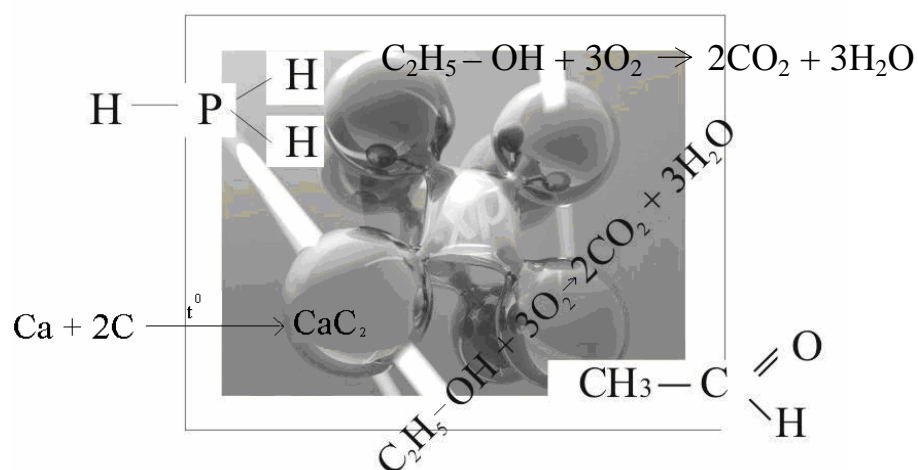


Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве

Материалы
*X Международной научно-технической
интернет-конференции*



Харьков – 2012

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ
ОТДЕЛЕНИЕ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТМАСС
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И
ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Материалы
*X Международной научно-технической
интернет-конференции*

25 ноября - 25 декабря 2011 г.

г. Харьков

Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Материалы X Международной научно-технической интернет - конференции. — Харьков: ХНАГХ, 2012. – 183 с.

Рассматриваются вопросы применения пластмасс в строительстве и городском хозяйстве, расчет и исследование строительных конструкций с применением пластмасс и полимеров, теплостойкость, горючесть и пожаробезопасность пластмасс и полимерных материалов.

Сборник тезисов представляет интерес для специалистов строительных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства, научных работников, аспирантов, студентов, а также всех, кто интересуется вопросами применения полимерных материалов и пластмасс в строительстве и городском хозяйстве.

Редакционная коллегия: Авраменко В.Л., проф. (Украина); Азыгалиев У.Ш. канд. техн. наук (Кыргызская Республика); Гончаренко Д.Ф., д-р техн. наук, проф. (Украина); Гукасян С.Ж., д-р техн. наук (Армения); Жданюк В.К., д-р техн. наук, проф. (Украина); Золотов М.С., проф. (Украина); Иоан Сава, д-р наук, проф. (Румыния); Йожеф Мельцер, д-р наук, проф. (Словакия); Петухов А.Д., д-р техн. наук, проф. (Украина); Римшин В.И., д-р техн. наук, проф. (Российская Федерация); Фам Минь Ха, проф. (Вьетнам); Чемерис М.М., д-р хим. наук (Российская Федерация); Шутенко Л.Н., д-р техн. наук, проф. (Украина).

СЕКЦИЯ 1

СТРУКТУРА, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАСТМАСС И ПОЛИМЕРОВ, А ТАКЖЕ МАТЕРИАЛОВ С ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

ДО ЗШИВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК СИЛАНАМИ

**Петухов А.Д., д-р техн. наук, проф., Годованюк О.В., Недобій І.Ю.,
Шнирук О.М., Осьмаков О.Г.**

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний
інститут"*

03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, корп.21

E-mail: Petuchov@bigmir.net

Розширюється коло виробів, в яких полімери просторово зшиті, удосконалюються технології зшивання, у тому числі здійснені в безперервних процесах виробництва. Зараз з використанням сухих силанів виготовляються з термопластів структуровані труби напірні і безнапірні, ізоляційні оболонки дротів і кабелів [1, 2]. Майже відсутня інформація з досліджень та практичних досягнень при виготовленні тонкостінних виробів типа екструзійних плівок, рулонних матеріалів. Використання зшивання термопластів для покращення комплексу фізико-механічних властивостей екструзійних тонкостінних виробів (далі – плівок) залишається актуальним.

Об'єктом досліджень було одержання зшитої полімерної плівки на основі поліетилену низької густини (ПЕНГ) з різним ступенем структурування органічними силанами, сам технологічний процес виготовлення такої плівки, їх окремі фізико-механічні властивості.

До складу композиції, що досліджувались, входили: гранульований ПЕНГ марки 15803-020 (поліолефін, який структурується); зшиваючий агент (модифікатор) у вигляді гранульованого концентрату «Пента-1002» та катализатор гідролізу/конденсації дибутиловодилаурат.

Для композицій на основі поліетилену, котрі зшиваються під дією вологи, дуже важливо, особливо при виготовленні плівок, щоб в процесі екструзії не відбувалося передчасного зшивання ПЕНГ в зоні завантаження і плавлення екструдера за рахунок слідів вологи, яка в якоїсь мірі накопичується в гранулах модифікатора в процесі його зберігання і транспортування. Наявність вологи сприяє інтенсивному гелікоутворенню. Тому необхідно, щоб модифікатор був сухим, а час перебування композиції в екструдері – мінімальним. Для цього при дослідженнях використовувався черв'ячно-дисковий екструдер, що дає змогу скоротити час перебування матеріалу в циліндрі машини та отримати розплав більш гомогенним.

Технологічні і конструктивні параметри установки наступні. *Температура по зонах нагріву, °С*: завантаження – 65; 1-а черв'ячна – 150; 2-а черв'ячна – 165; дисковій – 200; головки – 200; *екструдер, мм*: діаметр черв'яка – 45; діаметр диска – 120; діаметр дорна головки – 35; висота формуючого зазору – 1; *плівка*: ширина рукава – 160...250 мм; товщина – 20...180 мкм; ступінь витягування плівки – 3...7; ступінь роздуву – 3...4,5.

Підготовку композиції із сухих компонентів проводили безпосередньо перед завантаженням в екструдер, щоб уникнути впливу вологи навколишнього середовища. Оптимізований склад (мас.) 4-х дослідних композицій (відповідно, ПЕНГ 15803-020, Пента-1002, дибутилоловодилаурат): 1-а – 100; 0,7; 0,02; 2-а – 100; 2,5; 0,05; 3-я – 100; 4; 0,07; 4-а – 100; 5; 0,1. Одержану плівку обробляли гарячою водою (90°C) протягом різного часу (від 1,5 до 7 годин) і в залежності від цього визначали ступінь зшивання і досліджували основні властивості.

Ступінь зшивання та її залежність від складу композиції визначали на зразках плівки для різного часу гідрообробки за вмістом гель-фракції у готовому виробі, що цілком корелює з відносною кількістю поперечних зв'язків, які утворюються в одиниці об'єму поліетилену.

З отриманих графічних залежностей спостерігається загальна тенденція збільшення ступеня зшивання як від вмісту модифікатора «Пента-1002» (при сталому часі гідрообробки), так і зі збільшенням часу гідрообробки у межах однієї концентрації модифікатора.

Встановлено, що вміст модифікатора до 2,5% є недостатнім для забезпечення високих значень структурування (і відповідно, для зміни властивостей плівки) навіть при збільшенні часу гідрообробки. Більш високі значення ступеня зшивання відповідають концентрації модифікатора 4...5%. При подальшому підвищенні вмісту концентрата не відмічено зростання ступеня зшивання.

Характер кривих підвищення умовної міцності та зниження відносного видовження при розриві для подовжнього напрямку (напрямку екструзії) зберігається і для поперечного напрямку розтягування рукава (роздуву), хоч величина значень цих властивостей зменшується. Причиною цього є більший ступінь орієнтації плівки при повздовжньому її витягуванні.

На основі проведених досліджень та отриманих результатів можна підсумувати, що процес зшивання дійсно покращує міцність плівок (але при оптимальному вмісті модифікатора, що не порушує однорідність та густину зшивань), дозволяє використовувати дані плівки при більш високих температурах (зниження усадки). Для отримання зшитих плівок краще використовувати технологічну схему на основі черв'ячно-дискового екструдера, а для ефективного завершення процесу зшивання готові вироби обробляти пароводяною сумішшю як через кільце зовнішнього охолодження, так і через систему внутрішнього охолодження або зануренням у підігріту воду [3].

1. Кикель В.А. Производство труб из сшитого полиэтилена с повышенной долговечностью при высоких температурах эксплуатации: дисс. канд. техн. наук // В.А. Кикель. – М., 2006. – 118 с.

2. Композиции на основе полиэтилена, сшиваемые под действием влаги, для кабельно-проводниковой продукции [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 20 трав. 2011 р. – Режим доступа: <http://www.padanaplast.com/Polidan ES 100/>.

3. Лукач Ю.Е. Оборудование для производства полимерных пленок / Ю.Е. Лукач, А.Д. Петухов, В.А. Сенатос. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПЛАСТМАС І ПОЛІМЕРІВ, А ТАКОЖ МАТЕРІАЛІВ З ЇХНІМ ВИКОРИСТАННЯМ

Кононенко А.І., канд. ф.-м. наук

Харківський національний університет будівництва та архітектури

61002, Україна, м. Харків, вул. Сумська, 40

E-mail: office@kstusa.kharkov.ua

Дубініна А.А., канд. техн. наук, проф., **Кононенко Л.В.**, канд. хім. наук, проф.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

61051, Україна, м. Харків, вул. Клочківська, 333

E-mail: postrvv@i.ua

У порівнянні з традиційними будівельними матеріалами (кераміка, деревина, метали) полімерні матеріали (пластмаси) виникли порівняно недавно (перша чверть ХХ ст.), але впевнено обіймають провідні позиції і зараз залишаються перспективними дякуючи високій економічності, технологічності, можливості сполучення в конструкціях з іншими матеріалами.

Об'єкти дослідження – використані у виробництві полімерних будівельних матеріалів марки пластмас на основі полістиролу, полівінілхлориду, поліолефінів, карбамидо- і сечовиноформальдегідних смол, а також суміші із застосуванням стироло-акрилової емульсії. Визначення зовнішнього вигляду полімерного зразка зводилося до опису наступних ознак: форми, кольору, товщини, прозорості та ін. Особливе значення для швидкого аналізу полімерів має термічна поведінка проби. Для визначення горючості смужку або шматочок досліджуваної речовини на шпателі вносили на 10-15 с у полум'я пальника Бунзена і спостерігали поведінку при горінні полімерного зразка усередині і без полум'я, характер горіння, колір полум'я, запах газоподібних продуктів, що визначаються (табл. 1, 2). З'ясувавши поведінку полімеру в полум'ї, його піддавали сухій перегонці. Пробірку зі зразком поступово нагрівали на пальнику і спостерігали, як змінюється речовина, відзначаючи запах, колір парів, характер обвуглювання (табл. 3). Розчинність полімерів вивчали при 20⁰ С і при температурі кипіння розчинника, додержуючись однакового співвідношення між кількістю аналізованої речовини і кількістю розчинника. Зразок подрібнювали, невелику кількість (0,1 г) його поміщували в пробірку, додавали 1 мл розчинника і енергійно збовтували. Якщо зразок

полімеру не розчинювався, розчинник у пробірці доводили до кипіння і знов збовтували. За відсутність повного розчинення кількість розчинника подвоювали і випробування проводили за тих самих умов.

Таблиця 1 – Поведінка полімерних сполук у полум'ї

Поведінка у полум'ї	Колір полум'я та характер горіння	Запах	Передбачувана речовина
Горить після віддалення з полум'я	Блакитне з білою верхівкою, спокійне	Парафіну, який горить	Поліолефіни
Горить після віддалення з полум'я	Коптяче жовтувато-біле	Солодкуватий квітковий	Полістирол
Горить, але при віддаленні з полум'я гасне	Зелена зона в основі полум'я	Хлороводню	Полівінілхлорид
Горить після віддалення з полум'я	Блакитне з білою верхівкою, спокійне	Гострий, спричинюючий слізливість	Поліакрилати
Не горить і зберігає свою форму	–	Формальдегіду і аміаку	Сечовино-формальдегідна смола

Таблиця 2 – Поведінка полімерних сумішей при горінні

Полімерна суміш	Горючість	Полум'я	Запах парів	Вказівка на
Полівінілхлорид/сополімер α -менілстиролу з акрилонітрилом	Затухає при винесенні з полум'я	Зелене обкantuвання полум'я	Стійкий хлоридної кислоти	Хлор
Сополімер акрилонітрилу з бутадієном і стиролом/полікарбонат	Горить після винесення з полум'я	Яскраве, сильно задимлене	Слабкий стирольний і горілої гуми	Сополімери стиролу
Полібутилентерефталат/полікарбонат	Горить після винесення з полум'я	Яскраве, сильно задимлене	Стійкий солодкуватий	Полікарбонат
Полібутилентерефталат/поліетилентерефталат	Горить після винесення з полум'я	Яскраве, сильно задимлене	Подразнюючий сладкуватий	Терефталат
Етиленпропіленовий сополімер/ поліпропілен/ поліетилен	Горить після винесення з полум'я	Злегка жовтуваті з блакитним обкantuванням	Слабкий парафіновий і горілої гуми	Поліолефіни

Для ідентифікації та якісного дослідження полімерів у складі будівельного матеріалу застосували також полярографію, вивчаючи продукти термічної деструкції зразків. Методика визначення виду полімеру може бути зображена наступною схемою. 1,0-1,5 г пластмаси після попереднього видалення з неї пластифікаторів, барвників, наповнювачів і інших компонентів (що досягається відмиванням розчинниками, або, навпаки, розчиненням зразка пластмаси у відповідному розчиннику з наступним висаджуванням полімеру) піддавали сухій перегонці, нагріваючи його в пробірці або в спеціаль-

ному приладі у полум'ї спиртівки, температура якого стала. Так створювались більш або менш стандартні умови перегонки. Це особливо важливо при випробуванні термореактивних пластмас, бо в залежності від ступеня нагріву можуть утворюватись різні продукти їх деструкції. Нагрівали зразок пластмаси до припинення виділення летких речовин. Продукти перегонки поглинали 10 мл метанолу, потім рідину обережно засмоктували в перегонний посуд (завдяки утворенню вакууму за охолодження) з метою витягання з залишку менш летких продуктів.

Відбирали 0,1-1,0 мл лужного або нейтрального розчину в електролізер і полярографували на фоні 0,05 н розчину тетраметиламонію йодиду в 50%-метанолі. Попередньо протягом 5-7 хв крізь розчин пропускали струмінь азоту або водню. Цього часу було цілком достатньо, бо полярографування проводили, як правило, за низької чутливості гальванометра. У випадку кислій реакції розчину 1-2 мл його нейтралізували розчинами тетраетил-, тетрабутиламонію гідроксиду або спиртовим розчином літію гідроксиду в залежності від розчинності продуктів сухої перегонки полімерного зразка. Одержаний розчин розбавляли метанолом у відповідності з концентрацією продуктів перегонки і полярографували. 2-3 мл розчину піддавали бромованню, додаючи маленькими порціями 1н розчин бром у метанолі до появи в результаті надлишку бром у стійкого жовтого забарвлення. Одержаний розчин продуктів бромовання полярографували на фоні 0,1 н розчину літію хлориду в 50% метанолі. Визначали потенціали півхвиль – $E_{1/2}$ бромпохідних і порівнювали їх з табличними даними, отриманими для стандартних зразків полімерів за аналогічних умов. Нітрування продуктів перегонки полімерних зразків проводили, додаючи до 5 мл розчину піролізату 4,5 мл нітруючої суміші (5 об'ємів концентрованої сульфатної і 4 об'єма концентрованої нітратної кислоти). Розчин нітропродуктів полярографували на фоні 0,1н розчину літію хлориду в 50% метанолі. Значення $-E_{1/2}$ також порівнювали з табличними даними, отриманими для стандартних зразків пластмас (табл. 4).

Таблиця 3 – Поведінка полімерних сполук при сухій перегонці

Ставлення до сухої перегонки	Передбачувана речовина
Плавиться, виділяється мономер, на стінках пробірки конденсується речовина	Полістирол, сополімери стиролу
Розкладається з утворенням рідких і газоподібних продуктів	Поліетилен, поліпропілен, сополімери етилену з пропіленом і іншими α -олефінами
Розкладається з виділенням диму, що виявляє кислу реакцію з конго червоним папером і позитивну реакцію на хлор із $AgNO_3$	Полімери і сополімери на основі вінілхлориду
Плавиться, розм'якшується. Запах продуктів різкий, реакція водного розчину кисла	Поліакрилати
Важко займається, під час горіння або не змінює форму, або набухає, розтріскується	Сечовино-формальдегідні смоли

Таблиця 4 – Полярнографічні характеристики піролізатів полімерів і їх похідних

Полімер	– E _{1/2} , В			
	Продукти термічної деструкції	Меркурійацетатні похідні	Нітропохідні	Бромпохідні
Полістирол	2,340	–	–	–
Поліетилен низького тиску	–	0,440	0,952	1,109
Поліетилен високого тиску	–	0,435	0,600; 1,021	1,141
Поліпропілен	–	0,442	0,665; 0,982	0,185; 0,909
Полівінілхлорид	–	–	0,700; 1,300	–
Поліметилакрилат	1,78	–	–	–

Деякими критеріями характеру горіння, за якими можна визначити тип полімеру є: горить він або ні, згоряє або утворюється обвуглений залишок; чи спостерігається димовиділення, чи утворюються газоподібні продукти горіння і яка густина диму; яка поведінка полімеру після його віддалення з джерела вогню (самозатухання, підтримка горіння та ін.); плавиться полімер чи повністю згоряє тощо. Так, хороша горючість при поступовому плавленні і характерний парафіновий запах характеризує поліолефіни; при горінні поліетилену і поліпропілену утворюється воскоподібна маса. Сильно задимлене полум'я характеризує ароматичні структури, а запах горілого рога – азотвмісну сполуку. Відносно легко виявити наявність полівінілхлориду, в цьому випадку спостерігається стійкий запах хлоридної кислоти, проба горить дуже погано, поверхня закопчена, при віддаленні з полум'я затухає. На присутність полікарбонату в багатьох випадках вказує типовий фенольний запах. Політетрафторетилен розкладається з утворенням обвугленого залишку, целюлоза горить аналогічно паперу або деревині.

Поведінка полімеру у розчиннику дає перші вказівки про його хімічну структуру. Так, суміші, які містять полівінілхлорид, сополімер стиролу з акрилонітрилом, добре розчинюються в полярних розчинниках – тетрагідрофурані, диметилформаміді, метилетилкетоні. Навпаки, суміші поліолефінів розчинюються за температури вище 100⁰ С у неполярних розчинниках, таких як ксилол і толуол. Суміші ароматичних полімерів – поліетилен- і полібутилен-терефталати – у звичайних розчинниках нерозчинні, за виключенням м-крезолу при температурі вище 60⁰ С. У хімії полімерів полярнографію застосовують як експрес-метод аналізу ступеня чистоти мономерів і вихідних продуктів синтезу полімерів; для контролю і вивчення процесів добування і деструкції полімерів; для визначення в полімерах залишків непрореагувавших мономерів, залишків каталізаторів, різних добавок (пластифікаторів, стабілізаторів, інгібіторів та ін.), слідів металів; для ідентифікації полімерів тощо. Багато мономерів, а також інші продукти деструкції, добуті в результаті сухої перегонки пластичних мас, відновлюються на ртутному крапель-

ному катоді (р.к.к.) і характеризуються визначеними потенціалами півхвиль. Так можна ідентифікувати полістирол, поліметилакрилат (см. табл. 4). Продукти піролізу поліолефінів і полівінілхлориду не відновлюються на р.к.к., тому вони були переведені в полярографічно активні нітро-, бром- і меркурійпохідні з визначеними полярографічними характеристиками. $-E_{1/2}$ піролізатів і їх похідних співпадають з полярографічними характеристиками стандартних зразків полімерів і є характерними для їх ідентифікації. Відомі хімічні методи ідентифікації пластмас потребують попереднього виділення полімеру з матеріалу. Навіть невеликі домішки барвників, пластифікаторів заважають дослідженню полімерних матеріалів. При застосуванні полярографічного метода аналізу пластмас можна обійтися без виділення полімеру: полярографування в більшості випадків відбувається за низької чутливості гальванометра, і присутність невеликої кількості інших полярографічно активних речовин суттєво не впливає на результати аналізу. Ідентифіковані за допомогою найпростіших методів аналізу і полярографії будівельні полімерні матеріали можуть бути використані у дальшому при проведенні санітарно-хімічних випробувань з метою виявлення хімічних забруднювачів, рівень міграції яких у повітря перевищує допустимий.

ОСАЖДЕНИЕ ГИДРООКИСЕЙ МЕТАЛЛОВ РАЗНОРОДНЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ ФЛОКУЛЯНТАМИ

Гукасян С.Ж., д-р техн. наук

*Ереванский государственный университет архитектуры и строительства
0009, Армения, г.Ереван, ул. Теряна, 105*

E-mail: info@ysuac.am

С целью интенсификации процессов осветления при очистке промышленных сточных вод широкое применение имеют полимерные флокулянты - водорастворимые высокомолекулярные вещества ионогенной и неионогенной природы [1]. Причем, эффективность флокулирования увеличивается при подаче полимера в две порции [2]. Наибольшего ускорения процесса осаждения частиц гидроокисей металлов можно достичь, последовательно вводя в систему разнородные флокулянты, вначале – катионоактивный, затем – анионоактивный [3].

Целью настоящей работы является исследование осаждения гидроокисей цинка и хрома при введении в осветляемую воду катионоактивных (сополимер акрилата натрия с акрилонатрилом) полимерных флокулянтов.

Как было показано ранее [4, 5], оба флокулянта обладают определенной эффективностью в процессах осаждения гидроокисей тяжелых металлов.

В экспериментах по исследованию совместного действия разноименно заряженных полимеров суммарная концентрация флокулянтов поддерживалась на уровне 1,0 мг/л, варьировалось соотношение используемых полимеров. Концентрации гидроокисей в флокулируемых суспензиях составляли

193 мг/л. Осаждение проводили при $pH = 9,0 \pm 0,2$ в случае очистки от ионов цинка, и $7,5 \pm 0,2$ – в случае хрома. Водородный показатель среды регулировался введением водного раствора едкого натра.

Скорость осаждения определялась по перемещению границы раздела “осветленная вода - осадок” в мерном цилиндре емкостью 1000 мл. Концентрацию загрязнителей в воде определяли фотоколориметрическим методом [6].

Результаты экспериментов приведены в таблицах 1, 2.

Коллоидные частицы гидроокисей металлов защищены двойным электрическим слоем, являющимся главным стабилизирующим фактором с трудом осаждающейся кинетически устойчивой системы. Первоначальное введение в суспензию катионоактивного высокомолекулярного флокулянта приводит к компенсации заряда этого двойного электрического слоя - катионоактивное полимерное вещество выступает в первую очередь в качестве коагулянта [2]. Последующие введения анионоактивного флокулянта приводят к эффективной флокуляции по мостиковому механизму.

Таблица 1 – Скорость осаждения частиц цинка в присутствии разнородных полимерных флокулянтов

N	Количество флокулянта		Скорость осаждения, см/мин	Остаточная концентрация, мг/л
	катионного	анионного		
1	0,1	0,9	32,0	0,007
2	0,3	0,7	39,1	0,06
3	0,5	0,5	47,8	0,04
4	0,7	0,3	25,0	0,07
5	1,0	-	25,0	0,07
6	-	1,0	5,0	0,07
7	-	-	2,45	2,57

Таблица 2 – Скорость осаждения частиц гидроокиси хрома в присутствии полимерных флокулянтов

N	Количество флокулянта, мг/л		Скорость осаждения, см/мин	Остаточная концентрация, мг/л
	катионного	анионного		
1	0,1	0,9	21,1	0,1
2	0,3	0,7	27,0	0,07
3	0,5	0,5	30,0	0,05
4	0,7	0,3	14,1	0,14
5	1,0	-	7,1	0,14
6	-	1,0	1,9	0,22
7	-	-	0,1	0,72

Эффективность этого процесса обусловлена тем, что поверхность частиц освобождена от защитного слоя, высокомолекулярный анионоактивный флокулянт беспрепятственно хемосорбируется на гидроокиси, образуя прочные мостики между частицами дисперсной фазы. В отсутствие катионоактивного флокулянта такое взаимодействие в значительной степени затруднено.

Таким образом, нашими экспериментами показано, что интенсивность флокуляции можно существенно увеличить, осуществляя процесс при последовательном введении в суспензию вначале катионоактивного, затем анионоактивного водорастворимых полимеров.

1. Вейцер Ю. И., Минц Д. М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984. – 190 с.
2. Запольский А. К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки сточных вод. – Л.: Химия, 1987. – 203 с.
3. Баран А. А., Соломенцева И.М. / Флокуляция дисперсных систем водорастворимыми полимерами и ее применение в водоочистке // Химия и технология воды, 1983, т.5, №2. – С. 190-195.
4. Карапетян Г.А., Айазян Г.Б., Тагмазян К.Ц. / Интенсификация осаждения гидроокиси хрома (III) полиакриловыми флокулянтами // ИТУ, 1998. – Вып.2. – С. 110-114.
5. Григорян А.Р., Айвазян Г.Б., Саркисян С.Н., Тагмазян К.Ц. Ионогенные сополимеры акрилонитрата в процессах осаждения гидроокисей цинка и кадмия //Журнал прикладной химии Армении, 2000. – N 1-2. – С. 76-81.
6. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю.Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ІММОБІЛІЗАЦІЇ ТЕРМО І ФОТОСТАБІЛІЗАТОРІВ НА ПОВЕРХНЮ НАПОВНЮВАЧА ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Шадріков О.С., Авраменко В.Л., канд. техн. наук, проф.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

61002, Україна, м. Харків, вул. Фрунзе, 21

E-mail: Bulgaria2011@mail.ru

Важливим фактором, що визначає властивості наповнених і армованих полімерів, є адгезія їх до поверхні твердого тіла. Досить сильна взаємодія на міжфазній межі полімер – тверде тіло – основна умова посилення полімерів при введенні в них наповнювача. В багатьох випадках при отриманні наповнених полімерів із розчинів або із рідких, здатних до затвердіння композицій, первинним актом виникнення адгезійної взаємодії являється адсорбція на межі розподілу полімерних молекул із розчину або із реакційної системи в ході її затвердіння. Особливо значна роль адсорбційної взаємодії у випадку використання багатокомпонентних зв'язуючих, де можлива селективна адсорбція компонентів. Адсорбційні явища на міжфазних межах призводять до

того, що на них утворюється адсорбційний шар, що відрізняється за своїми фізико – хімічними характеристиками від матеріалу в об'ємі. Тому теорії адсорбції і адгезії являються важливими складовими теорії утворення і властивостей полімерних композиційних матеріалів.

Адсорбція полімерів суттєво відрізняється від адсорбції низькомолекулярних речовин. Ці відмінності обумовлені не лише макромолекулярною природою молекул, що адсорбуються з розчину, але і тим, що кожній концентрації розчину, з якого поводить адсорбція, відповідають різноманітні конформації макромолекулярного клубка, ступінь взаємоперекривання і взаємопроникнення клубків, а також ступінь їх агрегації. Фактично, при побудові ізотерми адсорбції кожній її точці повинні відповідати різноманітні структура і розмір молекул, що адсорбуються.

Адсорбція полімерів на твердій поверхні грає важливу роль у формуванні структури наповнених полімерних матеріалів, визначаючи характер упаковки макромолекул в граничних прошарках і, таким чином, їх молекулярну рухливість і релаксаційні властивості, а в кінцевому рахунку – і властивості полімерних композицій. Процеси адсорбції надають значного впливу не лише комплексу кінцевих фізико – хімічних і фізико – механічних властивостей полімерних матеріалів, але і особливостям формування полімерного матеріалу, його переробці чи синтезу в тих випадках, коли ці процеси протікають в присутності твердої поверхні. Утворення клейових з'єднань, нанесення лакофарбного покриття і деякі інші технологічні процеси включають в себе першу стадію – адсорбцію полімерів на поверхні. Звідси витікає важлива роль дослідження процесів адсорбції полімерів на твердих поверхнях.

Взаємодія полімерних молекул з твердими тілами призводить до значної зміни всього комплексу їх властивостей. Це пов'язано з тим, що адсорбційна взаємодія на межі розділу зменшує молекулярну рухливість ланцюгів в ході формування полімерного матеріалу і при його експлуатації, а це викликає зміну структури граничного шару. Між тим структура граничного шару і умови її формування залежать перш за все від характеру адсорбції і визначаються структурою адсорбційного шару. Таким чином, вивчення міжмолекулярних взаємодій в наповнених і армованих системах – це перш за все вивчення адсорбції.

Метою даної роботи є визначення особливості іммобілізації термо і фотостабілізаторів на поверхню синтетичного алюмосилікату (наповнювач), при використанні полімера носія.

Об'єктами дослідження були: синтетичний алюмосилікат (цеоліт) загальної формули $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 1,8\text{H}_2\text{O}$, термостабілізатор (Річнокс), хімічною формулою – тетраоксиметілен (3,5-ди-трет-бутил-4-гідроксигідроциннамат) метану, фотостабілізатор (Тінувін), хімічною формулою – хімасорб 944: полі-6-(1,1,3,3-тетра-метил-бутил)аміно-1,3,5-тріазин-2,4-дііл-(2,2,6,6-тетра-метил-4-піперидинил)іміно-1,6-гексан-дііл-(2,2,6,6-тетра-метил-4-піперидинил) іміно).

Як полімер носій використовували сополімер етилену з вінілацетатом (КЕВА), а як розчинник – толуол.

Методом ІЧ – спектроскопії було визначено, що зміна інтенсивності смуг поглинання у наповнювача з адсорбованими стабілізаторами, притаманних вихідному наповнювачу, за нашими міркуваннями може свідчити про перебіг реакцій блокування функціональних груп вихідного наповнювача стабілізаторами, а їх незвичайність може свідчити про протікання не лише адсорбції, але і хімічних взаємодій функціональних груп стабілізаторів з функціональними групами поверхні наповнювача.

Для повного підтвердження наших міркувань було проведено дослідження рентгено-структурного аналізу. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що використані стабілізатори і полімер-носій за розміром молекул значно перевищують розміри пор у наповнювачі і тому дифундувати повністю в них не можуть. З іншого боку при адсорбції не виключається можливість входження в пори наповнювача розчинника, що підтверджується від'ємними значеннями адсорбції полімеру із розчину.

В усіх інших випадках адсорбція полімерів може проходити не за рахунок входження в пори наповнювача, а за рахунок взаємодії окремих функціональних груп, що входять в склад досліджуваних полімерів, витісняючи частину кристалічної фази з поверхні кристалітів і заміщуючи її аморфною фазою полімеру, що підтверджується середнім розміром кристалітів.

Отримані дані РСА підтверджують висновки, зроблені з аналізу ІЧ спектрів і підтверджують аморфізацію цеоліту за рахунок адсорбції на його поверхні досліджених полімерів.

РЕЗУЛЬТАТИ ПОРІВНЯЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШЕБЕНЕВО-МАСТИКОВОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ З ДОБАВКАМИ ПРИРОДНИХ БІТУМІВ

Жданюк В.К., д-р техн. наук, проф., Костін Д.Ю., Огурченков М.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

61002, Україна, м.Харків, вул. Петровського, 25

E-mail: dmitric2008@ukr.net

Відомі способи підвищення фізико-механічних властивостей нафтових дорожніх бітумів, які полягають у введенні до їх складу різних за структурою полімерів та поверхнево-активних речовин, які відрізняються за ефективністю впливу на якість бітумів та технологіями застосування. Модифікацією бітумів досягається суттєве підвищення теплостійкості, тривалої водостійкості та морозостійкості. Асфальтобетонам на основі модифікованих бітумів властива менша температурна чутливість показників міцності.

До недоліків модифікації бітумів полімерами можливо віднести необхідність використання додаткового технологічного обладнання та більші

енерговитрати, порівняно з традиційною технологією приготування асфальтобетонних сумішей на звичайних бітумах.

В Західній Європі тривалий час використовується добавка природного бітуму під товарною назвою «TrinidadEpuré Z 0/8» для приготування, перш за все, литих асфальтобетонних сумішей. В США для цього використовують добавку природного бітуму під назвою «Gilsonite». Добавка «TrinidadEpuré Z 0/8» – це природний бітум, структурований тонкодисперсним мінеральним наповнювачем. Добавка «Gilsonite» представляє собою природний бітум, в якому тонкодисперсний мінеральний наповнювач відсутній. Добавку «TrinidadEpuré Z 0/8» поставляють на продаж у вигляді подрібнених часток розміром 0-8 мм опудрених тонкодисперсною аморфною кремневою кислотою (розмір зерен < 0,09 мм) для попередження злипання зерен. Добавку «Gilsonite» поставляють на продаж у вигляді подрібнених часток розміром 0-2 мм. Властивості вказаних добавок (за даними виробників) представлені в таблицях 1 та 2. З наведених у таблицях даних видно, що добавка «Gilsonite» характеризується меншою величиною середньої щільності та більшим показником температури розм'якшення, порівняно з добавкою «TrinidadEpuré Z 0/8».

Таблиця 1 – Властивості природного бітуму «TrinidadEpure Z 0/8»

Назва показника	Значення показника
Середня щільність, г/см ³	1,40-1,42
Глибина проникнення голки, мм ⁻¹ , за температури 25 °С	1-4
Температура розм'якшення, °С	93-98
Вміст мінерального наповнювача, %	45-47
Вміст асфальтенів, %	30-37

Таблиця 2 – Властивості очищеного природного бітуму «Gilsonite»

Назва показника	Значення показника
Середня щільність, г/см ³	1,05
Глибина проникнення голки, мм ⁻¹ , за температури 25 °С	0
Температура розм'якшення, °С	160-180
Вміст золи, %	0,6-1
Вміст асфальтенів, %	50-65

Метою даного дослідження являється встановлення ефективності впливу добавки «TrinidadEpuré Z 0/8» та «Gilsonite» на показники властивостей щебенево-мастикового асфальтобетону. Прийнятий для досліджень щебенево-мастиковий асфальтобетон за гранулометричним складом мінеральної частини відноситься до виду ЩМА-10 (рис. 1), згідно [1].

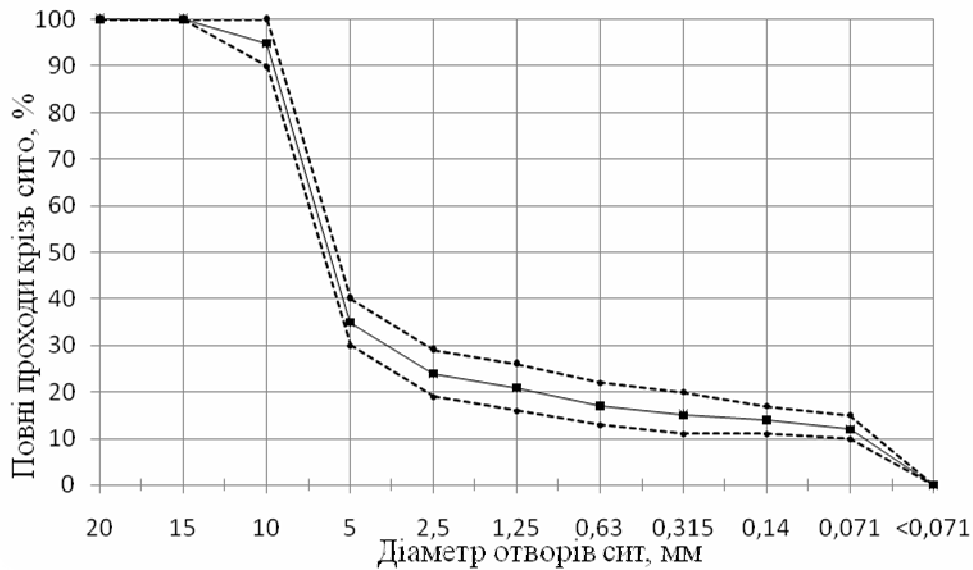


Рис. 1 – Зерновий склад щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші ЦМАС-10

З метою порівняльної оцінки впливу природних бітумів на властивості нафтового дорожнього бітуму марки БНД 60/90 до його складу додавали 22 % добавки «TrinidadEpuré Z 0/8» та 5 % «Gilsonite». Дорожній бітум з досліджуваними добавками змішували у лабораторній мішалці при температурі 170-180 °С, після чого негайно заливали у туби з фольги і термостатували у вертикальному положенні в сушильній шафі протягом 10 годин при температурі 170 - 175 °С. Після вистигання модифікованих бітумів у тубах їх розрізували на три частини. Проби в'язучих з верхньої та нижньої частин тубів розчиняли у розчиннику та визначали вміст тонкодисперсного мінерального наповнювача. Результати, що наведені в таблиці 3, свідчать про суттєву різницю між вмістом тонкодисперсного мінерального наповнювача у в'язучих з верхньої та нижньої частин тубів. З наведених в таблиці 3 даних видно, що вміст мінерального наповнювача у бітумі з добавкою «TrinidadEpuré Z 0/8» з нижньої частини туба складає 40 %, що у 20 разів більше, ніж у бітумі з верхньої частини туба. При цьому, мінерального наповнювача у бітумі з добавкою «Gilsonite» у нижній та верхній частинах туба не виявлено. Отримані дані вказують на розшарування бітуму з добавкою «TrinidadEpuré Z 0/8» при термостатуванні та неможливість реалізації технології модифікації дорожнього бітуму безпосереднім введенням у його склад цієї добавки.

Результати експериментальних досліджень показників фізико-механічних властивостей модифікованих бітумів з верхньої частини тубів показують (таблиця 3), що введення в бітум марки БНД 60/90 досліджуваних добавок сприяє збільшенню їх марочної в'язкості, температури розм'якшення та зменшенню дуктильності. Аналіз наведених даних показує, що бітум з добавкою «Gilsonite» характеризується більшою величиною температури розм'якшення порівняно з іншими досліджуваними бітумами.

При приготуванні асфальтобетонних сумішей добавку «TrinidadEpure Z 0/8» вводили безпосередньо на поверхню гарячих мінеральних матеріалів до початку дозування дорожнього бітуму. Концентрація добавки «TrinidadEpure Z 0/8» становила 1,5 та 3,0 % від маси мінеральної частини щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші. Добавку «Gilsonite» вводили в бітум у кількості 5 % від його маси, а потім готували на його основі ЦМАС-10 за традиційною технологією.

Таблиця 3 – Властивості бітуму марки БНД 60/90, модифікованого добавками природних бітумів «TrinidadEpure Z 0/8» та «Gilsonite»

№	Назва показників властивостей	Бітум БНД 60/90	Бітум БНД 60/90 + 22 % TrinidadEpure Z 0/8	Бітум БНД 60/90 + 5 % Gilsonite
1	Пенетрація за температури 25 °С, мм ⁻¹	78	34	32
2	Температура розм'якшення за КіК, °С	49	57	66
3	Дуктильність за температури 25°С, см	66	10	6
4	Розшарування в'язучого при термостатуванні протягом 10 годин при температурі 170-175 °С методом прогріву в тубі: - вміст тонкодисперсного мінерального наповнювача у в'язучому з верхньої частини туба	–	2	0
	- вміст тонкодисперсного мінерального наповнювача у в'язучому з нижньої частини туба	–	40	0

Результати досліджень свідчать (таблиця 4), що за показниками фізико-механічних властивостей ЦМА-10 на основі всіх досліджуваних бітумів відповідають вимогам [1]. При цьому, асфальтобетонам з добавками природних бітумів характерні більші значення показників міцності та тривалої водостійкості.

Порівняльні експериментальні дослідження колієстійкості прийнятих для досліджень асфальтобетонів проводилися за допомогою електромеханічного випробувального стенду конструкції ХНАДУ [2] при багаторазових проходах огуμένου колеса по одному сліду у прямому та зворотному напрямках по поверхні асфальтобетонного зразка при еквівалентному наван-

таженні на колесо 57,5 кН. Випробування виконували при температурі 65 °С.

Таблиця 4 – Фізико-механічні властивості щебенево-мастикового асфальтобетону

Назва показника	ЩМА-10			
	Бітум БНД 60/90	1,5 % Trinidad в суміш	3,0 % Trinidad в суміш	Бітум БНД 60/90 + 5 % Gilsonite
Водонасичення, % за об'ємом	1,7	1,9	2,3	2,0
Границя міцності при стиску, МПа, за температури:				
20 °С	3,9	5,3	5,6	5,0
50 °С	1,3	1,4	1,8	1,7
Коефіцієнт внутрішнього тертя	0,91	0,91	0,92	0,92
Зчеплення при зсуві за температури 50 °С, МПа	0,23	0,27	0,30	0,32
Границя міцності на розтяг при розколі за температури 0 °С, МПа	5,2	5,8	6,3	5,7
Коефіцієнт тривалого водонасичення	0,90	0,95	0,97	0,97
Вміст в'язучого, %	6,1	5,3	4,5	6,1

З наведених на рис. 2 залежностей видно, що введення добавок природних бітумів до складу асфальтобетонної суміші або бітуму підвищує стійкість ЩМА до утворення колії, порівняно з ЩМА на основі бітуму марки БНД 60/90. Після 30 тисяч проходів колеса по одному сліду глибина колії в ЩМА-10 з 1,5 % добавки «TrinidadEpuré Z 0/8» від маси мінеральної частини зменшилась на 70 % порівняно з асфальтобетоном без добавки. Аналогічна залежність властива ЩМА-10 на основі бітуму з 5 % добавки «Gilsonite». При введенні до складу щебенево-мастикового асфальтобетону 3,0 % добавки «TrinidadEpuré Z 0/8» глибина колії зменшилась на 83,3 %, порівняно з ЩМА-10 без добавки.

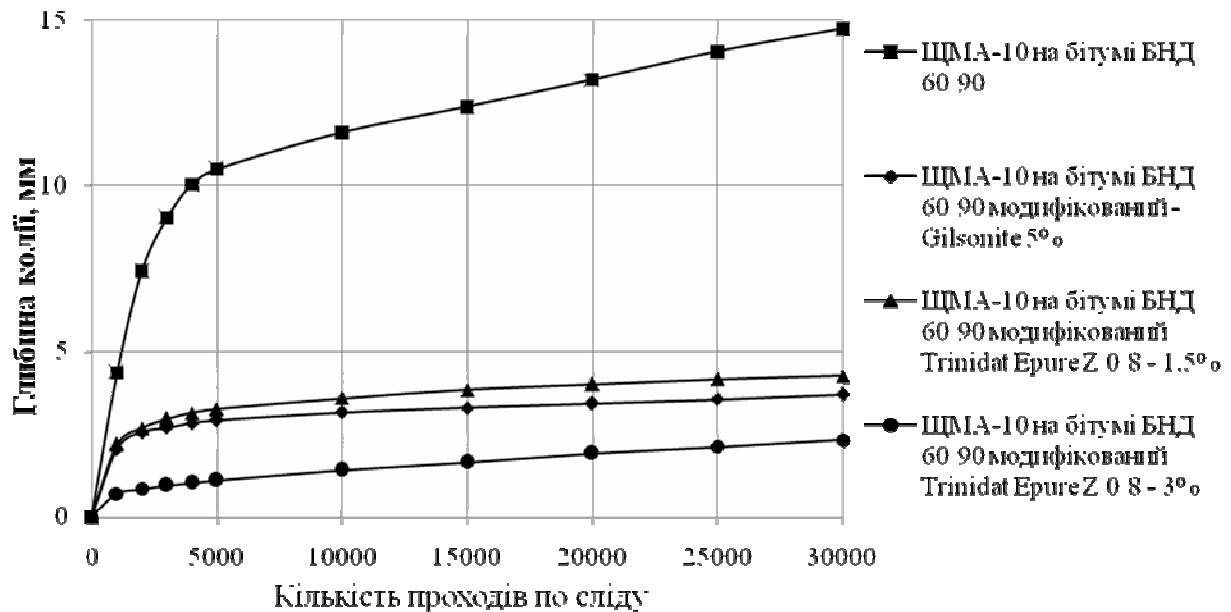


Рис. 2 – Залежність глибини колії в щебенево-мастиковому асфальтобетоні виду ЦМА-10 від кількості проходів колеса

Аналіз результатів експериментальних досліджень свідчить про достатньо високу ефективність природних бітумів «Trinidad Epure Z 0/8» та «Gilsonite» за критеріями міцності та колієстійкості ЦМА, що позитивно впливатиме на підвищення довговічності покриттів дорожніх одягів, побудованих з їх використанням.

1. ДСТУ Б В.2.7-127-2006 «Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови», Київ. Держбуд України. – 2006.

2. Жданюк В.К., Масюк Ю.А., Чугуенко С.А., Плигун В.И. Об оценке устойчивости асфальтобетонных покрытий к образованию пластических деформаций в виде колеи // Материалы II международной научно-технической интернет-конференции «Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства». – ХНАГХ, 2007. – С.168-171.

ВЛИЯНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ НА АДГЕЗИЮ АКРИЛОВЫХ КЛЕЕВ

Скрипник Е.С., Золотов С.М., канд. техн. наук
 Харьковская национальная академия городского хозяйства
 61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12
 E-mail: e86l@yandex.ru

Среди конструкционных клеев, применяемых в строительстве для ремонта и реконструкции железобетонных сооружений, широкое применение получили акриловые клеевые композиции. Их высокая прочность и способность отверждаться непосредственно в местах применения при температуре

окружающей среды от -20°C и выше без дополнительных технологических условий обеспечивает им преимущество в сравнении, например, с эпоксидными и полиуретановыми клеями.

По своей структуре полимерную акриловую композицию можно представить состоящей из нескольких фаз, одной непрерывной фазы (матрицы) и нескольких дисперсных фаз. Принято называть дисперсионную среду (непрерывную фазу) – матрицей, или связующим, а дисперсионную фазу – наполнителем, или диспергированным веществом.

Так как формирование полимерной смеси является типичным процессом образования коллоидной гетерогенной системы, одна фаза которой обязательно должна быть раздроблена (наполнитель), а вторая непрерывна (связующее), то понимание межфазных явлений на границе раздела двух фаз играют важную роль. Отнесение такой системы к дисперсным коллоидным основано на том, что в них реализуется коллоидная степень дисперсности одного из компонентов, в нашем случае наполнителя, который может рассматриваться как дисперсная фаза в среде другого компонента, связующего – дисперсной среды.

Известно, что твердые тела разделяют на две условные группы – с высокой поверхностной энергией, отличающиеся способностью смачиваться. Поверхности с высокой энергией смачиваются полностью почти всеми чистыми жидкостями, т.е. краевой угол смачивания для них равен нулю. Поверхности с низкой энергией не смачиваются полностью. В нашем случае армирующий кварцевый наполнитель акрилового клея относится к первой группе твердых тел, ко второй – все полимерные тела. С точки зрения получения композиционных материалов с высокими физико-механическими характеристиками необходимо обеспечение хорошего смачивания.

С проблемой смачивания тесно связана проблема термодинамической работы адгезии связующего к поверхности. В простейшем случае термодинамическая работа адгезии определяется уравнением Дюпре-Юнга

$$W_a = \sigma_{ж} (1 + \cos \Theta), \quad (1)$$

где $\sigma_{ж}$ – равновесное поверхностное натяжение жидкости; Θ – краевой угол смачивания. Это уравнение показывает, что адгезия как термодинамическая величина определяется поверхностным натяжением связующего и краевым углом смачивания. При полном смачивании $\Theta = 0$, $\cos \Theta = 1$ и работа адгезии жидкости к твердому телу

$$W_a = 2\sigma_{ж}, \quad (2)$$

то есть, энергии когезии жидкости. Это уравнение, справедливое для жидкостей, однако не может быть использовано для предсказания термодинамической адгезии к дисперсной частице наполнителя после отверждения клеевой композиции, так как величины поверхностного натяжения жидкого связующего и твердого не совпадают.

В таком случае значительно лучшая корреляция между термодинамической работой адгезии и адгезионной прочностью достигается, если в уравне-

ние (1) подставить вместо $\sigma_{ж}$ – равновесного поверхностного натяжения жидкости поверхностное натяжение уже отвержденного связующего.

Отсутствие фундаментальной связи между условиями образования и разрушением адгезионных соединений может быть объяснено в известной мере многочисленностью факторов, влияющих на адгезию полимеров. Влияние каждого из этих факторов детально пока не установлено.

В связи с этим применение термодинамических расчетов при рассмотрении физической картины явлений, происходящих на границе раздела фаз, открывает широкие возможности для оценки адгезии.

Однако следует учитывать, что в процессе образования адгезионного соединения происходит полимеризация исходной жидкости, что сказывается на величине поверхностного натяжения и краевого угла смачивания Θ . Другая особенность процесса образования адгезионного соединения заключается в том, что процесс протекает в условиях постоянно нарастающей вязкости. Это приводит к тому, что использование понятий поверхностного натяжения и краевого угла как равновесных величин становится неправомерным. Значение этих величин определяется не только стремлением системы к равновесию, но и кинетикой процесса.

Очевидно, для оценки адгезии акриловых клеев, отвержденных на твердой поверхности, необходимо использовать понятия свободной поверхностной энергии и краевого угла смачивания твердого тела отвержденным полимером. Отсюда ясна неправомерность перенесения данных по адгезии исходных жидкостей на адгезию отвержденных полимеров.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСТРУЗИЕЙ

Гукасян С.Ж., *д-р техн. наук*

*Ереванский государственный университет архитектуры и строительства
0009, Армения, г.Ереван, ул. Теряна, 105*

E-mail: info@ysuac.am

Целью работы является исследование физико-механических свойств армированных высокопрочных композиционных материалов на основе меди, полученных экструзией.

На основании проведенных исследований выявлено, что прочность композиционных материалов на основе меди линейно зависит от объемного содержания волокон (до 40%) при всех температурных интервалах (рис. 1) и хорошо согласуется с правилом аддитивности [1, 2], описываемым в виде [3]

$$(\sigma_B)_H = (\sigma_B)_{\hat{a}} \cdot V_{\hat{a}} \left[1 - (1 - \beta) \cdot \frac{\ell_{кр}}{\ell} \right] + \sigma_M' (1 - V_B), \quad 1 \geq V_B \geq V_{кр},$$

$$(\sigma_B)_K = (\sigma_B)_M (1 - V_B) + \frac{\ell_{kp}}{\ell} \cdot \beta V_B (\sigma_B)_B, \quad 0 \leq V_B \leq V_{kp},$$

где β – коэффициент; $\beta < 1$; ℓ – длина волокна.

Значение σ_M является напряжением течения материала матрицы в момент разрушения композиционного материала. Экстраполяция кривых (рис. 1) до $V_{B(об)} = 100\%$ дает условную прочность волокон в композиции. Так, при 20°C условная прочность стальных волокон в композиции Си-сталь составляет 1200 МПа, а прочность молибденовых волокон в композиции Си-Мо достигает 1400 МПа.

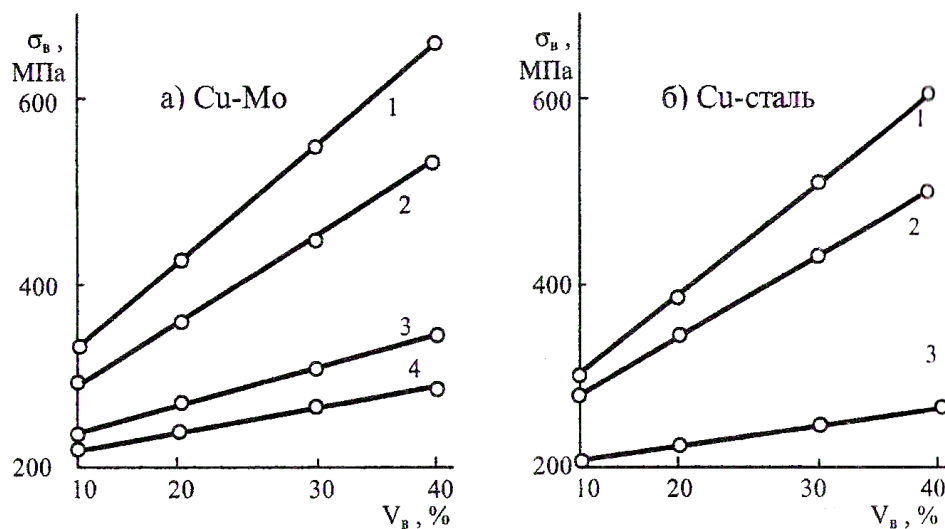


Рис. 1 – Зависимость прочности при растяжении композиционных материалов, упрочненных волокнами из стали 55 и молибдена, от объемного содержания волокон на основе медных порошков марки ПМС-1 и $T^\circ\text{C}$: а – Си-Мо, 1- 20°C , 2- 300°C , 3- 500°C , 4- 600°C ; б – Си-сталь, 1- 20°C , 2- 200°C , 3- 300°C

Сравнивая полученные данные с прочностью исходных проволок, следует отметить, что в экструдированных композиционных материалах почти полностью реализуется первоначальная прочность отожженных стальной (1350 МПа) и молибденовой (1640 МПа) проволок.

