НИЛЭП ОИСИ

Рекомендации

по облицовке гражданских зданий естественным камнем с использованием полимеррастворов



Москва 1988

gost.e-ecolog.ru

Научно-исследовательская лаборатория
экспериментального проектирования
жилых и общественных зданий
(НИЛЭП ОИСИ)
Одесского инженерно-строительного института

Рекомендации

по облицовке гражданских зданий естественным камнем с использованием полимеррастворов

Москва Стройиздат 1988

УДК 729.6:691.175–404.5

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом НИЛЭП ОИСИ.

Рекомендации по облицовке гражданских зданий естественным камнем с использованием полимеррастворов / НИЛЭП ОИСИ. – М.: Стройиздат, 1988. – 96 с.

Приведены общие сведения о природных облицовочных каменных материалах, их характеристики и свойства.

Рассмотрена номенклатура синтетических, органических и минеральных ингредиентов, входящих в полимеррастворную композицию, а также приведены основные свойства этих компонентов.

Изложены принципы оптимизации с помощью математического моделирования рецептуры полимеррастворов по критериям физико-механических, технологических и реологических параметров, а также контроль свойств полимеррастворов и клеевых соединений на их основе.

Дана технология проведения облицовочных работ естественным камнем с применением полимеррастворов и последовательность выполнения сопутствующих процессов, а также основные указания по технике безопасности и производственной санитарии.

Для инженерно-технических работников научно-исследовательских, проектных, производственных и строительных организаций.

Нормативно-производственное издание

НИЛЭП ОИСИ

Рекомендации по облицовке гражданских зданий естественным камнем с использованием полимеррастворов

Редакция инструктивно-нормативной литературы

Зав. редакцией *Л.Г. Бальян*
Редактор *В.В. Петрова*
Мл. редактор *И.Я. Драчевская*
Технический редактор *Р.Я. Лаврентьева*
Корректор *Е.Р. Герасимюк*
Оператор *О.Ю. Волкова*

Н/К

Подписано в печать 08.07.88 Формат 60x84 1/16 Бумага офсетная № 2
Печать офсетная Усл. печ. л. 5,58 Усл. кр.-отт. 5,96 Уч.-изд. л. 7,25
Тираж 7000 экз. Изд. № XII-3070 Зак. № 2881 Цена 35 коп.

Стройиздат. 101442, Москва, Каляевская, 23а

Московская типография № 9 ВПО "Всесоюзная книжная палата" Госкомиздата СССР
109033, Москва, Волочаевская, 40

Р $\frac{3204000000-313}{047(01)-88}$ Инструкт.-нормат., I вып. – 115–88

©Стройиздат, 1988

ПРЕДИСЛОВИЕ

Облицовка фасадов и интерьеров гражданских зданий естественным камнем является одним из важных путей повышения их декоративной выразительности и продления срока службы несущих конструкций.

Естественный камень красив и долговечен, однако, запасы его не безграничны и необходимо его рациональное бережливое использование. Кроме того, облицовка высотных зданий и зданий с поверхностями сложной конфигурации предъявляют повышенные требования к обеспечению надежного соединения "конструкция–облицовка".

Как показывает опыт проведения подобных работ в СССР и за рубежом, традиционные методы и материалы не могут в полной мере гарантировать надежность крепления облицовки к ограждающим конструкциям.

За последние годы палитра советских архитекторов и инженеров-строителей пополнилась новыми материалами, среди которых все большее место занимают продукты органического синтеза – полимерные материалы, позволяющие получать системы с заранее заданными свойствами и достаточно точно прогнозируемым сроком службы. Тенденция расширения применения новых химических материалов сохранится по меньшей мере на ближайшие 20–30 лет.

В Рекомендациях приведены основные группы базовых компонентов, отверждающих агентов, пластификаторов, модификаторов, разбавителей, наполнителей и аппретов, указаны их свойства, проанализированы положительные и отрицательные стороны, даны практические советы.

В Рекомендациях изложены основные принципы составления рецептур полимеррастворов. Пользуясь современными приемами математической статистики и исходя из требований к прочности, деформативности, технологичности, долговечности, нетрудно рассчитывать состав полимерного адгезива. Приведены примеры расчета.

Так как применение композиционных полимеррастворов имеет ряд специфических особенностей, в Рекомендациях приведен раздел технологии приготовления и нанесения растворов, а также даны требования техники безопасности.

Рекомендации разработаны научно-исследовательской лабораторией экспериментального проектирования и лабораторией композиционных полимерных материалов в строительстве ОИСИ (канд. техн. наук В.А. Лисенко – научный руководитель, инженеры В.И. Мосяк, А.И. Буренин, В.А. Буровенко, А.Я. Каташинская).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Рекомендации развивают нормативные документы, касающиеся проведения облицовочных работ с использованием естественного камня. Распространяются также на работы, выполняемые на строительной площадке, и могут быть использованы при облицовке строительных конструкций внутри и снаружи зданий и сооружений естественным камнем (мрамор, гранит, базальт и некоторые другие виды) с использованием полимеррастворов.

1.2. При производстве работ по облицовке строительных конструкций необходимо, кроме данных Рекомендаций, руководствоваться указаниями по производству строительно-монтажных работ, а также нормативными документами, утвержденными или согласованными Госстроем СССР.

1.3. Вид архитектурно-строительного изделия, а также материал, рисунок и способы облицовывания поверхностей устанавливаются проектом на данный вид работ.

1.4. Облицовывание поверхностей внутри помещений следует выполнять после окончания строительно-монтажных, санитарно-технических, электротехни-

ческих и других работ, при выполнении которых возможно повреждение облицовки.

1.5. Архитектурно-строительные изделия из природного камня применяются при оформлении наличников, цоколей и откосов, а также при устройстве поясков. Они устанавливаются как в процессе кладки; так и на ранее возведенных стенах.

1.6. Облицовочные работы внутри помещений допускается выполнять при: температуре воздуха внутри помещения не ниже 10°С; вентиляции, обеспечивающей относительную влажность воздуха не более 70 %; освещенности поверхности не менее 100 лк; влажности поверхности не более 8% при облицовке.

1.7. Сушку облицовываемой поверхности следует осуществлять естественным путем. Для просушки отдельных мест допускается использование временных систем отопления колориферного типа; источников инфракрасного излучения и временной вентиляции.

1.8. При приемке поставляемых облицовочных материалов необходимо проверять техническую документацию с учетом того, что в ней должны быть указаны методы испытаний, правила приемки, маркировки, упаковки, транспортировки и хранения таких материалов.

Все эти технические требования должны соответствовать ГОСТ 9480–77.

1.9. Заготовка облицовочных плит из естественного камня включает в себя разборку пачек или ящиков с сортировкой плит по цвету, сорту, рисунку и размерам, маркировку и комплектацию их для облицовывания одного объекта (помещения, плоскости и т. п. в пределах архитектурного членения).

1.10. При проектировании составов полимеррастворов и их применении при облицовочных работах следует учитывать, что полимеррастворные композиции представляют собой сложные наполненные системы, в состав которых входят: полимерное связующее, пластификаторы, модификаторы и растворители, отвердители, наполнители.

Полимерное связующее – основа получаемого конечного продукта представляет собой вещества, относящиеся к классу высокомолекулярных соединений, молекулы которых состоят из множества повторяющихся групп атомов одинакового или различного строения.

Пластификаторы – вещества, вводимые в полимерное связующее для придания ему эластичности, повышения сопротивления ударным нагрузкам и т. п.

Модификаторы способны не только совмещаться, но и химически взаимодействовать с основным вяжущим в полимерной композиции при отверждении, что улучшает физико-химические свойства и химическую стойкость покрытия, увеличивая его долговечность. Некоторые модификаторы обладают пластифицирующими свойствами.

Растворители применяют для получения полимерных композиций оптимальной для данного вида работ консистенции. Они оказывают влияние на физико-механические свойства полимеррастворов: замедляют отверждение, снижают прочность и плотность композиции, увеличивают усадку и ползучесть, уменьшают водо- и теплостойкость.

Отвердители применяют для отверждения полимеррастворной системы, т. е. перевода ее в неплавкое, нерастворимое состояние. Отвердители бывают трех видов: катализаторы, инициаторы и ускорители.

Катализаторы (кислоты, соли, основания) участвуют только в промежуточных этапах отверждения и не входят в состав полимеров. Инициаторы (органические и неорганические перекиси) взаимодействуют с мономером и повышают степень полимеризации готового продукта. Ускорители – (соли металлов) не участвуют в реакции отверждения, существенно усиливают активность инициаторов.

Наполнители вводят в полимеррастворную композицию с целью снижения внутренних напряжений, уменьшения усадки и ползучести, улучшения физико-механических свойств композиции, снижения стоимости. Все наполнители должны быть сухими и не содержать вредных примесей. Качественные и количественные соотношения входящих в полимеррастворинградиентов и их оптимальное соотношение приведены в последующих разделах данных рекомендаций.

1.11. Материалы, применяемые при проведении облицовочных работ и приготовлении полимеррастворов, должны быть проверены по размерам, виду, качеству, комплектации: при поступлении на склад; при несоблюдении условий хранения; при нарушении целостности упаковки или маркировки; по истечении гарантийного срока хранения; перед производством работ.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИРОДНЫХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛАХ

2.1. При облицовке гражданских зданий естественными камнями с использованием высокопрочных полимеррастворов необходимо координировать свойства полимеррастворов с основными свойствами облицовочных каменных материалов.

2.2. Основными породообразующими минералами, используемыми для облицовочных работ, являются полевые шпаты (в основном плагиоклазы и ортоклазы), авгит, роговая обманка, слюда (мусковит и биотит). К внешним признакам минералов относятся: цвет, блеск, спайность, твердость и некоторые другие свойства, характеризующие горные породы.

2.3. Горные породы могут состоять из одного минерала, например мрамора; из кальцита или из нескольких, например гранита; из полевого шпата, кварца и слюды.

В строительстве в качестве облицовочных материалов используются изделия, изготовляемые, в основном, из следующих горных пород:

изверженных: гранитов, сиенитов, диоритов, габбро, лабродоритов, порфиров, андезитов, базальтов, вулканических туфов;

осадочных: песчаников, известняков, доломитов, травертинов, гипсовых камней;

метаморфических: мраморов, мраморизированных известняков, кварцитов, гнейсов.

СВОЙСТВА ЕСТЕСТВЕННОГО ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

2.4. Следует учитывать, что технология обработки природного облицовочного камня и качество получаемой из него готовой продукции зависят от его минералогического состава, структуры, текстуры и других свойств.

Минералогический состав горной породы (камня) связан с условиями ее образования, причем каждая разновидность камня состоит из определенных одного или нескольких минералов. Состав камня устанавливается по внешним признакам породообразующих минералов (цвету, блеску, форме кристаллов, твердости).

Структура – строение камня, обусловленное формой, величиной и количественным соотношением слагающих его минералов. Различаются структуры: полнокристаллические, скрытокристаллические и стекловатые; крупно-, средне- и мелкозернистые; равномерно- и неравномернозернистые (порфировидные). Структура оказывает существенное влияние на свойства камня.

Текстура характеризуется пространственным расположением составных частей камня в его объеме. К текстурным признакам относятся равномерность расположения зерен и наличие пустот. Различаются текстуры: массивные (с равномерным плотным расположением зерен), полосчатые (при чередовании в камне участков различного минерального состава), шлаковые (при видимых глазом пустотах).

2.5. Свойства природного камня, как и других строительных материалов, подразделяются на следующие основные группы: физические, физико-химические, механические, химические, технологические, строительные, эстетические.

Физические свойства – истинная плотность, средняя плотность, пористость, трещиноватость, водопоглощение, коэффициент теплопроводности и др.

Истинная плотность – масса единицы объема камня в абсолютно плотном состоянии, т. е. без пор.

Средняя плотность – масса единицы объема камня в естественном состоянии, т. е. вместе с порами.

Пористость – степень заполнения объема камня порами, выраженная в процентах. Наименьшую пористость имеют кварциты (до 1%) и граниты (3%), наибольшую – известняки-ракушечники и туфы (до 40%). Пористость существенно влияет на такие свойства камня, как средняя плотность, прочность, водопоглощение и морозостойкость.

Водопоглощение – способность камня впитывать и удерживать в порах воду. Обычно это свойство определяют как отношение массы образца камня, насыщенного водой к его массе в абсолютно сухом состоянии, выражаемое в процентах. Как правило, высокое водопоглощение характеризует недостаточную прочность и морозостойкость камня.

Трещиноватость – степень развития в камне трещин. Оценивается обычно показателем удельной плотности трещин, представляющим собой отношение суммарной длины обнаруженных трещин к обследованной площади граней блока. Удельная плотность трещин у гранитов достигает 0,05–0,1 м/м^2; габбро – 0,1–0,5; белых мраморов – 0,2–0,5; цветных мраморов – 1,2–2,2 м/м^2 и более.

2.6. Физико-химические свойства характеризуют влияние физического состояния материала на протекание определенных химических процессов. Эти свойства являются весьма важными, так как использование полимеррастворов при облицовке связано, в известной степени, с применением химических материалов с широкой гаммой свойств.

2.7. Механические свойства определяют способность материала сопротивлять-

ся действию внешних сил. К основным механическим свойствам камня относят: твердость, прочность, истираемость и хрупкость.

Твердость – свойство камня оказывать сопротивление прониканию в него другого, более твердого материала.

Прочность – способность камня сопротивляться разрушению при действии внешних сил, вызывающих в нем внутренние напряжения. Прочность характеризуется пределом прочности (при сжатии, изгибе и растяжении). Камень хорошо сопротивляется сжатию и значительно хуже растяжению. Прочность камня снижается в результате выветривания и увеличивается с уменьшением размеров зерен минералов. Так, предел прочности при сжатии у крупнозернистых гранитов не превышает 150 МПа, а у среднезернистых достигает 250 МПа.

Горные породы в соответствии с ГОСТ 9479–84 по прочности подразделяются на три группы: прочные – с пределом прочности при сжатии в сухом состоянии 80 МПа и выше (кварциты и большинство изверженных пород); средней прочности от 40 до 80 МПа (мраморы и мраморизованные известняки) и низкопрочные от 5 до 40 МПа (доломиты, известняки, травертины, туфы).

Истираемость – уменьшение камня в объеме и массе под воздействием истирающих усилий. При проведении проектных и облицовочных работ следует учитывать, что, согласно ГОСТ 9479–84, показатель истираемости камня не должен превышать, г/см^2:

0,5 – для мест с интенсивностью движения свыше 1000 чел/ч;

1,5 – при интенсивности движения 500–1000 чел/ч;

2,2 – для мест с движением менее 500 чел/ч.

Хрупкость – свойство материала мгновенно разрушаться под действием внешних сил без заметной пластической деформации. Естественный камень относится к хрупким материалам.

2.8. Химические свойства характеризуют способность материала к химическим превращениям или стойкость его к влиянию веществ, с которыми он контактирует. Эти свойства используются при определении долговечности породы путем лабораторных испытаний в агрессивных средах.

2.9. Технологические свойства в своей совокупности характеризуют способность материала поддаваться обработке различными методами. К основным технологическим свойствам камня относят: обрабатываемость, пооперационный выход продукции, абразивность, анизотропность.

Обрабатываемость – свойство камня поддаваться обработке, принимая заданную форму и фактуру в результате воздействия на него камнеобрабатывающего инструмента.

Пооперационный выход – способность камня обеспечивать сохранность изделия (или заготовки) в процессе обработки, оцениваемая количеством продукции, полученной из единицы исходного сырья (м^2 готовой продукции и м^2 заготовок или м^2 и м^3 блоков).

Абразивность камня характеризуется изнашиванием камнеобрабатывающего инструмента в процессе работы. Это свойство зависит от содержания в камне абразивных минералов (кварца, корунда и др.).

Анизотропность – способность камня раскалываться в одних направлениях легче, чем в других. Анизотропность обусловлена неодинаковостью физических свойств горной породы в разных направлениях, что, в свою очередь, вызвано особенностями пространственной ориентации в ней минералов. В наибольшей

Каменные породы	Группа по минеральному составу	Происхождение	Структура	Текстура	Цвет
Гранит, гранодиорит	Силикатные	Изверженные глубинные	Кристаллическая крупно- и мелкозернистая	Плотная, массивная	Полихромные, цветовые тона разнообразные, преобладают красные и серые, имеются розовые, желтоватые, зеленовато-голубые
Габбро, диабаз	”	То же	То же	То же	Хроматические, цветовые тона темные: от серого до черного
Лабродорит	”	”	Кристаллическая крупнозернистая	”	Темные тона, от серого до черного, ирризирующие синие кристаллы
Гнейс	”	”	Кристаллическая, крупно- и мелкозернистая	Плотная, сланцеватая	Полихромные, цветовые тона разнообразные, преобладают серые и розовые
Диорит	”	”	Кристаллическая, крупно- и среднезернистая	Плотная, массивная	Полихромные, цвет преимущественно зеленовато-серый с пятнышками белого и черного цвета
Базальт (кроме пористого), андезит (кроме пористого), порфирит	”	Изверженные вулканические	Кристаллическая, порфировая	Плотная, пластовая, столбчатая (базальт) иногда трещиноватая	Монохроматические, темные тона, преимущественно серые

Таблица 1

Плотность (объемная масса), г/см³ / прочность при сжатии, МПа	Основные особенности: достоинства	Основные особенности: недостатки	Рекомендуемое применение
2,6–2,7 / 80–250	Декоративность, возможность получения любой фактуры поверхности, однородность структуры, долговечность, хорошая сопротивляемость коррозии, распространенность месторождений	Значительные трудозатраты на добычу и обработку, высокая стоимость изделий	Плиты: облицовочные, цокольные, подоконные, для полов; ступени, проступи, карнизы, колонны, базы колонн, профильные изделия для облицовки порталов, наличников, колонн и карнизов, тумбы, парапеты, балясины, декоративные изделия
2,9 – 3,2 / 80–120	Декоративность, возможность получения любой фактуры поверхности, долговечность, хорошая сопротивляемость коррозии	То же	Плиты: цокольные, подоконные; парапеты, карнизы, колонны, ступени, профильные изделия
2,6 – 2,8 / 80–130	Декоративность, возможность получения любой фактуры поверхности, долговечность, хорошая сопротивляемость коррозии	"	Плиты: цокольные, подоконные; парапеты, карнизы, колонны, ступени, профильные изделия
2,5 – 2,6 / 60–100	Декоративность, возможность легко получать из массива материал в виде плит, долговечность, хорошая сопротивляемость коррозии	Значительные трудозатраты на добычу и обработку, ограниченность месторождений	Плиты: цокольные, подоконные; ступени, проступи, карнизы, колонны, профильные изделия
2,6 – 2,7 / 80–250	Весьма долговечен, хорошо сопротивляется истиранию	Недостаточно хорошо полируется, давая жирный блеск, без четкого отражения, ограниченность месторождений	Плиты: цокольные, подоконные, для полов; профильные детали, ступени, проступи, парапеты, карнизы, колонны, базы колонн, тумбы, балясины
2,8 – 3,1 / 100–300	Долговечность	Недостаточно хорошо полируется, давая жирный блеск, без четкого отражения, ограниченность месторождений	Плиты цокольные, ступени, парапеты, тумбы

Каменные породы	Группа по минеральному составу	Происхождение	Структура	Текстура	Цвет
Туф	Силикатные	Изверженные вулканические	Обломочная, частично кристаллическая	Крупнопористая	Монохроматические, разнообразные цвета: розовые. фиолетовые, желто-оранжевые, темно-серые, кирпично-красные, бурые, черные, кремовые, зеленоватые и т. п.
Песчаник	»	Осадочные	Обломочная мелко- и крупнозернистая	Пористая, слоистая	Монохроматические, разнообразные цветовые тона: желтые, красные, бурые, светло-коричневые и т. п.
Кварцит	»	Метаморфические	Кристаллическая, мелкозернистая	Плотная	Монохроматические, разнообразные цветовые тона: красные, розовые, серые, белые, фиолетовые и т. п.
Сланец	»	»	То же	Слоистая	Хроматические, темные цветовые тона, преимущественно серые
Белый и светло-серый мрамор, мраморизованный известняк	Карбонатные	»	»	Плотная	Монохроматические, светлые цветовые тона
Цветной мрамор	»	»	»	Трещиноватая	Полихроматические, разнообразные цветовые тона: розовый, красный, черный, зеленый и т. д.
Известняк	»	»	Скрытокристаллическая	Плотная, кавернозная	Монохроматические, светлые тона: белый, светло-серый

Продолжение табл. 1

Плотность (объемная масса), г/см³ / прочность при сжатии, МПа	Основные особенности		Рекомендуемое применение
	достоинства	недостатки	
1,4 – 1.8 / 8–19	Декоративность, сравнительно невысокие затраты на добычу и обработку, морозостойкость, хорошая сопротивляемость коррозии, долговечность, хорошая звукоизоляция и теплоизоляция, гвоздимость	Подверженность загрязнению в условиях запыленной среды, ограниченность распростране-	Плиты облицовочные, стеновые блоки и камни
2,5 – 2,7 / 50–200	Разнообразные цветовая гамма и текстура, распространенность месторождений	Неоднородность структуры, изменение прочности по слоям, не поддается тонкой фактурной обработке	Плиты: цокольные, для полов; ступени, базы колонн, стеновой камень и блоки
2,5–2,7 / 80–200	Декоративность, разнообразие цветовой гаммы, однородность тона окраски, долговечность, хорошая сопротивляемость коррозии	Значительные трудозатраты на добычу и обработку, малое число месторождений с монолитным залеганием породы без трещин	Плиты: цокольные, для полов (ограниченно), базы колонн, парапеты, ступени (ограниченно), профильные и декоративные изделия
2,4 – 2,7 / –	Упрощенность добычи и обработки, распространенность месторождений в горных районах, невысокая стоимость	Ограниченность применения, малая прочность, хрупкость	Стеновой и кровельный камень (местное применение)
2,7 – 2,8 / 50–180	Декоративность, однородность цветового тона, возможность получения любой фактуры поверхности	Подверженность коррозии	Плиты облицовочные, цокольные, для полов, подоконные; ступени, проступи, карнизы, порталы и другие профильные изделия, парапеты, колонны, декоративные изделия
2,7–2,8 / 50–100	Декоративность, разнообразие окраски и рисунка, возможность получения любой фактуры поверхности	Подверженность коррозии, низкая морозостойкость, ограниченность применения – преимущественно в интерьерах	Плиты облицовочные для интерьера
2,5 – 2,7 / 80–200	Однородность цветового тона, невысокая стоимость, распространенность месторождения	Неоднородность структуры и текстуры, подверженность коррозии	Плиты цокольные для пола: профильные изделия

Каменные породы	Группа по минеральному составу	Происхождение	Структура	Текстура	Цвет
Известняк мягкий	Карбонатные	Осадочные	Обломочная	Мелкопористая, кавернозная, слоистая	Монохроматические, светлые тона: белый, светло-серый
Известняк-ракушечник	"	"	"	Крупнопористая, кавернозная, слоистая	Монохроматические, светлые тона с преобладанием розового
Доломит, доломитизированный известняк	"	"	Скрытокристаллическая	Плотная, пористая, слоистая	Монохроматические, светлые цветовые тона: белый, красноватый, зеленоватый
Травертиновый известняк	"	"	Скрытокристаллическая и мелкозернистая	Крупнопористая, кавернозная	Монохроматические, светлые цветовые тона от белого до светло-коричневого и серого
Гипс, ангидрит	"	"	То же	Плотная, слоистая	Монохроматические, цветовые тона: белый, серый, розовый, голубой
Конгломерат, брекчия	Полиминеральные	"	Обломочная	Иногда слоистая	Полихромные

степени это свойство характерно для гранитов. Анизотропность следует учитывать при ударной обработке камня.

2.10. Строительно-эксплуатационные свойства характеризуют степень пригодности материала для условий эксплуатации. К этой группе свойств относятся: водопоглощение, прочность, истираемость, морозостойкость, долговечность и огнестойкость.

Морозостойкость камня – это способность сохранять основные физико-

Продолжение табл. 1

Плотность (объемная масса), г/см³ / прочность при сжатии, МПа	Основные особенности		Рекомендуемое применение
	достоинства	недостатки	
1,9 – 2,3 / 10–25	Однородность цветового тона и структуры, невысокая стоимость	Подверженность коррозии, низкая морозостойкость	Плиты облицовочные (для поля стены), стеновой камень и блоки
0,9–1,9 / 1–10	Разнообразие цветовых тонов	Подверженность коррозии, низкая морозостойкость	Плиты облицовочные, стеновой камень и блоки
2,3 – 2,8 / 30–200	Декоративность	Низкая морозостойкость, трещиноватость, не позволяющая получать крупные блоки	Плиты облицовочные, стеновой камень
1,7–2,5 / 8 – 75	Декоративность, разнообразие цветовых тонов, живописная текстура, морозостойкость. невысокая стоимость	Подверженность загрязнению	Плиты облицовочные, стеновой камень и блоки
2 – 2,3 / 15–60	Декоративность, чистота цветового тона	Ограниченность применения, высокое водопоглощение	Плиты облицовочные для интерьеров, декоративные изделия
2,2 – 2,6 / 5 – 50	Декоративность	Неоднородность прочности, подверженность коррозии	Плиты облицовочные, для пола

механические свойства в заданных режимах при многократном действии знакопеременных температур в водонасыщенном состоянии.

Для используемого в наружных облицовках камня действующим стандартом установлена следующая минимальная морозостойкость:

гранитов и аналогичных изверженных пород – 50 циклов;

мраморов, известняков, доломитов, травертинов, песчаников, туфов вулканических и пористых базальтов – 25 циклов;

известняков-ракушечников и туфов фельзитовых – 15 циклов.

Морозостойкость в значительной степени обусловлена водопоглощением, пористостью и трещиноватостью камня и в значительной степени предопределяет такое важное строительное свойство камня, как долговечность.

Долговечность камня – определяется сохранением его первоначальных строительных и эстетических свойств в пределах всего срока эксплуатации. По долговечности камень подразделяется на четыре группы: весьма долговечные (кварциты и мелкозернистые граниты) с началом разрушения через 650 лет; долговечные (крупнозернистые граниты, габбро, лабродориты) – через 200 лет; относительно долговечные (белые мраморы, плотные известняки и доломиты) – через 100 лет и недолговечные (цветные мраморы, гипсовые камни, пористые известняки) – через 25 лет.

2.11. Эстетические свойства строительных материалов – это комплекс архитектурно-художественных качеств, характеризующих уровень их художественной выразительности. Наиболее обобщающим эстетическим свойством облицовочного камня является его декоративность, служащая важнейшим критерием при выборе и оценке материала. Определяющими факторами при этом являются цвет, рисунок и фактура. В зависимости от этого показателя облицовочный камень подразделяется на четыре класса: высокодекоративный, декоративный, малодекоративный и недекоративный.

Некоторые характеристики наиболее распространенных каменных пород, применяемых в архитектурно-строительной практике, приведены в табл. 1.

ОБРАБОТКА ПРИРОДНЫХ КАМНЕЙ

2.12. При проведении облицовочных работ возникает необходимость в обработке природного камня.

В зависимости от вида инструмента и выполняемой операции обработки камня следует различать: пилимость, полируемость и шлифуемость. Так, например, шлифуемость камня наиболее полно охарактеризовывается показателем его относительной истираемости, который устанавливается путем сошлифовки каменных образцов; полируемость оценивается двумя основными показателями: величиной предельного блеска и необходимым временем полировки. Каждая разновидность облицовочного камня обладает способностью приобретать при полировке ее поверхности предельный блеск, являющийся для данной разновидности камня постоянной величиной, не зависящей от режимов полировки. Параметры полируемости оцениваются по шкале блескомера НИИКС-М в соответствии с ГОСТ 9479–84. Некоторые сведения о классификации природных камней по пилимости, шлифуемости и полируемости приведены в табл. 2–4.

2.13. При проведении облицовочных работ следует учитывать, что облицовочные плиты и архитектурно-строительные изделия в зависимости от способа изготовления делятся на пиленые и колотые. Типы, основные размеры изделий, предъявляемые к ним технические требования, методы испытаний, правила их приемки, маркировки, упаковки, транспортировки и хранения установлены ГОСТ 23342–78. В соответствии с этим стандартом различаются следующие типы изделий, изготовляемые по рабочим чертежам, утвержденным в установлен-

Таблица 2

Группа пилимости	Вид камня (типичный представитель)	Коэффициент обрабатываемости (пилимости)
I	Гранит: янцевский, токовский, карлахтинский, соколовский, майкульский, черкассарский	7,2
II	Новоданиловский, емельяновский, капустинский, коростышевский, крошненский, тянский	5,1
III	Желевеский, трекратненский, чесовский, старобабановский, актюбинский; гранодиорит: ак-паусский; "орленок"; габбро-диабаз ропрученский; габбро: слипчицкое, головинское; лабродорит головчинский	3,6
IУ	Базальт паракарский, розненский; тешенит куресбский	2,6
У	Мрамор кибик-кордонский, пуштулимский, белогорский, русксальский, чичканский; туф болнисский	1,8
УI	Мрамор: горовский, русксальский, боровшинский, идженаский	1,3
УII	Мрамор: коелгинский, газганский, уфалейский	1
УIII	Травертин: шахтахтинский, вединский; доломит кеармаский	0,7
IX	Известняк: бодрекский, жетыбайский; туф: ортикский, октемберянский	0,45

ном порядке: цокольные пиленые и колотые плиты, накрывочные пиленые и колотые плиты, подоконные пиленые плиты, цельные пиленые плиты и др.

2.14. Важным показателем внешнего вида облицовочных плит и архитектурно-строительных изделий из камня является фактура их лицевой поверхности. Основные виды фактур регламентируются стандартами на указанные изделия и в зависимости от способа получения подразделены на три группы: абразивные, скалывания и фактуры, получаемые ультразвуковой термической обработкой (табл. 5).

2.15. Облицовочные декоративные плиты изготовляются с использованием природного камня и неорганических (цемент) и синтетических (эпоксидные и другие смолы) связующих. Типы, основные размеры декоративных плит, предъявляемые к ним технические требования, методы испытаний и правила их приемки, маркировки, упаковки и хранения установлены ГОСТ 24099–80. Согласно этому стандарту декоративные плиты в зависимости от способа изготовления подразделяются на три типа:

I – прессованные или формованные;

II – пиленые из искусственно отформованных блоков;

III – склеенные из кусков камня правильной или произвольной формы.

Декоративные плиты изготовляются прямоугольной формы с мозаичной, брекчевидной или орнаментной лицевой поверхностью. При индивидуальных заказах форма плит не должна регламентироваться. Фактура лицевой поверхности плит должна определяться в соответствии с ГОСТ 9480–77. Согласно этому стандарту, пиленые плиты в зависимости от ширины разделяются на пять групп: I – при ширине св. 800 до 1200; II – св. 600 до 800; III – св. 300 – 600; IУ – св. 150 до 300 и У (полоска и шашка) св. 20 до 150 мм. Длина плит

Таблица 3

Группа шлифуемости (истираемости)	Коэффициент относительной истираемости	Истираемость, г/см^2	Вид камня (типичный представитель)	
			изверженные породы	осадочные и метаморфические породы
I	Свыше 10	0,17–0,74	Гранит: янцевский, жежелевский, токовский, емельяновский, новоданиловский, капустинский, корнинский, севасайский, курдайский, майкульский, месторождение "Возрождение", каменногорский, шальский и др.; габбро-диабаз ропручейский; лабродорит головинский и др.	Кварцит шокшинский и др.
II	2–10	0,4–1,62	Базальт: паракарский, норский, ровненский и др.; долерит месторождения "Черная сопка" и др.	Мрамор: уфалейский, белогорский, кнорингский и др.; сланец нигозерский и др.
III	1,2–2	0,57–2,55	Базальт марнеульский	Мрамор: газганский, кибик-кордонский, буровщинский, пуштулимский, агверанский и др.; мраморизованный известняк: садахлинский, салиэтский, молитский, гороский, иджевенский
IУ	0,8–1,2	1,22–2,74	–	Мрамор: коелгинский, мраморский, черновский, дашнесанский, маймехский и др.; травертин: шахтахтинский, вединский и др.

