



# ВЕСТНИК

ГОМЕЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ П.О. СУХОГО

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
ИЗДАЕТСЯ С МАРТА 2000 г.

ВЫХОДИТ ЧЕТЫРЕ РАЗА В ГОД

2(41)' 2010

Главный редактор

**С. И. ТИМОШИН**

Заместитель

главного редактора

**А. А. БОЙКО**

Ответственный

секретарь

**Т. Г. ЯНУЩЕНКО**

Адрес редакции:

**Редакционная коллегия:**

О. Д. Асенчик, М. Н. Верещагин, В. А. Голуб,

Р. И. Громыко, Н. В. Грунтович, Е. М. Карпенко,

В. М. Кенько, В. И. Луковников, Г. М. Лыч,

Н. К. Мышкин, А. А. Панков, Е. Н. Подденежный,

Б. В. Сорвиров, А. В. Сычев, Г. П. Тариков,

Л. Г. Чубриков, О. Н. Шабловский,

А. П. Шевлюков, П. А. Хило

Республика Беларусь, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.

Телефон: (0232) 40-15-68. Факс: (0232) 47-91-65

E-mail: machin@gstu.by

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Машиностроение и машиноведение**

*Рогачевский Н. И. Параметры особых точек профиля эвольвентных зубьев* 3

*Пашкевич М. Ф., Пашкевич В. М., Миронова М. Н. Исследование смещений заготовки под действием сил закрепления при базировании по плоскости* 9

*Рогачевский С. Н. Геометрическое трение в зацеплениях червячных передач качения* 19

*Жилевич М. И., Олехнович Д. Г., Ермилов С. В. Методика и алгоритм автоматизированного расчета многоступенчатых телескопических гидроцилиндров на устойчивость и прочность* 28

*Котов А. В., Чаус В. П. Совершенствование системы очистки зерноуборочного комбайна при уборке зерновых на склонах* 35

### **Обработка конструкционных материалов**

*Мусафирова Г. Я., Вербищук Я. Я. Клеи, шпатлевки, замазки на основе вторичного полистирола, отходов пенополистирола* 43

### **Электротехника и энергетика**

*Якубович А. И., Тарасенко В. Е. К вопросу расчета поверхности охлаждения многорядных радиаторов тракторов «БЕЛАРУС»* 49

<i>Грунтович Н. В., Горюнова Ю. О. Анализ удельных расходов электрической энергии и топлива по котельным Гомельской области</i>	59
<i>Луковников В. И., Козлов А. В., Савельев В. А., Толстенков А. А. Инженерная методика синтеза регуляторов в системах автоматического управления с модуляцией сигналов многомерно-временным операторным методом</i>	67
<i>Соболев Е. В., Подденежный Е. Н. Многофакторный метод расчета электрического освещения с применением светодиодных источников света</i>	75
<b>Экономика и управление народным хозяйством</b>	
<i>Боломчук Б. В., Драгун Н. П. Количественный анализ содержания и эффективности реализации стратегий диверсификации машиностроительных предприятий</i>	83
<i>Карпенко Е. М., Елина Н. М. Повышение эффективности системы управления качеством</i>	93
<i>Бондарь Н. Н. Исследование уровня эффективности отрасли транспорта в странах Европы, Беларуси, Молдовы, России и Украины</i>	99
<i>Лизакова Р. А., Исайчикова Н. И., Бердин А. Ю. Управление политикой ценообразования производителя при работе с субъектами товаропроводящих сетей</i>	108
<i>Лапицкая О. В. Управление как обязательный элемент устойчивого развития отраслей народного хозяйства</i>	115
<b>Резюме</b>	123

- Журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам (приказ ВАК РБ № 101 от 04.06.2005 г.)
- Публикуемые материалы рецензируются.
- Мнение авторов статей не обязательно совпадает с позицией редколлегии.
- Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, разрешается только с согласия автора и издателя.
- Подписные индексы: для индивидуальных подписчиков – 00063  
для предприятий и организаций – 000632

УДК 678.746.222

## КЛЕИ, ШПАТЛЕВКИ, ЗАМАЗКИ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА, ОТХОДОВ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

**Г. Я. МУСАФИРОВА**

*Учреждение образования «Полесский государственный университет», Республика Беларусь*

**Я. Я. ВЕРБИЩУК**

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель*

### **Введение**

Научно-технический прогресс требует разработки надежных, менее энерго- и ресурсоемких материалов. Особенно актуальна на сегодняшний день проблема рециклинга полимерных отходов, так как все возрастающее количество полимерных материалов во всем мире постоянно растет, что приводит к непрерывному их накоплению и загрязнению окружающей среды. В связи с этим необходимо разрабатывать полимерные композиции (клеи, шпатлевки, замазки) на основе вторичного сырья, предварительно оценивая степень изменения его свойств после эксплуатации в виде изделий и переработки [1], [2].

