

Из анализа данных, представленных в таблице 4, следует, что расчеты, выполненные по методу А.Э.Алумяэ, дают заниженные значения равновесной сорбционной влажности для всех исследованных материалов практически при всех исследованных значениях относительной влажности и температуры. Только значения равновесной сорбционной влажности исследованных материалов, вычисленные для условий: температура +35°C, относительная влажность воздуха 40%, превышают значения этого показателя, экспериментально измеренные при этих же условиях.

Основной вывод, который следует из вышеупомянутого сопоставления: предложенный А.Э.Алумяэ метод нельзя применять для расчета изотерм сорбции строительных материалов, т.к. относительная ошибка расчета этого показателя по методу А.Э.Алумяэ может достигать - 45%.

Из проведенного анализа следует, что ни один из вышеизложенных методов не может быть применен для расчета изотерм сорбции паров воды строительными материалами.

Литература

1. Алумяэ А.Э. Методика экспериментально-расчетного определения изотерм сорбции местных ячеистых бетонов. // В кн. Труды НИИ строительства ЭССР. Исследования по строительству. Таллин, 1970. Вып. 11, с. 161–167.
2. Дубинин М.М., Радужкевич Л.В. К вопросу об уравнении характеристической кривой для активированных углей. // Доклады АН СССР, 1947. Т. 55. №4, с. 331–334.

3. Дубинин М.М. Основные проблемы теории физической адсорбции. М., 1970, с. 251–259.

4. Киселев И.Я. Равновесная сорбционная влажность строительных материалов при положительных и отрицательных температурах. // «Строительные материалы», 2003, №8, с. 38–40.

5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М., 1984.

6. Никитина Л.М. Термодинамические параметры и коэффициенты переноса во влажных материалах. М., 1968.

7. Пасс А.Е. Способ определения гигроскопического равновесия некоторых гигроскопических веществ. // Инженерно-физический журнал. М., 1963, т. 6, №10, с. 53–56.

8. Полозова Л.Г. Сорбционное увлажнение некоторых местных неорганических строительных материалов. // Известия АН ЭССР, 1956, т. V, №4, с. 255–265.

9. Физические величины. Справочник. М., 1991.

10. Франчук А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. М., 1969.

Analysis of Methods of Calculation Equilibrium Sorption Humidity of Building Materials in High and Low Temperature. By I.Ya.Kiselev

The trustworthy information about sorption humidity of building materials in that range of temperatures in which they are maintained in enclosure is especially important.

Разработка составов полимерных композиционных материалов специального назначения.

Ю.А.Соколова, Д.Е.Жарин, Л.Н.Шафигуллин

Благодаря уникальному комплексу эксплуатационных свойств эпоксидные, полиэфирные и эпоксиполиуретановые композиционные материалы (КМ) нашли широкое применение при производстве облицовочных потолочных плиток и элементов фитинговых систем [1, 2].

Современной тенденцией производства строительных материалов является использование механической обработки для получения готовых изделий.

С целью повышения эффективности производства и достижения высокого качества строительных изделий из полимерных КМ, полученных механической обработкой, разработана методика проектирования составов полимерных композиционных материалов, учитывающая закономерности изменения физико-механических (E_d – динамический модуль упругости; $R_{ск}$ – предел прочности при одноосном сжатии; $HB_{бр}$ – твердость по Бринеллю), технологических (S – подача, V –

скорость, t – глубина резания) свойств от рецептурно-технологических факторов и их стойкость в агрессивных средах.

Экспериментальные исследования проводили на эпоксидных, полиэфирных, эпоксиполиуретановых композитах. В качестве матричных компонентов использовали: эпоксидную смолу ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), дибутилфталат (ДБФ) (ГОСТ 8728-88), полиэтиленполиамин (ПЭПА) ТУ 2413-357-00203447-99, полиэфирную смолу 540-М 888, пероксид №1 (раствор перекиси метилэтилкетона в диметилфталате), простой полиэфир (Сарэл А-04) и полиизоцианат (Сарэл Б-04). Наполнителями КМ служили: диабаз ($\rho_{и}=2900$ кг/м³, $S_{уд}=80\div780$ м²/кг ($S_{уд}$ – удельная поверхность наполнителя)), маршалит ($\rho_{и}=2650$ кг/м³, $S_{уд}=80\div780$ м²/кг), ПЦ 400 ДФ ($\rho_{и}=3100$ кг/м³, $S_{уд}=80\div780$ м²/кг), аэросил А300 ($S_{уд}=80\div780$ м²/кг), гранитный порошок ($\rho_{и}=2650$ кг/м³, $S_{уд}=150$ м²/кг) и полиамидное волокно ($d_f=15$ мкм, $l=6$ мм). В рецептуре варь-

