

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫЕ И ПОЛИМЕРНЫЕ БЕТОНЫ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов очной формы обучения направления подготовки
18.03.01 – Химическая технология
профиля «Технология и переработка полимеров»



Белгород
2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Кафедра теоретической и прикладной химии

Утверждено
научно-методическим советом
университета

ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫЕ И ПОЛИМЕРНЫЕ БЕТОНЫ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов очной формы обучения направления подготовки
18.03.01 – Химическая технология
профиля «Технология и переработка полимеров»

Белгород
2018

УДК 691.3

ББК 38.3

П 50

Составитель канд. техн. наук, доц. В.А. Полуэктова

Рецензент канд. техн. наук, доц. Л.С. Щелокова

П50 Полимерцементные и полимерные бетоны: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов очной формы обучения направления подготовки 18.03.01 – Химическая технология профиля «Технология и переработка полимеров» / сост. В.А. Полуэктова – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 39с.

В данном издании приведены основные понятия и методики выполнения лабораторных работ по дисциплине «Полимерцементы и полимербетоны». К каждой работе даны контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студента. Также представлены вопросы для подготовки к коллоквиумам и промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета.

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения направления подготовки 18.03.01 – Химическая технология профиля «Технология и переработка полимеров».

Данное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 691.3

ББК 38.3

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания к выполнению лабораторных работ подготовлены для студентов очной формы обучения направления подготовки 18.03.01 – Химическая технология профиля «Технология и переработка полимеров».

Целью лабораторных занятий является ознакомление студентов с качественно новыми строительными материалами на основе полимерных связующих. В ходе выполнения лабораторных работ студенты исследуют пластические и деформационные свойства, ряд прочностных и других свойств полимерцементных и полимерных бетонов.

Выполнение лабораторных исследований позволит студентам закрепить знания, полученные в ходе изучения теоретического материала, и приобрести навыки практической экспериментальной работы.

Лабораторные работы содержат подробное описание эксперимента, а также краткие теоретические сведения, необходимые для более полного понимания исследовательского процесса. В конце каждой работы приведены контрольные вопросы, позволяющие преподавателю оценивать уровень теоретических знаний и степень самостоятельной подготовки студента.

В данных методических указаниях также представлены вопросы для подготовки к коллоквиумам и промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета.

Лабораторная работа 1

Изучение подвижности полимерцементных смесей

Цель работы: освоить методику определения подвижности полимерцементных смесей с помощью миниконуса и оценить влияние полимерной дисперсии на подвижность полимерцементной смеси.

Основные понятия. Полимерцементные материалы получают на основе двух вяжущих веществ: минерального и полимерного. Обычно в полимерцементных материалах минерального вяжущего в несколько раз больше, чем полимерного связующего.

Основной характеристикой состава полимерцементных материалов служит соотношение (по массе) полимерного и минерального компонента – полимерцементное отношение (П/Ц). Расход полимеров в полимерцементных материалах составляет 2...20% от массы минерального вяжущего ($\text{П/Ц} = 0,02...0,2$).

В качестве полимерного компонента в полимерцементных материалах используют термопластичные полимеры (поливинилацетат, акриловые полимеры и др.) и каучуки, олигомерные термореактивные смолы (эпоксидные, карбамидные) и мономерные продукты (например, фурфуролацетоновый мономер).

В зависимости от физического состояния вводимого полимерного связующего полимерцементные материалы могут быть четырех типов: I – на основе водных растворов мономеров, олигомеров или полимеров; II – на основе водных дисперсий полимеров или олигомеров; III – на основе вязкожидких водонерастворимых олигомеров; IV – на основе порошкообразных полимеров или олигомеров.

Полимерцементные материалы на водных дисперсиях полимеров – наиболее распространенный тип полимерцементных материалов. Введение полимера в тесто минерального вяжущего в виде водной дисперсии позволяет получать материалы с П/Ц до 0,15...0,20. Это объясняется тем, что сам водонерастворимый полимер, находящийся в дисперсиях в виде частиц-глобул размером 0,1 ...10 мкм, не оказывает угнетающего действия на твердение минерального вяжущего. Основной причиной такого воздействия служат стабилизаторы полимерных дисперсий – водорастворимые органические поверхностно-активные вещества (ПАВ), содержание которых в дисперсии составляет 5-10% от массы полимера. Таким образом в полимерцементных материалах на основе водных дисперсий полимеров при $\text{П/Ц} = 0,1 ...0,2$ содержание водорастворимых органических веществ будет не более 1-2% от массы минерального

вяжущего, что соответствует верхнему пределу содержания ПАВ и других органических добавок в растворах и бетонах.

При приготовлении полимерцементных смесей во избежание получения материалов с плохими свойствами необходимо проверять нет ли коагуляции полимерной дисперсии. Исключение составляет поливинилацетатная дисперсия (ПВАД), которая, как правило, не нуждается в дополнительной стабилизации в полимерцементных материалах. Объясняется это тем, что стабилизатором ПВАД служит поливиниловый спирт, который был применен при эмульсионной полимеризации винилацетата в ПВА; в щелочной же среде цементного теста количество поливинилового спирта в ПВАД увеличивается в результате поверхностного гидролиза самого ПВА.

Полимерная дисперсия, введенная в цементную смесь (цементное тесто, растворную или бетонную смесь), оказывает пластифицирующее действие. Причин этого явления несколько.

1. ПАВ, стабилизирующие полимерные дисперсии, одновременно являются и пластификаторами цементных смесей, а их количество, приходящееся на цемент в полимерцементных смесях, близко к оптимальным расходам пластификаторов в обычных бетонах и растворах.

В цементных смесях одной из главных характеристик служит водоцементное отношение (В/Ц). При добавлении в цементную смесь полимерной дисперсии необходимо учитывать воду, содержащуюся в дисперсии, при определении общего количества воды затворения. Приблизительно половина объема дисперсии это вода, поэтому, добавляя полимерную дисперсию в цементную смесь, мы как бы увеличиваем содержание в ней жидкости, и тем самым разжижаем смесь за счет дополнительной воды, а не за счет пластифицирующего действия полимерной дисперсии.

2. Присутствие в цементных смесях полимерных дисперсий вызывает сильное воздухововлечение в смесь, что также оказывает сильное пластифицирующее действие.

Указанные факторы позволяют снизить В/Ц смесей без снижения ее пластичности. Для разных видов цемента, полимерных дисперсий и стабилизирующих систем значения В/Ц равноподвижных смесей будут различные, но общая закономерность сохраняется. При снижении В/Ц прочность бетонов и растворов возрастает.

Подвижностью растворной смеси называют ее способность растекаться под действием собственного веса или внешних сил. Подвижность раствора определяет его удобоукладываемость.

По подвижности смеси можно разделить на следующие категории:

– *Жесткие смеси* с минимальным содержанием воды дают наиболее прочный материал. Их обязательно применяют для всех ответственных сооружений. Если жесткую смесь сжать в руке, то получится плотный комок без следов раствора на ладони. При перерывах в бетонировании жесткими смесями сцепление слоев меньше, чем пластическими. Но при добавлении полимерных дисперсий в жесткие смеси сцепление между слоями увеличивается за счет адгезионных сил полимера.

– *Подвижные смеси* применяют для изготовления монолитных конструкций, изделий из бетона, получаемых методом заливки смесей в формы. Подвижность бетона классифицируется от П-1 до П-5 (1 – самая малоподвижная, 5 – самая пластичная). Для монолитных работ чаще всего используют смеси П-2 и П-3. Для получения бетона марки П-4 и П-5 добавляют специальные суперпластификаторы. Подвижные и пластичные смеси более прочно сцепливаются с арматурой, образуют гладкие поверхности.

Материалы и оборудование: цемент, полимер (дисперсия ПВА или редиспергируемый порошок, латекс дивинилстирольный СКС-65, водорастворимые смолы эпоксидные ДЭГ-1, ТЭГ-1, ацетоноформальдегидная смола АЦФ и т.п.); миниконус, емкость и шпатель для перемешивания смеси, штангенциркуль или линейка, формы для образцов 2х2х2 см.

