

Расчет конструкций из композитных материалов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С МЕЛКОДИСПЕРСНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ (ИСПЫТАНИЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ-СЖАТИЕ)

А.Ю. ЕРШОВА, кандидат технических наук, ведущий инженер

М.И. МАРТИРОСОВ, кандидат технических наук, доцент

Московский авиационный институт (НИИ),

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, Yershova_A@mail.ru

В статье представлено экспериментальное изучение механических свойств нового вида зернистых композитов – литьевого искусственного камня, а именно, выбор оборудования для проведения эксперимента, разработка методики и проведение экспериментов по определению механических характеристик данного материала.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экспериментальные исследования, упругие характеристики материала, полимерные композиционные материалы, зернистые композиты, литевой искусственный камень.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе полиэфирных смол широко применяются в различных отраслях современной техники. Такие материалы открывают широкие возможности как для совершенствования уже существующих конструкций, так и для разработки новых. Во многих случаях они становятся даже предпочтительнее традиционных материалов [1]. ПКМ характеризуются малой плотностью и высокими удельными характеристиками. Кроме того, технологические процессы формования изделий из ПКМ обладают существенно меньшей энергоемкостью по сравнению с технологиями обработки распространенных металлических материалов. Эти свойства характерны и для относительно нового класса полиэфирных композитов – литьевого искусственного камня (ЛИК), который представляет собой композиционный материал, основными компонентами которого являются ненасыщенная полиэфирная смола и инертный зернистый наполнитель [2,3].

Из подобных материалов изготавливают лабораторные столы, лабораторные раковины, облицовку стен в рентгенкабинетах и кабинетах компьютерной томографии. Столь же эффективно использование ЛИК в интерьерах зданий [4]. В отличие от природного камня, материалу присуще отсутствие радиоактивного фона, что позволяет использовать ЛИК при реализации некоторых перспективных нанотехнологий. Исследуемый материал может применяться, например, для производства несущих систем (станины, стойки, основания) для достаточно широкого спектра высокоточных станков, контрольно-измерительных машин и нанотехники, где использование традиционных материалов исчерпало себя и не позволяет выйти на требуемые технические параметры. В настоящее время данный материал используется в авиации и космонавтике, как легкий и нерадиоактивный отделочный материал [2].

В каждом конкретном случае замена традиционных материалов на композиты сопровождается значительным объемом научно-исследовательских работ, связанных с изучением их физико-механических свойств и разработкой методов оценки эксплуатационных характеристик [5,6]. Большинство существующих работ посвящено слоистым и волокнистым композитам. В связи с этим изучение зернистых композитов на основе ненасыщенных полиэфиров требует отдельного исследования, в том числе разработки методик проведения экспериментов по определению механических характеристик и свойств.

1. Методика испытаний на растяжение и сжатие с использованием универсальной машины ZWICK Z100

Особенностью механических свойств литьевого искусственного камня, как и натурального, является малый уровень деформаций (0,5% при сжатии и 0,05% при растяжении). Точное определение характеристик подобных материалов в таком диапазоне деформаций возможно лишь при использовании современного оборудования и методов испытаний, позволяющего с высокой точностью регистрировать перемещения и деформации.

В предлагаемой работе для определения механических свойств исследуемого ЛИК применялась современная универсальная испытательная машина ZWICK Z100, производства Германии. Установка ZWICK Z100 предназначена для измерений силы, деформации и перемещения в процессе испытания конструкционных материалов на растяжение и сжатие в широком диапазоне скоростей деформаций и напряжений. По результатам испытаний были определены предел прочности и модуль упругости. Для определения коэффициента Пуассона были проведены дополнительные эксперименты на растяжение и сжатие с использованием тензометрического метода измерения продольной и поперечной деформации. Для нагружения использовалась универсальная испытательная машина ZWICK Z100, для измерения продольной и поперечной деформации цифровой тензоусилитель типа Spider-8, фирмы «Хоттингер», производства Германии, преобразующего изменение электрического сопротивления тензодатчика в деформацию материала [7].