В этой связи определенный интерес представляют аналогичные исследования, изложенные в [4], в основу которых положены процессы динамического горячего прессования как метода формирования композиционных материалов. Так, при 20°C средняя прочность стальных волокон в композиции, полученной методом ДГП, составляет 2160, 2040 и 3010 МПа соответственно для сталей У8А, Х18Н10Т и Х13Н13М2; при 100°C – 1911, 1761 и 2860 МПа; при 200°C – 1570, 1588 и 2650 МПа; при 300°C – 1340, 1380 и 250 МПа; при 400°C – 840, 1140 и 2140 МПа. Сравнивая полученные данные с прочностью исходных проволок, можно отметить, что в композиционных материалах, полученных методом ДГП, реализуется 57...70% прочности высокоугле-

родистой особовысокопрочной (3200 МПа) проволоки У8А, 73,0...81,5% прочности стали Х18Н10Т и 70...89% прочности стали Х13Н13М2. Этого и следовало ожидать, так как экструзия значительно лучше обеспечивает контактную прочность “волокна-матрицы”, ориентирует и перераспределяет волокна в матрице за счет сдвиговых пластических деформаций, что не наблюдается при ДПП. Кроме того, экструзия, пожалуй, – единственный метод компактирования армированных материалов, при котором деформация (как правило, удлинение) волокон положительно влияет на прочность композиции.

Увеличение прочности матрицы при растяжении можно охарактеризовать коэффициентом упрочнения K , представляющим собой отношение прочности КМ к прочности матрицы при заданной температуре. Температурная зависимость коэффициента упрочнения K указывает на то, что значение K возрастает с увеличением объемного содержания волокон и температуры испытания (рис. 2). Чем меньше прочность матрицы, тем больше значение K при прочих равных условиях. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности армирования композиционных материалов на основе меди.

Ориентация волокон определяет характер разрушения КМ при растяжении. Как видно из кривых растяжения КМ (рис. 3), при малых углах ориентации (до 30°) КМ разрушается преимущественно за счет разрыва волокон, при больших углах (до 90°) происходит сдвиг по матрице, волокна не разрушаются и их высокая прочность не реализуется, т.е в процессе экструзии армирующая фаза в основном приобретает ориентацию в направлении действующих сил. Следовательно, чем больше доля ориентированных волокон, тем выше прочностные свойства композиционного материала.

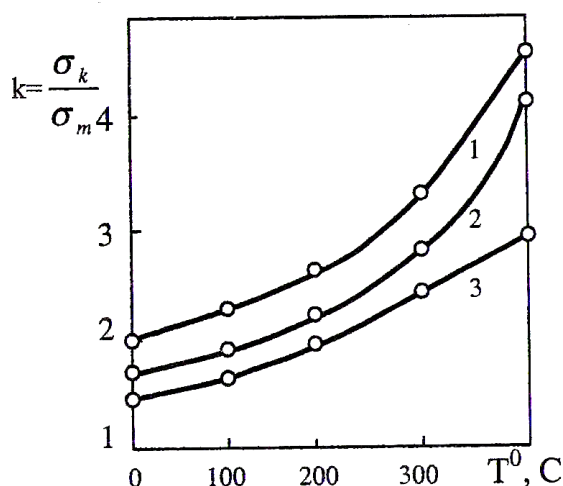


Рис. 2 – Зависимость коэффициента упрочнения от температуры:
1 – Си-Мо ($V_{об}=35\%$), 2 – Си-Мо ($V_{об}=25\%$), 3 – Си-сталь ($V_{об}=25\%$)

Как отмечалось, прочность КМ зависит также от прочности самих волокон (рис. 1 а, б, кривая 1). Аналогичная закономерность сохраняется и для

твердости (рис. 4а), хотя в этом случае в большей мере, чем для σ_B , проявляется влияние и самой матрицы. Как и следовало ожидать, с увеличением объемной доли волокон заметно снижается ударная вязкость (рис. 4б). Данные получены в результате испытаний при комнатной температуре образцов с размерами 55x10x10 мм и V-образным надрезом глубиной 2мм при скорости нагружения 5м/с. Поскольку механизм рассеяния ударной энергии связан главным образом с пластической деформацией матричного материала как вблизи места разрушения, так и во всем объеме образца, более высоким сопротивлением удару обладают композиции Си-сталь.

В таблице приведены основные свойства КМ, полученных экструзией.

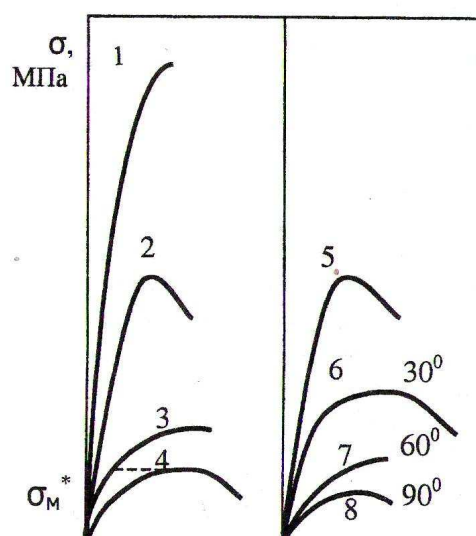


Рис. 3 – Типичные кривые “напряжение-деформация” композиционных материалов при растяжении: 1-сталь; 2,5-АД1 -20 объем.% сталь, $T=20^{\circ}\text{C}$; 3-АД1-20 объем.% сталь, $T=400^{\circ}\text{C}$; 4-АД1; 6-АД-20 объем.% сталь, $T=20^{\circ}\text{C}$, ориентация волокон 30° ; 7-АД1-20 объем.% сталь, $T=20^{\circ}\text{C}$, ориентация волокон 60° ; 8-АД1-20 объем.% сталь, $T=20^{\circ}\text{C}$, ориентация волокон 90° объемной доли волокон, заметно снижается ударная вязкость (рис. 4б)

Механические свойства композиций и материала матрицы, полученных по оптимальным режимам экструзии

Материал	$M(\sigma_B)_K$, Па	δ , %	ψ , %	Микротвердость взаимодействия, МПа
Си	248...252	45...52	75...81	-
Си-сталь 55	390...400	35...40	68...70	2500
Си-Мо	400...450	30...33	45...48	2000...2600

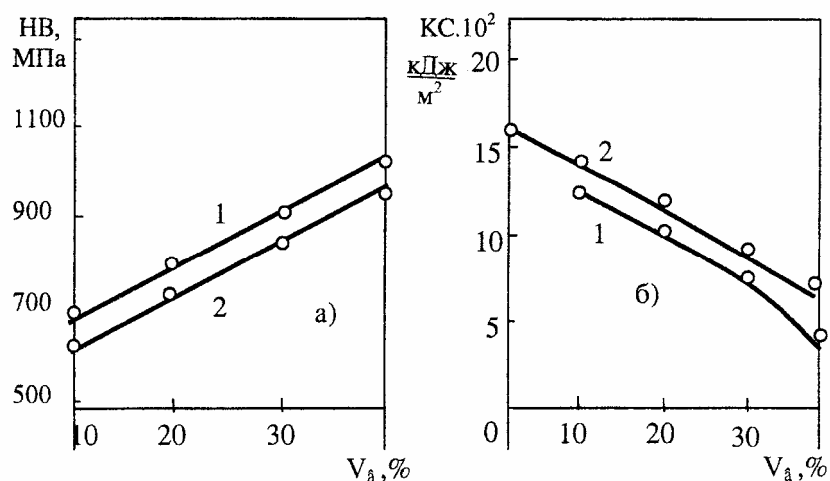


Рис. 4 – Зависимость твердости (а) и ударной вязкости (б) композиционных материалов от объемного содержания волокон: 1 – Си-Мо; 2 – Си-сталь (образцы получены по оптимальным режимам экструзии)

Таким образом, экструзия – единственный способ компактирования армированных материалов, при котором деформация волокон (как правило, удлинение) положительно влияет на прочность композиции, резко повышая ее. В этой связи при объемной доле волокон 20...25% достигается максимальная прочность, так как при других способах компактирования порошково-волокнистых композиций объемное содержание волокон колеблется в пределах 35...45%.

1. Композиционные материалы волокнистого строения / Под ред. Д.М.Корпиноса. – К.: Наукова Думка, 1970. – 403 с.
2. Современные композиционные материалы / Под ред. Л. Браутмана и Р.Крока. – М.: Мир, 1970. – 672 с.
3. Kovacs W.J. Londen G.J. Synthesis and materials characterization of beryllium / Ti-6AL-4V composites // Met. Trans. – 1977. – A8, 1. – P. 179-185.
4. Карпинос Д.М., Максимович Т.Г., Кадыров В.Х., Лютый Е.М. Прочность композиционных материалов. – К.: Наукова Думка, 1978. – 236 с.

СВОЙСТВА СОСТАВОВ ДЛЯ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Золотов М.С., канд. техн. наук, проф., **Любченко М.А.**

*Харьковская национальная академия городского хозяйства
61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12
E-mail: lama2000@front.ru*

Водно-дисперсионные составы и покрытия для наружной отделки на их основе должны обладать необходимыми свойствами для решения задачи соответствующего декоративного вида зданий и сооружений и защиты поверхности от действия атмосферной влаги, солнечного света, механических и

химических повреждений. Наиболее перспективны в этом отношении материалы на основе водных дисперсий акриловых сополимеров.

Поверхность большинства материалов имеет большую шероховатость, раковины и другие дефекты структуры, поэтому поверхности железобетонных и бетонных конструкций должны соответствовать категориям А2 и А3. Применяемые для защиты материалы должны легко наноситься на поверхность конструкций и обеспечивать необходимые технологические свойства.

Состояние окрашиваемой поверхности, реологические свойства составов и качество применяемых материалов оказывают влияние на класс полученного покрытия. Минимальная толщина лакокрасочного покрытия должна на 20 % превышать максимальную высоту микронеровностей. При излишней шероховатости повышается расход лакокрасочного материала, но срок службы покрытия при этом не увеличивается. Чаще всего разрушение покрытий начинается на пиках поверхности, слабо укрытых лакокрасочным материалом.

Исследования четырех видов водно-дисперсионных красок на основе акриловых и стирол-акриловых дисперсий с применением модифицирующей добавки метилового эфира метакриловой кислоты (ММА) в составы показали изменения реологических и технологических свойств в зависимости от количества модификатора.

Оптимальная концентрация добавляемого метилметакрилата составляла 3-5 мас.ч. на 100 мас.ч. краски (табл.), что определяли, руководствуясь водостойкостью покрытий как наиболее важным критерием практического применения защитно-декоративных покрытий.

Водно-дисперсионные составы и количество применяемой добавки

№ состава	Наименование красочного состава	Добавка	
		Наименование	Количество, масс.ч.
1	Alpina	без добавок	-
1.1		ММА	3
1.2			4
1.3			5
2	Fassaden Farbe	без добавок	-
2.1		ММА	3
2.2			4
2.3			5
3	Акрилит	без добавок	-
3.1		ММА	3
3.2			4
3.3			5
4	Колорит	без добавок	-
4.1		ММА	3
4.2			4
4.3			5

Внешний вид всех полученных покрытий, которые отверждались при температуре 20 ± 2 °С характеризовался ровной и гладкой поверхностью.

Условную вязкость определяли с помощью вискозиметра ВЗ-4 по времени истечения состава согласно требованиям ГОСТ 8420, а время высыхания до степени 3 по ГОСТ 19007.

Результаты изменения свойств исследуемых составов показали, что при введении добавки условная вязкость модифицированных составов по сравнению с исходными увеличивается до 10 %, а время высыхания покрытий до степени 3 сокращается на 20-25 % (рис).

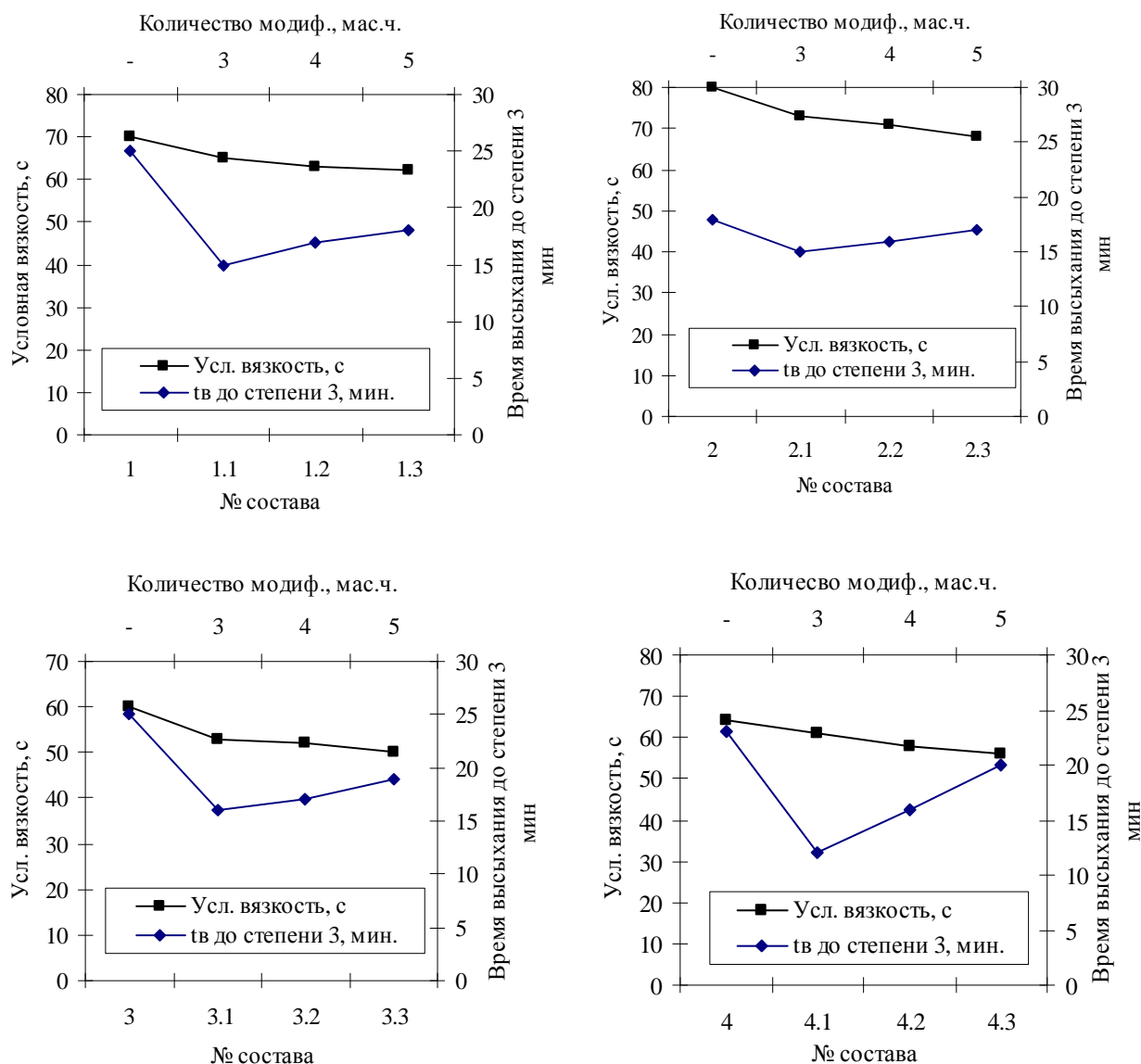


Рис. – Зависимость вязкости состава и времени высыхания покрытий от количества модифицирующей добавки

Как видно из рисунка, при увеличении количества ММА время истечения состава из воронки с диаметром сопла 4 мм (условная вязкость) уменьшается на 10 %, а время высыхания покрытий до степени 3 сокращается на 20-25 %.

Таким образом, чтобы получить достаточно высокий класс покрытия необходимо применять подложки с нулевой поверхностной пористостью и применять составы с требуемой вязкостью в зависимости от метода нанесения. При поверхностной пористости подложки более 4% необходимо производить шпаклевание поверхности с последующим грунтованием.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА БАЗЕ ХИМСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ И ОТХОДОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Нестеренко С.В., канд техн. наук, Смилка Е.П.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002, Украина, г.Харьков, ул. Революции, 12

E-mail: helen_smilka@mail.ru

Новые лакокрасочные материалы получали на основе химстойких связующих (эпоксидные смолы ЭД-20, хлорсульфированный полиэтилен ХСПЭ и перхлорвиниловые смолы ПСХ-ЛС) и препарированных полимеров бензольного отделения ППБО. Все образцы покрытий лакокрасочных материалов были получены на опескоструенных стальных подложках из Ст. 3 размером 50×150×1 мм (для лабораторных исследований) и 148×210 мм (для натурных испытаний). Сравнительный вариант защитного покрытия – так называемый стандартный вариант, выполнен восьмислойной системой на основе химстойких материалов, которые были нанесены методом пневматического распыления. В лабораторных условиях системы защитных покрытий подвергали ускоренным испытаниям по ГОСТу 6992-68. Защитные покрытия были также испытаны ускоренно на термостарение при температуре +80°С и морозостойкость при -30°С, а светостарение – при облучении двумя ртутными лампами ПРК-2М, дающие мощный поток УФ излучения в течение 920 часов в атмосфере с относительной влажностью 90-98% и температуре 15-20°С. Кроме этих испытаний образцы подвергли экспозиции в лабораторных условиях в воде 3%-ном водном растворе хлористого натрия и модельном растворе, имитирующем воды для тушения кокса методом погружения по ГОСТу 21826-76.

Пригодность составленных лакокрасочных композиций оценивали с помощью физико-механических показателей (удар, изгиб, адгезия, пенетрация) в соответствии с ГОСТами 4763-73, 6856-73: химическую сопротивляемость определяли ускоренным испытанием опытных образцов покрытий в камере искусственной погоды ИП 1-3 и в натурных испытаниях.

Испытания защитных покрытий проводили методом снятия потенциостатических кривых, емкостно-оммическим методом, методом определения токов короткого замыкания, а также на стойкость к воздействию ультрафиолетового излучения с помощью ламп ПРК-2М в камере искусственной погоды ИП-1-3. Снятие потенциостатических кривых и определения токов ко-

роткого замыкания проводили на потенциостатах П-5827 и П-5827 М и на амперметрах М-254, М-2038 и М-95 соответственно. Емкостно-оммические измерения осуществляли с помощью моста переменного тока Р-568 в цилиндрической ячейке с 3% раствором хлористого, куда погружали рабочий электрод из Ст. 3, защищенный лакокрасочным покрытием и вспомогательный электрод из платиновой проволоки. Измерения выполнены при температуре 18°C и частоте 1 кГц.

Лабораторные исследования защитных покрытий, предназначенных для эксплуатации в атмосфере коксохимического производства, при экспозиции в воде в течение двух месяцев остались без изменений, кроме систем: ППБО – 95 ч, ХСПЭ – 5 ч с отвердителем и ППБО – 60 ч, ХСПЭ – 20 ч с отвердителем, СИС – 20 ч с толщинами 120-130 мкм, претерпевших соответственно потемнение и изменение цвета.

Системы ПСХ-ЛС – 70 ч и ППБО – 30 ч, ПАК-4 – 15 ч и ПСХ-ЛС – 80 ч, ППБО – 20 ч, ПАК-4 – 15 ч остались также без изменения в течение двух месяцев и в модельном растворе (состав его приведен выше). Системы ХСПЭ – 5 ч, ППБО – 95 ч, ПАК-4 – 15 ч: ППБО – 60 ч, ХСПЭ – 20 ч, СИС – 20 ч имеют сыпь на 50 % поверхности и точки коррозии у отверстий соответственно. Защитные пятислойные покрытия, полученные из композиций, при температуре 15-20°C, включающих эпоксидную смолу ЭД-20 и ППБО в соотношении 60:40 с добавкой 15% ПАК-4 после испытаний в камере искусственной погоды не имеет изменений кроме цвета (осветление).

Из полученных результатов следует, что лучшими исследованными защитными покрытиями являются эпоксидные, перхлорвиниловые и стандартная системы. Менее долговечной является система покрытий с 80% ППБО и 20% ХСПЭ. Таким образом, эпоксидные и перхлорвиниловые полимерные композиции являются вполне приемлемыми вариантами защитных покрытий, которые, обладая наибольшей стойкостью, будут обеспечивать долгосрочную защиту металла в конструкциях и оборудовании, эксплуатирующихся в атмосферных условиях коксохимического производства.

СОСТАВЫ УЛУЧШЕННЫХ АКРИЛОВЫХ КЛЕЕВ

Золотов С.М., канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002, Украина, г.Харьков, ул. Революции, 12

E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

Разработка и внедрение рациональных методов строительства и реконструкции зданий и сооружений способствует повышению производительности труда, экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов, а также сокращению ручного труда в строительстве.

Одним из таких методов является применение клеев в строительном производстве. Использование клеев позволяет снизить сроки строительства и

реконструкции промышленных, гражданских зданий и сооружений, уменьшить их материалоемкость и трудоемкость. Для реконструкции и ремонта некоторых зданий и сооружений применение клеев иногда является единственным способом выполнения работ.

Каждая тонна клеев высвобождает 4,5-10 т металла. Удельная трудоемкость клеевых соединений в 1,5-3 раза меньше, чем традиционных (сварных, болтовых и т.п.). Это позволяет получить на 1 т клеев от 700 до 1500 чел.-дней экономии трудозатрат. Применение клеев дает возможность механизировать ряд процессов в строительстве. Например, использование эпоксидных, силиконовых и акриловых клеев для установки 1000 анкерных болтов сокращает расход стали на 3,5-5 т (болты диаметром 24 мм), дает возможность механизировать процессы создания скважин под болты в бетоне и приготовления клея.

Исследованиями, посвященными созданию и модернизации полимерных клеев и соединений на их основе, занимались научные организации Украины, Российской Федерации и др. зарубежных стран. В результате этого разработаны полимерные клеи и на их основе конструкции клеевых соединений бетонов (старого со старым, старого с новым), клеевой анкерной арматурных стержней и анкерных болтов, приклейки крепежных узлов оборудования и инженерных коммуникаций.

Достаточно глубоко изучены когезионные и адгезионные свойства различных клеев, а также их физико-химические свойства. Разработаны рекомендации по использованию предлагаемых клеев для соответствующих строительных конструкций. Однако эти исследования касаются клеев на основе эпоксидных смол.

Для создания клеевых соединений строительных конструкций в Харьковской национальной академии городского хозяйства при участии автора разработаны составы акриловых клеев. Компоненты их изготавливаются в Украине. Клеи эти значительно дешевле эпоксидных и др. полимерных клеев. Акриловые клеи малокомпонентны, просты и надежны в приготовлении, менее токсичны, их можно приготовить непосредственно на месте производства работ. Когезионная и адгезионная прочность акриловых клеев не ниже эпоксидных.

В этих акриловых клеях было использовано связующее в виде акриловой самотвердеющей пластмассы АСТ-Т. Это значительно суживало их применение, особенно при температуре среды выше 50⁰С. Кроме того, когезионная и адгезионная их прочности имели значения, не позволяющие экономить материалы строительных конструкций: бетон, металл и т.п.

Анализ свойств и опыт применения акриловых клеев ранее позволил создать улучшенные составы акриловых клеев с повышенными адгезионными и когезионными свойствами, термостойкостью для надежного и экономного соединения бетонных и железобетонных конструкций, крепления оборудования и строительных конструкций анкерными болтами и арматурными выпусками, заделанными в бетон. Названные конструкции эксплуатируются при температуре окружающей среды до 130⁰С (таблица).

В результате экспериментов были определены физико-механические и деформационные свойства клеев и характер их разрушения при кратковременном нагружении и различных видах нагрузок (сжатие, изгиб, сдвиг, растяжение). Было также установлено влияние на прочность и деформативность акриловых клеев длительных и динамических нагружений.

Экспериментально были определены влияние количества и вида наполнителей и добавок на адгезионную прочность акриловых клеев, а также влияние на наполняемость клеев состава связующего, вида и количества наполнителя и добавок. Были также определены факторы, влияющие на технологические свойства акриловых клеев (вязкость, жизнеспособность и время отверждения).

При разработке улучшенных составов акрилового клея основой связующего был принят порошкообразный полимер, представляющий собой суспензионный полиметилметакрилат, содержащий инициатор 2,0% пероксида бензоила. Жидкая мономерная часть состоит из метилметакрилата, дополнительно содержащая активатор отверждения (3,0% диметиланалина) и ингибитор (0,02% гидрохинол). В качестве наполнителя принимался кварцевый песок модулем 0,14...0,63 мм, а также отходы металлургического и литейного производства. В качестве добавок использовались поливинилхлоридная хлорированная смола, стирольно-инденовая смола, оксид цинка, глицидилметакрилат и др. (таблица).

Разработанные составы акриловых клеев были разбиты на три группы (таблица).

Первая группа имеет повышенную адгезионную прочность, вторая – адгезионную и третья обладает повышенной теплостойкостью.

ЩОДО ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИБОРУ АРМУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИКОНАННЯ РОБІТ З ПІДВИЩЕННЯ КОЛІЄСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ НЕЖОРСТКОГО ТИПУ

Жданюк В.К., *д-р техн. наук, проф.*

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

61002, Україна, м.Харків, вул. Петровського, 25

E-mail: zhdanuk@khadi.kharkov.ua

Гамеляк І.П., *д-р техн. наук*, **Циркунова К.В.**, *канд. техн. наук*

Національний транспортний університет

01010, Україна, м.Київ, вул. Суворова, 1

В процесі експлуатації на поверхні асфальтобетонного покриття дорожнього одягу можливе утворення деформацій різної форми, у тому числі колії. На кожній смузї руху можуть утворитися одна або дві колії (зовнішня, розташована в смузї накату справа за напрямом руху, а внутрішня, розташована зліва в смузї накату за напрямом руху (рис.)). Накопичення залишкових де-

формацій і структурних руйнувань може відбуватися в одному або відразу в декількох шарах дорожнього одягу. Верхній асфальтобетонний шар покриття розташований в зоні максимальних температурних впливів, сприймає найбільше навантаження від коліс транспортних засобів і найбільш схильний до колієутворення.

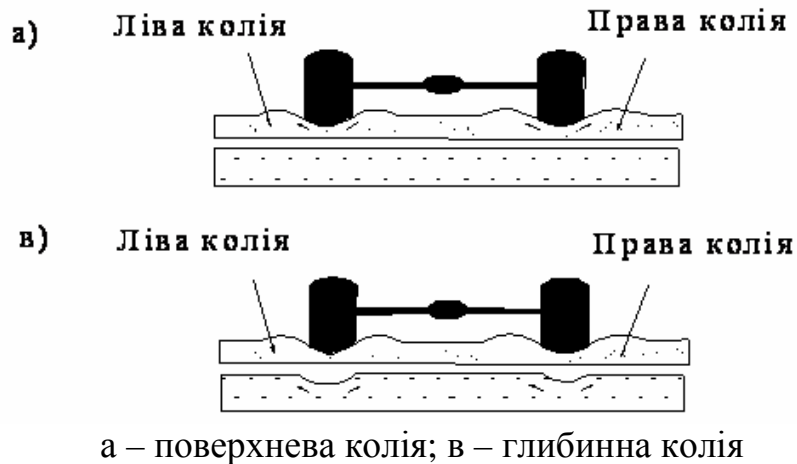


Рис. – Основні схеми утворення колії в покритті

В результаті деформації поперечного профілю проїзної частини колія може бути утворена у вигляді поглиблень по смугах накату з гребенями або без гребенів випирання. Повна глибина колії складається з висоти випору і глибини западини.

Для забезпечення підвищеної колієстійкості конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу при новому будівництві або ж у випадку ліквідації колійності на покриттях існуючих дорожніх одягів із заміною верхніх асфальтобетонних шарів фрезеруванням доцільно влаштовувати колієстримуючий прошарок (армуючий рулонний матеріал, що укладається між шарами покриття дорожнього одягу для підвищення його колієстійкості) з укладанням зверху них одного або двох шарів покриття з асфальтобетонних сумішей.

Колієстримуючий прошарок може виконувати свої функції при забезпеченні наступних умов:

- необхідно забезпечити міцне зчеплення армуючого матеріалу з шарами дорожнього одягу, що забезпечить перерозподілення виникаючих напружень;

- міцність армуючого матеріалу на розтяг повинна бути більшою міцності на розтяг матеріалу, що підлягає армуванню, з урахуванням впливу багаторазових короточасних силових навантажень;

- січний модуль пружності армуючого матеріалу повинен бути більшим модуля пружності матеріалу, що підлягає армуванню, інакше останній може накопичити значні залишкові деформації раніше, ніж перший сприйме та перерозполілить напруги, які виникають при багаторазових короточасних силових навантаженнях;

- показники міцності та деформативності армуючого матеріалу повинні бути стабільними як при високих, так і низьких температурах, при одночасному впливі на них агресивних середовищ в процесі експлуатації;

- коефіцієнти температурного розширення армуючого та армованого матеріалу повинні мати близькі значення, що забезпечить стабільне значення показника міцності зчеплення між ними при різних температурах;

- армуючий матеріал повинен характеризуватись низьким показником повзучості, що забезпечить сприйняття напружень при тривалому впливі статичних навантажень.

Вибір виду армуючого матеріалу на етапі конструювання колієстійкого дорожнього одягу необхідно здійснювати шляхом оцінки показника колієстрімуючої здатності прошарку з армуючого матеріалу з урахуванням вартості армуючого матеріалу. При цьому очікуваний від армування результат повинен полягати в максимальному підвищенні колієстійкості армованого матеріалу при мінімальній вартості армуючого матеріалу.

Рекомендується дотримуватись співвідношення між крупністю зерен щебеню в складі асфальтобетонної суміші, що укладається зверху колієстрімуючого прошарку, та розміром чарунок в армуючому матеріалі, яке визначається за формулою:

$$0,5 (d + D) < 1,5 A, \quad (1)$$

де d – найменший номінальний розмір зерен щебеню в асфальтобетоні;

D – найбільший номінальний розмір зерен щебеню в асфальтобетоні;

A – середній розмір чарунок в армуючому матеріалі (середнє між розміром чарунки вздовж та поперек полотна, мм).

Ґрунтуючись на результатах експериментальних досліджень, виконаних раніше [1,2], рекомендується для підвищення стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії застосовувати армуючі ґратки з відносним подовженням при розриві не більше ніж (3-5) %.

Спроможність армуючого матеріалу збільшувати колієстійкість асфальтобетонних шарів покриттів дорожнього одягу рекомендується визначати за показником колієстрімуючої здатності ($\Pi_{кз}$) та показником ефективності конструкторсько-технологічного рішення (Π_E). Показник колієстрімуючої здатності прошарку з будь-якого армуючого матеріалу необхідно визначати за формулою:

$$\Pi_{кз} = (h_1 - h_2), \quad (2)$$

де h_1 – показник глибини колії в не армованому асфальтобетоні (визначається згідно з СОУ 45.2-00018112-039); h_2 – показник глибини колії в армованому асфальтобетоні (визначається згідно з СОУ 45.2-00018112-039).

Ефективним вважається армуючий матеріал, який забезпечує найбільше значення показника колієстрімуючої здатності ($\Pi_{кз}$) прошарку.

Показник ефективності конструкторсько-технологічного рішення визначається за формулою:

$$P_E = P_{K3} / S_2 - S_1, \quad (3)$$

де P_{K3} – показник колієстримуючої здатності прошарку; S_2 – кошторисна вартість влаштування 1 м^2 конструкції дорожнього одягу з колієстримуючим прошарком; S_1 – кошторисна вартість влаштування 1 м^2 конструкції дорожнього одягу без колієстримуючого прошарку.

Ефективним вважається конструкторсько-технологічне рішення, яке забезпечує найбільше значення показника ефективності.

Розрахунок конструкції дорожнього одягу, що армований полімерною ґраткою або ґраткою із неорганічних волокон (скляні, базальтові, діабазові і т.п.), для нового будівництва слід виконувати відповідно до вимог ВБН В.2.3-218-186 та МР-218-02070915-232. Розрахунок конструкції дорожнього одягу армованої ґратками при реконструкції та ремонті виконується згідно ВБН В.2.3-218-544. Розрахунок конструкцій дорожнього одягу армованого металевою ґраткою виконують за методом скінчених елементів за спеціально адаптованими програмами, які моделюють просторову роботу прошарку ґратки і тонкошарового покриття з литих емульсійно-мінеральних сумішей.

Розраховані конструкції дорожнього одягу повинні відповідати вимогам за всіма критеріями граничного стану з урахуванням заданого рівня надійності. Отримані варіанти рівномірних конструкцій дорожнього одягу повинні оцінюватись за економічними показниками з вибором оптимального варіанту за критеріями вартості, довговічності та надійності.

При виконанні робіт з підсилення конструкцій дорожнього одягу недопустимим є укладання армуючого матеріалу на шари основи з тріщинами з нестійкими кромками, які обламуються та викришуються в процесі виконання робіт. Роботи необхідно проводити виключно при сухій погоді. Заборонено укладати армуючий матеріал мокрим, на мокру поверхню або залишати на тривалий час без перекриття асфальтобетонним шаром.

В якості матеріалу для підґрунтовки перевагу слід віддавати бітумам та емульсіям, модифікованим полімерами.

Максимальний поздовжній похил при влаштуванні колієстримуючого прошарку не повинен перевищувати 30 ‰ для автомобільних доріг I – II категорії та 40 ‰ для доріг III – IV категорій.

Температура асфальтобетонної суміші, що вкладається зверху армуючого матеріалу, не повинна перевищувати допустиму температуру нагріву з врахуванням температури плавлення чи термодеструкції сировини з якої виготовлений армуючий матеріал із запасом $15 - 20 \text{ °C}$.

Температура повітря при укладанні асфальтобетонної суміші повинна відповідати вимогам ДБН В.2.3.4. При застосуванні емульсій модифікованих полімерами за ДСТУ Б В.2.7-129 для підґрунтовки і приклеювання армуючого матеріалу, температура повітря повинна бути не нижче ніж 15 °C , а температура поверхні шару конструкції дорожнього одягу повинна бути не нижче ніж 10 °C .

1. Жданюк В.К., Воловик О.О., Костін Д.Ю. Колієстійкість асфальтобетону армованого геосітками // Матеріали IX Міжнародної науково-технічної інтернет-

конференції «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». – Харьков, ХНАМГ, 2010. – С. 70-71.

2. Жданюк В.К., Воловик О.О., Костін Д.Ю., Васильєв Б.В. Підвищення колієстійкості конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу армуванням шарів покриття сітками // Збірка тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Аеропорти – вікно в майбутнє», НАУ, 2010. – С.21.

СОСТАВЫ НАПОЛНИТЕЛЕЙ С МИНИМАЛЬНОЙ ПУСТОТНОСТЬЮ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ПОЛОВ НА ОСНОВЕ СВЯЗУЮЩЕГО ИЗ АКРИЛОВОГО ПОЛИМЕРА

Золотов М.С., канд. техн. наук, проф., Мороз Н.В.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12

E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

Проведенные исследования показали, что прочность акриловых полимеррастворов с использованием в качестве наполнителя кварцевого песка одной фракции (0,16; 0,315 или 0,63 мм) приводит к следующему. Во-первых прочность таких полимеррастворов в 1,5-2 раза выше требуемой для покрытий полов; во-вторых – к завышенному расходу связующего. Поэтому были проведены эксперименты по подбору составов наполнителя кварцевого песка фракций 5...2,5; 2,5...1,25; 1,25...0,63; 0,63...0,315 и 0,315...0,16 мм с целью получения минимальной пустотности. При этом в полимеррастворе должно быть максимальное количество наполнителя с определенным соотношением массовых частей указанных фракций кварцевого песка. Подбор состава наполнителя с наименьшей пустотностью производился с учетом методик, описанных в ГОСТ 8735 «Песок для строительных работ. Методы испытаний». Всего было исследовано 24 состава наполнителей с различным соотношением масс-частей кварцевого песка с указанной выше крупностью их зерен.

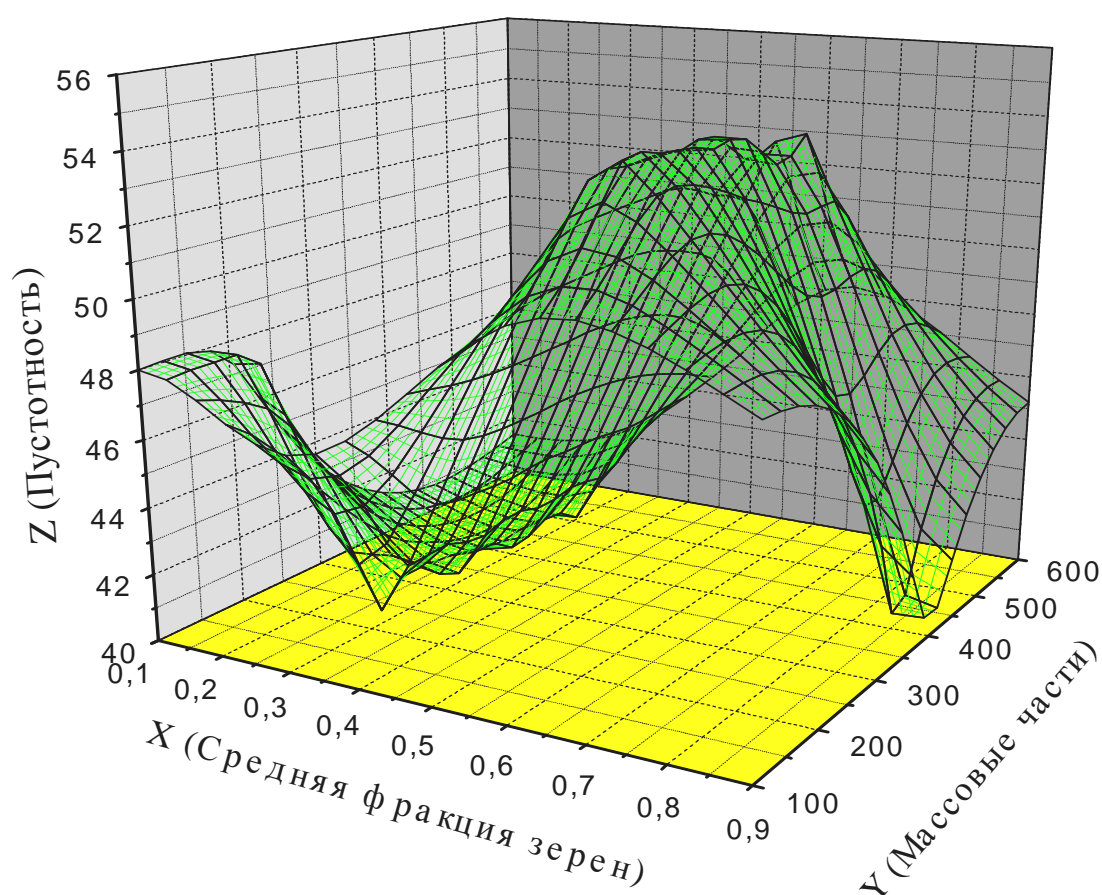
Анализ результатов экспериментальных данных показал, что наименьшей пустотностью обладают составы №№ 1...4, приведенные в таблице. Для сравнения приведен состав наполнителя одной фракции кварцевого песка 0,63 мм, пустотность которого составила 54,23%. Как видно из таблицы, подобранные составы имели пустотность в 1,25...1,4 раза ниже, чем состав одной фракции.

Это подтверждает график структурных характеристик наполнителя, построенный по экспериментальным данным. Этот график показывает также, что наименьшей пустотностью обладают составы, указанные в таблице.

С учетом подобранных составов наполнителей были разработаны составы акрилового полимерраствора для монолитных покрытий полов с пониженным расходом связующего.

Значения структурных характеристик наполнителя

№ состава	Размер крупности зерен кварцевого песка	Соотношение фракции песка различной крупности	Средняя крупность зерен	Пустотность, %
1	2,5;0,63;0,16	1:1:2	0,863	38,98
2	0,63;0,315;0,16	1:1:2	0,315	40,04
3	1,25;0,315;0,16	1:1:1,5	0,515	43,75
4	1,25;0,315;0,16	1:2:4	0,36	44,0
5	0,63	одна фракция	0,63	54,53



Эксперименты по определению прочности акрилового полимерраствора с указанными в таблице составами наполнителей показали следующее. Прочность образцов при сжатии и растяжении составила соответственно 49,6...57,2 и 26,8...30,6 МПа и была ниже прочности состава № 5 (таблица) с наполнителем из одной фракции на 25...37%. Однако прочность образцов составов №№ 1...4 (таблица) выше требуемой по строительным нормам.

ВПЛИВ НАПОВНЮВАЧА НА АДГЕЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНИХ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ КОМПОЗИЦІЙ ПРОНИКАЮЧОЇ ДІЇ

Ареф'єва М.Г., Михайловський В.С., канд. техн. наук, проф.
Київський національний університет будівництва і архітектури
03037, Україна, м.Київ, просп. Повітрофлотський, 31

Серед гідроізоляційних матеріалів особливу нішу займають полімерцементні матеріали проникаючої кристалізаційної дії. Вони наносяться на вологу поверхню бетону вже через 1-2 доби після бетонування конструкцій. Гідроізоляція з даного типу матеріалів повинна виконувати притаманні їй функції в певних умовах експлуатації протягом необхідного часу, мати максимально можливий та близький до бетонних і залізобетонних будівельних конструкцій строк служби [1].

Аналіз матеріалів по дослідженню основних властивостей захисних покриттів [2-4], в тому числі і гідроізоляційних полімерцементних проникаючої дії, дозволяє в якості критеріїв вибрати такі важливі характеристики як адгезія до основи, дифузійна проникність, хімічна стійкість, тріщиностійкість, водонепроникність та морозостійкість.

Захисні властивості таких матеріалів залежать від величини адгезії по відношенню до захищеної бетонної поверхні, яка характеризується певними показниками шорсткості. При оцінці адгезійних властивостей захисних покриттів найбільший інтерес представляють дві групи факторів: фактори, які забезпечують адгезійну міцність (адгезійні зв'язки при контакті матеріалу з поверхнею, продовженість контакту, значення показника шорсткості і т.п.) і необхідні зусилля для порушення адгезійного з'єднання, які залежать від умов експлуатації захисних покриттів (температури, дії агресивних середовищ, тривалості дії навантажень та інше). При цьому основною вимогою до методів визначення адгезії є кількісна оцінка поверхневої взаємодії покриття з підкладом, яку найбільш раціонально можна визначити за допомогою нормального силового відриву (ГОСТ 28574-90).

В залежності від типу та марки нлівкоутворюючого матеріалу, сила зчеплення покриття з бетонною основою змінюється в широкому діапазоні. Оцінити ефективність систем проникаючої дії можливо по показнику величини адгезії покриття до основи, який визначається методом силового відриву, і по рекомендаціям НДІЗБ (Росія) цей показник повинен бути не менше 0,6 МПа [3].

Тому метою даної роботи є вивчення впливу та природи наповнювача на адгезійні властивості полімерцементних гідроізоляційних композицій проникаючої дії.

Для отримання гідроізоляційних композицій, у якості в'язучої речовини використовували портландцемент марки 500; проникаючої та модифікуючої добавки – стирол-акриловий полімер ХZ 91930 виробництва американської

компанії "Dow"; наповнювачів – мелений до $S_{пит}=300 \text{ м}^2/\text{кг}$ і фракційований (фр. < 0-0,6 мм) кварцовий пісок у співвідношеннях до цементу 1:1, 1:2 і 1:3.

Гідроізоляційну полімер-цементну композицію в розрахункових співвідношеннях отримували за допомогою змішувача для сухих будівельних сумішей та наносили в спеціальні форми розмірами 50x50x10 мм на підготовлену (шорсткість поверхні бетону складала величину $R_z=125-250 \text{ мкм}$) й зволожену бетонну основу у віці 2-3 діб. Після затверднення гідроізоляційної суміші, на її поверхню за допомогою епоксидної смоли наклеювали металеві вкладиші розмірами 50x50x10 мм для визначення за допомогою адгезіометра показника міцності при нормальному силовому відриві.

Проникаюча дія даної композиції базувалась на наступних уявленнях: даний тип полімеру, маючи розміри міцел 120 нм, розчиняючись у воді та модифікуючи кристалогідрати цементної дисперсії, зменшує свої розміри до величин 50-80 нм, проникає у пори бетону і досягає належного плівкоутворення за температури не нижче 5°C .

Оптимізацію складу гідроізоляційної композиції виконували за допомогою двохфакторного трирівневого методу експерименту [5]. У якості варійованих факторів вибрали вміст полімеру (X_1) та співвідношення між цементом і кварцовим піском (X_2), зміна яких наведена в табл. 1. У якості вихідного параметру визначався тільки один показник – міцність при нормальному силовому відриві, або величина адгезії гідроізоляційної композиції до бетонної основи (табл. 2).

Таблиця 1 – Фактори варіювання

Фактори, вигляд		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Натуральний	Кодований	Нижній -1	Середній 0	Верхній +1	
Полімер, %	X_1	8	10	12	2
Ц:П, в.ч.	X_2	1:1	1:2	1:3	1

Таблиця 2 – Матриця планування та результат її реалізації

Фактори, вигляд				Вихідні параметри			
Кодований		Натуральний		І план		ІІ план	
X_1	X_2	Полімер, %	Ц:П, в.ч.	В/Ц	R_n , МПа	В/Ц	R_n , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
+	+	12	1:3	0,48	0,19	0,60	0,87
+	-	8	1:1	0,72	0,17	0,60	0,59
-	+	8	1:3	1,39	0,20	0,60	0,63
-	-	8	1:1	0,70	0,10	0,60	0,63
+	0	12	1:2	1,08	0,20	0,60	0,29
-	0	8	1:2	1,03	0,10	0,60	0,72

1	2	3	4	5	6	7	8
0	+	10	1:3	1,42	0,62	0,60	0,43
0	-	10	1:1	0,70	0,10	0,60	0,34
0	0	10	1:2	1,06	0,20	0,60	0,75
0	0	10	1:2	1,06	0,10	0,60	0,66
0	0	10	1:2	1,06	0,20	0,60	0,70

У результаті оптимізації отримані адекватні рівняння регресії (по критерію Фішера $F_p^I=10,01 < F_T=19,3$; $F_p^{II}=11,91 < F_T=19,3$) та побудовані діаграми, які характеризують вплив варійованих факторів на вихідний параметр:

$$y^I=0.244-0.01x_1+0.077x_2-0.132x_{11}+0.078x_{22}+0.025x_1x_2$$

$$y^{II}=0.487-0.007x_1+0.06x_2+0.108x_{11}-0.01x_{22}+0.069x_1x_2$$

Аналіз рівнянь регресії показав, що на зміну міцності при нормальному силовому відриві, в обох випадках, впливає фактор X_2 та сумісна дія факторів X_1X_2 .

По першому плану експеримента ізолінії максимальної міцності при нормальному відриві знаходяться в правоцентральній області факторного простору, а максимальне значення - 0,62 МПа, яке задовольняє вимогам критерію та характерне для гідроізоляційної композиції, яка вміщує 10% полімеру при співвідношенні цемент:мелений пісок 1:3 (В/Ц= 1,42). Всі інші точки плану не задовольняють вимогам критерію [3].

Після випробувань відбулося когезійне руйнування зразка складу №7. Для зразків складів №№1, 2, 5 і 9 характерний адгезійний відрив підкладу в центрі, приблизно 15-17% від площі контакту.

Максимальна міцність – 0,87 МПа характерна для гідроізоляційної композиції, яка вміщує 12% полімеру при співвідношенні Ц:П=1:3. Зразки складів №5, 7 і 8 не задовольняють вимогам критерію.

Для зразків складів №1-3, 5, 8 і 9 характерний адгезійно-когезійний тип руйнувань; для зразка складу №7 – адгезійний тип руйнувань; для зразка №6 відрив пройшов по клейовому шві.

Під час випробувань, по глибині руйнувань бетонного підкладу, можливо судити і про проникаючу дію розроблених складів гідроізоляційних полімер; цементних композицій.

У першому випадку, при застосуванні у якості наповнювача меленого кварцового піску, тах глибина відриву бетонного підкладу 1,94 мм; у другому випадку – 4,21 мм.

Подальші дослідження будуть не правлені на визначення глибини проникнення в залежності від пористості; бетонного підкладу, водопоглинання оптимальних складів полімер-цементних гідроізоляційних композицій про-

никаючої дії та визначення взаємозв'язку процесів структуроутворення с основними властивостями даного матеріалу.

Таким чином, узагальнюючи результати виконаних досліджень, можна зробити наступні узагальнення: при використанні меленого піску у співвідношенні до цементу 1:3 та полімеру в кількості 10% при В/Ц=1,42 спостерігається когезійний характер руйнування, адгезія композиції до бетонної основи становить величину 0,62 МПа та відповідає встановленому критерію; при використанні фракційованого кварцевого піску (фр. 0-0,6 мм) в областях факторного простору, які обмежені по осі X_1 – кількістю полімеру від 8 до 10,4% і від 11,7 до 12%; по осі X_2 – співвідношенням цементу до піску як 1:1,23 і 1,28:1,30 спостерігається когезійно-адгезійний характер руйнування, адгезія до бетонної основи становить величину 0,63-0,87 МПа та відповідає встановленому критерію; некритеріальні наступні склади гідроізоляційних полімер-цементних композицій: 8-10% полімеру при Ц:П=1:1, 12% полімеру при Ц:П=1:2, 10% полімеру при Ц:П=1:3, для цих композицій адгезія становить величину 0,29-0,59МПа.

1. Войтов А.И. Современные гидроизоляционные материалы: Справочник // Войтов А.И., Козачук В.Л., Лайкин В.В., Шкуратовский А.А. – К.: АО "Мастреа", 2002. – 192 с.
2. Гузий С.Г. Повышение коррозионной стойкости строительных металлических конструкций в агрессивных средах / Гузий С.Г., Кривенко П.В. // Журнал "Строительные материалы и изделия". – № 2(61). – 2010. – С. 17-20.
3. Степанова В.Ф. Выбор критериев оценки и основных показателей качества антикоррозионных покрытий бетона / Степанова В.Ф., Соколова С.Е., Полушкин А.Л. // Журнал "Строительные материалы". – №10. – 2000. – С. 12-13.
4. Гузий С.Г. Перспективы применения композиционных материалов на основе щелочных цементов для гидроизоляции подземных бетонных конструкций / Гузий С.Г., Суханевич М.В. // Журнал "СтройПрофиль". – №4(82). – 2010. – С. 24-26.
5. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. - М.: Высшая школа, 1985. – 327 с.

ПОЛИМЕРСИЛИКАТНО-ГИПСОВОЕ СВЯЗУЮЩЕЕ (ПСГС) В СОСТАВЕ ОРГАНОКОМПОЗИТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Матыева А.К., канд. техн. наук

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова

720020, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34б

E-mail: matyeva59@mail.ru

Основным направлением экономического и социального развития в условиях энергетического кризиса в Кыргызстане и странах центральноазиатского региона является создание и развитие легких эффективных строительных материалов и экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов, включая минимизацию тепловых потерь через ограждающие кон-

струкции зданий, сооружений и технологическое оборудование. При этом, учитывая дефицит древесных материалов, необходимо максимально использовать местное растительное сырье, в частности сельского хозяйства, для производства органокомпозитов на основе полимерных и полимерсиликатных систем [1].

Основываясь на современных положениях теории дисперсно-наполненных композитов в части конгломерато-ячеистых структур, предложен состав и разработана ресурсосберегающая технология арболита на поризованной полимерсиликатно-гипсовой композиции с наполнителем из частиц соломы злаковых и добавки древесной стружки.

Введение в композицию пористых органических полимерных пластифицирующих добавок и неорганических – жидкого натриевого стекла – дает возможность снизить коэффициент теплопроводности арболита до 0,08 Вт/м·К, а также существенно повысить деформативность арболита, что позволяет использовать демпферный эффект и дополнительные внутренние резервы стенового материала в домостроении.

Создание полимерсиликатно-гипсовой композиции для производства поризованного арболита является новым направлением в строительном материаловедении [2].