Таблица 4

Категория полируемости	Полируемость (предельный блеск)		Вид камня (типичный представитель)	
	в относительных единицах к эталону	% эталона	изверженные породы	осадочные и метаморфические породы
I (отличная)	170–200	86–100	–	Мрамор: коелгинский, уфалейский, мраморский, газганский, кибиккордонский, белогорский, буровецинский, ороктойский, агверанский и др.; мраморизованный известняк: солиэтский, молитский
II (хорошая)	140–170	71–85	Гранит: каменногорский, месторождения "Возрождения", карлехтинский, сибирский, шальский, сюскиянсаарский, януевский, железевский, коростышевский, токовский, трикретненский, емельяновский, богуславский, клесовский, новоданиловский, капустинский, кудашевский, севасайский, майкульский, курдайский и др.; габбро: ропручейское, слипчицкое, головинское, рикотское и др.; лабродорит головинский; телиенит: курсебский, селесавский, охомирский	Мрамор: рускеяльский, пуштулимский и др.; мраморизованный известняк: садахлинский, шрошинский, улья-нарошенский, хорвирепский, иджеванский и др.; травертин: шехтахтинский, вединский; кварцит шокшинский
III (средняя)	70–140	36–70	Гранит: корнинский, изербельский, громадский; долерит: усть-нюринский, месторождения "Черная сопка"; базальт: паракарский, юрский, гарнийский, ровненский	Конгломерат: кноргичский; куйбышевский; сланец нигозерский
IУ (плохая)	Менее 70	Менее 36		

Таблица 5

Наименование фактуры		Характеристика фактуры		Способ получения поверхности	Породы камня
вид	разновидность	характер поверхности	высота рельефа, мм		
Фактуры, получаемые скалыванием					
Скала		Околотая с широкими сколами камня, с крупными неровностями, без следов инструмента	50–200	Скалывающими инструментами	Граниты, диориты, лабродориты, габбро, базальты, известняки, песчаники, кварциты
Бугристая	Крупнобугристая	Равномерно обработанная, бугристая, с чередующимися впадинами и выпуклостями с малозаметными следами инструмента	7–15	То же	Кристаллические известняки, песчаники, туфы, граниты
	Мелкобугристая	То же	3–7	”	Граниты, известняки, туфы
Рифленая	Крупнорифленая	Равномерно бороздчатая, параллельные борозды не прерываются и проходят через всю поверхность изделий	1–3	Пиление	Известняки, песчаники, мраморы
	Мелкорифленая	То же	0,5–0,7	”	Известняки, песчаники
Точечная	Крупноточечная	Равномерно крупношероховатая поверхность	0,8–2	Скалывающими инструментами	Граниты, диориты, габбро, диабазы, базальты
	Мелкоточечная	Равномерно мелкошероховатая поверхность	0,3–0,7	Скалывающие инструменты или пиление	То же
Бороздчатая	–	Равномерно шероховатая с прерывистыми бороздами	0,5–1	То же	”
Гладкая	–	Гладкая поверхность со слабыми следами инструмента в виде коротких штрихов	0,1–0,3	Пиление	Граниты, мраморы, известняки

Фактуры, получаемые обработкой абразивами

Пиленая	–	Неравномерно шероховатая поверхность с глубокими прерывистыми прямолинейными штрихами и единичными неровностями	До 3	Пиление	Известняки, песчаники, туфы, гипсовый камень
Шлифованная	–	Равномерно-шероховатая поверхность	До 0,5	"	Граниты, диориты, базальты, диабазы, андезиты, габбро, мраморы, известняки, песчаники, туфы
Лощеная	–	Гладкая со слабым блеском поверхность без следов инструмента с выявленным рисунком камня	Рельеф незаметен	Шлифование	Граниты, диориты, мраморы, мраморовидные известняки, доломиты
Полированная (зеркальная)	–	Гладкая с зеркальным блеском с четким отражением предметов, полное выявление цвета, рисунка и структуры камня	То же	Лощение	Граниты, диориты, габбро, лабродориты, мраморы, мраморизованные известняки, кварциты

Фактуры, получаемые обработкой ультразвуком и терморезаками

Обработанная ультразвуком	–	Гладкая матовая поверхность с выявленным цветом, рисунком и структурой камня	Рельеф незаметен	Обработка ультразвуком	Твердые силикатные породы
Термообработанная	–	Шероховатая, имеющая следы шелушения и неровный рельеф	До 10	Обработка термогазоструйными инструментами	Силикатные, кварцсодержащие породы

установлена не менее их ширины и не более 1500 мм. Размеры плит по длине, ширине и высоте должны быть кратными 10 мм. Толщина плит I и II групп должна составлять 20, 25 и 30 мм, а остальных групп – от 10 до 30 мм с градацией через 5 мм. Плиты из мраморизованного известняка, туфа, ракушечника и известняка могут быть толщиной 40 мм.

3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЛИМЕРРАСТВОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОБЛИЦОВОЧНЫХ РАБОТАХ

БАЗОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

3.1. Полимеррастворы, применяющиеся при проведении облицовочных работ с использованием естественных каменных материалов, представляют собой многокомпонентные системы, состоящие из базовых компонентов, пластификаторов, модификаторов, растворителей, отвердителей, наполнителей и т. д.

Базовые компоненты, использующиеся в качестве связующих для полимеррастворных композиций, можно разделить на три основные группы: природные, получаемые путем переработки природных продуктов; поликонденсационные, получаемые в результате реакций поликонденсации; полимеризационные, получаемые в результате реакций полимеризации.

К группе природных полимерных материалов относятся продукты переработки растительных масел и жиров, ископаемых смол (канифоль, шеллак, битумы, асфальты), водорастворимые животные клеи, казеин и т. п.

К группе поликонденсационных полимерных материалов относятся полиэфирные, фенолоформальдегидные, мочевино- и меламиноформальдегидные, эпоксидные смолы, полисульфиды, полиамиды и др.

К группе полимеризационных материалов относятся полимеры виниловых соединений (перхлорвиниловые, полиакриловые, поливинилацетатные, сополимеры винилхлорида, стирола), полиуретаны, ненасыщенные полиэфиры, производные полиэтилена, хлоркаучуковые полимеры, кумарон-инденовые смолы, дивинил-ацетиленовые полимеры и др.

Обычно в качестве базового компонента полимеррастворов для облицовочных работ рекомендуется применять полимеры последних двух групп, так как именно они обладают тем комплексом свойств, который необходим при проведении данного вида работ.

3.2. Полиэфирные смолы получают поликонденсацией гликолей и многоатомных спиртов с двухосновными кислотами. В строительстве наиболее широко применяют полиэфирные смолы на основе фталевого ангидрида и глицерина (глифталевые смолы). Полиэфирные смолы хорошо растворяются в спиртах, ацетоне и не растворяются в нефтяных ароматических углеводородах. В чистом виде глифтали применяют в ограниченном количестве из-за повышенной хрупкости и малой водостойкости. К полиэфирным смолам относятся также эфирмалеиновые, а также смолы, полученные поликонденсацией метакриловой кислоты и триэтиленгликоля. Выпускаемые полиэфирные смолы могут быть классифицированы следующим образом: общего назначения ПН-1, ПН-2; повышенной теплоемкости ПН-3, ПН-4, ПНЦ; пониженной горючести ПН-1е; ПН-6, ПН-7; водо- и кислотостойкие ПН-10, ПН-10/409, ЗСП-6.

Ненасыщенные полиэфирные смолы отличаются от других полимеров тем, что они способны отверждаться при комнатной температуре без выделения каких-либо побочных продуктов. Наличие в их составе фталевой кислоты улучшает их механические и электроизоляционные свойства. Некоторые физико-механические свойства отвержденного полиэфира марки ПН-1 приведены в табл. 6.

Таблица 6

Показатель	Численное значение
Плотность при 20°С, кг/м^3	1210–1250
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	70–100
Модуль упругости при изгибе, МПа	2200–2800
Ударная вязкость, кДж/м^2	6–12
Твердость по Бриннелю, МН/м^2	140–180
Теплостойкость по Вика, °С	85–120
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 Гц	4,4–5,2

3.3. Поливинилацетат – продукт полимеризации мономерного винилацетата, получаемый из ацетилена и уксусной кислоты в присутствии катализатора. Это бесцветное прозрачное вещество плотностью 1180–1190 кг/м^3, без запаха. Поливинилацетат стоек к действию света и температурным воздействиям. Поливинилацетат, как полярный полимер, немного набухает в воде, растворим в кетонах, сложных эфирах, ароматических углеводородах. Он хорошо совмещается с пластификаторами, с хлорированным каучуком, но не растворяется в бензине, керосине, масле, скипидаре. В отвержденном состоянии поливинилацетат обладает рядом недостатков: высокой ползучестью, низкой тепло- и морозостойкостью, недостаточной водо- и химической стойкостью.

3.4. Поливинилхлорид – высокомолекулярный хлорсодержащий полимер, являющийся продуктом полимеризации мономерного винилхлорида (хлористого винила). Свойства и назначение поливинилхлорида в значительной мере определяются способом его получения. Полимерные материалы на основе поливинилхлорида находят широкое применение в строительстве. Поливинилхлорид характеризуется значительной полидисперсностью благодаря высокому содержанию хлора не воспламеняется и практически не горит. Он нерастворим в воде, спирте, бензине и других растворителях. При нагревании растворяется в тетрагидрофуране, ацетоне и т. д. Хорошо совмещается с пластификаторами и может быть использован как антикоррозионный компонент в полимерных композициях.

3.5. Поливинилфторид – кристаллический полимер белого цвета, с молекулярной массой выше 100 000. Он растворяется в диметилсульфоксилоте, диметилацетамиде и не растворяется в кетонах и эфирах. Поливинилфторид обладает высокой механической прочностью, износо- и атмосферостойкостью, стойкостью к ультрафиолетовому излучению, действию минеральных кислот. Легко окрашивается в яркие цвета.

3.6. Следует учитывать, что в настоящее время имеются мономерные соединения, к которым относятся, например, цианокрилаты, диметилвинил этинилкарбония, диакрилатгликоли (анаэробные полимерные материалы, отверждаемые без доступа воздуха). Преимуществом при их использовании является форми-

рование пространственных структур и межфазной сетки непосредственно в процессе применения готового полимерраствора. С точки зрения экономичности применение таких материалов приносит видимый успех за счет их повышенной технологичности, низкой вязкости, отсутствия растворителей, возможности целенаправленного регулирования свойств.

Однако такие компоненты обладают существенным недостатком: способностью развивать повышенные внутренние напряжения в зонах контакта готового полимерраствора с подложкой, в связи с чем композиции на основе мономеров обладают невысокой долговечностью, несколько пониженной прочностью и абразивной устойчивостью.

3.7. В качестве базовых компонентов при проектировании полимерных композиций для облицовочных работ рекомендуется использовать полимеры так называемой промежуточной группы – олигомеры, сочетающие достоинства полимерных и мономерных материалов.

К данной группе относятся полиуретаны, непредельные олигоэфиры, фенолоальдегидные и эпоксидные смолы. Физико-механические свойства полимерных композиций, в состав которых вводятся указанные олигомеры, можно регулировать модификацией последних полимерными продуктами, другими олигомерами, наполнителями и другими структурирующими добавками. Такие базовые компоненты обладают гибким строением макромолекул, наличием активных функциональных групп, а композиции на их основе характеризуются улучшенными физико-механическими характеристиками.

3.8. Полиуретановые смолы являются продуктами ступенчатой полимеризации изоцианатов с многоатомными спиртами и диаминами. Эти смолы являются высокоплавкими линейными полимерами кристаллического строения, обладающие хорошей атмосферостойкостью, стойкостью к действию кислот, щелочей, масел, а также обладают высокими адгезионными свойствами. Выпускаемые в настоящее время промышленностью полиуретановые эластомеры на основе олигомерных простых и сложных полиэфирполиолов с молекулярной массой 1000–3000 обладают масло- и бензостойкостью, высокой эластичностью, сочетающейся с большой прочностью (относительное удлинение при разрыве составляет 500–1000%, а разрушающее напряжение при растяжении 19,6 – 49 МПа).

3.9. Фенолоальдегидные смолы – продукты взаимодействия фенолов (фенол, креозол, ксиленол, резорцин) с альдегидами (формальдегид, ацетилальдегид, фурфурол и т. д.). В зависимости от химического строения исходного сырья существует два типа смол: термопластичные (новолачные) и термореактивные (резольные). Преимущественное применение получили фенолоформальдегидные резольные смолы ВИАМ-Б, КБ, Б, ЦНИИМОД, ЦНИИПС, ФРА, СФ, ФРВ, алкилрезорциновые смолы ДФК, ФР, ФРФ. Эти смолы имеют окраску от светло-желтой до красноватой в зависимости от применяемого катализатора. Отверждение резорциноформальдегидных смол производится добавкой 13–15% параформальдегида кетона по массе. Отвердителем является формалин. Жизнеспособность смол с отвердителем составляет 2–3 ч. Модификация фенолоформальдегидных и алкилрезорциновых смол производится с целью их пластификации и разбавления. Фенольные смолы хорошо совмещаются с эпоксидными и другими смолами. Однако фенолоформальдегидные смолы имеют ряд недостатков: низкую водо-

стойкость, низкую стойкость к воздействию химически агрессивных сред, недостаточную морозостойкость.

3.10. Исходным материалом для получения фурановых смол является гетероциклический альдегидфурфурол. Наибольшее распространение получили фурфуролацетоновый мономер ФА и ФАМ (ТУ 6-05-1618-73). Это однородная темно-коричневая жидкость плотностью 1,08–1,12 г/см^3. Мономер ФА и ФАМ хорошо растворяются в ацетоне и других растворителях и способны длительно храниться при отрицательных температурах без заметной потери физико-механических свойств. Применяются также смолы ФАФФ и ФАФП, полученные совмещением фурфуролацетоновой и фенолоформальдегидной смол.

При совмещении с кремнийорганическими соединениями получены термостойкие смолы ФС. При взаимодействии фурфурола с аминами получены смолы ФГ и ФД.

Применяются смолы ФАГИ, ФМГ, МФФ-М (продукты совместной конденсации фурфурола, мочевины и формальдегида). Самым распространенным катализатором твердения фурфуролацетоновых смол является бензосульфокислота (БСК), ГСК и СКО.

Фурановые композиции, получаемые при отверждении, характеризуются высокими показателями плотности, прочности, стойкости. Однако для них характерна хрупкость и недостаточная деформативность.

3.11. Эпоксидные олигомеры (ГОСТ 10587–84) – реактопластичные продукты линейного строения, молекулы которых несут концевые группы со специфической кислородной связью (эпоксигруппы). Обычными представителями эпоксидных олигомеров являются глицидные эфиры дифенолов, получаемые реакцией дифенилпропана с эпихлоргидрином.

В зависимости от молекулярной массы смолы представляют собой вязкие жидкости или твердые тела. Смолы имеют цвет от желтого до бронзового. Они хорошо растворяются в кетонах, сложных эфирах, диоксане, хлорбензоле, диацетоновом спирте. Низкомолекулярные смолы растворяются в спирте и ароматических углеводородах. Растворы и расплавы смол могут храниться в течение длительного времени без изменений.

Эпоксидные смолы хорошо совмещаются с мочевино-, меламино-, фенолоформальдегидными, полиэфирными, фурановыми, кремнийорганическими и другими смолами.

Отвержденные эпоксидные смолы выгодно отличаются от других смол более высокой адгезией и прочностью на сжатие, возможностью в широких пределах регулировать их вязкость, водостойкость, морозостойкость, прочностные характеристики.

В зависимости от содержания эпоксидных групп существуют многочисленные эпоксидные олигомеры: ЭД-22; ЭД-20; ЭД-16; ЭД-14; ЭД-10; ЭД-8.

Значительное развитие получил выпуск модифицированных эпоксидных смол в сочетании с фурановыми соединениями: фурфуролом, фурфуриловым спиртом, фурфуролацетоновыми смолами, совмещение с мономером ФАМ. Смолы такого типа производятся под маркой ФАЭД.

К положительным свойствам эпоксидных олигомеров и полимерных композиций на их основе следует отнести тот факт, что олигомеры являются хорошими связующими для различных композиций, поскольку обладают высокой смачивающей способностью, могут применяться в качестве стабилизаторов при

приготовлении полимерных составов. Эпоксидные олигомеры обладают низкой теплопроводностью и звукопроницаемостью, легко окрашиваются в различные цвета. Некоторые показатели физико-механических свойств отвержденных эпоксидиановых олигомеров приведены в табл. 7.

Таблица 7

Показатели	Единица измерения	Отвердитель	
		аминный	ангидридный
Плотность	кг/м^3	1200–1250	1200–1250
Разрушающее напряжение при:			
растяжении	МПа	43–65	45–75
изгибе	"	80–110	100–150
сжатии	"	150–230	120–150
Относительное удлинение при разрыве	%	1–2	2–3
Ударная вязкость	кДж/м^2	5–81	15–18
Твердость по Бриннелю	МПа	110–120	120–150
Теплостойкость по Мартенсу	^{o}C	50–60	120–130
Диэлектрическая проницаемость	10^6 Гц	3,9–4,2	4–4,3

3.12. Кумароно-инденовые смолы представляют собой смесь продуктов гомополимеризации и сополимеризации кумарона и индена, содержащихся в каменноугольном дегте. Цвет смол изменяется от лимонно-желтого до темно-коричневого. Молекулярная масса смол невелика и колеблется от 1000 до 3000.

Кумароно-инденовые смолы хорошо растворяются в бензоле, толуоле, скипидаре, ацетоне, различных ацетатах и других эфирах, в хлорированных углеводородах, маслах. При комбинировании данных смол с фенолоальдегидными олигомерами или при их модификации различными полимерами можно получать смолы с повышенной водостойкостью, химической стойкостью. Однако низкие прочностные свойства отвержденных кумароно-инденовых смол, их хрупкость не позволяют широко использовать при приготовлении полимеррастворных композиций, используемых для облицовочных работ.

3.13. Кремнийорганические смолы – полимеры, цвет изменяется от бесцветного до темно-коричневого цветов. В зависимости от исходного сырья и способа поликонденсации они бывают жидкими (растворы в органических растворителях и водные эмульсии), высокоэластичными и твердыми. Жидкие и эластичные полимеры имеют линейную структуру, твердые – пространственную.

Кремнийорганические смолы обладают повышенной водостойкостью, более высокой, чем у всех остальных смол, теплостойкостью, морозостойкостью, не обладают коррозионной активностью. Основным достоинством кремнийорганических смол является их повышенная гидрофобность; недостатками – низкие прочностные, деформативные характеристики. Поэтому наиболее широкое распространение кремнийорганические смолы получают как гидрофобизаторы. Это кремнийорганические жидкости ГКЖ-10, ГКЖ-11, ГКЖ-94, ГКЖ-11 – прозрачная бледно-желтая жидкость плотностью 1,285, ГКЖ-10 – мутно-желтая жидкость плотностью 1,225. Полиэтилгидросилоксановая жидкость ГКЖ-94 выпускается в виде 50%-й водной эмульсии. Выпускаются низкомолекулярные кремнийорганические каучуки, например, каучук СКТН и др.

3.14. Существует множество полимерных материалов, которые используются в виде связующих и базовых компонентов в различных полимерных композициях. Однако при анализе их физико-механических свойств видно, что оптимальным, с точки зрения комплекса свойств, необходимых как для базового компонента, так и для всей композиции в целом, обладают эпоксидные олигомеры. Они характеризуются высокой смачивающей способностью, хорошо совмещаются с другими смолами и компонентами, растворяются во многих растворителях, обладают высокими прочностными и оптимальными деформативными характеристиками, повышенной адгезией к подложке, хорошо окрашиваются и т. д. Кроме того, многообразие видов выпускаемых промышленностью эпоксидных смол и условия их отверждения делают их наиболее применимыми при проведении облицовочных работ. Поэтому, с целью получения наиболее эффективных и высокоэкономичных композиций, при проектировании их составов для облицовочных работ рекомендуется использовать эпоксидные олигомеры. Отечественной промышленностью выпускаются следующие эпоксидные смолы:

эпоксидиановые: ЭД-24, ЭД-24Н, ЭД-22, ЭД-20, ЭД-16, Э-40, Э-41, Э-49П, Э-45, Э-30К, Э-85. Эпоксидиановые смолы, такие как ЭД-8, ЭД-10, ЭД-16, ЭД-20 (ГОСТ 10587–84), ЭД-22 (ГОСТ 10587–84), Э-40 и др. обладают низкой вязкостью, улучшенной перерабатываемостью, чистотой, которые обеспечивают при совмещении с другими продуктами улучшенные физико-механические свойства;

азотосодержащие УП-610, ЭА, ЭЦ, ЭЦ-Н, ЭЦ-К, применяются в качестве базовых компонентов для получения компаундов с повышенной прочностью и пропиточных композиций;

галогенсодержащие эпоксидные смолы: УП-631, УП-645 (ТУ 6-05-241-40-82);

эпоксидноволачные смолы: УП-643 и ЭН-6;

тепло- и химически стойкие связующие;

эпоксидные смолы на основе резорцина и его производных: УП-652 (ТУ 6-05-241-120-82), ЭИС-1, АРЭ-1-8 (ТУ 38.40956–83) обладают повышенной адгезией к подложкам, а также повышенной водостойкостью.

Выпускаются также алифатические и циклоалифатические эпоксидные смолы: ДЭГ-1, ТЭГ-1, ЭТФ-10; модифицированные эпоксидные смолы: УП-563, УП-599; блок-олигомеры эпоксидноволачные 16ЭН-60 и 40Н-60 (ТУ 40-2-064-82).

ПЛАСТИФИКАТОРЫ

3.15. Для улучшения физико-механических свойств полимерных композиций в их состав вводят пластифицирующие добавки.

Механизм действия пластификатора состоит в его проникновении в полимерную матрицу, что уменьшает межмолекулярные силы, давая большую свободу для взаимного перемещения молекулам полимера. В результате повышается эластичность, уменьшается вязкость, улучшаются прочностные и деформативные характеристики как самого полимера, так и всей полимерной композиции в целом. В качестве пластификатора используются различные низкомолекулярные органические соединения: углеводороды, их галоидопроизводные, различные эфиры и кетоны, многоатомные спирты, амиды, амины и т. д.

Пластификаторы делятся на две основные группы: растворяющие и нерастворяющие. При этом в химическую реакцию с пластифицируемыми веществами

они не вступают, а от растворителей принципиально отличаются тем, что остаются в составе полимерных композиций.

3.16. Пластификаторы растворяющиеся обладают некоторым сродством к молекулам полимерного связующего. Они более прочно удерживаются в готовой полимерной композиции.

Пластификаторы нерастворяющиеся обладают значительно меньшим сродством к молекулам полимера и могут чрезвычайно медленно выветриваться из состава готовой полимерной композиции.

Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие пластификаторы: невысыхающие растительные масла (например, касторовое), разнообразные эфиры двух- и многоосновных кислот – фталаты, трехфтористый бор, себацинаты, фосфаты; невысыхающие смолы алкидного типа; полиуретановые смолы – амины, металлоорганические соединения (например, 4,4-метилен-бис-2-хлоранилин); хлорированные парафины и дифенилы и др.

С помощью пластификаторов удается существенно повысить адгезию полимеррастворa к подложке, что является весьма важным фактором при проведении облицовочных работ с использованием естественных каменных материалов.

3.17. Рациональное применение пластификаторов при проектировании полимерных композиций для облицовочных работ позволяет ликвидировать одну из основных причин недолговечности полимерных композиций – возникновение внутренних напряжений.

Существенное значение имеет правильный подбор количества пластификаторов, вводимых в состав композиции. Избыток пластификатора приводит к его выпотеванию из состава готового полимеррастворa. В результате на поверхности субстрата и в зонах контакта образуются промежуточные слои, что отражается на снижении прочности самого связующего и прочности пластифицированной композиции. Некоторые свойства наиболее часто употребляемых пластификаторов приведены в табл. 8.

3.18. Целесообразность использования того или иного вида пластификатора определяется основными требованиями: хорошей совместимостью с базовым компонентом; химической стойкостью; термостойкостью; морозостойкостью, не снижающей этого качества у пластифицированного конечного продукта; малой летучестью; стойкостью к действию ультрафиолетовых лучей.

Следует учитывать, что эпоксидные олигомеры, характеризующиеся высокой прочностью и стойкостью к агрессивным воздействиям, обладают излишней хрупкостью. В связи с этим при подборе составов полимеррастворов для облицовочных работ рекомендуется введение пластификатора. Пластификация интенсифицирует релаксационные процессы, происходящие в процессе структурообразования эпоксидных полимерных композиций, способствует уменьшению их вязкости и повышению прочности.

Наиболее распространенным способом пластификации эпоксидных многокомпонентных систем является добавление в их состав насыщенных полиэфиров – диметилфталата, дибутилфталата, трикрезилфосфата и др. в количестве 10–20% к базовому компоненту по массе. Подобные пластификаторы, проникая между макромолекулами, изменяют силы взаимодействия между ними, не образуя химических связей с полимером. При этом прочность на растяжение и деформативность отвержденных композиций при оптимальном количестве

Таблица 8

Пластификатор	Молекулярная масса	Плотность, г/см³	Температура, °С			Растворимость в воде
			кипения	плавления	воспламенения	
Диэтилдипинат	202	1,002	245	14	–	0,06
Глицериномоноацетат	134	1,206	158	–40	188	Нерастворим
Глицеринтриацетат	218	1,161	262	–78	146	6,6
Бутиломат	339	0,865	230	–10	–	Нерастворим
Триэтилфосфат	182	1,068	210	–56	116	Растворим
Трибутилфосфат	266	0,973	289	–80	146	06
Трифенилфосфат	326	1,185	220	49	225	0,002
Трикрезилфосфат	368	1,167	240	–35	230	0,002
Трибутоксиэтилфосфат	298	1,02	230	–50	196	01
Диэтилфталат	222	1,118	295	–0,3	152	0,09
Дибутилфталат	278	1,05	335	–35	168	0,03
Диамилфталат	306	1,022	342	–55	17	0,01
Бутилацетилрицинолеат	397	0,94	235	–65	110	Нерастворим
Дибутилсебацинат	258	1,048	308	1,3	–	0,19
Дибензилсебацинат	314	0,936	344	5,5	178	0,1
Бутилстеарат	340	0,855	220	20	183	0,2
Бутоксиэтилстеарат	384	0,885	233	16	193	Нерастворим
Бензофенон	182	1,111	305	48	–	0,06

пластификатора повышаются. Однако при перерасходе пластификатора, например, введение 30%-й добавки дибутилфталата снижает разрывную прочность эпоксидных олигомеров и полимеров на 15–25%, а прочность на сжатие на 10–20%.

Введение различных эфиров в состав композиции приводит также к снижению температуры стеклования.

Наиболее высокоэффективных результатов можно добиться при внутренней или структурной пластификации эпоксидных композиций. В данном случае пластифицирующие добавки химическим путем связываются с эпоксидными олигомерами. Такими пластификаторами являются полиамиды, полиамины, полиэфиракрилаты, каучуки. Например, при введении силоксановых олигомеров в количестве 10% к эпоксидному олигомеру по массе водопоглощение композиций снижается в несколько раз, а прочность повышается в 1,5 раза. Введение олигоуретанов в 2 раза повышает удельную ударную вязкость эпоксидных композиций.

В качестве пластификаторов-модификаторов для эпоксидных полимерных композиций используются полиэфирмалеинатные смолы ПН-3, МГФ-9, полиэфир ТГМ-3, которые пластифицируют и одновременно понижают вязкость полимеррастворов. Структурная пластификация может быть достигнута также при совмещении эпоксидных олигомеров друг с другом, а также при введении в состав полимерных композиций виниловых эфиров, нафтеновых кислот, скипидара и т. д.

МОДИФИКАТОРЫ

3.19. Важнейшим свойством полимерных связующих, входящих в состав многокомпонентных полимерных композиций является их совместимость с другими синтетическими полимерными веществами, с неорганическими и органическими компонентами и добавками, входящими в состав композиций с целью направленного улучшения свойств последних. Модификация одних полимерных материалов другими приводит к созданию таких полимеррастворных композиций, свойства которых включают в себя характерные особенности обоих компонентов.

Целью модификации полимерных составов для облицовочных работ является создание таких композиций, которые обладали бы повышенной прочностью, оптимальной деформативностью, улучшенной адгезией к подложке, химической и морозостойкостью и т. д. Кроме того, следует учитывать, что модификация полимерной композиции должна приводить и к снижению стоимости конечного продукта.

3.20. Модификацию эпоксидных олигомеров осуществляют фенолоформальдегидными, фурановыми, перхлорвиниловыми, каменноугольными, силиконовыми и другими смолами.

Модификация смол эластомерами проявляется в прививке молекул каучуков эпоксидным звеньям. При этом в полимерной матрице образуются поперечные мостики, связи становятся более гибкими. Композиции на основе эпоксидных олигомеров становятся более эластичными, водостойкими и т. д.

В качестве модификаторов в составе полимерных композиций используют жидкие тиоколы (ГОСТ 12812–80*), низкомолекулярные полисульфидные полимеры, полисульфидный каучук – тиокол, карбосиликатный каучук СКН-26-1. Введение таких модификаторов повышает сопротивление отвержденной полимерной композиции удару в 5–6 раз, предельное растяжение в 5–10 раз. Комплексный эффект модификации эпоксидных олигомеров достигается при введении полисилоксановых и уретановых модификаторов в количестве 10% к базовому компоненту по массе. Используют также сочетание эпоксидных олигомеров с битумами, каменноугольным лаком и т. д.

РАСТВОРИТЕЛИ

3.21. В качестве растворителей применяют органические летучие жидкости с температурой кипения 50–200°С. В их число входят углеводороды (алифатические, ароматические) и терпены, галогенозамещенные углеводороды, спирты (алифатические, циклические) и кетоны, сложные и простые эфиры.

Выбор природы растворителя обусловлен составом полимерной композиции, а его количества – требуемой вязкостью полимеррастворa и другими реологическими характеристиками. Растворители по способности растворять непосредственно то или иное связующее или только разбавлять его делят на активные растворители и разбавители. Растворяющая способность их может оцениваться по:

вязкости раствора полимера одинаковой концентрации и температуры;

скорости растворения единицы весового количества полимера в единице объема растворителя;

количеству разбавителя, которое способен принять раствор полимера;
минимальной температуре начала растворения полимера.

В ряде случаев многокомпонентность полимерной композиции обуславливает введение в ее состав не одного растворителя, а их смесей. При этом следует учитывать ряд требований: растворители должны растворять все нелетучие компоненты и растворяться в летучих компонентах; из состава полимерной композиции должен удаляться разбавитель; растворитель должен быть наименее токсичен; невысокая стоимость растворителя; растворитель должен быть химически нейтральным и стабильным при хранении; скорость испарения растворителя из отвержденной полимерной композиции должна обеспечивать нормальное протекание процессов полимеризации.