ировали массовым содержанием отвердителей, объемным содержанием и удельной поверхностью наполнителей. В качестве испытательного оборудования использовали вертикально-сверлильный станок модели 2С132 с применением сверл (ГОСТ 10902-77) Р6М5 Ш10-20 мм.

Введение наполнителей (маршалит, диабаз, портландцемент, аэросил) в различные полимерные матрицы приводит к повышению физико-механических свойств КМ (для полиэфирных КМ: E_d – до 60%, $R_{сж}$ – до 64%, $HB_{бр}$ – до 60%; эпоксидных КМ: E_d – до 50%, $R_{сж}$ – до 60%, $HB_{бр}$ – до 55%; эпоксиполиуретановых КМ: E_d – до 50%, $R_{сж}$ – до 63%, $HB_{бр}$ – до 61%) и качества обработанных (операция сверления) поверхностей (снижение шероховатости поверхности (R_a) на 10...20%) (рис. 1).

В ходе экспериментальных исследований установлено, что механическая обработка КМ возможна при условии, что $\vartheta \leq 0,4$ (ϑ – объемное содержание наполнителя), так как при $\vartheta > 0,4$ происходит разрушение композита вследствие механодеструкции материала (рис. 2).

Данный эффект обусловлен возникновением больших локальных механических напряжений, высокой температурой, превышающей теплостойкость органических составляющих материала, и интенсивных окислительных процессов, возникающих в процессе резания КМ [4].

Получены результаты исследований влияния агрессивных сред на коррозионную стойкость КМ до и после механической обработки. В процессе обработки в полимерном материале образуются трещины, сколы, внутренние дефекты, в связи с этим массопоглощение полимерных композитов возрастает (для эпоксидных КМ в воде – на 22...31% и в СОЖ – на 20...30% (смазочно-охлаждающая жидкость); для полиэфирных КМ в воде на 25...35% и в СОЖ – на 22...32%; для эпоксиполиуретановых КМ в воде на 20...30% и в СОЖ – на 17...25 %).

С учетом [5] получена концентрационная зависимость $E_d(\vartheta)$ для КМ:

$$E_d = \frac{E_m E_f + [E_m \vartheta + E_f (1 - \vartheta)] \cdot b_{упр} \cdot S_{уд} \cdot k_{уд}}{E_m \vartheta + E_f (1 - \vartheta)}, \quad (1)$$

где E_m – модуль упругости матричного материала;

E_f – модуль упругости материала наполнителя;

$b_{упр} = tg \beta_{упр} = \left| \frac{E_2 - E_1}{S_{уд2} - S_{уд1}} \right|$ – постоянный коэффициент (аналогично определяется коэффициент $b_{сж}$) (рис. 3);

$k_{уд}$ – поправочный коэффициент: $k_{уд} = \left(1 - \frac{S_{уд0}}{S_{уд}} \right)$.

В результате проведенных экспериментально-теоретических исследований установлено, что предел прочности при одноосном сжатии эффективно описывается перколяционной зависимостью [5]:

$$R_{сж.с} = R_{сж.с.} \cdot (1 + \alpha_{сж} \vartheta^v). \quad (2)$$

Твердость КМ, наполненных маршалитом, диабазом, портландцементом, определяется:

$$HB_{бр.с}(\vartheta) = \frac{R_{сж.с}(\vartheta)}{K_{сж}} = \frac{R_{сж.м} \cdot (1 + \alpha_{сж} \cdot \vartheta^v) + b_{сж} \cdot S_{уд} \cdot k}{K_{сж}}. \quad (3)$$