Положительные свойства арболита [3] позволили перевести значительную часть поселкового строительства на индустриальную основу с применением конструкций из этого материала в виде стеновых блоков и панелей. Благодаря использованию отходов сельскохозяйственного производства, а также уменьшению расхода металла достигается существенное снижение стоимости изделий из арболита в сравнении с другими стеновыми материалами. Если стоимость 1 м² керамзитобетонной стены принять за 100 %, то стоимость 1 м² стены из арболита составит 60 %.

Выявлена общая закономерность создания нового эффективного конструкционно-теплоизоляционного бесцементного арболита на полимерсиликатно-гипсовой композиции и органозаполнителе из местного сырья с комбинированной пористой структурой материала с заданными свойствами.

Разработаны составы и способы приготовления поризованной арболитовой смеси на основе растительно-гипсовой композиции (из соломы злаковых и древесных стружек) и полимерных модификаторов. Новизна составов полимерсиликатно-гипсового вяжущего защищена авторским свидетельством Кыргызской Республики № 1139 кл. С043 18/00 от 30.01.2009 г. [4].

Предложен способ комплексной подготовки органозаполнителя путем предварительного смачивания поверхности частиц его полимернопластифицирующей композицией и далее смешения с гипсом, что способствует коагуляции открытых пор в наполнителе, обеспечивает высокие показатели адгезии защитной композиции.

Установлен фазовый состав новообразований, возникающих в процессе твердения арболитовой смеси на основе гипса и пластифицирующих полимерных добавок. Определено, что применение полимерсиликатной композиции для минерализации наполнителя из соломы повышает прочность кон-

такта заполнителя с гипсовым камнем и повышает прочность поризованного арболита (до 5 МПа), морозостойкость (до 35 циклов).

Разработана и внедрена ресурсосберегающая технология нового полимерсиликатно-гипсового вяжущего и поризованного арболита на его основе для стеновых изделий.

Как известно, общая теория конгломератов состоит из четырех взаимосвязанных частей.

Исследования в настоящей работе относятся в основном к первой части теории искусственных строительных конгломератов и посвящены изысканию способов ускорения процессов твердения; формированию оптимальной структуры арболита путем совершенствования технологических переделов его производства, предопределяющих качество с применением полимерных модификаторов [5].

Учитывая, что полимерная смола в присутствии отвердителя подвергается процессу поликонденсации с образованием полимеризованных частиц, для наиболее полного протекания процесса схватывания композиции необходимо подобрать такой режим твердения, который обеспечивает совпадение сроков схватывания гипсового вяжущего и времени поликонденсации полимерной смолы.

В литературных источниках практически отсутствуют данные по использованию полимерсиликатно-гипсовых вяжущих в производстве поризованного арболита на основе сельскохозяйственных отходов.

Анализ результатов исследований по выявлению влияния обработки органического заполнителя различными пленкообразующими составами на повышение прочностных характеристик арболита показал, что все подобранные составы позволяют в различной мере повысить прочность материала и снизить его водопоглощение. Целесообразность обработки органозаполнителя маловязким раствором полимерных смол обуславливается полярной природой этого высокомолекулярного соединения. Повышение гидрофобности органозаполнителя, покрытого тонкой пленкой смолы, является следствием блокирования адсорбционно-активных в воде гидроксидов макромолекул целлюлозы и других компонентов заполнителя в результате образования водородных и химических связей между метильными группами ($-\text{CH}_2\text{OH}$) и гидроксидами органозаполнителя.

Положительный эффект при обработке заполнителя раствором смолы можно объяснить следующим образом. Если исходить из того, что набухание зависит от дипольности гидроксильных групп органозаполнителя, то снижение влажностных деформаций древесины объясняется соединением введенных в стенки клеток (при пропитке) дипольных молекул незаконденсированной смолы со свободными гидроксильными группами целлюлозы.

В результате к наполненным органо-полимерсиликатным системам могут быть применены основные положения теории полимерных композиционных материалов. Согласно теории, в полимерных наполненных композициях формируются кластерные структуры – агрегаты частиц, объединенных связующим, связанных поверхностными силами. Когда связующим

служит полимер, его молекулы ориентируются в силовом поле наполнителя, а это в десятки раз повышает прочность связи между частицами.

Специфическое усиливающее взаимодействие между наполнителем и полимерным связующим-матрицей в процессе технологических переделов создает синергетический эффект – новое качество материала, не повторяющее свойств исходных компонентов. В композициях, проходящих стадии перемешивания, уплотнения, термообработки, происходят процессы самоорганизации структуры, характерные для кластерных систем, обусловленные избытком свободной поверхностной энергии дисперсных частиц [6].

При измельчении наполнителя происходит механическая активизация, возникновение новых поверхностей, имеющих активные реакционноспособные центры. При формировании структуры композиций адсорбция полимера происходит преимущественно на активных участках поверхности наполнителя. Эти участки служат как центрами кристаллизации (ориентации) полимеров, так и источниками силовых полей, способных трансформировать структуры граничного слоя (изменять или совсем разрушать ее надмолекулярные формы).

Результаты исследований показали, что использование новейших производственных технологий и перспективных связующих, улучшающих процессы структурообразования композитов из растительного сырья, в частности, полимерного дифенилметандиизоционата (PMDI), обеспечивает структурную прочность и влагостойкость композита с конкурентоспособной стоимостью. Отсутствие свободного формальдегида и фенола в PMDI позволяет получить экологически безопасные конструкционно-теплоизоляционные композиты с заданной структурой. Технологические и структурообразующие добавки включают растворители, пластификаторы, модификаторы [6].

В качестве рабочей гипотезы принято предположение, что повышение прочности и стойкости арболита к влагопеременным условиям может быть достигнуто оптимизацией структуры путем направленного структурообразования, позволяющего снизить отрицательное действие таких специфических особенностей растительного наполнителя, как способность развивать значительные влажностные деформации и давление набухания, анизотропность, низкая адгезия в структуре материала и значительная упругость при уплотнении смеси.

В качестве замедлителя схватывания строительного гипса использовался недефицитный порошок триполифосфат натрия (ТПФН). Введение ТПФН в количестве 0,03-0,06 % к массе гипса позволило регулировать сроки схватывания полимерсиликатно-гипсовой смеси в пределах, удовлетворяющих требованиям технологического процесса.

В качестве органического наполнителя использовались смеси целлюлозосодержащих частиц – соломы, измельченной до фракции по длине 30...50 мм, и до 5 % от массы соломы древесной стружки фракцией 5/20. Плотность соломы в пределах гигроскопичности составляла 80 кг/м^3 , древесной стружки – 100 кг/м^3 .

Разное содержание в органозаполнителях растворимых в воде сахаров по-разному влияет на сроки схватывания полимерсиликатно-гипсовой смеси. Для поризации вяжущего и получения стабильной пены основное соотношение компонентов следующее (масс. %): гипс – 40...42; смола PMDI – 4,2...4,4; жидкое натриевое стекло – 5...5,85; латекс – 0,16...0,2; триполифосфат натрия – 0,02, катализатор, остальное – вода.

С учетом высокой способности полиизоционат-силикатного связующего предложена технология производства теплоизоляционного арболита с заполнителем из рубленой соломы и древесных стружек. Новое связующее позволит исключить из технологического процесса операцию сушки, сократить продолжительность цикла и сделать технологию менее энергоемкой, чем при использовании немодифицированных вяжущих. Технология включает измельчение соломы до фракции 40...50 мм; подготовку древесной стружки или щепы; смачивание заполнителя жидким натриевым стеклом, смешение смоченного заполнителя с полиизоционатной добавкой PMDI и латекса ЛСТМ-2. Далее в смеситель подается гипс, производится заполнение форм, подпрессовка массы с фиксацией крышек в течение 15 мин, распалубливание и выдержка изделий в помещении склада 22 ч.

В результате модификация смеси полимерами путем совмещения с жидким натриевым стеклом позволяет существенно изменить не только вязкость композиции по ВЗ-4 и величину поверхностного натяжения, но и создать условия для повышения адгезионной способности органического наполнителя и гипса, особенно к латексной композиции.

Основные свойства поризованного арболита на ПСГВ приведены в таблице.

Основные физико-механические характеристики поризованного арболита на полимерсиликатно-гипсовом связующем (ПСГС)

Наименование показателей	Ед. изм.	Показатели для арболита с плотностью, кг/м ³		
		400	450	500
Прочность при сжатии (2 сут.)	МПа	2,5	2,8-3,2	4,1-5,6
Призменная прочность	МПа	1,9	2,8	3,1
Усадочные деформации	мм/м	1,8	1,6	1,5
Коэффициент размягчения $K_{раз}$	-	0,5	0,6	0,62
Морозостойкость	циклы	30	40	45
Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии	Вт/м·°С	0,07	0,08	0,09

На основании экспериментальных данных установлено, что гипсовое вяжущее в сочетании со смолой PMDI взаимно упрочняют друг друга. Гипс связывает свободную воду смолы, снижая деформации усадки арболита (от +0,45 мм/м до +0,615 мм/м), а смола, заполняя межкристаллическое пространство, способствует образованию более прочной мелкокристаллической структуры гипсового камня, повышая физико-механические свойства – прочность до 5 МПа, водопоглощение до 28 % по массе и морозостойкость Мрз 25, что соответствует требованиям ГОСТ 19222-84*.

Выводы. Таким образом, повышение прочности и стойкости арболита может быть достигнуто оптимизацией структуры силикатного камня путем направленного структурного образования: облагораживанием органического заполнителя композицией с пластифицирующими полимерными добавками, позволяющими снизить его влажностные деформации и увеличить сцепление частиц в контактных зонах структуры полидисперсной системы; путем введения в состав смеси гипса, позволяющего путем омоноличивания контактных зон упрочить каркас структуры и повысить прочность арболита, а также снизить отрицательное влияние редеформации упругой смеси при формовании изделий.

1. Курдюмова В.М. Материалы и конструкции из отходов растительного сырья. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. – С.16.

2. Хрулев В.М., Рыков Р.И. Обработка древесины полимерами. – Улан-Удэ: Бурятское книжное изд-во, 1984. – 144 с.

3. Матыева А.К. Поризованный арболит на комплексной полимерсиликатно-гипсовой композиции (ПСГК) // Известия вузов. – Бишкек. – 2007. – № 1-2. – С.274-277.

4. Матыева А.К., Курдюмова В.М., Ильченко Л.В. Изобретение КР № 1139 кл. С043 18/00 от 30.01.2009 г. – Бишкек, 2009. – 12 с.

5. Матыева А.К. Особенности получения арболита на основе растительно-гипсовой композиции, модифицированной полимерсиликатными добавками. – Новосибирск: НГАУ, 2008. – С. 89-95.

6. Курдюмова В.М., Чымыров А.У. Исследование контактных связей в структуре композиционных плит // Вестник КГУСТА. – Вып.1. – Бишкек, 2002. – С.14-21.

ПОЛИАРМИН НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОРГАНОКОМПОЗИТОВ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

Азыгалиев У.Ш., канд. техн. наук

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова

720020, Кыргызская Республика, г.Бишкек, ул. Малдыбаева, 34б

E-mail: uazygai@mail.ru

Перспективным направлением в области создания полимеркомпозитов является вовлечение в их производство неиспользуемых древесных отходов сельского хозяйства (стеблей хлопчатника и табака, соломы и др.) и определение рациональных областей их применения [1]. Для Кыргызстана и других

среднеазиатских республик, где практически отсутствуют запасы деловой древесины, создание на основе таких отходов полимеркомпозитов, близких по своим физико-механическим свойствам, теплофизическим и эксплуатационным качествам к древесине, является весьма актуальным [2].

В связи с этим в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры проводятся исследования по созданию и получению конструкционно-теплоизоляционных полимерорганокompозита – полиармина для ограждающих конструкций малоэтажных зданий [3].

На основании экспериментально-теоретических исследований впервые разработаны и получены новые конструкционные армированные полимерные органокompозиты (полиармин) повышенной прочности, водостойкости и долговечности для использования в комбинированных конструкциях плит покрытий, выполняющих одновременно несущие, ограждающие и теплозащитные функции [4].

Литературный обзор позволил дать анализ местного и зарубежного опыта по исследованию, изготовлению и применению конструкционных композитов в ограждающих конструкциях зданий и подтвердил перспективность этого направления, особенно для безлесных районов центральноазиатского региона, где древесина и другие строительные материалы ввозятся из-за рубежа.

Разработанная конструкция комбинированной панели покрытия размером 1х3 м объединяет в себе несущую и теплозащитную функции, а простота конструкции панели (полиармин в деревянном каркасе) позволила получить изделие за единый цикл одновременного совмещенного прессования трех материалов – каркас из низкосортной древесины + органонаполнитель с растительными армирующими элементами на водостойком связующем. В решении проблемы при получении полиармина предлагается использование современных модифицированных фенолорезерциновых и полиизоцианатных связующих со специальными добавками и доступные методы его гидрофобизации.

Результаты работы определяют социальный и научно-технический эффект – расширение сырьевых ресурсов для строительства на основе использования местных растительных отходов как заменителя дорогостоящей древесины (1 м³ полиармина заменяет 2,5 м³ древесины) в производстве облегченных конструкций зданий, а также в улучшении экологических условий проживания населения за счет очистки прилегающих территорий от свалок отходов растительного сырья.

Для изготовления полиармина использовали сельскохозяйственные отходы и древесные отходы Джалал-Абадской области и Чуйской долины фракциями 10/5-5/2,5 насыпной плотностью 60-70 кг/м³ для частиц стеблей хлопчатника, 40-60 кг/м³ – для частиц табака, 120-150 кг/м³ – для древесной стружки и в количественно-процентном составе сырья соответственно 58:35:7, размерами частиц (мм) длиной 8-24 мм, шириной 0,4-0,8, толщиной 0,2-0,6. Влажность частиц 4-6 %. Армирующий материал – стебли всех сортов хлопчатника, табака, тополя размерами: длиной – 0,8-1 м, диаметром 8-

15 мм, диаметр поперечного стержня веток 3-6 мм. Физико-механические свойства стеблей сопоставлены со свойствами древесины сосны и тополя.

Связующее в полиармине – фенолорезерциновая смола ФРФ-100 (ТУ-6-05-89*), модифицированная ксилитом, эмульсия полиизоционата (ТУ-113-29-11), двухромовый натрий с карбамидом – 2 %, технический парафин (ГОСТ 23683) – 2 %; вода, порошок серы технической (ГОСТ 127.1-93).

Определение физико-механических свойств образцов полиармина проводилось согласно действующим стандартам на аналогичные композиты (ГОСТ 10632).

Для прогнозной оценки – испытания на теплостойкость и циклическую стойкость при вымачивании – высушивании, замораживании – оттаивании, адгезионную прочность структуры каркаса плит из полиармина определяли на специальном приспособлении (ГОСТ 15613:1), а характер сцепления проклеенного заполнителя с арматурой на микроскопическом уровне – в РЭМ («излом» и «срез»).

Технология получения полиармина для комбинированных конструкций плит из местного сырья в отличие от древесностружечных плит имеет ряд особенностей ввиду высокой пластичности стеблей, содержащих 40-50 % лубяного волокна, а также значительной хрупкости и запыленности стеблей табака при переработке их до оптимальной фракции и транспортировке частиц по пневмотранспорту, большой степени влажностных деформаций (усушка, разбухание), высокой проницаемости и проводимости, наличия упругопластических свойств, резко выраженной анизотропии (ортотропность) не только в разных структурных направлениях, но даже в пределах одного годичного слоя древесины стебля, значительной упругости при уплотнении смеси.

Предлагаемые конструкционные плиты из полиармина на модифицированных фенолорезерцино-формальдегидном связующем отличаются от выпускаемых промышленностью ранее плит на карбамидных связующих повышенной атмосферостойкостью и малой токсичностью и предназначены для ограждающих конструкций зданий, в частности, плит покрытий.

Конструкция комбинированной плиты покрытия (рис.) состоит из деревянного каркаса или клееного сечения, заполненного проклеенной стружечной массой сложной композиции и армирующего материала – стебля хлопчатника, стебля табака или стебля тополя. Технологические параметры производства водостойких конструктивных композитов на основе местного сырья на основе экспериментальных данных приведены в табл. 1, 2. Конструкционные композиты должны удовлетворять требованиям, согласно которым их водопоглощение должно быть не более 15 %, плотность – 600-6500 кг/м³.

В продольных ребрах панелей имеется четверть, предназначенная для соединения панелей при установке на покрытии. В поперечных ребрах просверлены отверстия для выхода воздуха в момент горячего прессования в прессе.

Влажность каркаса из древесины не должна превышать 10-15 %. Каркас собирается в виде рамы. Угловые соединения выполняются на специальных металлических или пластмассовых скобках на клею в шип и проушку с точностью 13-го качества. Каркас панели антисептируется 3%-ным раствором фтористого натрия и антипирируется (диаммоний фосфат, сульфат аммония).

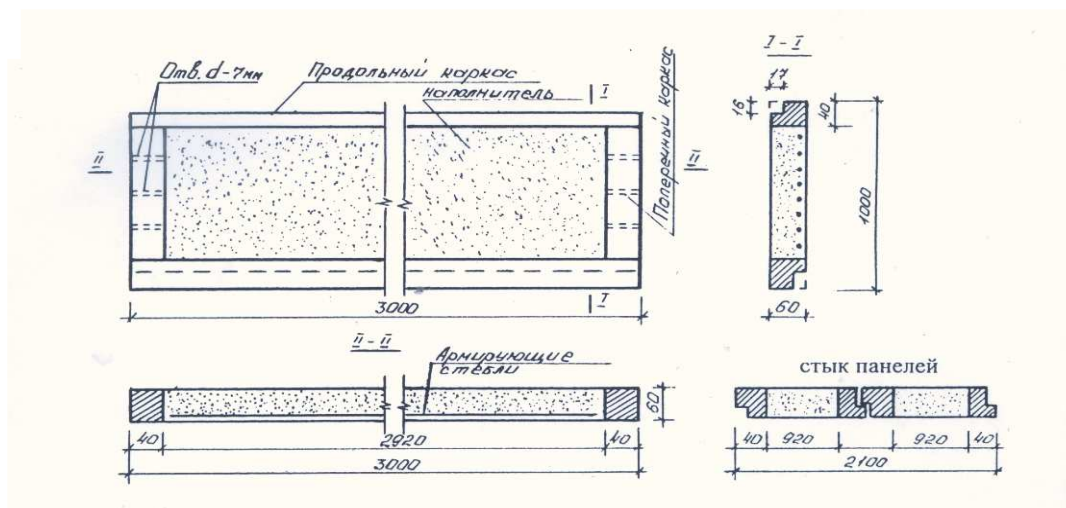


Рис. – Комбинированная конструкция панели покрытия из полиурмина

Таблица 1 – Режимы холодной подпрессовки стружечного ковра (оборудование нестандартное)

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Величина
1.	Формат прессуемых плит: длина ширина	мм	3000
		мм	1000
2.	Толщина стружечного ковра после подпрессовки для плит толщиной 60 мм	мм	300
3.	Общее усилие прессования	МПа	2...4
4.	Выдержка в прессе	мин	0,4...0,5

Таблица 2 – Режимы прессования плит в горячем прессе

Условия прессования	Время прессования – мин на 1 мм толщины нешлифованной плиты в зависимости от температуры плит пресса, °С	
	140	160
Без применения парового удара»	0,6	0,5
Удельное давление, МПа	1,7-2,2	

Технология формирования ковра заключается в следующем: на установленный дюралюминиевый поддон наносится специальный состав на основе парафина или серы для создания водоотталкивающей пленки на поверхности полиармина, затем с помощью дозирующей установки подается первая часть гидрофобированных проклеенных частиц влажностью 13-14 % высотой на 1/3 от общей толщины ковра, затем производится укладка армирующего слоя (стеблей) влажностью 10 % и покрывается через форсунки связующим для лучшей адгезии со стружечной массой.

Армирующий материал длиной 0,8-1 м укладывается вдоль плиты через 4-6 см в нижнюю зону стружечного ковра. Размещение арматуры по толщине плиты – 1/3-1/4 толщины ковра от нижней поверхности.

Подается вторая часть проклеенной стружечной массы и окончательно формируется ковер, на поверхность ковра наносится водоотталкивающий состав на основе парафина. Изготовление конструктивных армированных плит производится согласно производственной инструкции [5].

Основные свойства полиармина плит покрытий на модифицированном связующем ФРФ-100 приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Физико-механические показатели полиармина плит покрытий на модифицированном связующем (смола ФРФ-100) с гидрофобными добавками

Показатели	Плиты	
	армированные	неармированные
Плотность, кг/м ³	600-650	600-700
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	17,4-27,6	12-14
Предел прочности при растяжении, МПа	0,25-0,34	0,2-0,26
Модуль упругости, МПа	2·10 ² -3,3·10 ³	1,3·10 ³ -1,6·10 ³
Разбухание по толщине после выдержки в воде в течение 24 часов, %	4,5-6,0	7-9
Водопоглощение, %	53-32	64-50
Шуруподерживающая способность: из пласти, Н/мм из кромок, Н/мм	110-130 40-50	5-13
Удельное сопротивление выдергиванию гвоздей: из пласти, Н/мм из кромок, Н/мм	130-170 30-70	-
Деформации, %	≈2	≈4

Выводы. Установлено, что комбинированные конструкции панелей из полиармина могут применяться в ограждающих элементах покрытий отоп-

ливаемых и неотапливаемых зданий. Разработанная комбинированная конструкция панели покрытия совмещает в себе несущую и теплозащитную функцию конструкции и может перекрывать пролет до 3 м. Экономический эффект от выпуска и применения 10 тыс. м³ полиармина в комбинированных панелях покрытий составляет около 20 тыс. долларов США. Технико-экономический анализ свидетельствует о том, что весовые показатели панели из полиармина и трудоемкость их монтажа снижаются по сравнению с аналогами более чем в 3 раза, что крайне важно при возведении зданий в районах с высокой сейсмической активностью.

1. Курдюмова В.М. Материалы и конструкции из отходов растительного сырья. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. – 112 с.

2. Хрулев В.М. Совершенствование технологии древесно-полимерных материалов на основе кинетической теории прочности // Сб. тр.: Конструкции из композиционных материалов. – М.: РАН, 1999. – С. 8-12.

3. Азыгалиев У.Ш. Оптимизация состава полиармина для комбинированных плит покрытий // Материалы Международного семинара «Моделирование и оптимизация в материаловедении» / Международная инженерная академия. – Одесса: Астропринт, 2001. – С. 109-111.

4. Курдюмова В.М., Ильченко Л.В., Азыгалиев У.Ш. Исследования упругих постоянных полиармина из отходов растительного сырья для комбинированных плит покрытий // Международный сб. научных трудов «Экология и ресурсосбережение в материаловедении» / НГАУ. – Новосибирск, 2006. – С. 113-118.

5. Новые легкие комбинированные конструкции зданий из гидрофобированного полиармина из отходов местного сырья: Отчет НИР. – Бишкек: КГУСТА, 2000. – 36 с.

ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ АКРИЛОВОГО КОМПАУНДА ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

Золотов С.М., канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции 12

E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

В связи с широким применением акрилового клея в строительстве исследованы его технологические свойства. Одним из важнейших достоинств таких клеев является способ его приготовления. В качестве связующего такого клея применяется компаунд холодного отверждения АСТ-Г (ТУ 64-2-226-2000). Компаунд состоит из двух частей: полимера в порошке (суспензионный полиметилметакрилат, содержащий 1,0% пероксида бензоила) и жидкого мономера-отвердителя (метиловый эфир метакриловой кислоты), дополнительно содержащего активатор (3,0% диметиланилина) и ингибитор (0,02% гидрохинола).

Акриловый компаунд характеризуется низкой трудоемкостью его приготовления, быстрым (2,5...4,0 час) отверждением при нормальной температуре без приложения дополнительного давления и подогрева, невысокой и

регулируемой вязкостью, удовлетворительными физико-механическими свойствами отвержденного продукта.

Эксперименты показали, что приготовление акрилового клея необходимо проводить по следующей схеме. Полимер вводится в мономер-отвердитель при непрерывном перемешивании. В результате смешения полимер набухает в мономере до консистенции, исключающей его оседание. Окончание набухания характеризуется получением одноцветной липкой массы с условной вязкостью по вискозиметру Суттарда 38...40 см. Далее, при непрерывном перемешивании компаунда, вводится требуемое количество кварцевого песка. Перемешивание производится до достижения однородности клеевой массы.

Скорость набухания измеряли по промежутку времени с момента смешения компонентов связующего до приобретения им вязкости, соответствующей оптимальному состоянию массы для наполнения песком. Для этого в нескольких сосудах смешивали мономер с полимером, затем в ходе набухания смеси в сосуды вводили заданное количество кварцевого песка и визуально определяли однородность перемешивания. Одновременно с этим по вискозиметру Суттарда находили условную вязкость состава, соответствующую лучшей степени перемешивания.

Эксперименты показали, что акриловый компаунд приобретает клеящую способность вследствие набухания полимера в отвердителе (мономере) после их смешивания. Набухание представляет собой увеличение массы полимера в результате поглощения низкомолекулярной жидкости после смешивания и проходит следующие стадии:

- смачивание полимерных частиц мономера без внутренней пропитки;
- набухание полимерных частиц с поверхности и частичное растворение их в мономере – масса становится липкой;
- дальнейшая диффузия мономера внутрь частиц, в результате чего снижается количество свободного мономера – масса теряет липкость.

Первоначальная вязкость компаунда зависит от его состава и возрастает по мере набухания полимера. Одной из характерных особенностей клеев является потеря со времени приготовления технологичности в результате возрастания вязкости при сохранении способности нормально отверждаться. Поэтому в большинстве случаев о жизнеспособности клея судят по изменению его вязкости во времени.

В свете сказанного представилось необходимым исследовать величину начальной вязкости, длительность набухания и жизнеспособность компаунда в зависимости от содержания отвердителя в его составе и температуры окружающей среды. Одновременно велся поиск получения оптимальной и максимальной вязкости для наполнения компаунда кварцевым песком. С этой целью одинаковое количество составляющих акрилового компаунда по массе (100:100) смешивали для набухания в нескольких емкостях. Смесь набухала до приобретения прозрачности, липкости. Затем в одну из емкостей вводили 150 мас.ч. песка с крупностью зерен 0,14 мм. Перемешанный раствор должен иметь достаточную подвижность и гомогенность. Одновремен-

но с этим по вискозиметру Суттарда определяли условную вязкость компаунда без наполнителя и фиксировали время от начала смешения компонентов. Для определения оптимальной вязкости опыты повторяли до достижения равномерного распределения зерен песка в объеме компаунда, а максимальной – до приобретения им вязкости, исключающей наполнение его песком. Очевидно, для разных составов вязкость в таком случае должна быть одинаковой. На каждой ступени проводили до 10 замеров. Разброс показаний составил менее 5%.

При определении начальной вязкости, длительности набухания и жизнеспособности варьировали содержание отвердителя (60, 80, 100, 120, 140, 160 и 180 мас.ч. на 100 мас.ч. полимера). Температуру составов поддерживали около 20⁰С.

Экспериментами установлено, что с увеличением доли мономера начальная условная вязкость уменьшается почти в пять раз, а длительность набухания увеличивается от 3,5 до 33 мин.

Далее определяли влияние температуры (от 0⁰С до 25⁰С) на начальную вязкость и длительность набухания рекомендуемого для клеевой анкеровки состава (100:100 мас.ч. отвердителя и полимера). С повышением температуры длительность набухания уменьшается и составляет 140, 30, 15, 10 и 6 мин при 0, 10, 15, 20 и 25⁰С.

Экспериментами установлено, что оптимальная условная вязкость компаунда для наполнения его кварцевым песком соответствует диаметру расплыва по вискозиметру Суттарда 38-40 см, а максимальная – 24 см.

При исследовании жизнеспособности замеры вязкости производились с момента достижения величины расплыва 38...40 см и до потери возможности наполнения компаунда кварцевым песком.

Для приготовления клея необходимо определить технологическую жизнеспособность компаунда, соответствующую времени, в течение которого возможно введение кварцевого песка. Как указывалось выше, вязкость акрилового компаунда в этом случае не должна превышать 24 см по вискозиметру Суттарда. Данные экспериментов свидетельствуют о том, что с увеличением содержания мономера от 60 до 180 мас.ч. технологическая жизнеспособность компаунда увеличивается от 18 до 87 мин. С понижением температуры окружающей среды жизнеспособность его также возрастает. Рекомендуемый для приготовления клея состав акрилового компаунда имеет технологическую жизнеспособность при 25⁰С – 25 мин, 20⁰ – 34 мин, 15⁰ – 53 мин и 10⁰ – 87 мин.

Таким образом, в результате исследований получено значение начальной вязкости акрилового компаунда, а также значения оптимальной и максимальной вязкости, приемлемой для наполнителя компаунда кварцевым песком. Показано, что вязкость можно регулировать количественным составом компаунда. Она также зависит от температуры окружающей среды.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С КОРОТКОЙ ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРОЙ

Крюковская С.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

65029, Украина, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 4

E-mail: s.kryukovskaya@gmail.com

Основу сухих смесей разного назначения, в частности, для наливных самовыравнивающихся покрытий, составляют полимерцементные композиции с полимерной фиброй. Как правило [1], органический компонент – редиспергируемые полимерные порошки (РПП). Наиболее известные из них VINNAPAS®, соединяясь с цементом, образуют высококачественные вяжущие системы, улучшающие технологические свойства смесей, адгезию, прочность при изгибе и другие свойства затвердевших композитов. Кроме РПП, из многих компонентов сухих смесей следует выделить неоднозначно влияющие на свойства эфиры целлюлозы, (необходимые для водоудержания и снижения седиментации) и полимерные волокна (которые вводят для уменьшения усадочных деформаций, повышения прочности, трещиностойкости и износостойкости материала). В данной работе характеризуется влияние этих компонентов на свойства композиций, в которых используется редиспергируемый полимер «нового поколения», действующий как связующее и суперпластификатор.

В эксперименте варьировались следующие факторы: количество (% от массы цемента) полимерного порошка V , 3.9 ± 1.6 (при пересчете на сухую смесь накрывает рекомендуемый производителем диапазон низких дозировок, 1-2%); молекулярная масса метилцеллюлозы ММС (по вязкости водного раствора, мПа·с), 300, 1500, 3000; дозировка метилцеллюлозы МС, 0.25 ± 0.15 ; содержание полипропиленовой фибры длиной 3 мм, F , $0.25 \pm 0.15\%$.

Оставалось постоянным количество цемента и песка (39 и 57 массовых частей на 100 сухой смеси). Подбиралось количество воды W (м.ч. на 100 сухой смеси), обеспечивающее растекаемость растворной смеси 18 см.

Эксперимент выполнен по оптимальному 18-точечному плану 2-го порядка, позволяющему построить 4-факторные квадратичные экспериментально-статистические модели (ЭС) для характеристик технологической смеси и затвердевшего композита. Среди них водопотребность W , прочности при изгибе и сжатии через 3 и 28 суток нормального твердения, соответственно R_{b3} , R_{b28} , R_{c3} , R_{c28} (МПа) и динамический модуль упругости E (ГПа), определяемый по скорости прохождения ультразвука. Модели позволили описать и проанализировать поля свойств в координатах рецептуры. В частности, уровни полей прочности на 3 суток находятся в пределах от 1.2 до 4.2 для изгиба и от 19.9 до 47.9 для сжатия. На 28 суток прочность при изгибе составила 3.5-7 при сжатии 41.6-60 МПа. Эффекты моделей характеризуют определяющее воздействие полимерного вяжущего на структуру композита

и безусловный существенный положительный эффект дисперсного армирования.

Участие РПП со свойствами суперпластификатора приводит к отсутствию отрицательной связи прочности с водой, характерной для цементных композитов. Более того, оценки W и R , полученные по моделям для генерированных в вычислительном эксперименте составов (с помощью алгоритма, описанного, в частности, в [2]), показывают, что при верхних дозировках полимерного «связующего-суперпластификатора» корреляция ранней прочности с W становится существенно положительной. Очевидно, в этой подобласти соотношений компонентов увеличение количества воды приводит к улучшению условий гидратации.

Положительная статистическая линейная связь ранних прочностей при сжатии и изгибе (коэффициент корреляции $r\{R_{c3}, R_{b3}\} = 0.86$, риск отсутствия связи менее 1%), сохраняется после 28 суток ($r\{R_{c28}, R_{b28}\} = 0.55$). Ослабление связи соответствует изменениям распределения напряжений в зрелой структуре затвердевшего композита и ее реакции на сжимающие и растягивающие нагрузки. На это указывает и различие в оценках автокорреляции для R_c и R_b : $r\{R_{c3}, R_{c28}\} = 0.73$, $r\{R_{b3}, R_{b28}\} = 0.54$.

Максимальный уровень рецептурного поля динамического модуля $E_{max} = 27$ ГПа соответствует верхнему значению содержанию Виннапаса и нижним границам диапазонов трех других рецептурных факторов. Минимуму $E_{min} = 14.5$ ГПа соответствуют минимальные дозировки всех компонентов при наибольшей ММС. Таким образом, перепад E в пределах области исследуемых составов достигает почти 100%, главным образом, за счет роли РПП, но с учетом количества и молекулярной массы метилцеллюлозы.

Содержание МС и ММС определяют условия образования структуры матрицы, каркаса «волокно-песок», межфазных слоев, именно факторы метилцеллюлозы обуславливают то или иное влияние короткой фибры на формирующуюся структуру композита. При минимальных дозировках «тяжелой» метилцеллюлозы Виннапас и фибра позволяют почти вдвое увеличивать динамический модуль (от 14.5 до 27 ГПа). Наименее благоприятной при формировании упругих свойств оказывается смесь с повышенным содержанием эфира целлюлозы повышенной молекулярной массы.

Предполагается, что по уровню динамического модуля упругости, определяемому неразрушающим методом, можно оценивать прочность материала. Анализ корреляции значений модуля E для 18 композиций и их прочности при сжатии и изгибе через 3 и 28 суток не указывают на наличие значимой связи E с характеристиками прочности. Но это заключение построено на данных о свойствах весьма разных композиций (представляющих разные совокупности). Основания для возможного прогнозирования R по E могут дать анализ и сепарация различных условий структурообразования. Парные выборки любого объема, необходимые для подобного анализа и для построения прогностических уравнений, могут быть иммитированы с помощью полученных ЭС-моделей. Выявить наличие корреляции и существенные различия в связях прочности и модуля упругости в разных рецептурных

зонах и охарактеризовать разные возможности прогноза R по E для разных рецептурных условий позволили статистические испытания на соответствующих локальных полях свойств [2].

Полученные значения коэффициентов детерминации указывают на возможность построения тарировочных зависимостей разного вида и с разными параметрами для определенных групп смесей. Следует отметить некоторые из выявленных тенденций: нелинейную корреляцию при минимальных концентрациях низкомолекулярной метилцеллюлозы; более слабую корреляцию при повышенных ММС и МС; значимую отрицательную линейную связь E с ранней прочностью (и с R_{c28} в случае минимальных V) при вариации F в составах с «низкими» ММС и МС.

Заключение. Введение до 1% короткой полипропиленовой фибры в сухие смеси с рекомендуемым весьма низким количеством полимерного связующего, обладающего свойствами суперпластификатора, позволяет получить композиты повышенной прочности и пониженной водопотребности. Наибольший эффект, прирост в 3.5 раза в исследованной области рациональных дозировок, получен для прочности при изгибе. Максимум достигается на верхней границе количества фибры (которая вносит наиболее существенный вклад в увеличение прочности), в зоне верхних значений фирменных рекомендаций по VINNAPAS®, при повышенных дозировках метилцеллюлозы «средней» молекулярной массы. Полученные числовые оценки характеризуют влияние количества метилцеллюлозы на условия структурообразования в зависимости от ее молекулярной массы.

Вычислительный эксперимент позволил оценить корреляционные связи водопотребности смесей, прочности при сжатии и изгибе в раннем и 28-суточном возрасте и динамического модуля упругости при разных условиях вариации составов.

1. Карапузов Е.К., Лутц Г., Герольд Х., Толмачев Л.Г., Спектор Ю.П. Сухие строительные смеси. – Киев: Техніка, 2000. – 225 с.
2. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. ЭС-модели в компьютерном строительном материаловедении. – Одесса: Астропринт, 2006. – 116 с.

ДИЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ГРАФІТУ

Мельник Л.І., канд. техн. наук, Будя Д.О., Біль В.А.

Національний технічний університет України «КПІ»

03056, Україна, м. Київ, пр-т Перемоги, 37

E-mail: budya_daria@ukr.net

Технологічні та експлуатаційні властивості полімерних композиційних матеріалів значною мірою залежать від наповнювача. Більшість полімерних матеріалів є діелектриками, тобто вони здатні до поляризації в електричному

полі. Шляхом введення електропровідних дисперсних наповнювачів, в тому числі технічного вуглецю, графіту, вуглеграфітових волокон, металів електричні властивості полімерних композитів зростають.

Дослідження діелектричних властивостей таких матеріалів є актуальним для оцінки можливості їх використання в техніці. Особливий інтерес представляє дослідження механізму поляризації цих полімерних композицій. Серед електропровідних наповнювачів особливе місце посідають графітові матеріали. Особливий інтерес серед графітових матеріалів має терморозширений графіт (ТРГ). ТРГ – матеріал еластичний, пружний, хімічно інертний, пожегобезпечний, температуростійкий. ТРГ має додаткові властивості гнучкості, міцності на стиск і розтяг, саме ці властивості відрізняють цього від інших графітів. Дуже цінна якість ТРГ полягає в тому, що його властивості практично не залежать від температури, звичайно, в межах робочих температур. Також ТРГ має анізотропні електро- і теплопровідність.

Об'єктом дослідження стала композиція на основі ЛПЕВТ наповненого ТРГ, що пройшов ультразвукове подрібнення в ацетоні. Поліетилен належить до неполярних діелектриків, оскільки не містить електричних диполів здатних до переорієнтації в зовнішньому електричному полі. Вибір цього полімеру для дослідження впливу наповнювача зумовлений простотою структури елементарної ланки, відсутністю полярних груп, хімічною інертністю.

Дана оцінка діелектричних властивостей полімерних композицій на основі ЛПЕВТ з різним ступенем наповнення ТРГ. Були виміряні значення тангенса кута діелектричних втрат $\text{tg } \delta$ ЛПЕВТ і композиційних матеріалів на його основі в залежності від частоти змінного струму при 20°C. Розраховані значення діелектричної проникності ϵ ЛПЕВТ і композиційних матеріалів на його основі в залежності від частоти змінного струму при 20°C. Розглянуто механізм поляризації композиції.

Експериментально підтверджено, що діелектрична проникність зростає із збільшенням вмісту ТРГ. Це обумовлено тим, що частинки ТРГ поляризуються у більшій мірі ніж ЛПЕВТ.

ФУНКЦІЙНА СІНЕРГІЯ ЕПОКСИДНОКАУЧУКОВИХ КОМПАУНДІВ

Пиріков О.В., канд. техн. наук, Куделіна Г.М.

*Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайло Туган-Барановського*

83050, Україна, м. Донецьк, вул. Щорса, 31

E-mail: ert83@mail.ru

Епоксидні полімери завдяки високій адгезії до багатьох матеріалів, з успіхом використовуються як клеї в різних галузях народного господарства.

Розробка складів композиційних матеріалів з використанням модифікованих епоксидних олігомерів з підвищеними експлуатаційними властивостями на основі встановлення закономірностей формування матриці, що представлена еластичними епоксиполімерами на сьогоднішній день дуже актуальний та перспективний напрямок роботи.

Метою роботи – є модифікація епоксидних полімерів рідкими реакційно здатними канчуками, яка дозволяє уникнути вказаних недоліків, а також розширити галузь їх застосування для склеювання матеріалів спеціального призначення, високою адгезією до різних субстратів і працездатних в широкому інтервалі температур. Нижче наведені властивості таких клеїв.

Епоксидний клей для поліамідів. Задача з'єднання двох пластмас може бути вирішена різними шляхами, вибір яких визначається хімічною природою матеріалів, конструкційними особливостями виробу та іншими факторами.

В зв'язку з цим задача створення високоміцних клеїв для поліамідів є дуже актуальною. Нами була здійснена спроба вирішення даної задачі шляхом використання клеїв на основі епоксидних олігомерів.

З метою оцінки сумісності нами був зроблений розрахунок параметрів розчинності (δ) для епоксидних полімерів і поліаміду по формулі, що враховує адитивний внесок кожного атома і типу міжмолекулярної взаємодії.

У результаті додаткового дослідження впливу хімічної природи епоксидних олігомерів і отверджуючих агентів, полярності і функціональності модифікуючи додатків на величину адгезії епоксиполімерів до поліаміду був розроблений епоксидний клей, призначений для склеювання поліамідів між собою і з металами. При механічній обробці (зашкурювання наждачним папером) поверхні поліаміду він забезпечує $\tau_v = 7,0 \div 7,5$ МПа. Оскільки це значення адгезійної міцності трохи нижче когезійної міцності поліаміду, нами були проведені роботи, спрямовані на збільшення адгезійної міцності за рахунок спеціальних способів підготовки поверхні поліамідного субстрату, зокрема механо-хімічним методом. Застосування механо-хімічного способу для підготовки поверхні поліаміду не привело, однак, до істотного підвищення адгезійної міцності в порівнянні з отриманою при звичайному механічному способі обробки поверхні матеріалу.

У зв'язку з цим були проведені роботи з обробки поверхні поліаміду органічними сполуками, у яких поліамід розчиняється.

Застосування розробленого клею у випадку попередньої обробки поверхні поліаміду 20%-ним розчином фенолу в спирті дає можливість досягти міцності клейових з'єднань, яка дорівнює міцності самого поліаміду.

Епоксидні клеї з малим рівнем внутрішніх напружень. Традиційні епоксидні клеї не можуть бути використані для склеювання крихких матеріалів, таких як кварц, скло, ферит, кераміка і т.н.

Таким чином, з введенням наповнювача зменшення навантаження внутрішніх напружень у клейовій плівці буде недостатнім. До того ж потрібно

пам'ятати, що введення мінеральних наповнювачів приводить до зниження ударостійкості і деформативності епоксиполімерів.

Тому, для збільшення деформативності і зниження навантаження внутрішніх напружень у клейовій плівці частіше використовують пластифікуючі добавки. Як було встановлено на прикладі клею УП-5-233, введення надлишку отверджувача (у кількості, яка дорівнює стехіометрії), що виконує функцію пластифікатора, дійсно викликає значне збільшення деформаційної здатності (більш, ніж у 4 рази). Однак варто звернути увагу на те, що при цьому різко знижується теплостійкість системи, особливо після її термообробки. Більш того, як видно з рисунка, на якому приведені температурні залежності динамічного модуля пружності, величина модуля практично не змінюється зі збільшенням вмісту отверджувача.

Усе вищенаведене свідчить про те, що задача створення клеїв з малою величиною навантаження внутрішніх напружень у клейовій плівці є дуже непростю. Її вирішення було здійснене на основі модифікації епоксидного олігомера великою кількістю (30 – 40 мас. ч.) низькомолекулярного еластомеру.

У результаті розроблено клей холодного отвердження УП-5-245, який у широкому температурному інтервалі (153 ÷ 473 К) має високі значення адгезійної міцності, підвищену еластичність і малу величину внутрішніх напружень.

Епоксидний клей прискореного отвердження УП-5-233ПЕН – це продукт суміщення епоксидної модифікованої смоли, що містить двоокис титану (компонент I) і отверджувача (компонент II).

Клей призначений для склеювання деталей різних габаритів з металів (сталь, алюмінієвий сплав і ін.) і склопластиків (епоксидних, поліефірних поліамідних) конструкційного призначення і забезпечує надійну працездатність склеєних конструкцій в інтервалі температур від 77 до 423 К, короткочасно до 573 К, в умовах змінних температур, підвищеної вологості, під впливом ударних і вібраційних навантажень.

Даний клей використовується для виготовлення сцинтиляційних детекторів на основі монокристалів йодистого цезію, активованих натрієм, з великим відношенням довжини до діаметра. Зазначені детектори застосовуються в уніфікованій апаратурі радіоактивного каротажу для дослідження свердловин на родовищах твердих корисних копалин комплексом ядерно-фізичних методів. Установлено, що за рівнем адгезійних характеристик і термостійкості клей УП-5-233ПЕН значно перевершує клеї-компаунди К-115 і К-153, які застосовувалися раніше для цих цілей.

Є відомості про використання даного клею для з'єднання поліамідних плівок і поліамідних трубчастих оболонок із фланцевими закінцівками з поліалканіміду при створенні криогенних трубопроводів в авіакосмічній техніці.

Таким чином, модифікація епоксидних полімерів рідкими реакційноздатними каучуками на основі олігобутадієна дозволило вирішити ряд важливих науково-технічних задач по підвищенню працездатності клеїв в заданих

умовах, та під впливом ударних і вібраційних навантажень, термоциклування, різних температурних перепадів.

АДГЕЗИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ ЭПОКСИУРЕТАНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Попов Ю.В., канд. техн. наук, Кондратенко А.В.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
61002, Украина, г.Харьков, ул.Сумская 40
E-mail: anna-kondratenko26@rambler.ru*

Вибропоглощающие полимерные материалы наряду с хорошими диссипативными свойствами должны отличаться определенными технологическими свойствами, высокой адгезионной прочностью и хорошими физико-механическими характеристиками.

Олигоэфирциклокарбоны (ОЦК), обладая значительной демпфирующей способностью в широком интервале температур, характеризуются низкой прочностью [1]. Модификация ОЦК в небольших количествах эпоксидными олигомерами придает полимерным материалам улучшенные технологические и эксплуатационные свойства при сохранении демпфирующей способности [2].

В качестве объектов исследования были выбраны эпоксидный олигомер марки ЭД-20 (содержание эпоксидных групп-20%), эпоксикремнийорганическая смола марки Т-111 (содержание эпоксидных групп-13%, кремния-2%) и трициклокарбонатный олигомер (содержание циклокарбонатных групп-27,1% и эпоксидных групп-2,17%). В качестве отвердителей использовали полиэтиленполиамин (ПЕПА) и диэтилентриамин (ДЭТА).

Модифицированный полимер на основе олигоэфирциклокарбоната исследовали на адгезионную (ГОСТ 14760-69) и ударную прочность (ГОСТ 4765-73), а также определяли поверхностное натяжение композиции и эластичность при изгибе (ГОСТ 6806-73).

При увеличении доли эпоксидного и эпоксикремнийорганического олигомеров в системе ОЦК, адгезионная прочность полимера увеличивается с 2,5 до 6 МПа.

Установлено, что наибольшая величина адгезионной прочности при равномерном отрыве характерна для эпоксиуретанового полимера с долей ЭД-20 – 30 масс.ч. ($\sigma_a = 6$ МПа).

Адгезионная прочность полимеров, отвержденных ДЭТА, выше по сравнению с полимерами, отвержденными ПЭПА.

Установлено, что наибольшее значение ударной прочности (50см) получено при введении реакционноспособных олигомеров ЭД-20 и Т-111 в состав ОЦК в количестве 20 масс.ч, что свидетельствует о стойкости покрытия к динамическим нагрузкам без образования трещин.

Показано, что введение доли эпоксидного и эпоксикремнийорганического олигомеров в систему ОЦК, не оказывает влияния на эластичность исследуемых материалов. Эластичность полимерного покрытия при изгибе составляет 1 мм.

При изучении смачивающей способности эпоксиуретановых композиций к Ст-3 и алюмоборсиликатному стеклу, определили, что наилучшая смачивающая способность характерна для композиции, включающей 10 масс.ч. ЭД-20. Также наблюдается лучшее смачивание на стеклянной подложке, худшее – Ст-3.

1. Филлипович А.Ю. Особенности модификации эпоксидных полимеров олигоциклокарбонатами /А.Ю.Филлипович, С.Н.Остапюк, Н.А. Бусько, В.К.Грищенко, А.В. Баранцова // Полимерный журнал. – 2009. – Т.31, №3. – 251-255 с.

2. Омельченко С.И. Модифицированные полиуретаны / С.И.Омельченко, Т.И. – Кадурина. – Киев: Наук. думка, 1983. – 228 с.

ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ МОДИФИЦИРОВАННЫМ РАСТИТЕЛЬНЫМ СЫРЬЕМ

Гурова В.С., Ширяев Д.В., Чемерис М.М., д-р хим. наук, Мусько Н.П., канд. хим. наук, Иванов П.В.

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

656038, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46

E-mail: gurantino@bk.ru

В России находится около половины мировых запасов древесины, а также велики объемы однолетних растений. Опилки, солома, шелуха подсолнечника, камыш, костра льна, другие привычные отходы производств – все это является перспективным источником лигноцеллюлозного сырья. Частично данное растительное сырье используется как топливо для котельных установок, в качестве утеплителя, для изготовления плит. Но в основной массе эти отходы лесного и сельского хозяйства утилизируются, а потому разработка альтернативных технологий, включающих комплексную переработку растительного сырья, по-прежнему является актуальной.

Учитывая то, что сегодня остро стоит проблема загрязнения водных сред ионами различных металлов, перспективным является использование растительного сырья для изготовления сорбентов.

Целью данного сообщения является изучение адсорбции ионов меди модифицированным растительным сырьем.

В качестве сырья использовали опилки березы, сосны и кору сосны сибирской. Модификацию проводили методами взрывного автогидролиза и кислотного гидролиза. Используемые методы модификации растительного

сырья позволяют изменить межмолекулярное пространство и повлиять тем самым на сорбционные свойства.

Модификацию методом взрывного автогидролиза проводили при температуре 160 °С в течение 10 минут. Перед проведением взрывного автогидролиза растительное сырье обрабатывали водой. Предварительная пропитка водой вызывает более глубокое проникновение молекул воды внутрь сырья. Это облегчает проникновение пара вглубь обрабатываемого материала.

Сущность метода взрывного автогидролиза заключается в кратковременной обработке растительного сырья перегретым водяным паром и последующим быстрым снижением давления до атмосферного [1]. При декомпрессии системы пар, находящийся внутри сырья, из-за разницы давлений, разрывает его изнутри, вызывая разделение на волокна и отдельные мелкие фрагменты. Разделение и глубина преобразований компонентов сырья зависят от соотношения времени и температуры паровой обработки.

Гидролитические процессы, протекающие при взрывном автогидролизе лигноуглеводного сырья являются кислотно-катализируемыми реакциями, осуществляющимися в слабокислой среде [3]. Кислотность среды возникает вследствие деацелирования гемицеллюлоз (значение рН равно 4,7).

Для мягкой гидролитической обработки использовали 1% раствор серной кислоты. Кислотный гидролиз проводили в течение 0,5; 1,0; 2,0 часов.

Исследование сорбции растительного сырья проводили на модельном растворе соли меди по методике, описанной в ГОСТ 4388-72.

В ходе проделанных исследований были определены значения адсорбции, и эффективной энергии адсорбции растительного сырья. Результаты представлены в таблицах 1, 2 и на рисунке.

Модификация растительного сырья приводит к увеличению эффективной энергии адсорбции. Метод взрывного автогидролиза эффективнее метода кислотного гидролиза.

