

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу
«ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА»
для студентов специальности 2906

**ИСПЫТАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ
ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Казань
2008

УДК 678.686.019
ББК 35.71

С28 Методические указания к лабораторным работам по курсу « Вя-
жущие вещества» . Испытание органических вяжущих веществ / Казань,
КазГАСУ; 2008,-18с.

Настоящие методические указания переработаны и дополнены в связи с
заменой ряда ГОСТов на вяжущие и методы их испытаний, а также в соот-
ветствии с программой курса «Вяжущие вещества» для высших учебных за-
ведений и учебным планом, утвержденным ученым советом..

Рецензент: канд. хим. наук, доцент КГТУ Л. И. Корнилова

УДК 678.686.019
ББК 35.71

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет 2008

© Секерина, 2008

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Свойства эпоксидных полимеров

Эпоксидные полимеры представляют собой соединения, содержащие в своем составе эпоксидные группы —
 $\begin{array}{c} \text{CH} - \text{CH} \\ \backslash \quad / \\ \text{O} \end{array}$ —, имеющие форму трехчлен-

ных кислородсодержащих циклов. Они относятся к классу поликонденсационных. Переход эпоксидных полимеров в нерастворимые соединения, обладающие сетчатой структурой, т.е. процесс их отверждения возможен при взаимодействии их с веществами, имеющими подвижный атом водорода (аминами, спиртами, фенолами). В зависимости от типа отверждающего агента (отвердителя) этот процесс протекает при обычной температуре и сопровождается значительным выделением тепла или требует нагревания. Наиболее широко для отверждения эпоксидных полимеров применяются аминосоединения.

Эпоксидные полимеры обладают комплексом ценных свойств: в неотвержденном состоянии легко растворяются в органических растворителях, хорошо совмещаются с другими синтетическими смолами (фенолоальдегидными, мочевино-формальдегидными, поливинилбутиралем и др.), могут храниться длительное время без изменения своих свойств. Отвержденные эпоксидные полимеры имеют высокую прочность, отличную адгезию (прилипание) к большинству строительных материалов, обладают стойкостью к действию многих химических реагентов, хорошими диэлектрическими свойствами. Благодаря ценным свойствам эпоксидные полимеры находят широкое применение в качестве клеев, защитных и защитно-декоративных покрытий, электроизоляционных лаков, мастик, полимербетонов и др. Свойства эпоксидных полимеров приведены в прил. 1. Недостатками этих полимеров являются в неотвержденном виде значительная вязкость, в отвержденном состоянии — хрупкость.

Для снижения влияния этих недостатков в эпоксидные полимеры вводят разбавители и пластификаторы.

1.1. Цель работы

В работе ставится задача изучить влияние количества и природы отвердителей, разбавителей и пластификаторов на технологические свойства (вязкость, скорость отверждения) исходных эпоксидных полимеров, процессы их отверждения и свойства в отвержденном состоянии.

1.2. Используемые материалы

- 1.2.1. Эпоксидный полимер дианового типа марки ЭД-20
- 1.2.2. Отвердители:
 - полиэтиленполиамин (ПЭПА)
 - диэтилентриамин (ДЭТА)
 - полиаминоолигоамид (полиамин марки Л-20)
- 1.2.3. Разбавитель активный – бутилглицидиловый эфир (БГЭ) марки УП-624
- 1.2.4. Разбавитель - пластификатор инертный - дибутилфталат (ДБФ)

1.3. Оборудование и приборы

Для определения вязкости неотвержденных композиций по времени истечения используют вискозиметр ВЗ-4.

Определение скорости отверждения приготовленных составов проводят с использованием стеклянных пробирок с палочками и термостойких стаканов емкостью 150-200 см³.

Для приготовления образцов и определения прочностных показателей отвержденного полимера применяют следующие формы:

- прочность при сжатии ($R_{сж}$) - стальные формы - цилиндры высотой 24 мм и внутренним диаметром 15,5 мм;
- прочность при статическом изгибе ($R_{изг}$) – разъемные формы - балочки размером 4x10x80 мм;
- твердость (НВ) - формы для изготовления дисков диаметром 50 + 1 мм и толщиной 5+0,2 мм;
- ударная вязкость (a) – формы - балочки размерами 4x6x50 мм;
- теплостойкость при изгибе - формы - балочки размерами 4x10x120 мм.