Твердость КМ, наполненных аэросилом, определяется:

$$HB_{бр.с}(\vartheta) = \frac{R_{сж.с}(\vartheta)}{K_{сж}} = \frac{P^n(\vartheta) + b_{сж} \cdot S_{уд} \cdot k}{K_{сж}}, \quad (4)$$

где $R_{сж.с}$ и $R_{сж.м}$ – предел прочности при одноосном сжатии КМ и матричного материала; $\alpha_{сж}$ – коэффициент, характеризующий единичный элемент КМ при одноосном сжатии; v – критический индекс; $HB_{бр.с}(\vartheta)$ – твердость КМ; $HB_{бр.м}(\vartheta)$ – твердость матричного материала; $K_{сж}$ – коэффициент пропорциональности между $R_{сж.с}(\vartheta)$ и $HB_{бр.с}(\vartheta)$, характеризующий

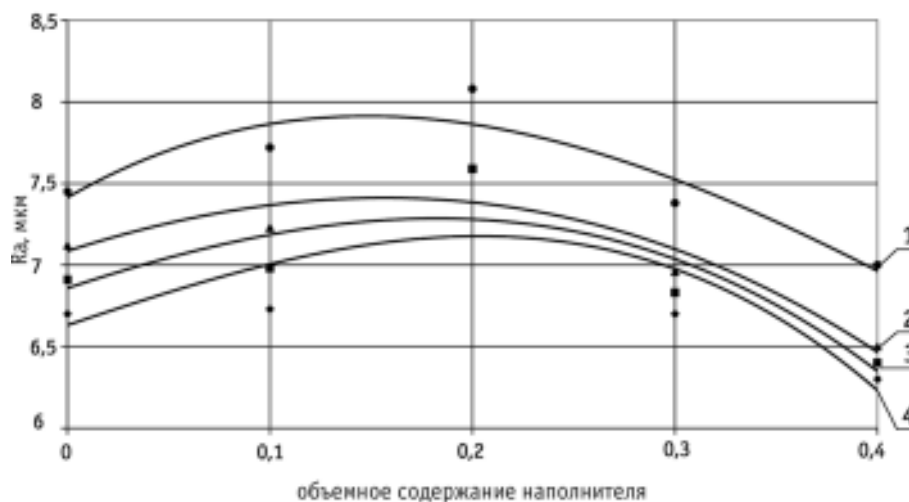


Рис. 1. Влияние объемного содержания маршалита ($S_{уд} = 250 \text{ м}^2/\text{кг}$) на качество полимерного КМ после механической обработки ($n = 355 \text{ об/мин}$; $S = 0,2 \text{ мм/об}$): 1 – Полиэфирная смола 540-М 888 – 100 мас.ч.; Пероксид №1 – 2,5 мас.ч.; 2 – ЭД-20 – 100 мас.ч.; ПЭПА – 11 мас.ч.; 3 – ЭД-20 – 100 мас.ч.; ПЭПА – 11 мас.ч.; ДБФ – 5 мас.ч.; 4 – ЭД-20 – 100 мас.ч.; ПЭПА – 11 мас.ч.; Сарэл 04 – 10 мас.ч.

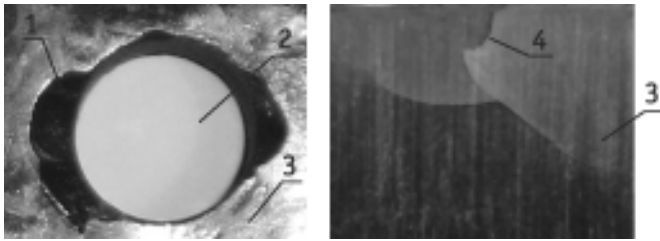


Рис. 2. Внешний вид поверхностей КМ, полученных механической обработкой (а) на входе сверла (х3) и (б) на внутренней поверхности (х20) (ЭД-20 – 100 мас.ч.; ПЭПА – 11 мас.ч.; ДБФ – 5 мас.ч.; маршалит $\vartheta=0,3$): 1 – сколы; 2 – отверстие $\varnothing 15$ мм; 3 – полимерный КМ; 4 – трещина

ющий зависимость между объемными и поверхностными свойствами материала КМ; $P^n(\vartheta)$ – полином, описывающий изменение предела прочности при одноосном сжатии от объемного содержания наполнителя.