3.22. При подборе растворителя следует учитывать, что процесс его удаления при производстве облицовочных работ с применением полимерных составов носит сложный характер, обусловленный природой физико-химических процессов структурообразования композиции. Обычно, после первоначального удаления избытка растворителя из композиции, на второй стадии происходит процесс гелеобразования. Поэтому выбор температурного режима при приготовлении и нанесении полимерной композиции и продолжительность последнего требуют учета скорости удаления растворителя из композиции. Природа растворителя, вводимого в состав композиции, определяет диффузионную способность полимерных компонентов и будет сказываться на модуле упругости и прочностных свойствах отвержденного полимерраствора, а также на прочность адгезионных соединений. Влияние природы растворителя на адгезионную прочность различных полимеров к подложке приведено в табл. 9.

Таблица 9

Растворитель	Адгезионная прочность, Н/мм^2			
	поливинилацетата	полиэфира	эпоксидных олигомеров	нитроцеллюлозы
Ацетон	4,4	–	2	1,2
Этилацетат	3,6	2,7	2,5	0,7
Бензол	3	2,8	2,6	–
Бутилацетат	2,6	–	2,8	1,3
1,2-дихлорэтан	3,5	2,5	2,9	–
Диметилформамид	4,5	2,6	2,4	0,9
Бутапон-2	3,5	2,9	2,7	0,8
Толуол	1,9	–	4,5	–

3.23. Следует учитывать также, что углеводороды по своему строению относятся к низкополярным, обладающим высокой гидрофобностью органическим соединениям, поэтому рекомендуется вводить их в состав композиций с неполярными и слабополярными полимерными связующими. Так, алифатические углеводороды и трепены применяют как растворители для битумных, полиэфирных и маслосодержащих композиций.

Ароматические углеводороды следует использовать в полиэфирных композициях, составах с полиэтиленом, хлорированным каучуком и т. п.

Галоидозамещенные углеводороды (метиленхлорид, дихлорэтан, хлорбензол и др.) являются растворителями для кремнийорганических смол, полиэфирных смол, перхлорвиниловой смолы, полистирола.

Спирты из-за наличия гидроксильной группы большой полярности (этанол, бутанол, изопропанол и т. п.) применяются для фурановых и альдегидных смол, эпоксидных смол.

Наиболее широко распространены ацетон, этилметилкетон, циклогексанон, толуол. Для разбавления полимерных композиций применяют смеси различных растворителей, взятых в определенных процентных соотношениях. В табл. 10 приведены некоторые растворители для полимерных композиций.

Таблица 10

Растворители, разбавители	ГОСТ	Компоненты	Состав, %
№ 645	ГОСТ 18188–72*	Бутилацетат	18
		Этилацетат	9
		Ацетон	3
		Спирт бутиловый	10
		Спирт этиловый	10
		Толуол	50
№ 646	ГОСТ 18188–72*	Бутилацетат	10
		Этилцеллозольв	8
		Ацетон	7
		Спирт бутиловый	15
		Спирт этиловый	10
		Толуол	50
№ 648	ГОСТ 18188–72*	Бутилацетат	50
		Спирт этиловый	10
		Спирт бутиловый	20
		Толуол	20
Р-4	ГОСТ 7827–74*	Бутилацетат	30
		Ацетон	30
		Ксилол	40
Р-119	–	Толуол	35
		Ацетон	30
		Нитропропан	35
РЭ-3В	ГОСТ 18187–72*	Сольвент	50
		Спирт бутиловый	30
		Этилцеллозольв	20
РЭ-4В	ГОСТ 18187–72*	Сольвент	30
		Этилцеллозольв	70

ОТВЕРДИТЕЛИ

3.24. Переход фурановых смол и полимерных композиций на их основе в твердое состояние происходит в присутствии катализатора и отвердителей таких, как бензосульфокислота (БСК) ароматические сульфокислоты и их хлоридов, хлорного железа, солянокислого анилина, азотнокислой мочевины, фосфорного ангидрида.

БСК представляет собой кристаллическое вещество темно-серого цвета с одной частью связанной воды. БСК обладает высокой гигроскопичностью, поэтому следует содержать ее в закупоренной таре. Дозировка БСК составляет 20–25% к смоле по массе в зависимости от температуры среды, содержания наполнителя и модификаторов в смеси.

В мономеры ФА и ФАМ обычно рекомендуется вводить БСК в виде расплава (нагретой до температуры 50–60°С) или в виде раствора в ацетоне или этиловом спирте. Применение БСК обеспечивает достаточно высокие показатели полноты отверждения и прочности наполненных полимерных композиций на основе связующих ФА и ФАМ.

В настоящее время в качестве отвердителя для смол ФА, ФАМ, ФМГ, ФАГИ используют катализатор ГСК – маслянистую жидкость темно-коричневого цвета с плотностью 1,67 г/см^3, сульфированные кубовые остатки (СКО) синтетических эфирных кислот в количествах 20–25% по массе к базовому компоненту. Применение СКО позволяет получать полимерные композиции повышенной стойкости к воздействию окружающей среды и одновременно с пониженными усадочными деформациями. Иногда процесс отверждения полимерных композиций на основе фурановых, фурфуролацетоновых и других смол рекомендуется проводить с использованием кислых гудронов, которые могут быть использованы одновременно в качестве отвердителя и пластификатора. Можно использовать солянокислый анилин (ГОСТ 5822–78) – серо-зеленый порошок; паратолуолсульфохлорид, азотнокислая мочевина.

3.25. Отверждение полимеррастворов на основе полиэфирных смол представляет собой процесс сополимеризации ненасыщенных полиэфиров с мономерами по радикальному механизму с образованием трехмерной молекулярной сетки. При этом также протекает полимеризация полиэфиров и мономеров. В качестве отвердителей применяются: гипериз (гидроперекись изопропилбензола), в сочетании с ускорителем – нафтенатом кобальта в количествах 3–4 и 6–8% к смоле по массе; перекись циклогексанона в количестве 1% по массе; перекись 1%-диоксидициклогексана; перекись бензоила в паре с третичными аминами; диэтиланилин.

Отверждение при отрицательных температурах с достаточно высокой степенью эффективности и полноты рекомендуется производить под воздействием трехкомпонентных систем, составленных из гипериза, нафтената кобальта и диметиланилина. При отверждении по ходу проведения облицовочных работ рекомендуется вводить в состав полимерных композиций на базе полиэфирных смол ускоритель – пятиокись ванадия в виде раствора в кислых фосфатах в количестве 0,1–1% к смоле по массе.

Для отверждения на холоду рекомендуется применять перекиси диацилов в сочетании с третичными аминами.

3.26. Отверждение полимеррастворов на основе фенолоформальдегидных смол следует осуществлять путем введения кислых отвердителей-катализаторов, например, серной кислоты, БСК, парахлорбензолсульфокислоты, паратолуолсульфохлорида в количествах 10–25% к смоле по массе. Реже применяются фосфорная кислота и различные органические кислоты, поскольку прочность отвержденной композиции заметно снижается.

Отверждение резорциноформальдегидных смол производят при введении в состав композиции 13–15% параформальдегидов. В качестве отвердителей для алкилрезорциновых смол ДФК используют формалин в количестве 20% по массе. Жизнеспособность таких композиций составляет 2–3 ч. Карбамидные и мочевиноформальдегидные смолы УКС, М-60, МФ-17, М-19-62 отверждаются минеральными кислотами (серной, соляной, фосфорной), их солями, органическими кислотами (щавелевой, лимонной), хлористым аммонием, солянокислым анилином.

3.27. Отверждение полимеррастворов на основе эпоксидных смол осуществляется по ионному механизму или с помощью сшивающих реагентов. Способность эпоксидных смол к отверждению определяется наличием в структуре эпоксидных и гидроксильных групп. Гидроксильные группы реагируют с жирными кислотами, фенольными и карбамидными смолами и другими продуктами.

В качестве отвердителей для эпоксидных смол и композиций на их основе используют третичные амины, пиперидин, диметиламинометилфенол, хлористую сурьму, фтористые и другие соединения. Третичные амины более активны с сокатализаторами: гликолями, глицерином, трехфтористым бором. В результате отверждения полимерных эпоксидных композиций образуется трехмерная структура с простыми эфирными связями. Используются: алифатические амины (этилендиамин, полиэтиленполиамин), ароматические (м-фенилендиамин, метилендиамин, п-ксилидендиамин).

Для холодного отверждения эпоксидных смол и композиций рекомендуется использовать полиэтиленполиамин (ПЭПА) и гексаметилендиамин (кубовый остаток гексаметилендиамина). Технический полиэтиленполиамин представляет собой растворимую в воде жидкость плотностью 0,98–1,03 г/см^3 и температурой кипения 277°С. Содержание ПЭПА составляет 10–12% к смоле, а других отвердителей: $В_3$ – аминокомплекс – 1–4%; третичные амины – 4–6%; алифатические полиамины – 6–12%; ароматические полиамины – 6–20%; аддукты аминов – 20–50%; полиамиды – 40–80%; ангидриды органических кислот – 45–120%; *полисульфиды – 20–80%. В условиях повышенной влажности* рекомендуется использовать аминофенольный отвердитель АФ-2 и аминосланцевый отвердитель АСФ-10.

Отверждение эпоксидных смол и композиций осуществляется также жидкими полиамидами, получаемыми конденсацией дикарбоновых кислот с полиаминами. Олигоамиды Л-18, Л-20, ПО-300, П-200 вводятся в состав полимерной композиции в количестве 40% по массе к смоле.

Органическое отверждение эпоксидных смол вызывается низкомолекулярными эластомерами – полисульфидным и карбоксильным каучуками, которые обладают одновременно и пластифицирующим действием.

Полнота отверждения эпоксидных полимерных композиций зависит от многих факторов: вида и количества отвердителя, вязкости композиции, температуры отверждения. Применение внешнего нагрева позволяет получать отвержден-

ные композиции с равной глубиной отверждения и при сниженном расходе отвердителя.

Ассортимент аминных отвердителей в настоящее время достаточно широк. К высокоактивным аминным отвердителям относятся: диэтилентриаминометилфенол УП-583 (ТУ 6-05-241-331-82), 2-(триэтилентетраминометил) фенол УП-583Т (ТУ 6-05-241-331-82), аминоаддукты эпоксидных олигомеров с диэтилентриамином УП-0616 (ТУ 6-09-241-330-82), УП-0646-11, УП-0646-13, УП-0646-31 (ТУ 6-05-241-307-82).

К среднеактивным аминным отвердителям относятся: ПЭПА, полиэтиленполиамины направленного синтеза УП-0640, УП-0641, УП-0640Т (ТУ 6-05-241-286-81), имидиазолиновые отвердители УП-0639Д, УП-0639Т (ТУ 6-05-241-347-82) и др.

К низкоактивным аминным отвердителям относятся дицианэтилдиэтилентриамин УП-0633, МФБА и др.

Ангидридные отвердители : (изо-МТГФА), МЭА-611 (ТУ 6-05-241-322-82), УП-581, УП-643, МАЭ-611 и др.

НАПОЛНИТЕЛИ

3.28. Одними из основных компонентов полимеррастворных композиций, применяющихся для облицовочных работ, являются наполнители. Они представляют собой дисперсные (с удельной поверхностью 500 $см^2/г$ и выше) порошки минералов, горных пород, искусственных материалов, органических и неорганических веществ. Введение наполнителей существенно изменяет комплекс физико-механических характеристик полимерных систем, приводя к их упрочнению, снижению тангенциальных напряжений, коэффициента линейного температурного расширения, изменению вязкости, температуростойкости и тиксотропных свойств. Наполнители являются своеобразными модификаторами полимерных композиций. Подобная модификация заметно улучшает адгезионные свойства полимеррастворов, что существенно повышает эксплуатационные свойства самого адгезива.

3.29. Одним из основных требований к наполнителям является их физико-химическая совместимость с базовыми компонентами, исключающая появление нежелательных реакций в зоне контакта фаз. Следует учитывать тот факт, что материалы, имеющие щелочную реакцию – известняки, доломиты, цемент, не пригодны для совмещения с фурановыми смолами. Даже отдельные следы цемента, занесенные в полимерную композицию, на базе фурановых смол значительно снижают прочность и деформативность полимерных композиций. В этом смысле предпочтительно применение полимерных композиций на основе эпоксидных и полиэфирных смол, которые совмещаются с большинством имеющихся наполнителей.

В каждом отдельном случае необходимо учитывать влияние природы наполнителя на характер его взаимодействия с полимерной матрицей и при проектировании состава композиции учитывать те свойства наполнителя, которые окажут решающее влияние на свойства конечного продукта. Так, например, отвержденные смолы имеют, как правило, высокие показатели коэффициента линейного температурного расширения (КЛТР) – в 5 и более раз, чем у камен-

Таблица 11

Наполнитель	Плотность, кг/м^3	Насыпной объем, м^3/кг	pH водной вытяжки	Показатель преломления	Средний размер частиц, мкм
Сульфат бария	4500	$2{,}24 \cdot 10^4$	8–9	1,637–1,649	–
Сульфат кальция:					
гипс	2900	4,15	–	1,53	–
ангидрит	2950	3,4		1,59	
Тальк	2800	3,6	9	1,58	0,5–3
Слюда	2800	3,5	9	1,59	0,8–1,5
Волластонит	2850	3,4	9	1,63	–
Асбест	2500	3,7	–	1,55	–
Каолин	2560	3,82	8	1,6	–
Кварц	2400	3,82	–	1,55	0,5–25
Аэросил	–	–	3,6–4,3	–	0,015–0,02
Мел осажденный	2650	3,7	10	1,5	0,05–0,35
Осажденный магнезит	3000	1,6	9,7	1,6	–
Двуокись титана	3800	2000*	–	2,55	0,3
Окись хрома	5200	1400*	–	2,5	0,2–0,3
Окись алюминия	4000	1800*	–	3,04	0,2–3
Силикохромат свинца	4100	750*	–	–	До 10

* Насыпная плотность.

ной, бетонной, цементной подложки. Для уменьшения тепловых деформаций композиции рекомендуется вводить наполнители с низким коэффициентом температурного расширения. Этому требованию удовлетворяют кварцевые и силикатные наполнители.

В ряде случаев необходимо применение полимерных композиций, обладающих повышенными тиксотропными свойствами (не стекающими с вертикальных поверхностей, наносимых в один слой и т. д.). Введение в состав композиций таких наполнителей, как аэросил, каолиниты, бентониты, сажа, поливинилхлоридный порошок, сера, приводит к улучшению тиксотропных свойств системы.

Следует отметить, что оптимальными наполнителями для полиэфирных смол является тальк, слюда, рутил, асбест, графит, мел. В качестве наполнителей для эпоксидных композиций рекомендуется применять кварцевый песок, кварцевую муку, графит, маршаллит, сажу, каолин, стеклянный порошок, сульфат бария и кальция, тальк, аэросил, окислы металлов и т. д. Основные свойства некоторых наполнителей приведены в табл. 11.

АППРЕТЫ

3.30. В связи с тем, что на повышение надежности и долговечности полимеррастворов и клеевых соединений на их основе оказывает взаимосвязь наполнителей и полимерной матрицы, особое внимание следует уделить применению аппретов. Последние, модифицируя поверхность наполнителя, способствуют образованию прочных связей между полимером и наполнителем, улучшают механические свойства системы.

По химической природе аппреты разделяют на: силаны (нереакционноспособные, реакционноспособные и каталитического действия); комплексные соединения (хрома с метакрилами и т. п.); титаноорганические соединения; соединения фосфора (диэтилфосфит и др.); органические кислоты и их соли; амины, алкилфенолы и другие соединения. К аппретам относят также моноалкоксиды, моноалкоксипирофосфаты, хелатные и другие координационные соединения.

Выбор аппретов производят, исходя из полимерной основы полимеррастворa. Наиболее часто в качестве аппретов используют кремнийорганические продукты – органосиланы с общей формулой $x_3 Si(CH_2)_n y$, где $n = 0–3$, x – гидролизуемая группа, y – органическая функциональная группа.

Для аппретирования наполнителя в полимеррастворах рекомендуются следующие органосилоксаны: винилтриссилан, винилтриэтоксисилан, винилтриацетоксисилан, винилбензилсилан, аминопропилтриэтоксисилан, аминопропилтриметоксисилан, метакрилоксипропилтриметоксисилан, глицидоксипропилтриметоксисилан, меркатопроилтриметоксисилан, этилтриметоксисилан, хлорпроилтриметоксилан.

Для получения требуемого эффекта от применения аппрета достаточно, чтобы слой силана был крайне незначительной толщины, причем достаточно покрыть только часть поверхности субстрата. Избыток кремнийорганических аппретов не повышает качество соединений. Рациональное количество аппрета составляет 1–2 % к составу.

ПИГМЕНТЫ И КРАСИТЕЛИ

3.31. При проведении облицовочных работ естественным камнем нередко возникает необходимость создания цветных полимеррастворов. Применяемые для этих целей вещества называются колорантами. Колоранты могут быть в виде красителей и пигментов.

Красителями называются такие вещества, которые растворяются в полимерной матрице в процессе окрашивания и находятся в ней в виде молекулярного раствора. Классификация растворимых красителей возможна по различным признакам: по химическому строению, по колористическим и эксплуатационным свойствам.

Пигменты – это нерастворимые вещества, диспергируемые в дисперсной среде. При необходимости окрашивания полимеррастворов рекомендуется использовать пигменты (пигментные препараты) в связи с тем, что в сравнении с красителями они обладают некоторыми преимуществами. Для рассматриваемого вида работ особый интерес представляют пигментные препараты.

Пигментные препараты представляют собой смеси, в которых содержится, кроме пигмента, значительное количество других компонентов (связующих, диспергаторов, наполнителей). Пигментные препараты могут быть в виде порошков гранул и паст.

Распространенные виды пигментных препаратов приведены в табл. 12.

Таблица 12

Препараты	Вид	Число компонентов	Связующее	Наполнитель	Концентрация пигмента
Сухие пигментные смеси	Порошок	Один или несколько	–	+	Чаще низкая
Красящие концентраты (мастичные смеси)	Гранулы или паста	Несколько	+	–	То же
Пигментные концентраторы (чисто пигментные препараты)	Порошки, паста, гранулы	Один	+	–	Высокая

3.32. При окрашивании полимеррастворов значительное внимание следует уделять систематизации цветовых композиций пигментов. Такие комбинации могут состоять, в частности, из двух цветных пигментов. Правильный подбор позволяет получить из двух пигментов сложный цветовой тон. Так, например, смешение неорганического молибденового красного с красным органическим пигментом позволяет получить смесевой пигмент сине-красного тона.

Желтые и синие пигменты в смеси дают характерные зеленые тона, которые невозможно получить с использованием известных чистых пигментов.

3.33. При подборе пигментов для создания полимеррастворов различной цветовой гаммы, принимая во внимание возможность прохождения экзотермической реакции, следует учитывать наличие термочувствительных составов. Такие составы обладают способностью менять свой цвет в зависимости от температуры. Их основу могут составлять неорганические и органические химические соединения.

Таблица 13

Класс	Пигменты					
	белый	черный	желтый	красный	синий	зеленый
Сульфиды, селениды	Сульфид цинка	–	Сульфид кадмия	Селенид кадмия	Ультрамарин	–
Окислы	Двуокись титана	Окись железа черная	Никель-титановый желтый	Железо-окисный красный	Кобальт синий	Хромокисный зеленый, кобальт зеленый
Хроматы	–	–	Хроматные пигменты		–	Смешанные зеленые
Углерод	–	Сажа	–	–	–	–

Таблица 14

Класс	Пигменты				
	желтый	красный	фиолетовый	синий	зеленый
Азопигменты	Ганза желтый	Толуидиновый красный	–	–	–
	Бензидиновый желтый	Литоловый красный	–	–	–
	Никель зеленый золотистый	Нафтоловый красный	–	–	–
	Конденсационные азопигменты				
Металлокомплексные	Металлокомплексный желтый	Металлокомплексный красный	–	Фталоциановый синий	Фталоциановый зеленый
Полуциклические:					
а) восстанавливающиеся	Атрапинридин	Тиоиндиго	Азовиолантрон	Индатреновый синий	–
б) невосстанавливающиеся	Азоиндолидопы	Хинакриданы	Диоксазины	–	–

Таблица 15

Свойства	Неорганические пигменты	Органические пигменты
Кроющая способность	Кроющая окраска получается преимущественно в результате рассеяния	Кроющая окраска получается преимущественно в результате поглощения
Интенсивность	Умеренная	Значительно больше, чем у неорганических
Термостойкость	Как правило, до 500°С, редко ниже 200°С	Как правило, 150–200°С, редко в пределах 200–300°С
Стойкость к растворителям	Нерастворимы	Растворимы
Светостойкость Атмосферостойкость	В значительной степени зависят от окрашиваемого полимерного составляющего полимерраствора	

3.34. Наиболее распространенные неорганические (табл. 13) и органические пигменты (табл. 14) позволяют более надежно подбирать соответствующую цветовую гамму полимеррастворов в зависимости от колористических характеристик используемого облицовочного камня и эксплуатационных свойств пигментов (табл. 15).

4. ПОЛИМЕРРАСТВОРЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБЛИЦОВОЧНЫХ РАБОТ

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ ПОЛИМЕРРАСТВОРОВ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

4.1. Настоящий раздел содержит основные принципы построения экспериментально-статистических многофакторных моделей полиномиального вида и служит для оказания помощи при выполнении наиболее трудоемкого этапа разработки, выбора и оптимизации рецептуры полимеррастворных композиций с учетом конкретных требований при проведении данного вида работ.

4.2. Аппарат математического моделирования является эффективным средством интенсификации научных исследований, повышения их качества; обеспечивает снижение расхода ресурсов на опытные работы в 2–10 раз. При заданном объеме ресурсов увеличивает объем информации при сокращении вероятности ошибочных выводов по эмпирическим данным, что в конечном итоге приводит к ускорению подготовки инженерных разработок к внедрению.

Роль методов поисковой оптимизации возрастает при изучении и анализе поведения, управления структурообразованием сложных стохастических систем, каковыми являются полимерные композиционные материалы, а также при создании материалов с заранее заданными свойствами.

4.3. Математическое моделирование позволяет производить анализ влияния рецептурных составляющих, в широком диапазоне их варьирования, на качественные, прочностные, технико-экономические и другие показатели конечного продукта.

4.4. Для решения задач анализа, оптимизации, описания поведения исследуемой системы с заданной точностью применяются полиномиальные модели, представляющие собой аппроксимирующие многофакторные функции для K безразмерных факторов x_i.

Полиномиальные модели обладают достаточной универсальностью как по форме, так и по алгоритмам моделирования. Построение их осуществляется на основе идей и методов математической теории планирования эксперимента. Для этого используют полиномы в виде отрезка ряда Тейлора

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i<j}^{k} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ij} x_i^2 + \ldots$$

Коэффициенты полинома эквивалентны частным производным ряда Тейлора в точке, вокруг которой производится разложение неизвестной функции $Y = F(x)$ в ряд, связывающей в границах $x_i^{min} \leqslant x_i \leqslant x_i^{max}$, n факторов и параметр оптимизации Y (отклик системы).

Координатное пространство, на осях которого откладывают значения исследуемых факторов, называется факторным пространством.

4.5. Математическая модель процесса, найденная с помощью регрессионного анализа, линейна относительно параметров, представляет собой конечный степенной ряд и называется уравнением регрессии. Задачей регрессионного анализа

является вычисление параметров и статистическое исследование математических моделей по полученным экспериментальным данным. Параметры модели, найденные с помощью регрессионного анализа, называются коэффициентами регрессии.

Регрессионный анализ полученных математических моделей производится пошаговым удалением наименьших из незначимых коэффициентов, после чего производится повторный пересчет при помощи метода наименьших квадратов (МНК) оставшихся оценок коэффициентов.

4.6. Построение и использование регрессионных моделей обеспечивается комплексом программ. Комплекс выполнен в виде библиотеки программных модулей, из которых формируется программная реализация алгоритмов на ЭВМ ЕС. Расчеты могут быть произведены и на клавишных калькуляторах по соответствующим методикам. Адекватность уравнения регрессии указывает на то, что его точность соответствует точности эксперимента. Проверку адекватности модели производят по критерию Фишера. Поверхность, описываемая уравнением регрессии, является геометрическим образом процесса и называется поверхностью отклика. Для адекватного описания поверхности отклика в многокомпонентных системах, имеющих, как правило, сложный характер, необходимо использование полиномов высоких степеней. В инженерных исследованиях они обычно не превышают третьего порядка.

4.7. При изучении свойств полимерных композиций, зависящих только от соотношения входящих компонентов, геометрический аналог факторного пространства, в общем случае, представляет собой правильный $(q-1)$-мерный симплекс (выпуклый многогранник, не имеющий диагональных сечений).

При этом для систем выполняется соотношение:

$$\sum_{i=1}^{q} x_i = 1,$$

где $x_i \geqslant 0$ – концентрация компонента; q – количество компонентов.

Для двухкомпонентных систем ($q = 2$) симплекс – прямая. Содержание компонентов определяется соотношением отрезков прямой.

При $q = 3$ правильный симплекс – равносторонний треугольник. Каждая точка треугольника отвечает одному определенному составу тройной системы и, наоборот, каждый состав представляется одной точкой.

При $q = 4$ правильный симплекс – тетраэдр. Каждая вершина тетраэдра соответствует чистым компонентам. Ребро представляет собой двухкомпонентную систему, грань – трехкомпонентную. Точки внутри тетраэдра соответствуют четырехкомпонентным системам, при этом его поверхность можно представить разверткой из четырех треугольников.

Пятифакторный симплекс ($q = 5$) – пентатоп. Поверхность пентатопа разворачивается в 10 треугольников.

Построение и исследование диаграмм "состав–свойство" при $q \geqslant 4$ остается весьма сложным. Основным информационным элементом при анализе многокомпонентных систем остается треугольная диаграмма.

Вершины треугольника соответствуют чистым веществам, стороны – двой-

ным системам. Приближение от каждой стороны к противоположной вершине отвечает возрастанию третьего компонента.

4.8. В треугольнике Гиббса содержание компонентов определяется соотношением величин перпендикуляров, опущенных на стороны треугольника из точки N, при этом сумма длин перпендикуляров равна высоте треугольника H, принимаемой за единицу

$$h_a + h_b + h_c = H = 1. \qquad (1)$$

4.9. В треугольнике Розебума состав тройной смеси определяется по трем отрезкам сторон треугольника, отсекаемых прямыми, проведенными параллельно сторонам через точку N, при этом сумма длин отсеченных отрезков равна длине любой из трех сторон, принимаемых за единицу:

$$\left.\begin{aligned} V_c &= Bc = Ac; \\ V_b &= Ab = Cb; \\ V_a &= Ba = Ca. \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

На практике, при физико-химическом анализе, пользуются как соотношениями (1), так и (2), поэтому такие смесевые диаграммы принято называть диаграммы Гиббса–Розебума.

При обеспечении определенных стандартных условий, изменение величины свойства Y зависит только от соотношения между тремя составляющими элементами (факторами) системы, при этом каждому i-му составу смеси соответствует определенное значение функции $Y = f(V_i)$.

Функция $Y = f(V_1, V_2, V_3)$ является отражением трехкомпонентной диаграммы "состав–свойство". Для математического описания ее используют приведенные полиномы Шеффе, как правило, не выше третьего порядка.

Приведенный полином третьего порядка для трехкомпонентной смеси имеет вид:

$$Y = \beta_1 V_1 + \beta_2 V_2 + \beta_3 V_3 + \beta_{12} V_1 V_2 + \beta_{13} V_1 V_3 + \beta_{21} V_2 V_3 +$$

$$+ \beta_{12} V_1 V_2 (V_1 - V_2) + \beta_{13} V_1 V_3 (V_1 - V_3) + \beta_{23} V_2 V_3 (V_2 - V_3) +$$

$$+ \beta_{123} V_1 V_2 V_3 .$$

Функция $Y = f(v_i)$ соответствует некоторой непрерывной поверхности и отображается в поле треугольника с помощью линий равного уровня $Y = \text{const}$ (изолиний).

Координаты точек, соответствующих заданным $Y = \text{const}$, определяются графоаналитической интерполяцией на основе экспериментальных данных, полученных по специальному плану.

Планирование эксперимента состоит в проведении опытов по определенной схеме – матрице планирования, которая имеет некоторые конкретные оптималь-

ные свойства, что позволяет получить максимальную информацию об объекте при минимальном количестве опытов.

Оптимальность выбора плана зависит от формализованных требований к свойствам моделей, выдвигаемых исследователем. Для построения моделей при количестве факторов $k = 2 \div 10$ существует большое количество планов эксперимента, которые характеризуются по специальной системе критериев. Наибольшее применение получили насыщенные симплекс-решетчатые планы Шеффе, обеспечивающие равномерный разброс экспериментальных точек по симплексу.

В насыщенном плане эксперимента число опытных точек равно числу оцениваемых коэффициентов уравнения регрессии.

Экспериментальные точки представляют $\{q, n\}$ -решетку на симплексе, где q – число компонентов смеси; n – степень полинома.

4.10. Симплекс – решетчатые планы порядка $n \leqslant 2$ (порядок плана соответствует степени оцениваемого полинома), являются оптимальными по ряду статистических критериев.

D – оптимальному плану третьего порядка при равном числе параллельных опытов в точках плана соответствует для $q = 3$ план с несколько сдвинутым к вершинам расположением точек на сторонах треугольника:

$$V = 1/3 = 0{,}3333;$$

$$W = V - 0{,}057 = 0{,}2764;$$

$$Z = 1 - W = 0{,}7236.$$

Одновременное влияние смесевых и независимого факторов можно оценить, фиксируя треугольную диаграмму в определенных точках оси независимого фактора (например, $x = -1, x = 0, x = +1$).

Непрерывное перемещение смесевого треугольника вдоль оси независимого фактора приводит к формированию факторного пространства в виде трехгранной призмы, в которой изолинии трансформируются в изоповерхности.

В качестве независимого фактора x_i могут выступать как технологические, так и рецептурные факторы.

Общий вид полинома третьего порядка для трех смесевых и одного независимого фактора следующий:

$$Y = \beta_1 V_1 + \beta_2 V_2 + \beta_3 V_3 + \beta_{12} V_1 V_2 + \beta_{13} V_1 V_3 + \beta_{23} V_2 V_3 +$$

$$+ \beta_{112} V_1 V_2 (V_1 - V_2) + \beta_{113} V_1 V_3 (V_1 - V_3) + \beta_{223} V_2 V_3 (V_2 - V_3) +$$

$$+ \beta_{123} V_1 V_2 V_3 + \beta_{14} V_1 x + \beta_{24} V_2 x + \beta_{34} V_3 x + \beta_{44} x^2.$$

4.11. Решение задач оптимизации свойств полимеррастворных композиций в большинстве случаев сводится к компромиссному решению, при котором накладываются ограничения вида $R_i \geqslant R_i^{норм}$ на n свойств полимерной композиции R_i $(i = 1, \ldots, n)$.