Для определения предела прочности при изгибе и сжатии применяют универсальную испытательную машину-модели ЦДМ 10/91.

Определение твердости образцов производят при помощи твердомера ТШ-2.

Определение ударной вязкости образцов осуществляют на маятниковом копре типа КМ-0,5 Т.

Испытание образцов на теплостойкость при изгибе производят на приборе типа FWM P 09/73.

Для определения средней плотности отвержденных составов используют гидростатические весы.

Отверждение образцов производят на воздухе при комнатной температуре.

1. 4. Содержание работы

1.4.1. **Задание 1.** Определить влияние количества отвердителя на скорость отверждения эпоксидного полимера и его свойства в отвержденном состоянии (плотность, водопоглощение, прочность при сжатии, твердость).

1.4.1.1. Определение скорости отверждения полимера.

За скорость отверждения (жизнеспособность) эпоксидного полимера принимают время от момента его смешивания с отвердителем до момента резкого возрастания вязкости состава (не позволяющего отформовать образцы). Необходимо определить скорость отверждения композиций, в которых на 100 масс. частей эпоксидного полимера приходится соответственно 5,10,20 масс. ч. отвердителя. Определение проводят следующим образом. В фарфоровые чашечки взвешивают по 10 г. эпоксидной смолы и соответственно 0,5, 1 и 2 г отвердителя. Записывают время, перемешивают составы стеклянной палочкой и переносят их в пробирки. При непрерывном перемешивании опускают пробирки в кипящую воду и выдерживают до достижения вязкости полимерных составов, не позволяющей отформовать образцы. Записывают время.

1.4.1.2. Приготовление образцов

Для определения прочности при сжатии готовят образцы-цилиндры (по 6 штук каждого состава), для определения твердости, плотности и водопоглощения готовят 6 образцов-дисков для каждого состава, из них 3 – для испытания на твердость и 3 - для определения плотности и водопоглощения.

Формы для приготовления образцов должны быть слегка подогреты и смазаны специальной смазкой (воск в бензине).

Эпоксидные композиции для образцов готовят следующим образом. В фарфоровый стакан взвешивают 100 г. эпоксидной смолы, туда же добавляют необходимое количество отвердителя (5,10,20 грамм). Содержимое перемешивают стеклянной или деревянной палочкой. При этом надо добиться равномерного распределения всего количества отвердителя в смоле, но не делать резких и быстрых движений, чтобы избежать вовлечения пузырьков воздуха в полимерный состав. Приготовленным составом заливают формы, производят маркировку образцов. Их твердение осуществляют при комнатной температуре в формах в течение 24 часов, затем расформовывают и хранят на воздухе в течение 14 суток. Испытывают образцы на следующем занятии.

1.4.1.3. Определение средней плотности гидростатическим взвешиванием

Образец в виде диска подвешивают с помощью нити к коромыслу гидростатических весов и последовательно взвешивают на воздухе и в дистиллированной воде с точностью не ниже 0,001 г.

Плотность (в кг/м³) рассчитывают по отношению массы образца на воздухе m_1 к разности массы образца на воздухе m_1 и в воде m_2

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \quad (1)$$

Необходимо определить плотность 3-х образцов каждого состава и найти среднее арифметическое значение плотности.

1.4.1.4. Испытание отвержденных образцов на сжатие

При испытании отвержденных полимерных материалов на сжатие определяют наибольшую нагрузку, которую выдерживает образец без разрушения или нагрузку, при которой происходит разрушение образца.

Опорные плоскости образцов цилиндров должны быть перпендикулярны к оси образца. Перед испытанием измеряют диаметр образца с точностью до 0,01 мм при помощи штангенциркуля или толщиномера.

Обмеренный образец устанавливают на одну из опорных плит испытательной машины так, чтобы продольная ось образца совпадала с направлением действия силы. Образец нагружают плавно со скоростью 2 мм/мин до момента разрушения или появления видимых трещин, сопровождающихся снижением нагрузки.