Порядок выполнения работы.

1. *Подбор водоцементного отношения (В/Ц) контрольной смеси.*
В/Ц зависит от вида цемента и часто лежит в пределах 0,33-0,38. Количество воды определяется опытными замесами. Взвешивают цемент массой 100 г, добавляют 33 г водопроводной воды и перемешивают в течение 5 минут. Миниконус устанавливают на стеклянную поверхность, смоченную слегка влажной тканью, и заполняют смесью (с горкой). Легкими постукиваниями шпателем по боковой поверхности конуса вибрируют смесь и срезают шпателем излишки. Затем плавно поднимают миниконус в строго вертикальном направлении. Время, затраченное на подъем конуса, должно составлять 5 с. Если после снятия миниконуса смесь разваливается, измерение расплыва не производят и испытание повторяют на новой пробе смеси, увеличивая количество воды. Уточняют дозировку воды для обеспечения проектной подвижности ($d=4,5-5$ см при внутреннем диаметре нижнего основания миниконуса 4 см) смеси. Рассчитывают В/Ц.

2. *Определение подвижности полимерцементного раствора.*
Каждый студент из бригады, выполняющий данную работу готовит

полимерцементную смесь с подобранным общим В/Ц, но различным полимерцементным отношением (П/Ц) по указанию преподавателя: П/Ц= 0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20.

Полимерцементное отношение рассчитывают по сухому веществу. Полимер вводят с водой затворения. При использовании водной дисперсии любого полимера нужно помнить, что в дисперсии содержится вода, например в ПВАД 51% ПВА и 49% воды, а в латексе СКС-65 ГП 47% сухого вещества. Количество дисперсионной среды отнимают от массы воды затворения. Например, для получения полимерцементной смеси с П/Ц=0,025 и В/Ц=0,35 необходимо взять:

Ц (цемент) – 100 г, П (ПВАД) – 4,9 г ($\frac{2,5 \cdot 100}{51}$), В (вода) – 32,6 г (35–(4,9–2,5)).

Далее измеряют диаметр расплыва смеси d в см с точностью до десятых. Все члены бригады свои результаты заносят в одну табл. 1.

Смесь после определения расплыва возвращают в емкость для перемешивания. Перемешивают и формируют образцы-кубики с размером ребер 2x2x2 см для выполнения лабораторной работы 2 (через 28 сут.).

Образцы до распалубливания хранят в формах, покрытых влажной тканью или в полиэтиленовом пакете (для исключения испарения влаги) в помещении с температурой воздуха (20±5)°С. Распалубливают не ранее чем через 24 ч и не позднее чем через 72 ч. Далее хранят в воздушно-сухих условиях.

Таблица 1

Экспериментальные данные

П/Ц	В/Ц	Масса, г			d , см
		Цемент	Вода	Полимер	
0		100			
0,05					
0,1					
0,15					
0,2					

На основании полученных данных каждый студент бригады строит график зависимости диаметра расплыва смеси от полимерцементного отношения и делает вывод о влиянии содержания полимера на подвижность полимерцементного раствора.

Контрольные вопросы

1. Сравните понятия: полимербетоны, полимеррастворы и

- полимермастики; полимербетон и полимерцементный бетон.
2. Какие полимеры используют в качестве полимерного компонента в полимерцементных материалах? В каких количествах их вводятся в бетоны и растворы?
 3. Назовите типы полимерцементных материалов в зависимости от физического состояния вводимого полимерного компонента?
 4. Дайте определения основным характеристикам состава полимерцементных материалов: П/Ц и В/Ц.
 5. Охарактеризуйте полимерцементные материалы на водных дисперсиях полимеров. Стабилизаторы водных дисперсий полимеров.
 6. Причины коагуляции водной дисперсии полимеров. Как влияет коагуляция полимерной дисперсии на цементную смесь?
 7. Приведите классификацию смесей по подвижности. Что такое суперпластификаторы?
 8. Опишите методику НИИЖБ для определения подвижности смеси с помощью миниконуса.
 9. Чем обусловлено предпочтительное использование полимерцементных составов для ремонта конструкций по сравнению с обычными цементными составами?
 10. Какие достоинства и недостатки имеют полимерцементные материалы по сравнению обычным бетоном?

Лабораторная работа 2

Исследование воздействия воды на полимерцементные материалы

Цель работы: освоить методику определения влагопоглощения материалов и получить зависимость водопоглощения полимерцементного камня от содержания полимера.

Основные понятия. Полимерцементные материалы характеризуются наличием двух активных составляющих: минерального вяжущего и органического связующего. Вяжущее вещество с водой образует цементный камень, склеивающий частицы заполнителей в монолит. Полимер по мере удаления воды из бетона образует на поверхности пор, капилляров, зерен цемента и заполнителей тонкую пленку, которая обладает хорошей адгезией и улучшает монолитность бетона. В результате полимерцементный материал приобретает особые свойства: повышенную по сравнению с обычным бетоном прочность при растяжении и изгибе, более высокую морозостойкость, хорошие адгезионные свойства, высокую износостойкость, водонепроницаемость. В то же время полимерное

составляющее определяет и другие особенности материала: в ряде случаев несколько повышенную деформативность, снижение показателей прочности на сжатие, снижение физико-механических характеристик при водном хранении.

Наиболее распространенными добавками полимеров в цементные бетоны являются поливинилацетат (ПВА), латексы и водорастворимые смолы. Свойства ПВА, как и для всех высокомолекулярных соединений, зависят от степени полимеризации винилацетата, температуры и влажности. Обычно применяется ПВА в виде водной дисперсии, содержащей около 50 % сухого вещества и некоторое количество поливинилового спирта как стабилизатора. После высыхания образуется твердая пленка, обладающая некоторым водопоглощением и набуханием. Влажное хранение ПВА сопровождается снижением прочности, а после высыхания прочность быстро нарастает. Подобным же образом проявляет себя ПВА в бетоне.

Латексы дивинилстирольные СКС–30, СКС–50, СКС–65 и СКС–65 ГП характеризуются отношением дивинила к стиролу соответственно 70 : 30; 50 : 50; 35 : 65; с увеличением содержания стирола повышается прочность и твердость полимера и снижается его эластичность. Применяют также латексы дивинилнитрильный СКН–40 и карбоксилатный СКД–1.

Основным фактором, определяющим влияние добавки на свойства полимерцементных материалов, является полимерцементное отношение (П/Ц). Обычно оптимальная добавка ПВА составляет 20 % от массы цемента. При применении латекса, чтобы не было коагуляции полимера, вводят стабилизатор (казеинат аммония, соду и др.).

Введение полимерных дисперсий увеличивает пластичность растворяемых смесей по сравнению с чисто цементными. Прочность увеличивается, если бетон выдерживается в воздушно-сухих условиях (влажность воздуха 40-50 %), при выдерживании во влажных условиях (влажность 90-100 %) прочность снижается.

Водорастворимые смолы вводятся в бетон в небольших количествах (приблизительно 2% от массы цемента). Хорошие результаты получают при введении в бетон водорастворимых эпоксидных смол ДЭГ-1, ТЭГ-1 и полиамидной смолы №89. Эти смолы, имея гидроксильную группу ОН–, характеризуются высокой адгезией к различным материалам, включая новообразования цементного камня, кварц, гранит и другие виды заполнителей. Смола №89 полимеризуется в щелочной среде без введения инициатора.

Смолы ДЭГ-1 и ТЭГ-1 вводят в воду затворения вместе с отвердителем. Отверждение их в щелочной среде бетона происходит интенсивнее, и цепи полимера обладают большой эластичностью.

Из водорастворимых смол наиболее перспективной в получении полимерцементных бетонов является ацетоноформальдегидная смола (АЦФ). Выгодно отличаясь от большинства полимерных добавок механизмом действия, АЦФ, как ПАВ неионогенного типа, оказывает полифункциональное влияние на процессы гидратации и твердения минерального вяжущего. Добавки АЦФ обеспечивают высокие пластифицирующие и прочностные эффекты, улучшают поровую структуру бетона, повышают водонепроницаемость и морозостойкость бетона с одновременной экономией цемента. В результате уменьшаются водопоглощение.

