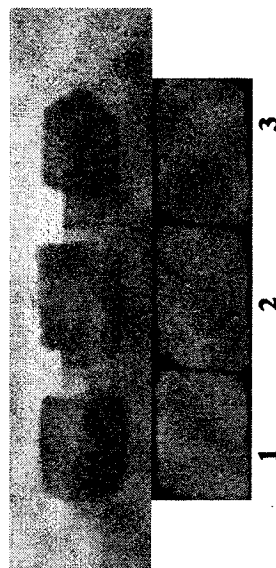


Рис.2.1. Образцы из цементно-известкового раствора подготовленные для испытания.

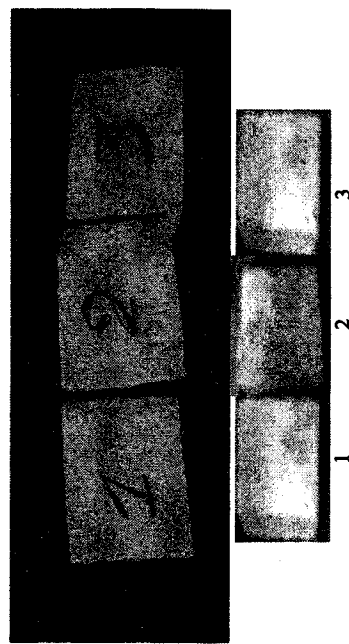


Рис.2.2. Образцы из гипсового раствора подготовленные для испытания.

Адгезионные свойства строительных растворов определяли в двух образцах: 1) адгезионные свойства цементно-известкового раствора с основанием кирпичной кладки; 2) адгезионные свойства гипсового раствора с основанием тяжёлого бетона.

Для определения адгезионных свойств образцов использован прибор типа DYNAS 16 производства Германии.

Результаты испытаний следующие:

- 1) адгезия цементно-известкового раствора – 0,10 МПа;
- 2) адгезия гипсового раствора 0,15 МПа.

Рис. 2.3. Прибор для определения адгезионных свойств.



2.1.2. Оценка технического состояния отделочных композитных строительных растворов, испытанных землетрясения в Кашкадарьинской области

Таблица 2.4

Результаты определений прочности цементно-известкового раствора

№	Размеры образцов, в см			Площадь поперечного сечения образца S, см ²	Разрушающая нагрузка Р, кг	Прочность R _{ср} , кг/см ²
	a	B	h			
1	1,7	1,7	1,7	2,9	100	34,48
2	1,7	1,7	1,7	2,9	120	41,37
3	1,7	1,7	1,7	2,9	120	41,37

Средняя прочность R_{ср} = 39,07 кгс/см², R_{ср} = 3,907 МПа.

Таблица 2.5

Результаты определения плотности цементно-известкового раствора

№	Навеска, г	Остаток навески, г	Масса в объеме, г	Объем V _в , см ³	Плотность ρ, г/см ³
1	60	8,2	51,8	20	2,59
2	60	8,7	51,3	20	2,56
3	60	7,6	52,4	20	2,62

Таблица 2.6
Результаты определения прочности гипсового раствора

№	Размеры образцов, в см			Площадь поперечного сечения образца S, см ²	Разрушающая нагрузка Р, кг	Прочность R _{ср} , кг/см ²
	a	B	h			
1	1,7	1,7	1,7	2,89	200	69,2
2	1,7	1,7	1,7	2,89	280	96,9
3	1,7	1,7	1,7	2,89	300	103,8

Средняя прочность R_{ср} = 90 кгс/см², R_{ср} = 9,0 МПа.

В проведенных экспериментах исследованиях определили степень водопоглощения по массе (весовое водопоглощение). При этом масса сухого образца составляла m = 27,92 г., вес образца после погружения в воду составлял m₁ = 31,64 г. W = 13,32%

Адгезионные свойства строительных растворов определяли в двух образцах: 1) адгезионные свойства цементно-известкового раствора с основанием кирпичной кладки; 2) адгезионные свойства гипсового раствора с основанием тяжёлого бетона.

Для определения адгезионных свойств образцов использован прибор типа DYNAB 16 производства Германии.

Результаты испытаний следующие:

- 3) адгезия цементно-известкового раствора – 0,12 МПа
- 4) адгезия гипсового раствора 0,18 МПа.

2.1.3. Оценка технического состояния отделочных композитных строительных растворов, испытанных воздействия

Маржанбулакского землетрясения в Джизакской области

Изменение физико-механических характеристик (также микро-трещинообразование) строительных материалов, в частности, композитных строительных растворов, отделочных покрытий, объясняется, в основном, протеканием в них физических деструктивных процессов под воздействием различных факторов (влажность, переменное замораживание и оттаивание, воздействие агрессивных сред, внешних механических нагрузок, последствий землетрясений и др.).

Однако, вопросам оценки степени хрупкого разрушения отдельных композитных строительных растворов под воздействием транзитных и местных землетрясений уделено мало внимания.

В связи с этим, в проведенных экспериментальных работах, особое внимание уделено изучению изменений физико-механических, деформационных и адгезионных свойств опытных образцов базовых объектов.

Для исследований в качестве базового объекта выбран Галларальский район Джизакской области, здания и сооружения которых испытывали последствия Маржанбулакского землетрясения 26 мая 2013 года.

Для выявления причин хрупкого разрушения опытные образцы подвергались испытаниям на предмет определения предела прочности на сжатие, плотности, водопоглощения, хрупкости и адгезионных свойств строительных растворов. Результаты испытаний представлены в таблицах 2.7.

В проведенных экспериментальных исследованиях степень водопоглощения определяли по массе (весовое водопоглощение) и по объему. Весовое водопоглощение цементного раствора составляла в среднем 12,6%, по объему в среднем 14,9%.

Таблица 2.7
Результаты определения прочности цементного раствора

№	Размеры образцов, в см			Площадь поперечного сечения образца S, см ²	Разрушающая нагрузка Р, кг	Прочность R _c , кг/см ²
	А	в	h			
1.	2	2	2	4	410	102,5
2.	2	2	2	4	420	105,0
3.	2	2	2	4	415	103,5
Средняя прочность R _c =103,7 кгс/см ² , R _{ср} =10,4 МПа.						

Таблица 2.8
Результаты определения прочности цементного раствора

№	Навеска, г	Остаток навески, г	Масса в объеме, г	Объем V _в , см ³	Плотность ρ, г/см ³
1.	60	8,1	51,9	20	2,59
2.	60	8,3	51,7	20	2,58
3.	60	7,9	52,1	20	2,61

Для определения адгезионных свойств образцов использовался прибор типа IYNAZ-16 производства Германии. Показатель адгезионной прочности цементного раствора составил 0,13 МПа.

Таблица 2.9
Результаты определения прочности цементно-известкового раствора

№	Размеры образцов, в см			Площадь поперечного сечения образца S, см ²	Разрушающая нагрузка Р, кг	Прочность R _c , кг/см ²
	а	в	h			
1.	2	2	2	4	90	22,5
2.	2	2	2	4	85	20,5
3.	2	2	2	4	80	20,0

Средняя прочность R_{ср}=21,0 кгс/см², R_{ср}=2,1 МПа.

Таблица 2.10
Результаты определения прочности цементно-известкового раствора

№	Навеска, г	Остаток навески, г	Масса в объеме, г	Объем V _в , см ³	Плотность ρ, г/см ³
1.	60	8,4	51,6	20	2,58
2.	60	7,9	52,1	20	2,61
3.	60	8,1	51,9	20	2,59

Весовое водопоглощение цементно-известкового раствора составило в среднем 18,0%, по объему в среднем 13,9%. Показатель адгезионной прочности цементно-известкового раствора составил 0,12 МПа.

Таблица 2.11
Результаты определения прочности гипсового раствора

№ образцов	Размеры образцов, в см		Площадь поперечного сечения образца S, см ²	Разрушающая нагрузка Р, кг	Прочность R _c , кг/см ²
	А	В			
1.	2	2	4	210	52,5
2.	2	2	4	220	55,0
3.	2	2	4	215	53,5

Средняя прочность $R_p = 53,7 \text{ кгс/см}^2$, $R_p = 5,4 \text{ МПа}$.

Таблица 2.12
Результаты определения прочности гипсового раствора

№	Навеска, г	Остаток навески, г	Масса в объеме, г	Объем V, см ³	Плотность ρ , г/см ³
1.	60	8,1	51,6	20	2,58
2.	60	8,2	51,8	20	2,59
3.	60	7,2	52,2	20	2,61

Весовое водопоглощение гипсового раствора составило в среднем 10,4%, по объему в среднем 13,3%. Показатель адгезионной прочности гипсового раствора составил 0,15 МПа.

На основе проведенных экспериментальных исследований и анализам результатов испытаний выявлено, что причинами хрупкого разрушения отделочных покрытий строительных растворов являются:

- при использовании строительных растворов не произведен рациональный подбор состава смеси;
- практически во всех используемых строительных растворах не были применены минеральные, органические добавки, улучшающие свойства пластичности, водоудерживающей способности прочности и др.;
- вопросам адгезии строительного раствора с основанием мало уделено внимание, и научно обоснованных предложений по повышению адгезионных свойств практически не существует.

В связи с этим, основными причинами хрупкого разрушения являются использование низкокачественных составов, малоизученная научная область и экспериментальные исследования по при-

ближению соответствия коэффициентов линейного температурного расширения строительного раствора с основанием.

Разработка прогрессивных составов строительных растворов с улучшенными свойствами и решение вопроса повышения качества адгезионных свойств с учетом коэффициентов линейного температурного расширения, открывает возможность применения отделочных покрытий строительных растворов для назначений их, в участках стойкости (выдержки) материалов к воздействию колебательным движениям транзитных и местных землетрясений.

Обобщены современные представления строительных растворов различных составов на основе местного сырья и композитных материалов, систематизированы традиционные и современные классификации отделочных покрытий.

Анализируются научно-исследовательские работы разрушения отделочных покрытий на основе местных и композитных материалов под воздействием местных и транзитных землетрясений.

Разработаны методы исследований для проведения экспериментальных работ по изучению физико-механических, деформативных и адгезионных свойств строительных растворов.

По результатам проведенных экспериментальных работ исследованы физико-механические, деформативные и адгезионные свойства отделочных покрытий привезенных из Ферганской долины, Кашкаринской и Джизакской областей.

Обобщение результатов испытаний образцов зданий и сооружений, приведенных из Джизакской области, которые испытали последствия Маржанбулакского землетрясения 26 мая 2013 года, и их анализ, выявило, что практически все показатели физико-механических и деформативных свойств, снижаются под воздействием колебательных движений при землетрясении.

В связи с этим, основными причинами хрупкого разрушения декоративных и штукатурных строительных материалов на основе гипса и других минеральных вяжущих, являются использование низкокачественных составов, недостаточная изученность вышеуказанных свойств, а также малое количество проведенных экспериментальных исследований по определению коэффициентов линейного температурного расширения строительных растворов с основанием.

Разработка новых прогрессивных составов строительных растворов с применением органических и минеральных материалов,

последних достижений строительной технологии, обеспечивает возможности применения отделочных покрытий в зданиях и сооружениях, эксплуатируемых в зонах влияния сейсмических сил.

2.1.4. Обоснование выбора местных сырьевых материалов и методы исследований

Для проведения исследовательских работ по изучению и оценки степени трещинообразования и хрупкого разрушения строительных материалов, под воздействием транзитных и местных землетрясений, были отобраны опытные образцы в виде обломков потерпевших колебательных движений Каннского(Киргизия), Кашкадарьинского и Маржанбулакского землетрясения. Опытные образцы подготовлены из пострадавших районов от землетрясения южной части Ферганской, Кашкадарьинской и Джизакской областей Республики Узбекистан.

Опытные образцы для исследований подготовлены для сравнения по принципу традиционных строительных материалов, современных строительных растворов и композитов на основе последних достижений науки и техники.

Для испытания опытные образцы Ферганской области подготовлены из Риштанского, Багдадского и Ферганского туманов области. Опытные образцы Кашкадарьинской области подготовлены из Камашинского и Яскабагского туманов области, и опытные образцы из Галляларальского тумана Джизакской области.

Из опытных образцов, привезенных из областей в лабораторных условиях, методом механической обработки их (резка, шлифовки и др.), подготовили для испытания различные образцы по требованиям методики исследований строительных материалов.