Современные синтетические клеи склеивают любые материалы, их клеевые соединения долговечны, работают в широком интервале температур и в любых климатических условиях, но не каждый клей, шпатлевка, замазка универсальны и пригодны для применения в любой области машиностроения, а лишь те, которые обладают высокой прочностью склеивания и стойкостью в средах, долговечностью.

Полимерные материалы различаются по функциональному назначению и основным эксплуатационным свойствам, химическому составу и внешнему виду, а также по технологическим показателям – вязкости, текучести, жизнеспособности и др. [3].

Целью работы является исследование технологических, физико-механических и гидроизоляционных характеристик разработанных клеев, шпатлевок, замазок на основе вторичного полистирола, отходов пенополистирола.

### **Методика исследований**

В состав разработанных материалов входят следующие компоненты: отходы пенополистирола – ППС (ГОСТ 15588–86) или вторичный ударопрочный полистирол – ВУПС (ТУ 6-19-153–80) и смесь органических растворителей: ацетон чистый для анализа (ГОСТ 2768–84) и гексан (ТУ 2631-00305807999–98) в объемном соотношении соответственно 1:1,7.

Смесь растворителей рассчитана с помощью разработанного графического метода качественного анализа и варьирования совместимости взаимодействующих компонентов, основанного на анализе их трехмерных параметров растворимости [4]. Это позволило определить оптимальный по критерию совместимости компонентов состав композиции путем расчета, а не экспериментальным перебором вариантов соотношения компонентов. Учитывая, что параметры растворимости компонентов смесей растворителей подчиняются правилу аддитивности, возможно, изменяя со-

став растворителей, «подгонять» параметр растворимости смеси к соответствующему параметру растворимости совмещаемого полимера.

Таким образом рассчитанный состав смеси растворителей ацетон : гексан – 1:1,7 обеспечивает термодинамическую совместимость полистирола, которая экспериментально подтверждается высокой степенью растворения и максимальной степенью набухания полимера в этом составе растворителей.

При изготовлении полимерных материалов производили растворение отходов пенополистирола (полистирола) в рассчитанной смеси растворителей. Составы клеев, шпатлевок, замазок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Составы разработанных материалов

Компоненты	Содержание компонентов материала, мас. %
ВУПС (ППС)	35–55
Ацетон	16,7–23,4
Гексан	28,3–41,6

Разработанные материалы обладают высоковязкой консистенцией, поэтому вязкость определяли, используя оригинальную методику. На приборе, принципиальная схема которого изображена на рис. 1, условную вязкость определяли по изменению площади отпечатка следующим образом: из полиэтиленовой пленки вырезали кружки диаметром 100 мм, которые применяли в качестве подложек.

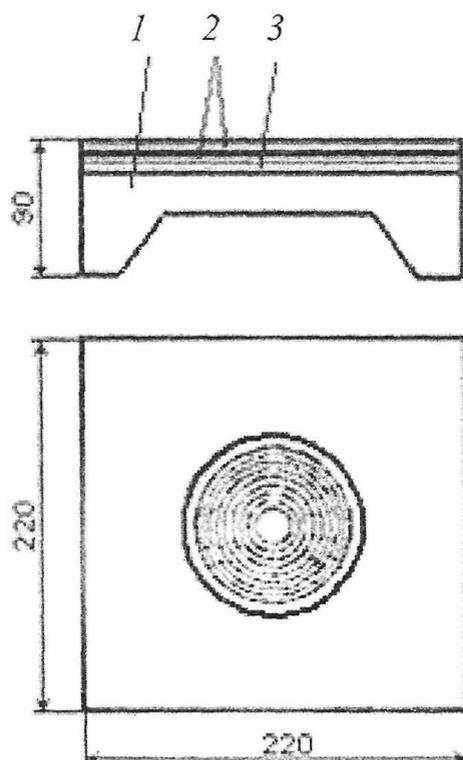


Рис. 1. Схема прибора для определения условной вязкости разработанных материалов:  
1 – корпус прибора; 2 – стекла; 3 – металлическая пластинка с концентрическими окружностями

На технических весах взвешивали навеску исследуемого материала 2 г и помещали между подложками. После этого навеску укладывали на предметное стекло прибора в центре концентрической окружности и накрывали вторым верхним стеклом.