Водопоглощение – это параметр, который позволяет определить степень гидрофобности материала. Существуют два метода определения водопоглощения: в холодной воде и ускоренный – в кипящей.

Материалы и оборудование: цемент, полимер (ПВА редуцируемый, ПВАД, латекс дивинилстирольный СКС-65, водорастворимые смолы эпоксидные ДЭГ-1, ТЭГ-1, ацетоноформальдегидная смола АЦФ и т.п.), миниконус, емкость и шпатель для перемешивания смеси, штангенциркуль или линейка, формы 2х2х2 см, сушильный шкаф, весы, емкость для хранения образцов, эксикатор, фильтровальная бумага.

Порядок выполнения работы.

1. *Приготовление полимерцементной смеси и формование образцов.* Каждый студент из бригады, выполняющий данную работу, готовит полимерцементную смесь с общим В/Ц, но своим полимерцементным отношением (П/Ц) по указанию преподавателя: П/Ц= 0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20. В/Ц подбирается самостоятельно (см. работу 1 п.1). Далее формируют образцы-кубики с размером ребер 2х2х2 см и оставляют на 28 сут. Образцы до распалубливания хранят в формах, покрытых влажной тканью или в полиэтиленовом пакете (для исключения испарения влаги) в помещении с температурой воздуха (20±5) °С. Распалубливают не ранее чем через 24 ч и не позднее чем через 72 ч. ч. Далее хранят в воздушно-сухих условиях.

Если студент уже выполнял работу 1, то разрешено использовать свои образцы.

2. *Определение водопоглощения в холодной воде.* Перед проведением испытания образцы 2х2х2 см высушивают в термощкафу при 105±3°С в течении одного часа. После сушки охлаждают в

эксикаторе. Образцы, подготовленные к испытаниям, взвешивают с точностью до $\pm 0,001$ г, и помещают в емкость с водой при температуре $22 \pm 1^\circ\text{C}$, так чтобы они были полностью покрыты водой, не соприкасались между собой и со стенками сосуда. После выдержки в жидкой среде в течение 24 ч образцы извлекают. Фильтровальной бумагой удаляют с поверхности избыток влаги и не более чем через 1 мин повторно взвесьте.

Показатель относительного водопоглощения B_0 (%) оценивают по формуле (среднее арифметическое трех параллельных испытаний).

$$B_0 = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100, \%$$

где m_0 и m_1 – масса образца соответственно до и после водопоглощения, г.

3. Определение водопоглощения в кипящей воде.

Образцы высушивают в термошкафу в течение 1 ч при температуре $105 \pm 3^\circ\text{C}$. После сушки образцы охлаждают в эксикаторе с осушителем и взвешивают с точностью 0,001 г.

В сосуд с кипящей водой помещают образцы так, чтобы они были полностью покрыты водой и не соприкасались между собой и стенками стакана и выдерживают в течение 30 ± 1 мин.

После этого образцы переносят в стакан с холодной водой и выдерживают до охлаждения в течение 15 ± 1 мин. Далее образцы извлекают из воды, промокают фильтровальной бумагой и взвешивают. Время от момента извлечения до момента взвешивания не должно превышать 1 мин.

Водопоглощение вычисляют в процентах к массе высушенного образца.

Все члены бригады результаты заносят в одну табл.2.

Таблица 2

Экспериментальные данные

П/Ц	В/Ц	Масса, г			Показатель относительного водопоглощения, %
		m_0	m_1 в холодной воде	m_1 в кипящей воде	
0					
0,05					
0,1					
0,15					
0,2					

На основании полученных данных каждый студент бригады строит график зависимости показателя водопоглощения полимерцементного камня от полимерцементного отношения и делает вывод о воздействии воды на полимерцементные материалы.

Контрольные вопросы

1. Общая характеристика полимерцементных материалов.
2. Полимерцементные материалы на водорастворимых полимерах.
3. Полимерцементные материалы на водных дисперсиях полимеров.
4. С какой целью вводят поверхностно-активные вещества в водные дисперсии полимеров?
5. Полимерцементные материалы на водонерастворимых вязкожидких олигомерах.
6. Полимерцементные материалы на порошкообразных водонерастворимых полимерных продуктах.
7. Рациональные области применения полимерцементных материалов.
8. Охарактеризуйте наиболее распространенные добавки полимеров в цементные бетоны.
9. Опишите методику определения влагопоглощения и водонепроницаемости.
10. Перспективы применения полимерцементных растворов, мастик и бетонов.

Лабораторная работа 3

Проектирование состава полимерцементного бетона и определение его плотности и прочности на сжатие

Цель работы: научиться проектировать состав полимерцементного бетона (раствора); определить плотность и прочность на сжатие полимерцементного бетона.

Основные понятия. Полимерцементными мелкозернистыми бетонами называются песчано-цементные растворы без крупного заполнителя с добавками различных высокомолекулярных органических соединений. Наиболее распространенными являются дисперсии полимеров, латексы и водорастворимые смолы. Добавки вводят в бетонную смесь при ее приготовлении. Использование в бетоне полимеров позволяет изменять его структуру и свойства в нужном направлении, улучшать технико-экономические показатели

материала.

Полимер образует на поверхности пор, капилляров, зерен цемента и заполнителя тонкую пленку, которая обладает хорошей адгезией и способствует повышению сцепления между мелким заполнителем и цементным камнем, улучшает монолитность бетона и работу минерального скелета под нагрузкой. В результате полимерцементный бетон приобретает повышенную по сравнению с обычным бетоном прочность при изгибе, более высокую морозостойкость, хорошие адгезионные свойства, высокую износостойкость, непроницаемость.

Количество вводимой добавки полимера устанавливают предварительными опытами, ориентировочно 10-20% от массы цемента. Полимерцементные бетоны готовят по той же технологии, что и обычный цементный бетон, применять их наиболее целесообразно для тех конструкций и изделий, где можно использовать особенности их свойств, например, для полов, дорог, отделочных и ремонтных составов, коррозионно-стойких покрытий.

Материалы и оборудование: цемент, мелкий заполнитель (песок), поливинилацетат (редиспергируемый порошок) или поливинилацетатная дисперсия (ПВАД); емкость и лопатка для перемешивания бетонной смеси, весы, емкость для определения плотности бетонной смеси, штангенциркуль, формы с размерами 7х7х7 см, испытательный пресс для определения прочности бетона (10 тонн).

Порядок выполнения работы.

1. *Расчет состава полимерцементного раствора.* Состав мелкозернистого бетона рассчитывают расчетно-экспериментальным способом с учетом заданного количества ПВА, и состава раствора исходя из заданного соотношения компонентов Ц : П (цемент : песок), водоцементного отношения и средней плотности.

Пример: Рассчитать состав раствора с отношением Ц:П = 1:2 с $V/Ц = 0,42$; $\rho_{\text{ср}} = 2100 \text{ кг/м}^3$; ПВА = 20% от цемента.

С учетом заданных соотношений состав 1 м^3 раствора можно выразить: $Ц + П + В + \text{ПВА} = 2100$ или

$$1 + 2 + 0,42 + 0,2 = 2100;$$

$$3,62 \text{ вес. ч.} = 2100;$$

$$1 \text{ вес. ч.} = 580.$$

Тогда расход цемента равен 580 кг;

$$\text{расход песка } (580 \times 2) = 1160 \text{ кг};$$

$$\text{расход воды } (580 \times 0,42) = 243,6 \text{ л};$$

$$\text{расход ПВА } (580 \times 0,2) = 116 \text{ кг}.$$

Следовательно, *расчетный состав* 1 м^3 раствора:

цемент – 580 кг;
 песок – 1160 кг;
 вода – 243,6 л;
 ПВА – 116 кг.