Таблица 1 – Значение адсорбции растительного сырья, модифицированного методом взрывного автогидролиза

Исходная концентрация ионов Cu^{2+} , мг/г	Адсорбция а, мг/г*10 ⁶		
	Древесина березы	Древесина сосны	Кора сосны
0,1	0,3	1,0	1,6
0,2	2,3	2,7	3,1
0,4	5,5	5,6	5,0
0,6	9,4	8,2	8,7

Таблица 2 – Значения адсорбции растительного сырья, модифицированного кислотным гидролизом

Продолжительность обработки, ч	Исходная концентрация ионов Cu^{2+} , мг/г	Адсорбция a , мг/г* 10^6		
		Древесина березы	Древесина сосны	Кора сосны
0,5	0,1	0,1	1,1	1,6
	0,2	2,2	3,1	3,1
	0,4	5,4	5,3	6,0
	0,6	7,4	6,7	7,9
1,0	0,1	0,3	1,6	1,6
	0,2	1,6	3,1	3,1
	0,4	5,4	5,4	6,3
	0,6	8,4	7,2	8,1
2,0	0,1	1,6	0,9	1,6
	0,2	3,1	3,1	3,1
	0,4	6,3	5,4	6,3
	0,6	9,4	7,9	8,4

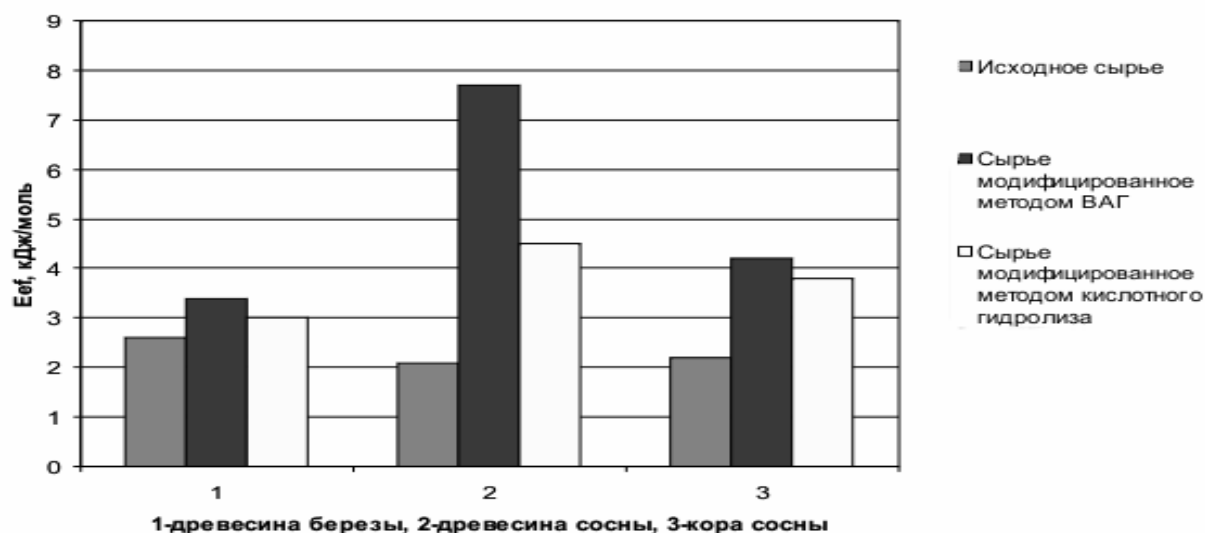


Рис. – Значения эффективной энергии адсорбции растительного сырья

Полученные данные показывают, что модифицированное растительное сырье обладает ионообменными свойствами и может поглощать из растворов химические загрязнения в виде ионов. Как показали проведенные исследования, сырье, модифицированное методами кислотного гидролиза и взрывного автогидролиза, имеет близкие сорбционные свойства по отношению к ионам меди.

1. Гравитис Я.А. Теоретические и прикладные аспекты метода взрывного автогидролиза растительной биомассы // Химия древесины. Рига: «Зинатне», 1987. – Вып. 5. – С. 3-21.
2. Веверис А.Г., Эриньш П.П., Калейне Д.А., Полманис А.Г., Веверис Г.П., Кузмане Г.В. Высокотемпературный автогидролиз древесины. 1. Сопоставление поведения основных пород Латвийской ССР // Химия древесины. Рига: «Зинатне», 1990. – Вып. 3. – С. 89-85.
3. Никитин В.М., Оболенская А.В., Щеголев В.П. Химия древесины и целлюлозы. – М.: изд-во «Лесная промышленность», 1978. – 368 с.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ – ЗАМЕНИТЕЛЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Чилингарян Н.В., *д-р техн. наук, проф.,* **Галстян Г.Ш.,** *канд. техн. наук,*
Арутюнян В.М.

*Ереванский государственный университет архитектуры и строительства
0009, Армения, г.Ереван, ул. Теряна, 105*

E-mail: info@ysuac.am

В условиях реального состояния стройиндустрии Республики Армения, научно-техническая программа его развития должна сконцентрировать усилия широкого круга научно-исследовательских, проектных и конструкторских организаций различных отраслей хозяйства на коренном техническом перевооружении строительства, преобразовании его материально-технической базы. В области строительных материалов и изделий основной упор должен быть поставлен на разработку энергосберегающих, высокоэффективных технологий производства новых конкурентноспособных изделий на базе местного сырья и отходов местных производств, а также перевод по мере возможности традиционно действующих технологий на указанные рельсы.

В области жилищно-гражданского строительства из общего объема всех затрат значительные расходы приходятся на материалы и изделия полученные на основе древесины, в частности, покрытия для полов, длинномерные погонажные изделия, оконные рамы и т.д. Известно, что для производства указанных изделий расходуются ценные породы древесины, в основном сосна и дуб, а сам технологический процесс их производства связан с образованием значительных количеств отходов. Поэтому перевод этих технологий на основы искусственно разработанных композиций позволяет не только экономить природную древесину, но и создать безотходную технологию производства (с использованием значительных количеств отходов местных производств), сократить время их изготовления, исключить применение специальных покрытий, таких как окраска, нанесение лаков и т.д.

В таком аспекте, исходя из того, что Республика Армения лишена лесных массивов, идущих на производство строительной древесины, а также

достаточно высокая стоимость завозимой извне древесины и композиционных материалов и изделий на ее основе, предопределило проведение научных исследований направленных на разработку искусственных материалов, в частности длинномерных погонажных изделий – планки, рейки, поручни, плинтусы, угольники и т.д., вещественные составы которых полностью или же максимально состояли бы из местного природного сырья, отходов производств или же материала широко используемого в республике.

Исходя из вышеизложенного объектами наших исследований стали составы, разработанные на основе полимерного связующего и природного неорганического наполнителя.

К настоящему времени известны технологии производства длинномерных погонажных изделий на основе чистых полимеров и композиции на их основе [1,2]. В частности, известна технология производства поручней и плинтусов на основе поливинилхлорида (Мытищинский комбинат синтетических строительных материалов). Производимый здесь композиционный материал на основе поливинилхлорида отличается достаточно сложным составом. Кроме того, применяемый пластификатор (дибутилфталат) очень летуч, что приводит к последующей жесткости изделий и их быстрому старению.

В отличии от указанной композиции, предлагаемая нами композиция отличается как своими составляющими, так и простотой состава, при одновременном высоком содержании неорганической части. В качестве полимерного связующего использован полиэтилен высокого давления, а в качестве неорганического вещества – отходы камнеобработки, огромные количества которых накопились в республике. Максимальный размер зерна наполнителя был принят 0,31мм. На основе указанных составляющих были разработаны составы композиций с различным содержанием связующего и наполнителя.

Основываясь на результатах ранее проведенных исследований и требованиях, предъявляемых к длинномерным погонажным изделиям, а именно равномерно гляцевая или матовая поверхность без царапин, раковин, трещин, расслоения и т.д., нами в качестве стартового была принята композиция, где содержание связующего и наполнителя находится в соотношении 50 на 50 масс. процента. В последующем были опробированы также составы с более высоким содержанием наполнителя.

Синтез композиционного материала проводится по следующей схеме. Составляющие будущего композита (связующее и наполнитель) в строго отдозированном состоянии поступают в смесительную установку, где на начальной стадии проходят сухое перемешивание до получения однородной массы. Далее включается подогревающая система смесителя и обогрев смеси доводится до температуры 160-165 °С. При этом продолжается интенсивное перемешивание смеси до получения тестообразной массы. Перемешивание производится двумя Z-образными лопастями, вращающимися с разными скоростями. Помимо интенсивного перемешивания массы в различных направлениях она в смесителе дополнительно перетирается между зазорами

лопастей и днищем корпуса. Готовая масса выгружается из смесителя путем наклона его на 90° . Выгрузке способствует продолжающееся вращение лопастей.

Измельчение остывшей массы готового композита производится строганием. Полученная стружка через бункер равномерно подается в формовочную машину (шнек или экструдер), выбор которых в первую очередь зависит от сложности сечения получаемого изделия и производительности линии.

Нами, в лабораторных условиях, из полученного композита отформованы элементы различных изделий – планки, рейки, плитусы. Формование проводилось методом литья под давлением, используя обычные шприц-пресса. Температура формования поддерживалась в интервале $130 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Качество полученных деталей оценивалось по внешнему виду, структуре и технологическим свойствам [3]. Полученные детали отличаются однородностью строения, поверхность их гладкая без раковин и трещин. Полученная структура деталей обеспечивает достаточную пластичность, что дает возможность их плотного прилегания к неровностям стен. При определении технических свойств установлено, что они легко гвоздятся, без нарушения общей структуры изделий, разрезаются, шурупуются и пилятся.

Исследованием возможности склеивания их к различным поверхностям или же стыков установлено, что существующие клеевые составы не обеспечивают прочной связи между склеиваемыми поверхностями. Прочная связь стыков деталей обеспечиваются свариванием, используя горячий воздух.

Таким образом, установлена принципиальная возможность синтеза композиционного материала на базе отходов камнеобработки и полиэтилена при соотношении 50 на 50 масс. %. Изделия отличаются достаточной прочностью, пластичностью, низким водопоглощением.

Отличительной особенностью разработанного композиционного материала является возможность безотходного производства на его основе погонажных изделий самого широкого ассортимента по профилю и сечению.

Цветовая гамма изделий (от светло серого до черного) обеспечивается использованием различных видов отходов.

Увеличение доли наполнителя, обеспечивая более высокую плотность структуры синтезируемого композита (не меняя его основные технологические свойства) даст возможность изготовления более сложных ответственных изделий, такие как дверные проемы и оконные рамы.

1. Быков А.С., Даницин М.И. и др. Строительные материалы и изделия на основе синтетического сырья. – М.: Стройиздат, 1970. – 216 с.

2. Воробьев В.А. Основы технологии строительных материалов из пластических масс. – М.: Высшая школа, 1975. – 280 с.

3. Воробьев В.А., Коровникова В.В. Лабораторный практикум по полимерным строительным материалам. – М.: Высшая школа, 1969. – 184 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕРВИЧНОГО И ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ

Лебедев В.В., канд. техн. наук, Карев А.И., Чавров С.А.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

61002, Украина, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21

E-mail: vladimirlebedev@ukr.net

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе термопластичных полимеров с применением различных целлюлозосодержащих наполнителей, наиболее часто называемые древесно-полимерными материалами (ДПМ), на сегодняшний день все более широко применяются в городском и промышленном хозяйствах. Ввиду того, что обычно уровень прочностных свойств ДПМ не достаточен для использования их при получении высоконагруженных конструкций и изделий, основной интерес производителей ДПМ направлено на получение на их основе материалов, характеризующихся высокой долговременной стабильностью свойств и размеров, предназначенных для работы в слабонагруженном или ненагруженном состоянии. К еще одному недостатку ДПМ относят их значительную гидрофильность, которая обуславливает значительную их способность к промоканию и набуханию в атмосферных условиях, вследствие чего изделия на их основе используются в основном для отделки или изготовления внутренних конструкций зданий, помещений, автомобилей, самолетов, при получении корпусной, офисной и кухонной мебели и т.п. Однако, нельзя не отметить, что в последнее время наблюдается устойчивая тенденция по все более широкому применению ДПМ в качестве строительных конструкций, систем и деталей, которые эксплуатируются в условиях внешних природных воздействий, таких как солнце, дождь, снег и т.д. Поэтому поиск новых составов ДПМ с пониженной гидрофильностью является важной задачей в области технологии их получения.

К наиболее распространенным термопластичным матрицам для получения ДПМ относят полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), полистирол (ПС) и поливинилхлорид (ПВХ), которые характеризуются достаточно низкими температурами плавления, что позволяет смешивать их с целлюлозосодержащими наполнителями, исключая термодеструкцию последних. Нельзя не заметить, что наряду с первичными ПЭ, ПП, ПС и ПВХ в последнее время достаточно широко используют и вторичное сырье на основе этих термопластов для получения ДПМ. Это вызвано, как все более возрастающей проблемой накопления полимерных отходов и, в свою очередь, необходимостью их утилизации, так и стремлением производителей снизить себестоимость ДПМ исключая ухудшений их основных эксплуатационных характеристик.

В данной работе проведены сравнительные исследования ДПМ на основе термопластов с применением в качестве наполнителя древесной муки. Как термопластичные матрицы ДПМ были исследованы первичный и вторичный полиэтилен высокой плотности (ППЭВП и ВПЭВП соответственно), а также первичный и вторичный полипропилен (ППП и ВПП соответственно). Образцы ДПМ получали смешением полимеров с наполнителем на лабораторном экструдере при температурах 180-190 °С. Сравнительный анализ полученных образцов ДПМ осуществлялся по таким важным характеристикам как: плотность, водопоглощение и степень набухания.

Результаты проведенных исследований приведены на рисунках 1-2.

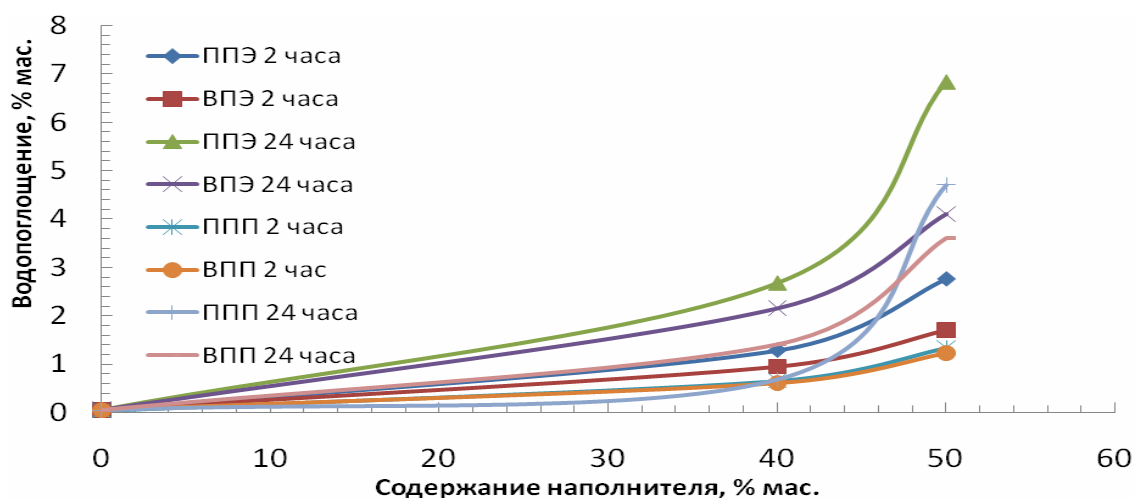


Рис. 1 – Сравнительный анализ водопоглощения исследуемых ДПМ

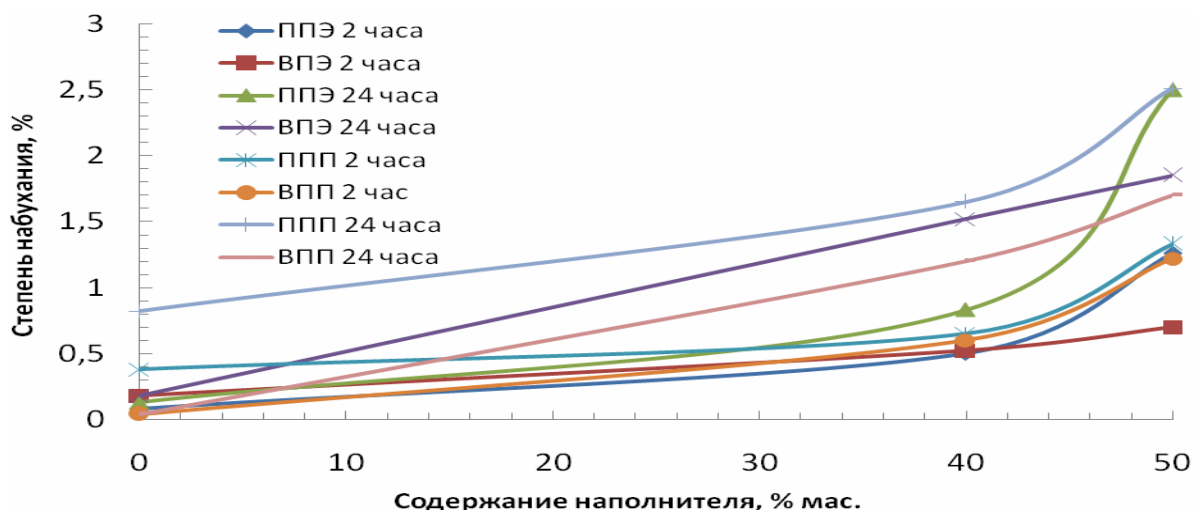


Рис. 2 – Сравнительный анализ степени набухания исследуемых ДПМ

Из рисунков видно, что водопоглощение и степень набухания исследуемых ДПМ возрастают с увеличением содержания в них наполнителя, как при выдержке образцов в воде в течение 2 часов, так и на протяжении суток, что

связано с увеличением содержания гидрофильного компонента в ДПМ. При этом характерно двойное увеличение водопоглощения при суточной выдержке всех исследуемых образцов ДПМ. Интересно заметить, что водопоглощение и степень набухания ДПМ на основе ВПЭВП, были ниже чем в композициях с использованием ППЭВП, при аналогичном содержании наполнителя.

Аналогичная картина была характерна и для ДПМ на основе ППП ВПП. По нашему мнению, последнее напрямую связано с различием в химическом строении первичных и вторичных ПЭ и ПП: в составе макромолекул ВПЭВП и ВПП, вследствие протекания в них процессов термо- и фотодеструкции при переработке и эксплуатации в естественных условиях, происходит постепенное накопление карбонильных (кетонных) групп, которые позволяют несколько повысить степень сродства между гидрофильным древесным наполнителем и гидрофобным полимером за счет протекания реакций ацетилирования по карбонильным группам ВПЭВП и ВПП и гидроксильным группам целлюлозы, и тем самым снизить общее количество гидрофильных гидроксильных групп в ДПМ.

Было установлено так же, что плотность ДПМ увеличивалась с возрастанием содержания в них наполнителя – ДПМ на основе ПЭВП имели плотность от 922 кг/м^3 (исходный ВПЭВП) до 1042 кг/м^3 (ДПМ на основе ВПЭВП с 50 % мас. наполнителя). Для ДПМ на основе ПП данная характеристика возрастала от 891 кг/м^3 до 1040 кг/м^3 .

Таким образом, в ходе проведенных исследований было показано, что применение вторичных термопластов при производстве ДПМ позволяет не только снизить себестоимость изделий и полезно использовать отработанные полимерные материалы, но и несколько улучшить такие важные их эксплуатационные характеристики как водопоглощения и степень набухания.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Комарова Н.Г., канд. хим. наук, Горлова А.П.

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова»

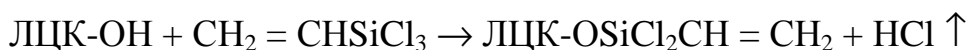
*656038, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: vadandral@mail.ru*

Как известно, древесина является ценным, натуральным композиционным материалом, в состав которого входят такие полимеры природного происхождения, как целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин. Расширение производств, связанных с деревообработкой ставит перед исследователями задачу поиска новых эффективных способов переработки отходов. В последние годы наблюдается возрастание интереса к различным способам глубокого физико-химического модифицирования лигноцеллюлозного комплекса (ЛЦК),

что представляет большой научный и практический интерес. В литературе имеется ряд публикаций посвященных поверхностному модифицированию (путем пропитки) изделий из древесины различными кремнийорганическими соединениями с целью придания им ценных эксплуатационных свойств. В результате чего было достигнуто улучшение прочностных характеристик, огнестойкости и погодоустойчивости, повышение антифрикционных, гидрофобных свойств, формоустойчивости и износостойкости [1]. Сведения в научной литературе о глубоком химическом модифицировании древесины с применением кремнийорганических соединений малочисленны и преимущественно касаются исследований по силилированию лигнина [2-10].

Целью данной работы являлось исследование процесса глубокого физико-химического модифицирования отходов древесины сосны винилтрихлорсиланом, изучение влияния условий предварительной обработки (предгидролиз и баротермическая обработка), а также влияния условия силилирования на содержание связанного кремния и выход продукта.

Для исследований использовали измельченную древесину сосны, отбирали фракцию опилок размером 0,63-1,25 мм. Процесс модифицирования проводили по двум схемам. Согласно схеме 1 из древесины были удалены экстрактивные вещества спиртобензольной смесью в аппарате Сокслета, затем для удаления гемицеллюлоз ее подвергали предгидролизу 1% раствором серной кислоты. Силилирование проводили при различных температурах и продолжительности. Согласно схеме 2 древесные опилки подвергали баротермической обработке при температуре 190 °С в течение 10 минут, затем химическому модифицированию. Силилирование проводили в среде толуола в присутствии пиридина. Пиридин добавляли для связывания выделяющегося хлористого водорода, исходя из предположения, что потенциальным источником образования хлористого водорода является весь хлор винилтрихлорсилана. Кремнийорганические соединения не стойки к воздействию влаги воздуха, поэтому для устранения воздуха и хлористого водорода, выделяющегося при реакции, модифицирование проводили в токе азота. Продукт осаждали петролейным эфиром, отфильтровывали, промывали петролейным эфиром, затем до отрицательной реакции на ионы Cl⁻. Реакция силилирования лигноулеводного комплекса древесины винилтрихлорсиланом протекает следующим образом:



Механизм превращений этого типа был исследован на лигнине в работе [5]. Основная роль пиридина, вероятно, заключается в образовании сильнополярных комплексов, которые нестабильны и диссоциируют уже при комнатной температуре, образуя активный катион, инициирующий силилирование [2].

В ходе исследования было рассмотрено влияние температуры и продолжительности силилирования на прирост массы продукта и содержание кремния в древесине, подвергнутой различной предварительной подготовке. Данные занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Влияние температуры и продолжительности силилирования на прирост массы и содержание кремния в предгидролизованной древесине

Вре- мя, ч	Температура, °С									
	40		50		60		70		80	
	При- рост массы, %	Масс. доля Si, %	При- рост массы, %	Масс. доля Si, %	При- рост массы, %	Масс. доля Si, %	При- рост массы, %	Масс. доля Si, %	При- рост мас сы, %	Масс. доля Si, %
2	2,5	2,1	11,2	4,3	20,6	7,9	21,3	13,1	16,2	4,5
4	4,0	2,7	16,2	4,6	21,1	12,6	17,0	5,5	14,2	3,7
6	5,4	3,1	15,9	4,4	18,8	7,2	7,7	4,7	4,8	3,1
8	4,9	2,9	13,4	3,8	16,7	5,3	6,4	4,5	4,1	2,5

Из результатов, приведенных в таблице, следует, что при увеличении продолжительности процесса от двух до восьми часов и температуре процесса от 40 до 80 °С значения прироста массы и содержания кремния проходят через максимум. Из полученных данных следует, что наибольшие значения прироста массы и содержания связанного кремния (21,3 % и 13,1 %, соответственно) были достигнуты при температуре 70 °С и продолжительности процесса два часа, следовательно эти условия являются оптимальными по исследованным параметрам для процесса силилирования винилтрихлорсиланом древесины сосны. Увеличение продолжительности силилирования более двух часов и повышении температуры выше 70 °С приводит к деструктивным процессам силилированного лигноцеллюлозного материала. В результате чего прирост массы и содержание кремния в продуктах снижаются.

В данной работе также было изучено влияние баротермической обработки на последующий процесс силилирования. Баротермический процесс включает кратковременную обработку древесины водяным паром и последующий моментальный сброс давления – “выстрел” обработанной древесины из реактора. В результате чего происходят существенные изменения в надмолекулярной структуре древесины, увеличивается доступность гидроксильных групп компонентов древесины.

В ходе работы было изучено влияние условий силилирования древесины сосны, предварительно подвергнутой баротермической обработке. Данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние температуры и продолжительности силилирования на прирост массы и содержание кремния в древесине, подвергнутой баротермической обработке

Время, ч	Температура, °С					
	60		70		80	
	Прирост массы, %	Масс. доля Si, %	Прирост массы, %	Масс. доля Si, %	Прирост массы, %	Масс. доля Si, %
2	21,9	9,4	11,6	4,7	12,3	4,0
4	23,6	13,6	24,9	15,3	19,2	14,6
6	24,0	14,2	26,1	22,2	23,5	20,3
8	22,7	12,1	23,4	20,8	22,9	19,3

Из результатов, приведенных в таблице 2 видно, что наблюдается та же экстремальная закономерность, как и при силилировании предгидролизованной древесины. При увеличении продолжительности процесса от двух до восьми часов и температуры процесса от 60 до 80 °С значения прироста массы и содержания кремния проходят через максимум.

Наибольший прирост массы и максимальное содержание кремния (26,1 % и 22,2 %) были достигнуты при температуре 70 °С и продолжительности шесть часов, следовательно эти условия являются оптимальными по приросту массы и содержанию кремния для процесса силилирования древесины сосны, подвергнутой баротермической обработке. Увеличение продолжительности силилирования более шести часов и повышение температуры выше 70°С приводит к деструктивным процессам.

Выбор схемы модифицирования, в основном, определяется техническими возможностями (наличием баротермической установки) и необходимостью введения определенного содержания кремния.

Получение кремнийсодержащих лигноцеллюлозных материалов было подтверждено качественными реакциями на кремний, а также анализом остатка полученного при сжигании продуктов силилирования. Продукты модифицирования винилтрихлорсиланом содержат связанный хлор, что также было подтверждено качественной реакцией (проба Бельштейна).

Строение продуктов модифицирования винилтрихлорсиланом древесины сосны было подтверждено данными ИК – спектроскопии. В спектрах продуктов силилирования винилтрихлорсиланом древесины сосны наблюдаются полосы поглощения в областях 1090 – 1020 см⁻¹ (колебания связи Si – O – C); 2940 – 2860 см⁻¹ (валентные колебания связей в группах СН и СН₂); 3750 – 3125 см⁻¹ (валентные колебания ОН-групп), что говорит о неполном замещении, а также полосы 3095 – 3010 см⁻¹ (валентные колебания связи =СН); 1680 – 1640 см⁻¹ (колебания связи – С = С –).

Полученные кремнийсодержащие продукты могут быть использованы в составе прессмасс для изготовления плитных материалов различного назначения.

1. Покровская Е. Н., Котенова И. В. Гидрофобизация древесных материалов фосфор- и кремнийорганическими соединениями // Строительные материалы. – 2003. – № 5. – С. 40 – 41.
2. Сергеева В. Н., Тельшева Г. М., Панкова Р. Е., Лебедева Г. Н. Кремнийорганические производные лигнина. I. Модификация лигнина органозамещенными хлорсиланами // Химия древесины. – 1977. – №1. – С. 83 – 86.
3. Тельшева Г. М., Панкова Р. Е., Сергеева В. Н. Кремнийорганические производные лигнина. II. Взаимодействие лигнина с метилвинилдихлорсиланом // Химия древесины. – 1986. – №4. – С. 73 – 78.
4. Schneider M. H., Brebner K. J. Wood – polymer combinations. The chemical modification of wood by alkoxysilane coupling agents // Wood Sci. and Technol. – 1985. – Vol. 19, N 1. – P. 67 – 73.
5. Сергеева В. Н., Иванов А. А., Панкова Р. Е., Тельшева Г. М. Кремнийорганические производные лигнина. 5. Исследование механизма силилирования гексаметилдисилазаном мономерных соединений фенольного типа и лигнина // Химия древесины. – 1979. – №2. – С. 29 – 34.
6. Brebner K. J., Schneider M. H. Wood– polymer combinations. Boudling of alkoxysilane coupling agents to wood // Wood Sci. and Technol. – 1985. – Vol. 19, N 1. – P. 75 – 81.
7. Комарова Н.Г., Новикова О.В., Чернов М. П. Силилирование лигноцеллюлозных материалов // Ползуновский вестник. – 2006.— Вып. 2. — Ч. 1. — С.136-141.
8. Комарова Н.Г., Ширяев Д.В. Изучение процесса модифицирования коры березы кремнийорганическими соединениями // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3. – С. 285-289.
9. Комарова Н.Г., Гордеева Е.С. Изучение процесса силилирования древесины березы // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3. – С.295-298.
10. Комарова Н.Г., Забродина И.В. Модифицирование промышленных отходов древесины сосны дихлордиметилсиланом // Ползуновский вестник. – 2009. – № 3. – С. 304-307.

СИНТЕЗ ϵ -АМИНОКАПРОНАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Коньшин В.В., канд. хим. наук, **Ермоленко В.Н.**, **Ефрюшин Д.Д.**
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова»

656038, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: v-konshin@mail.ru

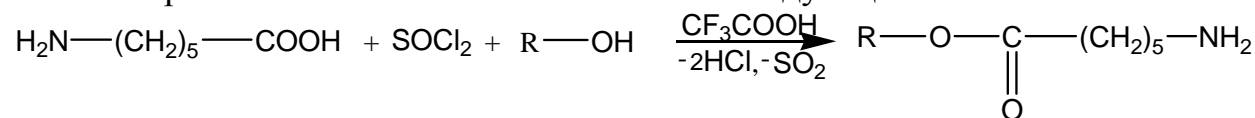
Сложные эфиры ϵ -аминокапроновой кислоты (ϵ -АКК) (например, с глицерином) широко применяются в качестве компонента мазей для смягчения кожи, а также замедляют распад лекарственной субстанции. Кроме биологических аспектов применения некоторые соединения ϵ -АКК (в частности, полифторалкиловые сложные эфиры) могут использоваться как модификаторы поли- ϵ -капроамида, применяемого в производстве литевых компози-

ций, текстильной и кордной нитей, шовного хирургического материала. В связи с этим, актуальной задачей является разработка методов целенаправленного синтеза сложных эфиров ϵ -АКК с различными гидроксилсодержащими соединениями [1].

В качестве перспективного с данной точки зрения гидроксилсодержащего соединения может выступать целлюлоза. Несмотря на то, что способы получения сложных эфиров целлюлозы известны довольно давно, их получение сопряжено рядом трудностей (многостадийность, использование большого числа реагентов в процессе производства и т.д.), что свидетельствует о необходимости разработки более эффективных способов их получения [2].

Ранее проведённые нами исследования свидетельствуют о возможности синтеза разнообразных сложных эфиров целлюлозы из целлюлозосодержащего материала. В качестве целлюлозосодержащего материала может быть использована целлюлоза, а также проэкстрагированная и предгидролизованная древесина лиственных и хвойных пород (лигно-целлюлозный материал – ЛЦМ) [3-5].

Ацилирование целлюлозы и ЛЦМ проведено системой: « ϵ -аминокапроновая кислота – ТХ – ТФУК» по следующей схеме:



R-целлюлоза или ЛЦМ

В качестве осадителя был использован ацетон, так как при использовании других сред (в частности воды и этилового спирта) наблюдалось частичное растворение полученного продукта.

Как показали результаты химического анализа, при ацилировании ЛЦМ получаются ϵ -аминокапролаты целлюлозы с содержанием остаточного лигнина 4-7%.

С целью определения кинетических закономерностей реакции ацилирования проводили расчет констант скоростей реакции. Реакция ацилирования данной системой начинается в гетерогенной среде, а также проходит на поверхности макромолекул целлюлозы и, следовательно, является топохимической, поэтому обработку кинетических данных проводили по уравнению Ерофеева-Колмогорова [6]:

$$\ln[-\ln(1-\alpha)] = \ln k + n \times \ln \tau,$$

где α – степень превращения гидроксильных групп в сложноэфирные; k – эмпирический коэффициент, сопоставляемый с константой скорости реакции; n – эмпирический коэффициент, учитывающий число элементарных стадий при превращении зародыша в активно растущее ядро и число направлений, в которых растут ядра; τ – время синтеза.

Степень превращения рассчитывали по формуле:

$$\alpha = \frac{C3}{C3_{\max}},$$

где СЗ – степень замещения по ε-АКК в ε-аминокапронатах целлюлозы в момент времени τ; СЗ_{max} – максимальная степень замещения ОН-групп целлюлозы равная 3,00.

В данных условиях реакции наблюдаются линейные зависимости между $\ln[-\ln(1-\alpha)]$ и $\ln\tau$ (рисунки 2 и 3), на основании которых определяли константу скорости и $\ln K$ с применением метода Саковича по уравнению:

$$K=n \cdot k^{1/n},$$

где n и k – эмпирические коэффициенты уравнения Ерофеева-Колмогорова; K – константа скорости реакции, с⁻¹.

Термодинамические параметры реакции ацилирования вычисляли на основании уравнения Эйринга при построении графика в координатах

$$\ln \frac{K\hbar}{Tk_b} \text{ от } 1/T.$$

$$\ln \frac{K\hbar}{Tk_b} = \frac{\Delta S^\ddagger}{R} - \frac{\Delta H^\ddagger}{R} \frac{1}{T},$$

где K – константа скорости, с⁻¹; \hbar – постоянная Планка, $6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; T – температура, К; k_b – постоянная Больцмана, $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; ΔS^\ddagger – энтропия активации, Дж/(моль·К); R – универсальная газовая постоянная 8,31 Дж/(моль·К); ΔH^\ddagger – энтальпия активации, кДж/моль.

Для полученных сложных эфиров целлюлозы (ε-аминокапроноватов целлюлозы) выявлен экстремальный характер зависимости степени превращения от температуры синтеза. На рисунке 1 на примере ацилирования ЛЦМ приведены результаты определения степени превращения ацилированного ЛЦМ в расчете на воздушно-сухое сырье (в.с.с.).

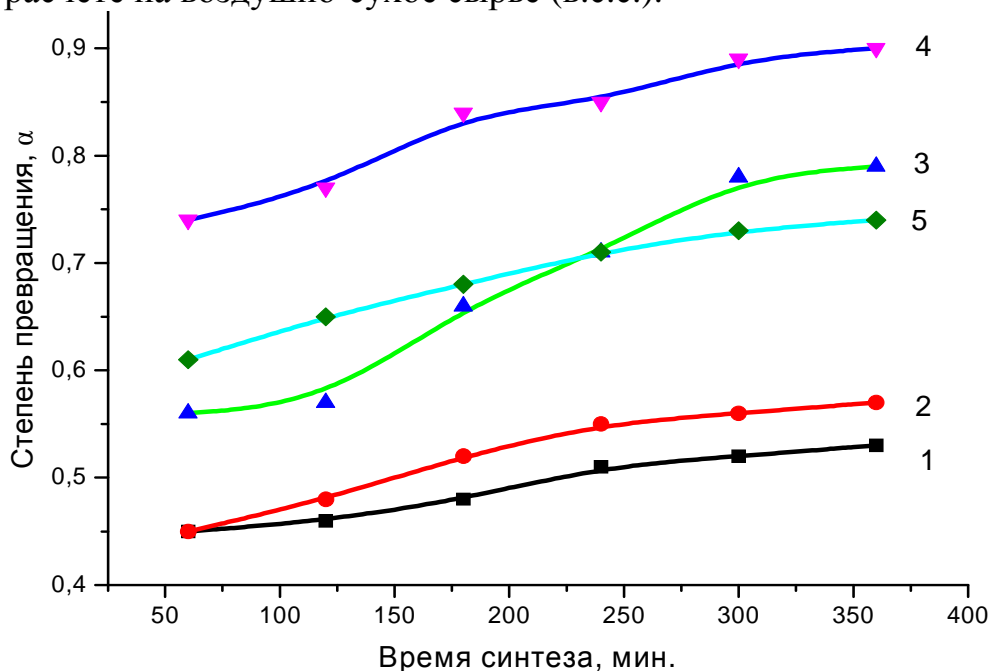


Рис. 1 – Зависимость степени превращения от продолжительности и температуры реакции ацилирования ЛЦМ ε-аминокапроновой кислотой:
1 – 30 °C; 2 – 35 °C; 3 – 40 °C; 4 – 45 °C; 5 – 50 °C

Из полученных данных следует, что степень превращения возрастает с увеличением температуры синтеза от 30 до 45 °С. Снижение степени превращения при 50 °С может быть связано с разрушением ацилирующего агента, а также с термодеструкцией получаемых сложных эфиров целлюлозы.

На рисунках 2 и 3 представлены результаты обработки экспериментальных данных реакции ацилирования целлюлозы и ЛЦМ по уравнению Ерофеева-Колмогорова.

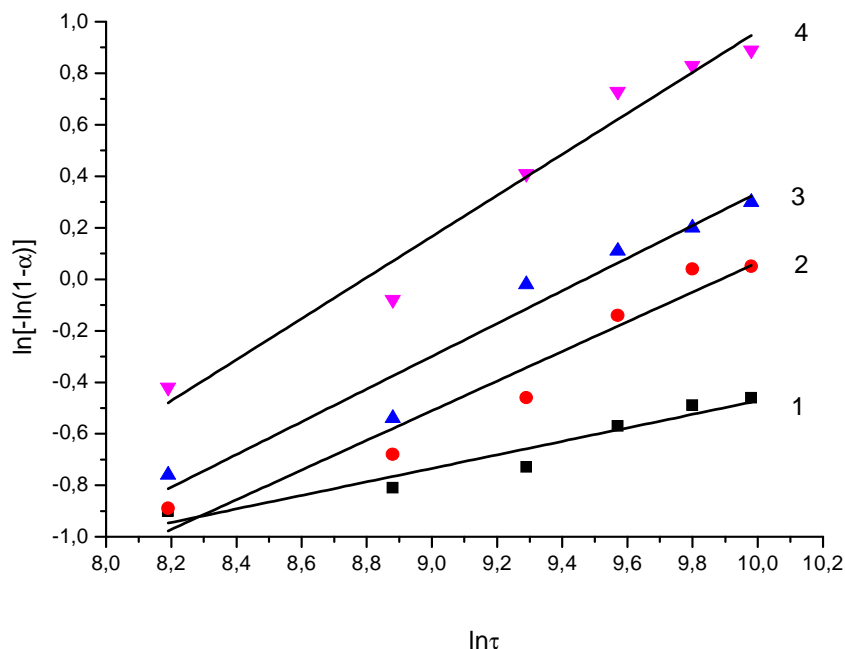


Рис. 2 – Кинетические анаморфозы реакции ацилирования целлюлозы ϵ -аминокапроновой кислотой: 1 – при 30⁰С; 2 – при 35⁰С; 3 – при 40⁰С; 4 – при 45⁰С

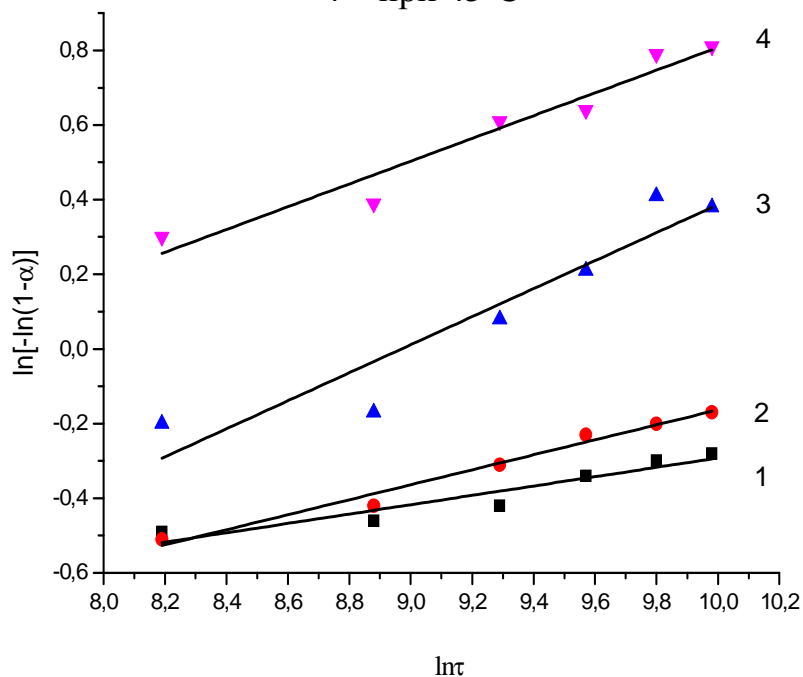


Рис. 3 – Кинетические анаморфозы реакции ацилирования ЛЦМ ϵ -аминокапроновой кислотой: 1 – при 30⁰С; 2 – при 35⁰С; 3 – при 40⁰С; 4 – при 45⁰С

Рассчитанные константы скоростей реакции ацилирования целлюлозы и ЛЦМ по методу Саковича приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения констант скоростей реакции ацилирования целлюлозосодержащего сырья смесью «ε-аминокапроновая кислота – тионилхлорид – трифторуксусная кислота»

Целлюлозосодержащее сырьё	Константа скорости реакции ацилирования, 10^4 с^{-1}			
	30	35	40	45
целлюлоза	0,017	0,26	0,4	1,2
ЛЦМ	0,0007	0,03	1,8	8,8

Термодинамические параметры активированного комплекса реакции ацилирования целлюлозосодержащих материалов смесью «ε-АКК – тионилхлорид – трифторуксусная кислота» представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Термодинамические параметры активированного комплекса реакции ацилирования целлюлозосодержащих материалов смесью «ε-АКК – тионилхлорид – трифторуксусная кислота»

Целлюлозосодержащее сырьё	Энтальпия активации (ΔH^\ddagger), кДж/моль	Энтропия активации (ΔS^\ddagger), Дж/(моль·К)	Свободная энергия активации (ΔG^\ddagger), кДж/моль
целлюлоза	172,01	218	104,20
ЛЦМ	607,31	1612	101,70

Исходя из данных таблицы 2, следует, природа целлюлозосодержащего сырья не оказывает существенного влияния на свободную энергию активации, т.к. значение ΔG^\ddagger в случае ацилирования целлюлозы и ЛЦМ примерно одинаковое. Положительные значения величин ΔH^\ddagger и ΔS^\ddagger свидетельствуют о быстром достижении переходного состояния активированного комплекса. Относительно низкие значения термодинамических параметров при ацилировании непосредственно целлюлозы, свидетельствуют, о более плотной упаковке и развитой надмолекулярной структуре целлюлозы по сравнению с ЛЦМ.

Синтезированные сложные эфиры целлюлозы с ε-АКК представляют собой волокнистые или пленкообразные материалы (в зависимости от степени замещения), хорошо растворимые в воде и этиловом спирте. Анализ плёнок ε-аминокапроната целлюлозы методом ИК-спектроскопии показал наличие интенсивной полосы в области примерно 3433 см^{-1} , что соответствует валентным колебаниям связей N–H в СЭЦ и связей O–H в целлюлозе. Полосы поглощения в области 1715 см^{-1} , соответствует валентным колебаниям

карбонильной группы в сложных эфирах целлюлозы. Поглощение в области 2800–2900 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям связей С–Н в ацильном радикале ε-аминокапроноват целлюлозы.

В спектре ЯМР ¹³С полученных сложных эфиров целлюлозы зарегистрированы четкие сигналы в области δ=20–180 м.д. Спектр ε-аминокапроната целлюлозы состоит из трех областей: область ядер ¹³С метиленовых групп (δ=20–44 м.д.), область ядер углерода пиранозного кольца (δ=58–110 м.д.) и область ядер ¹³С карбонильных групп сложного эфира (δ=170–178 м.д.). В спектре ЯМР ¹³С ε-аминокапроната целлюлозы, полученного ацилированием ЛЦМ зарегистрированы аналогичные сигналы, при этом интенсивность сигналов в области δ=20–44 м.д. и δ=170–178 м.д. значительно ниже, что связано с более низкой степенью замещения.

Таким образом, путём обработки целлюлозосодержащего сырья смесью «ε-аминокапроновая кислота – тионилхлорид – трифторуксусная кислота», получены сложные эфиры целлюлозы с ε-аминокапроновой кислотой.

1. Косенкова С.А. Исследование закономерностей каталитических реакций ε-капролактама со спиртами. Диссертация канд. хим. наук, Волгоград, 2007.

2. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров. СПб., 1999. – 624 с.

3. Пат. № 2186784 Российская Федерация. Способ получения сложного эфира целлюлозы / Шабалин В.Г., Чемерис М.М., Чемерис Н.А., Гузеев Н.Ю., Саньков Р.В., Коньшин В.В., Опубликовано: 10.08.2002. Бюл. № 22.

4. Пат. № 2282635 Российская Федерация. Способ получения сложного эфира целлюлозы с аминоксусной кислотой / Ермоленко В.Н., Беушев А.А., Коньшин В.В., Чемерис М.М. Опубликовано: 27.08.2006. Бюл. № 24.

5. Князева Н.В., Коньшин В.В., Чемерис Н.А., Чемерис М.М. Изучение условий синтеза сложных эфиров целлюлозы с алифатическими оксикислотами из древесины осины // Журнал прикладной химии. С.-Петербург: «Наука» РАН, 2008. т. 81. – Вып. 6. – С. 1047–1049.

6. Розовский А.Я. Кинетика топохимических реакций. – М.: Химия. – 1974. – 220 с.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ПОДВИЖНОСТЬ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Протопопов А.В., канд. хим. наук, Клевцова М.В.

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

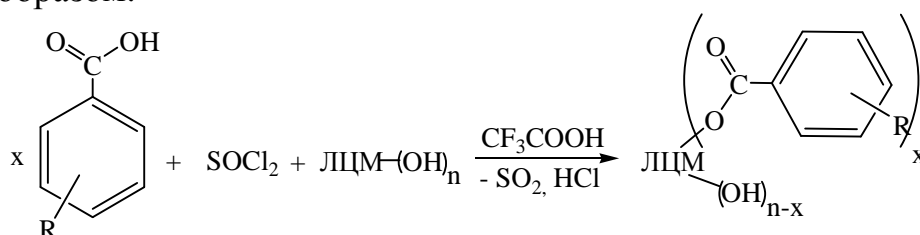
*656038, Российская Федерация, Алтайский край, г.Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: vadandral@mail.ru*

В настоящее время исследование новых методов синтеза сложных эфиров целлюлозы с различными карбоновыми кислотами непосредственно из древесной массы представляет актуальную задачу как одно из направлений переработки отходов лесоперерабатывающей промышленности. Наиболее исследованными в настоящее время представителями сложных эфиров

целлюлозы с ароматическими карбоновыми кислотами (АКК) являются бензоаты и фталаты целлюлозы, нашедшие практическое применение. О синтезе сложных эфиров целлюлозы с замещёнными АКК в литературе встречаются лишь единичные сведения, хотя известно, что данные сложные эфиры также обладают многими ценными качествами, делающими их значимыми для практического использования. Физико-химические свойства сложных эфиров целлюлозы с ароматическими кислотами в литературе не описаны, что затрудняет рассмотрение способов их переработки для получения изделий промышленного назначения.

Проведённые нами исследования [1] показали возможность синтеза сложных эфиров целлюлозы с ароматическими карбоновыми кислотами непосредственно из предгидролизованной древесины осины (лигноцеллюлозный материал – ЛЦМ). При этом в качестве агентов ацилирования были использованы непосредственно карбоновые кислоты, которые являются более устойчивыми и доступными реагентами, по сравнению с хлорангидами и ангидридами карбоновых кислот.

Сложные эфиры целлюлозы с ароматическими карбоновыми кислотами были получены обработкой ЛЦМ смесью «ароматическая карбоновая кислота – тионилхлорид – трифторуксусная кислота» по методике, представленной в работе [2]. Процесс ацилирования ЛЦМ АКК можно представить следующим образом:



где R = -(2 или 4)NH₂; -(2 или 4)OH; -(2)COOH; -(2)OH и -(5)SO₃H, -(5)NH₂.

Образующиеся в результате реакции ацилированные ЛЦМ подвергались делигнификации с целью выделения сложных эфиров целлюлозы.

Для исследования характера молекулярной подвижности, а также температурных переходов синтезированных эфиров целлюлозы нами анализировались диэлектрические свойства. Анализ и обработку результатов эксперимента проводили по методике, описанной в работе [3]. Для идентификации переходов использовали известные литературные данные. Следует отметить, что вследствие термического разложения образцов при температурах фактически совпадающими с температурами фазового перехода сложного эфира целлюлозы, α-переход можно выделить только приближенно до температуры разложения. Результаты измерений представлены в таблице.

В данной таблице (и далее в тексте) приняты следующие обозначения: T_n – характеристическая температура перехода; T₁, T₂ и ΔT – соответственно температурные границы и ширина перехода; E_a – энергия активации.

Исследования теплофизических свойств полученных сложных эфиров целлюлозы с АКК методом тангенса диэлектрических потерь показали неоднозначное поведение образцов. Так, для сложных эфиров с АКК, имеющими

в своем составе аминогруппу, наблюдается снижение температуры релаксации макромолекулярных цепей (таблица 1) по сравнению с температурой релаксации для древесины осины. Для сложных эфиров, содержащих АКК с гидроксильным заместителем, наблюдается увеличение температуры плавления. Аналогичное наблюдается и для сложных эфиров с 5-аминосалициловой и фталевой кислотами.

Температурные границы и энергия активации релаксационных переходов в сложных эфирах целлюлозы и предгидролизованной древесины осины

Кислота, содержащаяся в связанном виде в сложном эфире целлюлозы	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_p, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	ΔT	$E_a,$ кДж/моль
п-аминобензойная кислота	61	76	91	30	68
	96	104	112	16	148
	153	169	185	32	102
	204	215	226	22	180
	245	255	264	19	244
	275	-	-	-	-
п-оксибензойная кислота	38	89	140	102	21
	228	-	-	-	-
5-аминосалициловая кислота	39	59	78	39	47
	83	104	124	40	66
	192	200	207	15	248
	213	225	236	23	179
	242	-	-	-	-
о-аминобензойная кислота	188	197	206	18	204
	211	-	-	-	-
о-оксибензойная кислота	48	66	84	36	53
	245	257	268	23	80
	272	-	-	-	-
о-фталевая кислота	242	260	278	36	131
	280	-	-	-	-
предгидролизованная древесина осины	24	33	43	19	82
	75	84	93	18	118
	123	137	151	28	100
	213	222	232	19	214

Для п-аминобензоатов целлюлозы (рис. 1) можно выделить температурный переход в интервале 61-102 °С, связанный с разрывом водородных связей и изменением надмолекулярной структуры макромолекул. В интервале 153-185 °С происходит релаксация сегментов макромолекул, что соответствует температуре текучести сложного эфира целлюлозы. При температурах 215-226 °С происходит накопление деформации и расстекловывание остатков целлюлозы. В области более высоких температур асимметричную зависимость тангенса угла диэлектрических потерь можно связать с процессом молекулярного течения полимерной матрицы ЛЦМ. Дальнейшее повышение температуры приводит к разложению образца.

Исходя из появления температурного перехода в интервале температур 215-226 °С можно предположить, что ацилирование ЛЦМ п-аминобензойной кислотой происходит неравномерно. Введение п-аминобензойной кислоты в целлюлозу существенно снижает температурный интервал релаксации структурных звеньев целлюлозы.

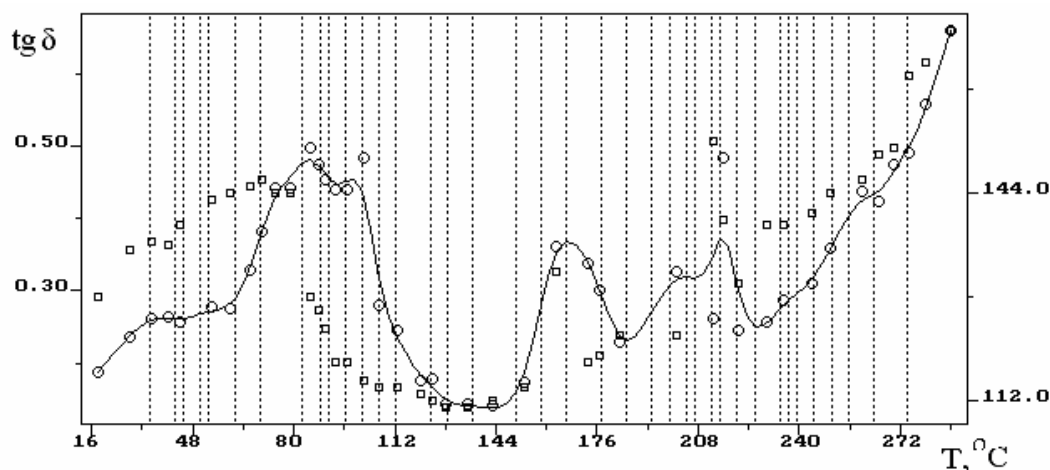


Рис. 1 – Температурная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь п-аминобензоата целлюлозы

Проведенный анализ температурной зависимости для п-оксибензоатов целлюлозы обнаружил сходство с температурными переходами, характерными для п-аминобензоатов целлюлозы. Для сложного эфира целлюлозы с п-оксибензойной кислотой также присутствует низкотемпературный переход в области 38-140 °С, связанный с разрушением водородных связей между аминогруппой связанной ароматической кислоты и гидроксилами целлюлозы и протекающими надмолекулярными превращениями структурной цепи сложного эфира.

При температурах более 190 °С начинается накопление деформаций в макромолекулах полимера. Дальнейшее повышение температуры приводит к разложению образца, вследствие чего трудно сказать о характере протекающих взаимодействий.