Реализация решения может быть осуществлена: аналитическим решением на ЭВМ системы уравнений с ограничениями; графическим решением задачи

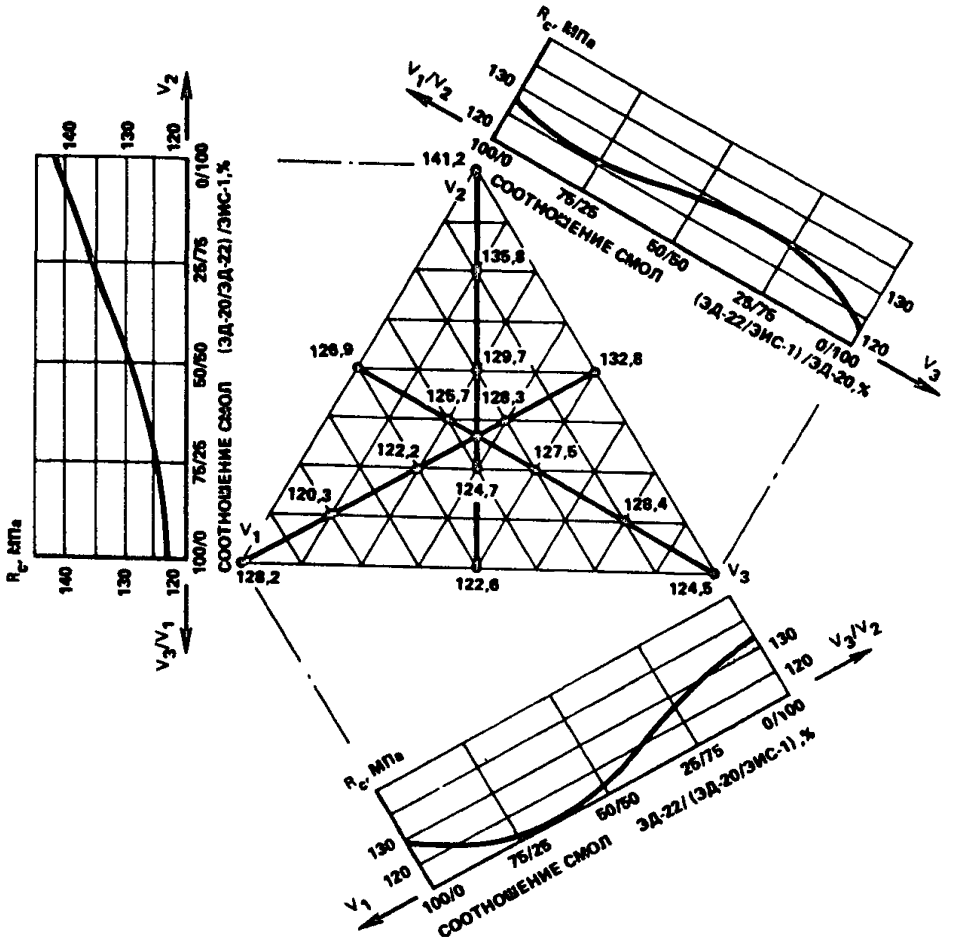


Рис. 1. Пример графической интерпретации отклика тройных систем. Зависимости прочности при сжатии тройных систем – смесевых композиций эпоксидных смол ЭД-22 (V_1), ЭИС-1 (V_2), ЭД-20 (V_3), смешиваемых в различном соотношении, при неизменном соотношении двух из трех смол, входящих в смесевую композицию

нелинейного программирования по изолиниям на диаграммах и аксонометрическим изображениям изоповерхностей в факторных пространствах; по составленным на основе моделей таблицам с дискретным шагом изменения фактора.

Более удобными и наглядными при решении задач оптимизации, анализа и выбора рецептур составов полимеррастворных композиций являются графический и табличный способы.

4.12. Графическая интерпретация полученных математических моделей дает возможность на начальных этапах ориентировочно наметить область оптимальных составов полимеррастворных композиций с точки зрения наилучшего сочетания свойств. Для этого поэтапно производятся построение и анализ изолиний и графиков зависимостей одинарных, двойных и тройных систем (рис. 1),

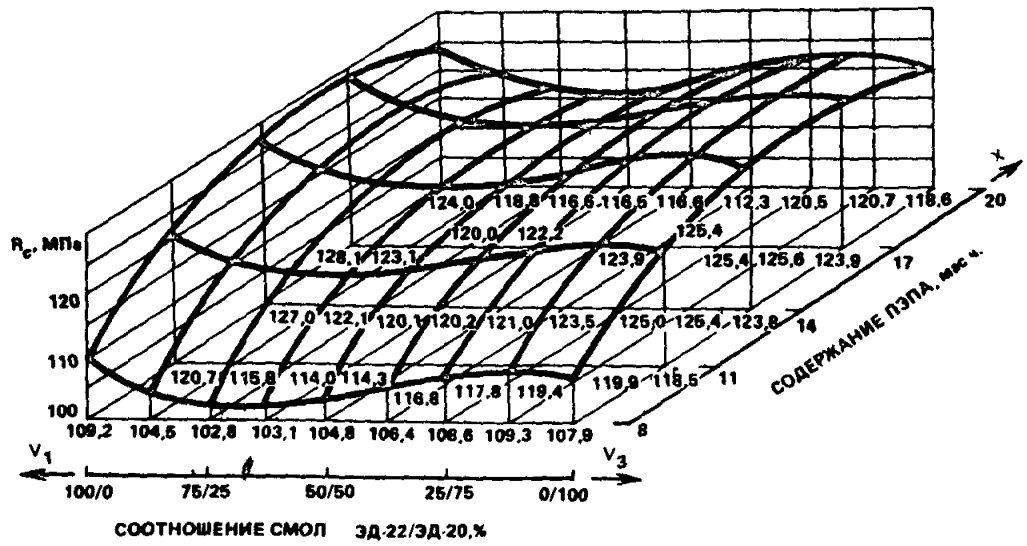


Рис. 2. Пример графической интерпретации отклика системы построением аксонометрического изображения изоповерхностей двойной системы с одним независимым фактором. Зависимость прочности при сжатии двойной системы – смесевой композиции эпоксидных смол ЭД-22 (V_1) и ЭД-20 (V_3), смешиваемых в различном соотношении при изменении количества отвердителя-полиэтиленполиамина (X)

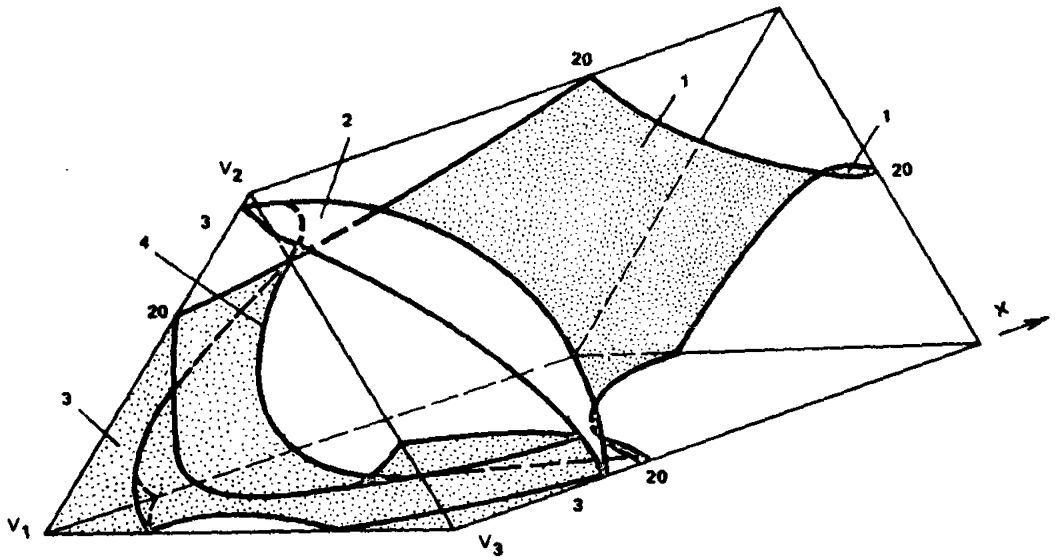


Рис. 3. Пример оптимизации свойств полимерных композиций графическим методом и области факторного пространства

1 – $Y_2 = 20$ МПа; 2 – $Y_4 = 3$ ГПа; 3 – Y_i $\begin{cases} R > 20 \text{ МПа}, \\ R < 3 \text{ ГПа} \end{cases}$

4 – изолиния факторного пространства, соответствующая постоянству показателей двух свойств на уровнях $\begin{cases} Y_2 = 20 \text{ МПа} \\ Y_4 = 3 \text{ ГПа} \end{cases}$

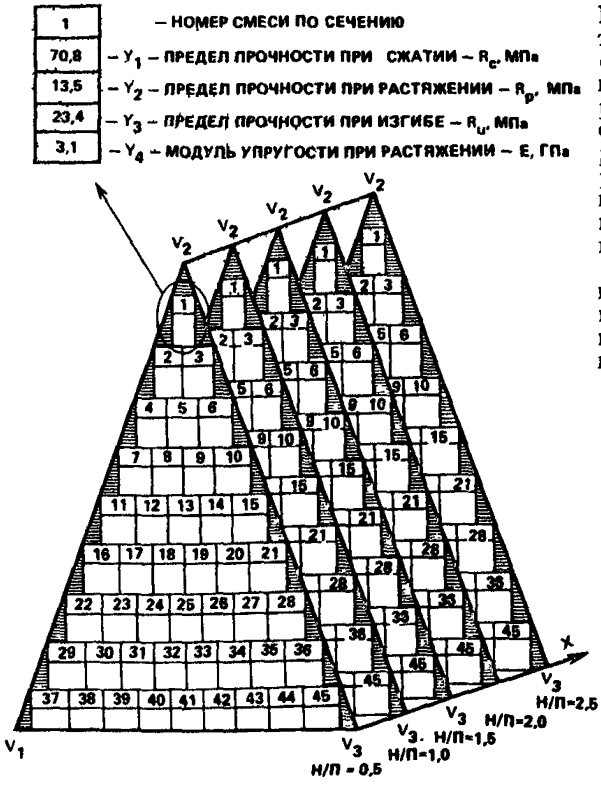


Рис. 4. Пример построения таблиц физико-механических свойств с дискретным изменением независимого фактора. Зависимости конструкционных параметров полимерраствров при вариации в различных сочетаниях и соотношениях трех видов наполнителей: стеклянного порошка (V_1), молотого кирпича (V_2), речного кварцевого песка (V_3), от степени наполнения – соотношения наполнителя и полимерной матрицы – Н/П (X)

с последующим построением изоповерхностей двойных систем (рис. 2) и аксонометрическим объемным изображением изоповерхностей всего факторного пространства.

При реализации графического способа решения задач оптимизации производится совмещение изоповерхностей разных свойств в факторном пространстве.

Пересечение изоповерхностей разных свойств образует изолинии, которым соответствуют координаты факторов, обеспечивающие одновременно постоянство показателей двух свойств на заданных уровнях.

4.13. Образованные пересечением изоповерхностей области внутри факторного пространства позволяют выбирать область возможных компромиссных рецептурно-технологических решений при наличии ограничений на изучаемые свойства (рис. 3).

Для сокращения возможного множества решений внутри области факторного пространства, где все точки отвечают заданным нормам, следует ввести дополнительные критерии (например, технико-экономического характера).

4.14. Преимуществом табличного способа является то, что в каждой из точек факторного пространства можно определить в числовом выражении сразу все данные о комплексе свойств полимеррастворной композиции и произвести выбор соответствующей рецептуры для ее приготовления. Этим практически реализуется возможность создания материалов с заранее заданными свойствами.

Каждая информационная ячейка таблиц содержит значения характеристик исследуемой полимеррастворной композиции и размещается на треугольной диаграмме в одной из 45 расчетных точек.

Исследование факторного пространства при табличном способе производится "послойно" с шагом между слоями $\Delta x = 0{,}5$ или $\Delta x = 0{,}25$. В результате получают таблицы "состав–свойство" с дискретным шагом изменения независимого фактора (рис. 4).

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРРАСТВОРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

4.15. В настоящем разделе рекомендаций содержатся основные положения по подбору многокомпонентных полимерных композиций с учетом оптимальных технологических и эксплуатационных свойств, предъявляемых при проведении облицовочных работ.

4.16. Проектирование составов полимеррастворов с заранее заданными свойствами должно производиться с учетом их оптимизации по ограничениям, перечисленным выше (см. п. 4.3), уделяя значительное внимание реологическим параметрам: вязкости полимеррастворных композиций η; величине предельного напряжения сдвига τ; величине коэффициента тиксотропии $k_т$.

4.17. При оптимизации физико-механических и технологических характеристик полимеррастворов, что связано с формированием структуры последних следует учитывать, что использование в их составе комплексных наполнителей различной природы и гранулометрического состава, а также модифицирующих добавок оказывает существенное влияние на величину реологических характеристик полимерных систем.

4.18. Для разработки и применения высокоэффективных полимерных материалов с требуемым комплексом свойств необходимо установить количественные соотношения между рецептурно-технологическими факторами и реологическими параметрами материала. В связи со сложностью физико-химических процессов формирование структуры наполненных полимерных композиций в основу их применения и подбора компонентов рекомендуется ставить использование групп эмпирических моделей (пп. 4.4–4.10), связывающих показатели реологических свойств систем R_i с управляемыми факторами X_i (вид и количество наполнителей, соотношение их в композициях, уровень модификации, технологию приготовления и т. д.). На основе рекомендуемого комплекса полиномиальных моделей R_i (x) следует решать задачи взаимодействия вышеуказанных факторов – рецептуры и технологии приготовления со структурно-реологическими параметрами.

4.19. При проведении облицовочных работ с использованием полимеррастворов подбор и оптимизацию рецептуры полимеррастворных композиций следует проводить в соответствии с методикой проведения подобных работ, указанной ниже. Так рассматриваются наполненные композиции, в составе которых в качестве связующего использованы эпоксидный олигомер ЭД-20 и алкилрезорциновая смола ЭИС-1. В качестве наполнителей применяется: кварцевый песок (V_1); цемент (V_2); мелкодисперсный стеклянный порошок (V_3); технический лигнин (V_4).

В качестве модифицирующих добавок: α, ω диметакрилаттриэтиленгликоль ТГМ-3, гидрофобизирующая силоксановая жидкость ГКЖ-94, толуол.

4.20. Подбор модифицирующих добавок следует осуществлять, исходя из следующих соображений: толуол является одновременно и растворителем, и временным пластификатором. Поэтому наряду с уменьшением вязкости полимерных композиций к применяемому растворителю может быть также предъявлено требование, связанное с возможностью улучшения прочностных и деформативных свойств конечного продукта. Улучшение таких свойств непосредственно связано с подбором нелетучего растворителя. Поэтому не рекомендуется применять как слишком летучие (низкокипящие) растворители, так и высококипящие, так как их удаление из отвержденных композиций влечет за собой значительные энергозатраты.

Толуол занимает промежуточное положение в термодинамическом ряду растворителей. Кроме того, толуол способствует повышению адгезии полимерной композиции к подложке.

Полиэфир ТГМ-3 следует использовать в качестве модифицирующей добавки в количестве 5 ÷ 15 мас.ч. на 100 мас.ч. базового компонента. Выбор указанного полиэфира предпочтителен для эпоксидных олигомерных композиций вследствие его достаточно низкой вязкости (10 ÷ 20 Па · с) высокой химической стойкости, высокой морозостойкости и наиболее высокого термодинамического сродства с эпоксидными олигомерами. Последнее может быть выражено в неограниченной его смешиваемости с эпоксидными олигомерами.

ГКЖ-94 следует применять в качестве активной добавки, улучшающей смачиваемость поверхности наполнителей как неорганической, так и органической природы.

4.21. При моделировании полимеррастворных композиций, которые представляют собой многокомпонентные системы, целесообразно рассматривать ее как комплексную систему, свойства которой определяются следующими факторами:

химическим и минералогическим составом наполнителей (смесь M_1 с q_V взаимозависимыми факторами: $0 \leqslant V_i \leqslant 1$, $\Sigma V_i = 1$, где V_i доля i-го вещества в составе наполнителя);

распределением частиц наполнителя по размерам (смесь M_2 с q_W взаимозависимыми факторами: $0 \leqslant W_i \leqslant 1$, $\Sigma W = 1$, где W_i – доля в смеси частиц i-го размера);

степенью наполнения и другими независимыми факторами z (режим перемешивания, уровень модификации и т. п.): $z_{min} \leqslant z \leqslant z_{max}$, $|z| \leqslant 1$.

При подборе оптимального соотношения ингредиентов реакционноспособных олигомерных систем следует решать следующую задачу: необходимо получить эмпирические модели зависимостей реологических характеристик композиций (вязкость композиций z_2) от состава наполнителя (H) и уровня модификации систем (z_1), а затем определить преимущественное влияние каждого из вводимых компонентов на динамику изменения характера течения жидкостей, величину и характер их тиксотропных свойств, вид, время и характер разрушений под воздействием сдвигающих нагрузок.

Как указано в п. 4.4, в качестве моделей $R_i(V, z)$ и $H(V, z)$ рекомендуется выбирать приведенные полиномы второй степени. Например, для композиций, содержащих связующее, комплекс наполнителей $\sum_{i=1}^{4} V_i$ и модификатор z_1 следует применять приведенный полином второй степени с 21 коэффициентом вида:

$$\eta = \sum_{i=1}^{4} A_i V_i + \sum_{j>i=1}^{4} A_{ij} V_i V_j + \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{2} (AB)_{ij} V_i z_1 + b_{12} z_1 z_2 +$$

$$+ b_{11} z_1^2 + b_{22} z_2^2. \qquad (3)$$

Насыщенный оптимальный план эксперимента для получения конечных оценок параметров формулы модели (3) будет содержать 21 точку (табл. 16) и рассчитывается пошагово на ЭВМ по готовым рекомендуемым программам, затем по полученным оценкам следует провести регрессионный анализ моделей.

Таблица 16

№ опыта	Наполнители				Общее количество наполнителя H	Уровень модификации z_1	Условная вязкость композиций z_2
	V_1	V_2	V_3	V_4			
1	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0	0
2	1	–	–	–	1	1	1
3	1	–	–	–	1	−1	−1
4	–	1	–	–	1	1	1
5	–	1	–	–	1	−1	−1
6	–	–	1	–	1	1	1
7	–	–	1	–	1	−1	−1
8	–	–	–	1	1	1	1
9	–	–	–	1	1	−1	1
10	–	–	–	1	1	1	−1
11	–	–	–	1	1	−1	−1
12	0,5	0,5	–	–	1	−1	1
13	0,5	0,5	–	–	1	1	−1
14	0,5	–	0,5	–	1	1	−1
15	0,5	–	0,5	–	1	−1	1
16	0,5	–	–	0,5	1	0	1
17	0,5	–	–	0,5	1	−1	0
18	–	0,5	0,5	–	1	−1	1
19	–	0,5	0,5	–	1	1	−1
20	–	0,5	–	0,5	1	−1	1
21	–	–	0,5	0,5	1	1	1

Так, для определения количества наполнителя (H), где $H = \sum_{i=1}^{4} V_i$, а V_i – рекомендуемые выше наполнители в составах композиций, следует воспользоваться следующей моделью в соответствии с табл. 16.

$$\ln H = 5{,}25\,V_1 + 5{,}53\,V_2 + 3{,}99\,V_3 + 2{,}80\,V_4 + 0{,}56\,V_1V_2 +$$

$$+ 1{,}12\,V_1V_3 + 1{,}42\,V_1V_4 - 0{,}47\,V_2V_3 + 0{,}84\,V_2V_4 + 0{,}97\,V_3V_4 +$$

$$+ 0{,}08\,V_1z_1 + 0{,}12\,V_2z_1 + 0{,}34\,V_3z_1 + 0{,}08\,V_4z_1 + 0.27\,V_1z_2 +$$

$$+ 0{,}51\,V_2z_2 + 1{,}43\,V_3z_2 + 0{,}28\,V_4z_2 + 0{,}26\,z_1 + 0{,}13\,z_2. \qquad (4)$$

Модель (1,2) необходимо использовать для оценки любых количеств наполнителей различных составов (четыре "чистых" компонента и их смеси) при любых уровнях модификации композиций (от нулевого до максимального) с целью получения составов с фиксированной вязкостью z_2 (при этом уровень вязкости композиций может быть задан в пределах от минимальной до максимальной, когда полимерные системы практически не текут), применяющихся в различных технологических условиях, с учетом имеющихся материальных средств, трудовых ресурсов и оборудования.

4.22. По результатам проведенного моделирования многокомпонентных систем может быть получено множество составов с необходимыми технологическими параметрами. Такие полимерные композиции, их состав, уровень модификации, заданная вязкость графически отображаются на диаграммах "состав–свойство", как показано на рис. 5, 6. В соответствии с рис. 5, 6 рекомендуется осуществлять выбор и оптимизацию реологических параметров полимеррастворов, применяющихся при облицовочных работах.

Так, например, на рис. 5 наглядно отображаются зависимости вязкости систем от состава наполнителей, а также вида и количества модификатора. Кроме того, характерной чертой рекомендуемых диаграмм является также и возможность решения обратной задачи: подбора оптимального состава полимерной композиции по фиксированной вязкости.

Решение таких сложных в практическом и теоретическом смысле задач в условиях использования указанных моделей и компонентов этих моделей осуществляется без проведения трудоемких работ и расхода материалов на подбор композиций. Достаточно проанализировать рекомендуемые модели и диаграммы (см. рис. 5, 6) либо провести моделирование в соответствии с вышеизложенным.

На рис. 5 приведены графические зависимости изменения содержания модификатора, наполнителей и уровня вязкости (от 21 до 7 см по вискозиметру Суттарда) при условии, что системы наполняются песком (V_1), цементом (V_2), техническим лигнином (V_3) (см. рис. 5), а также дополнительно и мелкодисперсным стеклянным порошком (V_4) (рис. 6). Так, на рис. 6 видно, что в условиях минимальной вязкости ($z_2 = -1$, что соответствует 21 см по вискозиметру Суттарда) и минимального уровня модификации ($z_1 = -1$) минимальное содержание наполнителя соответствует компоненту V_4 (технический лигнин) – вершина треугольника с координатами $V_1 = 0$; $V_2 = 0$; $V_4 = 1$.

Использование рекомендуемого метода позволяет выявить эффективность введения каждого из компонентов. Так, введение мелкодисперсного стеклянного порошка оказывает слабое влияние на изменение реологических параметров

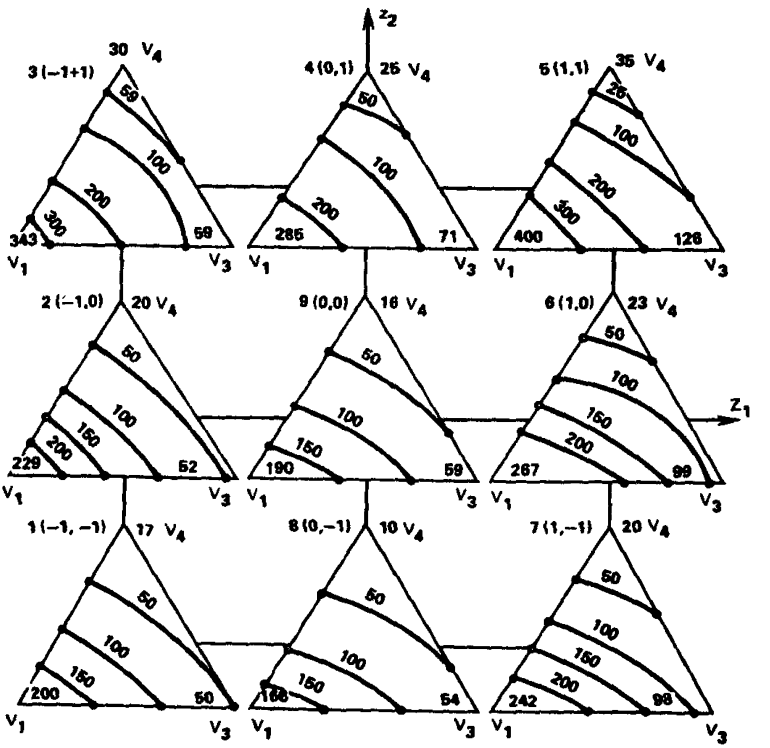


Рис. 5. Оптимизация рецептуры полимерраствороп при $V_1 \neq 0$; $V_3 \neq 0$; $V_4 \neq 0$; $V_2 = 0$; $-1 \leqslant z_1 \leqslant 1$; $-1 \leqslant z_2 \leqslant 1$

композиций, расход его для существенного изменения вязкости систем велик по сравнению с другими наполнителями (в 3 раза по сравнению с песком, $4 \div 6$ раз по сравнению с цементом, $10 \div 12$ раз по сравнению с лигнином) и поэтому введение стеклянного порошка должно быть обусловлено специальными условиями, в которых работает полимерная композиция.

4.23. При графическом отображении реологических свойств полимерраствор-ных композиций, состоящих из рассматриваемых ингредиентов, следует воспользоваться наиболее характерными линиями и поверхностями, возникающими при построении диаграмм. Так, одним из характерных графических отображений процессов, сопровождающих формирование полимерных композиций, является наличие изолиний и изоповерхностей внутри каждого смесевого треугольника и тетраэдра.

Следует учитывать, что в целом модель (1, 2) описывает зависимость H (Vz) в области действия, которая может быть отображена перемещением треугольни-

ка ($\sum_{i=1}^{3} V_i$) или тетраэдра ($\sum_{i=1}^{3} V_i$) в системе координат z_1 z_2 ($|z_1| \leqslant 1$, $|z_2| \leqslant 1$). Поэтому при графическом перемещении указанных треугольников или тетраэдров в осях координат z_1 z_2 будут возникать изолинии и изоповерх-

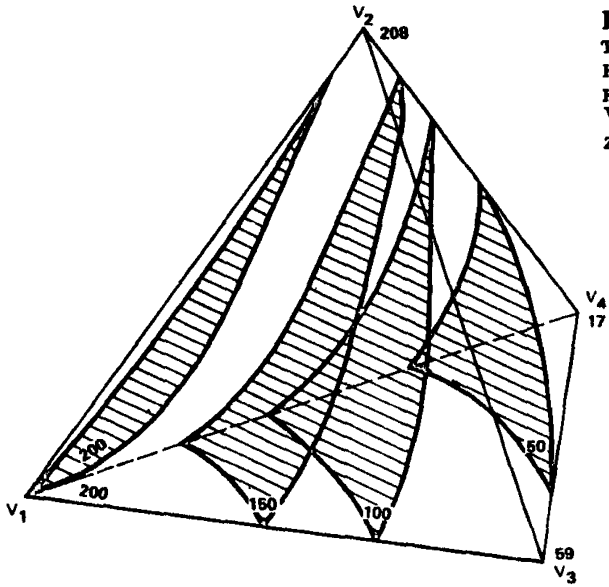


Рис. 6. Оптимизация рецептурных параметров высоконаполненных полимерных композиций при $V_1 \neq 0$; $V_2 \neq 0$; $V_3 \neq 0$; $V_4 \neq 0$; $z_1 = -1$; $z_2 = 0$

ности (см. рис. 6). Это означает, что в широкой гамме композиций будут существовать множество смесей равного суммарного наполнения и уровня модификации, вязкость которых также одинакова. Отличительной чертой таких смесей является различное соотношение составляющих комплексного наполнения Н ($V_1 : V_2 : V_4 = 1 : 3 : 4 = 3 : 2 : 3 = 1{,}7 : 4{,}8 : 1{,}5$ и т. д.).

Анализ таких изолиний и изоповерхностей позволяет осуществить замену одних компонентов другими при общем известном их количестве, варьировать соотношение компонентов, исходя их соображений не только технологической, но также и экономической целесообразности, с учетом требуемых физико-механических свойств и характером агрессивных воздействий окружающей среды.

Рекомендуемые модели и их графические образы позволяют принимать оперативные решения по подбору составов без дополнительных затрат.

Соотношение компонентов легко определяется при опускании перпендикуляров из любой точки, расположенной на изолинии или изоповерхности на стороны треугольника или тетраэдра. Такое построение исключает дополнительный экспериментальный подбор состава композиции фиксированной вязкости.

4.24. Пригодность полимерной композиции, а также определение оптимального ее состава следует производить на основании оценки и анализа рекомендуемых моделей и графиков с учетом заданных технологических условий. Влияние каждого из наполнителей и модификаторов на реологические свойства рассматриваемых композиций следует проверять на вискозиметре "Реотест".

4.25. Использование вискозиметра "Реотест" позволяет определить характер течения высоконаполненных реакционноспособных смесей в широком диапазоне сдвигающих напряжений. Исследуемый материал следует поместить в кольцевую щель между двумя коаксильными цилиндрами измерительного устройства. При этом диапазон сдвигающих напряжений D рекомендуется изменять в пределах $1{,}6 \div 3 \cdot 10^3$ Па · с, а диапазон скоростей сдвига ($0 \div 48{,}6\ с^{-1}$).

При рассмотрении рекомендуемых композиций максимальный вращающий момент для вискозиметра "Реотест" по I диапазону сдвигающих напряжений следует выбирать $9{,}81 \cdot 10^{-4}$ Нм, а для II диапазона устанавливать $98{,}1 \cdot 10^{-4}$ Нм. Линейность индикации вращающего момента должна составлять $<1\%$, а погрешность измерений, согласно ТГЛ-0-1319 $<1\%$.

4.26. При анализе и подборе оптимальной рецептуры полимеррастворных композиций следует использовать методику, изложенную ниже. Так, рассмотрим композиции, в состав которых вводится песок с различными модифицирующими добавками, описанными выше.

Классификацию изменения реологических параметров полимеррастворных композиций следует производить в зависимости от соотношения базового компонента, наполнителя и характера модификации. Так, на рис. 7, 8 рассматриваются свойства исходных олигомерных композиций без наполнителя. Введение, например, минимального количества растворителя-толуола (5 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидного олигомера) рекомендуется при необходимости снижения динамической вязкости композиций на 1 порядок. При этом характер течения системы является ньютоновским.

Аналогичное снижение вязкости композиций может быть достигнуто при введении ТГМ-3, в количествах в 2 ÷ 2,5 раза превышающих содержание толуола. Однако при этом следует учитывать, что характер течения композиций будет несколько изменяться. Возникновение таких изменений объясняется молекулярной ассоциацией, возникающей при совмещении реакционноспособной олигомерной жидкости с высокополярным полиэфиром ТГМ-3 (рис. 9, 10).

Для ускорения процессов структурообразования в полимерной системе рекомендуется введение ГКЖ-94 в количестве 1 ÷ 2 мас. ч. на 100 мас. ч. базового компонента. При этом будет отмечаться уменьшение исходной вязкости систем. В диапазоне скоростей сдвига $\gamma = 1\ с^{-1} \div 5{,}4\ с^{-1}$ течение полимерных жидкостей отклоняется от ньютоновского. При необходимости получения ньютоновской жидкости при рекомендуемом соотношении компонентов следует увеличить скорость сдвига свыше $5.4\ с^{-1}$ при перемешивании композиций (рис. 11).