Предел прочности при сжатии рассчитывают по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F} [0,1 \text{ МПа}] \quad (2)$$

где P – разрушающая нагрузка, кгс;
 F – площадь сечения образца, см².

Предел прочности при сжатии образцов каждого состава рассчитывают как среднее арифметическое испытания шести образцов. Полученные при испытании данные сводят в табл. 1.

Таблица 1

Номер образца	Диаметр образца, см	Площадь сжатия, см ²	Нагрузка, P , кгс	$R_{сж}$, МПа	$R_{сж}$ среднее, МПа
---------------	---------------------	---------------------------------	---------------------	----------------	-----------------------

--	--	--	--	--	--

1.4.1.5. Определение твердости образцов на приборе ТШ-2

Прибор ТШ-2 предназначен для измерения твердости по методу вдавливания стального шарика в испытуемый материал под действием заданной силы. Образцы должны иметь гладкую поверхность без дефектов и толщиной не менее 5 мм. Испытания проводят при температуре 20 °С в трех точках, отстоящих друг от друга и от края образца на расстоянии не менее 5 мм.

Для проведения испытания образец кладут на столик прибора и вращением маховика поджимают к шарикку до тех пор, пока он не упрется в ограничитель. Нажатием на кнопку включают электродвигатель и после того, как погаснет лампочка и остановится электродвигатель (что свидетельствует об окончании испытания), вращением маховика столик с образцом опускают, и отпечаток замеряют микроскопом (или лупой) в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Всего испытывают 3 образца, на каждом из которых делают 2-3 измерения. Затем находят среднее арифметическое всех сделанных измерений.

Число твердости по Бринеллю (НВ) вычисляют по формуле:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (3)$$

где D - диаметр шарика, мм;
 P - нагрузка на шарик, кгс;
 d - диаметр отпечатка, мм.

Если после получения отпечатка боковые или нижняя стороны образца окажутся деформированными, испытание считается недействительным. В этом случае испытание должно быть произведено шариком меньшего диаметра при соответствующей нагрузке.

Результаты испытаний записывают в табл. 2

Таблица 2

Номер образца	D, мм	P, кгс	d, мм	НВ кгс/мм ²

1.4.1.6. Определение водопоглощения отвержденных образцов

Отвержденные и охлажденные до комнатной температуры образцы-диски взвешивают с точностью до 0,001 г, помещают на сетке в стакан с водой так, чтобы образцы не касались друг друга и подвергают их кипячению в течение 30 мин. Затем образцы охлаждают до комнатной температуры, обти-

рают мягкой тканью и снова взвешивают. Водопоглощение (В) рассчитывают по формуле

$$B = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\% , \quad (4)$$

где m - масса сухого образца, г;

m_1 - масса образца после испытания, г;

За окончательный результат принимается среднее арифметическое определений трех образцов.

1.4.1.7. Обработка результатов и выводы

Каждое звено записывает в лабораторном журнале следующие данные: характеристику полимера, вид и количество отвердителя, скорость отверждения композиций, плотность, твердость, водопоглощение и прочность.

Данные всех звеньев записывают в одну сводную таблицу, анализируют и делают выводы о влиянии природы отвердителей на указанные свойства неотвержденного и отвержденного полимера.

Таблица 3

Отвердитель	Количество отвердителя, г/100 г полимера	Время отверждения, мин-с	Плотность, кг/м ³	R _{сж} , МПа	НВ, кгс/мм ²	В%

1.4.2. Задание 2. Изучить влияние количества разбавителей на вязкость и скорость отверждения полимера и его свойства в отвержденном состоянии (прочность при сжатии и изгибе, твердость, ударную вязкость, теплостойкость).

1.4.2.1. Определение вязкости неотвержденных эпоксидных составов

Готовят в двух фарфоровых стаканах составы эпоксиполимера с разбавителем в соотношении 100:15 и 100:30. Составы тщательно перемешивают стеклянной палочкой, так чтобы избежать попадания в композицию пузырьков воздуха. Определение вязкости производят при помощи вискозиметра ВЗ-4. Измерение времени истечения всех составов осуществляют при од-

ной и той же температуре. Воронку вискозиметра заполняют до верхнего ее края неотвержденным эпоксиполимером без разбавителя. Открывают отверстие воронки и включают секундомер. Вязкость полимера определяют по времени истечения до того момента, пока вытекающая струйка является непрерывной. Аналогично проводят испытание полимера с разбавителем. Выявляют зависимость вязкости неотвержденного эпоксиполимера от количества разбавителя.