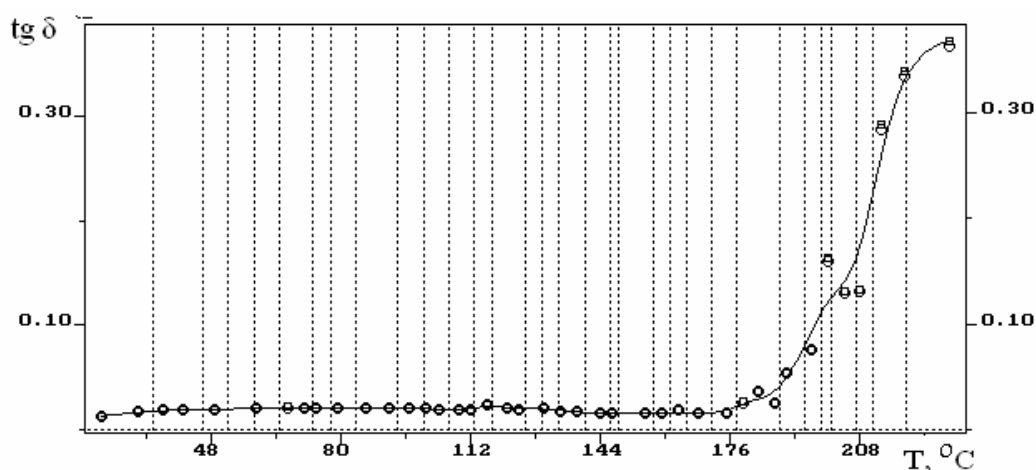


Рис. 2 – Температурная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь о-аминобензоата целлюлозы

Температурная зависимость 5-аминосалицилата целлюлозы схожа по своему поведению с температурными зависимостями для сложных эфиров с АКК имеющими заместитель в пара-положении. В области температур 39-78°C и 83-124 °C наблюдаются температурные переходы, соответствующие разрыву водородных связей между ароматической кислоты и гидроксилами целлюлозы. В интервалах 192-207 °C и 213-236 °C возможно происходит накопление деформаций в макромолекулах и релаксация структурных цепей целлюлозы. При температуре 242 °C происходит переход сложного эфира в вязкотекучее состояние, заканчивающееся при температурах близких к 280 °C разложением.

Для о-аминобензоатов и о-оксибензоатов целлюлозы (рис. 2) наблюдается несколько иная картина. На температурной зависимости тангенса диэлектрических потерь для обоих эфиров низкотемпературные переходы не выявлены, что свидетельствует об отсутствии внутримолекулярных превращений.

В интервале температур 188-206 °C, для о-аминобензоата целлюлозы, происходит размораживание сегментов цепи макромолекул сложного эфира целлюлозы, что соответствует началу плавления полимера. Сделать более широкие выводы не представляется возможным вследствие разложения образца.

Для о-оксибензоатов целлюлозы в интервале 245-268 °C происходит релаксация макромолекул сложного эфира, что соответствует переходу в вязкотекучее состояние.

Температурная зависимость для фталатов целлюлозы подтверждает закономерность для сложных эфиров целлюлозы, содержащих АКК с заместителем в орто-положении, и характеризуется отсутствием низкотемпературных переходов. На зависимости можно выделить температурный переход в области 242-278 °C, ответственный за релаксацию макромолекул сложного эфира. При температурах, превышающих 280 °C, наступает разложение образца.

С использованием метода определения тангенса угла диэлектрических потерь изучены температурные переходы сложных эфиров целлюлозы с ароматическими карбоновыми кислотами. Выявлено влияние природы заместителя на температуру текучести сложных эфиров целлюлозы. Для слож-

ных эфиров целлюлозы, содержащих аминогруппу, наблюдается снижение температуры текучести, а для содержащих оксигруппу наблюдается повышение температуры текучести по сравнению с релаксационным переходом в древесине осины. Установлено влияние положения заместителя на низкотемпературные релаксационные процессы, проявляющиеся у сложных эфиров целлюлозы с ароматическими карбоновыми кислотами, имеющими пара- и метазаместители в бензольном кольце.

1. Протопопов А.В. Получение сложных эфиров целлюлозы с ароматическими карбоновыми кислотами из целлюлозосодержащего сырья. Автореферат дис. канд. хим. наук, Барнаул, 2010. – 20 с.

2. Протопопов А.В., Коньшин В.В., Чемерис М.М. // Журнал прикладной химии. – 2005. – Т. 78, вып. 10. – С. 1748-1749.

3. Беушев А.А., Коньшин В.В., Чемерис Н.А., Чемерис М.М., Скурыдина Е.М., Коваленко А.А. // Пластические массы, 2008. – № 4. – С. 37-39.

4. D.A.Goring. Thermal softening of lignin, hemicellulose and cellulose // Pulp and Paper Mag. Canada. 1963. – Vol. 64. № 12. – P. 517–527.

ФУРАНОВЫЕ ДОБАВКИ В КИСЛОТОСТОЙКИЕ РАСТВОРЫ И БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА

Волювач С.В., канд. техн. наук, Золотов М.С., канд. техн. наук, проф., Шелковин А.А.

*Харьковская национальная академия городского хозяйства
61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12
E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua*

Основными достоинствами фурановых смол (олигомерных и полимерных соединений) являются универсальная химическая стойкость к кислотам, щелочам, солям и растворителям, высокая теплостойкость (до 200-240⁰С по Мартенсу) и термостойкость (до 480-490⁰С для пресс материалов на основе стекловолокна, асбеста и графита), а также хорошие физико-механические показатели.

Для характеристики химстойкости достаточно отметить, что на фурановые цементы не действуют даже при нагревании дл 120⁰С следующие кислоты: 100%-ные уксусная, масляная, олеиновая, стеариновая; жирные кислоты, содержащие более шести атомов углерода в молекуле; 90%-ная муравьиная, 85%-ная орто-фосфорная, 50%-ная серная, 40%-ная соляная, фтористоводородная и бромистоводородная; 25%-ная молочная, малеиновая и синильная, 20%-ная щавелевая, 10%-ная хлоруксусная, лимонная и бензолсульфокислота.

Концентрированные щелочи (гидроксиды натрия, калия, кальция) при нагревании до 100⁰С не разрушают фурановые цементы, а водные растворы кислых, основных и нормальных солей не влияют на них при нагревании до 120⁰С.

Таким образом, фурановые полимеры имеют более универсальную химическую стойкость по сравнению с жидкостекольными композициями, которые нельзя использовать в щелочных средах из-за разрушения полимерных силикатных цепей орто-кремниевой кислоты.

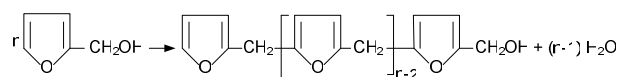
Эти особенности обусловлены химическим строением отвержденных фурановых смол, которые под действием кислых катализаторов образуют твердые и неплавкие продукты, имеющие пространственно сшитую трехмерную структуру за счет раскрытия, в основном, двойных связей фуранового кольца. Поэтому характерным свойством полимерминеральных композиций, содержащих фурановые полимеры, является их упрочнение в начальный период эксплуатации строительных конструкций в кислых средах.

Ввиду вышеизложенного понятно, что интерес к фурановым смолам, возникший в 1950-60 гг. не только не ослабевает, но постоянно расширяется из-за все новых областей применения конструктивных строительных материалов на их основе – полимербетонов, полимеррастворов, полимерзамазок, мастик, клеев, лаков и пресс материалов, используемых в производствах с химически агрессивными средами при высоких температурах.

В этой связи представляет практический интерес использование фурановых соединений, в частности фурфурилового спирта, в качестве модифицирующих добавок к широко распространенным на практике кислотоупорным растворам и бетонам на основе силиката натрия и кремнефтористого натрия.

Это позволяет повысить как механическую прочность, так и теплостойкость жидкостекольных композиций за счет трехмерной сшивки минеральной силикатной матрицы с помощью фуранового полимерного каркаса, а также расширить области их применения в различных химически агрессивных средах.

Фурфуриловый спирт, имеющий неограниченную растворимость в воде, при добавлении в раствор жидкого стекла под влиянием избирательных инициаторов отверждения, например, некоторых производных карбамида, способен к аутоконденсации даже без нагревания с образованием, в основном, линейных макромолекул полифурфурилового спирта:



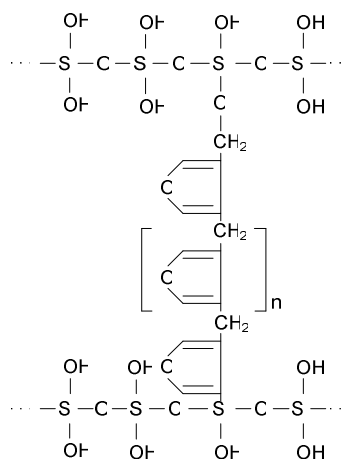
Образующаяся фурфуриловая смола кроме низкомолекулярного полифурфурилового спирта содержит также олигомерные продукты (димер, тример, тетрамер фурфурилового спирта) и поточные продукты - фурфуриловый эфир и дифурфурилметан.

Кроме того, в результате раскрытия фуранового кольца накапливается левулиновая кислота $\text{CH}_3\text{---CO---CH}_2\text{---CH}_2\text{---COOH}$, которая служит аутокатализатором конденсации фурфурилового спирта, так как она подобно другим оксокислотам имеет более сильные кислотные свойства по сравнению с исходной

карбоновой кислотой из-за сильного электроно-акцепторного влияния оксо-группы $\text{C}=\text{O}$, обладающей резко выраженными –J– и –T– эффектами.

В минеральной матрице кроме механического совмещения цепей неорганических и органических полимеров в отдельных узлах возможно образование поперечных химических связей между ними.

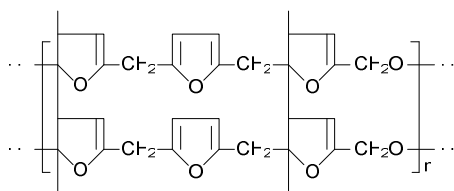
Поскольку макромолекулы поликремниевой кислоты и полифурфурилового спирта содержат реакционно способные гидроксильные группы возможна их совместная поликонденсация с образованием пространственных сшивок:



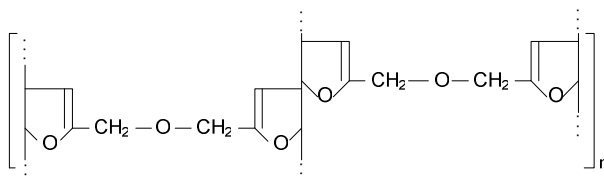
Степень полимеризации полифурфурилового спирта (при $n = 0$ – димер; $n = 1$ – тример; $n = 2$ – тетрамер и т.д.) характеризует длину пространственного мостика между макромолекулами и может изменяться в полимерном зигзагообразном клубке совершенно хаотически.

На конечной стадии отверждения, с одной стороны, продолжается поликонденсация за счет взаимодействия боковых OH-групп макромолекул поликремниевой кислоты с образованием разветвленных и трехмерных структур, т.е. сопровождается укрупнением мицелл. В результате этого золь постепенно переходит в гель $\text{Si}(\text{OH})_4$, обладающий высокоразвитой поверхностью и химической активностью в момент выделения. Гель обволакивает поверхность зерен минерального наполнителя, прочно адсорбируясь на ней, и тем самым связывает частицы наполнителя в плотный и прочный конгломерат. При этом из силикатной массы удаляется не только вода, содержащаяся в жидком стекле в химически связанном состоянии, но и вода, адсорбированная гелем $\text{Si}(\text{OH})_4$, вплоть до создания в процессе синерезиса пространственного каркаса из аморфного SiO_2 , часть которого со временем переходит в кристаллическую фазу.

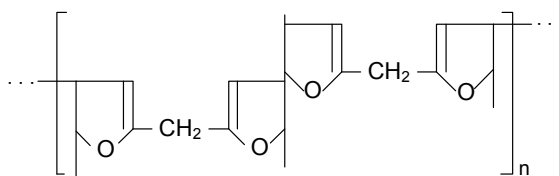
С другой стороны, начинается полимеризация макромолекул полифурфурилового спирта с образованием трехмерных структур за счет раскрытия двойных связей фурановых ядер:



Полимеризации подвергаются и другие компоненты отвержденной фуриловой смолы, например, вышеупомянутые фурфуриловый эфир:



и дифурилметан:



с образованием олигомерных смолистых продуктов трехмерной структуры.

В результате процессов полимеризации значительно упрочняется пространственно сшитый каркас из фурановых смол.

ПОВЫШЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНЫХ ДИСПЕРСИЙ

Волювач С.В., канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12

E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

подавляющую часть производимого в мире поливинилацетата (ПВА) поставляют потребителям в виде водных дисперсий.

При этом основным потребителем поливинилацетатных дисперсий (ПВАД) является строительство, на долю которого, например, в странах Западной Европы приходится 60-65% производимых дисперсий на основе гомополимеров и сополимеров винилацетата. Их применяют в качестве добавок к бетонам, изготовления наливных полов, клеев, покрытий и др.

В строительстве используют, главным образом, грубодисперсные ПВАД с размером частиц 1-3 мкм, поскольку они, в отличие от мелкодисперсных систем (латексов) с размером частиц 0,05-0,5 мкм, устойчивы к действию электролитов, в частности минеральных солей и гидроксида кальция,

присутствующих в цементных композициях, не подвергаются коагуляции при низких температурах, а также хорошо совмещаются с различными наполнителями и пигментами.

Стабильность грубых ПВАД обусловлена применением при их производстве эмульсионным методом в качестве защитных коллоидов и эмульгаторов водорастворимых полимеров – чаще всего поливинилового спирта (ПВС) или гидроксиэтилцеллюлозы.

Очевидными достоинствами дисперсий по сравнению с растворами ПВА является их низкая вязкость в пределах 200-60000 сПз, что позволяет повысить содержание сухого вещества до 45-60%, более высокая молекулярная масса полимеров, чем у полимеров в растворе, высокая связывающая способность, нетоксичность и невоспламеняемость благодаря отсутствию в них легколетучих растворителей.

Сам по себе поливинилацетат является водостойким полимером, а клеи в виде его растворов (в спирте и др.) обеспечивают достаточную водостойкость клеевых соединений. Однако наличие в составе гомополимерных ПВАД поливинилового спирта обуславливает их низкую водостойкость.

По некоторым данным ПВС в дисперсиях находится как в связанном, так и в свободном состояниях.

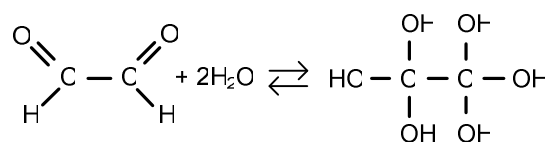
Связанные (активные) молекулы ПВС адсорбированы на поверхности глобул, представляющих собой агрегаты макромолекул ПВА, которые образуются в результате совместного скручивания нескольких макромолекул или присоединения друг к другу отдельных скрученных макромолекул. Эти связанные молекулы ПВС создают структурно-механический барьер, препятствующий коагуляции глобул и обуславливающий агрегативную устойчивость дисперсий даже при наличии неблагоприятных вышеупомянутых факторов.

Свободные (избыточные) молекулы ПВС растворены в водной дисперсионной среде. Поэтому введение модифицирующих добавок, блокирующих гидроксильные группы ПВС, находящегося в растворенном состоянии, позволяет повысить водостойкость отвержденных ПВАД и, следовательно, композиций на их основе.

Одним из способов связывания гидроксильных групп свободных молекул ПВС является их ацеталирование с помощью диальдегидов.

Наиболее подходящим для этого, вероятно, является глиоксаль (этандиаль), поскольку образование ацеталей протекает тем легче, чем ближе расположены соседние электронооттягивающие оксогруппы, т.е. химическая активность α -диальдегида (этандиаля) больше, чем у β -диальдегида (пропандиаля) и тем более γ -диальдегида (бутандиаля).

Следует отметить, что глиоксаль является латентным модификатором, ацеталирующее действие которого проявляется при уменьшении содержания воды в дисперсии до 20-25%. При избытке воды в исходной дисперсии глиоксаль присоединяет по одной молекуле воды к каждой альдегидной группе:



и поэтому не образует ацеталей даже при длительном хранении модифицированной ПВАД в герметичной таре, т.е. находится в дисперсии в исходном виде, не повышая ее вязкости.

Ацеталирующее действие глиоксаля проявляется в процессе синерезиса дисперсии, сопровождающегося уплотнением пространственной сетки, которая образуется между глобулами поливинилацетата.

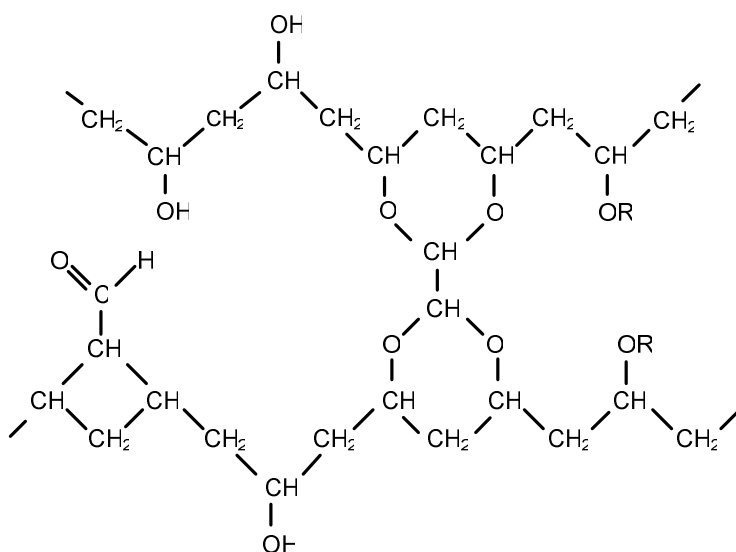
В отличие от моноальдегидов (формальдегид и др.) модифицирующее действие глиоксаля в процессе ацеталирования сводится к нескольким аспектам.

Во-первых, глиоксаль способен к образованию простых ацеталей подобно взаимодействию моноальдегидов с гидроксильными группами свободного ПВС, т.е. глиоксаль может реагировать лишь одной карбонильной группой.

Во-вторых, при взаимодействии обеих альдегидных групп глиоксаля с ОН-группами поливинилового спирта образуются двойные ацетали, представляющие собой пространственные мостики между линейными макромолекулами ПВС, что повышает водостойкость дисперсии.

В-третьих, образующиеся в результате поликонденсации двойные ацетали по сути являются внутренними пластификаторами подобно некоторым сополимерам ПВА, например, этилена, в сополимерных дисперсиях типа СВЭД, что позволяет либо уменьшить содержание в гомополимерных дисперсиях внешних пластификаторов (фталатов, себацинатов и др.), либо отказаться от них.

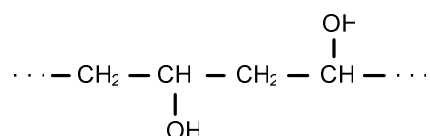
Образование трехмерных структур, обладающих пониженной растворимостью в воде, при взаимодействии макромолекул ПВС с глиоксалем, который служит сшивающим агентом, можно, вероятно, представить схемой:



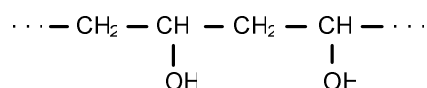
Здесь R – остаточные ацетатные группы $\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$, не подвергшиеся гидролизу при получении поливинилового спирта из поливинилацетата (ПВС, хорошо растворяющийся в воде, содержащей 5-20% остаточных ацетатных групп).

Реальные макромолекулы ПВС имеют зигзагообразную форму, хаотически скрученную в спираль или скорее в клубок за счет возможности самопроизвольного вращения полимерной цепи вокруг одинарных С-С связей для достижения выгодной стереоконфигурации.

Это позволяет с помощью глиоксаля сшивать в пространственные структуры макромолекулы ПВС, содержащие как участки синдиотактической структуры:



так и изотактической структуры:



а также атактической структуры с хаотическим расположением гидроксильных групп вдоль макромолекулы поливинилового спирта.

Наличие всех этих стереоизомеров характерно для ПВС, получаемого омылением поливинилацетата и используемого, в основном, для приготовления гомополимерных ПВАД.

В этом заключается его существенное отличие от ПВС, приготовленного, например, из поливинилформиата и имеющего, как правило, синдиотактическую структуру, и ПВС, полученного из поливинилбензилового эфира и имеющего преимущественно изотактическую структуру.

Глиоксаль добавляют в ПВАД в виде 20-30%-го водного раствора в количестве 2-4% от массы сухого остатка поливинилацетата, хотя ацеталирующее действие его начинает проявляться уже при 0,5%. В результате модификации глиоксалем водостойкость гомополимерной поливинилацетатной дисперсии повышается в 7-12 раз, что зависит, во многом, от технологических параметров получения исходной ПВАД.

Следует также отметить, что важным преимуществом глиоксаля как модифицирующей добавки является то, что в отличие от формальдегида он нетоксичен и нелетуч, не требует нагревания дисперсии до 50-70⁰С для протекания реакции ацеталирования. Ацеталирующее действие глиоксаля проявляется при обычной температуре в широком диапазоне водородного показателя рН = 1-8, в то время как у формальдегида только в кислой среде, которая вызывает коррозию как металлической арматуры, так и цементного бетона в результате выщелачивания геля гидроксида кальция.

СЕКЦИЯ 2

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАСТМАСС И ПОЛИМЕРОВ

ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ КЛЕЕВОЙ АНКЕРОВКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ

Шутенко Л.Н., *д-р техн. наук, проф.*, **Золотов М.С.**, *канд. техн. наук, проф.*, **Скляр В.А.**, *канд. техн. наук*, **Шишкин Э.А.**, **Коремян О.Н.**
Харьковская национальная академия городского хозяйства
61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12
E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

Применение акриловых клеев повышает прочность клеевой анкеровки арматурных стержней в бетон до 30 %. В связи с этим возникла возможность создания анкерного соединения, обеспечивающего экономию металла. Экспериментально установлено, что прочность заделки арматурных стержней серповидного профиля класса А500С в бетон акриловыми клеями обычных составов, равная прочности стали на растяжение, обеспечивается при глубине заделки анкера $l_{анк} = 22,5d_s$.

С целью выявления оптимальной глубины заделки арматурных стержней проводилось исследование прочности клеевой анкеровки в зависимости от глубины их заделки в железобетонные образцы, которые изготавливались из бетона класса В20. Продольное армирование железобетонных образцов осуществлялось, исходя из предполагаемых величин разрушающих усилий анкерного соединения, стальными стержнями $\varnothing 20$ А240С при глубине заделки анкера до $10d_s$ и $\varnothing 24$ А240С – свыше $10d_s$. Поперечное армирование осуществлялось стержнями $\varnothing 3$ и $\varnothing 10$ А240С. Арматура $\varnothing 10$ А240С для поперечного армирования была принята с учетом возникающих радиальных напряжений в бетоне.

В качестве образцов-анкеров брали арматурные стержни серповидного профиля класса А500С диаметром с $d_s = 16$ мм со следующими характеристиками: предел текучести – 500 МПа, предел прочности 605 МПа. Для анкеровки арматурных стержней использовали акриловый клей повышенной адгезионной и когезионной прочности. Толщина клеевого слоя принималась 8 мм. Было изготовлено восемь серий образцов анкерных соединений с заделкой арматурных стержней акриловым составом на глубину $l_{анк} = 5d_s, 10d_s, 15d_s, 17,5d_s$. В каждой серии по 6 образцов. Всего было изготовлено 48 образцов.

Результаты испытаний прочности образцов анкерного соединения в случае анкеровки в железобетонные призмы арматуры серповидного профи-

ля класса А500С представлены в таблице. Анализ этих данных показывает следующее.

№ серии	Диаметр поперечной арматуры, мм	Глубина заделки, мм		Среднее значение прочности анкерного соединения, МПа	Характер разрушения
		$l_{анк.}$, мм	$l_{анк.}/d_s$		
I	3	100	5	224,5	Конусный выкол
II	3	200	10	348	Конусный выкол по контакту клей-бетон
III	3	300	15	546	Конусный выкол по контакту клей-бетон, разрушение ж.б. образца
IV	3	400	17,5	615	Разрыв стержня
V	10 А-I	100	5	266	Конусный выкол
VI	10 А-I	200	10	492	Конусный выкол по контакту клей-бетон
VII	10 А-I	300	15	588	Конусный выкол по контакту клей-бетон, разрушение ж.б. образца
VIII	10 А-I	400	17,5	639	Разрыв стержня

Разрушение всех образцов анкерных соединений при $l_{анк} = 5d_s$ происходило в результате разрушения по контакту клей-бетон с образованием небольшого конуса вырыва бетона вокруг клеевой обоймы (возле загруженного конца анкера) и образования трещин в бетоне. В момент разрушения анкерных соединений средние значения нормальных осевых растягивающих напряжений на загруженном конце анкера были равны при поперечном армировании железобетонного образца арматурой $\varnothing 3$ мм 224,5 МПа для I серии, а при поперечной арматуре $\varnothing 10$ А240С – 266 МПа для V серии образцов.

Разрушение образцов анкерных соединений при $l_{анк} = 10d_s$ происходило в результате разрушения бетона по контакту клей-бетон с образованием конуса вырыва бетона вокруг клеевой обоймы. В этом случае средние значения нормальных осевых растягивающих напряжений на загруженном конце анкера были равны соответственно $\sigma_s = 348$ МПа (I серия) и $\sigma_s = 492$ МПа (V серия).

Разрушение образцов анкерных соединений при $l_{анк} = 15d_s$ происходило: при анкерровке стержня в железобетонный образец с поперечным армированием $\varnothing 3$ мм в результате разрушения бетона по контакту клей-бетон с образованием конуса вырыва вокруг клеевой обоймы ($\sigma_s = 476$ МПа); при анкерровке стержня в железобетонный образец с поперечным армированием $\varnothing 10$ А240С образцы анкерного соединения разрушались в результате разрыва анкера с образованием конуса вырыва бетона вокруг клеевой обоймы

($\sigma_s = 588$ МПа). При этом растягивающие напряжения в арматурном стержне во всех случаях было $\sigma_s \geq \sigma_{sn}$ где σ_{sn} – нормативное сопротивление растяжению арматурных стержней класса А500С.

Разрушение анкерных соединений при $l_{анк} = 17,5d_s$ происходило в результате разрыва арматурного стержня с образованием конуса вырыва бетона вокруг клеевой обоймы и трещин в бетоне возле загруженного конца анкера. В момент разрушения анкерных соединений средние значения нормальных осевых растягивающих напряжений на загруженном конце анкера были равны $\sigma_s \approx \sigma_b = 600$ МПа, то есть, равны временному сопротивлению арматурного стержня при разрыве.

Анализ результатов испытаний прочности анкерных соединений показал следующее. Уже при заделке арматуры серповидного профиля класса А500С в бетон класса В20 на глубину $l_{анк} = 15d_s$ разрушение образцов анкерного соединения происходит при $\sigma_s = 546$ МПа (для железобетонных образцов с поперечным армированием стержня $\varnothing 3$ А240С), что является удовлетворительным, так как это значение выше нормативного сопротивления растяжению арматуры класса А500С $\sigma_{sn} = 600$ МПа. При этом образцы анкерных соединений разрушались в результате разрыва арматурных стержней. При $l_{анк} = 17,5d_s$ разрушение всех образцов анкерного соединения на акриловом клее для обоих случаев армирования железобетонных призм происходило в результате разрыва арматурных стержней.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СКЛОПЛАСТИКОВОГО ПРОФІЛЮ

**Пічугін С.Ф., д-р техн. наук, проф., Бойко Є.М., Горова Т.С.,
Терегеря М.В.**

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
36011, Україна, м.Полтава, пр-т Першотравневий, 24
E-mail: pichugin_sf@mail.ru*

Постановка проблеми. Конструкційні пластмаси в будівництві застосовують у складі елементів різних несучих та огорожуючих конструкцій [1, 4]. До них відносяться: склопластики, пінопласти, оргскло, вініпласт, повітро- і водонепроникні тканини і плівки, деревні пластики тощо.

З відомих у будівництві пластиків для дослідження було обрано композиційний матеріал склопластик, який являє собою листовий матеріал, що складається із скляних волокон або тканин, зв'язаних синтетичною смолою.

Склопластик характеризується такими основними властивостями:

- високі міцнісні характеристики, жорсткість, ударостійкість;
- довговічність, стійкість до впливу водного середовища і хімічна стійкість;

- відчутно менша маса виробів порівняно з аналогічними із традиційних матеріалів (питома маса склопластиків коливається в межах $0,4 \dots 1,8 \text{ г/см}^3$ і в середньому становить $1,1 \text{ г/см}^3$);
- висока вогнестійкість, згідно з пунктом 2.3 [3] композиційні вироби із скловолокнистих матеріалів належать до групи Г1 (низької горючості).

Залежно від виду і розташування наповнювача розрізняють склопластики на основі рубаних волокон, тканини (склотекстоліти), скловолокна тощо. Склопластик на основі орієнтованих волокон – фіберглас – складається зі скляного наповнювача і синтетичного полімерного зв'язуючого. При цьому наповнювачем в основному служать скловолокна у вигляді ниток, джгутів; зв'язуючим матеріалом – епоксидні, поліефірні смоли і т.д. [1, 2]. На основі попередніх публікацій можна зробити висновок, що властивості фібергласу вивчені не повністю, що дає підґрунтя для подальших досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання склопластиків у будівництві має багато техніко-економічних переваг, завдяки яким вони використовуються в будівництві у вигляді огорожувальних конструкцій (стінових і покрівельних панелей), несучих будівельних конструкцій, архітектурно-будівельних деталей та виробів, санітарно-технічних виробів, декоративно-облицювальних матеріалів, арматури й опалубки для бетонних конструкцій [1, 2].

Склопластики можуть сприймати знакозмінні періодичні навантаження, такі як вітрові, снігові навантаження, які виникають при виконанні ремонтних робіт [4]. На відміну від традиційних конструктивних елементів – балок і колон – елементи із склопластику легко утворюють найбільш ефективні в експлуатації просторові конструкції (рис. 1) [5, 6, 7]. Актуальним є розширення застосування склопластиків, зокрема фібергласу, в несучих будівельних конструкціях.



Рис. 1 – Приклад застосування склопластику у будівництві

Метою експериментальних досліджень було вивчення роботи склопластикового профілю та болтових з'єднань таких профілів у процесі завантаження, визначення характеру руйнування зразків і болтового з'єднання.

Виклад основного матеріалу. Для визначення властивостей фібергласу проводилися випробування стандартних зразків, які виготовлялися в кількості, достатній для оцінювання мінливості властивостей склопластику, за-

лежно від товщини листів. З метою вивчення однорідності механічних властивостей за довжиною профілю заготовки для зразків брали вздовж профілю. Було проведено три серії дослідів. У першій серії випробовувалися зразки на розтяг, у другій – досліджувалася робота рівнобічних кутиків на стиск, у третій серії досліджено болтове з'єднання склопластикових матеріалів. Для випробувань були вибрані рівнополичкові кутики 75x75x6 та 50x50x5.

Метою випробувань було отримання експериментальної кривої «навантаження – переміщення». Зразки випробовувалися на випробувальній машині УИМ-50. Навантаження прикладалося ступенями з витримкою 60 с, переміщення фіксувалися вздовж волокон зразка. На зразки було встановлено таровані прогиноміри марки 6-ПАО.

Випробування зразків на розтяг. Усі дослідні зразки мали схожий характер руйнування (рисунок 3). При навантаженні, яке складало 50...70 % від руйнівного, зразки руйнувалися по шийці, а саме по перерізу 4 (рис. 2).

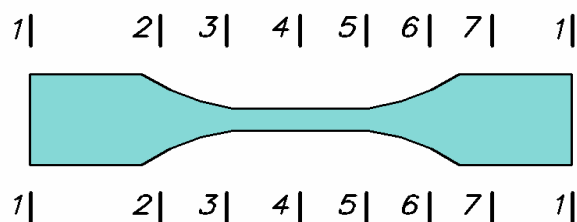


Рис. 2 – Розміщення перерізів у зразках

Таблиця 1 – Характеристики зразків

Зразок	Переріз руйнування	A_0 , мм ²	F_u , кН	$\sigma_{pp} = \frac{F_u}{A_0}$, МПа	Видовження зразка l_0 , мм
№1	4-5	62,94	24,0	381,3	-
№2	5-6	65,1	27,5	422,4	87
№3	4-5	58,68	23,5	401	86
№4	5-6	62,34	25,5	409,1	88
№5	3-4	51,96	19,0	365,6	91
№6	2-3	59,22	22,5	379,9	81

F_u – руйнівне навантаження; A_0 – площа поперечного перерізу зразка.

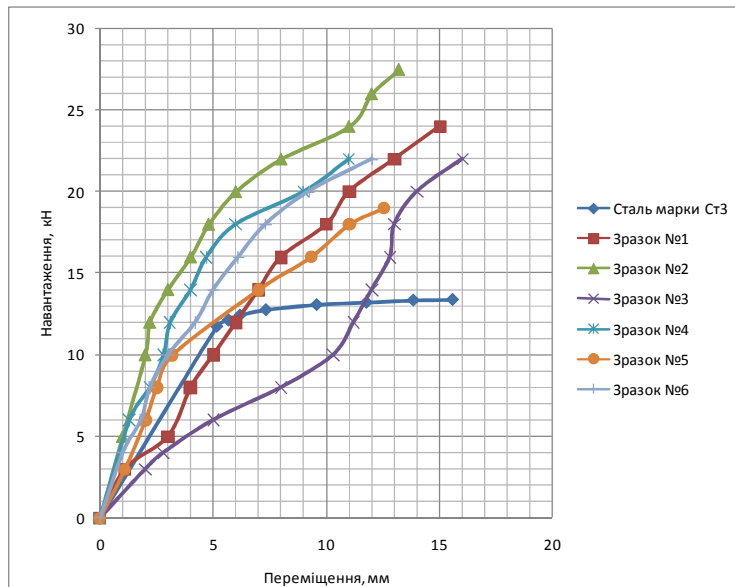


Рис. 3 – Графік розтягу дослідних зразків

Центрально стиснуті стрижні. Випробування мали за мету встановити особливості роботи склопластику на стиск порівняно з роботою на розтяг. Випробування зразків на центральний стиск виконувалися на випробувальній машині УИМ-50. Навантаження на зразок прикладалися послідовно, ступенями, починаючи з умовного нуля.

За результатами випробування побудовані діаграми, наведені на рисунках 4 і 5. Межа пропорційності визначалася як напруження, при якому відстань від лінійної залежності між напруженням і деформаціями досягала такої величини, коли тангенс кута між кривою деформації та віссю напружень збільшувався на 50 % від свого початкового значення.

У переважній більшості зразків спостерігалися деформації вигину, але у деяких були наявні ознаки деформацій кручення, які були незначними для оцінювання несучої здатності центрально стиснутих стрижнів.

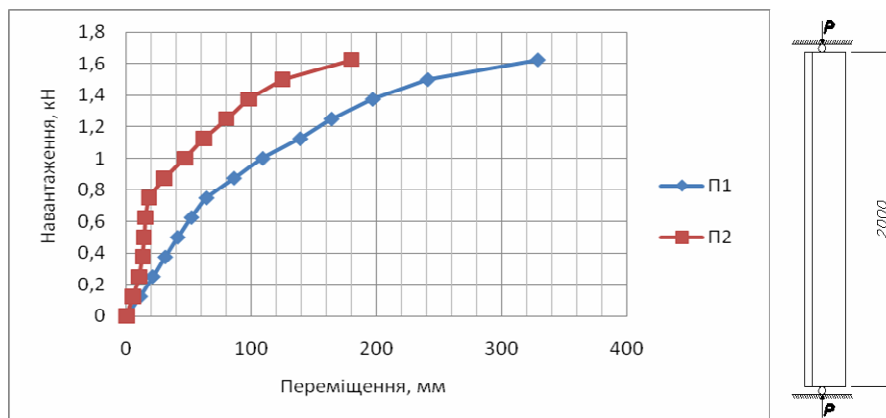


Рис. 4 – Переміщення зразка 1-75 при $\lambda=85,3$

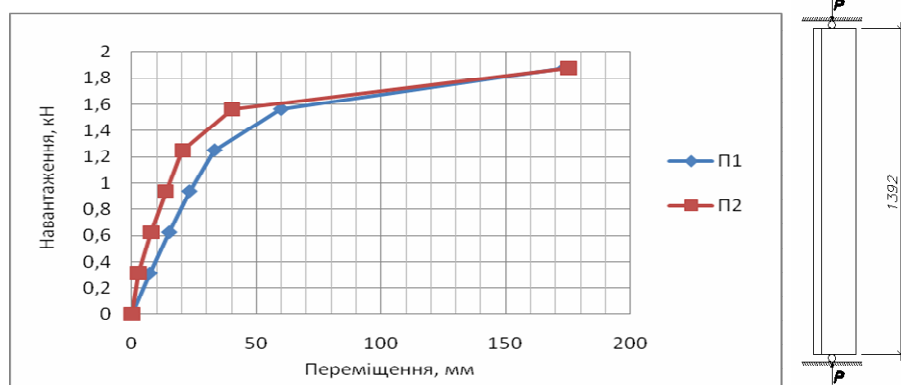


Рис. 5 – Переміщення зразка 2-50 при $\lambda=90,5$

Форма деформування стиснутих зразків, як правило, симетрична, а характер – пружний або пружно-пластичний. Зразки втрачали стійкість у формі плоского згину, що супроводжувався розклеюванням шарів склопластику. При розвантаженні зразки поверталися до первинної форми, але відбувалося розщеплення окремих волокон.

Болтові з'єднання. Випробування виконувалися на моделі з'єднання, що показана на рисунку 6. З'єднувальні елементи являли собою листи перерізом 40x5 мм, довжиною 200 мм, виготовлені зі склопластику. Для вимірювання деформацій зсуву використовувалися два прогиноміри марки 6-ПАО, що дозволило зафіксувати середнє значення деформацій, виключивши при цьому можливість перекосів з'єднання (рис. 7).

Усі зразки мали схожий характер руйнування – зминання склопластику (рис. 8). Болти, як правило, залишалися не ушкодженими. Винятком були зразки з болтами меншого діаметра, в них спостерігалось не тільки зминання склопластику, але й згин болтів. Також слід зауважити, що при навантаженні, що становить 50...60 % від руйнівного, зразки починали інтенсивно зминатися, і зразок не тримав прикладеного до нього навантаження (рис. 9).

Таблиця 2 – Характеристики зразків

Номер зразка	Діаметр болта, мм	Руйнівне навантаження F_u , кН	A_0 , см ²	$\sigma_{pp} = \frac{F_u}{A_0}$, МПа	Переміщення, мм
№1	10	16,0	1,5	106,7	14,98
№2	6	14,0	1,7	82,4	23,02
№3	8	17,0	1,6	106,3	20,64

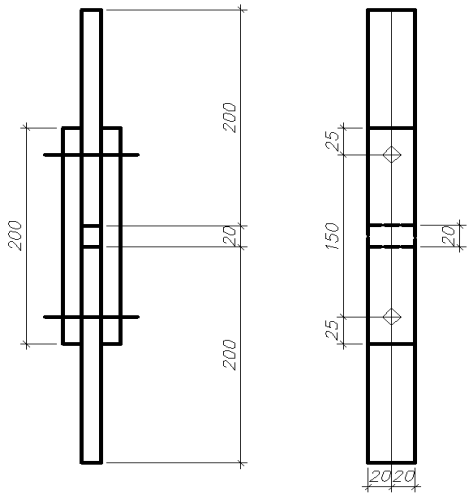


Рис. 6 – Ескіз зразка



Рис. 7 – Зразок у пресі УИМ-50



Рис. 8 – Характер руйнування болтового з'єднання

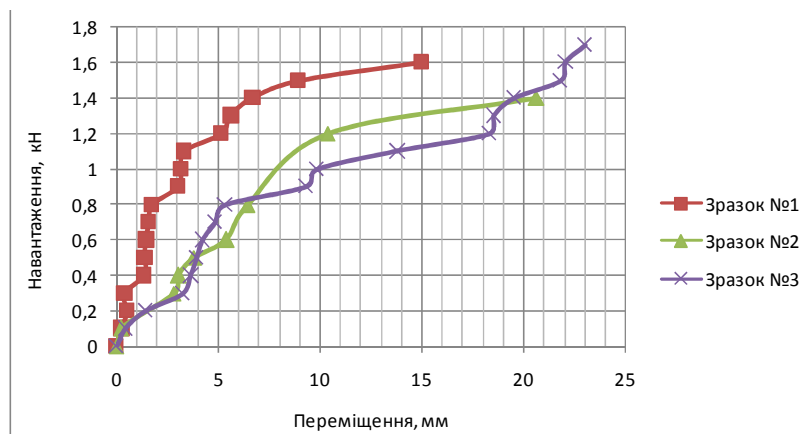


Рис. 9 – Графік роботи болтового з'єднання

Висновки. Проведені дослідження склопластику показали, що він має достатньо велику міцність на розтяг, у більшості випадків аналогічну міцності сталі марки Ст3.

Центрально стиснуті склопластикові стрижні втрачали стійкість у формі плоского згину, що супроводжувався розклеюванням шарів склопластику. При розвантаженні зразки поверталися до первинної форми, але відбувалося розщеплення окремих волокон.

При руйнуванні болтових з'єднань склопластикового профілю, як правило, відбувалося його зминання. Винятком були зразки з болтами меншого діаметра, в яких спостерігався також згин болтів. Напружено-деформований стан таких з'єднань планується досліджувати за допомогою програмного комплексу SCAD.

Отже, механічні властивості склопластиків дозволяють раціонально проектувати і виготовляти несучі будівельні конструкції. Зокрема, на сьогоднішній день доцільно використовувати склопластикові профілі в якості елементів веж мобільного зв'язку, оскільки це набагато зменшує власну масу конструкцій, а також трудомісткість їх монтажу.

1. Конструкции из дерева и пластмасс / Г.Г. Карлсен, Ю.В. Слущкоухов, В.Д. Буданов, М.М. Гапов. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с.
2. Легатт А. М. Застосування склопластику в будівництві / [Електронний ресурс]/ А.М. Легатт. – Режим доступу: www.stekloplastiki.ru.
3. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003. – 42 с.
4. Клименко В.З. Конструкції з дерева і пластмас: підручник / В.З. Клименко. – К.: Вища шк., 2000. – 304 с.
5. Зубарев Г.Н. Конструкции из дерева и пластмасс / Г.Н. Зубарев, И.М. Лялин. – М.: Высшая школа, 1980. – 311 с.
6. Хрулев В.М. Производство конструкций из дерева и пластмасс / В.М. Хрулев. – М.: Высшая школа, 1982. – 231с.
7. Губенко А.Б. Строительные конструкции с применением пластмасс / А.Б. Губенко. – М.: Стройиздат, 1970. – 326 с.
8. Експериментальне дослідження елементів із фібергласу / С.Ф. Пічугін, Є.М. Бойко, Т.С. Горова, М.В. Терегеря // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво); Полтава: ПолтНТУ, 2011. – Вип. 1 (29). – С. 132-136.

НОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОГИБОВ ПОЛИКАРБОНАТНЫХ ПАНЕЛЕЙ В ПЛОСКИХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ПОКРЫТИЙ

Войтова Ж.Н., канд. техн. наук, Войтова В.Н.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

86123, Украина, г.Макеевка, ул. Державина, 2

E-mail: jnv2002@mail.ru

Одним из перспективных современных строительных материалов является поликарбонат. Ограждающие конструкции из поликарбоната позволяют удовлетворить самые разнообразные запросы и потребности, позволяют решать различные задачи при проектировании с учетом особенностей формо-

образования (покрытие зданий, бассейнов, перекрытия переходов, теплиц и т. д.).

Широкое использование поликарбонатных панелей (ПКП) в ограждающих конструкциях выдвигает ряд вопросов, относящихся к их корректному расчету и проектированию с учетом возрастающих требований к качеству, надежности и долговечности.

Цель данной работы – рассмотрение вопросов определения и нормирования прогибов поликарбонатных панелей, используемых в плоских ограждающих конструкциях покрытия при расчете по второму предельному состоянию.

Высокая деформативность поликарбонатных панелей, используемых в плоских ограждающих покрытиях, приводит к возникновению значительных прогибов, не приводящих к разрушению, но портящих внешний вид конструкции.

Сами производители отмечают, что наиболее эффективно применение ПКП в конструкциях с арочным очертанием: жесткость такого покрытия обеспечена выгибом самой панели, что зачастую позволяет пренебречь расчетом на прогибы по II-му предельному состоянию. Рассматривая различные виды конструкций, нельзя не подчеркнуть, что наиболее часто все же применяются конструкции с плоским вариантом расположения ПКП: именно в таких видах конструкций возникающие прогибы, которые имеют тенденцию к нарастанию во времени, перестают удовлетворять как требованиям отечественных норм, так и рекомендациям самих производителей.

Таким образом, именно высокая деформативность материала заставляет уделять особое внимание расчету ограждающих конструкций с применением поликарбонатных панелей по II-му предельному состоянию, а именно, прогибам, возникающим в процессе эксплуатации.

Рассматривая многообразие ПКП, представленных различными производителями на отечественном рынке, нельзя не отметить, что практически все производители дают на данные панели гарантию 10-15 лет. Это говорит о том, что при проектировании зданий и сооружений со сроком службы больше 10-15 лет¹ в проекте обязательно надо предусматривать мероприятия по замене поликарбонатных панелей в ограждающих конструкциях во время текущих или капитальных ремонтов.

Допустимый максимальный прогиб по условиям производителей поликарбонатных панелей составляет – 1/20-1/50 от короткой стороны панели в зависимости от вида опирания и типа конструкции и все расчеты впоследствии базируются на вышеуказанном максимальном прогибе короткой стороны листа. Большой прогиб не допускается по соображениям сохранности и эстетического вида конструкции.

В свою очередь, действующими отечественными нормами предельные прогибы, в большинстве случаев, оговариваются эстетико-

¹ В соответствии с [2] приложением В, срок службы 15 лет имеют только контейнерные здания. Все остальные здания и сооружения имеют срок службы 20 и более лет.

психологическими требованиями и лежат в интервале от 1/120 пролета для панелей с пролетом до 1 м, до 1/200 пролета для панелей длиной 6 м. Кроме того, в нормах оговорено, что прогибы элементов покрытий должны быть такими, чтобы, несмотря на их наличие, был обеспечен уклон кровли не менее 1/200 в одном из направлений.

Рассмотрев несколько примеров устройства обрешеток с различным шагом можно отметить, что противоречия между требованиями отечественных норм по допустимым прогибам и рекомендациями производителей отсутствуют для обрешеток с отношением шага 1/4 – в данном случае величина прогиба удовлетворяет как одним, так и другим требованиям, а наибольшая разница в допустимых прогибах возникает для отношения шага обрешеток 1/1.

При определении прогибов в панелях плоских ограждающих конструкций, руководствуясь отечественными нормами, мы должны принимать во внимание, что прогибы, возникающие от действующих нагрузок, дополняются деформациями ползучести, нарастание которых во времени следует учитывать дополнительно, т.е. зависимость (1) приобретет следующий вид:

$$f_{e(ct)} \leq f_u; \quad (1)$$

где $f_{e(ct)}$ – прогибы от нагрузок с эксплуатационным значением с учетом возникающей в процессе эксплуатации ползучести материала; f_u – предельный прогиб (выгиб) устанавливаемый стандартом.

В свою очередь, анализируя изложенное автором в ранних работах, величину $f_{e(ct)}$ для схемы с распределенной нагрузкой можно описать следующей зависимостью:

$$f_{e(ct)} = \frac{5q_n l^4}{384I_x E_0 (1 + \beta_0 \xi_0)}; \quad (2)$$

где: E_0 – нормативное значение модуля упругости по данным технических требований к материалу, МПа; ξ_0 – коэффициент влияния степени агрессивности среды на поликарбонатный пластик; β_0 – коэффициент надежности по материалу, учитывающий фактор времени при климатическом старении.

Анализируя все сказанное выше, можно прийти к выводу, что при опирании ПКП по четырем сторонам отношение шага обрешетки 1/4 позволяет добиться полного соответствия допустимых прогибов как рекомендациям производителя, так и требованиям отечественных норм.

При определении прогибов в ПКП плоских ограждающих конструкций надо принимать во внимание, что прогибы, возникающие от действующих нагрузок, дополняются деформациями ползучести, нарастание которых во времени следует учитывать дополнительно.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ НА СТАБИЛЬНОСТЬ УСИЛИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ЗАТЯЖКИ АНКЕРНЫХ БОЛТОВ НА АКРИЛОВЫХ КЛЕЯХ

Шутенко Л.Н., *д-р техн. наук, проф.*, **Золотов М.С.**, *канд. техн. наук, проф.*, **Скляр В.А.**, *канд. техн. наук*

*Харьковская национальная академия городского хозяйства
61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12
E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua*

Работы по монтажу и установке оборудования на возводимых и готовых фундаментах проводятся при строительстве, эксплуатации и реконструкции различных предприятий, в том числе коммунального хозяйства. Поэтому важное значение имеет использование рациональных методов крепления технологического оборудования к фундаментам и другим строительным конструкциям.

Опыт анкероустановочных работ показывает, что наиболее технологичными являются способы крепления оборудования с помощью глухих фундаментных болтов, заделываемых с помощью акриловых клеев.

Эксперименты по определению прочности анкерных соединений в случае заделки в бетон анкерных болтов для крепления оборудования акриловыми клеями обычной и повышенной прочности показали следующее. При глубине заделки в бетон на глубину $l_{\text{аіе}} = 10d_s$ разрушение анкерного соединения происходило по контакту клей-анкер при напряжениях в болте, равных пределу текучести. Применение модифицирующих добавок такую же прочность обеспечивает при глубине заделки $l_{\text{анк}} = 8d_s$.

Как показали экспериментальные исследования при длительном статическом действии выдерживающих усилий на анкерные болты, заделанные в бетон акриловыми клеями различных составов, в клеевом слое появляются деформации ползучести. Это приводит к ослаблению предварительной затяжки болта, которая, согласно СНиП 2.09.03-85, определяется коэффициентом стабильности k . Величина этого коэффициента определена ранее для указанного случая.

Кроме того, анкерные болты, используемые для крепления оборудования, испытывают динамические воздействия. Поэтому необходимо было исследовать усталостную прочность клеевых анкеров указанного типа, а также проверить стабильность усилия их предварительной затяжки при указанных воздействиях.

Исследования усталостной прочности клеевых анкеров, а также стабильности предварительной затяжки при динамической нагрузке проводились на пульсаторе ЦДМ-Пу 100 (с частотой 400 циклов приложения нагрузки в минуту). Схема испытаний клеевых соединений динамической нагрузкой приведена на рисунке.

Схема загрузки в обоих случаях принята с расчетом передачи динамической нагрузки на анкер через станину оборудования, как это имеет место в реальных условиях, приведенных на рисунке. Общее число образцов, испытанных динамической нагрузкой, составило 24 шт. (по 12 образцов при $l_{анк} = 8d_s$ и $l_{анк} = 10d_s$, т.е. по 6 образцов на каждый способ опирания станины оборудования). Загружение образцов анкерных болтовых соединений проводили следующим образом. Образец с захватным устройством монтировали на неподвижной траверсе пульсатора. Затем путем закручивания гайки создавали начальное усилие затяжки анкера равное $F = 29,5$ кН, что соответствовало напряжению и по резьбе 204 МПа. После этого на станину монтировали серьгу 3 (рисунок), затягивали стяжные болты 9 и в захвате пульсатора закрепляли тягу 2, а затем устанавливали упорные швеллеры. После этого включался пульсатор и постепенно нагрузка доводилась до такой величины, чтобы верхний предел напряжения в анкере составил 204 МПа, а нижний – 185 МПа (согласно СНиП II.23.81*). Расчетное усилие в анкере равнялось $P = 26,8$ кН. Коэффициент асимметрии цикла при экспериментах составил $\rho = \frac{P}{F} = 0,91$. В процессе проведения испытаний в начальный период загрузки показания тензорезисторов фиксировали через 5000, затем через $2 \cdot 10^4$, а в дальнейшем – через $2 \cdot 10^5$ циклов.