4.27. В связи с тем, что присутствие наполнителя существенно изменяет характер течения полимеррастворов, введение его в композицию рекомендуется производить с учетом следующих рекомендаций: введение кварцевого песка 0–300 мас. ч. на 100 мас. ч. олигомеров увеличивает вязкость композиций в 4 ÷ 7,2 раза. При этом полимерные композиции переходят в разряд неньютоновских жидкостей (рис. 12, 13). Вязкость таких композиций при небольшом количестве наполнителя до 75 мас. ч. на 100 мас. ч. олигомера может быть рассчитана по формуле Эйзенштейна

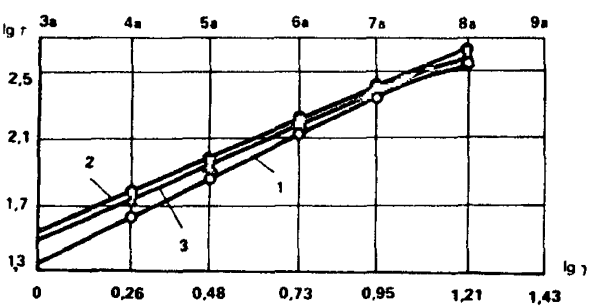


Рис. 7. Графическая зависимость для определения характера течения при различных скоростях деформации
1 – ЭД-20; 2 – ЭИС-1; 3 – ЭД-20 + ЭИС-1

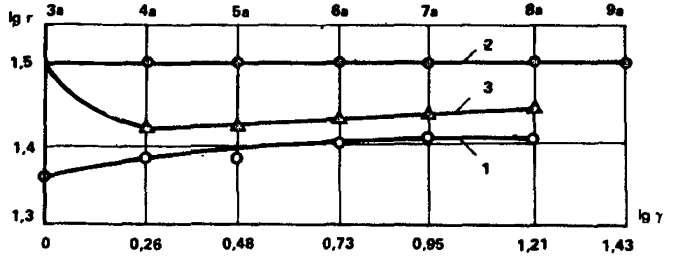


Рис. 8. График для определения вязкости связующих при изменении скорости деформации
1 – ЭД-20; 2 – ЭИС-1; 3 – ЭД-20+ЭИС-1

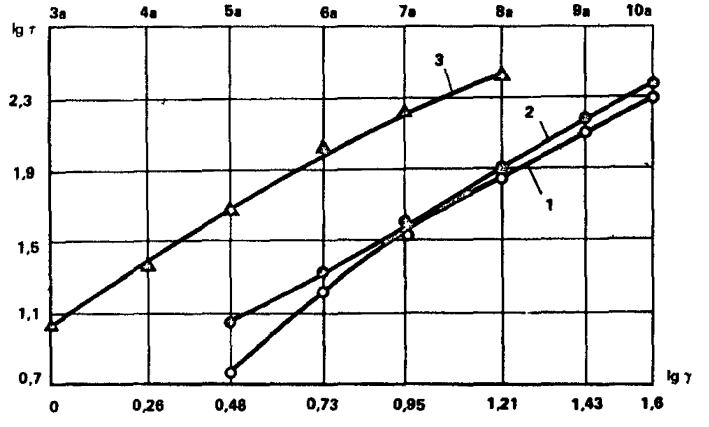


Рис. 9. Графическая зависимость для определения характера течения модифицированных полимерных композиций при различных скоростях деформации
1 – (ЭД-20+ЭИС-1) + толуол; 2 – (ЭД-20+ЭИС-1) + + ТГМ-3; 3 – (ЭД-20+ЭИС-1) + ГКЖ-94

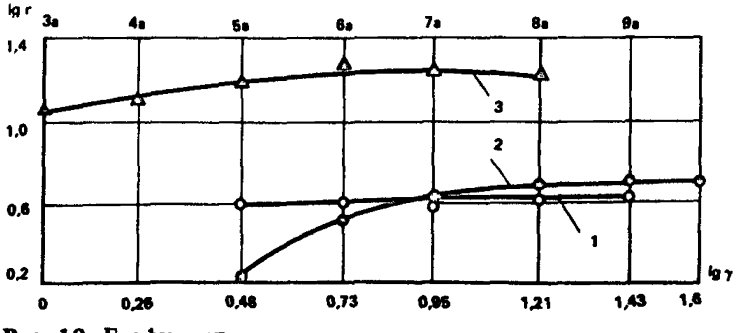


Рис. 10. График для определения изменения вязкости при изменении скоростей деформации
1 – (ЭИС-1 + ЭД-20); 2 – толуол; 3 – ТГМ-3, ГКЖ-94

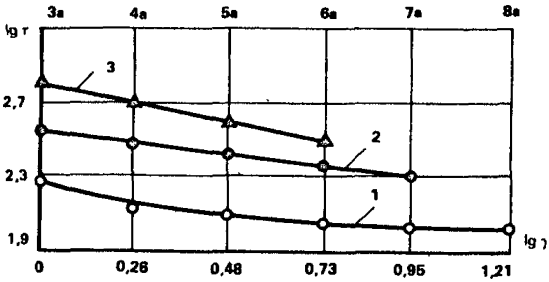


Рис. 11. График для определения изменений вязкости при изменении скорости деформации для композиций, содержащих на 100 мас. ч. (ЭИС-1 + ЭД-20) кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

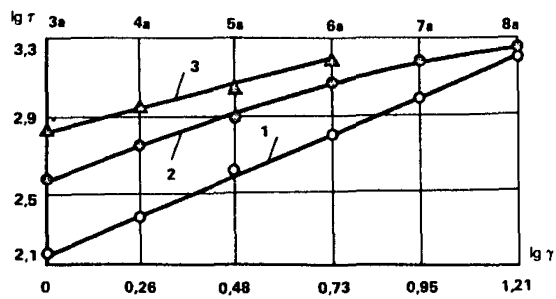


Рис. 12. Графическая зависимость для определения характера течения на различных скоростях деформации для полимерраствоpов, содержащих на 100 мас. ч. (ЭИС-1 + ЭД-20) кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

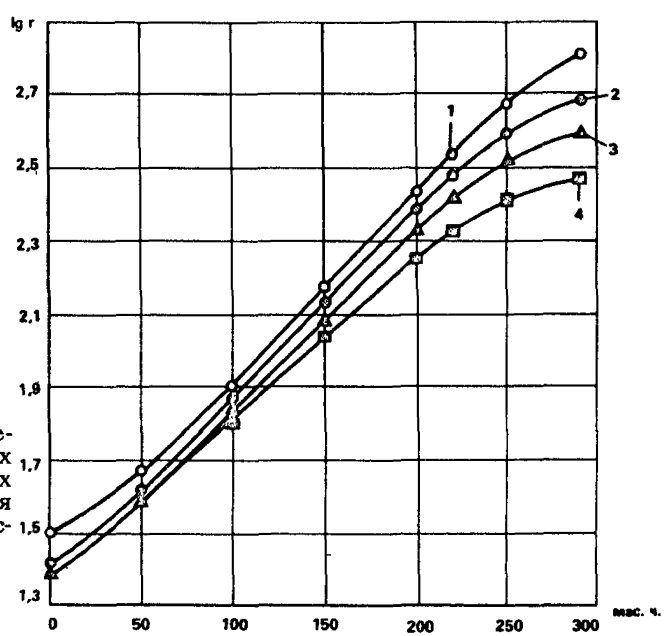


Рис. 13. График для определения вязкости полимерных композиций при изменениях концентрации наполнителя (КП) на различных скоростях деформации $\dot{\gamma}$
1 – 1 $с^{-1}$; 2 – 1,8 $с^{-1}$; 3 – 3 $с^{-1}$; 4 – 5,4 $с^{-1}$

$$\eta = \eta_0 (1 + 2{,}5\ \varphi). \qquad (5)$$

Однако при увеличении количества наполнителя она существенно отклоняется от формулы (5). В таком случае следует учитывать не только форму частиц, но в большей степени образование достаточно объемного адсорбционного слоя, образующегося на поверхности частиц наполнителя при совмещении его с полимерной матрицей. Толщина адсорбционного слоя изменяется от 0,2 Å до размеров, соизмеримых с размером частиц наполнителя. Поэтому при расчете необходимой вязкости композиций следует учитывать увеличение объема дисперсной фазы и соответственно изменение характера течения композиций. С увеличением количества наполнителя до 150 мас. ч. и выше до 300 мас. ч. вязкость композиций соответственно будет возрастать от 72,7 до 320,1 Па · с. С увеличением содержания песка вязкость предлагаемых композиций монотонно возрастает во всем диапазоне скоростей сдвига (рис. 13).

4.28. Следует учитывать, что введение наполнителя существенно улучшает тиксотропные свойства полимеррастворных композиций. При введении больших доз кварцевого песка адсорбционные слои частично перекрывают друг друга за счет уменьшения расстояний между ними. При введении максимального количества наполнителя (см. рис. 13) весь объем композиции будет состоять из дисперсных частиц и адсорбированного олигомера. Система не течет, она как бы структурирует. Следует указать, что структуры высоконаполненных смесей носят флуктуационный характер и при воздействии внешних факторов (повышении температуры, возникновении сдвиговых деформаций и др.) разрушаются, что приводит к аномальному снижению вязкости. После прекращения воздействия внешних факторов структура таких композиций будет восстанавливаться.

Для снижения необходимого уровня вязкости композиций в два–три раза необходимо производить переработку под воздействием сдвиговых деформаций величиной 5,4 ÷ 16,2 $с^{-1}$ (рис. 12). При этом вязкость композиций будет снижаться во времени до равновесных значений 99 ÷ 280 Па · с (рис. 13, 14), характеризующих "разрушенную структуру". Время разрушения структуры составляет 360 ÷ 600 с, а коэффициент тиксотропии $k_т = 1{,}135 \div 1{,}4$.

4.29. Принимая во внимание, что существенное влияние на характер изменения реологических свойств полимерных композиций, наполненных кварцевым песком, оказывает введение модифицирующих добавок, рекомендуется для достижения поставленной цели – получение полимеррастворных характеристик с заданной вязкостью и одновременно улучшенными физико-механическими показателями, повышенной технологичности и удобоукладываемости, вводить в их состав в количестве от 1 до 10 мас. ч. каждого компонента в отдельности, а также до 10 ÷ 12 мас. ч. смеси этих компонентов при соотношениях ТГМ-3: толуол = 1 : 2 = 1 : 3; ТГМ-3: ГКЖ – 94 = 5 : 1 = 5 : 2.

4.30. Введение 5 мас. ч. ТГМ-3 на 100 мас. ч. эпоксидного олигомера и 100 ÷ 180 мас. ч. песка равноценно введению 10 ÷ 12 мас. ч. толуола для тех же песчаных композиций по своему разжижающему действию. При дальнейшем увеличении содержания наполнителя пластифицирующее действие ТГМ-3 будет несколько снижаться по сравнению с толуолом. Однако не рекомендуется введение добавочных количеств полиэфира ТГМ-3, поскольку при увеличении коли-

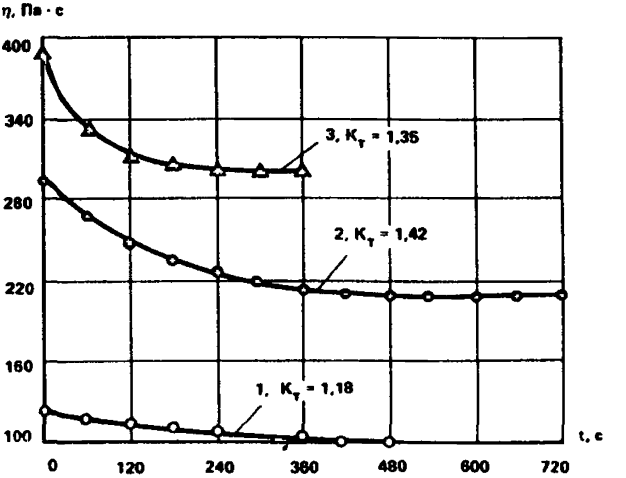


Рис. 14. График для определения изменений вязкости во времени (характера изменения тиксотропных свойств) для полимерных композиций, содержащих на 100 мас. ч. (ЭИС-1 + ЭД-20) кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

чества наполнителя до 250 ÷ 380 мас. ч. на 100 мас. ч. базового компонента действие рекомендуемых добавок опять уравновесится.

При применении высоконаполненных полимерных композиций следует учитывать высокую ассоциирующую способность полиэфира ТГМ-3 в смесях в связи с тем, что введение в состав композиций указанного модификатора создает различные условия образования и последующего формирования адсорбционного слоя. В композициях, содержащих до 150 мас. ч. наполнителя на 100 мас. ч. связующего, присутствие 5 мас. ч. ТГМ-3 обеспечивает изменение свойств твердой поверхности дисперсной фазы. Она, в частности, становится полимерофильной. Таким образом, следует увеличивать смачиваемость и распределение наполнителя в полимерной матрице, при котором адсорбционные слои, образовавшиеся на границе "полимер–наполнитель", будут располагаться на достаточно больших расстояниях друг от друга. При этом будет происходить активное формирование адсорбционных слоев и образование начальной "зародышевой" структуры. По мере увеличения содержания наполнителя будет происходить постепенное сближение его частиц, а следовательно, сближение и перекрывание образующихся адсорбционных слоев. За счет этого, а также за счет присутствия в многокомпонентной системе сильнополярных компонентов, какими являются эпоксидные олигомеры и полиэфир ТГМ-3, усилится межмолекулярное взаимодействие в межфазном слое и произойдет постепенное перекрывание адсорбционных слоев.

4.31. С целью снижения вязкости полимеррастворных композиций, содержащих до 150 мас. ч. наполнителя, следует вводить 5 мас. ч. пластификатора ТГМ-3 или 10 мас. ч. толуола, которые на границе раздела "полимер–наполнитель" создадут промежуточный слой, состоящий из связующего. Вязкость таких композиций уменьшается в 3 ÷ 8 раз (до 1 порядка), а в зоне контакта будут протекать диффузионные процессы. Тиксотропные свойства таких систем проявляются незначительно (рис. 15–18).

Для улучшения тиксотропных свойств полимерных композиций рекомендуется вводить в состав композиций от 150 до 290 мас. ч. песка. При этом в системах будет происходить процесс направленного структурообразования, вяз-

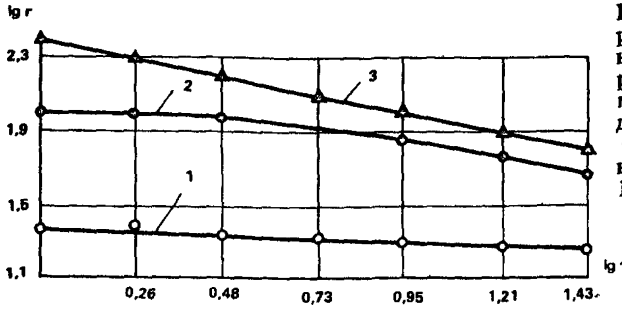


Рис. 15. График для определения величины вязкости при изменении скоростей деформации полимерных композиций, содержащих на 100 мас. ч. (ЭИС-1 + ЭД-20) кварцевого песка в мас. ч.: 1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

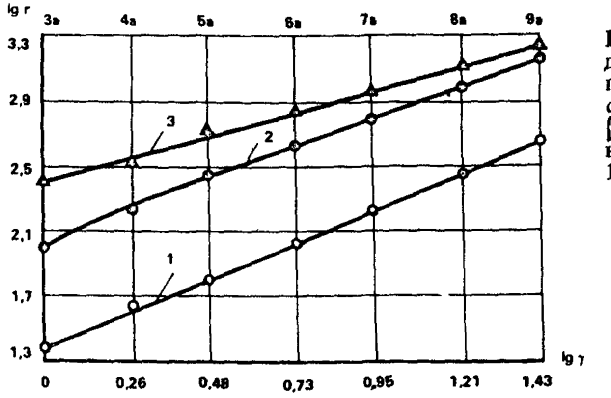


Рис. 16. График для определения характера течения полимерных композиций, содержащих на 100 мас. ч. [(ЭИС-1 + ЭД-20) + толуол] кварцевого песка в мас. ч. 1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

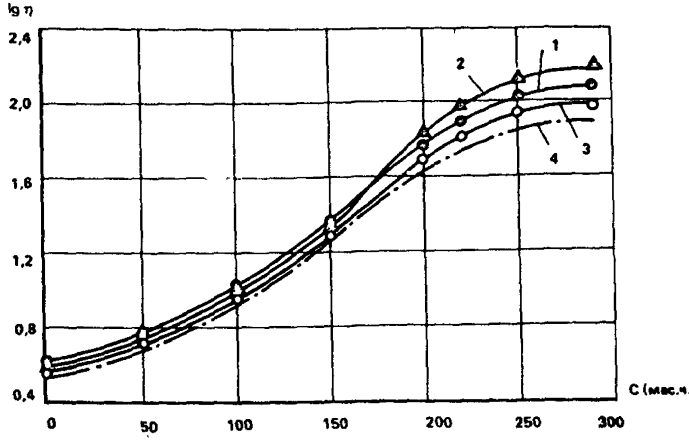


Рис. 17. Графическая зависимость для определения величины вязкости при изменениях концентрации и скорости деформации полимерных композиций, содержащих (ЭИС-1 + ЭД-20), толуол и наполнитель (КП)
1 – $\dot{\gamma} = 3c^{-1}$; 2 – $\dot{\gamma} = 5{,}4c^{-1}$; 3 – $\dot{\gamma} = 9c^{-1}$; 4 – $\dot{\gamma} = 16{,}2\ c^{-1}$

кость их увеличивается в 1,4 ÷ 2 раза по сравнению с композициями, содержащими до 150 мас. ч. наполнителя на 100 мас. ч. олигомера. Следует учитывать, что увеличение вязкости систем будет зависеть от степени обобществления образующихся адсорбционных слоев, т. е. от расстояния между отдельными частицами дисперсной фазы. Для таких композиций влияние ТГМ-3 как полярного пластифицирующего компонента, сводится до минимума. Тиксотропные свойства полимерных композиций, в состав которых вводится от 150 до 300 мас. ч. наполнителя улучшаются в 1,4 ÷ 1,7 раза.

Добавки полиэфира ТГМ-3 в количестве 5 ÷ 10 мас. ч. на 100 мас. ч. базового компонента следует производить в тех случаях, когда необходимо увеличить коэффициенты тиксотропии до $k_т = 1{,}7$ (см. рис. 14). Введение полиэфира ТГМ-3 в указанном диапазоне уровня наполнения полимерных систем песком (0 ÷ 300 мас. ч.) улучшают тиксотропные свойства композиций по сравнению с аналогичными, в состав которых вводится толуол на 18 ÷ 21% (рис. 19–22). Время, необходимое для разрушения структуры песчаных композиций, модифицированных полиэфиром ТГМ-3, составляет 300 ÷ 360 с, на рекомендуемые скорости деформации: $9 \div 16\ с^{-1}$.

4.32. При необходимости создания наполненных полимеррастворных композиций с вязкостью 102 ÷ 210 Па · с в их состав следует вводить от 1 до 2 мас. ч. ГКЖ-94 (т. е. в 5 раз меньшем, чем ТГМ-3). При этом верхний предел уровня наполнения составляет 100 мас. ч. песка на 100 мас. ч. эпоксидного олигомера. При введении в состав композиций 100 ÷ 150 мас. ч. песка и 1 ÷ 2 мас. ч. ГКЖ-94 вязкость их в 3 ÷ 6 раз превышает вязкость композиций, модифицированных ТГМ-3 и в 3 ÷ 9 раз вязкость композиций, модифицированных толуолом. При дальнейшем наполнении вязкость композиций, содержащих ГКЖ-94, будет монотонно возрастать. Введение ГКЖ-94 эффективно в тех случаях, когда требуется существенно улучшить тиксотропные свойства композиций, упрочнить ее структуру и, в конечном счете, улучшить прочностные и деформативные свойства полимерных композиций.

Следует учитывать, что роль ГКЖ-94 в полимерных композициях должна сводиться не столько к пластификации последних, но, главным образом, к улучшению взаимодействия полимерной матрицы с наполнителем.

Введение ГКЖ-94 должно быть ограничено рекомендуемым количеством (до 2 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидного олигомера в композициях, содержа-

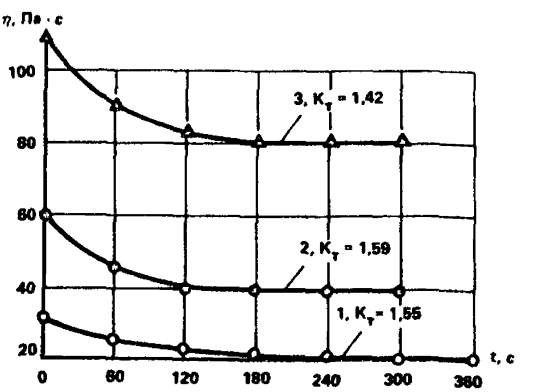


Рис. 18. График определения изменений структурной вязкости во времени для полимерных композиций, содержащих на 100 мас. ч. [(ЭИС-1+ ЭД-20) + толуол] кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

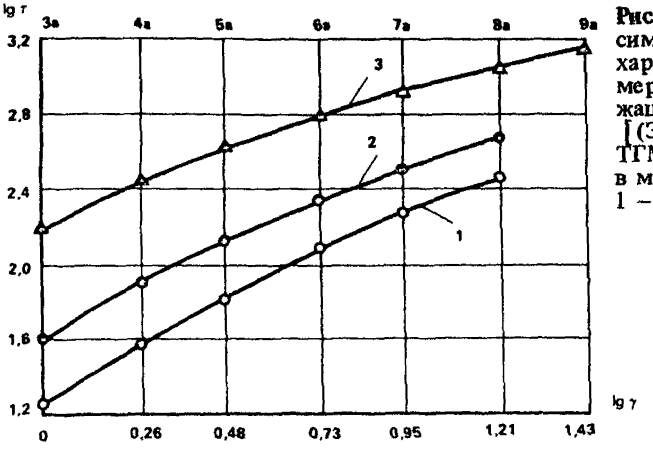


Рис. 19. Графическая зависимость для определения характера течения полимерных композиций, содержащих на 100 мас. ч. [(ЭИС-1 + ЭД-20) + ТГМ-3] кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

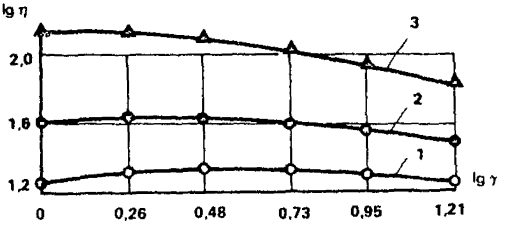


Рис. 20. График для определения вязкости при различных скоростях деформации полимерных композиций, содержащих на 100 мас. ч. [(ЭИС-1+ЭД-20)+ТГМ-3] кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

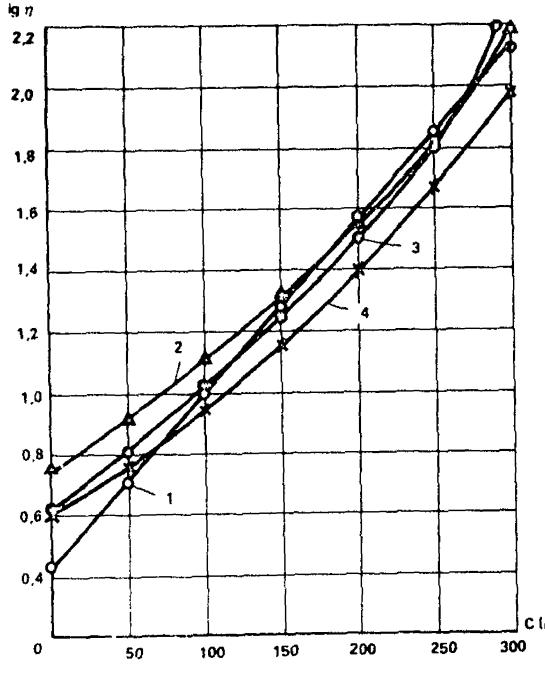


Рис. 21. Графическая зависимость для определения величины вязкости при изменении концентрации наполнителя (КП), модификатора ТГМ-3 к скорости деформации композиций
1 – $\dot{\gamma} = 3\ c^{-1}$; 2 – $\dot{\gamma} = 5{,}4 c^{-1}$;
3 – $\dot{\gamma} = 9\ c^{-1}$; 4 – $\dot{\gamma} = 16{,}2 c^{-1}$

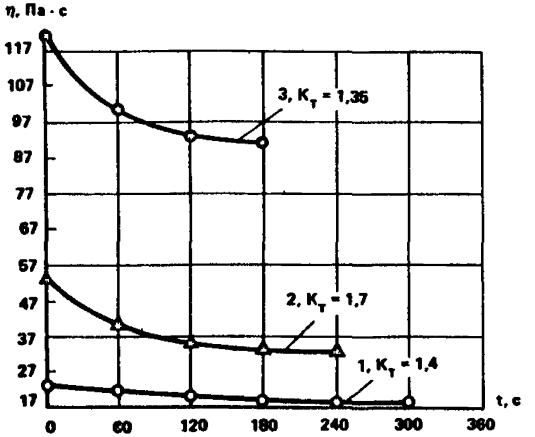


Рис. 22. Графическая зависимость для определения характера изменения структурной вязкости во времени для полимерных композиций, содержащих на 100 мас. ч. [(ЭИС-1+ЭД-20)+ТГМ-3] кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

щих до 300 мас. ч. песчаного наполнителя (рис. 23–26), поскольку при таких количествах ГКЖ-94 на поверхности твердой фазы будут образовываться адсорбционные слои небольшой толщины (10 ÷ 50 А). Весь объем наполнителя с адсорбированными на его поверхности молекулами полимера будет увеличиваться незначительно, структура станет упорядоченной без существенного увеличения вязкости систем.

Упорядочение структуры полимерных композиций проявляется в упрочнении связей между частицами наполнителя, что характеризуется увеличением времени, необходимого на ее разрушение. Так, например, по сравнению с композициями, в состав которых вводятся 10 мас. ч. ТГМ-3 или 5 мас. ч. толуола, оно возрастает до 540–600 с (в 1,5 ÷ 2,5 раза).

Для получения полимерных композиций с коэффициентом тиксотропии $k_т = 1{,}4 \div 1{,}65$ достаточно ввести в их состав 1,5 ÷ 2 мас. ч. ГКЖ-94 (см. рис. 26).

4.33. При проектировании составов полимеррастворных композиций для рассматриваемых работ следует учитывать характерную особенность всех многокомпонентных систем, наполненных кварцевым песком и содержащих модифицирующие добавки: при малом содержании наполнителя (до 150 мас. ч. песка на 100 мас. ч. эпоксидного олигомера) характер их течения лишь в небольшой степени будет отклоняться от ньютоновского. При наполнении песком полимерных композиций до 300 мас. ч. и выше на 100 мас. ч. эпоксидного олигомера будет проявляться заметное отклонение поведения полимерных жидкостей от поведения ньютоновских жидкостей. В зависимости от характера протекания процессов структурообразования (ньютоновского или неньютоновского) полимерные композиции для отделочных работ будут обладать различными видами текучести: низконаполненные композиции текут непосредственно после перемешивания или при незначительных напряжениях сдвига. Такие композиции легко наносятся методами разлива, механизированными методами.

Высоконаполненные полимерные композиции обладают улучшенными тиксотропными свойствами. При перемешивании они разжижаются, затем вновь структурируют. Они стабильны во времени, не расслаиваются, что и определяет допустимый срок их хранения. Этот технологический показатель является одним из определяющих при проектировании состава полимеррастворов.

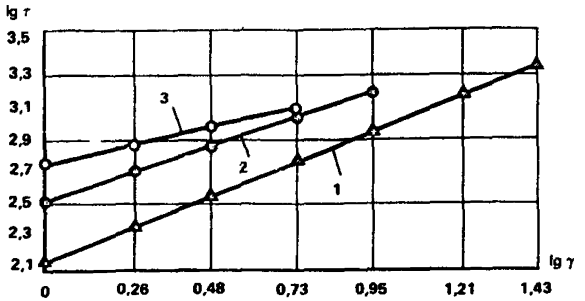


Рис. 23. График для определения характера течения полимерных композиций, содержащих на 100 мас. ч. [[ЭИС-1+ЭД-20)+ГКЖ-94] кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

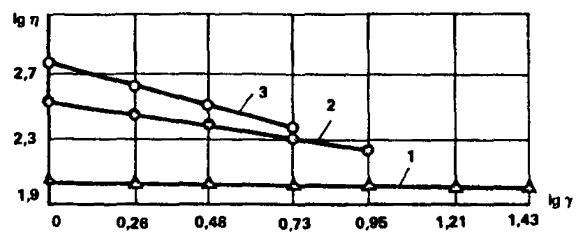


Рис. 24. График для определения величины вязкости на различных скоростях деформации смесей, содержащих на 100 мас. ч. [(ЭИС-1+ +ЭД-20)+ГКЖ-94] кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

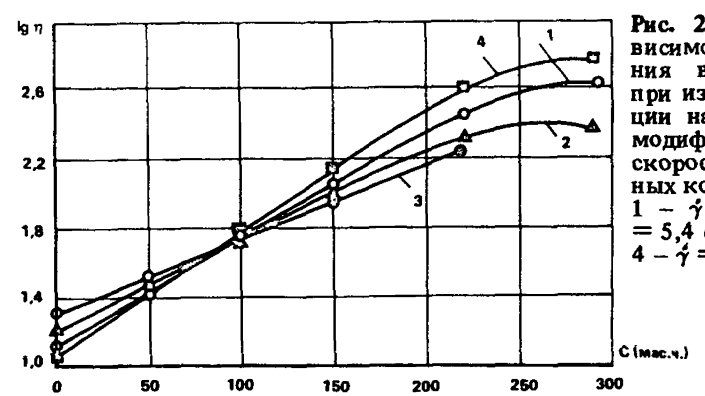


Рис. 25. Графическая зависимость для определения величины вязкости при изменении концентрации наполнителя (КП) и модификатора ГКЖ-94 и скорости сдвига полимерных композиций
1 – $\dot{\gamma} = 3\ с^{-1}$; 2 – $\dot{\gamma} = 5{,}4\ с^{-1}$; 3 – $\dot{\gamma} = 9\ с^{-1}$; 4 – $\dot{\gamma} = 16{,}2\ с^{-1}$

4.34. При проектировании составов полимеррастворных композиций для облицовочных работ следует использовать большие возможности изменения их свойств в связи с многокомпонентностью таких систем, а также учитывать возможность создания высокостабильных, тиксотропных композиций с заданной вязкостью.

Такие композиции являются высокоэкономичными и обладают улучшенными прочностными и эксплуатационными характеристиками.

4.35. Следует учитывать, что при нанесении полимерных композиций на поверхность материала они должны хорошо смачивать эти поверхности для образования слоя с высокими адгезионными характеристиками.