2. *Приготовление полимерцементного раствора, определение его плотности и изготовление образцов.* Каждый студент бригады, выполняющий данную работу, сначала рассчитывает расход материалов на изготовление 1 м³ раствора с заданным содержанием полимера (по указанию преподавателя): 20%, 15%, 10%, 5%, 0%. При этом для ПВАД необходимо учесть содержание дисперсионной среды (50%) в расчете воды затворения. Затем пересчитывает дозировку на опытные замесы (1 дм³ (л)=0,001 м³), исходя из количества заполняемых им форм.

Далее взвешивает необходимое количество компонентов для замеса и готовит смесь в следующей последовательности: смачивает емкость, в которой готовит смесь; высыпает песок, цемент и перемешивает сухую смесь; взвешенное количество ПВА смешивает с водой затворения, добавляет в сухую смесь, перемешивает вручную в течение 5 мин.

После приготовления смеси проверяет её среднюю плотность в кг/м³. Для этого точно известный объем цилиндрического сосуда заполняет приготовленным раствором и взвешивает. Рассчитывает плотность раствора по формуле

$$\rho = \frac{m}{V} \cdot 1000, \text{ кг/м}^3$$

где m – масса раствора, г; V – объем сосуда, см³.

Далее все студенты бригады изготавливают образцы из своей смеси: кубы размером 7х7х7 см (2-3 образца в каждой серии). Смесь в формах уплотняют штыкованием или на вибростоле в течение 30 секунд. После изготовления образцы должны храниться в воздушно-сухих условиях в течение 14 или 28 суток. Образцы до распалубливания хранят в формах, покрытых влажной тканью или другим материалом (в полиэтиленовом пакете) для исключения испарения из них влаги в помещении с температурой воздуха (20±5)°С. При определении прочности бетона на сжатие образцы распалубливают не ранее чем через 24 ч и не позднее чем через 72 ч.

3. *Определение плотности мелкозернистого полимерцементного бетона.* Штангенциркулем измеряют размеры каждого образца и взвешивают каждый образец. Рассчитывают плотность каждого образца по формуле

$$\rho = \frac{m}{V} \cdot 1000, \text{ кг/м}^3$$

где m – масса образца, г; V – объем образца, см³.

Плотность полимерцементного бетона с заданным содержанием полимера вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания всех образцов данной серии.

4. *Определение прочности полимерцементных бетонных образцов при сжатии.* Прочность мелкозернистого бетона при сжатии определяют на изготовленных из пробы испытываемого бетона образцах и рассчитывают по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \text{ кгс/см}^2$$

где P – разрушающая нагрузка, кгс (по шкале пресса); F – площадь образца, к которой эта нагрузка была приложена см².

Полученные значения нужно перевести в МПа (10 кгс/см² ≈ 1 МПа).

Если испытания проводили через 14 суток, то для приведения к 28-суточным, полученный результат нужно умножить на коэффициент 1,26. Полученные значения для образцов размером 7х7х7х см следует привести к стандартному образцу 15х15х15 см путем умножения на поправочный коэффициент – 0,85.

Прочность бетона серии образцов вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания.

Все члены бригады результаты заносят в общую таблицу 3.

Таблица 3

Экспериментальные данные

Состав бетона, кг/м ³				П/Ц	ρ р-ра, кг/м ³	ρ бетона, кг/м ³	$R_{сж}$, МПа
Ц	П	В	ПВА	0			
				0,05			
				0,10			
				0,15			
				0,20			

По результатам работы каждого студента бригады необходимо построить общие графики зависимостей плотности полимерцементного бетона от П/Ц и прочности на сжатие от П/Ц.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте понятия: полимербетоны, бетонополимеры, полимерцементные бетоны.
2. Сравните материалы: полимербетоны, полимеррастворы и полимерные мастики.
3. Приведите пример расчета состава полимерцементного бетона с крупным заполнителем.
4. Механизм действия двойного вяжущего в полимерцементных составах.
5. Чем обусловлено предпочтительное использование полимерцементных составов для ремонта конструкций по сравнению с обычными цементными составами?
6. Полимерные компоненты в полимерцементных материалах.
7. В каких количествах вводятся полимерные добавки в бетоны и растворы?
8. Для каких конструкций необходимы повышенные адгезионные свойства бетонов и растворов, обусловленные применением ПВА?
9. Классификация бетонов по средней плотности. Марка плотности бетона.
10. Классификация бетонов по прочности. Класс прочности бетона.

Лабораторная работа 4

Определение усадочных деформаций и прочности на изгиб полимерцементного бетона

Цель работы: освоить методику определения деформационных показателей и определить прочность полимерцементного бетона на изгиб.

Основные понятия. Твердение и высыхание цементного камня сопровождаются усадкой, проявляющейся в уменьшении его объема. Линейные размеры образцов из цементного камня за год или несколько лет уменьшаются примерно на 2 мм/м.

Для полимерцементных материалов характерны повышенные усадочные деформации.

Усадку обуславливают различные процессы, в основном связанные с уменьшением содержания в бетоне воды.

Усадочные деформации вызывают в бетоне внутренние напряжения, особенно значительные при неравномерном высыхании бетонной конструкции, и могут быть причиной разрывов в контактной зоне и растворной части бетонов и вызывать, особенно в сочетании с температурными напряжениями, появление трещин. Усадочные

напряжения неблагоприятно влияют на морозостойкость, непроницаемость, усталостную и изгибную прочность.

Материалы и оборудование: цемент, мелкий заполнитель (песок), полимер (ПВА редуспергируемый, ПВАД, латекс дивинилстирольный СКС-65, водорастворимые смолы эпоксидные ДЭГ-1, ТЭГ-1, ацетоноформальдегидная смола АЦФ и т.п.); емкость и лопатка для перемешивания бетонной смеси, весы, штангенциркуль, формы с размерами 4x4x16 см, испытательный пресс для определения прочности бетона (10 тонн).

Порядок выполнения работы.

1. *Расчет состава, приготовление полимербетонной смеси и изготовление образцов* проводим как описано в работе 3, различие состоит только в форме образцов. В данной работе используют формы с размерами 4x4x16 см для получения образцов-балочек (2-3 образца в каждой серии). Смесь в формах уплотняют штыкованием или на вибростоле в течение 30 секунд.

После изготовления образцы должны храниться в воздушно-сухих условиях в течение 28 суток. Образцы до распалубливания хранят в формах, покрытых влажной тканью или в полиэтиленовом пакете для исключения испарения из них влаги в помещении с температурой воздуха $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. При определении прочности бетона на растяжение (изгиб) образцы распалубливают не ранее чем через 72 ч и не позднее чем через 96 ч.

2. *Определение усадочных деформаций полимерцементного бетона.* После распалубливания образцов каждую из сторон балочки измеряют штангенциркулем и суммируют все стороны. Спустя 14 и 28 суток образцы снова измеряют и суммируют значения длин сторон.

Значение усадочных деформаций V_{yc} рассчитывают по формуле

$$V_{yc} = \frac{\sum_0 - \sum_i}{\sum_i / 1000}, \text{ мм/м}$$

где \sum_0 – сумма рёбер образца сразу после распалубливания, мм;
 \sum_i – сумма рёбер образца на 14-е и 28-е сутки, мм.

Находят среднее значение усадочных деформации каждой серии образцов.

Все члены бригады результаты заносят в общую табл. 4. На основании всех полученных данных каждый студент строит график зависимости показателя усадочных деформаций полимерцементного бетона от полимерцементного отношения и делает вывод о воздействии полимера на усадку материала.

2. *Определение прочности полимерцементных бетонных образцов при изгибе.* Прочность мелкозернистого бетона при изгибе определяют на изготовленных из пробы испытываемого бетона образцах-балочках и рассчитывают по формуле

$$R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \text{ кгс/см}^2$$

где P – разрушающая нагрузка кгс (по шкале прессы); l – расстояние между опорами (см. рис. 1); b – толщина образца, см; h – высота образца, см.