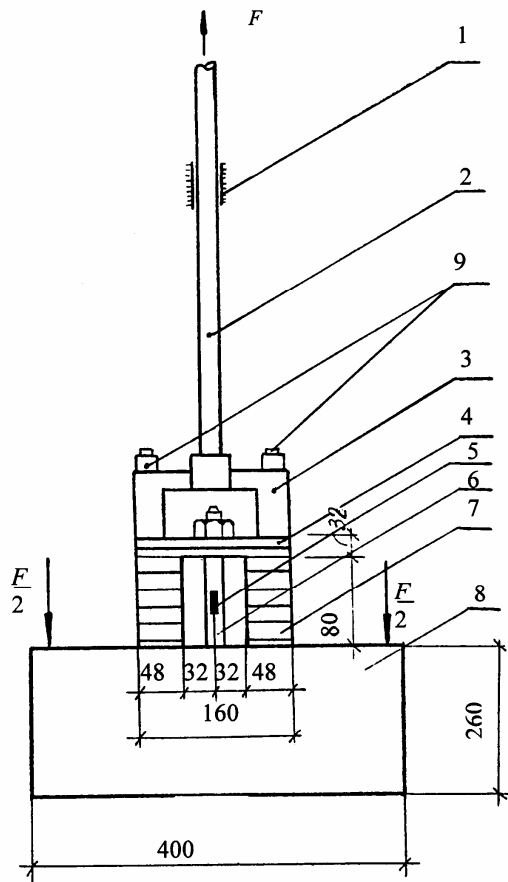
Результаты экспериментальных исследований падения усилий предварительной затяжки анкеров с опиранием станины оборудования на подкладки и подливку (площади подкладок и подливки приняты такими же, как и при длительно действующем статическом нагружении) при $l_{аіе} = 8d_s$ показали следующее. Снижение величины F при опирании на подкладки происходило на протяжении $4 \cdot 10^5$ циклов действия многократно повторяемого нагружения, после чего наступила стабилизация ползучести. При этом величина усилия предварительной затяжки уменьшилась до 15,1 кН. При опирании станины оборудования на подливку интенсивное снижение F происходило на протяжении $7 \cdot 10^5$ циклов действия многократно повторяемого нагружения с последующей стабилизацией ползучести, а следовательно и F . Значение усилия предварительной затяжки F снизилось до 16,4 кН. Таким образом, значения коэффициентов стабильности усилий предварительной затяжки анкеров при $l_{анк} = 8d_s$ и динамическом нагружении составили:

- при опирании станины оборудования на подкладки $k = 29,5 : 15,1 = 1,95$;
- при опирании станины оборудования на подливку $k = 29,5 : 16,4 = 1,79$.

Следует отметить, что различие в коэффициентах стабильности усилий предварительной затяжки при опирании станины оборудования на подкладки и на подливку при $l_{анк} = 8d_s$ равно не более 10%.

Результаты экспериментов по установлению снижения усилий предварительной затяжки F при глубине заделки анкеров $l_{анк} = 10d_s$ и динамиче-

ском их загрузке при опирании станины на подкладки и подливку показали следующее. Интенсивное снижение величины F при опирании станины оборудования на подкладки происходило на протяжении $4 \cdot 10^5$ циклов загрузки многократно повторяемой нагрузки. Затем наступила стабилизация ползучести, прекратилось снижение величины усилия F , которое оставалось неизменным на протяжении от $4 \cdot 10^5$ до $6 \cdot 10^6$ циклов загрузки. При этом минимальная величина F_{\min} составила 16,15 кН.



При опирании станины оборудования на подливку снижение усилия предварительной затяжки происходило на протяжении $5 \cdot 10^5$ циклов загрузки многократно повторяемой нагрузкой. В дальнейшем изменение величины F не наблюдалось. Минимальная величина F была равна 7,92 кН. Таким образом, значения коэффициентов стабильности усилий предварительной затяжки при $l_{\text{анк}} = 10d_s$ и динамическом нагружении анкерного болтового соединения составляли:

- при опирании станины оборудования на подкладки $k = 29,5 : 16,15 = 1,82$,
- при опирании станины оборудования на подливку $k = 29,5 : 17,92 = 1,64$.

Следует отметить, что величины коэффициентов стабильности предварительной затяжки анкеров при опирании станины оборудования на подкладку и на подливку при $l_{\text{анк}} = 10d_s$ отличаются не более, чем на 9%.

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСИЛЕННЫХ ОБОЙМОЙ ИЗ АКРИЛОВОГО ПОЛИМЕРРАСТВОРА

Золотов М.С., канд. техн. наук, проф., **Смолянинов М.Ю.**, канд. техн. наук, **Воробьева С.А.**

Харьковская национальная академия городского хозяйства
61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12
E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

В настоящее время актуальной задачей является использование полимеррастворов для восстановления и увеличения несущей способности железобетонных элементов и конструкций. В подтверждение этого выполнены экспериментально-теоретические исследования влияния толщины обоймы из

акрилового полимерраствора на увеличение несущей способности центрально сжатых усиленных железобетонных элементов. Экспериментальные исследования контрольных и усиленных обоек из акрилового полимерраствора железобетонных элементов производили на образцах-призмах размером 0,1x0,1x0,4 м, которые были изготовлены из бетона классов В15 и В30. Армирование: продольные стержни – 4Ø8А500С и хомуты Ø3. По истечении трех месяцев было выполнено их поверхностное усиление обоймой из акрилового полимерраствора состава 200:200 масс-частей толщиной 3; 6 и 9 мм. Средняя прочность полимерраствора на сжатие – 98,6 МПа, на растяжение – 23,4 МПа, на срез – 44,9 МПа.

Измерение продольных и поперечных деформаций бетона, покрытия и продольных деформаций арматуры осуществляли методом электротензометрии с помощью тензостанции ЦТМ-5. Испытание опытных образцов производили по стандартной методике на прессе ПГ-100 кратковременной ступенчатой нагрузкой.

Расчетную несущую способность железобетонных центрально сжатых контрольных образцов определяли по зависимостям СНиП 2.03.01-84*, а усиленных обоймой из акрилового полимерраствора по зависимости:

$$N_{tot} \leq \varphi [\gamma_{bm} (R_b A_b + R_{sc} A'_s) + \gamma_m R_{mu} A_m],$$

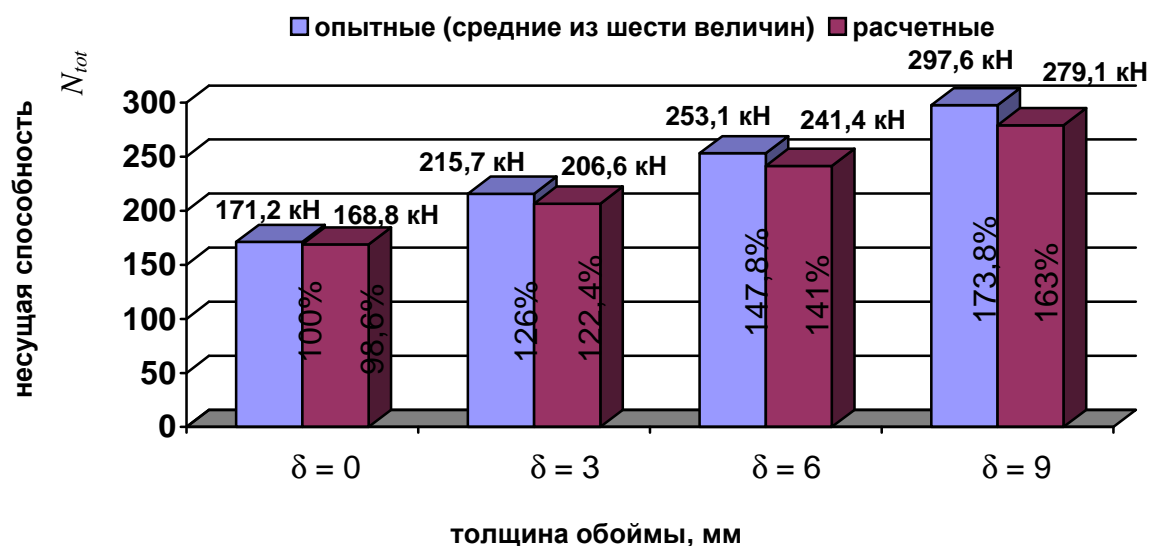
где R_b, R_{sc}, R_{mu} – прочность на сжатие соответственно бетона, рабочей арматуры и акрилового полимерраствора, МПа; A_b, A'_s, A_m – площади поперечного сечения соответственно бетона, арматуры, обоймы из акрилового полимерраствора, мм²; φ – коэффициент продольного изгиба; γ_{bm} – коэффициент, учитывающий влияние толщины обоймы на бетон и арматуру; γ_m – коэффициент, учитывающий совместную работу бетона и полимерраствора, однородность его нанесения на бетонную поверхность и т.д.

Статистическая обработка результатов испытания контрольных и усиленных железобетонных элементов показывает, что максимальная относительная погрешность при надежности $\alpha = 0,95$ не превышает $\pm 8,27\%$, а максимальный коэффициент вариации $\pm 3,5\%$.

На рисунке показана динамика роста несущей способности железобетонных элементов, изготовленных из бетона класса В15 и усиленных обоймой из акрилового полимерраствора в зависимости от ее толщины.

Результаты экспериментальных и расчетных данных показывают, что несущая способность железобетонных элементов, усиленных обоймой, повышается с увеличением ее толщины. Так, для железобетонных элементов, изготовленных из бетона класса В15, при толщине обоймы усиления $\delta = 3, 6$ и 9 мм их средняя несущая способность увеличивается соответственно на 26; 47,8 и 73,8% по сравнению с контрольными. При этом, расчетные величины несущей способности указанных элементов увеличились соответственно на 22,4; 42 и 63%, то есть превышение опытных величин над расчетными составляет более 11%. Увеличение класса бетона усиленных железобетонных

элементов приводит к менее интенсивному росту их несущей способности. При классе бетона железобетонных элементов В30 и тех же толщинах обойм несущая способность увеличилась соответственно на 23,9; 40 и 56,1%, а расчетная соответственно на 20; 35,2 и 52,1% по сравнению с несущей способностью контрольных образцов, т.е. опытные величины отличаются от расчетных не более чем на 7%.



Из анализа приведенных данных можно сделать вывод, что расчетные зависимости по определению несущей способности усиленных обоймой из акрилового полимерраствора центрально сжатых железобетонных элементов дают удовлетворительное совпадение с экспериментальными величинами их несущей способности.

Итак, сравнение результатов испытаний кратковременной статической нагрузкой образцов-призм, усиленных обоймой из акрилового полимерраствора толщиной $\delta = 3, 6$ и 9 мм показали, что их несущая способность в среднем на 23,8...73,8% выше (в зависимости от толщины обоймы), чем у контрольных образцов. Увеличение прочности и отдаление момента трещинообразования вызвано влиянием на указанные параметры обоймы из акрилового полимерраствора, средняя прочность которого на растяжение $R_{mt} = 23,4$ МПа при среднеквадратичном отклонении $\pm 1,34$ МПа. Следовательно, для бетона класса В15 R_{mt} выше R_b , а для бетона класса В30 составляет $(0,87...0,9) R_b$.

Увеличение толщины обоймы из акрилового полимерраствора приводит к повышению несущей способности бетона железобетонных элементов (в зависимости от толщины обоймы и класса бетона, из которого они изготовлены) в среднем на 19...40% по сравнению с обычными (контрольными) образцами. Такое увеличение несущей способности бетона железобетонных конструкций, усиленных обоймой, объясняется объемным напряженным состоянием, которое возникает при совместном действии продольной сжи-

маючої сили і двох взаємоперпендикулярних сил, вызваних усадкою обійми і самої обіймою, перешкоджаючої розширенню бетону армованого елемента.

Полученные результаты экспериментально-теоретических исследований позволяют рекомендовать использование акриловых полимеррастворов для создания технологичного, относительно недорогого способа восстановления и увеличения несущей способности железобетонных элементов эксплуатируемых зданий и сооружений, что способствует введению их в эксплуатацию за короткий срок.

МІЦНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ ПОЛІМЕРНОЮ КОМПОЗИЦІЄЮ

Бабич Є.М., д-р техн. наук, проф., Довбенко В.С.

*Національний університет водного господарства та природокористування
(м. Рівне)*

33018, Україна, м.Рівне, вул. Соборна, 11

Характерною особливістю будівельного фонду України є будівлі і споруди старої забудови. Довготривала експлуатація цих будівель і споруд призводить до пошкоджень та дефектів, які вичерпали або на межі нормативного строку служби і не відповідають вимогам нормальної експлуатації. Для усунення даної проблеми в цьому напрямку розроблені нові та ефективні технології підсилення і відновлення будівельних конструкцій.

Підсиленню і ремонту будівельних конструкцій присвятили свої роботи значна кількість вітчизняних вчених. Аналізуючи роботи цих вчених, можна відмітити, що ефективних та перспективних методів, призначених для ремонту, відновлення і підсилення будівельних конструкцій, у порівнянні з традиційними методами, є чимало. Різні методи та способи нарощування, епоксидні, акрилові клеї та композиції. Але особливе місце серед полімерних композицій займає композиція «Силор», застосування якої обумовлюється її високою економічною ефективністю, відносно низькою вартістю та малими трудозатратами. Застосування даної композиції дозволяє вирішувати задачі, необхідні для забезпечення надійності будівельних конструкцій та споруд.

"Силор" – це одно або двох компонентна полімерна композиція, яка за зовнішнім виглядом нагадує гас. До її складу входить спеціальний мономер, твердіння якого відбувається під дією катіонів солей та основ, що завжди присутні в тілі бетону [1]. Мономер після полімеризації (твердіння) перетворюється в полімер. При нанесенні на бетонні чи залізобетонні конструкції композиція проникає та просочує його пори і хімічно взаємодіє з матеріалами, які знаходяться на поверхні пор. Така взаємодія призводить до утворення нового композитного матеріалу, міцного та герметичного.

Затвердивши, полімерна композиція екологічно безпечна – не токсична і не горить. Для залізобетонних конструкцій особливий інтерес являє собою її здатність просочувати продукти корозії металу і на далі запобігати можливості корозії.

В даній роботі за мету поставлено дослідити міцність, жорсткість та тріщиностійкість залізобетонних балок прямокутного профілю, підсилених і відновлених полімерною композицією.

В експериментальних дослідженнях були поставлені такі задачі:

- встановити особливості роботи залізобетонних балок, підсилених і відновлених полімерною композицією;

- визначити вплив полімерної композиції на розвиток деформацій у стиснутій та розтягнутій зонах;

- визначити вплив полімерної композиції на жорсткість та розвиток тріщин в залізобетонних балках.

Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено три типи дослідних залізобетонних балок прямокутного профілю розміром 100×200×2000 мм, кожний тип налічував три зразки. Балки армувалися зварними каркасами з поздовжньою робочою арматурою 2 ϕ 14 мм класу А500С та поперечною арматурою ϕ 6 мм А 240С з кроком 100 мм. Коефіцієнт поздовжнього армування склав $\mu = 2,19$ %.

Дослідні зразки – балки, куби та призми були продуковані з важкого бетону заводського виготовлення. Балки формувалися у касетній опалубці. Одночасно з цієї ж бетонної суміші виготовлялися бетонні зразки – куби та призми, які використовувалися для визначення фізико – механічних характеристик бетону.

Залізобетонні балки підсилювалися за допомогою двохкомпонентної полімерної композиції «Силор». Змішування компонентів здійснювалося у співвідношенні 1:4 (одна частина – компонент 1: поліізоціонат + трихлоретилфосфат, чотири частини – компонент 2: етилацетат).

Спочатку випробовувався перший тип балок – контрольні балки БК-1,2,3, які не піддавалися обробці полімерною композицією. Далі випробовувався другий тип – балки БС-1,2,3, які до початку випробувань у віці 90 діб були підсилені полімерною композицією. Для кращого проникнення композиції в структуру пор бетону попередньо поверхня балок була ретельно очищена від бруду та пилі. Зважаючи на це, зі всіх граней було зняте “цементне молоко”, після чого поверхня балок набула шорсткості. Нанесення композиції здійснювалося поступово в міру проникнення її в бетон за допомогою пензля через кожні 10...30 хвилин до повного насичення. Ознакою насичення балок полімером була поява на них глянцевої поверхні темно – коричневого кольору. Витрата полімеру на балки БС склала 2,1 л. Середні витрати на 1 м² поверхні склали 580 мл. Оброблені дослідні балки витримувалися на протязі 60 діб до початку випробувань.

Третій тип балок – балки БВ-1,2,3, які спочатку піддавалися навантаженню до $0,8F_u$, після чого навантаження повністю знімалось.

Утворені тріщини в балках розшивалися за допомогою будівельного шпателя і були зароблені будівельним розчином у співвідношенні 1:3 (цемент:пісок) з використанням цементу марки 400, після чого просочувалися за тією ж методикою, що і балки БС.

Дослідні балки випробовувалися як вільно лежачі на двох опорах, що статично завантажувалися двома зосередженими силами F .

Дослідження проводилися у віці 160...180 діб. На усі балки прикладалося навантаження ступенями по 0,1 від максимального до самого руйнування.

На кожному ступені навантаження здійснювалася витримка 10...15 хвилин, під час якої знімалися показники по приладах, вимірювалася ширина розкриття тріщин та виконувався візуальний огляд зразків. Схема завантаження балок зосередженими силами та розташування вимірювальних приладів наведена на рис. 1.

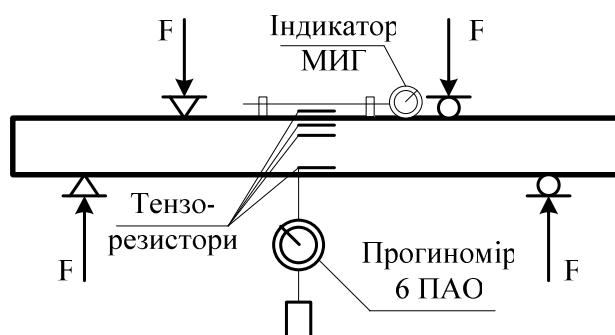


Рис. 1 – Схема завантаження балок та розташування вимірювальних приладів

Деформації бетону вимірювалися за допомогою тензорезисторів на базі 50 мм та індикатора годинникового типу на базі 200 мм з ціною поділки 0,001мм. Деформації розтягнутої робочої арматури також вимірювали за допомогою тензорезисторів на базі 20 мм. Ширину розкриття тріщин фіксували мікроскопом з ціною поділки 0,02 мм. Прогини балок вимірювали прогиномірами 6ПАО з ціною поділки 0,01 мм.

Перед випробуванням балок визначалися фізико-механічні характеристики матеріалів. Міцність бетону була визначена за результатами випробування кубів та призм на стиск, а також на розтяг.

Руйнування дослідних балок відбувалося одночасно по розтягнутій і стиснутій зонах внаслідок досягнення в арматурі напруження межі текучості та виколювання бетону. Середні значення руйнівних навантажень наведені в таблиці.

Результати випробування дослідних балок

Марка балок	Руйнівне навантаження		Максимальний прогин в середині прольоту f_{max} , мм	Максимальна ширина розкриття тріщин, w_{max} , мм	Виникнення перших нормальних тріщин, $2F_{cre}$, кН
	$2F_u$, кН	M_u , кН·м			
БК-1,2,3	79,5	23,7	18,8	0,37	8
БС-1,2,3	82,8	25,7	16,1	0,23	24
БВ-1,2,3	101,0	30,3	16,0	0,23	24

Балки БВ, які спочатку одноразово були навантажені до рівня приблизно $0,8F_u$, що спричинили тріщини 0,2 мм, відновлювалися і повторно випробовувалися статичним навантаженням. Їхнє руйнування відбувалося при навантаженні $2F_u = 101,0$ кН, що на 21 % більше, ніж середнє для балок БК.

Слід відзначити, що застосування полімерної композиції значно підвищує жорсткість балок. Графік прогинів балок наведений на рис. 2. Максимальний прогин балок БК при навантаженні $2F_u = 79,5$ кН склав $f_{max} = 18,8$ мм, а прогин балок БС – $f_{max} = 16,1$ мм при навантаженні $2F_u = 82,8$ кН. Отже, навіть, при більшому навантаженні прогин балок БС менший майже на 15 %. У відновлених балках БВ, взагалі, максимальний прогин склав $f_{max} = 16,0$ мм при навантаженні, що на 15 % більше ($2F_u = 101,0$ кН) в порівнянні з балками БК.

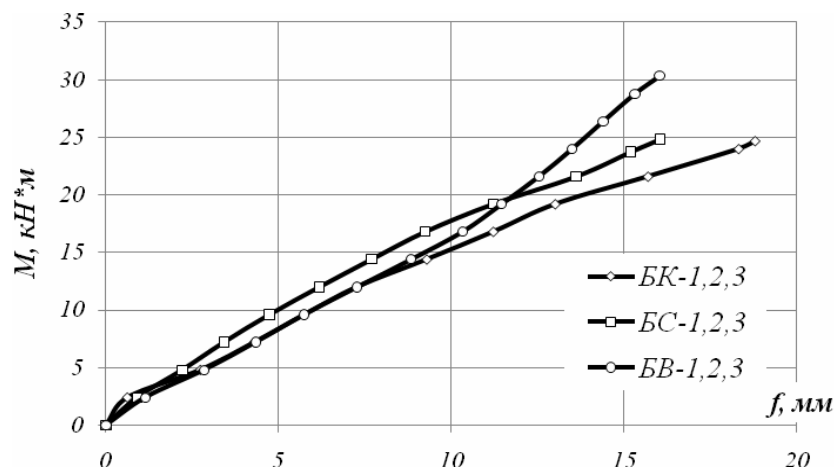


Рис. 2 – Графік розвитку прогинів в середині прольоту балок

Деформації стиснутих волокон бетону та деформації розтягнутої арматури наведені на рис. 3.

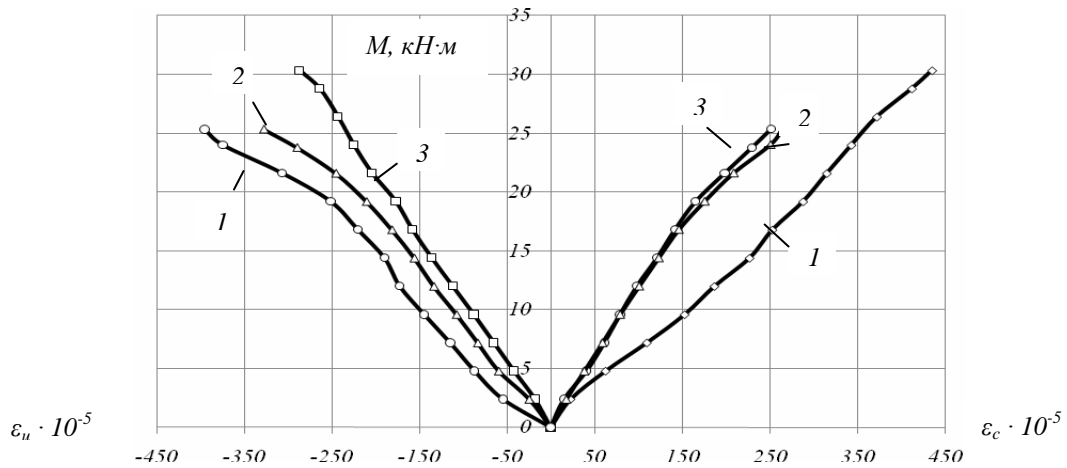


Рис. 3 – Деформації стиснутої грані бетону ϵ_c і деформації розтягнутої арматури ϵ_u : 1 – БК-1,2,3; 2 – БС-1,2,3; 3 – БВ-1,2,3

В усіх балках, що були оброблені полімерною композицією, спостерігалось суттєве уповільнення процесу утворення та розкриття тріщин. Перші нормальні тріщини у контрольних балках БК виникали при навантаженні $2F_{crc} = 8$ кН, а у балок БС і БВ перші нормальні тріщини зафіксовані при $2F_{crc} = 24$ кН. Зі збільшенням навантаження довжина та ширина розкриття тріщин збільшувалася. Графік розвитку тріщин зображено на рис. 4. Для балок БК максимальна ширина розкриття тріщин зафіксована $w_{max} = 0,37$ мм, в той час як для підсилених балок БС і відновлених БВ максимальна ширина розкриття склала $w_{max} = 0,23$ мм, що на 39 % менше.

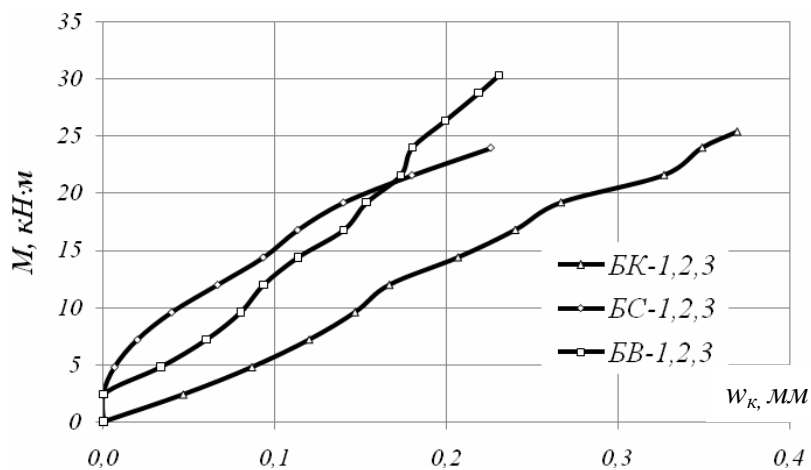


Рис. 4 – Графік розвитку ширини розкриття нормальних тріщин в середині прольоту балок

Виконані експериментальні дослідження свідчать, що застосування даної композиції дає можливість підвищити міцність, жорсткість та тріщиностійкість нових та пошкоджених залізобетонних балок і є одночасно ефективним та економічним способом.

1. Веселовский Д.Р. Основные принципы создания мономеров для пропитки бетона / Н.В. Савицкий, Д.Р. Веселовский, Р.А. Веселовский // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сб. научн. тр. – Днепропетровск: ПГАСА, 2005. – Вып.35, ч.1. – С. 105-108.

2. Бабич Є.М. Вплив полімерної композиції «Силор» на міцність, деформативність та тріщиностійкість залізобетонних балок при дії статичних навантажень / Є.М. Бабич, В.С. Довбенко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наукових праць. – Рівне: Вид-во НУВГП, 2009. – Вип. 18. – С. 442-448.

ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ З'ЄДНАНИХ АКРИЛОВИМ КЛЕЄМ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Гарбуз А.О., канд техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

61002, Україна, м. Харків, вул. Революції, 12

E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

Для забезпечення загальної міцності й стійкості клейових з'єднань будівельних конструкцій із старого бетону зі старим при тривалій дії постійних навантажень необхідне знання їх міцнісних та деформативних характеристик. Тому з достатньою надійністю необхідно знати розрахунковий опір з'єднань бетонів на акриловому клеї, які повинні забезпечувати безаварійну роботу конструкцій протягом усього терміну служби споруди.

Відомо, що довговічність будівельних конструкцій повинна бути забезпечена протягом 50 років, а оскільки немає можливості проводити випробування клейових з'єднань протягом вищезазначеного часу, то для встановлення величини тривалої міцності виконують екстраполяцію експериментальних даних, для чого встановлюють залежність тривалої міцності клейового з'єднання від терміну його служби.

Дослідження з установлення залежності між довговічністю (часом) τ і напруженням σ розвиваються у напрямку накопичення експериментальних даних і наступних теоретичних узагальнень.

Основною метою експериментальних досліджень є одержання відсутніх у технічній і нормативній літературі даних про величину повзучості склеєних бетонних елементів при стиску, а також про вплив часу дії постійного навантаження на міцність і модуль пружності.

При визначенні тривалої міцності клейових з'єднань бетону при стиску незалежно від того, цілі це або склеєні зразки, усі вони були об'єднані відповідно у дві групи. Першу групу склали цілі і склеєні зразки-призми з бетону класу В12,5, а другу – В25. Це дозволило одержати значний експериментальний матеріал. В якості зразків приймалися бетонні призми розміром 100 x 100 x 400 мм.

У кожному з експериментальних установок поміщали три цілих або з'єднаних акриловим клеєм дослідні зразки-призми одного класу бетону. Процес

навантаження до прийнятого рівня напруження тривав 3...5 хвилин. Зусилля в установках для випробувань створювали за допомогою гідравлічного насоса і приймали постійними у часі, тобто $\sigma_u = \text{const}$. Рівень напружень складав (на підставі даних короточасних випробувань дослідних зразків) для трьох зразків кожної серії відповідно: 0,95; 0,88; 0,84 від короточасної міцності.

Для найбільш точного і зручного представлення експериментальних даних було використано спеціальну комп'ютерну програму, в якій реалізована велика кількість регресійних моделей (як лінійних, так і нелінійних), а також різні інтерполяційні схеми. У даній програмі з використанням експериментальних даних були побудовані графіки, а також підібрані залежності, визначені числові коефіцієнти і значення відхилень.

Таким чином, отримано ряд залежностей, які з високою точністю описують експериментально отримані величини. Наведемо деякі з них:

$$\sigma = -\frac{\ln\left(\frac{\tau}{A}\right)}{\alpha}, \text{ МПа}, \quad (1)$$

де τ – довговічність, год.; A – постійна для прийнятого класу бетону, год.; α – постійна для прийнятого класу бетону, МПа^{-1} .

У залежності (1) A і α мають для з'єднаних акриловим клеєм елементів з бетону класу В12,5 значення відповідно $1,5 \cdot 10^{22}$ і $\alpha = 4$, а для з'єднань з бетоном класу В25 – $1,15 \cdot 10^{29}$ і $\alpha = 2,8$;

$$\sigma = a - be^{-c\tau^d}, \text{ МПа}, \quad (2)$$

де для

В12,5: $a = 17,62$ (МПа), $b = 14,38$ (МПа), $c = 1,08$ (год.⁻¹), $d = -0,04$;

В25: $a = 32,06$ (МПа), $b = 23,57$ (МПа), $c = 1,06$ (год.⁻¹), $d = -0,04$.

У цій програмі також побудовані графіки залишків, що зображують різницю між точками даних і моделлю, яка оцінена у цих точках. Так, залишок у точці i встановлюється як різниця між обмірюваним значенням y_i і прогнозованим (розрахунковим) значенням $f(x_i)$ у x_i точці.

Ці інтервали показані точками на графіку залишків. Величини точок даних на графіку замінюються раніше визначеним залишком. У випадку позитивного залишку точка даних розташована вище прогнозованого значення, а у випадку негативного залишку – нижче прогнозованого значення. Залишки дають докладну інформацію про найбільш точне наближення, якщо отримані залишки одного знака.

Секція помилок надає інформацію про якість наближення кривої. Щоб виразити точність (ступінь узгодження) конкретного наближення кривої використовуються дві основні величини – коефіцієнт кореляції і стандартна

помилка оцінки. У даному випадку коефіцієнт кореляції практично дорівнює 1, що свідчить про найбільш точне наближення. Стандартна помилка завжди строго позитивна і має невелике чисельне значення, що свідчить про найбільш точне наближення кривої.

Слід відзначити той факт, що при тривалій дії постійного навантаження межа міцності всіх дослідних зразків-призм (як цілих, так і склеєних) менше ніж при короткочасному навантаженні. Крім того, випробовувані дослідні зразки протягом усього періоду дії навантаження мали мінімальні відхилення від середніх величин міцності і часу, які не перевищували 5%.

Таким чином, застосування сучасних комп'ютерних програм для статистичної обробки експериментальних даних дозволяє без проведення складних досліджень, з мінімальними витратами часу встановити величини тривалої міцності з використанням методу екстраполяції експериментальних даних.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ І МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНІВ НА ОСНОВІ ФРЕЗЕРОВАНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Жданюк В.К., *д-р техн. наук, проф.,* **Говоруха О.В.**

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

61002, Україна, м.Харків, вул. Петровського, 25

E-mail: govorav@ukr.net

Для реалізації технології холодної регенерації старих асфальтобетонних покриттів з метою підвищення довговічності дорожнього одягу автомобільних доріг необхідними і обов'язковими є дані про розрахункові характеристики бетонів, отриманих за даною технологією [1, 2]. Розрахункові характеристики необхідні для відповідних розрахунків, результати яких дають можливість оцінити напружено-деформований стан конструкцій дорожнього одягу і ряд критеріїв, які дозволяють визначити доцільність застосування зазначеної технології з точки зору забезпечення і підвищення довговічності.

Дослідження деформаційних і міцнісних характеристик бетонів на основі фрезерованого асфальтобетону виконували за методами, прийнятими для оцінки властивостей бетонів на основі органічних в'язучих [3, 4].

Для приготування холодних сумішей на основі фрезерованого асфальтобетону в якості в'язучих використовували емульсію бітумну катіонну повільнорозпадну, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-129:2006, та портландцемент марки 400, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-46-96. Для приготування холодної регенованої суміші з використанням цементу та комбінованого в'язучого застосовувалася вода згідно ГОСТ 2874-82. Фрезерований асфальтобетон застосовувався як мінеральна складова холодних регенованих сумішей.

Виготовлення зразків-балочок розміром 40×40×160 мм здійснювали в

лабораторних умовах при температурі 20 °С. Модуль пружності бетонів із фрезерованого асфальтобетону, отриманих за технологією холодного ресайклінгу, визначали за допомогою маятникового приладу ДерждорНДІ [3, 4].

Для визначення впливу концентрації і виду в'язучого, а також температури випробування на механічні властивості бетонів на основі фрезерованого асфальтобетону був застосований метод математичного планування експерименту [5]. Для складання рівнянь регресії використовувався повний двохфакторний план другого порядку з варіюванням чинників на трьох рівнях (-1; 0; +1).

Як варійовані чинники (табл. 1) були прийняті температура випробування (0 °С, 10 °С і 20 °С) і кількість бітумної емульсії у складі суміші (0 %, 2 % і 4 % за масою). Для кожного з варіантів в якості параметрів оптимізації, було прийнято динамічний модуль пружності ($E_{пр}$) і міцність на розтяг при згині ($R_{зг}$) (табл. 2).

Таблиця 1 – Значення варійованих факторів

Код фактора	Фізична сутність фактору	Розмірність	Інтервал варіювання	Рівні факторів		
				- 1	0	+ 1
X ₁	Температура випробування	°С	10	0	10	20
X ₂	Кількість бітумної емульсії	%	2	0	2	4

Таблиця 2 – Параметри оптимізації при проведенні експерименту

Код параметра оптимізації	Фізична сутність параметра оптимізації	Розмірність
Y ₁	Модуль пружності	МПа
Y ₂	Міцність на розтяг при згині	МПа

Експеримент проводився відповідно до матриці планування експерименту, представленої в табл. 3.

За допомогою механічного преса проводили випробування зразків-балочок, на підставі чого було отримано залежності величини деформації від величини навантаження для бетонів з 5 % цементу і 0 %, 2 % і 4 % бітумної емульсії за температури 0, 10 і 20 °С (рис. 1-3) і визначено міцність на розтяг при згині. Після визначення руйнівного навантаження випробували зразки-балочки на маятниковому приладі ДерждорНДІ для встановлення модуля пружності. На основі розрахунків отримано середні значення функцій відгуку, що позначені в табл. 3 як Y₁ та Y₂.

Таблиця 3 – Матриця планування експерименту (Т – температура випробування, Е – вміст бітумної емульсії)

Значення факторів					E _{пр} , МПа	R _{зг} , МПа		
В кодіваних значеннях			В натуральних значеннях					
X ₁	X ₂	X ₁ '	X ₂ '	X ₁ *X ₂	Т	Е	Y ₁	Y ₂
-1	-1	1/3	1/3	1	0	0	1913	3,6
-1	0	1/3	-2/3	0	0	2	3400	4,8
-1	1	1/3	1/3	-1	0	4	2900	5,6
0	-1	-2/3	1/3	0	10	0	1782	2,6
0	0	-2/3	-2/3	0	10	2	2041	3,4
0	1	-2/3	1/3	0	10	4	1830	3,5
1	-1	1/3	1/3	-1	20	0	1585	1,7
1	0	1/3	-2/3	0	20	2	1453	2,1
1	1	1/3	1/3	1	20	4	1226	1,8

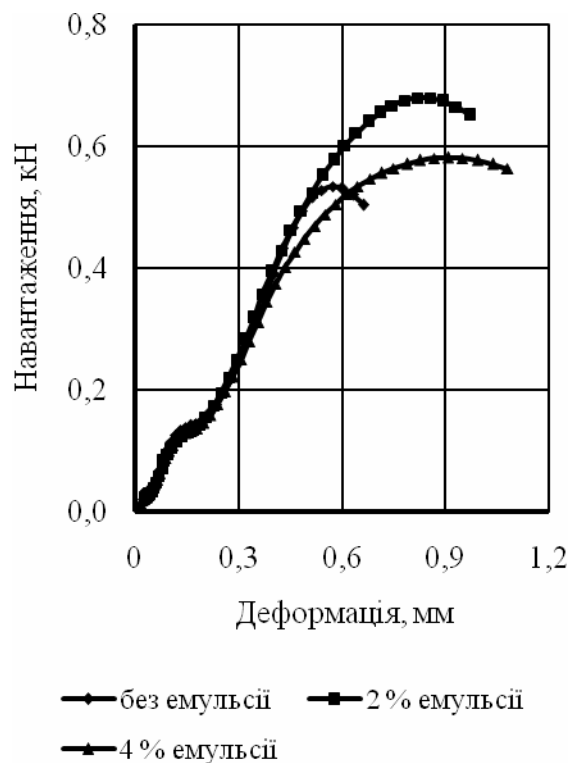


Рис. 1 – Залежність величини деформації від величини навантаження для бетонів з 5 % цементу і 0 %, 2 % і 4 % бітумної емульсії за температури 20 °С

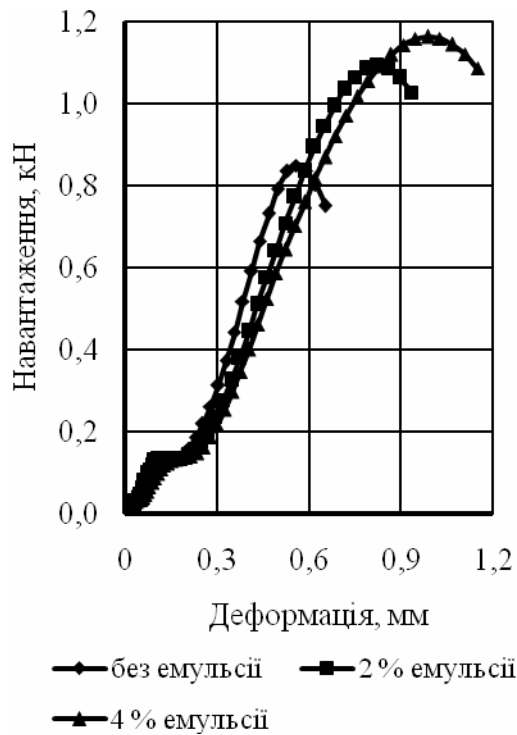


Рис. 2 – Залежність величини деформації від величини навантаження для бетонів з 5 % цементу і 0 %, 2 % і 4 % бітумної емульсії за температури 10 °С

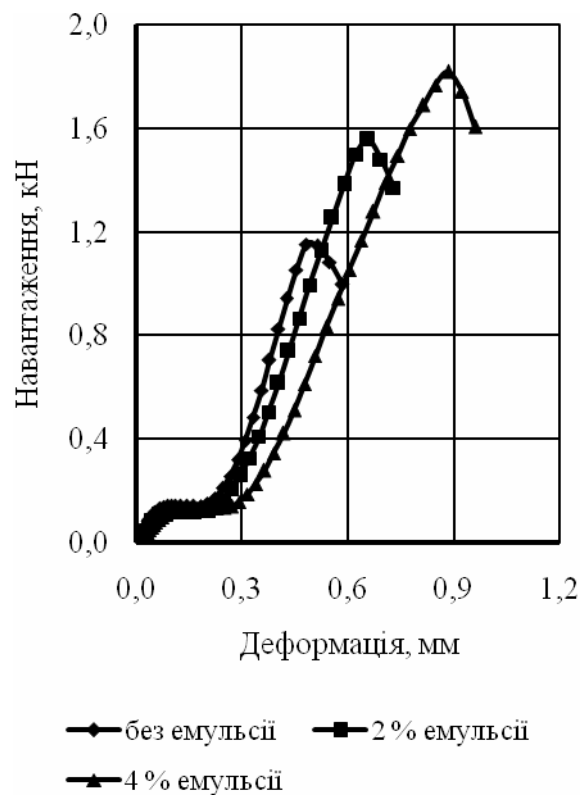


Рис. 3 – Залежність величини деформації від величини навантаження для бетонів з 5 % цементу і 0 %, 2 % і 4 % бітумної емульсії за температури 0 °С

За результатами моделювання отримані рівняння регресії для кодованих значень змінних:

$$Y_1 = 2168 - 658X_1 + 113X_2 + 195X_{12} - 425X_{22} - 336X_1X_2;$$
$$Y_2 = 3,36 - 1,39X_1 + 0,49X_2 + 0,11X_{12} - 0,32X_{22} - 0,46X_1X_2.$$

Перевірка моделей і експериментальних даних за критерієм Фішера показала, що моделі 2-го ступеня є адекватними.

Обробка даних двохфакторного експерименту була виконана за допомогою програмного забезпечення MATLAB. Побудовані поверхні функцій відгуку для експериментів із визначення модуля пружності та міцності на розтяг при згині залежно від температури випробування і процентного вмісту бітумної емульсії в суміші (рис. 4, 5).

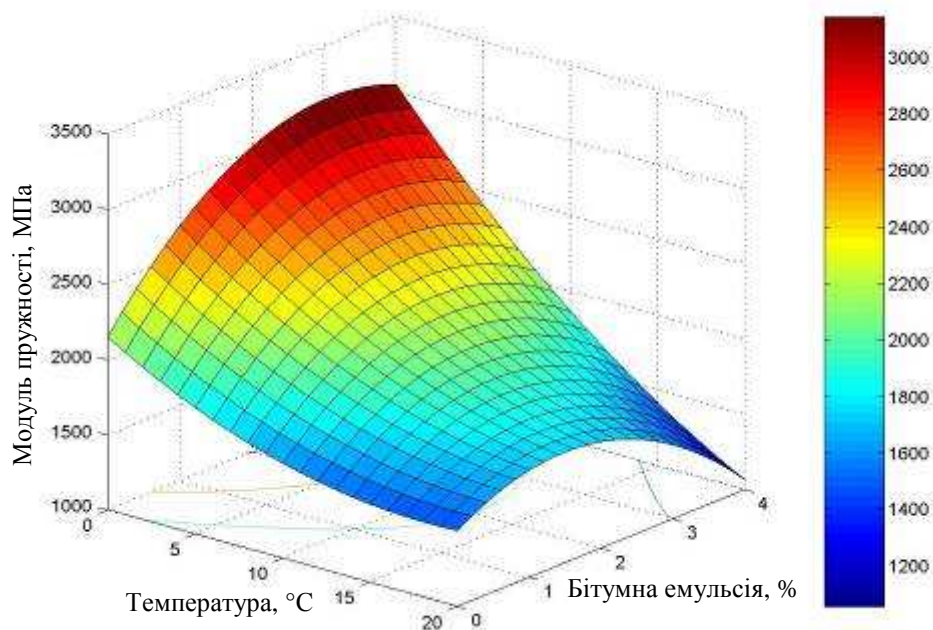


Рис. 4 – Характер функції відгуку для експериментальних значень модуля пружності бетонів залежно від температури випробування і концентрації бітумної емульсії

Функції відгуку модуля пружності бетонів характерна наявність екстремуму для досліджуваних концентрацій бітумної емульсії. Максимальні значення модуля пружності в інтервалі температур від 0 °C до 20 °C досягаються при концентрації бітумної емульсії від 3 % до 2 % відповідно. Аналогічний характер залежності спостерігається у функції відгуку границі міцності на розтяг при згині. Максимальні значення міцності на розтяг при згині в інтервалі температур від 0 °C до 20 °C досягаються при концентрації бітумної емульсії від 4 % до 2 % відповідно.

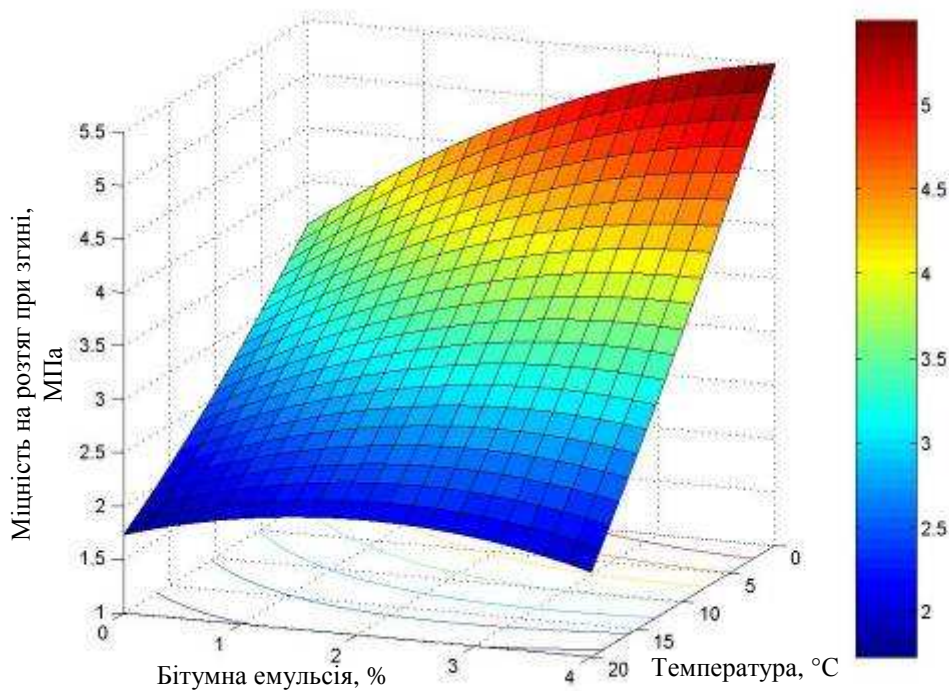


Рис. 5 – Характер функції відгуку для експериментальних значень міцності на розтяг при згині бетонів залежно від температури випробування і концентрації бітумної емульсії

Після визначення величин модуля пружності і міцності на розтяг при згині назначали розрахункові величини цих показників, які служать основними характеристиками матеріалів при проектуванні дорожніх одягів.

Згідно з [6], для переходу від лабораторних величин модуля пружності до розрахункових рекомендується формула $E^P = 0,1 \times E$, а для міцності на розтяг при згині, згідно з [7] – формула $R_{зг}^P = 0,15 \times R_{зг}$ (табл. 4).

Таблиця 4 – Розрахункові характеристики бетонів із холодних сумішей отриманих за технологією холодного ресайклінгу

Матеріал	Розрахункові характеристики	
	Модуль пружності, МПа	Міцність на розтяг при згині, МПа
1	2	3
Бетони із фрезерованих асфальтобетонів, укріплені цементом, при розрахунковій температурі, °С:		
0	1700-2000	0,4-0,6
10	1500-1800	0,3-0,4
20	1300-1600	0,3-0,4

1	2	3
Бетони із фрезерованих асфальтобетонів, укріплені бітумною емульсією, при розрахунковій температурі, °С:		
0	1000-1200	0,3-0,4
10	400-600	0,1-0,2
20	100-150	0,05-0,06
Бетони із фрезерованих асфальтобетонів, укріплені комбінованим в'язучим (цемент + бітумна емульсія), при розрахунковій температурі, °С:		
0	2900-3400	0,8-1,0
10	1800-2000	0,6-0,8
20	1200-1500	0,4-0,6

На основі виконаних досліджень розроблено зміну №1 до відомчих будівельних норм [4] стосовно розрахункових характеристик бетонів із холодних сумішей на основі фрезерованого асфальтобетону, яка набула чинності та може використовуватись для розрахунків дорожніх одягів.

1. Рециклирование дорожных одежд. Часть 1. Руководство по холодному рециклированию дорожных одежд непосредственно на дороге с применением цемента / Пер. с англ. В. Зинченко. Под общей ред. проф. В.Жданюка и Д.Сибильского. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2006. – 78 с.

2. Бахрах Г.С., Кретов В.А., Горлина Г.С. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. - М.: ГП „Информавтодор”, 2002. – 43 с.

3. ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801 – 98) Будівельні матеріали. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань. К.: Держбуд України, 2000. – 45 с.

4. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. К.: Укравтодор, 2004. – 176 с.

5. Сиденко В.М., Грушко И.М. Основы научных исследований. – Харьков, Высшая школа, 1985. – 223 с.

6. ВБН В.2.3-218-002-95. Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом. К.: Укравтодор, 1995. – 48 с.

7. Радовский Б.С., Щербакова Е.Я., Малеванский Г.В., Сиденко В.М., Батраков О.Т. Указания по определению прочностных и деформационных характеристик дорожно-строительных материалов и грунтов. – Киев, 1975. – 90 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КЛЕЕВОЙ АНКЕРОВКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ

Шутенко Л.Н., д-р техн. наук, проф., Золотов М.С., канд. техн. наук, проф., Скляр В.А., канд. техн. наук, Корекия О.Н., Шишкин Э.А.
Харьковская национальная академия городского хозяйства
61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12
E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

Исследования кратковременной и длительной прочности клеевой анкерной арматурных стержней серповидного профиля класса А500С показали на ее достаточную надежность. Применение таких анкерных соединений потребовало изучения их напряженно-деформированного состояния при кратковременном и длительном воздействиях выдерживающих усилий на арматурный стержень (рис. 1).

Результаты исследований, выполненных в Харьковской национальной академии городского хозяйства свидетельствуют, что при длительно действующих нагрузках поведение акриловых клеев согласуется с линейной теорией ползучести.

При рассмотрении напряженного состояния тел вращения под действием осесимметричной нагрузки напряжения и перемещения в условиях линейной ползучести могут выражаться через бигармоническую функцию А.Лява:

$$\sigma_z = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ (2 - \nu) \Delta^2 \Phi - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right\}; \quad (1)$$

$$\sigma_r = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \nu \Delta^2 \Phi - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} \right\}; \quad (2)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \nu \Delta^2 \Phi - \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right\}; \quad (3)$$

$$\tau_{rz} = \frac{\partial}{\partial r} \left\{ (1 - \nu) \Delta^2 \Phi - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right\}; \quad (4)$$

$$u = \frac{1 + \nu}{E(t)} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r \partial z} + \int_{\tau_1}^t (1 + \nu) \frac{\Delta^2 \Phi}{\partial r \partial z} \frac{\partial}{\partial \tau} \omega(t, \tau) d\tau. \quad (5)$$

$$\omega = \frac{1 + \nu}{E(t)} \left\{ 2(1 - \nu) \Delta^2 \Phi - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right\} + \int_{\tau_1}^t (1 + \nu) \left\{ 2(1 - \nu) \frac{\Delta^2 \Phi}{\partial z^2} \right\} \frac{\partial}{\partial \tau} \omega(t, \tau) d\tau; \quad (6)$$

$$\Delta^4 \Phi(t, r, z) = 0; \quad (7)$$

$$\omega(t, \tau) = \frac{1}{E(\tau)} + G(t, \tau), \quad (8)$$

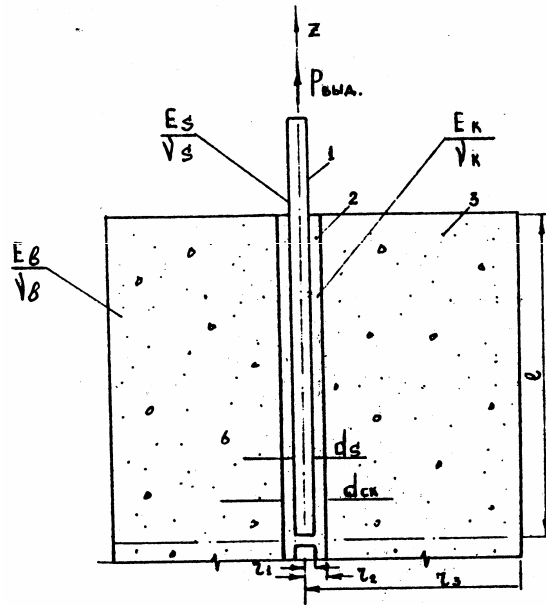


Рис. 1 – Расчетная схема анкерного соединения на акриловом клее:
1 – арматурный стержень; 2 – слой акрилового клея; 3 – бетонный цилиндр

где ν – коэффициент Пуассона; r, z – цилиндрические координаты; τ – возраст акрилового клея; t – момент времени, для которого определяется напряженное состояние; τ_1 – возраст акрилового клея, для которого определяется напряженное состояние; $E(t)$ – мгновенный модуль упругости акрилового клея; G – мера ползучести.