1.4.2.2. Определение времени отверждения эпоксидных композиций

Данное испытание преследует цель выявить зависимость скорости отверждения композиции от количества введенного разбавителя (пластификатора). Для этого определения используют чистый неотвержденный полимер (контрольный состав) и ранее приготовленные составы с 15 и 30 масс. частями разбавителя (см. п. 1.4.2.1.). Из приготовленных составов отвешивают 10 г. в фарфоровые чашечки, добавляют 1 г. отвердителя (из расчета 10 масс. частей на 100 масс. частей полимера). Определение времени отверждения производят в соответствии с п. 1.4.1.1. настоящих указаний.

1.4.2.3. Приготовление образцов из эпоксидного полимера с разбавителем

Для определения прочности образцов при сжатии готовят образцы-цилиндры; прочности при изгибе, ударной вязкости, теплостойкости - образцы - балочки (для каждого вида испытаний по 6 штук). Для испытания отвержденных композиций на твердость необходимо изготовить три образца диска. Размеры цилиндров, дисков и балочек разных видов испытаний указаны в п. 1.3. данных методических указаний. В оставшиеся приготовленные эпоксикомпозиции (см. п. 1.4.2.2.) добавляют необходимого количества отвердителя (рассчитать по содержанию в них полимера), тщательно перемешивают и заполняют подготовленные формы. Условия хранения и сроки испытания образцов указаны в п. 1.4.1.2., методика определения прочности при сжатии в п. 1.4.1.4. а твердости - в п. 1.4.1.5.

1.4.2.4. Испытание отвержденных образцов на изгиб

Испытание заключается в кратковременном приложении нагрузки на образец и определении разрушающего напряжения при изгибе как отношения изгибающего момента к сопротивлению поперечного сечения образца.

Образцы должны иметь гладкую ровную поверхность без трещин, раковин и других дефектов.

Перед испытанием измеряют толщину и ширину образцов в средней части с точностью до 0,01 мм.

Образец помещают на опоры широкой стороной. Расстояние между опорами испытательной машины устанавливают $64 \pm 0,5$ мм. Нагружение образца производят плавно, без толчков, посередине между опорами со скоростью 2 мм/мин. Предел прочности при изгибе рассчитывают по формуле

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2} [0,1МПа], \quad (5)$$

где Р - разрушающая нагрузка, кгс;

l - расстояние между опорами;

в - ширина образца, см;

h - толщина образца, см.

Полученные при испытании данные сводят в табл. 4.

Таблица 4

№ обр.	Ширина в, см	Толщина, h, см	Нагрузка Р, кгс	Расстояние между опорами, l, см	bh^2 , см	$R_{изг}$, МПа	$R_{изг.ср}$ МПа

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение прочности 6-ти испытуемых образцов.

1.4.2.5. Определение ударной вязкости

Метод заключается в разрушении образца, установленного горизонтально на двух опорах, ударом поперек образца.

Перед испытанием измеряют ширину и толщину образцов в средней части с точностью до 0,01 мм. Устанавливают расстояние между опорами 40 мм. Помещают образец на опоры так, чтобы нож маятника ударял по середине образца.. Поднимают маятник до верхнего исходного положения, в котором он удерживается защелкой. Устанавливают стрелку шкалы в крайнее нижнее положение и освобождают маятник, давая ему свободно падать. После разрушения образца маятник останавливают и по шкале отсчитывают работу, затраченную на разрушение образца.

Ударную вязкость образца рассчитывают по формуле

$$a = \frac{A}{bh} \left[\frac{кгс \cdot см}{см^2} \right], \quad (6)$$

где A - работа, затраченная на разрушение образца, кгс. см (Дж);
 v – ширина образца по его середине, см;
 h - толщина образца по его середине, см.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое 6-ти параллельных определений.

Результаты испытаний сводят в табл. 5.