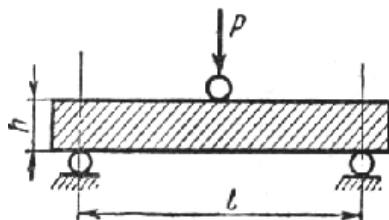


Рис. 1. Схема испытания прочности образца на изгиб

Полученные значения переводят в МПа ($10 \text{ кгс/см}^2 \approx 1 \text{ МПа}$). Все члены бригады свои результаты заносят в общую табл. 4. Прочность бетона серии образцов вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания всех образцов серии.

Таблица 4

Экспериментальные данные

П/Ц	В/Ц	$V_{\text{ус}}$ (14 сут), мм/м	$V_{\text{ус (сред)}}$ (14 сут), мм/м	$V_{\text{ус}}$ (28 сут), мм/м	$V_{\text{ус (сред)}}$ (28 сут), мм/м	$R_{\text{изг}}$, МПа	$R_{\text{изг (сред)}}$ МПа
0							
...							
0,2							

По результатам работы всех студентов из бригады необходимо построить общий график зависимости усадочных деформаций и прочности на изгиб полимерцементного бетона от полимерцементного отношения.

Контрольные вопросы

1. Общие сведения о полимерных связующих для полимерцементных материалов.
2. Дисперсия поливинилацетатная как компонент полимерцементных материалов.
3. Бутадиен-стирольные каучуки и латексы на их основе. Полимерцементные покрытия на латексе СКС-65.
4. Ацетоноформальдегидные смолы. Возможность использования АЦФ в полимерцементных материалах.
5. Охарактеризуйте эпоксидные смолы как связующие для полимерцементных материалов.
6. Усадочные деформации. Методика определения.
7. Ползучесть. Методика определения ползучести полимерных материалов.
8. Отделочные полимерцементные составы, требования к ним. Масличные полимерцементные составы.
9. Штукатурные и кладочные полимерцементные растворы.
10. Армирование полимерцементных материалов.

Лабораторная работа 5

Изучение свойств полимерных мастик, полимеррастворов и полимербетонов

Цель работы: изучить принципы получения и свойства полимерных мастик, растворов и бетонов; определить влияние соотношения в связующем «полимер-наполнитель» на свойства полимербетона на эпоксидном связующем.

Основные понятия. Полимербетоны – высоконаполненные композиции, полученные на основе синтетических смол или мономеров и химически стойких наполнителей и заполнителей без участия минеральных вяжущих и воды.

Полимербетоны представляют собой материалы, у которых степень наполнения минеральными наполнителями и заполнителями доходит до 90-95% массы. Подобные материалы стоят вне конкуренции с другими наполненными полимерными композициями по расходу полимерного компонента, который составляет всего 5-10% общей массы полимербетона, т.к. стоимость такого материала сведена к минимуму.

Полимербетоны содержат в своем составе не менее трех фракций наполнителей и заполнителей. Наполнители представляют собой

дисперсные порошки с размером частиц менее 0,15 мм и удельной поверхностью, оптимальной для практических целей, в пределах 2500-5000 см²/г.

К заполнителям относится песок с крупностью зерен до 5 мм и щебень (гравий) с крупностью зерен до 50 мм. Если полимерная композиция не содержит в своем составе щебня, то она называется полимерраствором, композиция же содержащая только один мелкодисперсный наполнитель, называется полимерной мастикой. Поскольку полимеррастворы и полимермастики представляют собой мелкозернистые полимербетоны, то можно употреблять и обобщающий термин «полимербетон», но при этом нужно иметь в виду, что излагаемое по тексту относится в одинаковой мере и к полимеррастворам и полимермастикам.

При сравнительно небольшом расходе полимерного компонента на единицу массы полимербетоны обладают высокой прочностью, плотностью, химической стойкостью и многими другими положительными свойствами. Соответствующий выбор полимера, наполнителей и заполнителей позволяет получать полимербетоны с высокими диэлектрическими характеристиками или, наоборот, обладающие хорошей электропроводностью. Разработаны составы специальных полимербетонов с высокими защитными свойствами от различных излучений. При этом высокая степень наполнения позволяет резко снизить усадку, которая становится равной усадке цементных бетонов, и существенно повысить модуль упругости, что позволяет принимать такие бетоны в несущих и весьма ответственных конструкциях.

Полимерный компонент в связующем для полимербетонов.

Основные свойства полимербетонов определяются химической природой синтетической смолы, видом и содержанием мелкодисперсной фракции наполнителей. Крупные фракции заполнителей (песок и щебень), выполняя в основном роль скелета, влияют на основные физико-механические свойства в меньшей степени.

Полимербетоны могут быть получены как на основе терморезактивных, так и термопластичных полимеров. Отверждение большинства терморезактивных полимеров происходит в присутствии отвердителей. Полимербетоны, предназначенные для изготовления несущих строительных конструкций, изготавливают в основном на основе терморезактивных смол, термопластичные же полимеры в большинстве случаев используются для полимербетонов, которые

применяют в защитных облицовках и в виде декоративных отделочных материалов.

Исходя из ряда требований по плотности, прочности, деформативности, химической стойкости и ряду других характеристик, которые предъявляются к полимербетонам, определен сравнительно небольшой круг (12-15 видов) полимерных веществ, наиболее распространенных при производстве полимербетонных, как в России, так и за рубежом. В табл. 5 приведены основные виды полимеров и отвердителей, используемые в связующем для полимербетонных.

Таблица 5

Основные виды полимербетонных

Виды полимербетонных	Синтетическая смола	Отвердитель
Фурановые	Фурфуролацетоновая смола ФА или ФАМ и др. Фураново-эпоксидный компаунд Фураново-меламиновый компаунд	Бензолсульфокислота (БСК) Полиэтилен полиамин (ПЭПА), ДЭТА, ГМД и др. БСК
Полиэфирные	Полиэфирные смолы ПН-1, ПН-3, ПН-62, ПНС-609-22М и др. Полиэфирные смолы МГФ-9, ТГМ-3 и др.	Инициаторы – перекиси и гидроперекиси. Ускорители – нафтенат, кобальта и др. То же
Фенолформальдегидные	Фенолформальдегидные смолы СФЖ-3032, СФЖ-3016 и др.	БСК, контакт Петрова
Мочевинформальдегидные	Мочевинформальдегидная смола КФЖ и др.	Солянокислый анилин
Ацетоноформальдегидные	Ацетоноформальдегидная смола АЦФ-2, АЦФ-23	ПЭПА и 25% NaOH
Виниловые	Мономер метилметакрилат MMA	Перекиси и гидроперекиси с аминами
Эпоксидные	Эпоксидные смолы ЭД-16, ЭД-20, ЭД-22 и др. Эпоксиднополиамидный компаунд	ПЭПА, ДЭТА, ГМД, УП-0633М и др. полиамидные смолы ПО-200 и др.

Ряд полимеров, например эпоксидные смолы, в отвержденном состоянии обладают значительной хрупкостью. Для снижения хрупкости связующего, а также для целенаправленного изменения (улучшения) ряда других его свойств, в состав связующего могут вводиться пластификаторы и модификаторы (фталагаты, масла, каучуки, битумы, полиэфирные, отходы ряда производств и пр.). Кроме того,

пластифицирующие и модифицирующие добавки могут значительно снижать стоимость связующего.

Введение различных растворителей и разбавителей позволяет по необходимости снизить начальную вязкость полимерного компонента.

Наполнители и заполнители полимербетонов. Высокое содержание в составе полимербетонов наполнителей и заполнителей позволяет уменьшить расход полимерного компонента, стоимость которого в основном определяет стоимость полимербетона; ограничивает температурные и усадочные деформации; регулирует плотность, прочность, твердость, физико-механические и другие свойства. Однако введение в состав полимербетонов мелкодисперсного наполнителя в большом количестве более 200-300% от массы полимера, как правило, приводит к ухудшению свойств наполненной композиции из-за неполного смачивания смолой поверхности наполнителя.

В качестве наиболее распространенных наполнителей полимербетонов используют порошки андезита, диабазы, маршаллита, цемента, графита и др.