Из обломков строительных растворов подготовлены образцы кубы для определения прочностных характеристик исследуемых материалов, образцы для определения степени водопоглощения, образцы для определения хрупкости и специальные образцы для определения адгезионных свойств строительных материалов.

Из-за низких прочностных характеристик из растворов саманлай, изготовить образцы для испытаний, не удалось.

Для испытаний подготовили образцы из строительных растворов на основе известковых, гипсовых, а также цементных вяжущих. Состав растворов – сложные и простые растворы.

При проведении экспериментальных работ использованы стандартные методики исследований: определение плотности и пористости материалов, определение водопоглощения, хрупкости и адгезионные свойства материалов, определение прочности при сжатии и при изгибе водопоглощения, определение подвижности раствора-циконусом СтройЦНИИ, определение расслаиваемости раствора-цилиндрическим прибором, определение водоудерживающиеся способности раствора, определение удельно-ударной вязкости прибором маятниковым капером, определение адгезии раствора – прибором типа DYNAB-16 производства Германии, определение коэффициента теплопроводности при помощи универсального прибора из Германии, определение прочности и динамического модуля упругости прибором ультразвука.

Удельная-ударная вязкость. Испытания на удельно-ударную вязкость проводят на копрах. Режим испытания указывается в ГОСТ. Копер состоит из двух направляющих реек с нанесенными на них деления через 1 см. Между направляющими передвигается каретка, закрепляемая винтовыми зажимами на любой высоте. К каретке подвешивают груз грушевидной формы массой 0,5; 1,2 или 5 кг в зависимости от прочности испытываемого материала, в ящике между нижними концами направляющих реек.

Удары наносят грузом, падающим на середину образца. Высоту падения груза регулируют: вначале груз опускают с небольшой высоты и постепенно увеличивают её. Высоту падения груза определяют по рейке. Прочность материала характеризуется работой удара, выраженной в кгс/см или Дж, разрушающего материала, или удельной работой груза, отнесенной к единице объема образца $[кгс\cdot см/см^2 (Дж/см^3)]$ о разрушении образца судят по появлению на ней первой трещины.

Определение прочности и динамического модуля упругости прибором ультразвук основан на скорости распространения ультразвуковых волн и физико-механических свойств изделия. Для определения прочности и динамического модуля упругости изготовили образцы куба. Определение производят с помощью прибора Steinkampr производства Германии.

Определение производят в следующих:

а) определяют акустическую базу – 1 – мм, базу определения производят штангенциркулем в нескольких точках с точностью 0,01мм.

б) время распространения ультразвуковых волн t , мк. сек.
в) с помощью тарировочных графиков определяют прочность материала.

г) точность данного метода в % определяют с помощью формулы.

Хрупкость — способность разрушения структуры материала под воздействием внешних механических сил без заметных деформационных показателей. Хрупкие материалы хорошо сопротивляются усилиям сжатия, плохо сопротивляются усилиям растяжения и изгиба.

В настоящее время хрупкость материала определяется ультразвуковым и импульсным методом. Данный метод основан на распространении, потухание и резонансному положению ультразвуковых волн испытываемого образца.

Адгезионные свойства строительных растворов предназначены для кладки каменных материалов и штукатурных работ определяется специальной методикой.

Для определения адгезионных свойств используются следующие приборы и установки:

- Дрель с алмазным покрытием; - шпатель для приклеивания клеящих материалов; - кисти, клеящие материалы; - прибор для определения адгезионных свойств материалов типа DYNAP 16 производства Германии.

Порядок проведения испытаний по определению адгезионных свойств материалов следующий: очищается поверхность испытываемого образца; прибором с алмазным покрытием срезается слой строительного раствора; очищается поверхность испытываемого образца; приклеивается цилиндр прибора на поверхность образца; ожидается и наблюдается полное отверждение клеящего материала в цилиндре;

- В окончательном процессе после отверждения клея, образец устанавливается на определитель прибора; шкала определителя устанавливается на положение «0»; прибор приводит в рабочее состояние и начинается отчет.

Проводится анализ показателей прибора и устанавливает показатели адгезионных свойств строительных материалов.

В результате исследований образцов отделочных композитных строительных растворов Каннского, Кашкадарьинского и Маржан-

булакского землетрясений, выявлены основные причины хрупкого разрушения строительных растворов.

Для улучшения физико-механических, деформативных и адгезионных свойств строительных растворов выбраны оптимальные составы строительных растворов повышенными свойствами с введением органических добавок.

Для выбора оптимального состава строительного раствора исследованы следующие растворы:

а) для наружной отделки: известково-цементные растворы с модификаторами. 1. базовый состав + модификатор(3);

б) для внутренней отделки: гипсопесчаные растворы с модификатором. 2. базовый состав + модификатор (3).

Для проведения экспериментальных исследований применены следующие материалы:

1. Известь гашенная; 2. Портландцемент марки М-400; 3.

Песок кварцевый промытый; 4. Гипс строительный марки Г-6, Г-10;

5. Полимер — ПВА — модификатор; 6. Гельполимер — модификатор;

7. Суперпластификатор С-3 — модификатор.

2.1.5. Характеристика отделочных композитных строительных растворов применяемых в сейсмических регионах

Строительный раствор — это искусственный строительный конгломерат, образовавшийся в результате затвердевания рационально подобранной, тщательно перемешанной и уложенной в соответствии с назначением смеси, состоящей из вяжущего материала, мелкого заполнителя, воды и специальных минеральных или органических добавок, придающих раствору смеси необходимые технологические, а затвердевшему раствору — требуемые строительно-технические свойства. Отсутствие крупного заполнителя придает строительным растворам некоторые специфические особенности по сравнению с бетонами, например, повышенную пластичность.

Строительные растворы классифицируются по следующим признакам:

1. По основному назначению на:

- **Кладочные** в том числе и для монтажных работ, применяемые для кладки стен и с использованием бутового камня, керамического

и силикатного кирпича и камней других мелкогабаритных стеновых изделий;

- облицовочные, применяемые для крепления облицовочных плит из природного камня, керамических и бетонных плиток по готовой кладке стен из кирпича и других штучных изделий;

- штукатурные, предназначенные для нанесения на готовые поверхности стен слоев грунта, набрызгов и накрывки при выполнении штукатурных работ;

- специальные, к ним относятся декоративные, теплоизоляционные, гидроизоляционные, акустические, жаростойкие, кислотоустойчивые рентгенозащитные.

II. По виду применяемого вяжущего материала на:

- простые (на вяжущем одного вида); цементные, известковые, гипсовые;

- сложные (на смешанных вяжущих); известково-гипсовые цементно-известковые, цементно-глиняные.

III. По средней плотности на:

- тяжелые, имеющие среднюю плотность 1500 кг/м^3 и более, приготовляемые с использованием плотных песков (природных кварцевых или полевошпатовых) дробленых из плотных горных пород;

- легкие со средней плотности менее 1500 кг/м^3 , в качестве заполнителя в которых применены пески, получаемые дроблением пористых горных пород (туф, пемза и др.) или искусственных пористых материалов (керамзит, аглопорита, перлит и др.)

IV. По готовности к применению строительные растворы подразделяются на:

- готовые, доставляемые на объект в готовом к применению виде или приготовленные смешиванием всех составляющих на приобъектных бетонорастворных установках;

- сухие, приготавливаемые на специализированных предприятиях в сухом виде и требующие смешивания с водой или водными растворами добавок на объекте непосредственно перед применением.

В пределах Узбекистана строительные растворы на основе глины использовались в основном для кладки кирпича и других камней, а также для штукатурки стен. Для улучшения свойств растворов на основе глины в их состав ввели известь, гипс, песок (кварц), глиеж и зола растений [12].

Для уменьшения усадки растворов, на основе глины применяемые для штукатурных работ малозатражных зданий использовали (саман-лай) стебли пшеницы.

При этом основными свойствами строительных растворов являются пластичность раствора и водоудерживающая способность. А после затвердевания раствора прочность, морозостойкость и долговечность. Для приготовления готовых растворов смесей применяют материалы, отвечающие требованиям стандартов и технических условий [12].

В качестве вяжущих материалов для строительных растворов применяют:

- гипсовые вяжущие, гипс строительный, высокопрочный гипс, ангидридовые вяжущие;

- известь строительную воздушную и гидравлическую;

- портландцемент и разновидность цемента, шлакопортландцемент, пуццолановый, сульфатостойкий, белые и цветные портландцементы;

- глина, лёсс, суглинки.

В качестве заполнителей применяют:

- песок для строительных работ, песок кварцевый;

- зола-унос от сжигания каменных и бурых углей;

- пористые пески, получаемые дроблением природных или искусственных пористых заполнителей;

- песок из шлаков тепловых электростанций;

- песок из шлаков черной и цветной металлургии.

Вода для затворения строительных растворов должна удовлетворять требованиям ГОСТа, т.е. в состав воды содержание солей должна ограничиваться в пределах до 5000 г/л , особенно содержание сульфатных солей должно резко ограничиваться. Для улучшения или регулирования определенных свойств строительных растворов в их состав вводят добавки [13,14]. С целью пластификации строительного раствора могут применяться минеральные (неорганические) и органические добавки, в частности поверхностно-активные вещества [13,14].

В качестве минеральных добавок в состав строительных растворов на основе цементных и известковых вяжущих добавляют мелкодисперсные глинистые материалы, или приготовленной на основе глины, глинистых растворов. Также минеральными пластификаторами служат трепел, глиеж, диатомит туфит и другие.

Кроме того зола от твердых топлив, доменные шлаки и другие отходы промышленности могут использоваться в качестве твердых минеральных пластификаторов [31].

Вышеуказанные минеральные пластификаторы помимо повышения удобукладываемости строительных растворов, также повышают свойства водостойкости, морозостойкости и других свойств.

Следует отметить, что в составе минеральных добавок присутствие органических примесей, а также растворы солей более допустимого могут отрицательно влиять на свойства строительных растворов.

В качестве поверхностно - активных веществ использует ССБ, СДБ, мылонафт, абигетат натрия, ЛСТ (лигносульфат технические) и другие вводят в состав строительных растворов 0,1-0,3% лигносульфонат от массы вяжущего материала.

В настоящее время практикуется введение в состав строительных растворов суперпластификаторов типа С-3 до 1% от массы вяжущего и гель полимерных материалов. Суперпластификаторы С-3 резко повышают удобукладываемость строительного раствора. Введение в состав раствора гелиполимеров 0,1-0,3% от массы вяжущего материала резко повышает водоудерживающую способность строительного раствора [14].

Качество строительных растворов характеризуются следующими показателями:

- подвижностью оцениваемой глубиной погружения стандартного конуса, выраженной в см; по этому показателю строительные растворы подразделяются на 4 марки;

- водоудерживающей способностью, оцениваемой массой испитанной пробы после 10 минутного впитывания из нее воды 10 слоями промокатальной бумаги в течение 10 мин, выраженной в процентах к исходной ее массе. Кроме вышеуказанных показателей для строительных растворов характерны показатели как расслаиваемость средняя плотность и влажность.

А для строительных растворов специального назначения могут предъявляться дополнительные требования в соответствии с их назначением.

В основу общей классификации строительных растворов по физико-механическим свойствам положены два важнейших показателя прочность и морозостойкость, характеризующая долговечность раствора. По пределу прочности при сжатии, строительные

растворы подразделяются на девять марок, от 4 до 300 (в кг/см^2), а по степени морозостойкости, также на девять марок с Мр3 от 10 до 300.

Строительные растворы приготавливают, как правило, на централизованных растворных заводах (узлах).

При приготовлении строительных растворов в зимнее время необходимо соблюдать следующие требования.

Приготавливать растворы без химических добавок при средней температуре наружного воздуха ниже 5°C и минимальной суточной температуре ниже 0°C следует в отапливаемом помещении. Песок, применяемый для приготовления раствора, не должен содержать смерзшихся комьев размеров более 1 см, а также льда. При подготовке песка его температура не должна превышать 60°C .

Известковое и глинистое тесто не должно подвергаться замораживанию и имеет температуру ниже 5°C .

В случае применения подогретой воды затворения, температура её, не должна быть выше 80°C .

Составы строительных растворов, для получения заданной марки, следует подбирать любым обоснованным способом, обеспечивающим получение заданной прочности строительного раствора к определенному сроку твердения при наименьшем расходе вяжущего материала. При этом необходимо обеспечивать подвижность, водоудерживающей способности растворной смеси, соответствующей условиям применения раствора.