Полимеррастворы с улучшенными реологическими свойствами обладают более эффективной кинетикой формирования высокопрочных адгезионных

Таблица 17

Компонент	Содержание компонентов, мас. ч. в составах																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Базовые компоненты																						
ЭД-16	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	–	–
ЭД-20	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	–
ЭД-24	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–
Э-40	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–
ЭИС-1	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–
УП-5-177	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100	–
ЭК-3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100
Пластификаторы (модификаторы)																						
Полиэфир ПН-1	–	–	–	10	10	–	–	–	10	10	–	–	–	10	10	–	–	–	10	10	–	–
Полиэфир МГФ-9	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	–
ТГМ-3	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–
Тиокол НВА	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10
Дибутилфталат	20	–	–	10	–	20	–	–	10	–	20	–	–	10	–	20	–	–	10	–	–	–
Трикрезилфосфат	–	–	5	–	–	–	–	5	–	–	–	–	5	–	–	–	–	5	–	–	–	–
Триэтиленгликоль	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–
Растворители (разбавители)																						
Бензол	–	–	–	–	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–
Толуол	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	–
Ацетон	5	5	–	5	–	5	–	–	5	–	5	5	–	5	–	5	5	–	5	–	–	–
Фурфурол	–	–	5	–	–	–	–	5	–	–	–	–	5	–	–	–	–	5	–	–	–	–

Продолжение табл. 17

Компонент	Содержание компонентов, мас. ч. в составах																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Отвердители																						
Полиэтиленполиамин	10	15	—	20	—	10	15	—	20	—	10	15	—	20	—	10	15	—	20	—	—	15
Триэтаноламин	—	5	—	—	—	—	5	—	—	—	—	5	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—
Гексаметилендиамин	—	—	—	—	20	—	—	—	—	20	—	—	—	—	20	—	—	—	—	20	—	—
Диэтилентриамин	—	—	20	—	—	—	—	20	—	—	—	—	20	—	—	—	—	20	—	—	—	—
УП-5-179	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	—
Силановые аппреты	—	—	—	—	—	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Пигменты и красители	—	—	—	—	—	10—50	10—50	10—50	10—50	10—50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Наполнители																						
Кварцевый песок	—	—	—	—	—	—	—	100	—	100	150	200	150	100	250	300	400	350	300	450	350	300
Портландцемент	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100	100	75	100	100	100	100	100	100	—	100
Маршаллит	—	—	—	—	100	150	200	50	100	150	100	100	100	100	—	200	100	150	200	150	150	150
Гранитная мука	—	—	—	—	—	50	50	50	50	—	50	—	—	50	50	—	—	—	—	—	—	—
Аэросил	—	—	—	—	—	50	75	50	50	75	—	50	50	—	50	—	—	—	—	—	—	—

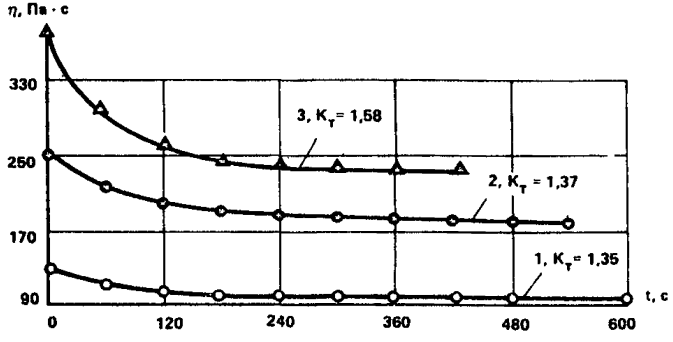


Рис. 26. График для определения изменений структурной вязкости во времени для композиций, содержащих на 100 мас. ч. [(ЭИС-1+ЭД-20)+ГКЖ-94] кварцевого песка в мас. ч.
1 – 150; 2 – 220; 3 – 290

связей как на поверхности раздела матрица –наполнитель, так и на поверхности адгезив–субстрат. Последнее положение иллюстрирует необходимость проектирования составов полимеррастворов для проведения облицовочных работ с учетом оптимальных реологических характеристик рекомендуемых составов.

4.36. Для проведения работ по облицовке гражданских зданий естественным камнем с использованием полимеррастворов рекомендуется применять композиции, рецептура которых приведена в табл. 17.

Следует учитывать, что тип полимеррастворной композиции выбирают в зависимости от назначения последней и видов выполняемых работ: адгезионная обмазка поверхностей (составы № 1 ÷ 5); омоноличивание стыков и швов плит между собой (составы № 6 ÷ 10); приклеивание плит к облицовываемой поверхности (составы № 11 ÷ 15); закрепление анкеров в гнездах плит и стены (составы № 16–22).

Полимеррастворные композиции одного типа взаимозаменяемы и выбираются в зависимости от вида базовых и комплектующих компонентов, используемых производителем работ.

Количественное и качественное соотношение пигментов и красителей должно подбираться в соответствии со структурой и колористическими характеристиками естественных каменных материалов, используемых для облицовочных работ.

КОНТРОЛЬ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРРАСТВОРОВ И КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

4.37. Используемые при облицовочных работах полимеррастворы и полимеррастворные (клеевые) соединения следует контролировать и характеризовать по следующим свойствам, показателям и характеристикам.

Внешний вид (ГОСТ 901–78*) полимеррастворa ограниченной жизнеспособности следует рассматривать непосредственно после приготовления. Внешний вид определяют визуально.

При использовании ненаполненных полимеррастворных композиций последнего в виде навески 25–50 г помещают в стеклянный или фарфоровый стакан вместимостью 50–100 $см^3$. Чистую сухую стеклянную палочку или шпатель погружают в клей и поднимают на 10–20 см над стаканом. Стекающая струя должна быть однородной, без посторонних механических примесей и сгустков.

При использовании наполненных композиций последнюю рассматривают на предмет равномерного распределения наполнителя (пигмента в случае его применения) в полимерной матрице.

Плотность (ГОСТ 21119.5–75*). Наиболее точным для жидких композиций является метод определения плотности с помощью пикнометра.

Плотность композиций, содержащих крупнодисперсный наполнитель, следует определять следующим образом: мерный цилиндр на 50 $см^3$ покрывают изнутри слоем противоадгезионной обмазки, взвешивают, заполняют полимеррастворо м и взвешивают повторно. Плотность неотвержденного клея γ, $г/см^3$, вычисляют по формуле

$$\gamma = (G_1 - G_2) / 50,$$

где G_1 – масса цилиндра с клеем, г; G_2 – масса пустого цилиндра, г.

Вязкость следует определять на вискозиметрах В-36, Хепплера, ВП-3, ВК-2, ВЗ-1 и ВЗ-4. На вискозиметрах В-36 и ВЗ-4 следует определять вязкость ненаполненных полимеррастворов (ГОСТ 8420–74*), вискозиметра Хепплера – вязкость всех исходных ингредиентов (жидких) и на вискозиметрах ВП-3 и ВК-2 (разработаны Патуроевым В.В.) вязкость наполненных полимеррастворов.

Жизнеспособность (ГОСТ 14231–78*) является необходимой характеристикой для полимеррастворных композиций, содержащих в своем составе отвердители. В практике различают полную и рабочую жизнеспособность. Под полной жизнеспособностью понимают время с момента приготовления полимеррастворной композиции до начала ее желатинизации. Рабочая жизнеспособность определяется временем с момента приготовления композиции до приобретения ею вязкости, при которой она непригодна для нанесения на склеиваемые поверхности.

Содержание наполнителя обычно известно, так как его вводят при приготовлении полимеррастворa. Однако при необходимости контроля содержания наполнителя следует 2–3 г композиции смешать с растворителем до получения низковязкой консистенции и профильтровать. Остаток на фильтре промывают растворителем, высушивают и взвешивают. Фенолоформальдегидные и резорциноформальдегидные полимерные составляющие растворяют метиловым спиртом, меламиноформальдегидные – ледяной уксусной кислотой, полиэфирные и эпоксидные – метилэтилкетоном.

Другие важные химико-технологические, прочностные, деформативные характеристики полимеррастворов и клеевых соединений на их основе (время отверждения, концентрация водородных ионов, термический коэффициент линейного расширения, усадка, собственные напряжения, предел прочности при растяжении и модуль упругости, предел прочности при сдвиге, предел прочности при равномерном отрыве, предел прочности при неравномерном отрыве, предел прочности при отдире (отслаивании), длительная прочность, усталостная прочность, модуль упругости при сдвиге клеевых соединений, ползучесть)

определяются по соответствующим ГОСТам, техническими указаниями и пособиями с учетом специфических особенностей рассматриваемого вида работ.

4.38. Следует учитывать, что в условиях эксплуатации полимеррастворные прослойки в соединениях могут набухать, растворяться, становиться хрупкими, стареть, снижать прочность сцепления с материалами, подвергаться химическому разложению. В связи с этим необходимо проверять образцы многослойной системы (естественный камень + полимерраствор + подложка) на стойкость к тем воздействиям, которые наиболее вероятны.

4.39. Стойкость к действию воды определяют сравнением прочности образцов, выдержанных в течение определенного времени в воде и на воздухе. Чаще всего водостойкость устанавливают по изменению прочности при сдвиге, иногда – при неравномерном отрыве. Продолжительность испытаний в отечественной практике составляет 30 сут (с промежуточными сроками 10, 15, 20 сут). Образцы выдерживают в обычной водопроводной воде при комнатной температуре, потом сушат и испытывают на сдвиг. При этом фиксируют не только снижение прочности, но и характер разрушения. Так, если в клеевом шве обнаружены следы коррозии металла, необходимо провести дополнительные испытания образца с соответствующими защитными покрытиями металла. Кроме того, результат испытаний может зависеть от способа подготовки поверхности материала к склеиванию. Для более полной характеристики испытуемого клея целесообразно испытать на водостойкость несколько образцов, поверхность которых подготовлена разными способами.

4.40. Стойкость к действию влажного воздуха определяют по изменению прочности стандартных образцов после выдержки на воздухе с относительной влажностью 96–98%. Для этого используют везерометры, специальные камеры с влажным воздухом и другие приспособления.

4.41. Стойкость к термовлажностному старению (имитация воздействия влажного и тропического климата) устанавливают по изменению прочности (при сдвиге или неравномерном отрыве) образцов, выдержанных в следующих условиях: 8 ч при 50°С и относительной влажности воздуха 98–100%; 12 ч при 18–25°С и той же влажности; 4 ч в термостате при работающем вентиляторе при 50°С и относительной влажности 65–70%. Продолжительность испытаний 30, 60 и 90 сут. Для испытаний используют специальные камеры тропического климата или везерометры. По окончании испытаний определяют прочность этих образцов и контрольных, выдержанных при комнатной температуре в течение того же времени.

4.42. Стойкость к действию переменных температур определяют по изменению прочности стандартных образцов, выдержанных при циклически изменяющихся температурах. Наибольшее распространение получил следующий режим: 3 ч при –60°С и 30 мин при 20–25°С. Стандартной методикой предусмотрено 30 таких циклов. По окончании выдержки образцы испытывают на механическую прочность параллельно с контрольными образцами, выдержанными 30 сут в комнатных условиях. Для выдержки используют нагревательные шкафы и холодильные камеры обычных типов или специальные камеры с программным изменением температуры.

В ряде случаев, когда этого требуют условия эксплуатации клеевых соединений, их испытывают на тепловой удар. Образцы выдерживают при заданной отрицательной температуре (например, в жидком азоте), а затем быстро пере-

носят в нагретый также до заданной температуры термостат. Изменение прочности образцов после многократных (10 и более) тепловых ударов характеризует стойкость соединений к резким перепадам температур. Особенностью этих испытаний является зависимость их результатов от значений коэффициентов линейного расширения склеиваемых материалов.

4.43. Атмосферостойкость клеевых соединений определяют по изменению прочности стандартных образцов, выдержанных в атмосферных условиях данного климатического пояса. В отечественной практике чаще всего проводят атмосферные испытания в трех климатических зонах: холодного морского климата, климата средней полосы европейской части СССР и влажного субтропического климата. Образцы выдерживают под открытым небом и под навесом. Во втором случае образцы подвергают действию всех климатических факторов, кроме прямого попадания атмосферных осадков и солнечных лучей. Испытания на атмосферостойкость проводят через каждые 3 мес в первый год испытаний, а далее – через год. Общая продолжительность испытаний может составлять 10 лет и более. Рекомендуется применять образцы клеевых соединений, имеющих защиту, исключающую коррозию металла. По окончании испытаний определяют прочность образцов и сравнивают ее с прочностью контрольных образцов, выдержанных в течение того же времени при комнатной температуре.

4.44. Стойкость к действию топлива, масел и различных химических реагентов определяют по изменению прочности при сдвиге и неравномерном отрыве стандартных образцов после выдержки в соответствующей среде. Срок выдержки обычно составляет 30 сут при 20°С. Следует иметь в виду, однако, что такое испытание условно, так как с повышением температуры агрессивность топлива, масел и других химических реагентов может увеличиваться. По окончании выдержки с образцов удаляют остатки жидкости (промывкой для кислот слабым содовым раствором и т. д.) и проводят механические испытания.

4.45. Учитывая, что на получение исчерпывающего представления о стойкости клеевых соединений в атмосферных условиях требуется много времени на проведение испытаний, что не всегда выполнимо, представляют интерес ускоренные испытания: в аппаратах искусственной погоды или при помощи жесткого режима термовлагообработки, характер и продолжительность которого зависят от температурно-влажностного режима эксплуатации. Вид обработки должен в наибольшей степени соответствовать результатам длительных испытаний клеевого соединения. Такие испытания проводятся в соответствии со стандартными методиками по следующим режимам термовлагообработки образцов:

1. Вымачивание в воде при температуре 67–70°С в течение 3 ч. Применяется для соединения на немодифицированных карбамидных клеях.

2. Кипячение в воде в течение 1 ч. Применяется для соединений на фенолоформальдегидных, мочевино- и меламиноформальдегидных полимеррастворах.

3. Кипячение в воде в течение 3 ч. Применяется для соединений на фенолоформальдегидных и мочевиноформальдегидных полимеррастворах.

4. Кипячение в воде в течение 6 ч. Применяется для соединений на фенолоформальдегидных, резорцинформальдегидных и меламиноформальдегидных полимеррастворах.

5. Переменное кипячение – высушивание: кипячение в воде 4 ч, высушивание при 20°С 16 ч, кипячение 4 ч. Применяется для соединений на резорцинформальдегидных, эпоксидных и фенолоформальдегидных полимеррастворах.

6. Переменное кипячение – высушивание и переменное вымачивание-высушивание; кипячение в воде 4 ч, высушивание при 63°С 20 ч, а затем три цикла вымачивания в воде по 48 ч и высушивание по 8 ч при 63°С. Применяется для соединений на фенолоформальдегидных полимеррастворах.

7. Метод ВИАМ: вымачивание в воде при 20°С 48 ч, замораживание при 20°С 9 ч, оттаивание при 20°С 15 ч, высушивание при 70°С 10 ч. Применяется для соединений на фенолоформальдегидных, полиуретановых, эпоксидных и резорцинформальдегидных полимеррастворах.

8. Кипячение в воде 4 ч, погружение в холодную воду при 16–18°С на 30 мин, замораживание при –20°С 15 ч, оттаивание при 70°С 4 ч. Применяется для соединений на фенолоформальдегидных, эпоксидных, полиэфирных, полиуретановых, резорцинформальдегидных, дифенилкетоновых полимеррастворах.

Стойкость соединений при ускоренных испытаниях определяют по количеству циклов, повторенных до появления признаков расслоения, или по значению предела прочности (или снижения его значения по сравнению с первоначальным) после нескольких циклов термовлагообработки.

4.46. Для ускоренных испытаний следует применять специальное оборудование. Вымачивают образцы в ваннах с автоматическим термостатическим регулятором. Образцы закрепляют на стержнях и укладывают пакетами. Температуру воды поддерживают с точностью до 0,5°С, когда образцы вымачивают в горячей (65–70°С) воде. Отклонение температуры всего лишь на 1°С может внести заметную погрешность в результаты испытаний.

Для кипячения образцов в воде используют медицинские стерилизаторы, оборудованные электронагревателями из нескольких ступеней накала и имеющие контейнеры с перфорированным дном для укладки образцов. Объем стерилизаторов небольшой (3–5 л), поэтому их используют для испытания малых образцов (фанеры, пластиков). Для испытания более крупных образцов применяют кипятильник. Образцы устанавливают в контейнере с перфорированным дном. Кипятильник используют также для пропаривания или влагонасыщения образцов, для чего образцы кладут на решетку, а уровень воды снижают.

Высушивают образцы в сушильных шкафах, камерах, термостатах, а также в обдувающих установках, состоящих из калориферов и вентиляторов с воздуховодами.

Переменное вымачивание-высушивание проводят в специальной установке, состоящей из сварной станины, редуктора, диска с кассетами, в которые вставляют образцы клеевых изделий. Часть пути кассеты проходят в ванне с водой, уровень которой зависит от времени пропитки. Другую часть пути кассеты с увлажненными образцами проходят в кожухе воздуховода. Воздух, нагнетаемый вентилятором, подогревается калориферами в зависимости от требуемого режима высушивания.

Для испытания полимеррастворных соединений используют также климатические камеры нескольких типов. Например, камера тепла и влаги ТВК-0,25, в которой испытывают образцы при постоянной и переменной влажности. Камера характеризуется следующими параметрами: температура внутри камеры 20–100°С, относительная влажность воздуха 50–100%, объем камеры 250 л.

Камеру низких давлений и температуры КНТ-0,05 используют для испытаний на попеременное оттаивание-замораживание. Температура в камере меняется от 20 до −60°С, давление – от 760 до 10 мм рт. ст., рабочий объем камеры 50 л.

Аппараты искусственной погоды (везерометры) пердназначены для проведения ускоренных испытаний на долговечность различных материалов.

Ниже приведена техническая характеристика аппарата искусственной погоды ИП-13 (ТТ-25-07-412-68). Аппарат предназначен для проведения ускоренных испытаний различного рода материалов на погодоустойчивость, что достигается воздействием на них искусственного света (близкого к солнечному), орошением водой, а также созданием тех или иных температурных условий.

Техническая характеристика

Внутренние размеры камеры, мм	880x880x950
Размеры барабана, мм	784x420
Число оборотов барабана в 1 мин	1
Число размещаемых образцов	60
Размеры образцов, мм	150x60x15
Пределы регулирования температуры в процессе испытания образцов, °С	30–90
Размеры, мм	2070x1350x970
Масса, кг	128

Влажность воздуха в испытательной камере и орошение образца водой можно регулировать в соответствии с заданным режимом; 500 ч обработки образцов в аппарате при оптимальном режиме приблизительно соответствует 1,5–2-годичному сроку службы. Состояние образцов проверяют как по внешнему виду, так и по результатам испытания на прочность полимеррастворных соединений. В аппарате имеются камера, барабан для крепления и перемещения образцов, вентиляторов, манометрический термометр, форсунки для орошения образцов.

4.47. Статистическая обработка результатов испытаний. При определении прочностных показателей полимеррастворов и клеевых соединений наблюдается значительный разброс их значений. Это объясняется тем, что на их основе помимо объективных факторов, например технологических, на прочностные характеристики влияет большое число как случайных, так и вероятностных ошибок. Статистической обработкой результатов испытаний можно определить характерные величины и сделать выводы о их достоверности.

Для установления типичной характеристики, например предела прочности при склеивании, вычисляют среднеарифметическое значение М из совокупности всех наблюдений

$$M = \Sigma x / n,$$

где Σx – сумма отдельных измерений (вариант); n – число измерений (вариант).

Часто одно или несколько значений x резко отличаются от среднего значения и от остальных данных. Это может быть результатом ошибки эксперимента, нарушения условий испытаний и т. д. Обычно такие "выпадающие" данные отбрасывают и при анализе не учитывают. Вопрос о том, при каких условиях резко выделяющееся значение следует исключать и в каких случаях его необходимо учитывать, решает аппарат теории вероятностей, позволяющий достаточно точно и просто провести такой анализ. Определяют величину

$$S = \sqrt{1/n \sum_{i=1}^{n} (x_i - M)}$$

и составляют безразмерную дробь типа Стьюдента:

$$V = (x_{max} - M) / S .$$

Далее по зависимости числа замеров n от вероятности P (табл. 18) находят квантиль распределения V_0. Для механических испытаний можно принять $P = 0{,}05$. Если $V > V_0$, то x_{max} следует отбросить как замер, содержащий грубую ошибку. Чем меньше выбирается значение P, тем самостоятельнее вывод (в случае $V > V_0$), что x_{max} следует исключить из выборки как замер, содержащий грубую ошибку. Квантили распределения значений приведены в табл. 18.

Методика расчета аналогична, если рассматривается минимальное значение x_{min} только в этом случае

$$V = (M - x_{min}) / S .$$

Среднеарифметическое значение дает представление о среднем значении изучаемого признака (результатов испытаний), но предела его колебаний не выражает. Значением, характеризующим пределы колебаний (размер колебаний) изучаемых свойств, является среднеквадратическое отклонение σ, равное

$$\sigma = \pm \sqrt{(\Sigma x^2) / (n-1)},$$

где Σx^2 – сумма квадратов отклонений всех вариантов от среднеарифметического значения.

Среднеарифметическое значение, как правило, вычисляют из сравнительно небольшого числа измерений с той или иной степенью точности. Характеристика его, позволяющая по частным значениям среднеарифметического судить об общем его значении, является средняя ошибка среднеарифметического m:

$$m = \pm \sigma / \sqrt{n}.$$

Чем больше частное от деления среднеарифметического на среднюю ошибку, тем более надежны результаты. Если это частное $M / m \leqslant 3$, то результаты опыта следует считать совершенно ненадежными. Если выразить среднюю ошибку m в процентах по отношению к среднеарифметическому M, получим показатель точности испытаний p:

$$p = m / M 100. \qquad (6)$$

Для определения числа образцов, необходимых для получения результатов испытаний с заданной степенью точности, пользуются формулой (6), решая ее относительно n:

$$p = m / M 100 = \sigma 100 / \sqrt{nM},$$

Таблица 18

n	P=0,1	P=0,05	P=0,025	P=0,01
3	1,406	1,412	1,414	1,414
4	1,645	1,689	1,71	1,723
6	1,791	1,869	1,917	1,955
7	1,974	2,093	2,182	2,265
8	2,041	2,172	2,273	2,374
9	2,097	2,237	2,349	2,464
10	2,146	2,294	2,414	2,54
11	2,198	2,343	2,47	2,606
12	2,229	2,387	2,519	2,663
13	2,264	2,426	2,562	2,714
14	2,297	2,461	2,602	2,759
15	2,326	2,493	2,638	2,8
16	2,354	2,523	2,67	2,837
17	2,308	2,551	2,701	2,871
18	2,414	2,577	2,728	2,903
19	2,426	2,6	2,754	2,932
20	2,447	2,623	2,778	2,959
21	2,467	2,644	2,801	2,984
22	2,486	2,664	2,823	2,008
23	2,514	2,683	2,843	2,03
24	2,62	2,701	2,862	2,051
25	2,537	2,717	2,88	2,071

откуда

$$n = (\sigma^2\ 100)\ /\ (p^2\ M^2). \qquad (7)$$

Выражая среднеквадратическое отклонение σ в процентах среднеарифметического M, получают коэффициент изменчивости данного признака или вариационный коэффициент

$$V = \pm\sigma\ /\ M\ 100.$$

Зная вариационный коэффициент и показатель точности, число образцов также можно определить по формуле

$$n = V^2\ /\ p^2\ . \qquad (8)$$

Формулы (7) и (8) обеспечивают надежность получения результата с вероятностью 0,683 (683 из тысячи).

При необходимости получения полной достоверности результатов для определения числа образцов применяют эмпирическую формулу

$$n = 10\ (V / p) + 5.$$

На практике показатели точности p задаются, исходя из реальных условий и требований ТУ, а вариационный коэффициент V выбирают, исходя из реальных условий.

Для конструирования полимеррастворных соединений необходимо знать их расчетные сопротивления, определяемые по формуле

$$R = k_o R_н,$$

где $R_н$ – нормативное сопротивление; k_o – коэффициент однородности.

Нормативные сопротивления определяют из результатов кратковременных испытаний с учетом коэффициента длительного сопротивления.

Коэффициент однородности в применении к клеевым соединениям учитывает главным образом влияние технологических параметров: режима приготовления, нанесения и отверждения полимеррастворa, подготовки поверхности к склеиванию, температурно-влажностных условий в момент склеивания. Величина k_o зависит от характера разрушения: при разрушении по склеиваемому материалу разброс показателей прочности будет обусловлен однородностью этого материала; если разрушение происходит по клею или носит адгезионный характер, то разброс зависит от однородности клея.

Коэффициент однородности k_o определяют по формуле

$$k_o = 1 - tv / 100,$$

где V – вариационный коэффициент, %; t – показатель доверия.

Для силовых соединений, от которых зависит несущая способность конструкций, t = 3, что соответствует надежности 0,999.

5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБЛИЦОВОЧНЫХ РАБОТ

ПОДБОР КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ФОРМ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПЛИТ

5.1. Работы по облицовке поверхностей строительных конструкций внутри и снаружи зданий и сооружений природным камнем производятся по специальному проекту на данный вид работ и при составлении проектно-сметной документации следует учитывать следующие положения.

5.2. При выборе природного камня следует учитывать наличие местных ресурсов породных разработок. Местные каменные материалы, особенно светлых тонов, могут найти широкое применение для облицовки стен и изготовления отдельных архитектурных деталей фасадов зданий. Применение привозного облицовочного материала должно быть экономически обосновано, поэтому его следует применять только в тех частях зданий и сооружений, где он не может быть заменен другими материалами.

5.3. При выборе естественного камня следует учитывать, что под влиянием атмосферных воздействий светлые пористые породы быстро запыляются и теряют свой цвет; граниты, габбро, лабродориты и другие темноокрашенные породы с ударными фактурами запыляются, теряют насыщенность цветового тона и несколько осветляются.

Плиты для создания общего рисунка и цветовых переходов в данной плоскости облицовки следует подбирать на стендах в заводских условиях с последующей маркировкой плит.

5.4. При выборе камня для внутренних облицовок определяющими показа-

телями служат его декоративные свойства (цвет, рисунок) и сопротивление истиранию (камень для полов и ступеней).

Для облицовки внутренних стен, пилястр, колонн, пилонов обычно применяют светлые и цветные мраморы и травертин; для плинтусов – темные мраморы, лабродорит; для полов и ступеней – мраморовидные известняки, лабродорит, габбро; для поручней – мрамор, гранит; для подоконников – мрамор.

Для внутренних облицовок вертикальных поверхностей, как правило, принимается полированная (зеркальная) фактура лицевой поверхности камня; для полов и ступеней – лощеная и шлифованная.

5.5. Для наружных облицовок можно применять все виды твердых и средней твердости пород камня, обладающие достаточной прочностью и атмосферостойкостью.

Рекомендуемые фактуры для различных пород камня, используемого в наружных облицовках, приведены в табл. 19.

Подбор природного камня и фактур для облицовки различных элементов фасада рекомендуется производить в соответствии с табл. 20.

5.6. Принимая во внимание, что при облицовке поверхностей необходимо строго соблюдать общий рисунок и цветовые переходы в плоскости, следует учитывать вопросы согласования формы облицовываемой поверхности и формы облицовочных плит из природного камня. Отметим, что в соответствии с ГОСТ 23342–78 и ГОСТ 9480–77 плиты из природного камня выпускаются прямоугольной формы, однако, нередко возникает необходимость применения при облицовках плит другой конфигурации.

5.7. При решении этой задачи следует рассматривать некоторые геометрические системы, позволяющие надежно рекомендовать закономерности расположения элементов на облицовываемой поверхности.

Одной и той же системе точек отвечает бесчисленное множество плоских сеток в зависимости от способа соединения узлов.

В зависимости от способа соединения узлов изменяется и симметрия сетки. Например, квадратная сетка имеет ту же симметрию, что и положенная в основу ее построения система точек (узлов сетки).

Другие сетки строятся на той же системе узлов, но имеют уже другую симметрию. Если соединение узлов производить так, что в каждом из них пересекаются две (и только две) прямых, и если прямые не имеют иных точек пересечения, кроме заданных узлов, то независимо от способа соединения, получаемые параллелограммы имеют одинаковую площадь.

Из изложенного следует, что во многих случаях проще рассматривать системы точек, чем сетки, особенно, если речь идет о симметрии.

5.8. Существует только пять параллелограмматических систем, отличающихся друг от друга своей симметрией.

1. Квадратная система узлов с таким расположением узлов, которое позволяет построить сетку с элементарным параллелограммом в форме квадрата.

2. Правильная треугольная система узлов (три точки условно обозначают наклон осей друг к другу по углам в 60^{o}), в которой может быть выбран элементарный параллелограмм в форме ромба, составленного из двух правильных треугольников.

3. Ромбическая система узлов с элементарными параллелограммами в виде ромбов общего вида.

Природа облицовочного камня		Рекомендуемая фактура	
вид	разновидность	оптимальная	допустимая
Кварциты	Красный крупнозернистый и порфировидный	Полированная скала	Скала лощеная
Граниты	Красный средне- и мелкозернистый	То же	Лощеная, мелкобугристая, кованая*
	темно-серый	Скала	Мелкобугристая, кованая
	светло-серый	Скала, шлифованная	Кованая, мелкобугристая, полированная
Лабродориты	Серый	Полированная	Скала
	Черный	"	"
Габбро	То же	"	Скала, кованая
Мрамор	Белый	Шлифованная	Лощеная
Известняки и доломиты	Плотный	Шлифованная, бугристая	Рифленая
Туфы	Зонально-полосчатый	Шлифованная	–
	цветной	Бугристая	Шлифованная

* Кованая фактура – бороздчатые и точечные фактуры.

4. Прямоугольная система узлов с элементарными параллелограммами в форме прямоугольников.

5. Косая параллелограмматрическая система узлов с элементарными параллелограммами общего вида.

Рассматривая все многообразие облицовываемых поверхностей, легко заметить, что разные поверхности неодинаково подаются разбивке на минимум элементов.

5.9. Поверхности вращения могут облицовываться элементами (плитами) одного типоразмера, т. е. число типоэлементов $t = m / m = 1$, где m – число элементов. Единственным условием является кратность угла элемента в плане (угла α).

Поверхности, имеющие в плане эллипс или овал, плохо поддаются точному паркетированию. В этом случае $t = m / 2$.

5.10. Поверхности положительной и отрицательной гауссовой кривизны на квадратном или прямоугольном плане следует разбивать на элементы, наложив на план поверхности сетку из квадратных (прямоугольных) ячеек.

5.11. При облицовывании цилиндрической поверхности последнюю следует

Таблица 20

Область применения	Элемент фасада	Порода облицовочного камня и его фактура			
		граниты	габбро и лабродориты	известняки, доломиты и мраморы	песчаники и туфы (цветные)
Облицовка цокольной части здания (1-й и 2-й этажи многоэтажного здания)	Цоколь	Полированная	Полированная	–	–
	Поле стены	Скала	–	Шлифованная	Бугристая
	Профильные архитектурные детали	Полированная	Полированная	"	Гладкая
	Междуэтажный пояс	Шлифованная	–	"	"
Облицовка вышележащих этажей	Пояс стены	–	–	Шлифованная, пиленая	–
	Профильные архитектурные детали	–	–	Шлифованная	

разбить на сетку, состоящую из одной из пяти равновеликих фигур с площадью, равной 1. В качестве элементарного элемента (плиты) используем квадрат, прямоугольник, правильный треугольник и шестиугольник. Прямоугольными элементами поверхность облицовывается в двух вариантах:

когда с прямолинейной образующей поверхности совпадает короткая сторона;

когда с ней совпадает длинная сторона.

Стороны прямоугольника относятся между собой 0,62/1.

5.12. Пологую поверхность следует облицовывать элементами, форма которых зависит от выбранного паркетажа.

5.13. Облицовочные плиты из естественного камня (ГОСТ 9480–77), изготовляемые путем распиловки блоков из природного камня, отвечающих требованиям ГОСТ 9479–84 или выпиливаемые непосредственно из массивов, делятся по своим размерам на пять групп (табл. 21).

Таблица 21

Группа плиты по ширине	Размеры плиты, мм		
	ширина	длина	толщина
I	Св. 800 до 1200	Не менее ширины, но не более 1500	20, 25, 30
II	Св. 600 до 800		20, 25, 30
III	Св. 300 до 600		10, 15, 20, 25, 30
IV	Св. 150 до 300	–	10, 15, 20, 25, 30
Полоска или шашка	Св. 20 до 150	–	10, 15, 20, 25, 30

ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТЕИ

5.14. Поверхности, подлежащие облицовыванию, не должны иметь открытых швов, сквозных трещин, отклонений от вертикали более 3 мм на 1 м высоты, неровностей в виде выступов и углублений более 15 мм, выколов и жировых пятен.

5.15. Кирпичные поверхности, подлежащие облицовыванию, должны отвечать требованиям, предъявляемым к поверхностям каменной кладки, и быть выровнены и размечены.