Подставим функцию напряжения в виде

$$\Phi(t, r, z) = \varphi(t) \chi(r, z). \quad (9)$$

В соответствии с результатами исследований ползучести акрилового клея и граничных условий на торцах анкерного соединения получим функцию напряжения (9) в виде:

$$\sum_s D_s(t) \left\{ z \cos \frac{\lambda_s z}{l} - \frac{l}{\lambda_s} [(2\nu - 1) - \lambda_s t g \lambda_s] \right\} K_0 \left(\frac{\lambda_s r}{l} \right). \quad (10)$$

С учетом ранее полученных авторами решений, подставляя выражение (11) в (1-6), получаем уравнения для напряжений и перемещений в слое акрилового клея:

$$\tau_{rz} = - \sum_s D_s(t) \left(\frac{\lambda_s}{l} \right)^2 \left[\cos^2 \lambda_s \sin \frac{\lambda_s z}{l} + \frac{\lambda_s z}{l} \cos \frac{\lambda_s z}{l} \right] K_0 \left(\frac{\lambda_s r}{l} \right); \quad (11)$$

$$\sigma_z = - \sum_s D_s(t) \left(\frac{\lambda_s}{l} \right)^2 \left[\sin^2 \lambda_s \cos \frac{\lambda_s z}{l} + \frac{\lambda_s z}{l} \sin \frac{\lambda_s z}{l} \right] K_0 \left(\frac{\lambda_s r}{l} \right); \quad (12)$$

$$\sigma_r = \sum_s D_s(t) \left\{ \left(\frac{\lambda_s}{l} \right)^2 \left[\frac{\lambda_s z}{l} \sin \frac{\lambda_s z}{l} - (1 + \cos^2 \lambda_s) \cos \frac{\lambda_s z}{l} \right] K_0 \left(\frac{\lambda_s r}{l} \right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{r} \frac{\lambda_s}{l} \left[\frac{\lambda_s z}{l} \sin \frac{\lambda_s z}{l} - (1 + \cos^2 \lambda_s - 2\nu) \cos \frac{\lambda_s z}{l} \right] K_0 \left(\frac{\lambda_s r}{l} \right) \right\}; \quad (13)$$

$$u = \frac{1+\nu}{E(t)} \sum_s D_s(t) \varphi_s(r, z) - \sum_s \varphi_s(r, z) (1+\nu) \int_{\tau_1}^t D_s(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \omega(t, \tau) d\tau; \quad (14)$$

$$\omega = \frac{1+\nu}{E(t)} \sum_s D_s(t) \Psi_s(r, z) - \sum_s \Psi_s(r, z) (1+\nu) \int_{\tau_1}^t D_s(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \omega(t, \tau) d\tau; \quad (15)$$

$$\varepsilon_z = \frac{\partial \omega}{\partial z} = \frac{1+\nu}{E(t)} \sum_s D_s(t) \Psi'_s(r, z) - \sum_s \Psi'_s(r, z) (1+\nu) \int_{\tau_1}^t D_s(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \omega(t, \tau) d\tau, \quad (16)$$

где z – координата точки, в которой определяется напряжение или перемещение; $K_i \left(\frac{\lambda_s r}{l} \right)$ – функция Макдональда.

Рассмотрим граничные условия на поверхности контактов анкера с акриловым клеем и клея с бетоном при его выдергивании, из которых вытекают соотношения, предназначенные для определения функции $D_s(t)$. К граничным условиям относится непрерывность касательных и радиальных напряжений, относительных осевых удлинений и радиальных перемещений на контакте клей-анкер и клей-бетон, а также равенство $\sigma_z = 0$ при $z = 0$.

Начиная с некоторого возраста $\tau_1 > \tau$ ($\tau = 10 \dots 25$ сут.), приращение модуля упругости клея прекращается, поэтому можно пользоваться асимптотическим равенством

$$n(t) = \frac{E_s}{E_t} \approx \frac{E_s}{E_{(\infty)}} = \frac{E_s}{E_K} = n_K. \quad (17)$$

Принимаем для меры ползучести клея следующие выражения:

$$G(t, \tau) = \varphi(\tau) \left[1 - e^{-\gamma(t-\tau)} \right]. \quad (18)$$

Хорошо согласуется с данными экспериментов для акрилового клея возраста более 25 сут. аналитическая зависимость меры ползучести:

$$G(t - \tau) = \sum_{k=1}^m A_k l^{-\gamma_k(t-\tau)}. \quad (19)$$

С учетом граничных условий, приведенных ранее, выражений (18,19), а также начала отсчета времени загрузки $t = 0$ определяем функцию напряжения $D_s(t)$. Подставляем полученные значения $D_s(t)$ в формулы (11-13) и получаем значения напряжений $\tau_{rz}^{(k)}$, $\sigma_z^{(k)}$, $\sigma_r^{(k)}$ отражающие математическую модель напряженно-деформированного состояния соединения при выдергивании стержня, заделанного в бетон с помощью акрилового клея.

На рис. 2 изображены графики распределения касательных, нормальных осевых и радиальных напряжений в слое акрилового клея на контактах клей-анкер и клей-бетон. Сплошными линиями нанесены кривые распределения напряжений, вычисленные для случая упруго-мгновенного приложения выдергивающего усилия, а пунктиром – кривые распределения напряжений в результате ползучести акрилового клея в течение 100 сут.

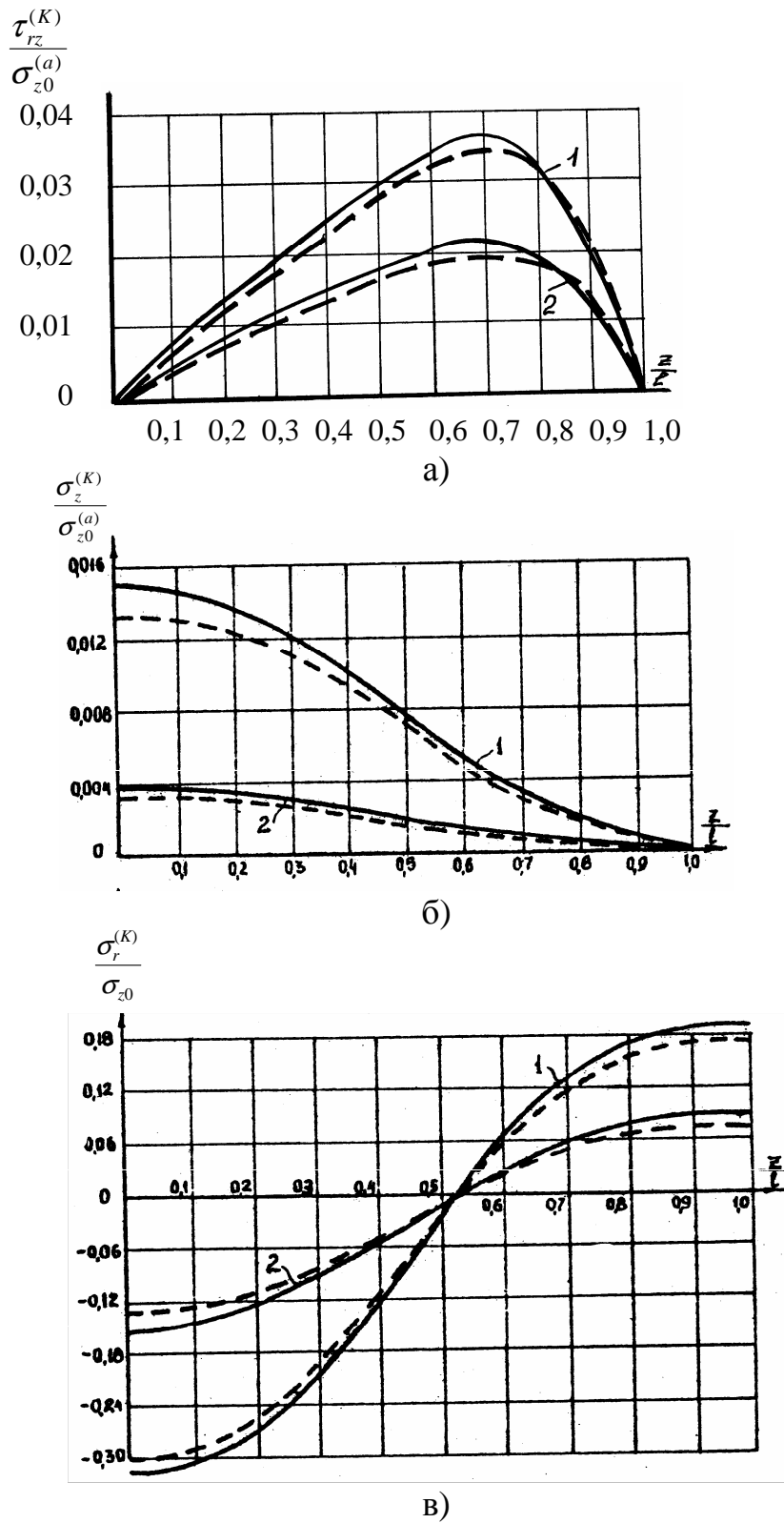


Рис. 2 – Распределение касательных (а), нормальных осевых (б) и радиальных (в) напряжений в клеевом слое на контакте клей-анкер (1) и клей-бетон (2)

Расчет выполнен для анкерного соединения, материалы которого имеют следующие характеристики: модули упругости анкера $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа, клея $E_k = 8,78 \cdot 10^3$ МПа, бетона $E_b = 2,3 \cdot 10^4$ МПа, коэффициенты Пуассона $\mu_s = 0,25$, $\nu_k = 0,35$ и $\nu_b = 0,16$. Геометрические характеристики анкерного соединения: глубина заделки $l = 17,5d_s$, диаметр анкера $d_s = 2,0$ см; диаметр скважины $d_{ck} = 4,0$ см; $l_0 = 20$; $l_1 = 10$.

АДГЕЗИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ ПОЛИМЕРСИЛИКАТНЫХ БЕТОНОВ

Супрун О.Ю., Шелковин А.А., Волювач С.В., *канд. техн. наук*
Харьковская национальная академия городского хозяйства
61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12
E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

Были проведены экспериментальные исследования сцепления полимерсиликатного бетона на жидком стекле с добавкой акрилового полимера [1] и фурфуролового спирта [2], с цементным бетоном при их совместной работе в комплексной конструкции. В опытах использовали стандартные образцы – “восьмерки” (ГОСТ 10180), а также призмы сечением 70x70 мм. При испытании “восьмерок” сначала изготавливали “полувосьмерки” из цементного бетона класса В25 с применением щебня фракции 5...10 мм. После 60 суток твердения в нормальных температурно-влажностных условиях к ним прибетонировали “полувосьмерки” из полимерсиликатного бетона. Комплексные образцы выдерживали в воздушно-сухих условиях 15-18 суток, после чего испытывали на осевое растяжение. Для контроля одновременно испытывали “восьмерки” из цементного бетона класса В25. Призмы также изготавливали из двух половинок в металлической опалубке, в которую сначала устанавливали деревянные вкладыши. С торцов образцов, испытываемых на растяжение, в процессе формования закладывали анкеры диаметром 12 мм на глубину 50...60 мм. Испытание комплексных образцов при кратковременном нагружении проводили на растяжение при изгибе, осевое растяжение и на срез при сжатии. Испытания проводили на разрывной машине “Шоппер”.

Результаты испытаний показали следующее. Прочность на осевое растяжение цельнобетонных (из цементного бетона) образцов составила 2,94 МПа, что в 1,8 раза (минимальное значение – 1,62 раза) превышает величину нормативного сопротивления бетона класса В25 по СНиП 2.03.01-84 (фактическая средняя из трех образцов прочность бетона при сжатии равнялась 30,6 МПа). Прочность на осевое растяжение составных “восьмерок” колебалась в пределах 4,27...4,69 МПа. Причем разрыв соединения происходил во всех случаях по сечению цементного бетона в приконтактной зоне, т.е. наблюдалось упрочнение цементного бетона в области сцепления с полимерсиликатным бетоном. Микроскопическими исследованиями установлено,

что между “новым” жидкостекольным и “старым” цементным бетоном происходит химическое взаимодействие с выделением новообразований. Именно этим, по-видимому, обусловлено то обстоятельство, что прочность на разрыв составных “восьмерок” превосходила прочность цельнобетонных образцов из цементного и жидкостекольного бетона. Кроме того, площадь контакта двух бетонов увеличивалась за счет проникновения и зацепления полимерной вяжущей композиции в порах и капиллярах цементного камня. Об этом свидетельствует более “рваная” структура поверхности излома составных образцов в сравнении с цельнобетонными, а малая усадка полимерсиликатного бетона не вызывала сколько-нибудь заметного снижения прочности сцепления. Аналогичная картина отмечалась при испытании призм на осевое растяжение, изгиб и сдвиг.

Результаты испытаний показали следующее. Среднее значение напряжений разрыва при осевом растяжении равнялось 4,31 МПа (пределы разброса 4,22...4,36 МПа), среднее квадратическое отклонение значений – 0,07 МПа, коэффициент вариации – 1,8 %. Максимальное напряжение растяжения при изгибе составило 6,89 МПа, среднее квадратическое отклонение значений изгибающего момента – 2,94 МПа, коэффициент вариации – 10,6%. Для испытаний на сдвиг при сжатии эти показатели соответственно составили 18,8 МПа, 3,49 МПа и 18,6%. Разрушение во всех случаях происходило по приконтактному слою цементного бетона. По данным экспериментов авторов, прочность сцепления при испытании на осевое растяжение образцов из полимерсиликатного бетона с добавкой фурилового спирта и цементного бетона класса В25 в возрасте 14 суток составляла 2,5...3 МПа.

Циклический нагрев описанных выше комплексных образцов в диапазоне 20...75⁰С (100 циклов) привел к увеличению прочности сцепления примерно на 35% (испытания проводили в охлажденном состоянии образцов). Многократное увлажнение и высушивание при температуре 60⁰С, а также замораживание и оттаивание (по 100 циклов) существенного влияния на прочность сцепления не оказали.

Испытания показали, что дополнительная обработка поверхности «старого» цементного бетона, отформованного в деревянной опалубке (насечка, химическое травление и т.п.), не требуется.

Полученные данные приняты в качестве исходных при расчете прочности контакта комплексных конструкций, усиленных полимерсиликатным бетоном методом наращивания.

1. Патент України на корисну модель України № 20349. Кислотостійка полімерсиликатна композиція / Супрун О.Ю., Золотов М.С., Шутенко Л.М. та інш.; Опубл. 15.01.2007. – Бюл. № 1.

2. Кислототривкий полімермінеральний розчин, МПК СО 4 В 28/26 / Л.М. Шутенко, С.В. Волювач, М.С. Золотов, О.О. Шелковін. – Заявка на винахід № U201102661; заяв. 09.03.11.

РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ З КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА СТИСК ЗІ ЗГИНОМ З УРАХУВАННЯМ ДЕФОРМОВАНОЇ СХЕМИ

Кліменко В.З., канд. техн. наук, проф., **Михайловський Д.В.**, канд. техн. наук, **Коваленко М.С.**, **Коваль А.В.**

*Київський національний університет будівництва і архітектури
03037, Україна, м.Київ, пр-т Повітрофлотський, 31*

В останні роки в усьому світі все ширшого застосування набувають конструкції з клеєної деревини. Особливо: великопрольотні ферми, арки, трикутні розпірні системи тощо. Основні несучі елементи цих конструкцій працюють на стиск зі згином. В вітчизняній практиці проектування для розрахунку таких елементів застосовується формула складного опору, в якій при визначенні розрахункового згинального моменту в деформованому стані застосовується методика, що була розроблена майже сто років тому проф. Заврієвим К.С. [1]. Суть цієї методики полягає в визначенні повного згинального моменту з умови:

$$M_{д} = M_{q} + N \cdot f_{д} , \quad (1)$$

в якій $f_{д}$ знаходиться за наближеною формулою $f_{д} = \frac{M_{q}}{N_{кр} - N}$, де $N_{кр}$ – сила

Ейлера в елементі, що працює тільки на стиск, N – розрахункове повздовжнє зусилля в елементі.

В нормах проектування та в навчально-методичній літературі формула (1) записана у вигляді

$$M_{д} = M / \xi , \quad (2)$$

де коефіцієнт ξ непрямо враховує деформовану схему.

Методика проф. Заврієва К.С. адекватно відображає фізичне явище в стиснуто-згинних елементах з гнучкістю в площині згину $\lambda \geq 55$, коли коефіцієнт повздовжнього згину знаходиться на параболі Ейлера на графіку $\lambda - \varphi$.

Як показує практика, в сучасних великопрольотних конструкціях з клеєної деревини гнучкість елементів знаходиться в діапазоні $20 \leq \lambda \leq 55$. При таких гнучкостях існуюча методика перестає адекватно відображати фізичне явище, що спостерігається. Однак, завдяки математичній структурі формули для визначення коефіцієнта $\xi = 1 - N / (\varphi \cdot A \cdot R_c)$ суттєво нівелюється значення коефіцієнту φ в широкому діапазоні його величин. В [2, 3] зроблено висновок, що випадкове співпадіння розрахунків для елементів з $\lambda \leq 55$ (в яких коефіцієнт повздовжнього згину становиться більше одиниці, що протиречить природі стійкості стиснутого елемента) не може бути обґрунтуванням існуючої методики розрахунку.

Авторами статті запропоновано власну методику розрахунку стиснуто-згинальних елементів [4]. За цією методикою розрахунковий момент з врахуванням деформованої схеми елементів визначається за формулою

$$M_{розр} = M_q + N \cdot f_q + N \cdot U \cdot \left(\frac{f_q}{EI - U} \right), \quad (3)$$

в якій: $M_q = \frac{q \cdot L^2}{8}$ – момент в елементі від поперечного навантаження без врахування деформованої схеми; $f_q = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI}$ – прогин елементу від поперечного навантаження без врахування деформованої схеми; $U = N \cdot \frac{L^2}{\pi^2}$ – параметр.

Формула (3) дещо складніша за формулу (1) наведену в нормах проектування та в навчально-методичній літературі, але вона більш точно передає фізичне явище, яке відбувається в елементах, що працюють на стиск зі згином. З позиції викладачів вищої школи запропонована методика краща з методологічної точки зору.

Для перевірки запропонованої методики було проведено ряд чисельних досліджень, що стосувались визначенню розрахункового згинального моменту та крайового напруження в панелях верхніх поясів ферм. Для можливості співставлення результатів загальна геометрія ферм і навантаження прийняті однаковими. Змінювався лише тип решітки ферм, а відповідно довжини елементів верхнього поясу. Елементом задавались фізико-механічні характеристики згідно СНиП II-25-80 [5]: розрахунковий опір на згин – $R_{sz} = R_c = 15$ МПа (для деревини 2-го сорту); модуль пружності вздовж волокон $E = 10000$ МПа.

Задачу реалізовано за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ) в сучасному програмному комплексі Лира 9.6 в геометрично-нелінійній постановці з застосуванням скінченого елемента типу 310, якому надавались задані геометричні та фізико-механічні характеристики. При моделюванні нелінійного завантаження обирався автоматичний вибір кроку з пошуком нових форм рівноваги. Результати розрахунків представлено у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Довжина елемента, см	Параметр	Методика СНиП II-25-80	Запропонована методика	МСЕ (Лира 9.6)
1	2	3	4	5
150	$M_{розр}$, кНм	3,92	3,69	3,69
	$f_{розр}$, мм	0,46	0,44	0,436

1	2	3	4	5
300	$M_{розр}$, кНм	16,88	15,26	15,24
	$f_{розр}$, мм	3,27	2,95	2,94
450	$M_{розр}$, кНм	38,38	34,48	34,45
	$f_{розр}$, мм	7,82	7,01	7,00
600	$M_{розр}$, кНм	67,60	61,05	60,99
	$f_{розр}$, мм	13,16	11,86	11,90
900	$M_{розр}$, кНм	148,03	135,80	135,70
	$f_{розр}$, мм	24,90	22,80	22,80

Як видно з одержаних результатів (таблиця 1) розв'язки задачі за запропонованою методикою (стовпчик 4 таблиці 1) та вирішені за допомогою МСЕ в нелінійній постановці (стовпчик 5 таблиці 1) майже повністю збігаються. Результати ж одержані за методикою СНиП (стовпчик 3 таблиці 1) суттєво відрізняються від двох інших (стовпчики 4 та 5 таблиці 1).

Зі збільшенням прольоту стиснуто-згинального елемента різниця між наближеною методикою СНиП II-25-80 та двома іншими, більш точними методиками, стає все більшою.

Це ще раз підтверджує думку про те, що не завжди формальний перенос вдалої методики розрахунку елементів конструкцій з суцільної деревини (незначна довжина елементів) на елементи конструкцій з клеєної деревини, без ретельного обґрунтування, стає еволюційним кроком [6]. А саме це відбулось з методикою розрахунку крупнопанельних конструкцій з клеєної деревини елементи яких працюють на стиск зі згином.

Хороша збіжність результатів розрахунку МСЕ в нелінійній постановці з точним методом розрахунку дозволяє припустити можливість точного визначення розрахункового згинального моменту і в криволінійних стиснуто-згинальних елементах. Саме як такі елементи працюють верхні пояси сегментних ферм з клеєної деревини, які набувають все ширшого розповсюдження. В Європі малоелементні сегментні ферми прольотом більше 40 м навіть набули статусу типових.

Існуючі методики розрахунку верхніх поясів сегментних ферм, детально розглянуті в [7, 8], не зовсім адекватно відображають фізичне явище, що в них відбувається.

В даній публікації представлені результати чисельних досліджень верхніх поясів сегментних ферм прольотом 26 м з різним типом решітки, а відповідно довжиною елементів верхнього поясу. Для можливості співставлення результатів загальна геометрія ферм, навантаження та фізико-механічні властивості матеріалу прийняті однаковими.

В рамках дослідження виконано розрахунки за трьома методиками:

1. Методика представлена в п. 6.35 Посібника до СНиП II-25-80 [9]:

$M_{розр} = M_q - M_{розв} = M_q - N \cdot f_n$, в якій f_n – проектна стріла вигину панелі.

2. Запропонована авторами методика з урахуванням деформованої схеми:

$$M_{д} = M_q - N \cdot (f_n + f_N - f_q),$$

де $f_q = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_q \cdot l_{ef}^2}{E \cdot I}$ – прогин від поперечного навантаження;

$f_N = \frac{5}{48} \cdot \frac{N \cdot f_n \cdot l_{ef}^2}{E \cdot I}$ – вигин від поздовжньої сили.

3. Метод скінчених елементів в геометрично нелінійній постановці за допомогою програмного комплексу Лира 9.6 з застосуванням скінченого елемента типу 310, якому надавались задані геометричні та фізико-механічні характеристики деревини. При моделюванні нелінійного завантаження обирався автоматичний вибір кроку з пошуком нових форм рівноваги.

Результати чисельних досліджень наведено в таблиці 2.

Існуючі методики розрахунку не наводять формули для визначення дійсного прогину криволінійного стиснуто-згинального елемента з урахуванням деформованої схеми.

З таблиці 2 видно, що жодна з аналітичних методик не відповідає рішенням задачі методом скінчених елементів в геометрично нелінійній постановці. Хоча запропонована авторами методика дає більш достовірні результати ніж методика що міститься в СНиП II-25-80.

Таким чином можна зробити висновок, що питання визначення розрахункового згинального моменту та прогину при розрахунку верхніх поясів сегментних ферм залишається актуальним і потребує ґрунтовного дослідження. Особливо важливе вирішення цієї задачі для розрахунку сучасних великопрольотних конструкцій з клеєної деревини.

Таблиця 2

Прольот елемента, см	Параметр	Методика Посібника	Запропонована методика	МСЕ (Лира 9.6)
1	2	3	4	5
493,6	$M_{розр}$, кНм	2,48	3,40	4,14
	$f_{розр}$, мм	-	-	0,436
603,3	$M_{розр}$, кНм	3,60	4,90	6,20
	$f_{розр}$, мм	-	-	2,94
712,9	$M_{розр}$, кНм	5,00	7,00	8,66
	$f_{розр}$, мм	-	-	7,00

1. Завриев К.С. Расчет стержней на одновременное действие изгиба и осевого сжатия. – Тифлис, 1932.

2. Клименко В.З. Развитие метода расчета сжато-изогнутых элементов в историческом аспекте / 3б. наук. праць УкрНДІ проектстальконструкція ім. В.М. Шимановського.

Вип. 5. – К.: “Сталь”, 2010. – С. 130–139.

3. Клименко В.З. Устранение методологического диссонанса в расчете деревянных элементов, работающих на изгиб со сжатием / Промислове будівництво та інженерні споруди. №2, 2010. – С. 41–44.

4. Щодо розрахунку елементів з клеєної деревини, що працюють на стиск зі згином. Клименко В.З., Михайловский Д.В., Коваленко М.С. // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Вып. 60, Днепропетровск, ПГАСА, 2011. – С. 79-84.

5. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции / Госстрой СССР – М.: Стройиздат, 1982. – 66 с.

6. «Проектирование современных конструкций из клееной древесины на принципах новой концепции» / Клименко В.З., Найчук А.Я., Фурсов В.В., Михайловский Д.В. – К. Видавництво «Сталь», 2010. – 24 с.

7. Клименко В.З., Коваль А.В. Работа элементов на стиск зі згином у сегментних фермах / В Наук.-техн зб.: Містобудування та територіальне планування. – Київ: КНУБА, 2010. – Вип. 38. – С. 192-202.

8. Клименко В.З., Коваль А.В. Розрахунок сегментних ферм з клеєної деревини / В збірнику наукових праць: Современные строительные конструкции из металла и древесины. Вип. 15. Часть 2. – 2011. Одеса: ОДАБА. – С. 116-121.

9. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1986. – 216 с.

ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ, ГОРЮЧЕСТЬ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ
ПЛАСТМАСС И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

COMBUSTIBILITY OF POLYMERIC MATERIAL AND FIRE SAFETY
OF THE BUILDINGS

Karol Potoček , *Doc., Ing., CSc.* , Tomáš Potoček, *Ing., PhD, University of Žilina, Faculty of Civil Engineering*
Slovakia, Komenského 52, 010 26 Žilina, Slovakia
E-mail: potocek@fstav.uniza.sk

1. Introduction

Present time brings in increased ratio possibility to use polymeric materials in various building applications with different character. It can be building construction or its parts, inside building facilities, production processes and etc. This mass usage of polymeric material brings also higher risks of fires because these materials have higher combustibility and heat value.

Fire experiences analyses shows that it is possible to prevent the fires also in these conditions or get fire under control so that we can save more human lives and prevent property damage. One way how to achieve higher structural fire protection is its division into smaller each other divided parts – fire cells.

2. Building division on fire cells

Fire cells are building parts. Fire division walls and ceilings limit them. Their basic function is to protect fire spread from one fire cell to near fire cell. The fire can spread in fire cell all over fire cell regardless of fire cell spaces and its particular parts. Fire cell is then considered as basic unit for determination of fire or economic risk.

From this reason it is important to suggest building constructions, which close fire cell so that without static and aesthetical requirements they are up to fire standards. Basic building division on fire cells can be performed in the time of building project preparation. In the case of existing building, in every change of its usage. The building consists of more fire cells if:

- the building has the spaces, which must create according to fire regulations fire cells,
- if the building with its size exceeds maximal sizes determined by fire regulations for fire cell size.

The buildings which size doesn't exceed maximal fire cell size are considered as one fire cell. The question is the determination of the size – of fire cell surface. So that fire risk and economic effectiveness will be taken into account.

3. Fire cell size

Characteristic fire cell parameter is its section plan surface in the building. Its size is expressed in A (m^2). Currently methods used for determination of fire cell size go on the character of building usage.

The building or its part has these two determinations: non-production buildings, production buildings.

The highest allowed fire cell sizes in non-production buildings are determined in keeping with:

- calculation fire load p_v [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$],
- coefficient of combustible materials a [-],
- number of aboveground (n_{pn}) and underground (n_{pp}) building floors,
- mutual static connection among fire cells,
- combustibility of building constructions which limit fire cell,

The highest allowed section plan surfaces of fire cell fire floor can be for:

a) aboveground fire floors from incombustible constructions

$$A_{\max} = \frac{1250 - 2020 \cdot \ln a}{0,2 \cdot (n_{pn})^{1/2}} \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

b) underground fire floors from incombustible constructions

$$A_{\max} = \frac{1250 - 2020 \cdot \ln a}{0,2 \cdot (20 + n_{pp})^{1/2}} \quad [\text{m}^2] \quad (2)$$

c) aboveground fire floors from mixed constructions

$$A_{\max} = \frac{1250 - 2020 \cdot \ln a}{0,35 \cdot (n_{pn})^{1/2}} \quad [\text{m}^2] \quad (3)$$

d) underground fire floors from mixed constructions

$$A_{\max} = \frac{1250 - 2020 \cdot \ln a}{0,35 \cdot (25 + n_{pp})^{1/2}} \quad [\text{m}^2] \quad (4)$$

e) aboveground fire floors from combustible constructions

$$A_{\max} = \frac{1250 - 2020 \cdot \ln a}{0,45 \cdot (n_{pn})^{1/2}} \quad [\text{m}^2] \quad (5)$$

It is possible to consider for practical usage in first approximation: $0,3 \leq a \leq 1,3$; $1 \leq n_{pn} \leq 12$; $1 \leq n_{pp} \leq 3$.

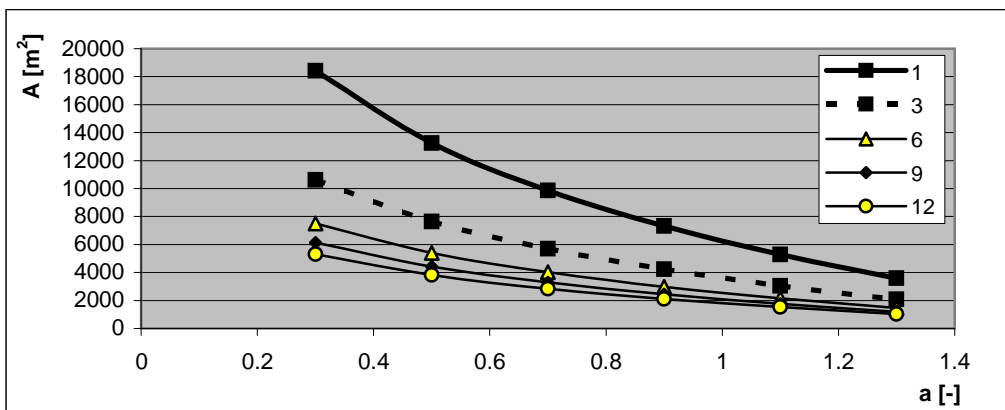


Fig.1 – Incombustible constructions – aboveground floors

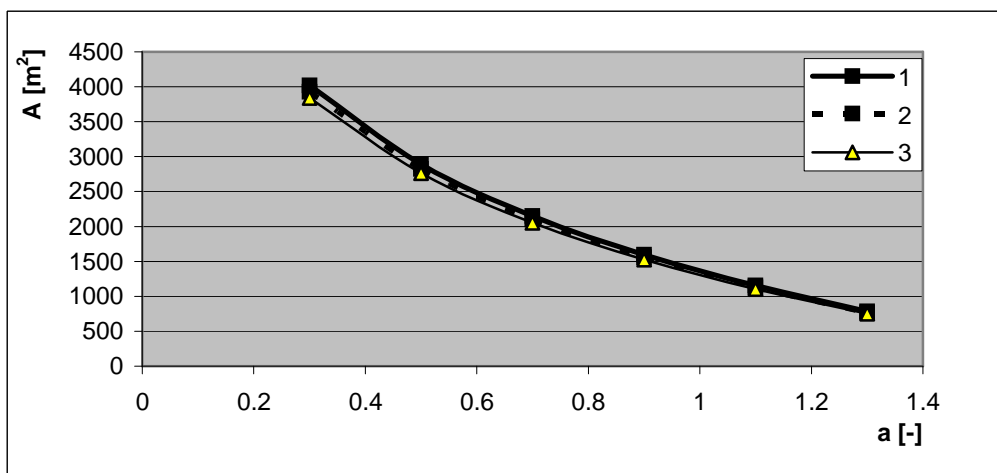


Fig.2 – Incombustible constructions – underground floors

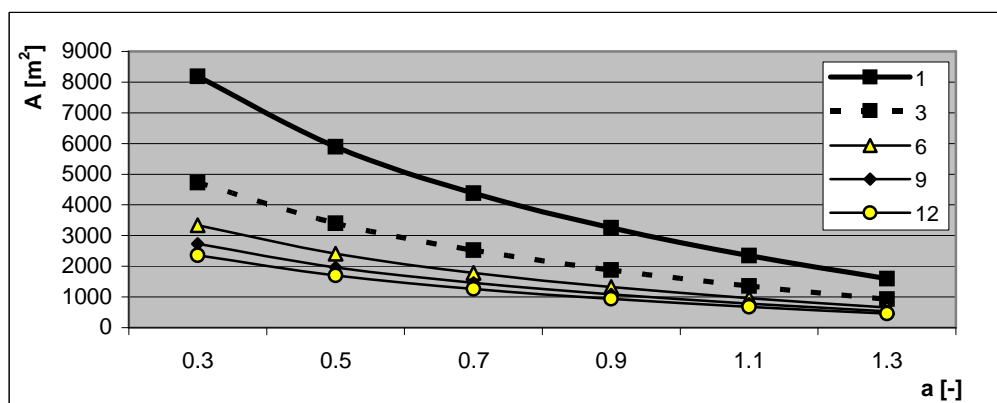


Fig.3 – Combustible constructions – above ground floors

The size of fire cell section plan at chosen margin conditions is graphically illustrated on Fig.1, 2 and 3. Lets see so determined section plan surface from the side of economic risk index. Economic risk index is the function:

$$i_e = f(E_s, U, Z_s) \quad [-] \quad (6)$$

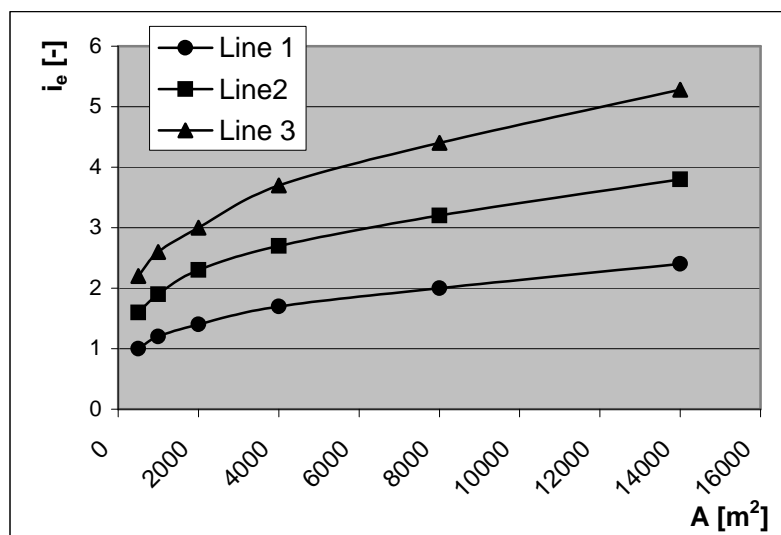


Fig.4 – Values i_e for various sizes of fire cell surfaces

In this formula – E_s is the damage coefficient, U is surface coefficient and Z_s is the coefficient of combustion products. We consider following values of coefficients for non-production buildings $1,0 \leq E_s \leq 2,2$; $1,0 \leq U \leq 2,2$; $Z_s = 1,0$. Fire cell section plan size in keeping with economic risk index is graphically illustrated on Fig.4.

4. Conclusion

The limits or prevention of fire spread from fire cell into other building spaces are important steps in structural fire protection strategy. The basic requirement is total compatibility and stability of main bearing building construction.

It is necessary to take various requirements (which can be contrary) into account at planning of fire cells:

- with higher fire cell surface there are higher extents of damages i_e [-], these damages will be smaller with smaller chosen surface A [m²],
- with fire cell minimization there are higher costs for building division on fire cells and there can be also operation difficulties.

From noticed reasons, it is necessary to go on optimal surface at determination of fire cell size. This optimal surface is determined by point of intersection of interests supposed damages and investment costs including operation for formation of fire cell in the building.

1. Kucbel J.: Požiarina ochrana budov, Vydavateľstvo a distribúcia technickej literatúry J. Kucbel. ISBN 80-901398-0-9, Bratislava 1993.

2. Kupilík V.: Konstrukce pozemních staveb 80, Požární bezpečnost staveb ČVUT, Praha 1998.

3. Egan M. D.: Concepts in Building Firesafety, College of Architecture Clemons University, Toronto 1978.

4. Bradáčová I. A kol.: Stavby a jejich požární bezpečnost, Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika, Praha 1999.

5. Bebčák P.: Požární bezpečnost staveb, Edice Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, SPEKTRUM 3, Ostrava 1996. ISBN 80-902001-2-5.

6. STN 92 0201-1: 2002 Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia – časť 1: Požiarne riziko, veľkosť požiarneho úseku.

7. STN 92 0201-2: 2002 Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia – časť 2: Stavebné konštrukcie.

СТРУКТУРНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Селиванов С.Е., д-р техн. наук, проф., Трегуб С.Н.

Херсонская государственная морская академия

73000, Украина, г. Херсон, пр. Ушакова, 14/1

E-mail: sntrigub@mail.ru

Весьма перспективным способом структурной модификации полимерных материалов (ПМ), с целью достижения в них заданных свойств, является воздействие лазерного излучения на ПМ.

В данной работе в качестве источника излучения используется лазер на углекислом газе типа ИЛГН–709 непрерывного режима работы в инфракрасной части спектра (длина излучения $10,6 \cdot 10^{-6}$ м), выходной мощностью излучения до 100 Вт с ослабителем мощности, измерителем средней мощности излучения (в диапазоне от 1 Вт до 100 Вт) типа РСИСИ “Титан”.

Луч от лазера направлен на “качающееся” зеркало. Отраженное лазерное излучение от зеркала попадает на пластину из исследуемого полимерного материала. Пластина (пленка) – образец крепится в специально сконструированном держателе, подвешенном на – тягах регулировочных. Осуществляется перемещение пластины в горизонтальном направлении. Измеряется температура на поверхности пластины.

Для нужной ориентировки модификации ПМ на применяемой установке необходимо получить расчетные формулы режимов нагревания.

Известно, что эквивалентная толщина прогретого слоя определяется как

$$l = 1/2(\pi a \tau)^{1/2}, \quad (1)$$

где τ – время воздействия; a – температуропроводность.

Определяется пороговая плотность мощности ($q_{порог}$), соответствующая началу разложения и газификации ПМ. Далее облучение проводится при изменяющихся плотностях мощности q воздействующего потока ($20 \div 40$ Вт/см²) и времени экспозиции ($30 \div 80$ с).

Пусть участок пластины (пленки) с малой площадью ΔS в начальный момент времени $\tau = 0$ вступает в зону нагрева и находится в этой зоне на протяжении времени экспозиции

$$\tau_{ЭК} = \frac{l_0}{v}. \quad (2)$$

Величина $\tau_{\text{ЭК}}$ должна быть выбрана из условия обеспечения достаточного для целей модификации нагрева образца, после чего определяется и требуемая скорость перемещения образца v . Из этого же условия подбирается и величина q , а затем и необходимая мощность облучателя W . Вторым характерным временем является время распространения фронта заданной температуры в материале механизмом теплопроводности; оно оценивается по формуле:

$$\tau_x \approx \frac{x^2}{a}, \quad (3)$$

где $a = \frac{\lambda}{c\rho}$ – коэффициент температуропроводности материала (λ – коэффициент теплопроводности; c – удельная теплоемкость; ρ – плотность материала); x – координата, отсчитываемая в исследуемом направлении (вдоль поверхности или в перпендикулярном направлении).

Если $\tau_x \ll \tau_{\text{ЭК}}$, то тепловой расчет процесса существенно упрощается.

Для составления уравнения теплового баланса участка примем некоторые упрощающие допущения. Прежде всего, учитывая малость относительной потери массы образца при лазерной обработке (не более 0,3 % по [1]), пренебрегаем возможными потерями теплоты на эрозию материала. Далее, примем, что время τ_x (3) при подстановке $x = \delta$, где δ – толщина пластины (пленки), будет малым по сравнению с $\tau_{\text{ЭК}}$, т.е. что участок пластины (пленки) после вступления в зону облучения прогревается по толщине практически мгновенно (безинерционно). Наконец, будем считать, что эффектом распространения теплоты по поверхности пластины (пленки) механизмом теплопроводности можно пренебречь ввиду малой теплопроводности материала.

При указанных допущениях уравнение теплового баланса для рассматриваемого участка пластины (пленки) записывается в виде:

$$q\Delta S dt = c\Delta m dt_{\text{п}} + 2\alpha\Delta S(t_{\text{п}} - t_c)d\tau, \quad (4)$$

где $t_{\text{п}}$ и t_c – температуры поверхности и окружающей среды, соответственно; α – коэффициент теплоотдачи от пластины (пленки) в окружающую среду (множитель 2 учитывает теплоотдачу от обеих поверхностей пластины (пленки)).

Учитывая, что масса участка равна $\Delta m = \rho\delta \cdot \Delta S$, после некоторых преобразований, получим:

$$\frac{dt_{\text{п}}}{d\tau} + \frac{2\alpha}{c\rho\delta}(t_{\text{п}} - t_c) = \frac{q}{c\rho\delta}, \quad (5)$$

введя обозначения $t_{\text{п}} - t_c \equiv \Theta$,

$$\frac{c\rho\delta}{2\alpha} \equiv \tau_{\text{н}}, \quad (6)$$

где τ_n – характерное время нагрева пластины (пленки), является основным параметром теплового режима процесса, перепишем (5) в виде:

$$\frac{d\Theta}{d\tau} + \frac{\Theta}{\tau_n} = \frac{q}{c\rho\delta}. \quad (7)$$

Решение этого дифференциального уравнения при начальном условии $\Theta(\tau = 0) = 0$ имеет вид:

$$\Theta = \frac{q}{2\alpha} \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_n}}\right) \quad (8)$$

или окончательно:

$$t_{\text{II}} = t_c + \frac{q}{2\alpha} \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_n}}\right). \quad (9)$$

При $\tau \gg \tau_n$, например, при $\tau \gg 3\tau_n$, величина t_{II} достигает предельного значения

$$t_{\text{II}}^{\text{пред}} = t_c + \frac{q}{2\alpha}, \quad (10)$$

после чего дальнейшее пребывание материала в зоне нагрева становится нецелесообразным; это дает базу для оценки времени экспозиции $\tau_{\text{ЭК}}$. При выбранном из дополнительных соображений значении $t_{\text{II}}^{\text{пред}}$ из (10) можно оценить необходимую величину q при известном α . Значение α можно с достаточной точностью оценить по известной формуле для коэффициента конвективной теплоотдачи в воздухе [2]:

$$\alpha \approx 1,33 \left(\frac{\bar{\Theta}}{L}\right)^{0,25}, \quad (11)$$

где $\bar{\Theta}$ – усредненное значение Θ за весь период нагрева, L – характерный размер поверхности теплоотдачи (в данном случае $L = \delta$). Зная α , можно определить q , а затем и W с помощью формулы (1), а также оценить значение основного параметра $\tau_{\text{ЭК}}$ как

$$\tau_{\text{ЭК}} \approx 3\tau_n = 3 \frac{c\rho\delta}{2\alpha}. \quad (12)$$

Проведя количественные оценки по полученным формулам можно получить достаточную ориентировку для последующих экспериментальных и технологических исследований по реализации данного метода структурной модификации ПМ.

1. Богатырева Н.А., Тимошкин А. М., Бычков С.Г., Ксандопуло Г.И. Оптимизация условий лазерной обработки эпоксидного полимера с целью снижения его горючести // Тез. докл. I Междунар. конф. по полимерным материалам пониженной горючести. – Алма-Ата: Изд. АН СССР, 1990. – С. 200–202.

2. Залесский А.М. Основы теории электрических аппаратов. – М.: Высшая школа, 1974. – 184с.

ВЛИЯНИЕ АНТИПИРЕНОВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ГОРЮЧЕСТЬ ПОЛИАМИДОВ-6

Карими Язди Амир Эхсан, Авраменко В.Л., канд. техн. наук, проф.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
61002, Украина, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21
E-mail: avramenko@kpi.kharkov.ua

Снижение горючести полимерных материалов, используемых в строительстве, является актуальной задачей. При этом важным является поиск новых способов, позволяющих снизить горючесть полимеров и полимерных композиционных материалов.

В работе приведены исследования введения антипирена – полиаминофосфата и цеолита с иммобилизованным на его поверхности аминополифосфатом в процессе анионной полимеризации ϵ -капролактама. Изучено их влияние на горючесть полиамида-6. Объектом исследования служил ϵ -капролактама (Ф.BASF, Германия). Полимеризацию ϵ -капро-лактама вели в присутствии активатора- гексаметилендиизоцианата (ГМДИ) (Ф.Rhodia, Франция), и катализатора- натриевой соли капролактама (NA-K) (Ф.karangin, Иран). В качестве антипиренов исследовали амминополифосфат (АПФ)(NH₄NH₂P₂O₄)(Ф. Bovelniem, Австрия), и цеолит с модифицированной этим же антипиреном поверхностью и цеолит без модификации. Составы исследованных смесей приведены в табл. 1. Горючесть исследуемых образцов испытывали по стандарту UL 94 (ASTM E162) и по кислородному индексу (КИ) (ASTM D 2863). Определение разрушающего напряжения при растяжении проводили по методу (ASTM D638) и ударной вязкости по стандарту (ASTM D256).

Таблица 1 – Составы смесей

Содержание, % масс.						
ГМДИ	Na-K	Цеолит модифицированный	Цеолит не модифицированный	АПФ	ϵ - капро-лактама	Код образца
1	2	3	4	5	6	7
4	4	-	-	-	92	A
4	4	-	-	5	92	B
4	4	-	-	10	92	C
4	4	-	5	-	92	D
4	4	-	10	-	92	E
4	4	-	15	-	92	F
4	4	-	20	-	92	G

1	2	3	4	5	6	7
4	4	5	-	-	92	H
4	4	10	-	-	92	I
4	4	15	-	-	92	L
4	4	20	-	-	92	M

В таблице 2 представлены результаты проведенных исследований.

Таблица 2 – Результаты исследований

Ударная вязкость, кДж/м ²	Модуль Юнга, мПа	Кислородный индекс %	UL94		Код образца
			направление вертикальное	направление горизонтальное	
11.2	1200	19	V ₂	V ₂	A
8.7	810	24	V ₂	V ₁	B
9.3	860	26	V ₁	V ₀	C
8.4	1325	23	—	—	D
7.6	1390	25	—	—	E
6,2	1470	30	—	—	F
4,5	1430	33	—	—	G
9,5	1280	21	—	—	H
8,3	1320	23	—	—	I
7,5	1100	28	—	—	L
5	900	32	—	—	M

Из таблицы видно, что введение в состав полимеризуемой смеси АПФ в количестве 5 и 10% приводит к уровню горючести образцов до категории V₀ – V₂, при этом кислородный индекс образцов увеличивается с 19 (исходные не содержащие антипиренов) до 24-26%, при этом наблюдается снижение механических свойств образцов: ударной вязкости с 11,2 до 8,7-9,3 кДж/м², а модуль Юнга с 1200 до 810-860 мПа.

Иначе проявляет себя в исследованных смесях цеолит. В области малого содержания (5-10%) величина кислородного индекса практически такая же, как и у образцов с АПФ. При этом наблюдается снижение ударной вязкости и существенный рост модуля упругости. Это можно объяснить наличием в образцах неорганической фазы, приводящей к повышению их жесткости, что обуславливает снижение ударной вязкости и рост модуля упругости.

С увеличением содержания как не модифицированного, так и модифицированного цеолита наблюдается значительный рост кислородного индекса (с 19% у исходных образцов до 30-33% у образцов, содержащих модифицированный и не модифицированный цеолит).

Таким образом, проведенные исследования показывают возможность существенного снижения горючести полиамида-6 путем введения антипиренов и наполнителей в процессе анионной полимеризации ϵ -капролактама.

1. Кодолов В.И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов. – М.: Химия, 1976. – 160 с.

2. Соломатина О.Б. Некоторые вопросы кинетики и механизма реакции гидролитической полимеризации капролактама. – М.: МГУ, 1967.

ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Пахолюк О.А., канд. техн. наук, **Задорожнікова І.В.,** канд. техн. наук,
Пасічник Р.В., канд. техн. наук

Луцький національний технічний університет

43018, Україна, м. Луцьк, вул. Потебні, 56

E-mail: kronos@newmail.ru

В сучасному світі гостро постає питання економії природних ресурсів, тому розробка, дослідження і впровадження нових ефективних теплоізоляційних матеріалів займає важливе місце в розвитку новітніх будівельних технологій.

Заявлені виробником характеристики і властивості матеріалів (особливо найновіших) не завжди відповідають дійсності. Нажаль, до цього часу не було проведено масштабне дослідження, яке б дало змогу об'єктивно порівняти роботу різних утеплювальних матеріалів при застосуванні їх у різноманітних технологіях утеплення будівель і споруд.

Для отримання порівняльних характеристик найуживаніших утеплювальних матеріалів в однакових умовах дослідження проводились на натурних зразках систем утеплення, влаштованих на тонкостінних конструкціях із забезпеченням однакових умов експерименту.

Найбільш дешевою і найбільш енергоефективною системою утеплення є система на основі пінополістиролу, але вона має ряд серйозних недоліків.

Найбільш досконалим в плані енергоефективності, екологічності і довговічності виявився вентильований фасад. Виробник надає гарантію до 50 років на цю систему утеплення. Але, нажаль, висока вартість конструкції порівняно з іншими видами утеплення заважає широкому впровадженню даної технології.

Також ефективним і недорогим є спосіб утеплення скловатним волокном з облицюванням сайдингом, але в ньому не вирішена проблема накопичення вологи. Таку систему найчастіше застосовують для утеплення котеджів і невеликих будинків.

За результатами порівняння теплоізоляційних матеріалів можна стверджувати, що найбільш ефективними в плані енергозберігання, екологічності і

довговічності є системи на основі мінеральної вати, за умови якісного влаштування вітро і волого захисту. Єдиним недоліком є їх висока ціна.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

Доронин Е.В., канд. техн. наук, **Седышев Е.С.**

*Харьковская национальная академия городского хозяйства
61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12*

Доронина В.А.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

61002, Украина, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21

E-mail: evg-ksame@ukr.net

Постановка проблемы. Применение пластмасс при производстве строительных конструкций позволяет уменьшить стартовые затраты за счет упрощения технологического процесса, снижения его энергоемкости, а так же сократить расходы на эксплуатацию в связи с улучшенными теплозвукоизоляционными характеристиками полученных комплексных агрегатов. Обладая рядом достоинств, часть полимерных материалов, в том числе и пенополистиролы, используются в основном в качестве утеплителя. В последние годы в строительстве стали шире использовать пенополистиролы, защищенные от воздействия внешней среды и повышенных температур, возникающих при пожаре, негоряемыми материалами.

В то же время, действующие нормативные документы по вопросам пожарной безопасности регламентируют условия применения пенополистирольных материалов, особенно для зданий и сооружений с массовым пребыванием людей, существенно сужая область их использования и препятствуя, тем самым, снижению материалоемкости конструкций и повышению эффективности их применения [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Применение пенополистиролов в строительстве объективно ограничено их горючестью. Плиты ППС относятся к группе сгораемых материалов. На основании сертификатов пожарной безопасности плиты пенополистирольные, (выпускаемые по ГОСТ 15588), имеют группу горючести – Г-1 по ГОСТ 30244, группу воспламеняемости – В2 по ГОСТ 30402, группу дымообразующей способности – Д3 по ГОСТ 12.1.044*. Согласно [2, 3] пенополистирол имеет следующие свойства: легковоспламеняющийся материал с температурой воспламенения 310 °С, средняя плотность 20 – 50 кг/м³, теплопроводность 0,046 Вт/(м·К), горит в расплавленном состоянии с выделением большого количества токсичных продуктов горения. Не следует забывать, что на основании ГОСТ 15588 он применяется «в качестве среднего слоя строительных ограждающих конст-

рукций и промышленного оборудования при отсутствии контакта плит с внутренними помещениями». Следовательно, пожарная безопасность таких конструкций обеспечивается применением конструктивной защиты, т.е. применением листов ГВЛ, керамического кирпича, штукатурных составов и т.п. [4, 5].

Постановка задачи и ее решение. Целью настоящей работы является исследование термостабильности полистирола.