Традиционными строительными растворами являлись растворы на основе известковых вяжущих. Известковые вяжущие считаются широко распространенными вяжущими во всем мире. Они отличаются простотой технологии производства, хранения их в закрытых хранилищах дают возможность использования их в качестве строительного материала в длительные сроки. Следует подчеркнуть, что для этих вяжущих материалов предъявлены требования приводить к минимуму содержание частицы негашеной извести в составе вяжущего. При приготовлении сложных растворов на основе известковых вяжущих в их состав ввели обожженную глину, муку жженого кирпича и другие добавки, что по истечении определенного времени на их основе образовались гидроминералы которые способствовали повышению прочности, влагоустойчивости и морозостойкости. Полученные сведения на основе научно-исследовательских работ ученых Республики Узбекистан, по изучению техниче-

ского состояния архитектурных памятников Самарканда, Бухары, Хивы, Шахрисабза, а также г. Ташкента свидетельствуют о том, что в основном использовались сложные строительные растворы на основе известковых, гипсовых вяжущих и гача (вяжущие получают на основе сырья, состоящие из гипсового камня и каолиновых глин). Марки вышеуказанных растворов составляла в среднем 30-80 кг/см² и адгезия их керамическим камням, кирпичу и другими составляло в среднем 0,5-1,5 кг/см².

Следует особо отметить то, что марки вышеупомянутых строительных растворов составляли в 5-10 раз меньше, чем прочности в настоящее время и по истечении времени за счет сложных физико-химических процессов наблюдался рост прочностных характеристик раствора. С точки зрения химии между вяжущим материалом и наполнителем произошли химические реакции, в результате чего образовались низкоосновные силикатные, алюминиевые и ферритные гидроминералы, которые способствовали повышению прочности, водостойкости и морозостойкости. Практически одинаковые марки и пластичность использованных строительных растворов с керамическими материалами обеспечивали сейсмичность зданий и сооружений.

При производстве современных строительных растворов в качестве вяжущих материалов используют, портландцемент и разновидности портландцемента, пуццолановый, низкомарочный (М-200) цемент, безусадочный, расширяющийся, белые, цветные и др. цементы. Для улучшения технологических свойств, а также для экономии цемента в практике используют сложные растворы, состоящие из двух, трех компонентов. Воздушную известь, гидравлическую известь используют при производстве строительных растворов в виде известкового теста или известкового молока.

Строительный гипс отдельно применяют в качестве строительного раствора предназначенного для внутренней или внешней отделки зданий, а также в качестве дополнительного компонента (вяжущего) для сложных растворов.

По результатам научных исследований установлены, что на изготовление растворов расходуется до 15-20% от общего количества вяжущего материала, применяемого в строительных работах, поэтому требуется его экономное расходование.

Качество отвердевшего строительного раствора в основании характеризуется прочностью, деформативными свойствами и дол-

говечностью. В кирпичной кладке и крупнопанельных зданиях строительные растворы воспринимают напряжения не только от сжимающих усилий, но и вследствие изгиба и среза. В связи с этим, раствор в кладке должен обладать необходимой прочностью на растяжении при изгибе и раскалывании. При работе наружных стен из крупноразмерных элементов, подвергающихся механическим и температурно-влажностным воздействиям, важными являются деформативные свойства строительного раствора, нормальная эксплуатация зданий связанная с долговечностью кладочного строительного раствора, т.е. его способностью сохранять или даже улучшить структуру в эксплуатационный период.

При выполнении обычных штукатурок применяют цементные, цементно-известковые, известковые, известково-гипсовые, гипсовые, глино-известковые и др. растворы.

Подвижность штукатурных растворов рекомендуется регулировать с помощью органических пластификаторов. Для увеличения времени начала схватывания растворов смесей, приготовленных с использованием гипса в их состав вводят замедлители схватывания (мездровый и костный клей, гашенная известь, бура и др.) [9].

Декоративные растворы предназначены для заводской отделки лицевого поверхностей стеновых панелей и крупных блоков, отделки фасадов зданий и интерьеров. Они должны обладать необходимой прочностью на сжатие и сцепление с отделываемой поверхностью, светостойкостью, водостойкостью и морозостойкостью. Требуется к декоративным растворам по водостойкости и морозостойкости устанавливаются в проектной документации с учетом реальных температурно-влажностных режимов эксплуатации зданий и помещений.

В зависимости от вида декоративной отделки растворы подразделяются на цементные, известково-песчаные, известковые, гипсовые, цементно-известковые, известково-гипсовые гипсоцементопуццолановые и др. Кроме растворов, декоративную отделку подготовленных поверхностей осуществляют с использованием полимерцементных, цементно-перхлорвиниловых, цементно-коллоидных и других составов. Декоративные строительные растворы подразделяются также для отделки внутренней и внешней отделки зданий. Для внешней отделки применяются растворы на основе белых и цветных разновидностей портландцемента, а для отделки

внутренних стен зданий используют в основном растворы на основе извести и гипса.

Для улучшения определенных свойств декоративных растворов в их состав вводят в ограниченных количествах слюды, вермикулит, перлит, дробленое стекло и другие.

Для придания соответствующего, а также требуемого цвета декоративного раствора, для обеспечения стойкости солнечной радиации, стойкости щелочным агрессивным средам, в состав раствора вводят естественные и искусственные пигменты. К ним относятся лазурь, ультрамарин, охра, железный сурик, мумий и другие.

Декоративная отделка фасадов и интерьеров может выполняться путем обработки подготовленных поверхностей, клеящими составами, с последующим нанесением декоративной крошки из природных каменных и искусственных материалов. В качестве связующего применяют коллоидный цементный клей, гипсополимерцемент, цементоперхлорвинил и другие материалы, обладающие высокой прочностью и сцеплением с каменными материалами.

В последние годы в Узбекистане и за рубежом расширился спрос, и соответственно возросло предложение разнообразных сухих строительных смесей. Главное их назначение отделочные, а также монтажные работы внутри здания и снаружи при кладке стен, отделке фасадов, устройстве наливных полов и др.

Сухая строительная смесь представляет собой тщательно приготовленную в заводских условиях смесь, состоящую из минерального и (или) полимерного вяжущего, заполнителя, наполнителя полимерных модифицирующих добавок. Для придания специальных свойств в их состав могут входить добавки; ускорители твердения, парообразователи, противоморозные, окрашивающие, гидрофобизирующие и др[9].

На место производства работ сухие смеси доставляются герметично упакованными в бумажные мешки или в полипропиленовых биг-бэгах. Доведение сухих смесей до готовности к применению производится затворением их водой в соответствии с рекомендациями производителя.

Мировой и отечественный опыт применения сухих строительных смесей показал их высокую эффективность и преимущество по сравнению с традиционными методами производства работ.

Применение сухих строительных смесей обеспечивает:

- повышение производительности труда в 1,5-3 раза в зависимости от вида работ, механизации, транспортирования и т.п.
- снижение материалоёмкости в 3-4 раза за счет возможности нанесения более тонкими слоями;
- стабильность составов и, как следствие, повышение качества строительных работ;
- длительность срока хранения без изменения свойств и расходование по мере необходимости;
- возможность транспортирования и хранения при отрицательной температуре.

Применение сухих строительных смесей существенно изменило облик строительных работ во всем мире.

Популярности сухих строительных смесей способствует то, что по ряду технологических признаков они намного превосходят традиционные растворные смеси. Прежде всего, необходимо отметить их высокую водоудерживающую способность и нерасслаиваемость.

По результатам научно-исследовательских работ установлено, что если традиционные растворные смеси имеют водоудерживающую способность 90-93%, а показатель расслаиваемости до 10%, то смеси из сухих составов имеют эти показатели соответственно 98-99% и 1-2%. Благодаря этому сухие растворные смеси практически не отдают воду в течение всего периода их выработки и не отдают воду основанию, на которые они нанесены, что создает благоприятный влажностный режим для твердения вяжущего.

Недифицированные сухие смеси клеящего назначения имеют наибольший интерес. Эти смеси представляют собой смесь минеральных вяжущих, наполнителей строго фиксированной дисперсности, дисперсионных полимерных порошков и различных модифицирующих добавок.

Характерно то, что именно в комбинации с цементом порошкообразные полимеры реализуют свои уникальные качества, придавая в конечном итоге, раствору принципиально новые и важные свойства, вообще не достижимые в использовании обоих вяжущих в отдельности.

Модификация цементных смесей дисперсными порошками обеспечивает значительное удержание воды, способствует лучшей гидратации цемента.

Для повышения адгезии, водо-и атмосферостойкости отделочных материалов авторы [30,31,32] предлагают вводить в состав

строительного раствора до 3-5% по массе твердых компонентов эмульсии акрилового полимера (в расчете на сухое вещество). Полученный материал характеризуется повышенной растяжимостью. Для высокими показателями адгезии, водо- и атмосферостойкости. Для повышения адгезии цементной композиции для штукатурных растворов строительным растворам на основе цемента (портландцемента, шлакового, зольного, белого или особо быстротвердеющего) предлагается вводить 0,05-1 мас.ч, метилцеллюлозы и 0,1-2 мас.ч. модифицированного поливинилового спирта, имеющего боковую цепь с гидрофобным радикалом и анионной гидрофильной радиацией. В указанную композицию можно вводить также активизирующий, высокомолекулярную эмульсию, латекс, добавку для снижения усадки, ускоритель схватывания, песок, легкий заполнитель и др.

2.1.6. Физико-химическое структурообразование отделочных цементных композиционных растворов с полимерными добавками

Снижение физико-механических показателей бетона объясняется, в основном, протеканием в нем физических деструктивных процессов при гидратации вяжущего, основным из которых является большие величины влагопотери. В результате этого бетон уже в раннем возрасте приобретает дефективную структуру, характеризующуюся пластической усадкой, снижением степени гидратации цемента, повышенным содержанием микротрещин, микро-макропор и т.п. Выполнено много работ, указывающих на возможные нарушения структуры бетона, твердевшего в разных температурно-влажностных условиях. Однако в литературных данных отсутствуют сведения о формировании структуры бетона, твердевшего с гелеполимерами.

Поэтому целью настоящих исследований явилось изучение влияния гелеполимеров на формирование структуры, фазовый состав и характер порообразования, степени гидратации цемента.

В исследованиях был использован комплекс физико-химических методов: дериватографический, петрографический, электронно-микроскопический, рентгено-фазовый анализы, а также метод электронно-парамагнитного резонанса. Для проведения исследований были приготовлены образцы, состав и условия пригото-

ления были идентичны образцам, применявшимся для определения физико-механических свойств бетона. Цементное тесто, применявшееся для исследования цементного камня, имело $V/\Pi=0,4$.

В качестве гелеполимеров были использованы ГП-1, ГП-2, вводимые сухим способом.

Изучение степени гидратации цементного камня рентгенофазовым методом. Для анализа были представлены образцы цементного камня с гелеполимерами (расход 2% от массы цемента) после выдержки в условиях сухого жаркого климата ($t^0=35^0$ C, $y^0=35\%$) в возрасте 28 суток.

Контрольным являлся образец без гелеполимера. Кроме этого, исследовался исходный цемент Ахангаранского завода М-400. В задачи исследований входило:

1. Анализ фазового состава исходного цемента.
2. Анализ фазового состава цементного камня образцов с гелеполимерами и без гелеполимеров.
3. Сравнение степени гидратации образцов с гелеполимерами и без гелеполимеров.

Фазовый состав образцов определяли рентгеновским методом путем сравнения дифракционной картины с рентгенограммами чистых эталонных фаз.

Съемка рентгенограмм образцов производилась на рентгеновском дифрактометре общего назначения ДРОН 1,5. На дифрактометре установлена рентгеновская трубка с медным анодом.

В Ахангаранском цементе установлено присутствие следующих фаз: C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF , $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Имеется примесь SiO_2 - кварца и минеральных добавок. В образцах цементного камня фазовый состав практически один и тот же: $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$ - кальцит, этtringит, C_4AH_{13} , C_2H_2 , и остатки клинкерных материалов. В образцах с гелеполимерами отличается присутствие $3CaO \cdot Al_2O_3$; $CaCO_3$ и H_2O и C_3AH_6 .