При испытаниях на растяжение и сжатие испытываемый образец устанавливается в захватах между подвижной и неподвижной траверсами. Нагружение образца осуществляется за счет перемещения активного захвата в заданном режиме. В процессе испытания возможно реализовать режимы нагружения образца с постоянной скоростью изменения напряжений, силы, перемещения активного захвата или деформации. Измеряемые параметры (силы и перемещение) преобразуются датчиками и блоком управления машины в электрические сигналы, которые отображаются на экране монитора управляющего компьютера в соответствующие диаграммы растяжения или сжатия. Специальные программные продукты позволяют расширить набор задаваемых режимов нагружения и реализовать более сложные программы нагружения.

2. Методика определения модуля упругости и коэффициента Пуассона литьевого искусственного камня с использованием тензометрического метода измерения деформации

Для определения коэффициента Пуассона необходимо проводить одновременные измерения продольной и поперечной деформаций при растяжении и сжатии. В комплект используемой установки ZWICK Z100 не входит экстензометр для измерений поперечной деформации. В этой связи для определения коэффициента Пуассона и уточнения значения модуля упругости материала проведена серия статических испытаний на растяжение и сжатие с использованием тензометрического метода измерения продольной и поперечной деформации в процессе испытаний с применением цифрового тензоусилителя и персонального компьютера. Выходной сигнал с усилителя подавался на персональный компьютер для регистрации и обработки экспериментальных данных. Таким образом, осуществлялось синхронное измерение продольной и поперечной деформации в процессе испытаний, что позволило значительно повысить точность определения коэффициента Пуассона.

Тензометрический метод измерения деформации предполагает наклеивание (нанесение) стандартных тензодатчиков на поверхность образца, подключение

их к тензостанции по мостовой или полумостовой схеме, ступенчатое нагружение образца и измерение деформаций, пропорциональных изменениям электрического сопротивления тензодатчиков. Проволочный тензодатчик омического сопротивления представляет собой отрезок тонкой проволоки, вклеенной между двумя полосками тонкой бумаги. Проволока в тензодатчике укладывается несколькими параллельными петлями. Длина петли называется базовым размером или базой датчика S . В работе использовались тензодатчики марки 1-LY41-6/120 фирмы НВМ (Германия) с электрическим сопротивлением 120 Ом и базовым размером $S=10$ мм. Испытания материала проводились с использованием полумостовой схемы подключения тензодатчиков. Собранный полумостовой схема подключалась к цифровому тензоусилителю типа Spider-8, фирмы «Хоттингер», производства Германии, преобразующего изменение электрического сопротивления тензодатчика в деформацию материала.

Измерительный усилитель Spider-8 предназначен для электрических измерений механических величин – деформаций, усилий, давления, перемещений, ускорений и температуры. При измерениях коэффициента Пуассона сигналы с тензодатчиков продольной и поперечной деформаций подавались на усилитель, от него – на персональный компьютер для регистрации и обработки экспериментальных данных. Таким образом, осуществлялось синхронное измерение продольной и поперечной деформации в процессе испытаний, что позволило значительно повысить точность определения коэффициента Пуассона.

Цифровой тензоусилитель типа Spider-8 выдает в качестве выходного сигнала некоторые показания (отсчеты), разность которых по сравнению с показаниями прибора для недеформированного образца определяет измеряемую деформацию: $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-6} \cdot (N_i - N_0)$, где N_0 – исходное показание прибора; N_i – показание прибора на i -м этапе нагружения. Данное соотношение используется для определения продольной и поперечной деформации и коэффициента Пуассона как отношения поперечной деформации к продольной [7].

3. Разработка образцов

Образцы для экспериментального определения механических характеристик композиционных материалов должны удовлетворять следующим требованиям [1,7,8]:

- возможность реализации простых стандартных схем нагружения;
- простота и дешевизна приспособления для проведения испытаний;
- простота установки в испытательной машине и проведения испытаний;
- нечувствительность к способу крепления;
- воспроизводимость экспериментальных оценок исследуемых характеристик.

В наибольшей степени этим требованиям отвечают образцы в виде двойной лопатки для испытаний на растяжение и в виде прямоугольного параллелепипеда для испытаний на сжатие.