Оштукатуренные поверхности должны быть очищены от пыли, выровнены и размечены.

Бетонные поверхности, подлежащие облицовыванию, должны быть подготовлены в соответствии с ГОСТом и размечены.

5.16. Поверхность облицовываемой строительной конструкции и соответствующей поверхности облицовочных плит при проведении работ с использованием полимеррастворов должна быть предварительно очищена от рыхлых продуктов, коррозии, окалины, грязи, жира. Следует учитывать, что от качества подготовки поверхности зависит величина адгезии полимеррастворa к омоноличиваемым поверхностям, его надежность и договечность.

Оценка прочности сопрягаемых поверхностей может производиться путем приклейки к ней эпоксидным клеем стального диска диаметром 50 мм и последующим отрывом его с помощью винтового домкрата. По показаниям динамометра, устанавливаемого на домкрате, определяется усилие отрыва, а делением величины усилия на площадь приклейки диска – напряжения отрыва или прочность поверхности. В случае, если в результате контрольной проверки установлено, что поверхности не имеют соответствующую прочность, то необходимо проведение ряда мероприятий по устранению этого недостатка.

При влажности поверхностей большей, чем естественная, поверхность подлежит просушиванию струей обезвоженного и обезжиренного горячего воздуха.

5.17. Очистку поверхности от рыхлых продуктов и загрязнений следует проводить пескоструйным, дробеструйным или гидропескоструйным способом. При небольших объемах работ допускается очистка поверхности механизированным инструментом (пневматические турбинки и шарошки) или металлическими щетками вручную.

Для обработки поверхностей строительных конструкций рекомендуется применять аппараты, характеристики которых приведены в табл. 22.

В качестве абразивного материала применяется: песок кварцевый с размером частиц 1,5 мм, песок речной – 0,75–1,2 мм; дробь: колотая – 0,75–1,2 мм, рубленая из проволоки – 0,6–1,2 мм; возможно применение кварцевого песка марки КП-0,3 – 2 мм; КШ-0,4 – 3 мм, либо обработанной дроби из стали или чугуна.

Размеры наконечников, применяемых для пескоструйной или дробеструйной очистки, приведены в табл. 23.

Основные характеристики сопл, применяемых при пескоструйных работах, приведены в табл. 24.

Производительность и износоустойчивость сопл различных типов приведена в табл. 25.

Влияние диаметра сопла, применяемого при абразивной очистке на расход воздуха и песка приведено в табл. 26.

Таблица 22

Тип и марка оборудования	Производительность, $м^2/ч$	Рабочее давление, МПа	Расход воздуха, $м^3/ч$	Масса, кг
Пескодробеструйные аппараты и установки:				
ПА-60	2–8	0,6	60	87
ПА-140	4–10	0,65	140	110
Беспыльный аппарат ПАА-1-65	2	0,5–0,7	0,9–1,6	3
Беспыльная дробеструйная установка БДУ-32	4–8	0,5–0,7	400	260
Облегченный дробеструйный аппарат	2–10	0,5–0,65	5–6	60
Двухкамерный дробеструйный аппарат 334-М	–	0,65	4,2	750
Гидропескоструйный аппарат "Автомат 452"	8–12	26–55	–	560–700
Пневматические турбинки с шарошками Малаховского	3,5	0,5–0,65	–	3,4
Пневматический вибрационный инструмент с ротационным двигателем:				
ПМ-6	–	–	0,8	3
ЭП-1099	–	–	0,5	2,25
ШР-2	–	–	1,7	6,7
И-44А	–	–	1,8	4,75

Таблица 23

Наконечники прямые, мм		Наконечники типа Вентури, мм		Наконечники прямые, мм		Наконечники типа Вентури, мм	
диаметр	длина	диаметр	длина	диаметр	длина	диаметр	длина
4	50	6	117	8	50	10	148
5	50	8	132	10	50	12	163
6	50	9,5	143	12	50	12,7	188

Таблица 24

Диаметр сопл, мм	Производительность, %	Давление воздуха, МПа	Расход воздуха, $м^3/с$	Расход	
				песка, кг/ч	воздуха, $м^3/кг$
6,4	100	0,5–0,6	0,035	255	2,1
7,9	157	0,5–0,6	0,058	420	2
9,5	270	0,5–0,6	0,080	600	2,1
12,7	400	0,5–0,6	0,145	1060	2,03

Таблица 25

Тип сопла	Размер сопла, мм	Скорость песка при выходе из сопла, м/с	Производительность, %	Износоустойчивость сопл, ч		
				керамических	из твердых сплавов	из карбида бора
Обычные	4–13	100	100	200	800	1000
Вентури	4–13	200	140–150	–	–	

После пескоструйной очистки поверхность обеспыливается с помощью волосяных щеток или обдувкой сжатым воздухом. Сжатый воздух должен быть очищен от масла и влаги, для чего его пропускают через масловодоотделитель, устанавливаемый после компрессора.

5.18. При наличии на поверхности значительных загрязнений их необходимо удалить до начала механической очистки, используя соответствующие растворители (табл. 27).

Кроме того, известны способы очистки бетонных поверхностей раствором соляной кислоты (табл. 28).

5.19. При очистке металлических поверхностей, когда добиться полного удаления продуктов коррозии невозможно, допускается нанесение полимеррастворов на поверхности, обработанные модификаторами ржавчины.

Эффективность подготовки с использованием модификатора зависит от правильного его выбора. Обработка модификаторами выполняется двумя методами: удаляют рыхлую ржавчину, на ее остатки краскораспылителем или кистью наносят модификатор; нанесение полимеррастворa производят через 12–24 ч по обработанной поверхности либо рыхлую ржавчину хорошо пропитывают модификатором и оставляют на сутки; после этого удаляют рыхлые продукты и наносят полимеррастворa. Рекомендуется применять модификаторы ржавчины заводского изготовления (табл. 29).

5.20. Разметка и проверка поверхностей, подлежащих облицовыванию, производится после их очистки в соответствии со способом и методом проведения облицовочных работ.

Таблица 27

Растворитель	Летучесть по эфиру	Растворитель	Летучесть по эфиру
Амилацетат	13	Спирт бутиловый	33
Ацетон	2,1	” этиловый	62
Бензол	3	Толуол	6,5
Бутилацетат	12,5	Фурфурол	–
Ксилол	13,5	Тетрагидрофуран	–
Нитрометан	–	Уайт-спирит	–
Нитропропан	–	Циклогексанон	40
Скипидар	–	Этилацетат	2,9
Сольвент	3	Этилцелозольв	43

Таблица 26

Диаметр сопла, мм	Расход при давлении, МПа															
	0,12		0,25		0,35		0,4		0,5		0,55		0,65		0,7	
	воздуха, м³/мин	песка, кг/ч	воздуха, м³/мин	песка, кг/ч	воздуха, м³/мин	песка, кг/ч	воздуха, м³/мин	песка, кг/ч	воздуха, м³/мин	песка, кг/ч	воздуха, м³/мин	песка, кг/ч	воздуха, м³/мин	песка, кг/ч	воздуха, м³/мин	песка, кг/ч
3	0,22	25	0,28	31	0,32	38	0,37	44	0,42	50	0,48	57	0,52	63	0,57	70
4,5	0,5	59	0,62	73	0,73	85	0,84	97	0,92	111	1,06	123	1,15	136	1,26	150
6	0,95	100	1,15	125	1,31	152	1,51	178	1,71	200	1,9	231	2,08	254	2,27	280
8	1,48	186	1,82	214	2,16	265	2,5	302	2,83	342	3,16	380	3,53	420	3,84	460
10	2,12	258	2,54	322	3,02	378	3,53	433	4	490	4,5	544	4,85	596	5,5	653
11	2,8	350	3,48	380	4,12	507	4,76	585	5,44	655	6,09	744	6,78	820	7,11	896
13	3,84	460	4,62	557	5,46	657	6,28	756	7,06	856	7,85	951	8,65	1050	9,49	1148

Таблица 28

Требование	Значение характеристики при концентрации соляной кислоты, %	
	5	10
Способ нанесения на обрабатываемые поверхности строительных конструкций	Краскораспылители эжекторные или пневматические, кисти валиковые из полиуретана	
Давление воздуха при нанесении кислоты, МПа	0,2–0,3	0,2–0,3
Длительность обработки очищаемой поверхности, ч	1,5	1
Расход кислоты на 1 м^2 поверхности, мл	1000–1500	1000–1500
Время промывания обрабатываемой поверхности водой, мин	10	10–15
Время сушки очищенной поверхности, ч, при, °С:		
25–40	8–10	8–10
18–23	12–15	12–15
12–10	36–48	36–48

Таблица 29

Марка модификатора	Основной компонент	Вязкость, с	Способ нанесения
Композиция-3	Кислота ортофосфорная, металлический цинк	60–80	Кисть, краскораспылитель пневматический, как исключение валиковая кисть
МС-0152	Сополимеры стирола с малеиновым ангидридом, растворители хромата	30–7	Кисть, краскораспылитель
П-1Т	Кислота ортофосфорная, танин, растворители, хромат цинка	15–25	То же
ПРЛ-2	Кислота ортофосфорная, лигнин	40–50; 20–30	Кисть, краскораспылитель (при использовании средств защиты)
Э-ВЛ-01, ГИСИ	Кислота ортофосфорная, эмульсия	60–80; 20–30	Кисть, краскораспылитель
Э-ВА-0112	То же	50–60; 20–30	То же

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПОЛИМЕРРАСТВОРОВ

5.21 Приготовлению полимеррастворов для использования последних при облицовке строительных конструкций естественными камнями должна предшествовать проверка соответствия техническим условиям всех исходных компонентов, а также их предварительная подготовка.

5.22. Технология приготовления полимеррастворов состоит в последовательном введении в полимерное связующее рецептурного количества пластификатора (если не проводилась предварительная пластификация), отвердителя, разбавителя, наполнителя и других ингредиентов. Приготовление полимеррастворов может производиться непосредственно на строительной площадке и на специальном предприятии. Наиболее рационально приготовлять составляющие полимеррастворa централизованно.

5.23. Составы приготовляются и доставляются на объект в виде двух составляющих:

а – полимерное составляющее (смола, пластификатор, модификатор, растворитель), наполнитель, пигмент (при необходимости);

б – отвердитель.

Приготовление полупродукта *а* полимеррастворa необходимо производить в отдельном изолированном помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией и местным отсосом летучих веществ.

5.24. Для приготовления полимеррастворов рекомендуется применять клеемешалки с механическим приводом и сменными дозировочными емкостями. Количество оборотов лопастей мешалки должно быть не более 50/мин.

Взвешивать составляющие компоненты полимеррастворов следует на технических весах.

5.25. Технология приготовления полимеррастворов включает следующие процессы: взвешивание и подогрев смолы до температуры 40–50°С для облегчения перемешивания ее с другими ингредиентами; взвешивание пластификатора и совмещение его со смолой; перемешивание смеси; подготовку наполнителя (прогрев до удаления влаги и просеивание через соответствующее сито); взвешивание наполнителя; постепенное введение наполнителя в смесь смолы и пластификатора; тщательное перемешивание компаунда с наполнителем; тщательное перемешивание для равномерного распределения отвердителя в смеси.

5.26. Отвердитель вводится в полупродукт полимеррастворa (смола + пластификатор + наполнитель) непосредственно перед проведением работ весовой дозировкой в строгом соответствии с рецептурой. Нарушение этой пропорции ведет к снижению адгезионной и когезионной прочности полимеррастворa.

Отвердитель на объекте необходимо хранить в посуде с плотно закрывающейся крышкой.

5.27. Жизнеспособность полимеррастворов (время, в течение которого можно им пользоваться, начиная с момента введения в полимерный полупродукт отвердителя) зависит от внешней температуры и температуры смеси.

При приготовлении полимеррастворов на месте проведения работ следует исходить из условий его полного использования, для чего необходимо иметь полностью подготовленный фронт работ.

5.28. На емкостях, в которых содержится полупродукт, должна быть указана дата изготовления, состав смеси. Смесь (смола + пластификатор + наполнитель) может храниться 6 мес в плотно закрытой посуде при температуре 2–18°С.

При длительном хранении полимерных составляющих полимеррастворов (смола, модификатор, пластификатор, отвердитель) необходимо произвести контрольную проверку: соответствует ли их качество требованиям ТУ.

5.29. Приготовление полимеррастворов осуществляется вручную (при малых объемах) и с помощью оборудования, указанного в табл. 30.

Таблица 30

Вид материала	Тип оборудования
Полимеррастворы с условной вязкостью по вискозиметру ВЗ-4:	
до 40 с	Краскотерки СО-116, СО-110, мешалки для красочных составов
от 40 до 60 с	СО-11, вибросито СО-3А
св. 60 с	Краскотерки СО-116 и СО-110, мешалка для красочных составов СО-11
Густовязкие полимеррастворные композиции	Двухвальная мешалка для составов СО-8А

ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРРАСТВОРОВ

5.30. Полимеррастворные композиции, используемые в качестве высокопрочных адгезивов при облицовке гражданских зданий естественным камнем, позволяют увеличить долговечность, надежность и эффективность облицовки; повысить ее качество и декоративные свойства; в ряде случаев упростить известную технологию проведения облицовочных работ и уменьшить их трудоемкость; снизить материалоемкость и значительно сократить количество металлических крепежных деталей.

Технология проведения облицовочных работ с применением полимеррастворов, разработанная с учетом использования ряда апробированных традиционных операций, обеспечивает равнопрочное соединение элементов облицовки между собой и с материалом облицовываемых конструкций.

5.31. При использовании адгезивов такого типа следует учитывать условия создания монолитной системы подложка–адгезив–субстрат. Специфические характеристики такой системы (склейки) основываются на явлениях адгезии, аутогезии и когезии веществ, входящих в данную систему.

Адгезией называется прилипание двух любых разнородных жидких, твердых, кристаллических или аморфных тел. Адгезия обуславливается силами сцепления разнородных молекул, атомов, ионов, функциональных групп, находящихся в поверхностных слоях соприкасающихся тел (фаз).

Эти силы сцепления называются адгезионными силами, а само взаимодействие – адгезионное взаимодействие. Адгезионные силы могут быть по своей природе самыми различными: гетеро- и гомеополярными, водородными, силами Ван-дер-Ваальса, причем связи могут образовываться в результате самых различных сочетаний: ориентационные + дисперсионные; электровалентные + ориентационные и т. д.

Аутогезия – прилипание однородных тел. В отличие от адгезии, слипание происходит в результате сил сцепления между однородными контактирующими молекулами. Силы сцепления в этом случае называются силами адгезии, а само взаимодействие – аутогезионным взаимодействием. Природа сил сцепления в данном случае всегда одинакова как для одной, так и для другой поверхности, например, дисперсионные + дисперсионные, ионные + ионные и т. д.

Когезией называется сцепление молекул атомов, ионов вещества между собой в объеме тела. Обуславливается когезия самыми различными силами –

силами Ван-дер-Ваальса, химическими связями (ковалентными или электровалентными), водородными связями и т. д. Эти силы называются силами когезии.

Сведения, приведенные в пп. 4.37 ÷ 4.46, позволяют с достаточной степенью надежности определять физико-механические характеристики системы, представляющей собой поверхность, облицованную (с использованием полимеррастворов) естественным камнем.

5.32. Облицовка наружных стен зданий в зависимости от архитектурного решения выполняется сплошной или частичной. При частичной облицовке отделываются лишь отдельные элементы фасада: цоколь, углы стен, проемы, пилястры, карнизы, входы в здание и т. п. За счет частичной облицовки достигается архитектурная выразительность здания и его индивидуальность, подчеркиваются декоративно-художественные качества стен и элементов фасада.

5.33. Облицовочные работы могут выполняться одновременно с кладкой стен здания или по готовой поверхности в соответствии с проектом и рабочими чертежами на облицовку.

5.34. Высокопрочные полимеррастворы наиболее целесообразно использовать при облицовке готовых стен.

При облицовочных работах, выполняемых одновременно с возведением стен, эффективно применение полимеррастворов для крепления к плитам анкеров различного типа, закладываемых в швы в процессе кладки; для соединения облицовочных плит между собой и с рядами прокладных плит.

5.35. Поверхности возведенных стен, подлежащие облицовке, не должны иметь отклонений от вертикали, превышающих допуски, установленные для соответствующих каменных и бетонных поверхностей. Для этого перед облицовкой готовой стены выверяют ее плоскость с помощью отвеса и определяют положение лицевой поверхности облицовки. При необходимости выравнивания стены бугры срубают, а впадины заделывают цементным раствором. Стены провешивают раздельно по каждому участку, ограниченному горизонтальными, выступающими за плоскость фасада поясками.

5.36. Провешивание начинают с разметки проектных отвесных осевых линий облицовываемых поверхностей. Осевые линии наносят на всю высоту зданий от карниза до цоколя. В начале провешивают наружные углы и плоскости стен, а затем – откосы проемов. После провешивания к стенам прикрепляются маячные вертикальные рейки-порядовки, располагая их на расстоянии 10. . .15 м друг от друга, а также горизонтальные разбивочные порядовые рейки. На горизонтальных и вертикальных рейках делают разметку всех рядов облицовки и вертикальных швов, таким образом определяя положение каждой плиты облицовки.

5.37. Перед началом работ облицовочные изделия должны быть подготовлены к установке на место. При этом в плитах пробиваются пазы и гнезда для креплений, после чего плиты сортируют и комплектуют по маркам, номерам и рядам облицовки в соответствии с маркировкой на монтажной схеме; подбирают по тону окраски и размерам. Плиты должны иметь ровные лицевые поверхности без искривлений; не иметь отбитых углов, трещин на лицевой поверхности и других дефектов, искажающих поверхность плит.

Для прочного сцепления облицовочных плит из естественных камней с цементным раствором или полимеррастворами тыльные стороны плит перед установкой должны быть очищены и промыты.

5.38. Элементы наружной облицовки в зависимости от их толщины соединяют между собой и со стенами полимерраствором, цементным раствором, а также стальными закрепами. В ответственных сооружениях используют нержавеющую сталь, цветные металлы и сплавы. Стальные закрепы предварительно покрывают слоем цинка или алюминия.

5.39. Облицовка цоколя плитами из природных камней, выделяя постамент здания, придает ему монументальность. Для облицовки используются плиты толщиной 40–100 мм из камня твердых горных пород с высокой механической прочностью и атмосферостойкостью.

Цокольные облицовочные плиты опирают на обрезы ленточных фундаментов, уширенные фундаментные балки при столбчатых фундаментах либо на бетонные блоки. Перед облицовкой точно определяют соответствие длины камней (с учетом толщины швов) длине облицовываемого цоколя.

Облицовку начинают с установки угловых камней, после чего шнуром, протянутым на высоте первого устанавливаемого ряда, намечают наружную поверхность облицовки.

Для крепления плит к облицовываемой поверхности размечают и высверливают отверстия в стене пневматической или электрической сверлильной машиной. Разметка отверстий в стене производится в соответствии с размещением гнезд в устанавливаемых плитах. Глубина отверстий в стене должна быть не менее 10 диаметров металлического крюка. До установки плит отверстия очищают от пыли продувкой сжатым воздухом.

К стене плиты закрепляют металлическими крюками, которые устанавливают в отверстия (в стене и плитах), заполняемые по ходу облицовки полимерраствором. Концы креплений расклинивают в гнездах стен стальными клиньями. Соединение плит между собой осуществляется скобами или штырями (пиронами), устанавливаемыми в горизонтальных швах на полимерраствоpe. Под скобы или штыри в верхней горизонтальной грани выбирают борозды. Вертикальные швы между плитами также омоноличиваются полимерраствором, наносимым на торцы плит по мере устройства облицовки, что обеспечивает равнопрочное соединение элементов облицовки (рис. 27).

Вертикальное положение плит облицовки регулируется деревянными клиньями, а проектная толщина швов между плитами – прокладками. После установки плит зазор между стеной и закрепляемым рядом облицовки заполняют раствором, а полимеррастворные швы расшивают.

Сопряжение элементов облицовки цоколя в углах может выполняться на ус, из утолщенных камней или с выпуском торца. Для соединения элементов используют скобы из круглой или полосовой стали, закрепляемые на полимерраствоpe в отверстиях и бороздах плит.

5.40. Облицовка поля наружных стен по готовой кладке может осуществляться различными методами, зависящими от размеров и толщины плит, способов крепления плит к стене и используемых при этом материалов.

В общем случае при облицовке готовых стен выполняют следующие технологические операции:

проверяют вертикальность стены отвесом по плоской части через 2–3 м, а также в точках перелома фасада на всю высоту здания или, поэтажно;

проводят очистку от загрязнений и соответствующую подготовку поверхности каменных и бетонных стен (срубка наплывов, выравнивание раствором,

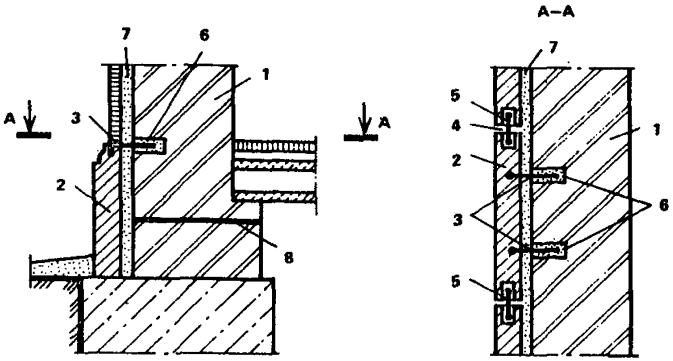


Рис. 27. Облицовка цоколя плитами из природных камней
1 – облицовываемая стена; 2 – облицовочная плита; 3 – анкер для крепления; 4 – полимеррастворный шов; 5 – металлические скобы; 6 – гнездо в стене, заполняемое полимеррастворм; 7 – цементный раствор; 8 – гидроизоляция

обработка пескоструйными или дробеструйными аппаратами и т. п. в соответствии с пп. 5.17 ÷ 5.19);

промывают плоскость стены сильной струей воды;

к поверхности стены, если это предусмотрено проектом, прикрепляют вертикальные стержни, сварную арматурную или металлическую проволочную сетку;

намечают по шнуру положение горизонтальных швов облицовки краской или устанавливают рейки-порядовки;

намечают горизонтальным шнуром наружную поверхность облицовки на высоте ее первого ряда;

подготавливают плиты к установке;

сверлят или бурят в стене отверстия для крепления плит в соответствии с размерами закреп и расположением отверстий в плитах;

в соответствии с принятым способом крепления плит к стене и между собой наносят полимеррастворна торцевые и тыльную поверхность плит либо только на сопрягаемые торцевые поверхности плит;

устанавливают плиты в проектное положение, обеспечивая проектную толщину шва с помощью прокладок;

закрепляют плиту в проектном положении с помощью металлических закрепов, расклиниваемых в гнездах стены;

заливают цементным раствором пространство между стеной и облицовкой в несколько приемов.

5.41. В зависимости от толщины облицовочных плит из естественных камней и их размеров используются различные способы соединения плит между собой и крепления к стенам.

При облицовке поля готовой стены плитами толщиной 10–15 мм и менее ("тонкие" плиты групп Ш и 1У, табл. 21) последние прикрепляют к поверхности стены с помощью полимерных клеевых композиций либо цементным раствором, омоноличивая стыки полимеррастворами.

5.42. Надежность крепления "тонких" облицовочных плит к каменным стенам с помощью цементного раствора повышается при применении каменных или металлических анкеров, прикрепляемых к внутренним поверхностям плит с помощью полимеррастворных композиций. Количество и расположение анкеров, наклеиваемых на плиту, зависят от площади плиты.

Каменные анкеры изготовляют раскалыванием обломков плит или отходов,

образующихся при раскрое плит, на куски произвольной формы площадью 15–20 $см^2$.

Металлические анкеры изготовляют штампованием из полос стали или алюминия размерами 30–40х150 мм, толщиной 2–4 мм или приваркой коротышей из арматурной проволоки диаметром 4–6 мм к стальным пластинам размерами 30–40х50 мм, толщиной 3–4 мм.

Перед наклеиванием на плиты каменных анкеров сопрягаемые поверхности должны быть обеспылены, промыты и высушены, а поверхность металлических анкеров очищена от ржавчины и обезжирена (см. пп. 5.18, 5.19). Плиты с наклеенными анкерами используются для проведения облицовочных работ только после отверждения полимерраствора. Анкера обеспечивают дополнительную связь с цементным раствором.

5.43. До облицовки каменных и бетонных стен плитами толщиной 10–15 мм с приклеенными анкерами проводят подготовку поверхности стен и прикрепляют к ним, если это предусмотрено проектом, с помощью шпилек из стальной проволоки диаметром 3–4 мм сварную или проволочную сетку. Для этого напротив узлов сетки, с шагом 400–600 мм по вертикали и горизонтали, высверливают в стене гнезда под некоторым наклоном глубиной 40–60 мм и диаметром 16–20 мм. Гнезда очищают продувкой воздухом, заполняют полимерраствором, устанавливают шпильки и после отверждения полимерраствора выступающими концами шпилек закрепляют сетку.

5.44. Облицовку начинают с установки угловых и маячных плит, после чего на верхнюю грань ранее установленных плит и на сопрягаемые торцевые поверхности, по мере установки плит в ряду, наносят слой полимерраствора. Плиты монтируемого ряда устанавливают на расстоянии 20–40 мм от поверхности стены, выверяют их проектное положение и производят временное закрепление. Расстояние от внутренней поверхности плиты до стены должно обеспечивать зазор не менее 5 мм между поверхностью каменного анкера и стеной.

Закрепив плиты ряда в два-три приема заполняют раствором пространство между установленными плитами и стеной, оставляя пазуху глубиной до 1 см ниже верхней кромки плиты, и расшивают швы до полного отверждения полимерраствора. Плиты следующих рядов устанавливают в такой же последовательности.

5.45. Для прочной связи с облицовываемой стеной цементного раствора, заполняющего пространство за плитами облицовки, вместо установки металлических сеток рекомендуется устраивать адгезионную обмазку из полимерраствора по подготовленной поверхности стены.

В этом случае устанавливаемый ряд облицовки маячными плитами разбивают на захватки. Размеры захваток назначают такими, чтобы в их пределах можно было установить плиты с окончательной их выверкой и заполнением пазух раствором до потери полимерраствором его адгезионной жизнеспособности.

Устройство облицовки в пределах захватки начинают с нанесения на стену покрытия из полимерраствора и установки плит в соответствии с технологической последовательностью, приведенной в п. 5.44.

Закрепление плит облицовки в цементном растворе обеспечивается с помощью анкеров (каменных или металлических) и адгезионным сцеплением раствора с поверхностью облицовки.

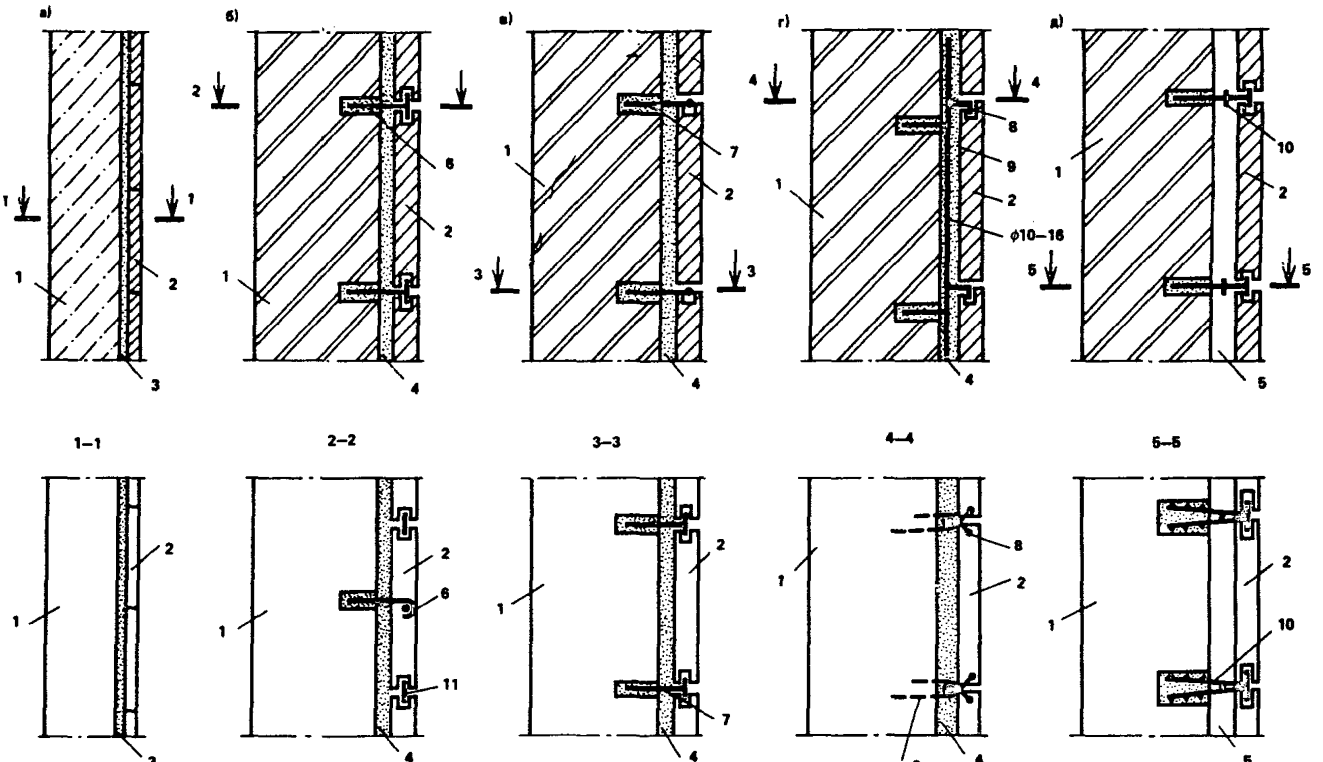


Рис. 28. Облицовка стен и крепление облицовочных плит из природного камня
а – на полимерраствоpе; б, в, г – с помощью полимерраствора и металлических анкеров; д – на относе с соединением плит на полимерраствоpе; 1 – облицовываемая стена; 2 – плиты облицовки; 3 – полимерраствор; 4 – цементный раствор; 5 – воздушная прослойка; 6–11 – металлические анкера, закрепляемые в стене и плитах на полимерраствоpе

5.46. Наружные стены, отклонение поверхности которых от вертикали не превышает 3 мм на 1 м высоты, рекомендуется облицовывать плитами, закрепляемыми к поверхности с помощью полимерраствора (рис. 28). При этом толщина плит должна быть не более 10–15 мм. Качество сцепления полимерраствора с поверхностью стены и плит зависит от качества подготовки последних, поэтому до устройства облицовки поверхность стены рекомендуется обработать пескоструйным аппаратом, промыть и высушить.

Перед облицовкой на поверхность стен наносят адгезионную обмазку из тонкого слоя полимерраствора, которая, заполняя все поры и неровности поверхности, обеспечивает максимальную площадь сцепления. Затем на очищенную поверхность плит наносят полимерраствор слоем 3–4 мм (допускается наносить полимерраствор по контуру плит полосой шириной 5–10 см), после чего плиты приклеивают к поверхности стены. Швы между плитами заполняют после отверждения полимерраствора.

5.47. Крепление плит из природного камня толщиной более 10 мм к облицовываемой поверхности и между собой также осуществляют с помощью полимеррастворных композиций или цементного раствора, при этом плиты должны дополнительно крепиться к стене металлическими кляммерами, пиронами, скобами или другими металлическими закрепами (рис. 29).