Таблица 5

№ образца	Ширина, v , см	Толщина, h , см	Работа, A , Дж(кгс.см)	a , 10^3 Дж/м ² (кгс см/см ²)	a , сред.кгс см/см ²

1.4.2.6. Определение теплостойкости при изгибе

Определение проводят на образцах (не менее 3-х) в виде брусков размером 4x10x120 мм, расположенных горизонтально на двух опорах и подвергаемых непрерывному действию определенной нагрузки, приложенной к середине образца. Напряжения изгиба составляют 4,6; 18,5; 50 кгс/см² (0,46; 1,85; 5,0 МПа).

Измеряют ширину и высоту образцов в средней части с точностью до 0,1 мм. Исходя из выбранного напряжения и размеров образца, определяют прилагаемую к образцу нагрузку по формуле

$$P = \frac{2R}{3l} v h^2 \text{ кгс или Н,} \quad (7)$$

где R - заданное напряжение, кгс/см² (0,1 МПа);

l - расстояние между опорами, см;

v - ширина образца, см;

h - высота образца, см.

Образец устанавливают на опоры и плавно прикладывают к нему нагрузку. Через 5 мин замечают по индикатору величину деформации (прогиба образца), которую принимают за начальную (нулевую). Включают обогрев со скоростью 50 ± 5 °С/ч. Испытание заканчивают фиксированием температуры, при которой прогиб в середине образца достигнет 0,33 мм. Эта температура принимается за температуру теплостойкости при соответствующей нагрузке $T_{4,6}$, $T_{18,5}$; T_{50} .

За окончательный результат принимают среднее арифметическое определений трех образцов.

1.4.2.7. Обработка результатов и выводы

Каждое звено студентов записывает в лабораторном журнале следующие данные: вид и количество разбавителя (пластификатора) вязкость и скорость отверждения композиций, прочностные показатели, твердость и теплостойкость отвержденных образцов.

Данные всех звеньев записывают в одну сводную таблицу, анализируют и делают выводы о влиянии количества разбавителя (пластификатора) на свойства неотвержденных и отвержденных эпоксидных композиций.

Таблица 6

Влияние разбавителя (пластификатора)
на свойства эпоксидных композиций

Разбавитель	Колич. разбавителя 2/100 г полимера	Вязкость, мин-с	Время отверждения, мин-с	R _{изг} МПа	R _{сж} , МПа	НВ, кгс/мм ²	Ударная вязкость, Дж/м ²	Теплостойкость, °С

1.4. Контрольные вопросы

1. Расскажите о принципах получения диановых эпоксидных полимеров. Назовите их марки.
2. Каковы основные способы отверждения эпоксидных смол и типы отвердителей?
3. Расскажите об отличительных свойствах неотвержденных эпоксиполимеров.
4. Расскажите об основных свойствах отвержденных эпоксидных полимеров. Назовите области их применения.
5. Каково назначение и виды разбавителей и пластификаторов при создании эпоксидных композиций.
6. Как определить прочность при сжатии и изгибе отвержденных составов?
7. Расскажите об определении твердости эпоксидного полимера.
8. Каковы сущность и методика определения ударной вязкости?
9. Как провести испытание для определения теплостойкости эпоксидных композиций?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Влияние вида и количества наполнителей на свойства эпоксидного полимера

Наполнение полимеров представляет собой одну из разновидностей их модификации, т.е. направленного изменения технологических и эксплуатационных свойств. Путем введения наполнителя можно добиться повышения механической прочности пластмасс, придать им теплостойкость, огнестойкость, электропроводность и другие свойства, а также уменьшить расход полимера. По форме наполнители бывают порошкообразные, волокнистые, листовые; по природе - органические, минеральные, металлы; по способу получения - природные, искусственные и отходы производства; по отношению к полимеру – инертные (не изменяющие его свойств), активные (упрочняющие), армирующие.

К наполнителям, предназначенным для введения в полимеры, предъявляются определенные требования: они должны совмещаться с полимером или диспергироваться в нем с образованием однородной композиции; они должны хорошо смачиваться раствором или расплавом полимера; должны сохранять стабильность свойств при хранении, а также в процессе переработки и эксплуатации материала; они не должны оказывать каталитического действия на процесс отверждения терморезактивных полимеров.