Заполнителями служат андезит, базальт, кварц, шунгит и другие породы в виде песка и щебня. В составе легких полимербетонов применяют аглопорит, керамзит, перлит, туфы, пемзы и другие искусственные и естественные пористые заполнители. Повышение тиксотронных свойств полимерных мастик и растворов обеспечивает введение в состав сажи, дисперсного поливинилхлорида или аэросила.

Эпоксидные смолы при длительной работе с ними могут вызвать раздражение слизистых оболочек, а также оказать общетоксическое действие из-за присутствия в смолах свободного эпихлоргидрина и толуола. При непосредственном контакте неотвержденной смолы с кожей возможно возникновение дерматита или аллергические явления. Поэтому при работе с эпоксидными смолами рабочие должны быть обеспечены защитной одеждой и перчатками. Кожные покровы следует покрывать силиконовыми мазями или защитными пастами. Смолу, попавшую на кожу, снимать нужно не растворителем, а сухим тампоном из ткани или марли, а затем вымыть водой с мылом.

Эпоксидные смолы не взрывоопасны; они горят лишь при внесении в источник огня.

Гранулометрический состав крупного заполнителя полимербетонов (щебень, гравий) должен подбираться, исходя из условий плотной упаковки в процессе формования, размеров, геометрической формы и средней плотности реальных изделий или конструкций.

Материалы и оборудование: полимер (эпоксидная смола различных марок), отвердитель (ПЭПА), растворитель (ацетон, толуол, ксилол и др.), наполнитель (мел, тонкомолотый графит, тонкомолотый кварцевый песок), мелкий заполнитель (песок), крупный заполнитель (щебень, гравий); весы, емкость и лопатка для перемешивания полимербетонной смеси, формы (например 3х3х3 см для мастик), штангенциркуль, сушильный шкаф, пресс для испытания образцов (10 тонн).

Порядок выполнения работы.

1. Изготовление испытуемых образцов. Для приготовления полимербетонных композиций на основе эпоксидных смол могут применяться смолы марок ЭД-14, ЭД-16, ЭД-20, ЭД-22 и др. Смолы марок ЭД-14 и ЭД-16 обладают значительной вязкостью, что затрудняет приготовление полимербетонов, и поэтому требуют предварительного подогрева до температуры 40-50°C или введения растворителя (ацетона, толуола, ксилола и др.). Предпочтительней поэтому использовать смолы марок ЭД-20, ЭД-22, которые обладают значительно меньшей вязкостью и не требуют подогрева или введения растворителя. Эпоксидная смола перед применением в течение суток должна выдерживаться при температуре 20-25°C.

Полимербетонные смеси могут приготавливаться в смесителях различной конструкции, главные требования при этом – тщательность и быстрота смешения. По необходимости, при малых объемах замесов, смеси могут приготавливаться в ручную. Приготовление осуществляется в 2 этапа – приготовление полимерного компонента связующего и приготовление собственно смеси с введением наполнителя и заполнителя.

Приготовление связующего включает смешение в течение 1 мин. смолы и пластификатора (при необходимости), с последующим введением и перемешиванием также в течение 1 мин. отвердителя. При совмещении смолы с отвердителем выделяется большое количество тепла, которое при больших объемах замеса может привести к вспениванию и преждевременному отверждению полимера. Для того чтобы этого не произошло сразу же необходимо ввести наполнитель, который будет поглощать выделяющееся тепло. Часто под полимерным связующим понимают именно этот состав. Потом вводят заполнители. Длительность перемешивания связующего с заполнителями еще 2÷3 мин. Приготовленную полимербетонную смесь следует использовать в течение 15-20 мин.

Составы полимерных мастик, полимеррастворов и полимербетонов приведены в табл. 6 (дополнительно в прил.1).

Бригада из студентов, выполняющих работу одновременно, работает по указанию преподавателя или с полимерной мастикой, или с полимерным раствором, или полимербетоном. Каждый студент бригады готовит один состав (одну серию образцов из 2-3 образцов в каждой) по указанию преподавателя из табл. 6.

Таблица 6

**Составы полимерных мастик, полимеррастворов
и полимербетонов**

Компоненты	Содержание в мас. ч.		
	Полимермастика	Полимерраствор	Полимербетон
<u>Связующие (полимер)</u> Эпоксидная смола ЭД-20 Пластификатор /ДФФ/ Отвердитель /ПЭПА/	100 20 15	100 20 15	100 20 15
<u>Наполнители</u> Мел (тонкомолотый графит или тонкомолотый кварцевый песок)	0, 50, 100, 150, 200	100	100
<u>Заполнители</u> <i>Мелкий</i> – Рядовой кварцевый песок, $M_{np}=1,52$ <i>Крупный</i> – Щебень (гравий) Фракции 5÷50	– –	0, 100, 200, 300 –	400 400

Из приготовленной полимербетонной смеси формируют образцы 3х3х3 см для мастик и растворов (2-3 образца в каждой серии), для полимербетона 7х7х7 см. Формы предварительно смазываются смазкой (можно использовать щелочной раствор с наполнителем) или изнутри оклеиваются стрейч-пленкой. Формование производится путем штыкования смеси стержнем в количестве не менее 20 штыкований на каждое отделение формы (или вибрированием 30 с на вибростол). Излишки смеси после штыкования срезаются. Формы с образцами помещают в сушильный шкаф с температурой 80...90°С на 30...40 мин до набора распалубочной прочности. Затем образцы извлекают из форм и помещают в нормальные воздушные условия (14 или 28 сут).

2. *Испытание образцов* проводят действием разрушающего напряжения при сжатии после измерения их массы и линейных размеров для расчета плотности (см. работу 3 п.3-4). Результаты полученные по шкале прессы переводят в МПа. Каждый студент рассчитывает среднее значение плотности и прочности образцов своей серии.

Все члены бригады результаты заносят в общую табл. 7.

Таблица 7

Экспериментальные данные

Состав полимербетона, мас. ч				ρ полимербетона, кг/м ³	$R_{сж}$, МПа
полимер	отвердитель	наполнитель	заполнитель		

По результатам испытаний всех членов бригады нужно построить графики зависимостей $R_{сж}$ и ρ от количества наполнителя и сделать вывод о влиянии наполнителей или заполнителей на свойства полимербетонов.

Контрольные вопросы

1. Общая характеристика полимербетонов, растворов и мастик.
2. Макро- и микроструктура полимербетона. Влияние соотношения полимер : наполнитель на прочность полимербетона.
3. Что представляет собой связующее в полимербетонах? Зависимость прочности полимерного связующего от удельной поверхности наполнителя.
4. Наполнители полимербетонов и их модификация.
5. Заполнители для полимербетонов.
6. Технология полимербетонов.
7. Свойства полимербетонов.
8. Мастичные и полимербетонные бесшовные полы.
9. Мастичные и полимербетонные покрытия для ремонта и омоноличивания железобетонных конструкций.
10. Полимербетоны в гидротехническом строительстве.

Лабораторная работа 6

Определение ударной прочности полимербетонов

Цель работы: освоить методику определения ударной вязкости по Шарпи (ударной прочности или прочность на ударный изгиб) полимербетонов.

Основные понятия. Для оценки свойств материала при

динамических нагрузках недостаточно механических характеристик, определяемых при статических испытаниях. При больших скоростях нагружения, например, при ударе, увеличивается опасность хрупкого разрушения. Эта опасность особенно возрастает при наличии в детали различного рода надрезов (отверстия, галтели, канавки и пр.), которые вызывают концентрацию напряжений (неравномерное распределение напряжений). Надрез позволяет сосредоточить всю деформацию, поглощающую удар, в одном месте. Кроме того, наличие надреза ставит материал в более тяжёлые условия работы. В настоящее время применяют испытания на ударный изгиб образцов с концентраторами. Образцы устанавливаются на двух опорах и подвергаются воздействию ударной нагрузки падающего маятника. Разрушение происходит в плоскости надреза.

Под ударной вязкостью понимают работу удара, отнесённую к начальной площади поперечного сечения образца в месте концентратора.

Материалы и оборудование: формы $(6 \pm 2) \times (4 \pm 0,2) \times (50 \pm 1)$ мм или $(10 \pm 3) \times (15 \pm 0,5) \times (120 \pm 1)$ мм; маятниковый копер (МК-15, МК-30А)

Порядок выполнения работы.