Для изготовления образцов использовалась тиксотропная ненасыщенная полиэфирная смола с коротким временем гелеобразования, высокой вязкостью, предускоренная, малой усадкой, низким экзотермическим пиком и малой эмиссией стирола на ортофталевой основе производства фирмы ASHLAND, США. В качестве наполнителя применялись кварцевый песок, мраморная крошка, карбонат кальция и магния, гидроксид алюминия и ряд других материалов. По объему содержание ненасыщенной полиэфирной смолы составляет ~20%, наполнителя применяют не менее 80%. В качестве катализатора, ускоряющего реакцию полимеризации, использовался метилэтилкетон пероксид $C_8H_{16}O_4$ (ак-

тивный кислород более 9%) в сочетании с кобальтовым ускорителем (отверждение при комнатной температуре). Содержание катализатора в исходном компаунде составляет 1,5-2%, ускорителя 0,2-2%. В качестве технологических добавок использовались также красящие пигменты фирмы INCRETE SYSTEMS, США и фирмы BAYER (Германия), общее содержание которых составляло ~0,5-1% [3].

Подобные образцы использовались для определения механических свойств исследуемого материала при растяжении и сжатии. На рис.1 представлен эскиз образца, использованного в работе для определения механических свойств ЛИК при растяжении.

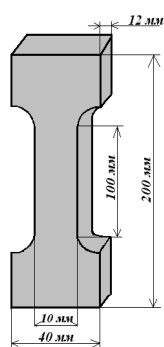


Рис. 1. Образец для проведения испытаний на растяжение

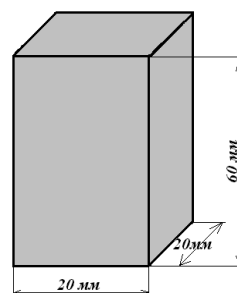


Рис.2. Образец для проведения испытаний на сжатие

Образцы из пластин литьевого искусственного камня толщиной 12 мм и размерами 100x200 мм, общая длина образца составляла 200 мм, длина рабочей части 100 мм, ширина рабочей части 10 мм.

Ширина концевой части образца, предназначенной для крепления в захватах испытательной машины, составляла 40 мм.

На рис. 2. представлен эскиз образца для проведения испытаний на сжатие. Испытания на сжатие проведены на призматических образцах с размерами поперечного сечения 20x20 мм, высотой 60 мм.

4. Режимы испытаний

1. Растяжение. Проводилось монотонное растяжение образцов при постоянной скорости деформации $\dot{\epsilon} = 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ и $\dot{\epsilon} = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ и температуре $T = 20^0 \pm 1^0 \text{ C}$. Деформация образца в процессе испытания измерялась с применением стандартного экстензометра, входящего в комплект испытательной машины. Расстояние между щупами экстензометра составляло 50 мм.

2. Сжатие. Испытание проводилось при постоянной скорости изменения напряжения $\dot{\sigma} = 1 \text{ МПа/с}$, что в целом соответствует диапазону скоростей деформаций, принятому в испытаниях на растяжение. Температура при проведении испытания равнялась $T = 20^0 \pm 1^0 \text{ C}$. Испытания по определению прочности при сжатии проведены при скорости изменения напряжения 1 МПа/с. По экспериментальным диаграммам напряжение-деформация определены модуль упругости и прочность материала. Для определения модуля упругости при сжатии начальный участок диаграммы напряжение-деформация определялся с применением стандартного экстензометра. Расстояние между щупами экстензометра составляло 30 мм. Значения коэффициента Пуассона при растяжении и сжатии определены по результатам синхронных тензометрических измерений продольной и поперечной деформации в процессе монотонного нагружения.

5. Механические свойства литьевого искусственного камня при растяжении

Механические свойства ЛИК при растяжении определены по результатам испытаний образцов материала в виде двойной лопатки при постоянной скорости деформации. Для измерения деформации образца использовался стандартный экстензометр, входящий в комплект установки ZWICK Z100 или тензодатчики, наклеенные на поверхность образца.