Очень распространенной группой наполнителей являются порошкообразные материалы.

К органическим порошкообразным наполнителям относятся древесная мука, газовая сажа, измельченные кокс и графит, тонкодисперсные поливинилхлорид, полиэтилен, политетрафторэтилен; к неорганическим - мел, каолин, тальк, слюда, молотый кварцевый песок, диатомит, бентонит, пемза, порошки металлов. Содержание порошкообразных наполнителей составляет 25-50 масс. частей, а в высоконаполненных пластмассах 200-300 масс. ч. на 100 масс. ч. полимера.

2.1. Цель работы

В работе ставится задача определить влияние природы и количества порошкообразных наполнителей на свойства эпоксидного полимера.

2.2. Используемые материалы

Работу проводят с использованием эпоксидного полимера марки ЭД-20, отвердителя - диэтилентриамина (или полиэтиленполиамин), в качестве разбавителя - пластификатора применяют дибутилфталат (ДБФ).

Для наполнения эпоксидных композиций используют молотый кварцевый песок, доломитовую, древесную или стеклянную муку, мел, алюминиевую пудру, порошкообразный поливинилхлорид и другие тонкодисперсные порошки минерального и органического происхождения.

2.3. Оборудование и приборы

При выполнении данной работы используют оборудование и приборы, описанные в п. 1.3 данных методических указаний.

2.4. Содержание работы

2.4.1. Задание 1. Определить влияние количества порошковых наполнителей на плотность, водопоглощение и прочностные показатели ($R_{сж}$, НВ, а) отвержденных эпоксидных композиционных материалов.

2.4.1.1. Методика выполнения работы

Для выполнения работы готовят эпоксидные композиции, состоящие из эпоксидного полимера, разбавителя (ДБФ), отвердителя (ДЭТА) и различных количеств одного и того же наполнителя. Соотношение эпоксидный полимер: разбавитель: отвердитель принимают равным 100:15:10; а соотношение эпоксидный полимер: наполнитель принимают следующим. 100:50; 100:100; 100:200.

Приготовление композиций осуществляют следующим образом. В фарфоровых стаканах смешивают эпоксидный полимер с разбавителем-пластификатором (ДБФ), добавляют отвердитель (ДЭТА), перемешивают и заливают приготовленную массу в подогретые и смазанные формы. Отверждение образцов в формах производят при комнатной температуре. Определение плотности, водопоглощения и прочностных показателей отвержденных образцов производят по методикам, описанным соответственно в п.п. 1.4.1.3., 1.4.1.6., 1.4.1.4., 1.4.1.5. и 1.4.2.5. настоящих указаний. Размеры и количество образцов для проведения испытаний указаны в п. 1.3. и 1.4.1.2. данных указаний.

2.4.1.2. Обработка результатов и выводы

Каждое звено студентов записывает в лабораторном журнале следующие данные: вид и количество наполнителя, плотность и водопоглощение отвержденных образцов и их прочностные показатели.

Данные всех звеньев записывают в одну сводную таблицу, анализируют и делают выводы о влиянии степени наполнения на указанные свойства эпоксидного композиционного материала.

Таблица 7

Влияние степени наполнения на свойства
эпоксидного композиционного материала

Наполнитель	Колич. наполнителя, г/100 г полимера	Плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	R _{сж} , МПа	НВ, кгс/мм ²	Ударная вязкость, Дж/м ²

2.4.2. **Задание 2.** Определить влияние природы порошковых наполнителей на плотность, водопоглощение и прочностные показатели (R_{сж}, НВ, а) отвержденных эпоксидных композиционных материалов.

2. 4.2.1. Приготовление и отверждение композиций.

Для работы выбирают наполнители, имеющие одинаковую тонкость помола и различную химическую природу (напр., древесная мука, молотый кварцевый песок, порошкообразный поливинилхлорид).

Приготовление композиций осуществляют по методике, описанной в п. 2.4.1.1. данных указаний.

Соотношение эпоксидный полимер: разбавитель: отвердитель: наполнитель составляет 100:15:10:100. Одно звено студентов готовит контрольный состав без наполнителя.