Получена зависимость, позволяющая определить технологические параметры обработки КМ, с учетом экспоненциальной модели стойкости:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{x_v} \cdot K_v \cdot e^w}{T^m \cdot S^{y_v}} \cdot \left(\frac{E_c}{E_m} \cdot \frac{k_{m, \text{упр.с}}}{k_{m, \text{упр.м}}} \right)^{z_1} \cdot \left(\frac{R_{\text{сж.с}}}{R_{\text{сж.м}}} \cdot \frac{k_{m, \text{сж.с}}}{k_{m, \text{сж.м}}} \right)^{z_2} \times \left(\frac{R_{\text{сж.с}}}{R_{\text{сж.м}}} \cdot \frac{k_{m, \text{сж.с}}}{k_{m, \text{сж.м}}} \right)^{z_3} \cdot k_o^{z_4} \cdot k_{\text{ув}}^{z_5}, \quad (5)$$

где C_v – коэффициент факторов, не входящих в уравнение в явном виде (физико-технические свойства обрабатываемого материала и осевого инструмента); D – диаметр инструмента; T – лимитируемое время работы инструмента; x_v , y_v , m – коэффициенты технологических параметров обработки; K_v – коэффициент, учитывающий отличие конкретных условий работы инструмента от принятых за основу; w – показатель степени, зависящий от D , S , T ; $k_{m, \text{сж.с}}$, $k_{m, \text{сж.м}}$, $k_{m, \text{упр.с}}$, $k_{m, \text{упр.м}}$ – коэффициенты стойкости в агрессивных средах; k_o – коэф-

фициент, характеризующий условно-мгновенный модуль упругости КМ: $k_o = \frac{E_{\text{ос}}}{E_{\text{ом}}}$; $E_{\text{ос}}$ – условно-мгновенный модуль упругости композита; $E_{\text{ом}}$ – условно-мгновенный модуль упругости матричного материала; $k_{\text{ув}}$ – коэффициент, характеризующий равновесный модуль упругости КМ: $E_{\text{увс}}$ – равновесный модуль упругости композита; $E_{\text{уvm}}$ – равновесный модуль упругости матричного материала; $z_1 \dots z_5$ – соответствующие показатели степени.

Оптимизация режимов механической обработки проведена по обобщенному критерию (F_{ok}), учитывающему экономические (минимальная себестоимость обработки) и технологические (максимальная производительность) показатели [4]:

$$T = \left(\frac{C_v \cdot D^{x_v} \cdot K_v \cdot e^w}{V \cdot S^{y_v}} \cdot \left(\frac{E_c}{E_m} \cdot \frac{k_{m, \text{упр.с}}}{k_{m, \text{упр.м}}} \right)^{z_1} \cdot \left(\frac{R_{\text{сж.с}}}{R_{\text{сж.м}}} \cdot \frac{k_{m, \text{сж.с}}}{k_{m, \text{сж.м}}} \right)^{z_2} \times \left(\frac{R_{\text{сж.с}}}{R_{\text{сж.м}}} \cdot \frac{k_{m, \text{сж.с}}}{k_{m, \text{сж.м}}} \right)^{z_3} \cdot \left(\frac{E_{\text{ос}}}{E_{\text{ом}}} \right)^{z_4} \cdot \left(\frac{E_{\text{увс}}}{E_{\text{уvm}}} \right)^{z_5} \right)^{1/m}, \quad (6)$$

$$\sum T = (k+1) \cdot T, \quad (7)$$

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (8)$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3}, \quad (9)$$

$$F_{ok}(n, S) = \frac{L}{n \cdot S} \cdot [k_{\text{ст}} + k_{\text{зн}} + \left(\frac{(k+1)(318 \cdot C_v \cdot D^{x_v-1} \cdot e^w \cdot K_v \cdot \left(\frac{E_c}{E_m} \cdot \frac{k_{m, \text{упр.с}}}{k_{m, \text{упр.м}}} \right)^{z_1} \times \left(\frac{R_{\text{сж.с}}}{R_{\text{сж.м}}} \cdot \frac{k_{m, \text{сж.с}}}{k_{m, \text{сж.м}}} \right)^{z_2} \cdot \left(\frac{R_{\text{сж.с}}}{R_{\text{сж.м}}} \cdot \frac{k_{m, \text{сж.с}}}{k_{m, \text{сж.м}}} \right)^{z_3} \cdot k_o^{z_4} \cdot k_{\text{ув}}^{z_5})^{1/m}}{k_{\text{ин}} \cdot (n \cdot S^{y_v})^{1/m1}} \right)] \quad (10)$$