На рис. 3 представлена характерная кривая растяжения исследуемого ЛИК, полученная при постоянной скорости деформации $\dot{\varepsilon} = 0,01 \text{ c}^{-1}$. Анализ кривой растяжения дает возможность определить значения предельной деформации, предела прочности как наибольшего значения напряжения и модуля упругости как тангенса угла наклона прямой линии, аппроксимирующей начальный участок диаграммы. Следует отметить низкий уровень предельной деформации литьевого искусственного камня при растяжении (0,038% - для диаграммы, представленной на рис. 3) и отклонение диаграммы от линейности при нагрузках, близких к предельным. Можно предположить, что снижение сопротивления деформированию материала при высоких уровнях нагрузок обусловлено процессом накопления повреждений в виде нарушения прочности скрепления между полимерной матрицей и частицами наполнителя. По результатам серии испытаний определены модуль упругости, предел прочности и предельная деформация материала: $\sigma_b = 4,85 \text{ МПа}$, $\varepsilon_{пр} = 0,0423\%$. Среднее значение модуля упругости указано далее с учетом данных тензометрических измерений.

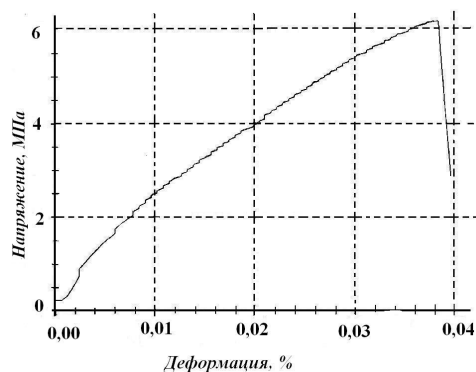


Рис. 3 Экспериментальная кривая растяжения ЛИК, полученная при скорости деформации $0,01 \text{ c}^{-1}$

Использованная модификация установки ZWICK Z100 не оснащена датчиком поперечной деформации. В этой связи, для определения коэффициента Пуассона использован тензометрический метод измерения продольной и поперечной деформации в процессе ступенчатого нагружения образца. При каждом заданном уровне силы производилось измерение деформаций образца с применением цифрового тензоусилителя типа Spider-8.

На рис. 4 и 5 представлены характерные экспериментальные зависимости напряжения и поперечной деформации от продольной деформации, полученные в испытаниях с тензометрированием при растяжении. Зависимость напряжения от продольной деформации позволяет уточнить значения модуля Юнга, полученные по результатам монотонных испытаний с использованием стандартного экстензометра. На диаграммах растяжения нанесены прямые линии, полученные как результат линейной аппроксимации экспериментальных данных, определяющей модуль упругости и коэффициента Пуассона исследуемого материала.

Из анализа графиков полученных по результатам тензометрических измерений видно, что экспериментальные зависимости удовлетворительно аппроксимируются прямыми линиями, наклоны которых определяют модуль упругости и коэффициент Пуассона материала с учетом данных, полученных в результате испытаний.

Для статистической обработки результатов экспериментов были использованы стандартные методы оценки значений измеряемых в ходе экспериментов величин [10]. После статистической обработки результатов испытаний на растяжение были получены следующие средние значения предельных характеристик материала: $\sigma_B = 4,85$ МПа, $\epsilon_{пр} = 0,0423\%$ при следующих средних квадратических отклонениях этих величин: $S^*(\sigma) = 0,953$ МПа, $S^*(\epsilon) = 0,0042\%$ и доверительных интервалах этих значений при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 4$: $\Delta(\sigma) = 1,962$ МПа; $\Delta(\epsilon) = 0,0086\%$ [9,10].

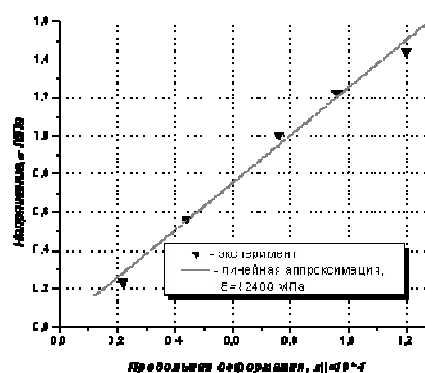


Рис.4 Диаграмма растяжения и линейная аппроксимация зависимости напряжения от продольной деформации при тензометрировании

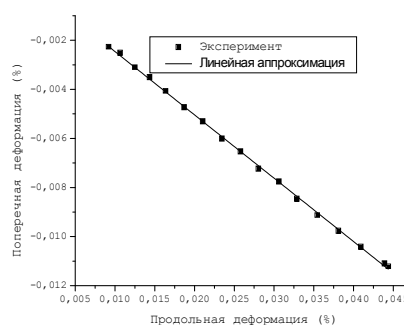


Рис.5 Зависимость поперечной деформации от продольной деформации при растяжении, полученная по результатам тензометрических измерений

Среднее значение модуля Юнга; $E = 14\,000$ МПа.