Таким образом, существенного влияния на фазовый состав цемента гелеполимер не оказывают - в части появления каких-либо особых необычных фаз. Это влияние гелеполимеров проявляется в преобразовании той или иной фазе, а также степени гидратации в образцах (табл.2.19).

Степень гидратации образцов определялась методом сравнения интенсивности (Y_0) дифракционной линии 1,76 алита в исходном

цементе (0%) и в анализируемом цементном камне (X%). Формула расчета:

$$C. Г. = (1 - \text{образца/цементного камня}) \times 100 \%$$

Таблица 2.19
Определение степени гидратации бетона и цементного камня с гелиполимерами

№ ГПП	Вид бетона	По петрографическим данным, в %	По рентгеновским данным, в % (ориентировочно)
1.	Контрольный Бетон с до-бавкой:		
2.	ГП-1	45-50	40-50
3.	ГП-2	53-57 65-67	45-55 55-65

Результаты исследований по фазовому составу образцов:

1. Образцы с ГП-1; степень гидратации в пределах 45 – 55%. Наблюдаются линии соответствующих гидросиликатам различной активности. Например, наблюдаются линии $d=4,90$; $2,18$ соответствующие $CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O - C_2SH(и)$ тоберморитоподобным гидросиликатам, линии $d=3,34$; $3,03$; $2,62$; $1,92$ соответствующие гиллебрандиту $2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O (C_2SH)$. Также наблюдаются линии $Ca(OH)_2$ накладываются $d=1,92$; $6,62$. Кроме того наблюдается весьма слабая линия соответствующая дегидратированному минералу - $2CaO \cdot SiO_2$.

2. ГП-2. Степень гидратации в пределах 55-65% рентгенограммы этого состава почти идентичны с предыдущими с разницей в том, что линия $d=3,34$ соответствующая C_2SH более интенсивно выражена, а также наблюдается раздвоенные линии $d=2,62$ на дополнительный эффект $d=2,59$.

3. Контрольный образец степень гидратации в пределах 40-50%.

Рентгенограммы гидратированного образца из поргланце-мента во многом схожа с рентгенограммой образцов с ГП-1, но с более ярко выраженным раздвоенным эффектом негидратированного - в C_2S .

Петрографические исследования цементного камня с гелиполимерами. На исследование были представлены образцы с гелиполимерами, приготовленные согласно известной методики. Контрольными являлись образцы без гелиполимеров. Исследования проводили в возрасте 28 суток. Целью работы являлось изучение влияния гелиполимеров при твердении в условиях сухого жаркого климата на структуру и степень гидратации бетона. Изучение структуры производили с помощью различных микроскопов, МПСУ и МБК-15, при небольших увеличениях 100 крат и кончая полиризационными с ионо- и отоскопическим кодом лучей (при больших увеличениях 500-800 крат) в отраженном и проходящем свете. Для чего были приготовлены прозрачные и полированные шлифы. Пористость (суммарную и дифференциальную) определяли в % (от площади образца) под микроскопом с помощью окулярной сетки, исходя из того, что процентное содержание площадей соответствуют процентному соотношению объемов.

Сетка имеет форму квадрата и разбита на определенное количество клеток с известным размером сторон клетки. С помощью специального устройства шпиф передвигается в горизонтальной плоскости, в результате чего в поле зрения, а соответственно и под "сетку" попадают поочередно все участки шлифа, на которых проводится подсчет площадей, занимаемых порами. Данный метод отличается достоверностью результатов и большой точностью. С его помощью можно определить макропоры размером от 0,001 до 1 мм и более. Суммарная пористость в работе приводится в % от площади растворной части шлифа, дифференциальная D — в % от суммарной пористости.

Аналогичным образом определяли степень гидратации. Последняя устанавливалась по соотношению площадей, а соответственно и объемов, приходящихся на клинкерные зерна и гидратированную массу.

Степень гидратации выводилась как среднее арифметическое индивидуальных значений этого показателя, полученных при просмотре всей площади, занимаемой цементным камнем в данном шлифе. Степень гидратации (С.Г.) подсчитывается по формуле:

$$C. Г. = \frac{П. гидр.ч.}{П. гидр. ч. + клинк. ч.} \times 100 \%$$

С.Г. — степень гидратации в % по площади (объему); П. гидр.ч — площадь гидратированной части, в мм²; П. гидр+кл.ч — площадь гидратированной и клинкерной частей, в мм².

Таким образом, степень гидратации, определенная под микроскопом, показывает, какую долю в % от площади (объема) цементного камня занимает гидратированная масса. Площадь цементного камня подсчитывается без учета пор, видимых в световом микроскопе. Абсолютные значения степени гидратации, установленные рентгенофазовым и петрографическим методом, не совпадают, и не должны совпадать.

Результаты определения степени гидратации исследуемых образцов предоставляют собой среднее арифметическое нескольких индивидуальных значений, полученных по каждому просматриваемому участку шлифа. Как следует из таблицы, образцы без геля полимера характеризуются наименьшей степенью гидратации. Это, на наш взгляд, как уже указывалось, связано с интенсивным испарением влаги из образцов, влекущее за собой не только обезвоживание верхних слоев (на глубине 0-10 мм), но и удалением воды с нижних слоев образца, а вместе с тем, неоднородность в развитии процессов гидратации и структурообразования цементного камня.

Структурная характеристика образцов. Различия в структуре образцов с гелиполимерами и контрольными обнаруживается даже при макроскопическом исследовании, проводимым при не больших увеличениях контрольного образца.

Структура бетона рыхлая, пористая, много крупных пор размером более 0,2 мм, которые часто образуют цепочки из 3-4 пор. Наблюдаются довольно крупные поры. Суммарная микропористость 10,6% является максимальной в сравнении с другими образцами. Судя по дифференциальной пористости, большую часть 68% — составляют поры 0,01 до 0,2 мм. характерным также является наибольшее (сравнительно со всеми другими образцами) количество — 8,5% максимально крупных пор размером от 0,5 мм и выше, наблюдается узкий (относительно) перешеек между двумя крупными порами размером 0,5-0,8 мм. Структура цементного камня, уплотненного к краям пор и состоит из блоков гидросиликатов, поргланита и CaCO₃, гидросиликатный гель несколько плотный, кристаллы гидросиликатов в основном расположены хаотично относительно друг друга.

Образцы с гелиполимерами. Как указывалось выше, образцы с гелиполимерами по своей структуре значительно отличаются от структуры контрольного образца. Несмотря на то, что два вида гелиполимера различны по составу и механизму действия, общим для них является способность противостоять удалению воды и сохранять определенную влажность в образце по всей его глубине. Исходя из результатов суммарной и дифференциальной макропористости, видим, что резко уменьшается (почти в 2 раза) суммарная пористость и средний размер пор. При этом преимущественный размер пор для бетонов с гелиполимерами составляет 0,015...0,012, относительно контрольных 2,5 мк. Если в контрольном образце суммарная макропористость составляла 10,6%, то такова в образцах с гелиполимерами около 5,5%. Характерными для этих составов также отсутствие крупных пор более 0,5-0,8 мм. Очевидно, наличие гелиполимеров влияет не только на общее количество и дифференциальную макропористость, но и характер образования, формирования самих пор, а также распределение их в объеме образца. Если вверху части полимерного образца мы видим, в основном, поры вытянутой формы с "рваными" неровными контурами, часто или даже цепочкообразные тонкими перемычкообразными пластинами, то здесь, главным образом, встречаются изолированные, как бы рассеянные на микроканалах, практически не соединенные между собой поры с гладкими краями, достаточно равномерно распределенные в объеме образца.

Наличие гелиполимеров в бетоне положительно влияет и на процесс гидратации, ускоряя его и создавая условия для более равномерного его протекания. В отличие от контрольного образца, колебания степени гидратации в отдельных условиях незначительны (5-10%), а диспергирование клинкерных частей более интенсивно. Если в контрольном образце в среднем степень гидратации составляет 48%, у образцов с гелиполимерами, и особенно в образце с ГП-2 65-67% (табл.).

Наблюдается такое уменьшение (в 7-8 раз) клинкерных зерен: в контрольном образце размер их равен 0,1-0,2 мм, а в образцах с гелиполимерами — 0,03-0,05 мм.

Фрагменты структуры бетона с гелиполимерами. Введение гелиполимера ГП-1 несколько изменяет макроструктуру цементного камня. Видны поры, размер которых значительно меньше, чем у контрольного образца. Структура камня блочная, также присутст-

вуют блоки гидросиликатов, портландгидра, карбоната кальция. Отличительной особенностью является наличие слоевой структуры блоков гидросиликатов. Упаковка составляющих цементный камень плотная.

Введение гелиполимера ГП-2 приводит к аналогичному эффекту, на снимке видно и направленное структурообразование, и гелевая структура гидросиликатов.

Электронно-микроскопические исследования микроструктуры цементного камня с гелиполимерами. Исследования проводили методом прямых реплик Rt/C с поверхности свежего скола образца. На свежий скол образца в вакуумной установке ВУП-4 наносили слой платины и углерода. Путем растворения в кислоте HCl и HF различной концентрации освобождались от образца. После тщательной промывки реплику помещали на опорную сетку и просматривали в электронном микроскопе 7MB-100J при увеличении на фотопластинах 8000 раз.

Контрольный образец. При больших увеличениях, в контрольных образцах структура рыхлая, пронизана трещинами. Поры в воде сообщающихся каналов и капилляров направлены к поверхности бетона. Фронт распространения отрицательного влияния влаги гонимой наблюдается даже при изучении структуры нижнего слоя контрольного образца. Структура нижнего слоя рыхлая, но более плотная, чем у среднего слоя. Довольно четко наблюдаются пути миграции влаги. Гидросиликатная часть представлена аморфизированной структурой тоберморита, менее плотно упакованных друг к другу. Гидросиликат в виде чешуек, мелких округлых зерен, видны микротрещины и микропоры.

Образцы с гелиполимерами. Введение гелиполимеров ГП-1 приводит к уплотнению структуры гидросиликатов. В микропоре наблюдается пленка, покрывающая поверхность пор, по-видимому, влияющая на процесс направленного структурообразования с получением пор удлиненной формы.

Аналогичная картина наблюдается и для образцов с гелиполимерами ГП-2, где введение гелиполимера уплотняет микроструктуру гидросиликатной составляющей цементного камня. С образованием микропор в блоках с удлиненными структурными элементами.

Структура бетона с гелиполимерами значительно плотнее, чем у контрольных образцов. Микропоры равномерно распределены по

высоте образца и имеют сферическую форму. Эти поры, внутри которых находятся частички гелиполимера, служат резервуарами жидкой фазы для микроуровня, о чем свидетельствует более высокая степень гидратации и прирост прочности в более поздних сроках. Границы раздела фаз густо обволакиваются продуктами гидратации — новообразованиями, встречаются клинкерные зерна.

Результаты исследований микроструктуры бетона полностью подтверждаются петрографическими и другими физико-химическими исследованиями.

Дериватографические исследования цементного камня с гелиполимерами. Дериватографические исследования бетонов с гелиполимерами, твердевших в условиях сухого жаркого климата проводили на дериватографе Q-1500. Образцы изготовлялись согласно методике, в возрасте 28 суток.

На дериватограммах обозначился ряд экзотермических и эндотермических пиков. Для контрольного образца наблюдался экзотермический пик, соответствующий выгоранию органической составляющей. Пики 510, 695, 840°C соответствуют дегидратации $Ca(OH)_2$ разложению $CaCO_3$ 650-840°C. Все процессы дегидратации заканчиваются при 840°C. Потери влаги составляют 13%. Для образцов с гелиполимером ГП-1 в отличие от контрольного образца, до сих пор содержит гидросиликатную воду, которая выделялась от 90-200°C.

Процесс обозначился эндотермическим эффектом. (пиком) при 110°C. Здесь также наблюдается экзотермический эффект выгорания органики и эндотермические процессы дегидратации $Ca(OH)_2$ разложения $CaCO_3$.

Эндотермические эффекты подавляющиеся от +600°C до +800°C свидетельствуют о более высокой степени кристаллизации тоберморитовой фазы. Суммарный потерь составил 14 %, 1,2% влаги задерживается в капсулах гидросиликатного геля. Образец ГП-2 имеет такие же пики, что и предыдущий. Процесс суммарной дегидратации закончился при 840°C и составил 15,3%. Сохраняющаяся гидратная вода составляет 1,7%.