где $\sum T$ – суммарная стойкость сверл до полного изнашивания; k – число переточек сверла, зависящее от марки инст-

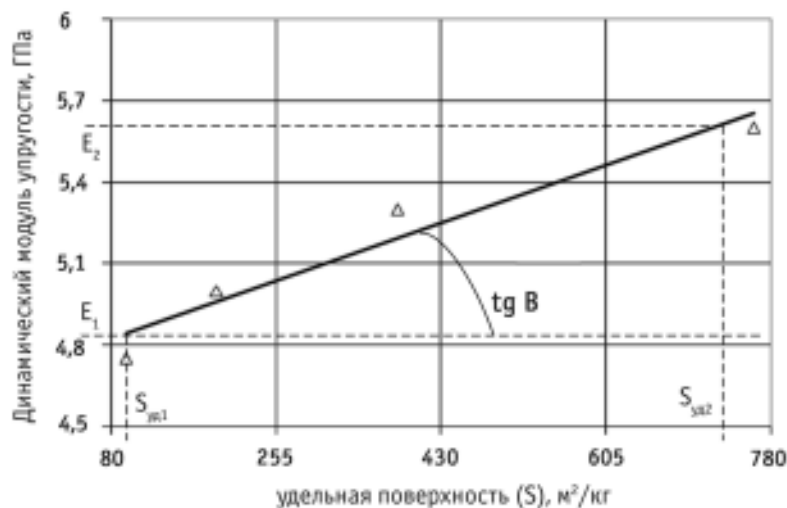


Рис.3. Влияние дисперсности наполнителя на динамический модуль упругости КМ (ЭД-20 – 100 мас.ч.; ПЭПА – 11 мас.ч.; ДБФ – 5 мас.ч.; маршалит $\vartheta=0,4$)