Средние значения модуля упругости и коэффициента Пуассона при растяжении по данным испытаний тензометрическим способом измерения деформации таковы: $E = 15\,216$ МПа, $\mu = 0,276$.

Для коэффициента Пуассона получены следующие значения среднего квадратического отклонения и доверительного интервала при $P = 0,95$ и $n = 5$ [10]: $S^*(\mu) = 0,06$; $\Delta(\mu) = 0,074$.

Статистические оценки для модуля упругости определялись в совокупности с анализом данных на растяжение: среднее значение модуля упругости по результатам испытаний материала по двум методикам составляет: $E = 14\,300$ МПа при среднем квадратичном отклонении $S^*(E) = 2602$ МПа и доверительном интервале при $P = 0,95$ и $n = 5$ [10] $\Delta(E) = 5339,4$ МПа.

6. Механические свойства литьевого искусственного камня при сжатии

Механические свойства исследуемого ЛИК при сжатии определены по результатам испытаний образцов материала в виде прямоугольно параллелепипеда при постоянной скорости изменения напряжения. Для измерения деформации образца использовался стандартный экстензометр или тензодатчики, наклеенные на поверхность образца.

На рис. 6 представлена характерная диаграмма напряжение-деформация при сжатии исследуемого ЛИК, полученная при постоянной скорости измене-

ния напряжения 1МПа/с. По результатам испытаний определены предел прочности, предельная деформация и модуль упругости материала.

На представленной диаграмме следует отметить характерный излом, который делит график на два участка: 1-й участок ($0 < \varepsilon < 0,2\%$) соответствует измерению деформации с применением стандартного экстензометра, 2-й ($0,2\% < \varepsilon < 1,2\%$) - измерению деформации по перемещению активного захвата. Запись диаграммы $\sigma - \varepsilon$ с использованием экстензометра до предельных нагрузок не проводилась из-за опасности повреждения датчика осколками разрушившегося образца. В этой связи оценка предельной деформации получена линейной экстраполяцией начального участка диаграммы на предельное значение силы или напряжения. Полученный уровень предельной деформации (около 0,5%) существенно превосходит предельное значение относительного удлинения при растяжении (около 0,04%).

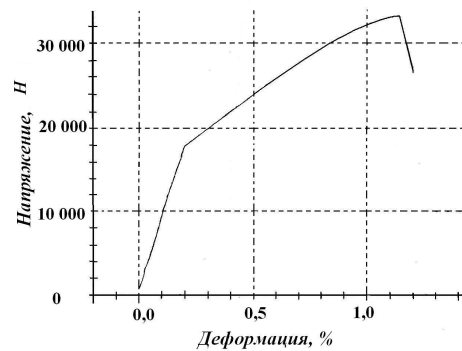


Рис. 6. Экспериментальная зависимость напряжений от деформации ЛИК при сжатии, полученная при скорости изменения напряжения 1МПа/с

Определение коэффициента Пуассона при сжатии как и при растяжении проведено с использованием тензометрического метода измерения деформации. При этом нагружение образца осуществлялось по ступенчатой программе изменения силы. При каждом заданном уровне силы производилось измерение деформаций образца с применением цифрового тензоусилителя типа Spider-8. На рис. 7 и 8 приведены зависимости напряжения и поперечной деформации от продольной деформации, полученные в испытаниях с тензометрированием при сжатии. На этих же графиках нанесены прямые линии, полученные как результат линейной аппроксимации экспериментальных данных.