Размеры и количество образцов для определения прочности при сжатии, твердости, ударной вязкости принимается в соответствии с п.п. 1.3 и 1.4.1.2. настоящих указаний.

Определение плотности и водопоглощения наполненных отвержденных композиций производится на трех образцах – дисках, п.1.4.1.3. и п. 1.4.1.6. настоящих указаний.

2.4.2.2. Обработка результатов и выводы

Каждое звено студентов записывает в лабораторном журнале следующие данные: вид наполнителя, плотность и водопоглощение отвержденных образцов и их прочностные показатели.

Данные всех звеньев записывают в одну сводную таблицу, анализируют и делают выводы о влиянии природы наполнителей на указанные свойства эпоксидного композиционного материала.

Таблица 8

Наполнитель	Плотность, кг/м ³	Водопогло- щение, %	R _{сж} , МПа	НВ. кгс/мм ²	Ударная вяз- кость, Дж/м ²

2.5. Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных свойствах диановых эпоксидных полимеров.
2. Каково назначение наполнителей при получении композиционных полимерных материалов?
3. Расскажите о классификации и видах наполнителей для полимеров.
4. Какие требования предъявляются к наполнителям?
5. Какова методика приготовления наполненных эпоксидных композиций?
6. Как определить водопоглощение отвержденных образцов?

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

До начала выполнения лабораторной работы студенты должны пройти вводный инструктаж по технике безопасности, осуществляемый преподавателем. При выполнении работы студентам необходимо тщательно ознакомиться с инструкциями по безопасным правилам работы с эпоксидными полимерами, органическими аминами и растворителями, нефтяными битумами, а также с инструкциями по эксплуатации применяемого в данной работе оборудования (твердомер, маятниковый копер, разрывная машина, прибор для определения теплостойкости и др.) Самостоятельно работать на указанном оборудовании студенты могут только с разрешения преподавателя и в его присутствии (или в присутствии учебного мастера).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В.А., Андрианов Р.А., Технология полимеров. -М.: Высшая школа, 1980. –418 с.
2. Практикум по полимерному материаловедению/ Под ред. П.Г. Бабаевского. -М.: Химия, 1980. –258 с.
3. Практикум по технологии переработки пластических масс/ Под ред. В.М. Виноградова и Г.С. Головкина. – М.: Химия,1980. –221 с.
4. Григорьев А.П., Федотова О.Я. Лабораторный практикум по технологии поликонденсационных пластических масс. - М.: Высшая школа, 1971. –317 с.
5. Пащенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А., Вяжущие материалы. - Киев.: Вища школа, 1985. – 438 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Основные свойства диановых эпоксидных полимеров

Марка	ЭД-22	ЭД-20	ЭД-16	ЭД-14	Эд-10	ЭД-8
Внешний вид	Низковязкая прозрачная	Вязкая прозрачная	Высоковязкая прозрачная		Твердая прозрачная	
	Без видимых механических включений и следов воды					
Цвет по железо-кобальтовой шкале, не более	4-6	4-12	6-10	10	6	6
Содержание, % Эпоксидных групп, не более	22,1-23,5	19,9-22,0	16,0-18,0	13,9-15,9	10,0-13,0	8,0-10,0
Общего хлора	0,50-0,60	0,50-0,90	50-0,60	0,60	0,60	0,60
Гидроксильных групп	1,0	1,7	2,5	3,0	4,0	5,5
Летучих веществ	0,40	0,50-0,90	0,20-0,60	0,60	0,6	0,6
Динамическая вязкость, ПА·с: при 25°C	7.12	12-25	-	-	-	-
При 50°C	-	-	-	3.20	20-40	-
Условная вязкость по шариковому вискозиметру при 50°C, с	-	-	35-65	15-100	-	-
Условная вязкость с отвердителем по шариковому вискозиметру при 100 °С, не более, с	10	10	20	20	50	50
Время желатинизации с отвердителем, не менее, ч	9	5-4	3	2; 5	2	2
Плотность при 25°C, кг/м ³	1165	1166	1155	1155	-	-
Молекулярная масса	390	390-430	480-540	540-620	660-860	860-1100