1. Изготовление образцов полимербетона выполняют, как описано в работе 5, только используют формы для получения образцов-брусков. В центре одной из сторон каждого образца нужно сделать надрез 2 мм (концентратор напряжений) вида V под углом 45° :

Бригада из студентов, выполняющих работу одновременно, работает по указанию преподавателя или с полимерной мастикой, или с полимерным раствором, или полимербетоном. Каждый студент бригады готовит один состав (одну серию образцов из 2-3 образцов в каждой) по указанию преподавателя из табл. 6.

2. Испытание образцов под динамической нагрузкой, т. е. определение ударной прочности, производят на маятниковом копре (рис. 2), основной частью которого является тяжелый маятник, имеющий боек в виде клина с углом при вершине 45° , закругленного радиусом в 3 мм. Центр тяжести маятника совпадает с серединой бойка. Для проведения эксперимента необходимо поднять маятник 4 на исходную высоту и зафиксировать защелкой 6. Далее, установить образцы на опоры 10, надрезом в противоположную сторону от бойка маятника 5. При испытании образца маятник освобождается от защёлки 6, падая, ударяет образец, разрушает его и взлетает на некоторый угол (определяется по стрелке 8 на шкале 9), по которому и определяется работа, затраченная на разрушение образца.

Определение угла взлета маятника в копре МК-15 производится следующим образом. Стрелка 8, насаженная на оси маятника, свободно, но с некоторым трением в момент удара упирается в упор 7 у нулевого деления шкалы 9. При взлете маятника стрелка остается неподвижной, а при обратном движении маятника, двигаясь, вследствие трения, вместе с маятником, показывает угол взлета маятника в градусах (рис. 3).

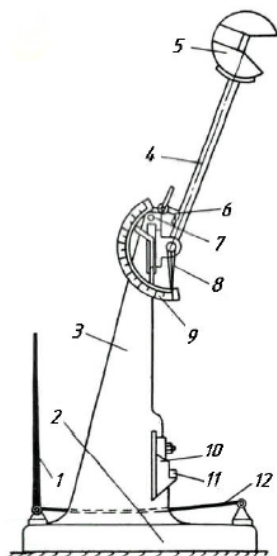


Рис. 2. Маятниковый копер МК-15: 1 – автоматическая рукоять, 2 – массивная плита, 3 – вертикальные колонны, 4 – маятник, 5 – боек, 6 – защелка, 7 – упор, 8 – стрелка, 9 – шкала, 10 – опоры, 11 – испытуемый образец, 12 – тормозной ремень

В копре МК-30А (рис. 4) маятник, пройдя нижнее положение и разрушив образец, поворачивает стрелку шкалы на угол, который соответствует энергии, сохранившейся в маятнике после разрушения образца. Работа, затраченная на разрушение образца, будет равна разности энергии маятника до удара и после удара.

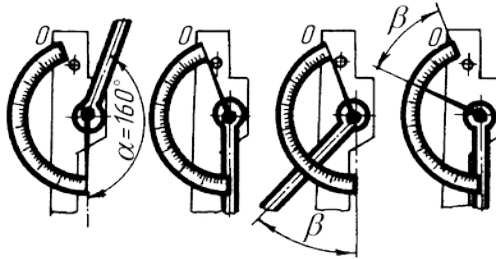


Рис. 3. Схема для определения угла взлета маятника

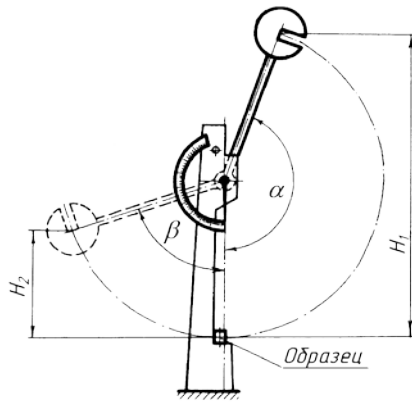


Рис. 4. Схема к определению энергии маятника до и после удара

В некоторых копрах нет подъемной рамы, а шкала их проградуирована в градусах. В этом случае величина работы W , затраченная на излом образца, определяется как разность потенциальной энергии маятника в его положениях до и после удара (рис. 4) и вычисляется по формуле

$$W = m(H_1 - H_2), \text{ Дж}$$

где m – вес маятника, Н; H_1 – высота подъема маятника до удара, м; H_2 – взлет маятника после удара, м.

Ударную вязкость P рассчитывают по формуле

$$P = \frac{W}{S}, \text{ Дж/м}^2$$

где W – работа, необходимая для разрушения образца, Дж; S – площадь поперечного сечения образца, м^2 .

За результат испытаний принимают среднее арифметическое значение своей серии измерений. Результаты испытаний заносят в табл.8.

Таблица 8

Экспериментальные данные

Состав полимерного материала	Содержание изменяемого компонента состава, мас. ч.	Размеры образца, мм		$S, \text{м}^2$	$W, \text{Дж}$	$P, \text{Дж/м}^2$
		h	b			

По результатам испытаний всех членов бригады нужно построить графики зависимостей P от количества наполнителя (заполнителя) и сделать вывод о влиянии наполнителей или заполнителей на свойства полимербетонов.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте понятия: полимербетоны, полимеррастворы, полимермастики.
2. Типы полимербетонов в зависимости от вида связующего. Оптимальное содержание наполнителя в полимерном связующем.
3. Что такое ударная вязкость?
4. Чем вызвана необходимость проведения испытаний на ударный изгиб?
5. Роль надреза в образцах при испытаниях на ударный изгиб.
6. Устройство и принцип действия маятникового копра.
7. Опишите методику определения ударной вязкости по Шарпи.
8. Армополимербетоны, применение и технология получения.
9. Бетонополимеры, применение и технология получения.
10. Перспективы применения полимербетонов, растворов и мастик.

Перечень вопросов для коллоквиумов

Коллоквиум 1. Полимерные связующие

1. Полимерные связующие. Общие сведения, характеристика.
2. Классификации полимерных связующих в зависимости от

- отношения к нагреванию.
3. Типы полимерных связующих в зависимости от агрегатного (физического) состояния.
 4. Термопластичные синтетические полимерные связующие.
 5. Поливинилацетат. Дисперсия поливинилацетатная (ПВАД).
 6. Поливиниловый спирт.
 7. Стабилизаторы полимерных дисперсий (ПАВ).
 8. Латексы полиакрилатов.
 9. Термореактивные полимерные связующие.
 10. Эпоксидные смолы. Полиэтиленполиамин (ПЭПА).
 11. Полиэфирные смолы.
 12. Карбамидные смолы.
 13. Фенолальдегидные смолы.
 14. Ацетоноформальдегидные смолы.
 15. Полиуретановые смолы.
 16. Каучуки и каучукоподобные полимеры.
 17. Бутадиен-стирольные латексы.
 18. Модифицированные природные полимеры.
 19. Растворители для полимерных связующих.
 20. Пластификаторы для полимерных связующих.

Коллоквиум 2. Полимерцементные материалы и их применение

1. Общая характеристика полимерцементных материалов (П/Ц, В/Ц).
2. Механизм и условия твердения полимерцементных материалов как композитов на основе двух активных веществ: вяжущего и связующего.
3. Какие полимеры используют в качестве полимерного компонента в полимерцементных материалах? В каких количествах их вводят в бетоны и растворы?
4. Полимерцементные материалы. Классификация полимерцементных материалов в зависимости от типа заполнителя и наполнителя.
5. Классификация полимерцементных материалов по составу, по физическому состоянию полимерного компонента.
6. Полимерцементные материалы на водорастворимых полимерах.
7. Полимерцементные материалы на водных дисперсиях полимеров и их стабилизация.
8. Поверхностно-активные вещества для водных дисперсий полимеров.
9. Свойства полимерцементные материалы на водных дисперсиях.
10. Причины коагуляция водной дисперсии полимеров. Как влияет коагуляция полимерной дисперсии на цементную смесь?