Результаты дериватографических исследований образцов бетона с гелиполимерами позволяют утверждать, что гелиполимеры хорошо удерживают влагу в микроструктуре бетона, но и участвуют в самом процессе структурообразования, обеспечивая послед-

ную стадию гидратации высокой степенью кристаллизации гидратных составляющих цемента.

Изучение физико-химических связей гелиполимеров методом электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР) прочно вошел в повседневную практику многих лабораторий. Метод ЭПР открыл широкие возможности проникновения в детали внутреннего строения вещества. Информация об этих деталях в методе ЭПР получается из картин поведения в соответственных условиях идеальных микрондов неспаренных электронов, существующих естественно или созданных искусственно в отдельных частях молекулы или на отдельных стадиях химической реакции. Явление парамагнитного резонанса заключается в избирательном поглощении энергии электромагнитных волн парамагнитными веществами и основано на расщеплении в магнитном поле основного энергетического уровня атомной системы неравным нулю результирующим моментом количества движений, так как с моментом количества движения атомной системы связан магнитный момент, то такие системы будут обладать парамагнетизмом. Если момент количества движения создан электронами, то можно судить об электронном парамагнетизме и соответственно и соответственно о явлении электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР).

Для исследований были отобраны: гелиполимер ГП-2; портландцемент Ахангаранского завода М 400; гидратированный в возрасте 3 суток, портландцемент с добавкой гелиполимера ГП-2, гидратированный в возрасте 3 суток. Первоначальной целью исследований было изучение гелиполимера ГП-2 со сроком изготовления 2 года на стабильность свойств.

Изменение парамагнитных центров портландцемента. Изменение парамагнитных центров портландцемента с гелиполимером ГП-2. Спектры ЭПР были получены с помощью радиоспектрметра ЕК 200 D - SRC фирмы "Bruker" (ФРГ) при комнатной температуре.

Результаты исследований. ГП-2 не проявлено сигналов ЭПР, т.е. не проявляет парамагнитных свойств, что может означать, что добавка ГП-2 сохраняет стабильность и не имеет свободных радикалов.

Образец портландцемента. Спектр ЭПР представляет собой слабый синглет с g-фактором равным 2.01 и шириной 135 Гс.

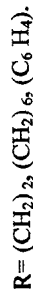
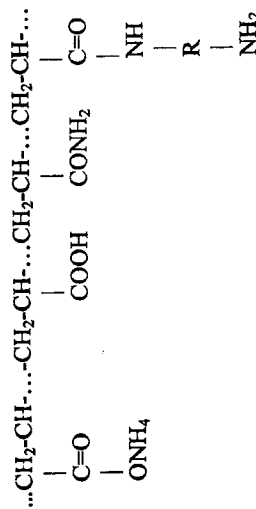
Образец портландцемента с гелиполимером ГП-2. Имеет широкий анизатропный, т.е. зависимый свойствами от воздействия внешнего поля, сигнал ЭПР с g-фактором равным 2,01 и шириной синглета равны 160 Гс, с расхождением между компонентами Н равным 480 Гс.

Сигналы ЭПР в этом образце вероятней всего отражены парамагнитные центры взаимодействия между комплексом металлической природы и составляющих ГП-2 (карбоксильных групп). Яркое выражены в положительную сторону парамагнитные центры, увеличивающие активность продуктов гидратации цемента. Для однозначного определения природы этих взаимодействий необходимы длительные и детальные исследования.

Инфракрасно-спектроскопические исследования структуры цементного камня с добавкой гелиполимера. Для исследования характера связей между компонентами в предложенной композиции использован метод инфракрасной спектроскопии [ИКС].

Для изучения строения гелиполимера были исследованы ИК-спектры, снятые в области 400-4000 см⁻¹. Характеристические поглощения различных функциональных групп приведены в таблице 2.20.

Инфракрасные спектры поглощения гелиполимера дают возможность при использовании литературных данных сделать вывод о строении и выявить изменения, происходящие в цепи макромолекул гелиполимера.



На основе результатов ИК - спектроскопического анализа элементарное звено гелиполимера можно представить в следующем виде:

Как видно из рис., выражаются следующие полосы пропуска-
ния при 1050 см^{-1} (ОН группы метилола), 1150 см^{-1} (сложные
эфирные связи C-O-C), 1300 см^{-1} (группы третичных азотов), 1700 см^{-1}
(карбоксильные группы C=O) и $3300\text{-}3400\text{ см}^{-1}$ (ОН группы),
что подтверждает структуру смолы.

При введении в цементную композицию гелеполимерной до-
бавки в ИК - спектрах возникают следующие полосы поглощения: в
области $3000\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ - валентные колебания (v) ассоциирован-
ных водородными связями ОН, NH - групп, $1620\text{--}1640\text{ см}^{-1}$ - де-
формационные колебания (δ) гидратной воды, 1537 см^{-1} - скелет-
ные колебания бензольного кольца, 1378 см^{-1} - валентные колеба-
ния карбоксилат иона (COO⁻), область $1250\text{--}900\text{ см}^{-1}$ соответст-
вует поглощению асимметричных валентных колебаний SiO₂, мак-
симум 774 см^{-1} - характеризует симметричные валентные колеба-
ния SiO₂.

Таблица 2.20
ИК - спектры поглощения гелеполимера

Частота полос погл. см ⁻¹	Интенсивность полос поглощения и отнесение частот
3000	Симметричные и асимметричные валентные колебания NH ₃
2930-2970	C=O валентные колебания в карбоксильных группах
1720-1735	Валентные колебания N-H
1700-1150	Колебания ароматического ядра высокой интенсивности
3330-3400	Деформационные колебания NH ₂
1600	Симметричные и асимметричные валентные колебания COO ⁻
1580-2000	Деформационные колебания -CH- метиленовых групп
1400-1410	Полосы слабой интенсивности, соответствующие вращательным, крутильным и маятниковым колебаниям групп -CH ₂ -
1460	Неплоские деформационные колебания COOH, деформационные колебания N-H группы
1310-1300	Маятниковые колебания NH ₂
960	Неплоские деформационные колебания ароматического кольца
950-690	
850-800	
750-700	

Введение гелеполимерной добавки в количестве 0,05, 0,09, 0,13 и 0,17% по массе цемента, как показывает ИК - спектры, не оказы-
вает существенного влияния на изменения в структуре компози-
ции. Однако в спектре композиций с содержанием гелеполимерной
добавки 0,05, 0,09 и 0,13% по массе наполнителя наблюдается сме-
щение полос поглощения в низкочастотную область, относящегося
к поглощению ОН - групп, ассоциированных водородными связями
($V=3283\text{ см}^{-1}$) и характеризующегося деформационными колеба-
ниями воды ($V=1628\text{ см}^{-1} \pm 3\text{ см}^{-1}$) по сравнению с композицией с
содержанием 0,17% гелеполимерной добавки ($V_{\text{OH}} = 3306\text{ см}^{-1}$,
 $\delta_{\text{OH}} = 1631\text{ см}^{-1}$). В тоже время наблюдается более высокое значение
частоты асимметричных валентных колебаний SiO₂, входящих в
состав кварцевого песка ($V_{\text{as}} = 1030\text{ см}^{-1} \pm 2\text{ см}^{-1}$) в композициях с
содержанием гелеполимерной добавки 0,05-0,13% по сравнению с
композицией с содержанием гелеполимерной добавки 0,17% по
массе наполнителя ($V_{\text{as}}=1027\text{ см}^{-1}$).

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что при
максимальном абсорбировании свободной воды гелеполимерной
добавкой образуются менее прочные водородные связи с участием
ОН - групп воды и более прочные водородные связи с участием
атомов кислорода двуокиси кремния.

ГЛАВА III. Разработка и опытно-промышленное внедрение отделочных композитных строительных растворов с суперпластификатором Дж-1 и гелеполимером ГП-1

3.1. Обоснование выбора полимерных добавок для отделочных композитных строительных растворов

При производстве отделочных композитных строительных растворов в качестве вяжущих используют портландцемент и разновидности портландцемента (пущолановые, белые и цветные цементы и др.). Для экономии цемента используют сложные растворы, состоящие из двух и более компонентов. Для производства сложных композитных строительных растворов на цементной основе используют воздушную известь и строительный гипс. Строительный гипс отдельно применяют в качестве строительного раствора, предназначенного для внутренней и внешней отделки зданий.

Для улучшения качества строительных композитных растворов в состав их вводят различные минеральные или полимерные добавки. Композитные растворы должны обладать достаточной прочностью на сжатие и изгиб, сцепление (адгезия) с основанием, водостойкостью и морозостойкостью.

Отделочные композитные растворы подразделяются на цементные, известково-песчаные, известковые, гипсовые, цементно-известковые, цементно-гипсовые, гипсоцементопуццолановые и др. Разработаны отделочные строительные композиты:

1-для наружной отделки известково-цементный раствор с полимерными добавками суперпластификатором Дж-1 и гелеполимером ГП-1.

2-для внутренней отделки гипсо-песчаный раствор с полимерными добавками суперпластификатором Дж-1 и гелеполимером ГП-1.

Определены подвижность растворной смеси, плотность, пористость, водопоглощение, распадаемость, водоудерживающая способность, предел прочности при изгибе и сжатии, удельная-ударная вязкость, адгезионная прочность, коэффициент теплопроводности, динамический модуль упругости (методом ультразвука).

Исследованы следующие составы отделочных композитных растворов:

а) с добавкой гелеполимера ГП-1 от массы вяжущего в%: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 соответственно.

б) с добавкой суперпластификатора Дж-1 от массы вяжущего в%: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 соответственно.

Образцы-призмы размерами 2х2х12 см подвергались испытанию по определению удельной ударной вязкости на приборе маятниковый копер.

Образцы размерами 1/2 кирпича, на поверхности которых нанесены растворные слои толщиной 5-7 мм, подвергались испытаниям по определению адгезионной прочности раствора с кирпичом на портативном приборе DYNABAZ-16 производства Германии.

Образцы балочки размерами 4х4х16 см подвергались испытания на приборе МИ-100 на предмет определения предела прочности на изгиб и на сжатие. Образцы подвергались испытаниям на предмет определения прочности и динамического модуля упругости на приборе ультразвука Steikamp производства Германии.

Образцы размерами 15х15х1,5 см подвергались испытаниям на предмет определения коэффициента теплопроводности (λ) на специальном приборе по определению теплопроводности твердых материалов ИТС-1.

3.2. Исследование основных свойств отделочных композитных растворов с гелеполимером ГП-1 и суперпластификатором Дж-1

3.2.1. Исследование основных свойств композитных растворов с добавкой гелеполимера ГП-1

Результаты исследований основных свойств композитных растворов с гелеполимером ГП-1 приведены в табл. 3.1 и 3.2 и на рис. 3.1 и 3.2 соответственно.

Таблица 3.1
Основные свойства гипсо-песчаного (соотношение 1:1) композитного раствора с гелеполимером ГП-1

№ п/п	Кол-во, ГП-1, %	ОК, см	Сред. плотность, кг/см ³	Водопог., %	Скорость ультразвука, м/с	Теплопровод., Вт/(м.°С)
1. Контр.	6,1	1850	11,3	46,8	0,18	
2.	0,2	5,9	1770	9,3	48,2	0,18

Таблица 3.2

Основные свойства цементно-известкового композитного раствора с гелеполимером ГП-1

№	Кол. ГП-1, %	ОК, см	Сред. плотн., кг/см ³	R _{сж} , МПа	Водопог., %	Скорость ультра-звука, м/с	Теплопровод., Вт/(м.°С)
1.	Контр.	6,57	1920	1,01	3,56	12,2	47,3
2.	0,2	7,5	1900	0,96	3,52	15,5	59,9
3.	0,4	8,2	1890	1,21	4,83	13,0	55,6
4.	0,6	7,6	1910	1,18	3,96	8,17	53,5
5.	0,8	7,4	1880	1,04	4,61	7,77	47,7
6.	1,0	7,2	1860	1,10	4,91	8,56	51,2
							0,42

Из рисунков 3.2 и таблиц 3.2 видно, что прочность при сжатии композитных растворов на основе гипса, цементно-известкового вяжущего с гелеполимером ГП-1 увеличивается, при этом оптимальный расход гелеполимера ГП-1 составляет 0,2-0,4% от массы вяжущего. Дальнейшее увеличение расхода гелеполимера до 1% не приводит существенным изменением. Аналогичная картина нарастания прочности наблюдается при изучении прочности при изгибе композитных растворов на основе гипса, цементно-известкового вяжущего с гелеполимером ГП-1 (рис.3.1, табл.3.2).