Перед проведением облицовочных работ выполняют все необходимые предварительные технологические операции, связанные с подготовкой поверхности стены, сортировкой плит, подготовкой борозд и отверстий в них для установки анкеров и ряд других операций.

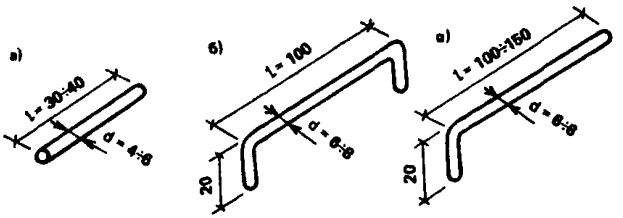
Облицовку стен следует проводить в определенной последовательности. В начале устанавливают первый ряд плит по причалке насухо, размечают и пробивают в стене гнезда для крепления, которые соответствуют гнездам или бороздам в плитах для размещения анкеров. Затем проводят последовательную установку плит по причалке, выверяют их проектное положение по уровню и отвесу, помещая между стеной и установленными плитами деревянные клинья.

Каждую плиту устанавливают на тонкий слой полимерраствора с одновременным омоноличиванием вертикального шва и закрепляют в стену металлическими анкерами, при этом тип анкера (крюки, Т-образные костыли и т. п.) зависит от способа крепления плит к стене и между собой. Закрепление анкеров в стене и в плите проводят на полимерраствоpe, которым предварительно заполняют гнезда. Анкера в гнездах стены расклинивают металлическими клиньями. Способы закрепления облицовочных плит к стенам с использованием полимерраствора и анкеров различного типа приведены на рис. 28.

После закрепления плит ряда заполняют раствором пространство между плитами и поверхностью стены. Последующие ряды плит устанавливают в аналогичной последовательности.

5.48. При нежестком скреплении облицовки с кладкой (см. рис. 28) облицовочные плиты следует устанавливать на вертикальных арматурных стержнях, закрепляемых в процессе кладки или после нее скобами к стене. Плиты к вертикальным стержням крепятся скользящими скобами, что обеспечивает независимую осадку стены и облицовки. Крепление скоб к плитам и соединение плит между собой осуществляется с помощью полимеррастворных композиций.

5.49. Облицовку природным камнем поверхностей конструкций заводского изготовления (панелей, блоков) следует производить индустриальными мето-



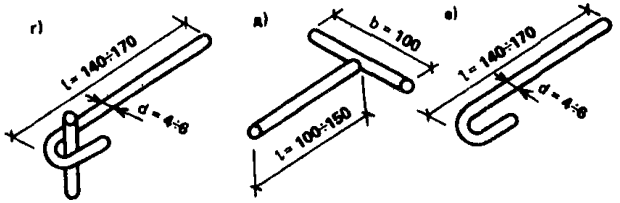


Рис. 29. Металлические анкера для крепления плит из естественного камня к облицовываемой поверхности
а – штырь (пирон); б – скоба; в – крюк; г – комбинированный крюк; д – Т-образный анкер; е – петлевой крюк; ж – скользящий крюк; и – пластинчатая распорная закрепа; к – накладной металлический анкер

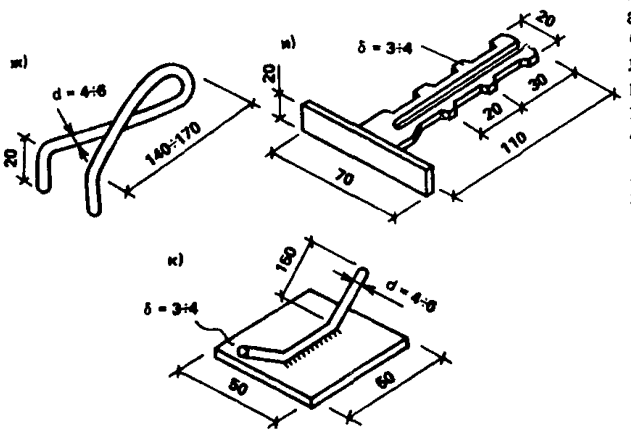


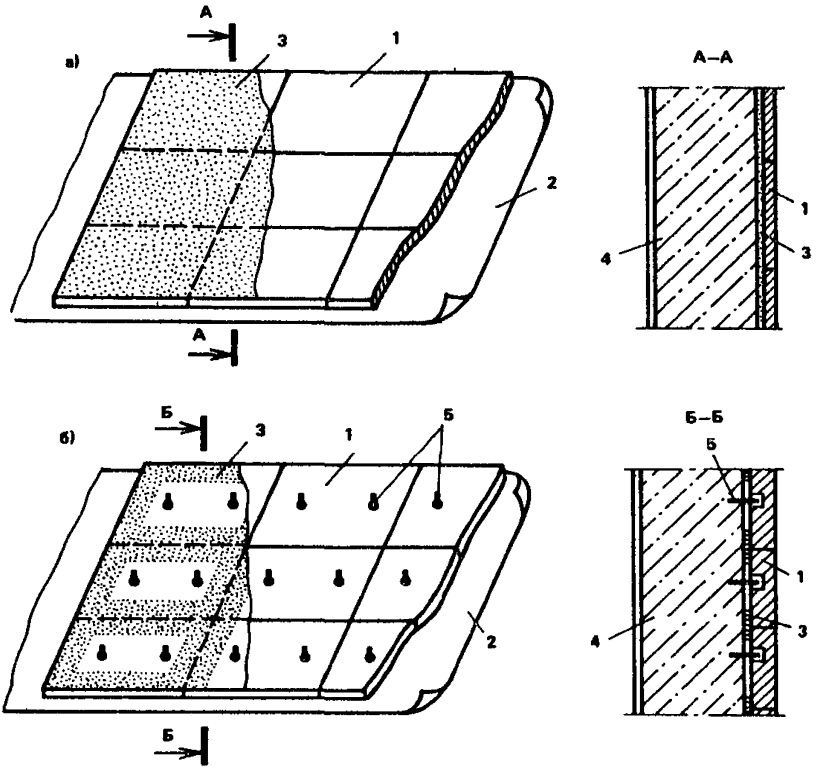
Рис. 30. Облицовка стеновых панелей плитами
а – толщиной 10–15 мм; б – свыше 15 мм; 1 – облицовочные плиты; 2 – подкладка из крафт-бумаги; 3 – полимеррастворы; 4 – стеновая панель; 5 – металлические штыри (пироны), установленные на полимеррастворе

дами. Эти методы характеризуются высокой производительностью труда, не зависят от времени года, способствуют совершенствованию технологии облицовки, централизованному использованию механизированного инструмента, приспособлений и повышению уровня механизации облицовочных работ.

Способы индустриальной облицовки, основанные на использовании высоких адгезионных свойств полимеррастворов, зависят от размеров плит и их толщины.

5.50. При облицовке панелей и блоков плитами толщиной 10–15 мм (плиты групп III и IУ, табл. 21) последние следует укладывать лицевой поверхностью на поддон формы, покрытой двумя слоями крафт-бумаги (рис. 30). Для исключения возможного смещения плит облицовки при вибрировании их наклеивают на бумагу клеем галерта или карбоксиметилцеллюлозным (КМЦ), наносимым на углы плит. Облицовку укладывают с зазорами в швах между плитами или вплотную. На поверхность уложенных на поддон плит наносят тонким слоем полимеррастворы. Нанесение полимеррастворов в зависимости от состава композиции может осуществляться механизированным способом либо вручную.

Заполнение формы бетонной или легкобетонной смесью должно производить-



ся до потери полимерраствором адгезионной жизнеспособности. Уложенную в форму смесь тщательно вибрируют и подвергают тепловлажностной обработке.

Снизить расход полимерраствора, обеспечив при этом надежное закрепление плит в облицовываемой конструкции, можно путем предварительной установки на тыльной поверхности облицовочных плит каменных анкеров. Каменные анкера произвольной формы изготовляют из отходов облицовочных плит и приклеивают полимерраствором к плитам до установки последних в формы. Анкера устанавливают в количестве 2–4 штук на одну плиту (в зависимости от площади плиты), площадь анкера должна быть 15–20 $см^2$.

При устройстве крепления с помощью каменных анкеров полимерраствор на облицовочные плиты, уложенные в поддон, наносят только по контуру плит полосой 5–10 см.

5.51. При облицовке панелей и блоков плитами толщиной 20 мм и более (плиты групп I и II, табл. 21) соединение плит с облицовываемой поверхностью обеспечивается с помощью полимерраствора и дополнительными креплениями в виде каменных или металлических анкеров (см. рис. 30, б). Установка металлических анкеров осуществляется в процессе подготовки плит к облицовке. Для этого на тыльной стороне плит высверливают отверстия на глубину 15–25 мм диаметром на 3–4 мм больше диаметра анкера. В отверстие на полимерраствоpe устанавливают анкерный стержень (ϕ 6–8 мм) и оставляют до отверждения полимерраствора.

Перед формованием панели облицовочные плиты укладывают лицевой поверхностью на поддон формы, наносят по контуру плит слой полимерраствора и

заполняют форму бетонной смесью с последующим уплотнением и тепловлажностной обработкой бетона.

5.52. При облицовке колонн и пилястр прямоугольного, квадратного или многогранного сечения, в зависимости от их материала (каменные, бетонные и железобетонные, стальные) и качества поверхности граней, используют плиты различной толщины. Чаще колонны облицовывают плитами толщиной от 20 до 40 мм с установкой дополнительных анкерных креплений в виде крюков, штырей или скоб.

Использование полимерных клеевых композиций позволяет для облицовки поверхности колонн применять облицовочные плиты толщиной 10 мм и менее без крепления их металлическими анкерами.

Прямоугольные и квадратные колонны с размером стороны до 1 м облицовываются, как правило, цельными плитами, а при стороне колонн более 1 м устанавливают две и более плиты, располагаемые рядами со сплошными швами или с перевязкой швов.

5.53. Облицовка бетонных колонн плитами толщиной 10 мм и менее, закрепляемыми к поверхности полимеррастворами, должна проводиться после качественной подготовки поверхности. При этом отклонение облицовываемой поверхности от вертикали не должно превышать 3 мм на 1 м высоты. Подготовка поверхности колонн осуществляется аналогично подготовке поверхности бетонных стен. Внутренняя поверхность плит также должна быть очищена, промыта и высушена до проведения облицовочных работ.

Облицовку колонн начинают с установки базы колонны, после чего облицовывают ствол. Перед установкой плит на поверхность колонны наносят адгезионную обмазку из полимерраствора, которая исключает возможность местного непроклея. После этого на тыльную сторону плит наносят полимеррастворную композицию слоем до 3–4 мм и плиты устанавливают в проектное положение. На период отверждения полимерраствора рекомендуется обеспечить временное крепление плит в проектном положении. Швы между плитами заполняют и расшивают после отверждения полимерраствора.

По углам колонн плиты оединяют встык или в перевязку.

5.54. Плиты из естественных камней толщиной 20 мм и более используют для облицовки как отдельных, так и ряда колонн. При этом устраняются возможные погрешности в геометрических размерах последних.

Работы по облицовке ряда колонн обычно начинают с определения центров и внешней плоскости облицовки в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Для этого выносят расстояние от оси ряда колонн до стены и расстояния между колоннами. Сначала отмеряют расстояние от стены до осей крайних колонн и к намеченным точкам добавляют в обе стороны половину проектной ширины облицованной колонны. Через полученные точки протягивают шнур, по которому выверяют положение поверхности облицовки колонн в ряду и возможность облицовки в намеченных контурах. На гранях колонн фиксируют оси, от которых ведут все последующие измерения.

Колонны облицовывают от крайних в ряду к промежуточным. Сначала устанавливают на цементный раствор базу колонны или ее составные части. Поверхность основания должна быть горизонтальной, отклонение не должно превышать 5 мм. Правильность установки проверяют шнуром, уровнем и отвесом. Элементы базы крепят сверху крюками по два на каждый камень. Смежные эле-

менты соединяют штырями, а угловые камни дополнительно крепят скобами. Пространство за плитами заполняют раствором.

Ствол колонны облицовывают также от крайних в ряду колонн к промежуточным, сначала устанавливая плиты вдоль шнура на наружные грани на высоту первого ряда.

Плиты облицовки соединяют в стыках полимерраствором, наносимым на торцевые поверхности при установке. Непосредственно перед установкой плит на их тыльную сторону и на участок поверхности колонны наносят адгезионную обмазку из полимерраствора, которая обеспечивает прочное сцепление раствора, заполняющего пространство за плитой, с облицовкой и колонной. Плиты крепят также к колонне крюками, устанавливаемыми на полимерраствоpe, в заранее подготовленные отверстия в плитах и колонне (рис. 31). После проверки правильности установки плит и их временного крепления заполняют раствором пространство между плитой и колонной. Облицовочные плиты на углах колонн соединяют на ус.

5.55. Внутренняя облицовка помещений плитами из природного камня в зависимости от характера эксплуатации может находиться в условиях:

постоянной положительной температуры и нормальной влажности (внутренние помещения гражданских зданий);

периодически подвергаться действию температурных перепадов (подземные переходы, вестибюли общественных, торговых и других гражданских зданий);

подвергаться усиленному действию потоков воздуха, конденсата, пыли, вибрационных усилий и других воздействий (метрополитены).

Эксплуатационные факторы влияют на выбор материала и способа устройства облицовки.

Для облицовки внутренних поверхностей помещений применяют плитные и профильные детали из мрамора, травертина, гипсового камня. В исключительных случаях для отделки интерьеров общественных зданий применяют гранит.

5.56. При отделке внутренних поверхностей стен облицовывают плинтус, после стены и иногда карниз. Плинтус, подверженный механическим воздействиям и загрязнению, выполняют из прочных и твердых пород природных камней. Плиты облицовки устанавливают или по системе шов в шов, или с правильным чередованием вертикальных швов, либо со свободной перевязкой вертикальных швов.

5.57. Плинтус устанавливают непосредственно на покрытие пола на цементном растворе и крепят к стене крюками (не менее двух на каждый элемент).

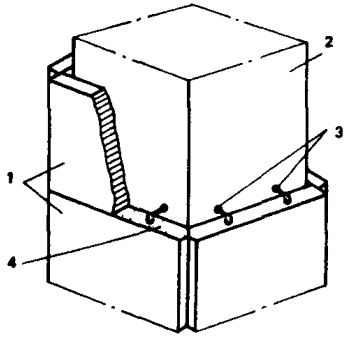


Рис. 31. Облицовка колонн плитами из природного камня с креплением
1 – облицовочные плиты; 2 – колонна; 3 – металлический крюк, закрепляемый на полимерраствоpe; 4 – полимерраствоp

При этом сначала проверяют нивелиром или рейкой с уровнем горизонтальность покрытия пола. Отклонение допускается не более ± 1 мм на 1 м длины плинтуса.

После проверки прямолинейности стен и определения положения плинтуса устанавливают насухо элементы плинтуса, размечают и сверлят в стене отверстия для анкерных креплений.

При окончательной установке элементов плинтуса их прикрепляют к стене полимерраствором или временно закрепляют на деревянных клиньях с последующим заполнением цементным раствором пространства между плинтусом и стеной. Металлические крюки, соединяющие плинтус со стеной, замоноличивают в отверстиях стены и плинтуса полимерраствором.

5.58. Облицовку стен выполняют после провешивания их плоскости, для чего в верхней части стены временно закрепляют рейку, положение которой соответствует положению лицевой поверхности облицовочной плиты.

При установке плит по системе шов в шов с правильной перевязкой на рейке размечают положение вертикальных швов. При свободной перевязке рядов облицовки вертикальные швы не размечают.

Выравнивание поверхности, соответствующую подготовку стен и плит выполняют до начала облицовочных работ. Стены облицовывают вплотную к стене и на относе от стены.

5.59. Для крепления облицовочных плит толщиной 10 мм и менее внутри зданий рекомендуется использовать полимеррастворные композиции. Особенно эффективно применение полимеррастворов, обеспечивающих прочность, надежность и долговечность соединения элементов облицовки со стеной, при напряженных условиях эксплуатации (повышенная влажность, температурные перепады, механические, динамические и другие воздействия).

Перед приклеиванием облицовочных плит поверхности выравнивают, чтобы слой полимеррастворa не превышал 3–4 мм. По мере устройства облицовки выполняют адгезионную обмазку из полимеррастворa поверхности стены в границах устанавливаемого ряда плит, после чего наносят на плиты полимеррастворную композицию слоем 3–4 мм и приклеивают плиты к стене. Первый ряд плит устанавливают на плинтус. Количество полимеррастворного компаунда приготовляют с учетом использования его в пределах адгезионной жизнеспособности полимеррастворa. Швы между плитами заполняют в процессе облицовки или после отверждения полимеррастворa.

5.60. Внутренняя облицовка помещений плитами толщиной более 10 мм может выполняться как приклеиванием плит полимеррастворoм на выровненные поверхности, так и креплением их на цементном растворе.

При использовании цементного раствора, для обеспечения надежного сцепления поверхности плит с раствором, рекомендуется наносить адгезионную обмазку из полимеррастворa на предварительно очищенную поверхность плит. Кроме того, плиты должны дополнительно крепиться металлическими крюками, пиронами, скобами и т. п. Вертикальные и горизонтальные швы плит омоноличивают полимеррастворoм по мере их установки в проектное положение.

Первый ряд плит устанавливают на плинтус и соединяют с ним штырями. Отверстия в стене под анкера высверливают во время установки соответственно гнездам в облицовочных плитах.

Последующие ряды облицовки устанавливают на нижние и закрепляют сверху крюками либо Т-образными анкерами. Установку каждого нового ряда начи-

нают только после того, как цементный раствор, уложенный в пространство между стеной и нижним рядом облицовки, достаточно затвердел.

Технология производства внутренних облицовочных работ аналогична рассмотренной в пп. 5.40 и 5.47.

Облицовка стен может проводиться непрерывно при временном закреплении плит каждого ряда в проектном положении на период твердения цементного раствора (полимерраствора). Для временной фиксации плит могут быть использованы, например, вертикальные направляющие и горизонтальные опорные переставные рейки.

5.61. Облицовочные изделия из белого мрамора в целях сохранения их декоративных качеств следует устанавливать с относом от стены, без заливки пазух раствором (см. рис. 28). Для облицовки на относе от стены применяют также плиты из камней других пород (твердых и среднетвердых) толщиной не менее 25 мм, при этом толщина облицовываемой кирпичной стены должна быть не менее 125 мм, а железобетонной – не менее 60 мм.

Для крепления плит к стене в качестве анкеров используют, как правило, пластинчатые распорные закрепы (могут применяться также Т-образные анкера), размещаемые в торцевых гранях плит. Каждую плиту, независимо от размеров, следует крепить не менее чем двумя анкерами.

При облицовке стен на относе необходимо предварительно готовить плиты перед установкой в проектное положение. Для этого по торцевым граням плит прорезают карборундовой или алмазной пилой пазы сечением 8 х 6 мм для пластинчатой распорной закрепы. Длина паза должна превышать длину пластинчатой части на 50–60 мм, а расстояние паза от лицевой поверхности плиты должно быть не менее 10 мм.

В местах расположения закреп вырубают углубления в торцах плит для размещения вилки закрепы. Расположение анкерных креплений в швах облицовки зависит от принятой системы швов. При облицовке по системе шов в шов закрепы располагают в местах пересечения горизонтальных и вертикальных швов. В случае правильного чередования вертикальных швов крепления устанавливаются в углах смежных плит, а при свободной перевязке рядов облицовки – только в вертикальных швах на расстоянии 100 мм от горизонтального шва до оси закрепы.

Для установки плит в проектное положение на облицовываемой стене намечают места отверстий для крепления. При облицовке плитами постоянной длины отверстия для креплений высверливают заранее для всего горизонтального ряда. Отверстия диаметром 22–27 мм сверлят на глубину 60–100 мм.

При монтаже плит очередного ряда наносят слой полимерраствора на верхнюю грань ранее установленных плит, после чего заполняют полимерраствором нижний паз подготовленной плиты и устанавливают ее в проектное положение. По мере установки плит омоноличивают полимерраствором также вертикальные швы. Точную установку плит по вертикали регулируют деревянными клиньями, вводимыми между стеной и плитой. После установки плиты в проектное положение заполняют полимерраствором верхний паз в плите и отверстие в стене, куда устанавливают пластинчатую распорную закрепу, для монтажного закрепления которой в стене разводят вилку с помощью распорного вкладыша.

5.62. Качество облицованных поверхностей должно удовлетворять требованиям:

Таблица 31

Наименование геометрических форм поверхностей и линейных элементов	Допустимые отклонения, мм, при облицовке из природного камня				
	наружней			внутренней	
	зеркальная лощеная	шлифованная, точечная, бугристая, бороздчатая	"скала"	зеркальная, лощеная	шлифованная, точечная, бугристая, бороздчатая
Отклонение поверхности облицовки от вертикали на 1 м	2	3	Не нормируется	2	3
Отклонение поверхности от вертикали на высоту этажа	5	10	"	4	8
Отклонение расположения швов от вертикали и горизонтали на 1 м	1,5	3	3	1,5	3
Отклонение расположения швов от вертикали и горизонтали на всю длину ряда (в пределах архитектурного членения)	3	5	10	3	5
Несовпадение профиля на стыках архитектурных деталей и швов	0,5	1	2	0,5	0,5
Неровности поверхности под двухметровой рейкой	2	4	Не нормируется	2	4
Толщина шва	1,5 ± 0,5	Шлифованная 3 ± 1 Точечная 3 ± 1 Бугристая 5 ± 1 Бороздчатая 5 ± 1	10 ± 2	Граниты 1,5 ± 0,5 Мрамор 1 ± 0,5	Шлифованная 2 ± 0,5 Точечная 2 ± 0,5 Бугристая 2,5 ± 0,5 Бороздчатая 2,5 ± 0,5

облицованные поверхности должны соответствовать заданным геометрическим формам;

материал и рисунок облицовки – соответствовать проекту;

поверхности, облицованные природными каменными материалами, должны быть однотонными и иметь плавность перехода оттенков;

горизонтальные швы должны быть однотипны и однородны;

облицованная поверхность в целом должна быть жесткой, не иметь сколов в швах более 0,5 мм, трещин, пятен, потеков раствора и выколов;

допустимые отклонения облицованных естественным камнем поверхностей от геометрических форм должны соответствовать данным, приведенным в табл. 31.

6. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. Все вновь поступающие на стройку рабочие должны пройти вводный инструктаж по технике безопасности, а также инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, при работе с механизмами, инструментами и материалами.

6.2. Инструменты каменотеса-гранитчика и облицовщика-полировщика должны быть в полной исправности. Рабочие места специалистов указанного профиля должны быть организованы так, чтобы была обеспечена полная безопасность ведения работ.

Обработку камня следует вести в отдельных огражденных местах, доступ в которые лицам, не участвующим в работе, не разрешается. При обработке камня рабочие места с расстоянием между ними менее 3 м должны быть защищены.

6.3. При обработке камня, а также бетонных, железобетонных и кирпичных стен пневматическим и ручным инструментом или пескоструйным аппаратом, необходимо пользоваться защитными очками и шлемом. Пескоструйные работы следует выполнять в огражденной зоне действия только специально обученными рабочими, которые обеспечены шлемами с принудительной подачей чистого воздуха и спецодеждой в соответствии с нормами.

6.4. При работе с пескоструйными аппаратами между рабочими местами оператора и подсобного рабочего, находящегося у аппарата, необходимо установить звуковую и световую сигнализацию. Места производства пескоструйных работ следует ограждать и вывешивать около этих мест предупредительные знаки.

6.5. Рабочих, занятых на очистке поверхностей строительных конструкций металлическими щетками или другими инструментами и приспособлениями, следует обеспечивать защитными очками, а при травлении кислотой – защитными очками, резиновыми сапогами, антикислотными перчатками и фартуками.

6.6. При обработке поверхностей гранитных и мраморных полов предохранительными составами на основе воска и парафина необходимо применять защитные меры против их воспламенения и разбрызгивания при разогреве. В помещении запрещается курить и необходимо иметь противопожарные средства.

6.7. Элементы облицовки при погрузке должны быть закреплены, увязаны или установлены так, чтобы во время транспортирования не происходило их самопроизвольное смещение, и опускать их на настил лесов (подмостей) следует на минимальной скорости, плавно, без толчков.

Настилы и стремянки лесов (подмостей) периодически очищают от строительного мусора.

6.8. Приготовление полимеррастворов относится к категории вредных работ, так как материалы, используемые при их изготовлении (растворители, разбавители, пластификаторы), вредно действуют на организм человека при соприкосновении с кожей или при вдыхании их паров.

6.9. Помещения, в которых производится приготовление полимеррастворов, являются опасными в пожарном отношении ввиду того, что пары растворителей, входящих в состав материалов, в смеси с воздухом легко воспламеняются.

6.10. Основными условиями, обеспечивающими в помещениях пожарную безопасность и гигиеничность работ, являются: эксплуатация оборудования и аппаратуры в соответствии с инструкциями по работе с ними; своевременный ремонт и чистка оборудования и аппаратуры; соблюдение правил обращения с лакокрасочными материалами и норм их хранения; правильно устроенная и эксплуатируемая вентиляция; подробный и своевременный инструктаж рабочих и снабжение их средствами индивидуальной защиты; точное соблюдение всех правил пожарной безопасности.

6.11. В помещениях и местах, где производятся работы с полимеррастворами, должны быть развешены инструкции по противопожарному режиму, с указанием обязанностей обслуживающего персонала по обеспечению пожарной безопасности в случае возникновения пожара.

6.12. Лица, работающие на строительных объектах, при сооружении которых применяются полимеррастворы, должны руководствоваться санитарными правилами:

полимерные связующие, растворители, отвердители и другие составляющие полимеррастворов представляют собой материалы, обладающие некоторой токсичностью, поэтому следует избегать прямого контакта их с кожей; все работы должны производиться в спецодежде, резиновых перчатках и защитных очках;

все операции, связанные с приготовлением полимеррастворов (разогрев эпоксидной смолы, введение растворителей, приготовление и введение в смолу пластификаторов, модификаторов, наполнителей и т. п.) и ее отверждение, должны производиться в помещении с усиленной приточно-вытяжной вентиляцией либо на открытом воздухе;

запрещается мыть руки растворителем, так как это способствует возникновению кожных поражений. Брызги смолы или отвердителя на коже должны быть немедленно смыты марлевым тампоном, смоченным ацетоном, а затем кожа промывается теплой водой;

ручная промывка оборудования растворителем должна производиться с помощью щетинной щетки с удлиненной ручкой во избежание смачивания рук;

для предохранения рук от вредного действия растворителя перед работой их следует смазывать специальной мазью;

работающие с эпоксидными смолами должны в течение дня периодически мыть руки и лицо теплой водой. По окончании работы рабочий обязан вымыть руки и лицо горячей водой с мылом и смазать глицерином или вазелином;

спецодежда должна храниться в специально отведенном для этой цели помещении; оставлять ее у рабочего места строго воспрещается; в карманах спецодежды не разрешается оставлять промасленные тряпки и обтирочные концы;

категорически воспрещается принимать пищу в местах хранения, приготовления и применения эпоксидной композиции;

помещение должно иметь аптечку, укомплектованную в зависимости от токсического действия материалов, с которыми производится работа. В аптечке по согласованию с врачем должны быть противоядия для оказания первой помощи;

в случае отравления растворителями (тошнота, рвота) следует немедленно выйти на свежий воздух и по возможности быстрее обратиться в здравпункт;

противопоказаниями к работе с эпоксидными смолами являются кожные заболевания, аллергические заболевания (бронхиальная астма, вазомоторный насморк, крапивница и т. д.), а также хронические заболевания верхних дыхательных путей и слизистых оболочек глаз;

для защиты кожи рук при работе с растворителями рекомендуется использовать нижеприведенные пасты.

Паста АБ-1 разработана Московским научно-исследовательским институтом санитарной гигиены им. Эрисмана состава: каолин – 350 г; глицерин – 120 г; мыло – 150 г; вода – 380 г.

Паста Хиот-6 разработана харьковским институтом охраны труда ВЦСПС состава: желатин белый – 24 г; пшеничный крахмал – 56 г; глицерин – 20 г; буровская жидкость – 200 г; вода – необходимое количество.

Пасту можно также приготовить самим по следующему рецепту: клей казеиновый сухой – 200 г; аммиак 25%-й – 50 г; глицерин технический – 70 г; вода – 1 л.

Казеин размалывается и перемешивается с глицерином. Аммиак разводится водой и в виде водного раствора постепенно добавляется в глицерино-казеиновую смесь, тщательно перемешивается и фильтруется через металлическую сетку (150–300 отверстий на 1 $см^2$). Срок годности пасты – 100 сут.

До начала работы пасту в количестве 5–10 г наносят на кожу рук и растирают до получения тонкого слоя. По окончании работ пасту смывают теплой водой.

6.13. Приведенные указания по технике безопасности и производственной санитарии не являются исчерпывающими. При проведении данного вида работ следует также руководствоваться указаниями по технике безопасности и производственной санитарии при проведении ряда работ, сопутствующих облицовочному процессу (монтажные, каменные, такелажные, электротехнические и другие работы).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Викторов А.М., Викторова Л.А.** Природный камень в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1983. – 193 с.
2. **Справочник** по клеям и клеящим мастикам в строительстве / О.Л. Фиговский, В.В. Козлов, А.Б. Шолохова и др. / под ред. В.Г. Микульского и О.Л. Фиговского. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.
3. **СНиП III-21-73*.** Отделочные покрытия строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1974. – 57 с.
4. **Ищенко И.П.** Технология каменных и монтажных работ. – М.: Высшая школа, 1984. – 368 с.
5. **Лисенко В.А., Мосяк В.И., Буровенко В.А., Буренин А.И.** Повышение долговечности конструкций гражданских зданий при помощи новых типов защитно-конструкционных полимеррастворов. ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре. – М.: Стройиздат, 1985, вып. 3. – 65 с.
6. **Лисенко В.А.** Защитно-конструкционные полимеррастворы в строительстве. – Киев: Будівельник, 1985. – 132 с.
7. **Липатов Б.С.** Межфазные явления в полимерах. –Киев: Наукова думка, 1980. 260 с.
8. **Соломатов В.И.** Технология полимербетонов и армополимербетонных изделий. – М.: Стройиздат, 1984. – 144 с.
9. **Современные методы** оптимизации композиционных материалов / В.А. Вознесенский, В.Н. Выровой, В.Я. Керш, Т.В. Ляшенко и др. – Киев: Будівельник, 1983. – 144 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
1. **Общие положения** 3
2. **Общие сведения о природных облицовочных каменных материалах** 5
   Свойства естественного облицовочного камня 5
   Обработка природных камней 14
3. **Материалы для полимеррастворов, применяемых при облицовочных работах** 20
   Базовые компоненты 20
   Пластификаторы 25
   Модификаторы 28
   Растворители 28
   Отвердители 31
   Наполнители 33
   Аппреты 35
   Пигменты и красители 35
4. **Полимеррастворы для проведения облицовочных работ** 38
   Оптимизация рецептуры полимеррастворов с помощью математического моделирования 38
   Оптимизация составов и реологических характеристик полимеррастворных композиций 45
   Контроль свойств полимеррастворов и клеевых соединений на их основе . 63
5. **Технология проведения облицовочных работ** 71
   Подбор каменных материалов и форм облицовочных плит 71
   Подготовка поверхностей 75
   Приготовление полимеррастворов 79
   Проведение работ с применением полимеррастворов 81
6. **Указания по технике безопасности** 95

Литература . . . . . II стр. обл.

gost.e-ecolog.ru