11. Полимерцементные материалы на водонерастворимых олигомерах и полимерах.
12. Полимерцементные материалы на вязкожидких водонерастворимых олигомерах.
13. Полимерцементные материалы на порошкообразных водонерастворимых полимерных продуктах.
14. Влияние состава на свойства полимерцементных материалов.
15. Полимерцементные материалы для полов и дорожных покрытий.
16. Отделочные и шпатлевочные полимерцементные составы.
17. Полимерцементные составы для облицовочных работ (приклеивающие составы).
18. Штукатурные и кладочные полимерцементные растворы.
19. Изоляционные и герметизирующие полимерцементные материалы.
20. Области и перспективы применения полимерцементных бетонов, растворов и мастик.

Коллоквиум 3. Полимербетоны и их применение, бетонополимеры

1. Общая характеристика полимербетонов и растворов.
2. Армополимербетоны.
3. Классификация полимеров, используемых в полимербетонах, в зависимости от отношения к нагреванию
4. Макро- и микроструктура полимербетона. Влияние соотношения в связующем полимер : наполнитель на прочность полимербетона.
5. Типы полимербетонов в зависимости от вида связующего.
6. Анализ графической зависимости прочности полимерного связующего от содержания наполнителя и его удельной поверхности.
7. Что представляет собой связующее в полимербетонах?
8. Получение полимерных связующих для полимербетонов.
9. Наполнители полимербетонов и их модификация.
10. Заполнители для полимербетонов.
11. Технология полимербетонов.
12. Свойства полимербетонов.
13. Мастичные и полимербетонные бесшовные полы.
14. Мастичные покрытия и требования к ним.
15. Полимербетонные покрытия при ремонте и омоноличивании железобетонных конструкций.
16. Полимербетоны в гидротехническом строительстве.
17. Перспективы развития производства и применения полимерных бетонов и мастик.
18. Бетонополимеры. Технология их получения.

19. Общие сведения о бетонополимерах. Классификация бетонополимеров, в зависимости от вида пропиточного материала.
20. Области применения полимербетонов. Чем вызвано преимущественное использование полимербетонов в этих областях.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Составы полимерных вяжущих и полимербетонных смесей

Приложение 1

Составы эпоксидного вяжущего

Компонент вяжущего	Количество компонентов, мас. ч., в составах				
	1	2	3	4	5
Эпоксидная смола ЭД-20	100	100	100	100	100
Полиэтиленполиамин (ПЭПА)	8-15	15-25	20-25	10-40	8-15
Дибутилфталат	-	-	-	-	20-30
Фуриловый спирт	20-30	-	-	10-100	-
Скипидар	-	-	60-100	-	-
Этилсиликат 32 (40)	-	10-25	-	10-25	-
Ацетон	-	20-100	-	20-100	-
Хлорное железо	-	-	-	10-40	-

Приложение 2

Ориентировочное водоцементное отношение при одинаковой подвижности полимерцементобетонной смеси

Количество эпоксидного вяжущего в цементобетонной смеси, % массы цемента	Водоцементное отношение
3-4	0,4
5-6	0,38-0,39
7	0,37-0,38
8	0,34-0,35

Приложение 3

Составы эпоксидно-каменноугольного вяжущего и полимербетонной смеси

Компонент	Количество компонентов, % массы, в составах		
	1	2*	3*
Эпоксидная смола ЭД-20	33	6	6
Каменноугольная смола	41	6	6
Голуол	22	1	1
Полиэтиленполиамин	4	1,2	1,2
Песок	-	42,8	85,8
Дробленый гранитный песок	-	43,0	-

Приложение 4

**Составы эпоксидно-битумного
и эпоксидно-каменноугольного вяжущего**

Компонент вяжущего	Количество компонентов, мас. ч., в составах		
	1	2**	3**
Эпоксидная смола марки ЭД-20 ⁺	100	100	100
Эпоксидная смола ПЭГ-1	-	10-30	-
Полиэтиленполиамин	20-25	15-20	15-20
Жидкий нефтяной битум или каменноугольный деготь	100-200	-	-
Жидкий сланцевый битум С 12/20 (С 20/35)	-	50-150	50-150
Жидкий тиокол НВБ-2	-	-	10-30
Этилсиликат 32 (40)	-	1-15	1-15

Приложение 5

Составы полиэфирного и полиэфирно-битумного вяжущего

Компонент вяжущего	Количество компонентов в составах	
	1 (мас. ч.)	2 (% массы)
Полиэфирная смола ПЭ-246	100	-
Нафтенат кобальта	1	7,4-10,0
Перекись циклогексана	3	-
Полиэфирная смола ПН-1 (ПН-3)	-	-
Жидкий нефтяной битум или нефтяной гудрон	-	23,9-43,0
Гипериз	-	2,9-3,9
Этилсиликат 32 (40)	-	3,3-16,7

Приложение 6

**Составы полимербетонной смеси
на эпоксидном и эпоксидно-битумном вяжущем**

Состав вяжущего	Состав минеральной части	Соотношение «вяжущее: минеральная часть»
1-5 (табл. 1) или 1-3 (табл. 4)	Дробленый гранитный песок размером 5-2,5 мм или 2,5-1,25 мм - 60-70 %; песок природный с $M_k > 2$ - остальное	1:4 - 1:7

Приложение 7

**Состав полимербетонной смеси
на полиэфирном, полиэфирно-битумном вяжущем**

Состав минеральной части	Соотношение «вяжущее: минеральная часть»
Дробленый гранитный песок размером 5-2,5 мм - 35 %	1:4 - 1:6 (вяжущее 1 по табл. 5)
Кварцевый песок - 44 %	1:3 - 1:5 (вяжущее 2 по табл. 5)
Минеральный порошок - 21 %	

Приложение 8

**Состав полимербетонной смеси
на резорцинформальдегидном вяжущем**

Компонент	Количество компонентов, % массы
Вяжущее	
Резорцинформальдегидная смола ФР-12	5-7
40 %-ный раствор формалина	1,5-2,5
Каменноугольная смола	7-9
Минеральная часть	83-85
Дробленый гранитный песок размером, мм	
5-3	25-26
3-1	23-24
1-0,5	17-18
0,5-0,25	12-13
Песок	20-22

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Попов, К.Н.* Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики: учеб. для студентов / К.Н. Попов – М., Высшая школа, 1987. – 72 с.
2. *Саталкин, А.В.*, Цементно-полимерные бетоны / А.В. Саталкин, В. А. Солнцева, О.С. Попова, – Л.: Стройиздат, 1971 – 169с.
3. *Скупин Л.*, Полимерные растворы и пластбетоны, пер. с чеш., М., 1967. – 184 с.
4. *Соломатов, В. И.* Полимерцементные бетоны и пластбетоны, М.: Стройиздат, 1967. – 182 с.
5. *Михайлов, К. В.* Полимербетоны и конструкции на их основе : производственно-практическое издание / К. В. Михайлов, В. В. Патуроев, Р. Крайс ; Под ред. В. В. Патуроева. – М. : Стройиздат, 1989. – 301 с.
6. *Черкинский, Ю. С.* Полимерцементный бетон, М. : Стройиздат, 1960. – 112 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа 1. Изучение подвижности полимерцементной смеси	4
Контрольные вопросы	7
Лабораторная работа 2. Исследование воздействия воды на полимерцементные материалы.....	8
Контрольные вопросы	12
Лабораторная работа 3. Проектирование состава полимерцементного бетона и определение его плотности и прочности на сжатие	12
Контрольные вопросы	16
Лабораторная работа 4. Определение усадочных деформаций и прочности на изгиб полимерцементного бетона	16
Контрольные вопросы	19
Лабораторная работа 5. Изучение свойств полимерных мастик, полимеррастворов и полимербетонов.....	19
Контрольные вопросы	25
Лабораторная работа 6. Определение ударной прочности полимербетонов	25
Контрольные вопросы	29
Перечень вопросов для коллоквиумов.....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ. Составы полимерных вяжущих и полимербетонных смесей.....	33
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	36