Анализом результатов исследования основных свойств композитных растворов с гелеполимером ГП-1 выявлено, что гелеполимер ГП-1 резко повышает водоудерживающую способность, снижает свойства расслаиваемости, повышая при этом плотность композитных растворов на основе гипса, цементно-известкового вяжущего (рис.3.1, табл.3.2) изменения свойств с гелеполимером ГП-1 положительно сказываются на повышении физико-механических и эксплуатационных свойств отделочных композитных растворов.

3.2.2. Исследование основных свойств композитных растворов с добавкой суперпластификатора Дж-1

Результаты исследований основных свойств композитных растворов с суперпластификатором Дж-1 приведены в табл. 3.3 и 3.4.

3.	0,4	6,3	1790	7,8	48,4	0,21
4.	0,6	6,2	1760	12,5	50,4	0,20
5.	0,8	6,0	1730	15,2	52,1	0,20
6.	1,0	6,0	1730	12,4	52,1	0,16

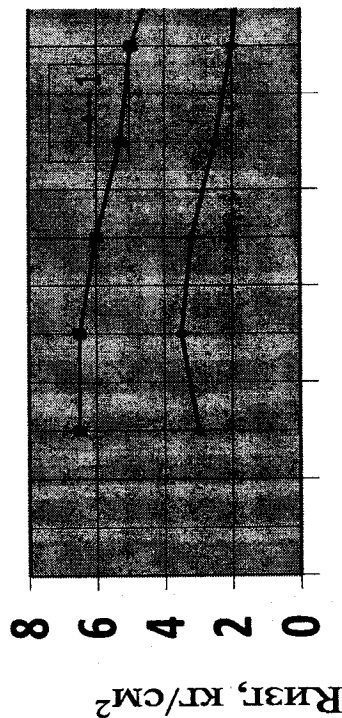


Рис. 3.1. Зависимость прочности при изгибе (R_{изг}) композитного гипсо-песчаного раствора (соотношение 1:1) от количества гелеполимера ГП-1: 1-прочность в возрасте 2 часа; 2- то-же, 28 суток.

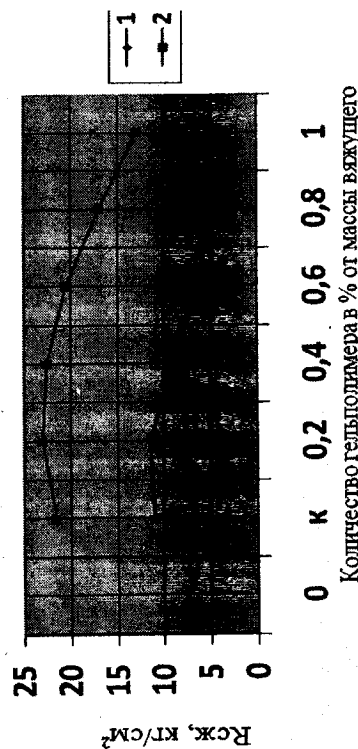


Рис. 3.2. Зависимость прочности при сжатии (R_{сж}) композитного гипсо-песчаного раствора (соотношение 1:1) от количества гелеполимера ГП-1: 1-прочность в возрасте 2 часа; 2- то-же, 28 суток.

Основные свойства гипсового раствора с добавкой суперпластификатора Дж-1

№	Кол-во ОК, Дж-1, %	ρ_0 , г/см ³	$R_{изг.}$, МПа (2 ч)	$R_{сж.}$, МПа (2 ч)	$R_{изг.}$, МПа (28 с)	$R_{сж.}$, МПа (28 с)	$W_{в.}$, %	Скорость v , м/с	λ_v , Вт/(м ² ·°С)
1.	Контр.	6,1	1,85	3,0	10,1	6,5	12,2	11,3	46,8
2.	0,2	7,3	1,89	3,5	10,3	6,7	13,1	10,5	51,9
3.	0,4	8,0	1,88	3,1	11,0	6,0	14,2	10,0	52,6
4.	0,6	7,0	1,91	2,8	10,8	5,6	12,1	9,17	51,5
5.	0,8	7,4	1,87	2,8	9,4	5,5	11,4	8,77	49,7
6.	1,0	7,1	1,89	2,6	8,5	4,8	9,8	9,56	51,2
									0,42

Таблица 3.4

Основные свойства цементно-известкового раствора с добавкой суперпластификатора Дж-1

№	Кол-во Дж-1, %	ОК, см	ρ_0 , г/см ³	$R_{изг.}$, МПа	$R_{сж.}$, МПа	$W_{в.}$, %	Скорость v , м/с	λ_v , Вт/(м ² ·°С)
1.	Контр.	6,0	1670	1,04	3,65	16,5	69,6	0,23
2.	0,2	6,3	1750	0,94	3,52	17,2	77,5	0,39
3.	0,4	6,6	1740	1,22	4,83	17,2	70,2	0,21
4.	0,6	6,2	1750	1,17	3,86	16,7	74,4	0,24
5.	0,8	6,0	1740	1,05	4,61	17,1	69,5	0,23
6.	1,0	6,2	1720	1,10	4,92	15,8	67,9	0,34

Анализ результатов исследования основных свойств композиционных растворов на гипсовом и цементно-известковом вяжущем с суперпластификатором Дж-1 показывают, что введение в состав Дж-1 повышает подвижность, удобоформируемость, плотность и прочность композиций (табл. 3.3, 3.4). Оптимальный расход Дж-1 составляет 0,2 - 0,4% от массы вяжущего. Выявлено, что введение суперпластификатора Дж-1 в оптимальных количествах приводит к уменьшению расхода воды затворения на 20-30 %. Уменьшение расхода воды затворения и обеспечение высокой плотности приводит к увеличению прочности при сжатии и при изгибе на 15-20 %. Результаты испытаний отмечено, что нарастание

прочностных характеристик композитных растворов с суперпластификатором Дж-1 в ранней стадии твердения, что способствует упрощению технологических процессов изготовления и уменьшению трудозатрат и расхода электроэнергии.

3.3. Составы и технология приготовления отделочных композитных строительных растворов с суперпластификатором Дж-1 и гелиполимером ГП-1

Состав и способ приготовления. Составы для приготовления отделочных строительных растворов повышенной удобоукладываемости с суперпластификатором Дж-1 следует применять согласно табл. 3.5 и 3.6.

Таблица 3.5.

Составы отделочных композитных строительных растворов на основе гипсового вяжущего с суперпластификатором Дж-1

№ п/п	Наименование компонентов	Ед.изм.	Составы растворов		
			№1	№2	№3
1	Строительный гипс	%	35,6	35,6	35,6
2	Кварцевый песок	%	36,1	36,0	35,9
3	Вода	%	28,0	28,0	28,0
4	Суперпластификатор Дж-1	%	0,3	0,4	0,5

Таблица 3.6.

Составы отделочных композитных строительных растворов на основе цементно-известкового вяжущего с суперпластификатором Дж-1

№ п/п	Наименование компонентов	Ед.изм.	Составы растворов		
			№1	№2	№3
1.	Портландцемент	%	14,8	14,8	14,8
2.	Строительная известь	%	4,8	4,8	4,8
3.	Кварцевый песок	%	65,2	65,1	65,0
4.	Вода	%	15,0	15,0	15,0
5.	Суперпластификатор Дж-1	%	0,2	0,3	0,4

Составы для приготовления отделочных композитных строительных растворов повышенной водоудерживающей способности с гелполимером ГП-1 следует применять согласно табл. 3.7. и 3.8.

Таблица 3.7.
Составы отделочных композитных строительных растворов на основе гипсового вяжущего с гелполимером ГП-1

№ п/п	Наименование компонентов	Ед.изм.	Составы растворов		
			№1	№2	№3
1	Строительный гипс	%	35,6	35,6	35,6
2	Кварцевый песок	%	36,1	36,0	35,9
3	Вода	%	28,0	28,0	28,0
4	Гелполимер ГП-1	%	0,3	0,4	0,5

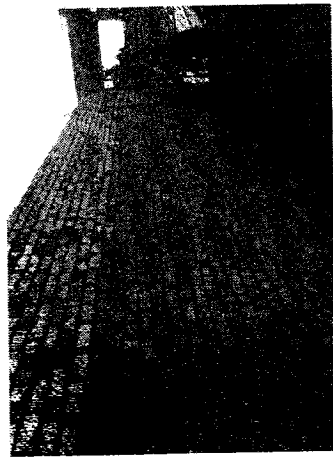
Таблица 3.8.
Составы отделочных композитных строительных растворов на основе цементно-известкового вяжущего с гелполимером ГП-1

№ п/п	Наименование компонентов	Ед.изм.	Составы растворов		
			№1	№2	№3
1.	Портландцемент	%	4,8	14,8	14,8
2.	Строительная известь	%	4,8	4,8	4,8
3.	Кварцевый песок	%	65,2	65,1	65,0
4.	Вода	%	15,0	15,0	15,0
5.	Гелполимер ГП-1	%	0,2	0,3	0,4

Фрагменты опытно-производственного внедрения отделочных композитных растворов с суперпластификатором Дж-1 и гелполимером ГП-1 в ООО «Джизак – бинокор-савдо» в Джизаком вкляте приведены на рис.3.3.

Перед применением все компоненты отделочных композитных строительных растворов проверяются на соответствие требованиям ГОСТ или технических условий.

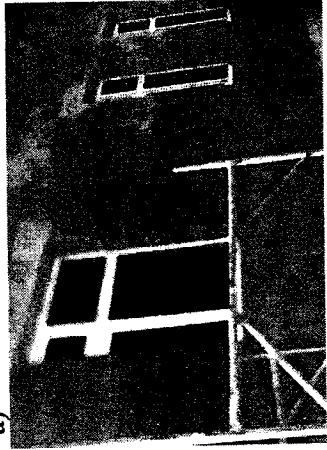
Приготовление композитных строительных растворов и используемые оборудование не представляют особых сложностей, что и при производстве традиционных отделочных строительных растворов. При этом требуется точная дозировка компонентов (+1%, по массе) и строгое соблюдение технологического режима.



а)



б)



в)

Рис. 3.3. Отделка стен композитным раствором с добавкой гелполимера ГП-1 и суперпластификатором Дж-1
а) подготовка поверхностей стен к отделке; б) начало отделки; в) стена после отделки.

Приготовление композитных отделочных строительных растворов осуществляется следующим образом:

—отдозированное количество вяжущего материала, мелкого заполнителя суперпластификатора Дж-1 и воды перемещается в растворомешалке принудительного действия по выбранному режиму.

Консистенция растворной смеси должна быть в пределах норм, установленной по каждой разновидности строительного раствора по стандартному конусу СтрОй ЦНИИ.

Готовую растворную смесь подают к потребителям.

ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ

Процесс оштукатуривания состоит из ряда последовательно выполняемых операций:

- подготовка поверхностей к оштукатуриванию;
- провешивание и установка маяков;
- нанесение штукатурного раствора;
- разравнивание слоев намета;
- вытягивание тяг и разделка углов и откосов;
- нанесение накрывочного слоя и затирка поверхностей.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Рассказовский В.Т., Рашидов Т.Р., Абдирашидов К.С. Последствие Ташкентского землетрясения (отв. ред. акад. АН РУз М.Т.Уразбаев). -Т.: «Фан», 1967.- 144с.
2. Ташкентское землетрясение 1966 года. -Т.: «Фан», 1971, 672с
3. Х.С.Сагдиев, З.Р.Тешабоев, В.Г.Фасихов. Анализ воздействия Ташкентского землетрясения от 22 августа 2008 года.// Современные проблемы механики.- Ташкент ИМСС им. М.Т.Уразбаева АН РУз, 2009.- С.466-472.
4. Гаскин В.В., Снитко А.Н., Соболев В.И. Динамика и сейсмостойкость зданий и сооружений. Монография в трех томах.- Иркутск: Изд-во Иркут.ун-та. 1992.
5. Медведев С.В. Инженерная сейсмолог-М.: Гостройиздат, 1962.-284 с.
6. Медведев С.В., Карапетян Б.К., Быховский В.А. Сейсмические воздействия на здания и сооружения.- М.: Стройиздат, 1968.- 191 с.
7. Samig'ov N.A., Samig'ova M.S. "Qurilish materiallari va buyumlari". -T.: "Mehnat", 2004.
8. В.Н.Вернигорова и др. современные химические методы исследования строительных материалов. АСВ. 2003.
9. Рыбьев И.А. «Строительное материаловедение». -М.: «Высшая школа», 2002.
10. Микульский В.Г. и др. «Строительные материалы». -М., 1996.
11. Полутрудов А.В. Глухих Г.И. Тонкодисперсное сырьё основа современных строительных материалов. // Строительные материалы, 2003. №2. -С.12.
12. Samig'ov N.A. Bino va inshootlarni ta'mirlash materialshunosligi. O'zbekiston faylasufi milliy jamiyati nashriyoti. -T., 2011. 398 bet.
13. Кривенко П.В. и др. Строительное материаловедение. -Киев: «Основа», 2007. 698 с.
14. Вододерживающие добавки для составов на основе гипса, цемента и известнякового заполнителя // Силикатные материалы: РЖ/ВИНИТИ, 1985.-№20. -с. 47.