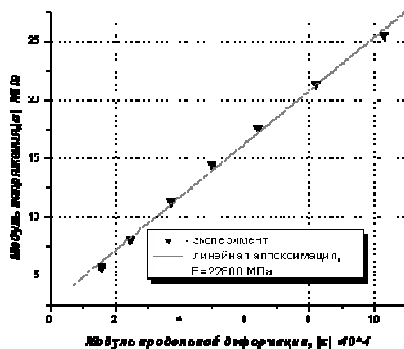


Рис. 7 Начальный участок диаграммы сжатия. Зависимость напряжения от продольной деформации при тензометрировании

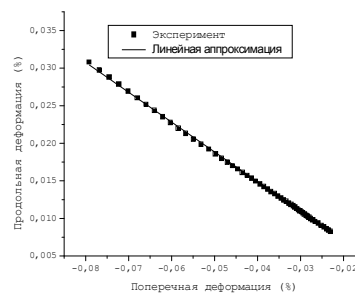


Рис. 8. Экспериментальная зависимость поперечной деформации от продольной деформации при сжатии, полученная по результатам тензометрических измерений

Как видно из представленных данных, экспериментальные зависимости удовлетворительно аппроксимируются прямыми линиями, наклоны которых определяют модуль упругости и коэффициент Пуассона материала с учетом данных, полученных по диаграммам напряжение-деформация.

В результате статистической обработки результатов серии испытаний [10] получены следующие средние значения механических характеристик материала при сжатии: $\sigma_b = 74,5$ МПа, $\epsilon_{пр} = 0,374\%$, $E = 18\,900$ МПа при средних квадратических отклонениях этих величин: $S^*(\sigma) = 6,35$ МПа, $S^*(\epsilon) = 0,033\%$, $S^*(E) = 2437$ МПа.

Доверительные интервалы при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 4$ [9,10] таковы: $\Delta(\sigma) = 8,82$ МПа, $\Delta(\epsilon) = 0,459\%$, $\Delta(E) = 3\,383$ МПа.

Средние значения модуля упругости и коэффициента Пуассона в ходе испытаний на сжатие при тензометрическом методе определения продольной и поперечной деформаций имеют следующие значения: $E = 21\,444,97$ МПа, $\mu = 0,398$ при средних квадратических отклонениях этих величин $S^*(E) = 5571,4$ МПа, $S^*(\mu) = 0,0225$.

Соответствующие доверительные интервалы при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 5$ [10] таковы: $\Delta(E) = 6\,904,52$ МПа, $\Delta(\mu) = 0,0278$.

ВЫВОДЫ

По результатам механических испытаний с использованием современного измерительного оборудования впервые определены механические характеристики нового класса зернистых композитов на основе ненасыщенных полиэфиров – литьевого искусственного камня.

Разработанные методики определения механических свойств нового класса композиционных материалов - литьевого искусственного камня с использованием универсальной установки для испытаний материалов ZWICK Z100 могут быть использованы для испытаний аналогичных материалов, а также для расширения экспериментов для данного класса материалов.

Определены оптимальные формы и размеры образцов для испытания подобных материалов на растяжение, сжатие. Значения упругих характеристик, полученных с использованием стандартного датчика силы и экстензометра, удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными, полученными при использовании тензометрического метода измерения деформации в процессе нагружения образца растягивающей и сжимающей силой.

С учетом значительных технологических преимуществ ЛИК можно сделать вывод о целесообразности использования этого материала в качестве заменяющего натуральный камень в строительных конструкциях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ (код проекта НШ-2047.2012.8)

Л и т е р а т у р а

1. Мэтьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. – М.: Техносфера, 2004. – 408с.
2. Ершова А.Ю., Мартиросов М.И. Особенности и преимущества использования литьевого искусственного камня // Материалы X международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред». – Т.1. М.: МАИ, 2004. – С. 145-146.
3. Ершова А.Ю., Мартиросов М.И. Литевой искусственный камень: технология производства // Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции «Новые материалы и технологии-2006». – Т. 1, М.:МАТИ, 2006. – С. 122-123.
4. Koldaev A.B. Stone-cast ware. Glass and ceramics. Springer New York Consultants Bureau. – 2013. – V. 70, №3-4. – P.95-99.