Под действием веса верхнего стекла ( $m = 380$  г) навеска растекалась в течение 1 мин, принимая форму окружности. С изменением вязкости изменялся диаметр отпечатка и его площадь

$$\Delta S = (S_2^2 - S_1^2),$$

где  $S_1$  – первоначальная площадь отпечатка,  $\text{см}^2$ ;  $S_2$  – площадь отпечатка, растекающегося под действием веса верхнего стекла в течение 1 мин,  $\text{см}^2$ .

Предел прочности материалов при сжатии определяли согласно ГОСТ 4651–78. Образцы для испытаний на сжатие имели форму прямого параллелепипеда с прямоугольным основанием размером  $1,5 \times 1 \times 1$  см.

Предел прочности при сдвиге (ГОСТ 14759–69) предусматривает испытание на сдвиг при растяжении двух деревянных пластин размером  $6 \times 2 \times 0,2$  см, склеенных между собой разработанными материалами внахлест длиной 0,15 см и бетонных балочек размером  $16 \times 4 \times 4$  см, склеенных внахлест длиной 6 см.

Испытания физико-механических свойств разработанных материалов проводили на разрывной машине ZD-20 с постепенным нарастанием нагрузки до разрушения образцов.

Твердость разработанных материалов определяли по ГОСТ 5233–89 при помощи твердомера «Импульс-1Р».

Испытания по определению водопоглощения разработанных материалов проводили согласно ГОСТ 4650–80 (метод А).

Водонепроницаемость бетонных образцов-кубов размером  $10 \times 10 \times 10$  см, покрытых в один слой толщиной 0,1 см и два слоя толщиной 0,2 см разработанными материалами, определяли в соответствии с ГОСТ 12730.5–84.

### Результаты исследований

Результаты исследований технологических, физико-механических и гидроизоляционных свойств полистирольной (ВУПС) и пенополистирольной (ППС) композиций сведены в табл. 2.

Отличительной особенностью технологии получения разработанных материалов является то, что совмещение вторичного полистирола или отходов пенополистирола достигается не за счет термического расплавления, происходящего при достаточно высоких температурах, а за счет растворения полимеров при  $t = 20\text{--}25$  °С в составе комплексного растворителя. Полученный состав перемешивают до получения однородной массы и хранят в герметичной емкости, исключая испарение растворителей. При нарушении герметичности упаковки при хранении и потере пластичности материала нужно ввести необходимое количество комплексного растворителя в высохшую мастику. В течение 1,5–2 ч материал приобретает первоначальную пластичность, при этом его свойства не ухудшаются, так как при хранении в нем не происходит никаких физико-химических изменений [5, с. 8–10]. Материал наносится на защищаемую поверхность в жидком виде, проникает в поверхностные слои (дерева, бетона, цементно-песчаной стяжки, выравнивающего раствора). Преимуществом разработанного материала является простота нанесения, высокая адгезионная прочность, долговечность.

Исследование технологических и физико-механических характеристик разработанных материалов показало, что с уменьшением условной вязкости образцов на основе ППС в 1,8 раза и увеличением давления запрессовки до 0,1–0,2 МПа при сушке образцов увеличиваются на 40–50 % их адгезионные свойства, что объясняется увеличением площади растекания исследуемых композиций и их более глубоким проникновением в микропоры и дефекты бетонных и деревянных подложек. В отличие от бетонных и деревянных подложек адгезионная прочность к металлической подложке одинакова (0,2 МПа) (табл. 2), так как ее микропоры и дефекты незначительны, вследствие чего адгезия к металлу разработанных материалов не зависит от условной вязкости.

Таблица 2

## Свойства разработанных материалов на основе ВУПС и ППС

Показатель	Свойства материала	
	ВУПС	ППС
Декоративные свойства	матовый	
Внешний вид (ГОСТ 901–78)	однородный по цвету и консистенции, не содержит посторонних включений	
Концентрация по сухому остатку (ГОСТ 2199–66), %	65	55
Условная вязкость, см <sup>2</sup>	55	100
Жизнеспособность, мин	30–40	
Плотность, кг/м <sup>3</sup> (ГОСТ 15139–69)	700	500
Твердость, ед. (ГОСТ 5233–89)	85	
Предел прочности при сжатии, МПа (ГОСТ 4651–78)	14	8,5
Предел прочности при нормальном отрыве (ГОСТ 14760–69) к Ст 08 кп, МПа	0,2	
Предел прочности при сдвиге (ГОСТ 14759–69), МПа		
– бетонная подложка (сушка без приложения давления)	0,3	0,7
– бетонная подложка (сушка под давлением 0,1–0,2 МПа)	0,6	0,9
– деревянная подложка (сушка без приложения давления)	1,3	1,8
– деревянная подложка (сушка под давлением 0,1–0,2 МПа)	1,7	2,4
Прочность соединения между бетонным основанием и приклеиваемым материалом (клеящая способность) через 48 ч после склеивания, МПа		
– рубероид	более 0,3 (разрыв по приклеиваемому материалу)	
– линолеум	0,7	1,2
– керамическая плитка	2,0	2,5
Водопоглощение, % (ГОСТ 4650–80 (метод А))	0,8	1,2
Марка по водонепроницаемости бетона, защищенного разработанными материалами		
– в один слой толщиной 0,1 см	8	2
– в два слоя толщиной 0,2 см	20	2