15. Пат. 4465519 США. МКИ С04 В 7/351. Dry mortar mix with adhesive. Hardin G.E. заявлено 24.06.83. - № 507672. опублик. 14.08.84 / изобретения стран мира. Сухая растворная смесь на основе связующего.
16. <http://www.oas.org/PGDM/document/mhbd/mhbd-desc.htm>
17. Ross H., Stahl F., Praxis - Handbuch Putz., Stoffe, Verarbeitung, Schadensvermeidung., 3. Auflage., Rudolf Muller Verlag, Koln., 2003- 255 с.
18. <http://www.dissercat.com/content/dinamicsheski-RASCHET-MNOGOETAZHNYKH-ZDANII-PRI-ZEMLETRYASENI>.
19. Samig'ov N.A., Samig'ova M.S. "Qurilish materiallari va buyumlari". -Т.: "Mehnat", 2004.
20. Значко-Яворский И. Л. Очерки истории вяжущих веществ от древнейших времён до середины XIX века. Изд. АН СССР. М.-Л., 1963.- 496 с.
21. Айзенберг Я.М. Сильные землетрясения 2001г. в мире // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. — 2002. - 232с.
22. Айзенберг Я.М. Сейсмостойкость зданий и сооружений. -М.: 2004, 170с
23. Schneider R., R., Dickey W. L., Reinforced Masonry Design., New Jersey, 1987,- 682 p.
24. Зозуля П., В., Оптимизация гранулометрического состава и свойств заполнителей и наполнителей для сухих строительных смесей. Сборник тезисов. 3-я Международная конференция "Сухие строительные смеси для XXI века: Технологии и бизнес", 2003, 12-13 стр.
25. Зияудинов Ф.Ф., Джураев А., Джураев Н.М., Усманова М.Т., Нурматов У.А., Артиков Т.У., Хамидов Л.А., Захидов Т.К., Юсупджанова У.А., Джураев Одил, Джураев Олим. Канское землетрясение 20 июля 2011 года // Проблемы сейсмологии в Узбекистане - Ташкент: ИС АН РУз.- 2012. - №9. - С.3-8.
26. Усманова М.Т., Ибрагимов Р.Н., Джураев А.Д., Садыков Ф.С., Шерматов М.Ш., Азизов Г.Ю., Джураев Олим, Джураев Одил. К изучению последствий Ташкентского землетрясения 22 августа 2008г. // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. - Т., ИС АН РУз.- 2008. - №6. - С.3-8.

27. Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности. В кн. «Сейсмическое районирование СССР. М.: «Наука», 1968. С.151-162.
28. Махкамов С.М., Хамидов Л.А. Микротрещины в теле материалов при сейсмических нагрузках. // Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли. - Респуб. науч.-техн. конф. с междуучастием. - Навои, 14-15 июня.- 2012.- Навои: НГМК.- 2012. С. 455-456.
29. Хамидов Л.А., Махкамов С.М., Самигов Н.А., Туропов М.Т. Юкори частотадаги зилзилаларда иншоотлардаги анъанавий ёки композитлардан тайёрланган пардоз материаллари микро-сейсмик ҳолати.// Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойҳаларни ишлаб чиқаришга тадбиқ этиш муаммолари – Республика илмий-амалий анжумани.-11-12 март, Жиззах.- 2012.- Б.124-128.
30. Махкамов С.М., Самигов Н.А., Хамидов Л.А., Турапов М.Т., Зокиров Ж.С., Ахунжанова С. Пардозбоб сувоқ материаллари деформацияга чидамлилигини ўрганиш (Фаргона вилояти туманлари мисолида).// Архитектура. Қурилиш. Дизайн.-№3.- 2012,Т., -Б.26-32.
31. Samigov N.A., Dzhalilov A.T., Siddikov I.I., Samigov U.N., Mazhidov S.R., Zhuraeva F.D., Nurmetov T.S. "Gelpolimer in concrete". Ibausul 18. Internationale Baustofftagung. 12-15 september 2012 F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde. Bauhaus-Universität, Weimar, Bundesrepublik Deutschland. Tagungsbericht – Band 2. 7-бет.
32. Алимухамедов И.М. Современная геодинамическая активность центральной части южного Узбекистана.// Современная техника и технологии в научных исследованиях. – 5- Межд. Молод. Конф., 24-25 апреля 2013г. Научная станция РАН в г. Бишкеке. – Бишкек: НСРАН.-2013.С.127-129.
33. Хамидов Х.Л. Трещинообразование в строительных материалах при интенсивных высокочастотных и низкочастотных сейсмических колебаниях.// Современная техника и технологии в научных исследованиях. – 5 – Межд. Молод. Конф., 24-25 апреля 2013г. Научная станция РАН в г. Бишкеке. – Бишкек: НСРАН. - 2013.С.197-200.
34. Ибрагимов А.Х., Хамидов Х.Л. Инженерно-сейсмометрические наблюдения в плотине Чарвакского водохранилища. //Современная техника и технологии в научных исследованиях. -5-

Межд. молод. Конф., 24-25 апреля 2013 г. Научная станция РАН в г. Бишкеке. – Бишкек: НСРАН.-2013. С.206-208.

35. Hamidov H.L. Modern seismic deformation in micro block's of west Tian-Shan's//Fundamental and applied geological science through the eyes of young scientists: achievements, prospects, problems and ways of their solutions.-5th International Scientific Conference of Young Scientists and Students. -7-8 October 2013, Baku, Azerbaijan. – Azerbaijan, Baku: IG NANA. -2013.-P. 138.

36. Ю.В. Суворова и др. Методика обработки кривых деформирования и ползучести органо-волокон. Машиноведение. №6. 1978.

37. Роботов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. -М.: «Наука», 1966г.

38. Роботов Ю.Н. и др. Нелинейное ползучесть стекло-волокон. Механика полимеров. 1971. №3.

39. Фахриддинов Ж.Ф., Хамидов Л.А., Махкамов С.М. Некоторые макросейсмические параметры Ташкентского (2008г) и Канского землетрясения.// Инженерное изыскание в строительстве. IX научно-практическая конференция молодых специалистов. 2013г. 26 апреля. –М., ОФО ПНИИС. 2013.

40. Махкамов С.М., Самигов Н.А., Хамидов Л.А., Турапов М.Т., Закиров Ж.С., Ахунджанова С.Р., Мажидов С.Р. Изучение выдержки деформациям строительных растворов отделочного покрытия колебательным движениям от землетрясений. Современные проблемы строительных материалов, конструкций, механики грунтов и сложных реологических систем. Материалы VI- Межд. Научно-техн. конф. 19-20 апрель 2013 г. Самарканд. САМГАСИ. – 2013. Т.1.-С267-269.

41. Хамидов Л.А. Махкамов С.М., Фахриддинов Ж.Ф. Характер разрушения строительных материалов при Ташкентском (2008г) и Канском землетрясениях. Современные проблемы строительных материалов, конструкций, механики грунтов и сложных реологических систем. Материалы VI- Межд. Научно-техн. конф. 19-20 апрель 2013 г. Самарканд. САМГАСИ. – 2013. Т.1.-С239-242.

42. Хамидов Л.А. Махкамов С.М., Одилов К.А., Кадилов А. Биноларда ишлатилган курилиш материалларининг кучли зилзила вақтида мўртлашиб синиши ва унинг ўзига хос хусусиятлари. Про-

блемы сейсмологии в Узбекистане –Т., ИЗ АН РУз, 2013. -№10.-Б.94-99.

43. Хамидов Л.А. Махкамов С.М., Фахриддинов Ж.Ф. Разрушение строительных материалов при Ташкентском (2008г) и Канском землетрясениях.// Современные задачи геофизики инженерной сейсмологии и сейсмостойкости строительства. -Межд. Научно-техн. конф. молодых ученых -12-16 май 2013г. Гумри, Армения. Гумри: ИГИС НАН РА. 2013.-С. 147-154.

44. Самигов Н.А., Махкамов С.М., Хамидов Л.А., Турапов М.Т., Закиров Ж.С., Ахунджанова С.Р., Мажидов С.Р. Маржонбулок зилзиласи таъсирида бино ва иншоотларнинг композицион пардозбop ва сувоқ материалларини физик-механик хоссаларини холатини ўрганиш. Материалы -Межд. Научно-техн. конференции Энерго и ресурсосберегающие, безвредные композиционные материалы . 19-21 сентябрь. ГУП Фан ва тараккиёт 2013г. 277-278.

45. Самигов Н.А., Махкамов С.М., Жалилов А.Т., Турапов М.Т., Миркомиллов Э.М., Закиров Ж.С., Мажидов С.Р. Цементные строительные композиции с гелеполимерной добавкой. ТКТИ. -Т., 2013г.

46. Махкамов С.М., Самигов Н.А., Хамидов Л.А., Турапов М.Т., Закиров Ж.С., Мажидов С.Р., Ахунджанова С.Р. Исследование влияния колебательных напряжений от землетрясения вызывающих деформацию отделочных строительных растворов. Азербайджан - 2013.

47. Махкамов С.М., Самигов Н.А., Хамидов Л.А., Турапов М.Т., Закиров Ж.С., Ахунджанова С.Р., Мажидов С.Р. Оценка деформации и жесткости композитных растворов для отделочных покрытий. Ташкент. Жур. Архитектура. Строительство. Дизайн. 2013. №4.

48. http://student-madi.ru/DLRs/BAZA/Dinamika_Ponyatiya/013_mht/013.htm

49. Будівництво в сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2006. – [Чинний від 2007-01-02]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 84 с.

50. Строительство в сейсмических районах: СНиП II-7-81* / Госстрой России– М.: ГУП ЦПП, 2002.

51. Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах. Свод правил по проектированию и строительству: СП 31-114-2004. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 42 с.

52. Проектирование и строительство гражданских зданий из блоков и камней пильных известняков крымских месторождений в сейсмических районах: ДБН В.1.1-1-94 / Госкомградостроительство Украины. - Киев: Укрархстройинформ, 1995. - 43 с.

53. UBC - 1997. UNIFORM BUILDING CODE TM. Volume 2. Structural Engineering Design Provisions, 1997: International Conference of Building Officials. - U.S.A., 1997.

54. Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings: EN 1998-1: 2004 Eurocode 8. / cen/European Committee for Standardization. - Brussels.

55. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях / Немчинов Ю.И. - Киев, 2008. - 480 с.

56. FEMA 356. Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. American Society of Civil Engineers (ASCE), Washington, D.C. - November, 2000.

57. ATC-40. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. - Volume 1 and 2, Applied Technology Council. Report No. SSC 96-01, Seismic Safety Commission, Redwood City, CA. - November, 1996.

58. FEMA 273. Federal Emergency Management Agency. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, D.C. - October, 1997.

59. FEMA-274. Federal Emergency Management Agency. NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, D.C. - October, 1997.

60. Загальні принципи і забезпечення діяльності конструкторів і будівельників будівельних конструкційта основ: ДБНВ.1.2-14-2009. - Київ: Міністерство будівництва України, 2009. - 37 с.