5. Ariga K., Mori T., Hill J.P. Mechanical control of nanomaterials and nanosystems// *Advanced materials*. Wiley-VCH Verlag GmbH & CO. KGaA.-2012. -V.24, №2. P. 158-176.
6. Yang S.Q., Jing H.W., Li Y.S., Han L.J. Experimental investigation on mechanical behavior of coarse marble under six different loading paths// *Experimental mechanics*. Springer Science+Business Media Inc., Formerly Kluwer Boston Inc. – 2011. – V.51.№3.P 315-334.
7. Ершова А.Ю., Бессонов Д.Е., Зезин Ю.П., Мартыросов М.И., Рабинский Л.Н. Экспериментальные исследования деформирования и разрушения зернистых композитов на основе полиэфирных смол // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – Т.14, №1. – 2008. – С. 111-125.
8. Soons J.A.M., Dirckx J.J.J., de Baere I. New double indentation technique for measurement of the elasticity modulus of thin objects. *Experimental mechanics*. Springer Science+Business Media Inc., Formerly Kluwer Boston Inc. – 2011. –Vol. 51, №1. – P. 85-95
9. Лосев С.А. О свертке информации, получаемой в экспериментах на ударных трубах// Исследование физико-химических процессов в ударных волнах и нагретых трубах: Научные труды. – №21.- М.: Изд-во МГУ, 1973. – С.3-21.
10. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное пособие. – М.: Наука, 1971. – 192 с.

Reference

1. Metyuz F, Rolings R. (2004). *Kompozitnie Materiali*. М.: Tehnosfera, 408 p.
2. Ershova AYu, Martirosov MI.(2004). Osobennosti i preimuschestva ispolzovaniya litevogo iskusstvennogo kamnya. *Materiali X Mejdunarodnogo simpoziuma «Dinamicheskie i Tehnologicheskie problemi mehaniki konstrukcii i splotnih sred»*. Т. 1, М.: МАИ, p.145-146.
3. Ershova AYu, Martirosov MI. (2006). Litevoi iskusstvennii kamen: tehnologiya proizvodstva. *Tezisi dokladov Vserossiiskoi nauchno_tehnicheskoi konferencii «Novie Materiali i Tehnologii-2006»*. Vol. 1, М.: МАИ, p. 122-123.
4. Koldaev AB (2013). Stone-cast ware. *Glass and ceramics*. Springer New York Consultants Bureau. Vol. 70, №3-4, p. 95-99.
5. Ariga K, Mori T, Hill JP (2012). Mechanical control of nanomaterials and nanosystems. *Advanced materials*. Wiley - VCH Verlag GmbH & CO. KGaA. Vol. 24, № 2, p. 158-176.
6. Yang SQ, Jing HW, Li YS, Han LJ (2011). Experimental investigation on mechanical behavior of coarse marble under six different loading paths. *Experimental mechanics*. Springer Science+Business Media Inc., Formerly Kluwer Boston Inc., Vol. 51, № 3, p. 315-334.
7. Ershova AYu, Bessonov DE, Zezin YuP, Martirosov MI, Rabinskii LN (2008). Eksperimentalnie issledovaniya deformirovaniya i razrusheniya zernistih kompozitov na osnove poliefirnih smol. *Mehaniika Kompozitsionnih Materialov I Konstrukcii*. Vol. 14, № 1, p. 111_125.
8. Soons JAM, Dirckx JJJ, de Baere I (2011). New double indentation technique for measurement of the elasticity modulus of thin objects. *Experimental mechanics*. Springer Science+Business Media Inc., Formerly Kluwer Boston Inc. Vol. 51, № 1, p. 85-95
9. Losev SA (1973). O svertke informacii, poluchaemoi v eksperimentah na udarnih trubah. *Issledovanie Fiziko-Himicheskikh Processov v Udarnih Volnah i Nagretih Trubah*: Nauchnie trudi, № 21, М.: Izdatelstvo MGU, p. 3-21.
10. Rumshinskii LZ (1971). *Matematicheskaya Obrabotka Rezultatov Eksperimenta*. Spravochnoe posobie. М.:Nauka, 192 p.

EXPERIMENTAL STUDIES OF POLYMER COMPOSITES WITH FINELY DISPERSED FILLER (TEST EXPANSION-COMPRESSION)

A.U. Yershova, M.I. Martirosov
Moscow Aviation Institute (National Research University)

The article presents the experimental studies of the mechanical properties of a new kind of granular composites - injection artificial stone, namely, the choice of the equipment for the experiment, methodology development and implementation of experiments on determination of mechanical characteristics of the material.

KEY WORDS: experimental studies, elastic properties, polymeric composites, granular composites, injection artificial stone.