Клеевые материалы часто работают на сжатие, растяжение, изгиб. Предел прочности при сжатии композиции на основе ППС на 64,7 % ниже по сравнению с композицией на основе ВУПС, что объясняется повышенной пористостью ППС и дефектностью его структуры, о чем свидетельствует пониженная на 40 % плотность композиции на основе ППС.

Композиция на основе пенополистирола обладает большим количеством пор и размерами дефектов структуры, которые заполняются смесью растворителей, поэто-

му пленкообразующие слои в процессе высыхания пенополистирольной композиции являются менее плотными по сравнению с полистирольной. В связи с этим испарение смеси растворителей из ППС протекает более интенсивно (анализ кинетики испарения смеси растворителей из исследуемых образцов см. в [5, с. 15–16]). Однако после окончательного отверждения разработанных композиций (2–5 сут в зависимости от толщины адгезива) твердость композиции на основе ВУПС и ППС одинакова: 85 единиц.

Сравнительный анализ гидроизоляционных свойств разработанных материалов показал, что с увеличением толщины покрытия (до 0,2 см) в 2,5 раза увеличивается водонепроницаемость бетона, защищенного разработанными шпатлевками, замазками на основе ВУПС. Водопоглощение разработанных материалов также зависит от пленкообразующего состава: композиция на основе ВУПС имеет на 50 % меньшее значение водопоглощения по сравнению с композицией на основе ППС, что также обусловлено исходной пористой структурой пенополистирола [6, с. 125].

Апробация разработанных материалов на СООО «Пинскдрев-Адриана-Плюс» и ОАО «Завод сборного железобетона № 5» (г. Гомель) показала, что их можно применять для декоративной отделки и заделывания дефектов, трещин, сколов на древесине (ДСП, ДВП, фанере), бетонных и железобетонных изделиях; изготовления однокомпонентных замазок, шпатлевок, клеев, для приклеивания линолеума, рубероида, керамической плитки к различным основаниям.

### **Заключение**

Исследованы технологические, физико-механические и гидроизоляционные характеристики разработанных материалов на основе вторичного полистирола, отходов пенополистирола.

Показано, что с уменьшением условной вязкости разработанных материалов увеличивается их адгезионная способность, но ухудшаются прочностные, гидроизоляционные характеристики.

Экспериментально установлено, что разработанные материалы на основе ВУПС имеют минимальное водопоглощение и максимальную водонепроницаемость, а материалы на основе ППС характеризуются максимальным водопоглощением и минимальной водонепроницаемостью. Это вызвано наличием технологических газообразующих добавок в исходном ППС, инициирующих возникновение повышенной пористости шпатлевок, замазок на его основе.

### **Литература**

1. Шаповалов, В. М. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов / В. М. Шаповалов, З. Л. Тартаковский ; под общ. ред. Ю. М. Плещачевского. – Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2003. – 262 с.
2. Носков, Д. В. Оценка пригодности к рециклингу вторичных полимеров / Д. В. Носков, Г. П. Овчинникова, С. Е. Артеменко // Пластические массы. – 2002. – № 8. – С. 45–46.
3. Справочник по клеям и клеящим мастикам / О. Л. Фиговский [и др.] ; под ред. В. Г. Микульского и О. Л. Фиговского. – Москва : Стройиздат, 1984. – 240 с.
4. Вербищук, Г. Я. Полимерная композиция для защитно-герметизирующих покрытий : пат. РБ № 7687 от 28.09.2005 г. по заявке № а20020400 / Г. Я. Вербищук, А. С. Неверов ; заявл. 15.05.2002 ; опубли. 12.2003 // Офиц. бюл. / Открытия. Изобрет. – 2003. – № 4. – С. 37.

5. Мусафирова, Г. Я. Герметизирующие и клеевые машиностроительные материалы на основе вторичного полистирола и смеси органических растворителей : автореф. дис. ... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Г. Я. Мусафирова. – Гомель : ИММС НАНБ, 2005. – 22 с.
6. Николаев, А. Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе / А. Ф. Николаев. – Москва : Химия, 1964. – 784 с.

*Получено 12.06.2009 г.*