61. Ghosh S.K. State-of-the-Art in Precast Construction in USA/ S.K.Ghosh //

62. http://www.safecastproject.eu/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=101&itemid=53, www.skghoshassociates.com.

63. Fereniki Vatavali. Earthquakes in Europe National, international and European policy for the prevention and mitigation of seismic disaster / Fereniki Vatavali // European Commission. Directorate General Environment. Unit D3: Civil Protection Earthquakes. - July, 2003. - 30 p.

64. Guidelines for Earthquake Resistant Non-Engineered Construction. Revised Edition of "Basic Concept of Seismic Codes". - Volume I, Part 2, 1980 / International Association for Earthquake Engineering (IAEE) // National Information Centre of Earthquake Engineering (nicee). Indian Institute of Technology Kanpur. - June, 2004. - 116 p.

65. Priestley M.J.N. Performance based seismic design / Priestley M.J.N. // Proceedings of 12 World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 2000. - paper №2831.

66. Priestley M.J.N. Displacement-Based Seismic Design of Structures / Priestley M.J.N., Calvi G.M., Kowalsky M.J. // IUSS PRESS: Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia, Italy, 2007. - 733 p.

67. FARDIS MICHAEL N. Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings Based on EN-Eurocode8 / FARDIS MICHAEL N. - Series Editor Atilla Ansal // Department of Civil Engineering, University of Patras, Greece. GEOTECHNICAL, GEOLOGICAL AND EARTHQUAKE ENGINEERING: Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, Istanbul, Turkey. - Springer. Dordrecht, Heidelberg, London, New York. - 2009. - Volume 8. - 767 p.

68. European Standard. Eurocode-Basis of structural design: EN 1990: 2002(E). - April, 2002. - 87 p.

69. Newmark N. M. Earthquake spectra and design / Newmark N. M., Hall W.J. // Earthquake Engineering Research Center. Institute Berkeley, California, 1982.

70. Farzad Naeim. Performance based seismic engineering. Second edition. / Farzad Naeim, Hussain Bhatia, Roy M. Lobo // Chapter 15 in Book - The Seismic Design Handbook. - October, 2000. - P. 757 - 792.

71. Peter K. Application of the Capacity Spectrum Method to R.C. Buildings with Bearing Walls / Peter K., Badoux M. // Proceedings of 12 World Conference on Earthquake Engineering. - Auckland, New Zealand, 2000: - paper № 0609.

72. Seismic Design of Buildings to Eurocode 8 / Edited by Ahmed Y. Elghazouli. - Spon Press, 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN. Simultaneously published in the USA and Canada by Spon Press. - 270 Madison Ave. - New York, NY 10016. - 335 p.

- Scales". – GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany. – Luxembourg, 1998. – 80 p.
85. Фахридинов Ж.Ф., Хамидов Л.А., Махаматов С.М. Некоторые макросейсмические параметры Ташкентского (2008г) и Канского (2011г) землетрясений. // Инженерные изыскания в строительстве. IX научно-практическая конференция молодых специалистов, 26 апреля 2013 г. Москва. – М., ОАО ПНИИИС. – 2013.-С.111-115.
86. Хамидов Л.А., Шукуров З.Ф., Зиёмов Б.З., Хамидов Х.Л., Ядигаров Э.М. Разрушение строительных растворов отделочного покрытия зданий при колебательных движениях от землетрясения 26 мая 2013 года в районе гобдунских гор. // Современные методы и технологии в решении гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических задач. 8 октября 2013г., Ташкент. – Т., ГИДРОИНГЕО.- 2013.-3 стр.
87. Прогноз сейсмической опасности. – Т.: «Фан», 1994, т1-т2.- 387 с.
88. Гаскин В.В., Снитко А.Н. Сейсмостойкость зданий и сооружений: Учебное пособие. - Иркутск: ИПИ, 1983.- 72 с.
89. Ньюмарк Н., Розенблюет Э. Основы сейсмостойкого строительства / Сокр. пер. с англ.; /Под ред. Я.М. Айзенберга.- М.: Стройиздат, 1980.- 344 с.
90. Баркан Д.Д., Бунэ В.И., Медведев С.В. и др. /Под общ.ред. С.В.Полякова (По материалам IV Международной конференции по сейсмостойкому строительству).- М.: Стройиздат, 1973.- 280 с.
91. Борджес Дж.Ф., Равара А. Проектирование железобетонных конструкций для сейсмических районов/ Пер. с англ.; Под ред. С.В. Полякова.- М.: Стройиздат, 1978.- 135 с.
92. Farzad Naeim. Performance based seismic engineering. Second edition. / Farzad Naeim, Hussain Bhatia, Roy M. Lobo // Chapter 15 in Book – The Seismic
93. Design Handbook. – October, 2000. – P. 757 - 792.
94. Амосов А.А., Синицын С.Б. Основы теории сейсмостойкости сооружений. «Издательство», Строй издат. 2001. 95с.
95. <http://www.disserscat.com/content/dinamicheskii-raschet-pnogoetazhnykh-zdaniy-pri-zemletряsenii>
96. EN 998-1 "Технические условия на строительные растворы для кладочных работ. Часть 1. Штукатурный раствор.- М: Строительные материалы. 2004.-145с.

73. Fajfar P. A nonlinear Analysis Method for Performance Based Seismic Design / Fajfar P. Eeri M.//Earthquake Spectra.-V.16, No.3. – August, 2000.- P. 573-92.
74. Freeman S.A. Prediction of Response of Concrete Buildings to Severe Earthquake Motion / Freeman S.A. // Douglas McHenry International Symposium on Concrete Structures, SP-55, American Concrete Institute. - Detroit, Michigan, 1978. - P. 589-605.
75. Freeman S.A. Review of the Development of the Capacity Spectrum Method / Freeman S.A. // ISET Journal of Earthquake Technology. - Paper No. 438, Vol.41, No. 1. – March, 2004. - P. 1-13.
76. Основы проектирования зданий в сейсмических районах: Пособие для проектировщиков /Корчинский И.Л., Поляков С.В., Быховский В.А. и др.]- М.: Госстройиздат, 1961. – 488 с.
77. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. / Поляков С.В. – М.: Высшая школа, 1983. – 304 с.
78. Themelis Spyridon. Pushover Analysis for Seismic Assessment and Design of Structures: dis... Doctor of Philosophy / Themelis Spyridon // Heriot-Watt University School of the Built Environment. - October, 2008. – 287 p.
79. ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. ОСНОВЫ: учебное пособие. [Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.В. и др.]. - Киев: Факт, 2008.
80. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / Городецкий А.С., Евзеров И.Д. — Киев: Факт, 2005.
81. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD / [Карпиловский В.С.,
82. Криксунов Э.З., Маларенко А.А. и др.]. – М.: СКАД СОФТ, 2007. – 609 с.
83. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Шкала сейсмічної інтенсивності: ДСТУ Б В.1.1-28:2010. - Міністерство України / Україна: ДП НДІБК, ІГФ НАНУ, ТОВ БудНДІЕП, Кримська ЕРОСНПЗ, ОДАБА, ДП «Інститут «КримНДІ-проект», КаПіКБ; Російська Федерація: М.Клячко, О.Стром, Г.Шестоперов. -К.: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 47 с.
84. EMS-98. European Macroseismic Scale 1998 /Editor G. Grünthal - Chairman of the ESC Working Group "Macroseismic

97. Хачиян Эдуард. Прикладная сейсмология / Хачиян Эдуард. – Ереван: Гутунг, НАН РА, 2008. – 491 с.
98. Priestley M.J.N. Displacement-Based Seismic Design of Structures / Priestley M.J.N., Calvi G.M., Kowalsky M.J. // IUSS PRESS: Istituto Universitario di Studi Superiori Pavia, Italy, 2007. – 733 p.
99. Themelis Spyridon. Pushover Analysis for Seismic Assessment and Design of Structures: dis... Doctor of Philosophy / Themelis Spyridon // Heriot-Watt University School of the Built Environment. - October, 2008. – 287 p.
100. Колчунов В.И., К.П. Пятикрестовский, Н.В. Ключева. Пространственные конструкции покрытий Текст. / -М.: ACB, 2008. – 352с.
101. Freeman S.A. Review of the Development of the Capacity Spectrum Method / Freeman S.A. // ISET Journal of Earthquake Technology. - Paper No. 438, Vol.41, No. 1. – March, 2004. - P. 1-13.
102. Themelis Spyridon. Pushover Analysis for Seismic Assessment and Design of Structures: dis... Doctor of Philosophy / Themelis Spyridon // Heriot-Watt University School of the Built Environment. - October, 2008. – 287 p.
103. Джумаев А. Эффект Газлийских землетрясений 1976 г. в зависимости от грунтовых условий. // -Т.: «Фан», 84 с. 1985 г.
104. Абдуллабеков Қ.Н. Зилзиладан сақланиш мумкинми? – Т.: "Ўзбекистон", 1992. 48бет.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава I. Причины крупного разрушения отделочных композитных строительных растворов при землетрясении	
1.1 Научные предпосылки к сейсмоактивности регионов.....	5
1.2 Математико-механическое обоснование причин крупного разрушения отделочных композитных строительных растворов от воздействий транзитных и местных землетрясений.....	25
1.3 Причины крупного разрушения отделочных композитных строительных растворов от транзитных и местных землетрясений.....	40
1.4 Научные предпосылки по хрупкому разрушению отделочных композитных строительных растворов от транзитных и местных землетрясений.....	53
Глава II. Разработка и исследование отделочных композитных строительных растворов, устойчивых к воздействиям транзитных и местных землетрясений	
2.1 Исследование состояния отделочных композитных строительных растворов, испытывавших последствия транзитных и местных землетрясений.....	69
2.1.1 Оценка технического состояния отделочных композитных строительных растворов, испытывавших воздействия Каннского землетрясения в Ферганской долине.....	69
2.1.2 Оценка технического состояния отделочных композитных строительных растворов, испытывавших землетрясения в Кашкадарьинской области.....	72
2.1.3 Оценка технического состояния отделочных композитных строительных растворов, испытывавших воздействия Маржанбулакского землетрясения в Джизакской области.....	73
2.1.4 Обоснование выбора местных сырьевых материалов и методы исследований.....	78
2.1.5 Характеристика отделочных композитных строительных растворов, применяемых в сейсмических регионах.....	81

2.1.6	Физико-химическое структурообразование отделочных цементных композиционных растворов с полимерными добавками.....	90
Глава III. Разработка и опытно-промышленное внедрение отделочных композиционных строительных растворов с суперпластификатором Дж-1 и гелеполимером ГП-1		
3.1	Обоснование выбора полимерных добавок для отделочных композиционных строительных растворов.....	102
3.2	Исследование основных свойств отделочных композиционных растворов с гелеполимером ГП-1 и суперпластификатором Дж-1.....	103
3.2.1.	Исследование основных свойств композиционных растворов с добавкой гелеполимера ГП-1.....	103
3.2.2.	Исследование основных свойств композиционных растворов с добавкой суперпластификатора Дж-1.....	105
3.3.	Составы и технология приготовления отделочных композиционных строительных растворов с суперпластификатором Дж-1 и гелеполимером ГП-1.....	107
Использованная литература.....		111

САМИГОВ Н.А., МАХКАМОВ С.М.,
ХАМИДОВ Л.А., ТУРАПОВ М.Т.

СЕЙСМОУСТОЙЧИВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ

Ташкент – «Fan va technology» – 2014

Редактор: Ш.Кушербаева
Тех. редактор: М.Холмухамедов
Художник: Д.Азизов
Компьютерная
верстка: Ш.Миркасымова

E-mail: iprogramfan@fan.uz Тел: 245-57-63, 245-61-61.
Изд.лиц. АИМ149, 14.08.09. Разрешено в печать 26.12.2014.
Формат 60x84 1/16. Гарнитура «Times New Roman».
Оффсетная печать. Усл. печ.л. 7,0. Изд. печ.л. 7,75.
Тираж 100. Заказ № 237.

2.

3

3

3.

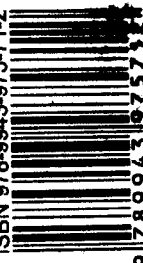
3.

3

Ис

Отпечатано в типографии
«Fan va texnologiyalar Markazining boshqaruvchisi».
100066, г. Ташкент, ул. Алмазар, 171.

ISBN 978-8943-975-71-2



9 789943 975712

TAN VA
EXNOLOGIYALAR