Оптимизированные составы полимерных КМ специального назначения

| № | Состав | | | | | Рекомендуемые режимы обработки | | |
|---------------------|-------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|
| | Поли-мерная смола | Отвердитель мас. ч. на 100 мас.ч. смолы | Модификатор мас. ч. на 100 мас.ч. смолы | Пластификатор мас.ч. на 100 мас.ч. смолы | Объемное содержание наполнителя | n , об/мин | S , мм/об | R_a , мкм |
| Фитинговые системы | | | | | | | | |
| 1 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | - | ДБФ 5 | Диабаз $\phi = 0,3$ | 500 | 0,20 | 7,0-8,0 |
| 2 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | - | ДБФ 5 | Маршалит $\phi = 0,3$ | 500 | 0,20 | 7,0-8,0 |
| 3 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | - | ДБФ 5 | Цемент $\phi = 0,3$ | 500 | 0,20 | 6,5-7,5 |
| 4 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | - | ДБФ 5 | Аэросил $\phi = 0,3$ | 355 | 0,14 | 7,0-8,0 |
| Облицовочные плитки | | | | | | | | |
| 5 | 540-М 888 | Пероксид 2,5 | - | - | Диабаз $\phi = 0,3$ | 500 | 0,20 | 7,0-8,0 |
| 6 | 540-М 888 | Пероксид 2,5 | - | - | Диабаз $\phi = 0,4$ | 355 | 0,28 | 6,5-7,5 |
| 7 | 540-М 888 | Пероксид 2,5 | - | - | Маршалит $\phi = 0,3$ | 500 | 0,20 | 7,0-8,0 |
| 8 | 540-М 888 | Пероксид 2,5 | - | - | Маршалит $\phi = 0,4$ | 355 | 0,28 | 6,0-7,0 |
| 9 | 540-М 888 | Пероксид 2,5 | - | - | Цемент $\phi = 0,3$ | 500 | 0,28 | 7,0-8,0 |
| 10 | 540-М 888 | Пероксид 2,5 | - | - | Цемент $\phi = 0,4$ | 355 | 0,28 | 6,5-7,5 |
| 11 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | - | ДБФ 5 | Диабаз $\phi = 0,4$ | 355 | 0,20 | 6,5-7,5 |
| 12 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | - | ДБФ 5 | Маршалит $\phi = 0,4$ | 355 | 0,20 | 6,5-7,5 |
| 13 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | - | ДБФ 5 | Цемент $\phi = 0,4$ | 355 | 0,28 | 6,5-7,5 |
| 14 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | - | ДБФ 5 | Аэросил $\phi = 0,4$ | 250 | 0,20 | 7,0-8,0 |
| Потолочные плитки | | | | | | | | |
| 15 | 540-М 888 | Пероксид 2,5 | - | - | Аэросил $\phi = 0,3$ | 355 | 0,14 | 7,0-8,0 |
| 16 | 540-М 888 | Пероксид 2,5 | - | - | Аэросил $\phi = 0,4$ | 250 | 0,20 | 7,0-8,0 |
| 17 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | Сарэл 04 10 | - | Диабаз $\phi = 0,3$ | 500 | 0,28 | 7,0-8,0 |
| 18 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | Сарэл 04 10 | - | Диабаз $\phi = 0,4$ | 355 | 0,28 | 6,5-7,5 |
| 19 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | Сарэл 04 10 | - | Маршалит $\phi = 0,3$ | 500 | 0,28 | 7,0-8,0 |
| 20 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | Сарэл 04 10 | - | Маршалит $\phi = 0,4$ | 355 | 0,28 | 6,5-7,5 |
| 21 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | Сарэл 04 10 | - | Цемент $\phi = 0,3$ | 500 | 0,28 | 6,5-7,5 |
| 22 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | Сарэл 04 10 | - | Цемент $\phi = 0,4$ | 355 | 0,28 | 6,0-7,0 |
| 23 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | Сарэл 04 10 | - | Аэросил $\phi = 0,3$ | 355 | 0,20 | 7,0-8,0 |
| 24 | ЗД-20 | ПЭПА 11 | Сарэл 04 10 | - | Аэросил $\phi = 0,4$ | 250 | 0,20 | 7,0-8,0 |

рументального материала и конструкции сверла; t_0 – основное технологическое время; L – длина рабочего хода осевого инструмента; n – частота вращения шпинделя; k_{cm} – стоимость одной минуты работы станка; $k_{ин}$ – стоимость одной минуты рабочего времени работника; $k_{ин}$ – стоимость инструмента.

С применением $F_{ок}$ установлены режимы обработки и определены составы для получения полимерных КМ специального назначения, используемых в качестве отделочных стеновых и потолочных плиток, а также элементов фитинговых систем для мелиоративного строительства (таблица).

Полученные по рекомендуемым режимам механической обработки полимерные композиты по комплексным показателям качества (шероховатость поверхности, наличие сколов и трещин, других дефектов) превосходят изделия, изготовленные по справочным классическим моделям [6].

Литература

1. Строительные материалы. Под ред. В.Г. Миккульского. М., «АСВ», 2000.
2. Соколова Ю.А., Готлиб Е.М. Модифицированные эпоксидные клеи и покрытия в строительстве. М., «Стройиздат», 1990.

3. Комар А.Г. Строительные материалы и изделия. М., «Высшая школа», 1983.

4. Степанов А.А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. Л., «Машиностроение», Ленинградское отделение, 1987.

5. Бобрышев А.Н., Козомазов В.Н., Бабин Л.О., Соломатов В.И. Синергетика дисперсно-наполненных композитов. М., ЦКТ, 1999.

6. Штучный Б.П. Обработка пластмасс резанием: справочное пособие. М., «Машиностроение», 1974.

Development of Special Purposed Compositions of Polymer Composite Materials. By Yu.A.Sokolova, D.E.Zharin, L.N.Shafigullin

The work presents method of structures of polimeric composite materials design which accounts of changes of appropriateness of physico-mechanical, technological properties from prescribe-technological factors and its stability in aggressive environments by using mechanical processing with axial tool based on epoxy, polyester and polyurethane polymer composite materials structure.