При тепловом воздействии основные компоненты пенополистирола претерпевают физико-химические превращения. Материал нагревается и по достижении критической температуры начинает разлагаться. Процесс термоокислительного разложения приводит к воспламенению материала.

Горение полимерных материалов имеет следующие особенности: повышенная потребность в кислороде; развитие высоких температур (1100-1400⁰С); высокая температура сгорания; при нагревании могут менять агрегатное состояние и испарять летучие компоненты.

Полистирольный пенопласт марки ПСВ при горении образует горящий расплав и значительное количество дыма. Материал относится к группе горючих (умеренной и средней горючести) и умеренновоспламеняемых по классификации ДСТУ Б.В.2.7-19-95. По атмосфере, при которой возможно устойчивое горение материала в условиях ГОСТ 21793) для непрессованного полистирольного пенопласта ПСВ-С кислородный индекс определен в 42,5. Определение параметров распространения пламени по ДСТУ Б.В.2.7-70-98 для таких материалов затруднительно из-за высокой скорости плавления с образованием горящего расплава полимера. Поэтому, при оценке способности распространять пламя за критерий была принята скорость деструкции материала по длине образца в процессе испытания – 0,8-0,85 см/мин. Температура дымовых газов при горении полистирольных пенопластов приблизительно соответствует 250⁰С. Для полистирольного пенопласта ПСВ-С, содержащего пламегасящие добавки, температура отходящих газов составляет 150-170⁰С. При выключении источника зажигания горение этого пенопласта прекращается [2].

Авторами проводились исследования термостабильности пенополистирола при помощи термогравиметрических методов анализа на дериватографе Q-1500D системы Paulik, Paulik & Erdey при скорости нагрева 5 град/мин. Метод заключается в определении разности температур между исследуемым образцом и «эталоном» при непрерывном нагреве. При дериватографических исследованиях исследуются дифференциальные кривые температур и потери массы и интегральная кривая потери массы, при установленной скорости подъема температуры.

При записи кинетики пиролиза полимера на аппаратуре получались сигмоидальные кинетические кривые. Это означает, что масса образца медленно уменьшается в начале реакции, а затем снижение происходит быстро в относительно узком интервале температур, и наконец, когда вещества остается мало, потери массы становятся малозаметны.

Пенополистирол является термопластическим материалом. Начало

разложения ППС определяется температурой 265 °С, что соответствует потере массы за счет удаления физически связанной влаги и продуктов с низкой температурой испарения. Максимальное снижение массы связано с высокой скоростью разложения (испарения, сгорания), соответствующее 40 % потере массы, и связано с тем, что в этом интервале температур происходит практически полная деструкция материала. Этому процессу предшествует «стеклование» при температуре 180 °С и окисление органических составляющих в интервале температур 230-290 °С, чему соответствуют потери массы на кривой ТГ ~ 72 %. Максимумы окислительные процессы достигают при температурах 300-350 °С. Наличие экзотермических процессов на кривой ДТА (см. рис.), сопровождающиеся резкой потерей массы, соответствуют процессам окисления, отвечающих деструктуризации материала за счет горения. Увеличение скорости нагрева до 10 и 20 град/мин. смещает температурные характеристики в область более высоких значений.

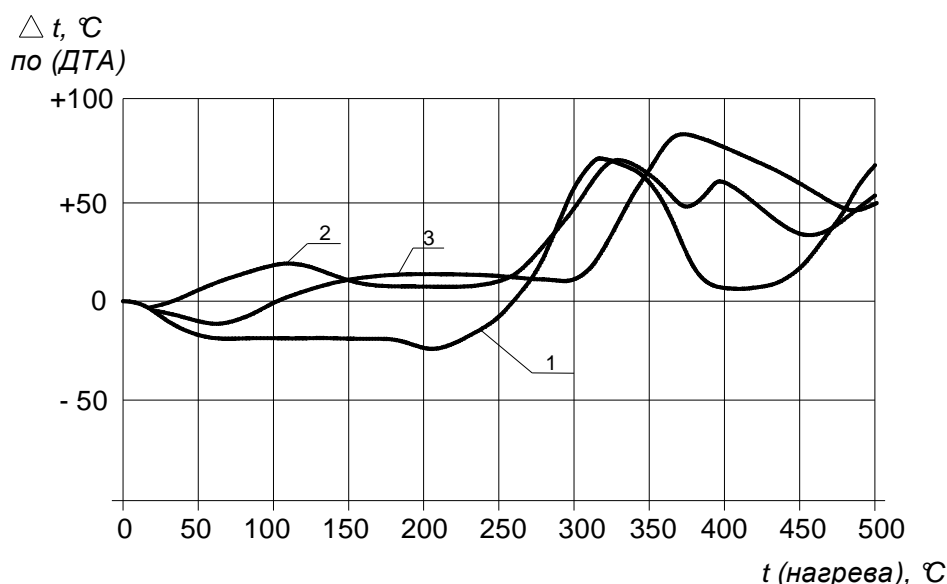


Рис. – Характер проявления при нагреве пенополистирола основных теплофизических процессов:

- 1 – при скорости нагрева 5 град/мин.; 2 – то же при 10 град/мин.;
3 – то же при 20 град/мин.

Вывод. Таким образом, изучение кривых дифференциально-термического анализа показывает, что при нагревании до 100 °С изменение массы происходит за счет удаления физически связанной влаги, не вызывающей изменения структуры материала. Дальнейшее же повышение температуры вызывает полную деструкцию пенополистирола, сопровождающуюся «остеклованием», плавлением и горением ППС-С.

1. ДБН В.1.1-7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
2. Васильченко О.В. Будівельні матеріали та їх поведінка в умовах високих температур / О.В. Васильченко, А.С. Пушкаренко. – Харків: АПБУ, 2001. – 120 с.
3. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности.

ленности. – М.: Химия, 1970. – 336 с.

4. Романенков И.Г. Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов / И.Г. Романенков, В.Н. Зигерн-Корн. – М.: Стройиздат. 1984.

5. Мосалков И.Л. Огнестойкость строительных конструкций / И.Л. Мосалков, Г.Ф. Плюснина, А.Ю. Фролов. – М.: ЗАО «Спецтехника», 2001. – 496 с.

ТОКСИКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ВИКОРИСТАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ

Андронов В.А., д-р техн. наук, проф., Бухман О.М.

Національний університет цивільного захисту України

61023, Україна, м.Харків, вул. Чернишевська, 94

E-mail: Bukhman_o@mail.ru

У сучасному будівництві широко використовуються композиційні синтетичні полімерні матеріали, в тому числі і в якості вогнезахисних покриттів. Вони дозволяють замінити дефіцитні і коштовні природні матеріали. Однак, вогнезахисні полімерні композиційні матеріали і покриття, як правило, складаються з великої кількості різноманітних органічних та неорганічних хімічних речовин, які під впливом високих температур здатні утворювати низку дуже небезпечних для людини газоподібних продуктів. При оцінці пожежної небезпеки вогнезахисних полімерних матеріалів та покриттів необхідно враховувати ряд небезпечних факторів пожежі (НФП) [1]. Серед них найбільш значимими вважаються димоутворення і токсичність продуктів згоряння. Це обумовлено тим, що останнім часом у 50 - 80% випадків загибель людей при пожежі викликана отруєнням токсичними продуктами горіння (ТПГ) сучасних будівельних матеріалів на основі полімерів.

Відомо, що в умовах пожежі температура полімеру не одразу досягає температури самозаймання, а зростає з різною швидкістю в присутності кисню. Це призводить до того, що полімерні композиційні матеріали, нагріваючись, розкладаються в атмосфері повітря, утворюючи при цьому різні за хімічною природою та токсичною дією продукти [2].

Комплексними гігієнічними дослідженнями 378 полімерних матеріалів встановлено, що за інтегральним показником токсичності продуктів горіння (HCL_{50}) до II класу (високонебезпечні) увійшло 16,1%, до III (помірно небезпечні) – 63,0%, до IV класу (малонебезпечні) – 20,9% усіх досліджених матеріалів. Крім того, було виявлено, що критичною температурою, при якій продукти горіння виявляють більшу токсичність, для 38,1% є 400°C, а для 61,9% полімерних композицій – 750°C [3]. Це пов'язано з тим, що при підвищенні температури, по-перше, збільшується загальна концентрація токсичних продуктів горіння, по-друге – зменшується концентрація кисню, а по-тре те – у складі ТПГ з'являються гази, які є особливо небезпечними (водень ціаністий HCN, водень хлористий HCL, формальдегід $H_2C=O$ та ін.).

При оцінці токсичності продуктів горіння згідно ГОСТ 12.1.044-89 моделювання пожежі проводиться в камері при конкретній температурі з різною насиченістю зразками полімерів і часом експозиції. При визначенні порівняльної характеристики вогнезахисних полімерних матеріалів та покриттів показники токсичності продуктів згоряння та димоутворення отримують, як правило, в умовах стандартного режиму пожежі. При цьому не враховуються коливання температури та теплового впливу, швидкість нагріву, зміну концентрації кисню та інші особливості, які відбуваються під час розвитку реальної пожежі. В той же час відомо, що розвиток пожежі може відбуватись як за сценарієм «стандартної температурної кривої» так і за «кривою вуглеводневої пожежі» або за «кривою тліючої пожежі» та ін. [4].

Представлені в літературі дослідження щодо впливу умов пожежі на якісний і кількісний склад продуктів горіння полімерних матеріалів розрізнені і несистематизовані. Вони не дають повної інформації про склад і токсичні властивості окремих речовин в даних умовах, а тим більше про сумісну токсичну дію продуктів згоряння полімерних будівельних матеріалів з урахуванням конкретних умов пожежі (температури і швидкості її зростання, концентрації кисню, тощо) [5]. Для більшості класів полімерних композиційних матеріалів такі дані зовсім відсутні.

Виходячи з вищезазначеного, можна зробити висновок, що проблема дослідження впливу умов пожежі і встановлення основних фізико-хімічних закономірностей процесів утворення токсичних продуктів горіння полімерних вогнезахисних матеріалів та покриттів є актуальною, цікавою з наукової точки зору і необхідною з точки зору більш ефективного їх використання для вогнезахисту.

1. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

2. HPA CHaPD 004:Toxilogical REVIEW of the Products of Combustion / IC Wakefield, Centre for Radiation, Chemical and Environmental (2010, February).

3. Третьякова О.В. Токсиколого-гігієнічна оцінка продуктів горіння полімерних матеріалів (механізми дії, експериментальне обґрунтування засобів профілактики отруєнь): Автореф. дис. канд. біол. наук: 14.02.01/ДУ «Інститут медицини праці АМН України». – К., 2010. – 20 с.

4. Круковский П.Г., Качкар Е.В., Ковалев А.И. “Эффективность вспучивающихся огнезащитных покрытий железобетонных конструкций при различных режимах пожара // Наук. вісн. УкрНДПБ. – К., 2010. – №1(21). – С. 75-83.

5. Пузач С.В., Пузач В.Г., Доан В.М. К определению показателя токсичности продуктов горения горючих веществ и материалов в помещении // Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, 2011. – Т.20, №4. – С. 4-13.

СЕКЦИЯ 4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАСТМАСС И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗАДЕЛКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ В БЕТОН АКРИЛОВЫМИ КЛЕЯМИ

Шутенко Л.Н., *д-р техн. наук, проф.*, **Золотов М.С.**, *канд. техн. наук, проф.*, **Щербов В.Ю.**

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12

E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

Разработанная технология заделки арматуры серповидного профиля класса А500С в бетон с помощью акриловых клеев включает следующие операции: разметка мест бурения скважин в бетоне, их бурение, приготовление акрилового клея, установка арматурных стержней в скважины, заливка акрилового клея. Из этого следует, что к основным технологическим параметрам при заделке арматурных стержней в бетон акриловыми клеями относятся: время приготовления клея и установки одного стержня в скважине, а также приготовление оптимальной массы одного замеса клея для производства анкероустановочных работ.

Время (мин), необходимое на приготовление одного замеса клея (t_{np}) рекомендованного состава, определяется по формуле:

$$t_{i\bar{\nu}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (1)$$

где t_1 – время перемешивания полимера и отвердителя до однородной массы; t_2 – время набухания композиции; t_3 – время введения наполнителя (кварцевого песка); t_4 – время доставки к месту работы. Формула справедлива для любого из применяемых способов производства работ по заделке арматурных стержней в бетон.

Из анализа указанной формулы и технологии заделки арматурных стержней следует, что время t_1 , t_3 и t_4 величины постоянные для любого состава акрилового клея и определялись на основе хронометражных наблюдений. Время набухания акриловой композиции, как установлено экспериментально, зависит от температуры окружающей среды, при которой приготавливается клей.

Из анализа следует, что с понижением температуры время приготовления клея резко возрастает, так как возрастает время набухания акриловой композиции.

Наиболее благоприятная температура приготовления клея находится в пределах $20 \pm 2^\circ\text{C}$. С понижением температуры среды время изготовления акрилового клея резко увеличивается. Поэтому приготовление акрилового клея желательнее производить при нормальной температуре, так как эта температура создает условия для начала полимеризации акрилового клея. Это в свою очередь позволяет отверждаться акриловым клеям при температуре среды в диапазоне от -20°C и выше.

К следующему технологическому параметру относится время (мин) установки арматурного стержня. Его можно определить из выражения:

$$t_{\text{о}} = t_{\text{е}} + (t_0 + t_n / n_c), \quad (2)$$

где t_0 – время обработки поверхности бетона; t_k – время заливки клея в скважину; t_n – время погружения болта в скважину; n_c – коэффициент совмещения работ.

Время установки одного анкера t_y зависит от времени заливки клея в скважину, времени обработки стержня и времени его погружения в скважину. Время t_0 и t_n изменяется в зависимости от диаметра арматурного стержня. Время t_k зависит от диаметра скважины. Проведенные эксперименты показали, что для стержней диаметром 6-20 мм пробуренные скважины должны превышать его диаметр примерно на 4-6 мм, а для стержней диаметром 25-40 мм – на 6-10 мм. Излишнее увеличение диаметра скважины приводит к увеличению времени заливки клея в скважину, что замедляет технологический процесс, и ведет к перерасходу клея.

Правильно выбранный диаметр бура или сверла позволяет сократить время установки болта и сэкономить расход клея q .

Так, для арматурного стержня серповидного профиля диаметром 25 мм возможно использовать один из имеющихся в комплекте перфоратора буров диаметром 28, 29, 30 или 32 мм и получим скважины диаметром соответственно 30, 32, 34 и 36 мм.

Установлено, что увеличение диаметра скважины с 29 до 32 мм для указанного выше арматурного стержня серповидного профиля приводит к увеличению расхода клея на установку одного арматурного стержня в зависимости от глубины заделки до 120 г. Если учесть сменную интенсивность установки стержня, то перерасход клея в смену может составить до ста килограммов.

Увеличение расхода клея на установку одного стержня также приводит к увеличению времени на его заливку в скважину, что соответственно увеличивает и время на его установку. В смену потеря времени составит 1 ч 40 мин.

Значения t_0 , t_k и t_n определяли на основе хронометражных наблюдений.

Из анализа видно, что увеличение диаметра анкера ведет к увеличению времени, затраченного на его установку и расхода клеящей массы на заделку.

Экономичность установки арматурных стержней на акриловом клее зависит от рационального его использования.

Несоответствие веса одновременно приготавливаемого клея Q его технологической жизнеспособности T и интенсивности установки болтов N_i , предопределяет либо потерю клея $Q > Q_{onm}$, либо необходимость повторных его замесов $Q < Q_{onm}$.

С целью экономии готового композита необходимо определить оптимальный вес одновременно приготавливаемого клея Q_{onm} .

Расход клея q на установку одного арматурного стержня класса А500С при глубине его заделки 17,5 и 22,5 диаметров составляет:

$$q = 7,85d(d_c^2 - d_s^2)\gamma, \quad (3)$$

где d_c – диаметр скважины; d_s – диаметр стержня; γ – объемный вес клея.

Количество стержней, устанавливаемых в смену:

$$n = Q_{cm} / q. \quad (4)$$

Массу клея, приготавливаемого в смену определяли по формуле:

$$Q_{\bar{n}i} = Q_{onm} \cdot (T_{\bar{n}i} / t_{\bar{i}d}) \cdot q, \quad (5)$$

где T_{cm} – длительность смены; t_{np} – время приготовления одного замеса.

Масса оптимального замеса Q_{onm} зависит от диаметра анкера и жизнеспособности композита T , определяется по выражению:

$$Q_{onm} = (T / t_y) \cdot q. \quad (6)$$

В результате анализа полученных данных рекомендуется при последовательном способе выполнения работ для установки арматурных стержней $d_s = 16-20$ мм приготавливать клеящую массу вручную по 5 ... 8 кг, при установке стержней $d_s = 25-40$ мм использовать растворомешалку типа СБ-43 или аналогичную. Объем клеящей массы в этом случае должен составлять 12-25 мм.

При параллельном способе производства работ клей следует приготавливать только в растворомешалке. Масса клея в этом случае может достигать до 150 кг.

При больших объемах анкероустановочных работ для приготовления клеящей массы необходимо использовать растворо- или клеемешалки. Оптимальную жизнеспособность клея, при которой наиболее полно используется мощность клеемешалки, определим из выражения:

$$Q = (T \cdot T_{\bar{n}i} / t_y - t_{np}) \cdot q. \quad (7)$$

Откуда T будет:

$$T = (Q_{\bar{n}i} \cdot t_y \cdot t_{np}) / qT_{\bar{n}i}. \quad (8)$$

Нужные объемы в зависимости от технологической жизнеспособности акрилового клея определим по формуле:

$$Q_3 = V \cdot \gamma, \quad (9)$$

где Q_3 – масса одного замеса; V – объем клеемешалки; γ – объемная масса клея, или по зависимости:

$$V = Tq / \gamma_y. \quad (10)$$

Полученные значения основных технологических параметров заделки арматурных стержней серповидного профиля в бетон акриловыми клеями позволяют определить интенсивность их установки, а также трудозатраты и трудоемкость анкероустановочных работ.

ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛАСТМАСОВИХ ЗАГЛУШОК КРАНІВ ДЛЯ ПОТРЕБ МІСЬК- І РАЙГАЗІВ

**Ярема І.Т., канд. техн. наук, Наконечний Ю.І., Антонов А.М.,
Колиб'яб'юк П.В., Бутковська Л.С.**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
46001, Україна, м. Тернопіль, вул. Руська, 56
E-mail: ndl1@tu.edu.te.ua*

Процес газифікації приватних будинків та інших споруд, як правило, проходить в декілька етапів. Спочатку газогін підводять до об'єкта газифікації, а подальші роботи всередині будинку чи споруди можуть проводитись пізніше. Такий порядок виконання робіт, насамперед, зумовлений тривалим виконанням технічно-кошторисної документації та отриманням необхідних дозволів і узгоджень. Тому в кінці підведеної до будинку газової труби монтують кульовий кран, який перекриває газовий потік в трубопроводі, а на вільному патрубку цього крана встановлюють різьбову пластмасову заглушку. Вона запобігає попаданню сторонніх предметів, ґрунту, пилу в середину крана, а також до початку монтажних робіт захищає від механічного пошкодження різьбову частину патрубку. Герметична пластмасова заглушка перешкоджає попаданню атмосферних опадів і вологи та захищає внутрішню поверхню крана від передчасної корозії.

Авторами розроблена нова конструкція пластмасової заглушки для кульових кранів Ду-15 із зовнішньою трубою різьбою G 3/4" (рис.1).

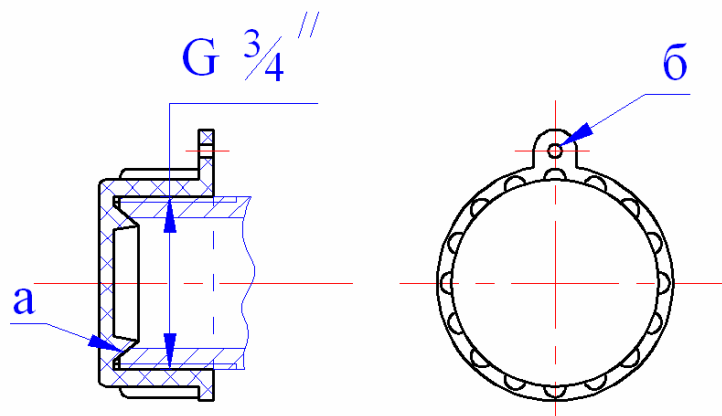


Рис. 1 – Конструкція пластмасової заглушки

На внутрішній торцевій поверхні заглушки виконаний конічний виступ „а”, яким вона притискається до внутрішньої конусної поверхні металевого

патрубка крана, забезпечуючи герметичність крана. В конструкції заглушки передбачене вушко „б” з отвором діаметром 1 мм, яке служить для опломбування крана та захисту від самовільного підключення до газової мережі.

Для виготовлення пластмасових заглушок методом лиття під тиском спроектована та виготовлена прес-форма (рис. 2). Вона складається з матриці 1, верхньої плити 2 та нижньої плити 3 з різьбовим знаком. Форма встановлюється на вертикальну ливарну машину і працює наступним чином. Розплавлений термопластичний матеріал з циліндра ливарної машини під тиском подається через отвір верхньої плити у формуючу порожнину прес-форми. Далі форма витримується певний час під тиском, а після охолодження прес-форму розкривають. Для зняття виробу з різьбового знака в отвори „в” вставляється спеціальний ключ і матриця 1 викручується та знімається разом з готовою деталлю. З матриці пластмасова деталь виштовхується незначним натисканням пальця руки.

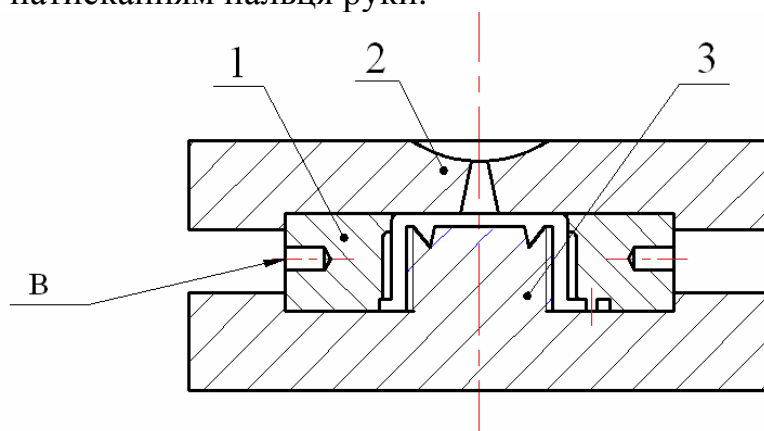


Рис. 2 – Прес-форма для виготовлення пластмасових заглушок

Заклушки виготовляються із стійкого до термоокислення поліетилену з використанням барвника жовтого кольору. На відміну від металевих заклук, пластмасові не потребують при монтажі прокладок, герметика (паклі) та додаткового інструменту.

ЗАДЕЛКА СТЫКОВ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АКРИЛОВЫМИ КЛЕЯМИ

Золотова Н.М., канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12

E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

В Украине и за рубежом накоплен большой опыт применения полимерных композиций в строительстве для соединения бетонных и железобетонных элементов, а также для их гидроизоляции. В некоторых случаях, особенно при восстановлении и реконструкции зданий и сооружений, при-

менение таких материалов является единственно возможным способом обеспечения монолитности конструкций.

Опыт применения и технология использования данного клея, накопленный в Харьковской национальной академии городского хозяйства, свидетельствует о том, что он имеет преимущества перед существующими, не уступая им по адгезионным и когезионным свойствам. Он обладает лучшими технологическими свойствами и стоит дешевле на 15-30%.

Теоретические и экспериментальные исследования соединения бетонов акриловыми клеями показали, что такие соединения имеют высокую прочность и коррозионную стойкость при различных видах воздействия нагрузок и агрессивных сред.

На основании разработанной автором технологии соединения бетонных элементов акриловые клеи были использованы при заделке стыков сборного железобетонного резервуара для сбора и регенерации дубильных растворов очистных сооружений Харьковского кожевенного завода.

Резервуар имеет размеры в плане 30x15 м и высоту 2,6 м, ширина стыков колебалась от 5 до 120 мм по высоте панели. Стыки заделывали акриловым клеем после устройства опалубки, которая одновременно являлась защитным устройством от проникновения воды и другой жидкой среды в бетон и, соответственно, через стены резервуара. Опалубку устанавливали путем наклейки полос шириной 200 и длиной 600 мм. В качестве указанной полосы применяли пористую ткань (типа мешковины), которая хорошо впитывает акриловый клей. Наклейка полос на поверхность бетона производилась по схеме, представленной на рис. 1, в следующей последовательности: очистка поверхности бетона от различных наплывов грязи и т.п.; промывка водой очищенной поверхности бетона; пропитка полосы из тканевого материала в акриловой композиции; установка опалубки в проектное положение; после отверждения клея производилась заливка в опалубку полимерраствора.

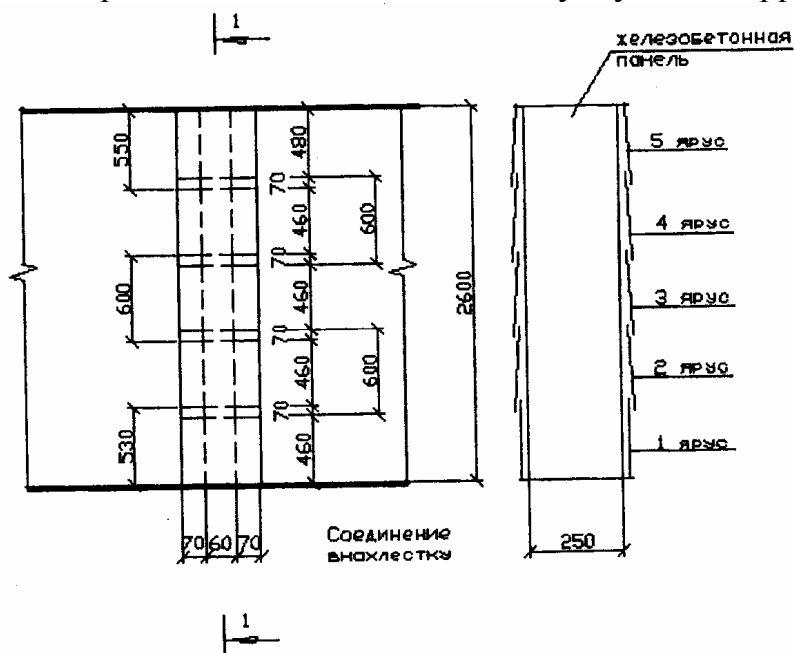


Рис. 1

Заливка акриловой композиции в опалубку стыка производилась по схеме, представленной на рис. 2. Сначала заливали первый ярус. После отверждения полимерраствора устанавливался следующий ярус опалубки. После достижения требуемой прочности пропитанной композицией полосы производилась заливка второго яруса и т.д. Такие операции повторялись поэтапно до полной заливки стыка по его высоте.

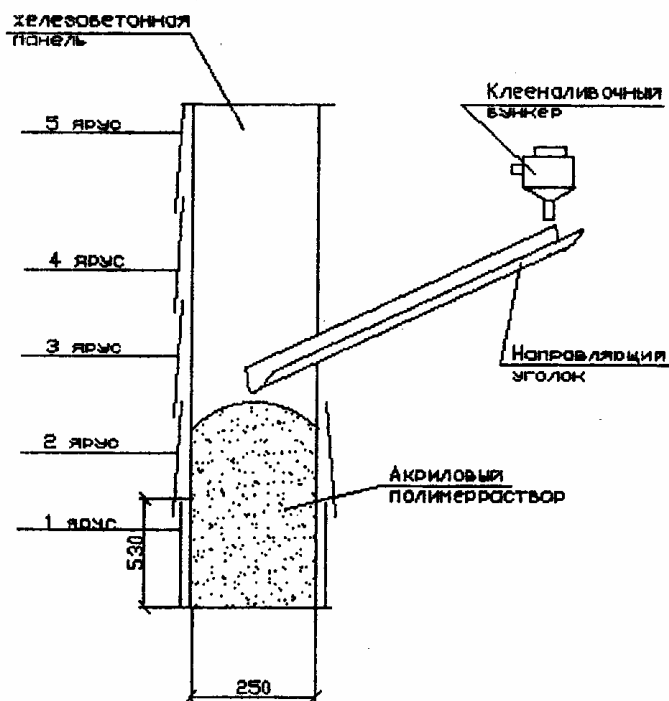


Рис. 2

После заделки стыков было нанесено гидроизоляционное покрытие из акрилового полимерраствора на стенки резервуара, толщина которого составила 3-8 мм.

Приготовление акрилового клея включает следующие операции: подготовка, дозирование составляющих и их смешивание.

Процесс подготовки составляющих преимущественно состоит из сушки наполнителя до влажности не более 1%. Вначале приготавливался акриловый компаунд (связующее). Для этого необходимое количество полимера (порошка), отвердителя (жидкости) и наполнителя отвешивали в отдельные емкости. В емкости заливали

жидкость и добавляли порошок, затем производили периодическое перемешивание до набухания порошка в жидкости. После набухания в акриловый компаунд вводили наполнитель с непрерывным перемешиванием. Момент набухания порошка в жидкости определяется получением одноцветной сметанообразной массы.

Время перемешивания акрилового полимерраствора после введения наполнителя составляет 3-5 мин до равномерного распределения зерен песка в объеме смеси. Ориентировочное время набухания порошка в жидкости составляет при температуре окружающей среды от 15 до 25⁰С около 15 мин. В связи с ограниченной технологической жизнеспособностью композиции, его приготовление производится после окончания всех работ, связанных с подготовкой поверхности бетона к склеиванию.

Время использования приготовленного акрилового полимерраствора около 30 мин при нормальной температуре окружающей среды.

Как показало опытное внедрение, применение акриловых клеев упрощает технологию заделки стыков и устройство гидроизоляционного покрытия. При этом все операции могут быть механизированы. Трудоемкость выполнения работ по устройству гидроизоляционных покрытий составляет всего 0,5 чел.-ч/м².

Кроме того, указанные гидроизоляционные покрытия имеют еще ряд преимуществ. В отвержденном состоянии акриловый клей обладает высокой коррозионной стойкостью к воздействиям растворов солей (в том числе окиси хрома), кислот различной концентрации, щелочам, а также воздействию воды. При этом отверждение полимерраствора при температурах 20-25⁰С происходит в течение 2-4 ч.

КЛЕЕВЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ МОНТАЖА ЭПОКСИДНЫХ СТЕКЛО- И БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ

Авраменко В.Л., канд. техн. наук, проф., **Подгорная Л.Ф.**, канд. техн. наук,
Черкашина А.Н., канд. техн. наук

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

61002, Украина, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21

E-mail: Avramenko@kpi.kharkov.ua

Карандашов О.Г., **Данильцев В.Г.**

ООО «Стеклопластиковые трубы»

03067, Украина, г. Киев, ул. Гарматная, 6

E-mail: Nokturnok@gmail.com

Стеклопластиковые трубы, полученные методом намотки, имеют высокую прочность при достаточно малом весе, надежность при эксплуатации в широком температурном интервале, высокую атмосферостойкость, химическую стойкость, не поддаются влиянию коррозии и гниению, не требуют сварных работ при монтаже.

Ранее мы исследовали возможность использования эпоксидных стеклопластиков для изготовления труб диаметром 150-500 мм и толщиной 10-20 мм методом непрерывной филаментной намотки, которые используются в настоящее время для холодного и горячего водоснабжения [1]. Позже нами были проведены исследования по разработке базальтопластиковых труб, получаемых тем же методом, но в условиях отверждения под действием инфракрасных нагревателей.

В данной работе была поставлена задача разработки качественных клеевых составов для осуществления на основе выпускаемых труб монтажа и ремонта стекло- и базальтопластиковых трубопроводов.

Используемые в настоящее время клеевые составы для монтажа стеклопластиковых труб содержат в качестве отвердителя чаще всего полиэтилен-

полиамин, применение которого не позволяет получать монтажное соединение с высокими физико-механическими свойствами. Кроме того, такие клеи долго отверждаются при минусовых температурах, а соединение не выдерживает воздействия горячей воды, которую передают по трубопроводу.

Нами разрабатывались клеевые составы на основе эпоксидного олигомера СНS-Ероху 520, отвердителей ХТ-152Б, УП-0638/1, УП-583д, ускорителя УП-606/2. Кроме того, для увеличения запаса прочности использовали новую конструкцию фланцево-клеевого соединения в виде обратного конуса.

Изучено влияние составляющих клеевых композиций на технологические свойства клеев (время гелеобразования, степень отверждения, влияние температуры от минус 30 °С до 40 °С), эксплуатационные свойства отвержденного соединения как непосредственно после отверждения, так и во время эксплуатации в течение 0,5 года при различных температурах: прочность при сдвиге образцов, склеенных внахлест (ГОСТ 14759), прочность бандажа в окружном направлении (ASTM D 2290-76), термостойкость.

Было установлено, что в клеевых составах холодного отверждения и для монтажа трубопровода для передачи холодной воды целесообразно использовать в качестве отвердителя УП-583д, который позволяет снизить температуру и время отверждения композиции с получением клеевого шва с повышенными прочностными свойствами и стойкого к действию открытого попадания воды. Клеевой шов возможно получать как на основе чистого клеевого состава, так и с применением до 60 % масс. стеклоткани. Оптимальной температурой работы композиции является температура от минус 10°С до 10 °С, при этом время отверждения состава составляет 20-40 мин.

В качестве отвердителей в составе композиций горячего отверждения и для монтажа трубопровода для передачи горячей воды целесообразно использовать ХТ-152Б и УП-0638/1. Клеевые соединения на основе составов с применением данных отвердителей также стойки к прямому попаданию воды, и физико-механические свойства этих соединений повышаются с ростом температуры.

Степень отверждения разработанных клеевых составов практически не зависит от условий попадания воды и составляет 92 % масс., клеевые швы на основе составов горячего отверждения не изменяют своих эксплуатационных свойств при температуре до 150 °С, что позволяет их рекомендовать для монтажа трубопровода для передачи горячей воды.

Прочность при сдвиге образцов, склеенных разработанными составами внахлест, составляет 5-7 МПа, а разрушающее напряжение стеклопластикового бандажа в окружном направлении составляет 340-360 МПа. Физико-механические показатели несколько выше у образцов, полученных на основе композиций, содержащих отвердитель ХТ-152Б.

Таким образом, разработаны клеевые составы с повышенными эксплуатационными свойствами и предложен метод фланцево-клеевого соединения для монтажа эпоксидных стекло- и базальтопластиковых трубопроводов, предназначенных для передачи холодной и горячей воды.

Предложенные составы проходят испытания на предприятии ООО «Стеклопластиковые трубы».

1. Авраменко В.Л., Подгорная Д.Ф., Черкашина А.Н., Данильцев В.Г., Карандашов О.Г. Исследование стеклопластиков для труб холодного и горячего водоснабжения // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Материалы IX Международной научно-технической интернет-конференции. – Харьков: ХНАГХ, 2010. – С. 28-30.

ЩОДО ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА КОЛІЄУТВОРЕННЯ В АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРАХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

Жданюк В.К., *д-р техн. наук, проф.,* **Циркунова К.В.,** *канд. техн. наук,*
Воловик О.О., **Костін Д.Ю.**

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
61002, Україна, м. Харків, вул. Петровського, 25
E-mail: zhdanuk@khadi.kharkov.ua

Відомо, що колієутворення в асфальтобетонних шарах дорожніх одягів зменшує строк служби покриття та створює серйозну небезпеку користувачам автомобільних доріг.

Колійність на проїзній частині дорожнього одягу становить небезпеку з таких причин:

- 1) якщо поверхня є водонепроникною, у колії збирається вода та при її глибині близько 5 мм виникає явище аквапланування;
- 2) із збільшенням глибини колії ускладнюється управління транспортним засобом, що становить додаткову небезпеку.

Колія у асфальтобетонному покритті дорожнього одягу розвивається поступово по мірі зростання кількості проїздів транспортних засобів, зазвичай проявляється у вигляді поздовжніх заглиблень по смугах накату, які супроводжуються невеликими випорами по боках. Це викликано доущільненням матеріалів (зменшення об'єму і, таким чином збільшення щільності) та деформаціями зсуву і можуть спостерігатися у будь-якому одному або більшій кількості шарів дорожнього одягу, а також у земляному полотні.

На початковій стадії руху доущільнення матеріалів в шарах дорожнього одягу під колесами транспортних засобів є відчутно більшим, ніж збільшення випорів. Після початкової стадії експлуатації дорожнього одягу зменшення об'єму асфальтобетону у покритті по смугах накату є приблизно рівним об'єму матеріалу у зоні випору. Це є критерієм того, що доущільнення під рухом транспортних засобів практично завершилося, а подальше колієутворення викликано накопиченням пластичних деформацій при незмінному об'ємі. Ця стадія репрезентує деформаційну поведінку асфальтобетонних шарів протягом більшої частини строку служби дорожнього одягу. Як правило, глибина колії, що викликана доущільненням матеріалів, є значно мен-

шою, ніж глибина колії, що утворюється під впливом рухомих транспортних засобів протягом всього періоду експлуатації дорожнього одягу.

До факторів, які впливають на процес колієутворення в асфальтобетонних покриттях дорожнього одягу відносяться: тиск в шинах, навантаження на вісь, інтенсивність та склад руху транспортних засобів, температура довкілля, властивості асфальтобетону та його складових тощо. В узагальненому вигляді фактори, що впливають на колієутворення у асфальтобетонних шарах дорожнього одягу, наведені в таблиці.

Фактори, що впливають на колієутворення у асфальтобетонних шарах дорожнього одягу

	Фактор	Зміна фактору	Вплив зміни фактору на колієстійкість
Мінеральний матеріал	Текстура поверхні	Від гладкої до шорсткої	збільшення
	Гранулометричний склад	Від переривчастого до непереривчастого	збільшення
	Форма	Від окатаної до кубовидної	збільшення
	Розмір	Збільшення максимального розміру	збільшення
В'язуче	В'язкість ¹	Збільшення	збільшення
Асфальтобетон	Вміст в'язучого	Збільшення	зменшення
	Вміст повітряних пор ²	Збільшення	зменшення
Умови випробувань	Температура	Збільшення	зменшення
	Навантаження	Збільшення контактного тиску шин	зменшення
	Циклічне навантаження	Збільшення	зменшення
	Вода	Від сухого до вологого	зменшення, якщо асфальтобетон неводостійкий

- 1) Відноситься до в'язкості при температурі визначення схильності до колієутворення. Можуть використовуватися модифікатори для збільшення в'язкості при критичних температурах, що знизить схильність до колієутворення.
- 2) При вмісті повітряних пор менше 3 % схильність асфальтобетонів до колієутворення зростає.

Такі властивості мінеральних складових асфальтобетону як текстура поверхні, форма та розмір зерен та гранулометричний склад є особливо важливими для забезпечення стійкості до накопичення пластичних деформацій. Від вмісту та в'язкості в'язучого також залежить колієстійкість асфальтобетонів в шарах покриття – зі зменшенням вмісту в'язучого та збільшенням його в'язкості опір колієутворенню зростає.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ТРІЩИН В АСФАЛЬТО-БЕТОННИХ ПОКРИТТЯХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

**Гнатенко Р.Г., Макаrchев О.О., Циркунова К.В., канд. техн. наук,
Жданюк В.К., д-р техн. наук, проф.**

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

61002, Україна, м. Харків, вул. Петровського, 25

E-mail: zhdanuk@khadi.kharkov.ua

Тріщини являються одним з найбільш поширених видів руйнувань асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів автомобільних доріг. Основною причиною утворення тріщин в асфальтобетонних покриттях являються напруження розтягу, що виникають в результаті дії навантажень від транспортних засобів та коливань температури. При спільному впливі вказаних факторів процес утворення тріщин в асфальтобетонних покриттях може прискорюватись. Досвід експлуатації асфальтобетонних покриттів в Україні показує, що першими, як правило, з'являються поперечні температурні тріщини на відстані 35 – 45 м одна від одної. Вони можуть з'явитись уже в перший рік експлуатації дорожнього одягу. Значну долю тріщин в асфальтобетонних покриттях складають відображені тріщини. Відображені тріщини в процесі експлуатації можуть проявитись уже через 1-2 роки, а через 5-6 років повністю повторитись в новому асфальтобетонному шарі покриття. Найбільш інтенсивно тріщини розвиваються весною і осінню, а розкриваються – зимою та весною. В літній період багато дрібних тріщин закривається за рахунок розм'якшення бітуму та розширення асфальтобетонного покриття. Вони влітку в процесі експлуатації заковчуються колесами транспортних засобів. Тріщини можуть мати різні розміри за шириною, глибиною та довжиною.

Своєчасна ліквідація тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів, що неминує виникають в процесі експлуатації автомобільних доріг, має суттєвий вплив на їх довговічність. Ремонт тріщин на ранній стадії їх виникнення дозволяє уникнути передчасного руйнування покриттів. Особливе значення має усунення тріщин до початку осінньо-зимового періоду, оскільки проникнення вологи до шарів дорожнього одягу через тріщини у покритті та згодом у ґрунт земляного полотна, прискорює передчасне їх руйнування.

У ряді країн практикується герметизація тріщин спеціальними бітумно-полімерними мастиками, що обмежує доступ вологи до нижче розташованих конструктивних шарів дорожнього одягу.

Коли необхідно відремонтувати тріщини товщиною більше 15-20 мм їх потрібно просто очистити та заповнити герметиком. Тріщини товщиною менше 15-20 мм рекомендується розширити нарізанням «камери» (схематично показано на рис.). Необхідно, щоб створена «камера» мала квадратний або прямокутний переріз та проходила по тріщині. Закруглене дно «камери» або V-подібна форма «камери» сприяє відшаруванню герметика. «Камеру» рекомендується влаштовувати як мінімум на 10 мм ширшою за ширину тріщини. Рекомендується приймати $B:h = 1:1$ при $B < 25$ мм та $B:h = 2:1$ при $B > 25$ мм.

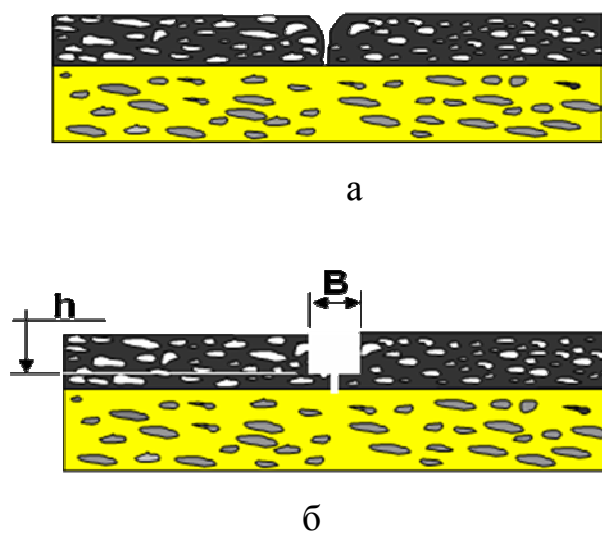


Рис. – Нарізана в асфальтобетонному покритті «камера» в зоні тріщини.

а – тріщина у асфальтобетонному шарі;

б – створена над тріщиною «камера»

Після створення «камери» її очищають від залишків старого асфальтобетону. Очищення «камери» є дуже важливою технологічною операцією при ремонті тріщин, оскільки багато проблем пов'язано з поганим прилипанням бітумно-полімерної мастики до поверхні в результаті наявності бруду та вологи у тріщині. Необхідно також максимально видаляти залишки з поверхні покриття в зоні камери, щоб пил не потрапив до «камери» безпосередньо перед заливкою герметика. Коли температура повітря становить нижче 5-10 °С, необхідно використовувати «тепловий спис» для підігріву поверхні «камери» та видалення вологи. Температура стисненого повітря, що виходить з «теплого спису» повинна бути нижче 500°С для того, щоб можна було ефективно видалити вологу без перегрівання «камери». Перегрів може викликати зниження міцності зчеплення мастики з поверхнею асфальтобетону у «камері». Для підвищення адгезії бітумно-полімерної мастики до поверхні

асфальтобетону «камеру» доцільно обробляти, перед заповненням мастикою, рідкою полімерною ґрунтовкою типу «Colzumix – Haftgrund».

Для зменшення негативного впливу високої температури на властивості бітумно-полімерної мастики її необхідно нагрівати до найнижчої температури, рекомендованої постачальником матеріалу. Наприклад, якщо рекомендована температура нагрівання мастики становить 175-195 °С, її слід нагрівати до 175°С. Нагрівати до верхньої межі слід тільки тоді, коли в'язкість мастики становить більше 15 Па·с при 185 °С. Необхідно уникати тривалого нагрівання бітумно-полімерної мастики, а також її повторного нагрівання. Використання плавильного котла з відносно малим резервуаром або заповнення резервуару бітумно-полімерною мастикою наполовину перешкоджатиме тривалому нагріванню.

Заливку гарячої бітумно-полімерної мастики у підготовлену «камеру» необхідно виконувати врівень з кромками або із напуском на покриття. Напуск по 5 мм на поверхню асфальтобетонного покриття у кожний бік від «камери» є оптимальним. Такий технологічний прийом перешкоджатиме застоюванню води на поверхні герметизованої тріщини, оскільки мастика може просідати при зниженні температури. Товщина мастики у напуску не повинна перевищувати 1-2 мм. На ділянках з ризиком відриву герметика від асфальтобетонного покриття під час снігоочищення, його слід заливати врівень з кромками.

Після заливки «камери» бітумно-полімерною мастикою на її поверхню необхідно розподілити портландцемент або дрібний пісок з метою уникнення присипання до коліс транспортних засобів. Тонкий папір, укладений на поверхню герметика також може забезпечити захист від прилипання до коліс.

Найкращим періодом для герметизації тріщин є кінець літа – середина осені, коли температура покриття забезпечує розкриття тріщин на ширину між максимальною та мінімальною. Заливаючи тріщини, коли температура покриття є середньою, герметик сприймає менші напруження, при цьому відрив герметика від поверхні є менш імовірним. Аналогічні температури можуть спостерігатися навесні, але в цей час покриття є перезволоженим. Проте, якщо вологість покриття не є проблемою, така робота може виконуватися наприкінці весни після повного висихання шарів основи.

Згідно [1,2], для холодного клімату найкраще підходять герметизуючі бітумно-полімерні мастики з penetрацією при 25 °С 90-130 мм⁻¹ та в'язкістю менше 15 Па·с при температурі заливки.

Для забезпечення довговічності герметизованих тріщин бітумно-полімерні мастики повинні бути холодостійкими та еластичними при максимально можливих низьких температурах в кліматичних умовах України.

1. Masson, J-F., Collins, P. and Légaré, P-P. Performance of pavement crack sealants in cold urban conditions // Canadian Journal of Civil Engineering, 1999. – P. 395–401.

2. Masson, J-F., and Lacasse, M.A. A review of adhesion mechanisms at the crack sealant asphalt concrete interface, in Durability of Building and Construction Sealants, A. Wolf Ed., RILEM, Paris, 2000. – P. 259–74.

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ БІТУМНО-РУБЕРОЙДНОГО ПОКРИТТЯ

Бичевий П.П., проф., Козирєва К.М.

Запорізька державна інженерна академія

69006, Україна, м. Запоріжжя, пр-т Леніна, 226

E-mail: katerina.kozyreva@mail.ru

Постановка проблеми. Технології ремонту м'якого бітумно-руберойдного покриття можуть бути виділені в дві основні групи – так звані рулонні і безрулонні по аналогії з технологіями нового будівництва без урахування відмінностей стану гідроізолюваної основи. Наявність зволжених нижніх шарів покриття та інших його дефектів і пошкоджень, усунення яких може становити до 40-50% вартості усіх робіт, не дозволяє забезпечити потрібну ефективність кінцевих результатів за показниками довговічності, надійності, вартості. Тому проблема зводиться до пошуку шляхів досягнення більших термінів післяремонтної експлуатації з одночасним зниженням витратних показників.

Мета роботи. Розробка технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності покрівельного покриття з використанням безрулонних технологій, основаних на застосуванні спеціальних просочуюче-насихуючих композицій, здатних глибоко проникати в товщу килиму та відновлювати втрачені ним компоненти і надати підвищеної водонепроникності.

Аналіз. Рулонні покрівельні матеріали навіть останніх поколінь у багатьох випадках не забезпечують необхідні результати в силу неможливості виконати якісну підготовку існуючого килима під наклеювання. Безрулонні технології орієнтовані на використання, як правило, бітумно-полімерних або бітумно-каучукових мастик «холодного» або «гарячого» застосування. Утворене покриття являє собою додатковий шар заданої товщини, адгезія якого до існуючої основи залежить від ряду чинників. При цьому потенціал старого покриття, що зберігся, використовується недостатньо.

До основних недоліків відомих технологій слід віднести:

- необхідність нанесення шару рулонного матеріалу для забезпечення гідроізолюючої здатності потребує значних трудо-, матеріале- і енергетичних витрат. Неможливість якісної підготовки поверхні призводить до збереження існуючих дефектів, в тому числі і зволоженості усієї товщі покриття, що являється головною причиною незначних надійності та довговічності і зумовлює необхідність повторного ремонту;
- мастики або емульсії виконують самостійну гідроізолюючу функцію без істотної зміни експлуатаційної придатності існуючого бітумно-руберойдного килима;
- мастики та емульсії здатні виконувати ефективну і довговічну функцію за умови включення до їхнього складу полімерних (атактичний поліпропілен - АПП) або каучукових (стирол-бутадиєн-стирольний - СБС) добавок, які є імпортованими, що підвищує дефіцитність і вартість.

Поставлена мета включас вирішення наступних завдань:

- розробити головні параметри технології влаштування покриття з використанням спеціальних проникаюче-насихуючих композицій, підсилених дією каучуку;
- дати оцінку ефективності використання композиційних матеріалів, здатних відновити та підсилити експлуатаційний потенціал існуючого покриття за рахунок проникаючої та насичуючої дії компонентів.

Результати. Ремонтну композиційну суміш готували з урахуванням результатів попередньо проведених дослідів. Спочатку в уайт-спириті розчиняли каучук СКИ-4. Окремо в дизельному маслі розчиняли розігрітий до рідков'язкого стану нафтобітум. Обидві суміші в гомогенному стані поєднували між собою з регулюванням різних співвідношень та наданням однорідності.

Названа технологія базується на здатності кожного компоненту виконувати певну функцію та підсилювати дію інших складових.

Проникаючу здатність оцінювали по глибині міграції в товщу фільтрувального паперу. Гідрофобність визначали по діаметру розпливу води на поверхні паперу, насиченого досліджуваними речовинами і їх сумішами. Водонепроникність і втрату маси оцінювали по ДСТУ В.В.27-83-99, в'язкість (величину пенетрації) – по ДСТУ 11503-74. Довговічність відновленого покриття характеризували зразки з фрагментів «старого» руберойду, покриті одним, двома та трьома шарами приготованої композиції. Зразки витримували в камері штучної погоди АІП-1-3 у відповідності з ДСТУ 18956-73.

Таблиці 1 і 2 ілюструють склади та властивості композицій в залежності від зміни співвідношення компонентів.

Таблиця 1

№ п/п	Найменування компонентів	№ складу суміші, мас.%								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Гас	44	42	40	38	36	34	32	30	28
2	Бітум	20	25	30	32	35	40	45	48	52
3	Дизельне масло	36	33	30	30	29	26	23	22	20
4	Каучук	0	0		0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5

Таблиця 2

№ п/п	Найменування показників	№ дослідів								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Проникаюча здатність, см	5,0	5,0	5,0	4,8	4,6	4,6	3,5	2,8	2,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Гідрофобність, діаметр розпливу, мм	1,0	1,1	0,9	0,01	0,01	0,01	0,00		
3	Водопоглинення, %	5,73	4,21	3,08	1,233	0,841	0,621	0,512	0,511	0,538
4	Водопроникнення	від	сут	не						
5	Довговічність, кгс/см ²	93,33	62,96	62,47	58,35	52,59	30,89	30,15	29,14	20,25

Результати випробування вказують на можливість надати композиції раціональних властивостей, які потрібні для утворення надійного покриття з гідроізолюючою здатністю за рахунок використання залишкового потенціалу та надання водонепроникнення насичуванням сумішами значної гідрофобності.

Сутність технології відновлення експлуатаційної придатності м'якого покрівельного покриття полягає в нанесенні на підготовлену поверхню ремонтної композиції. З урахуванням механізованого виконання усього циклу робіт і відповідно високої продуктивності усі процеси раціонально проводити після висихання поверхні природним шляхом у відповідні пори року.

Технологічний процес рекомендовано здійснювати в наступній послідовності:

- усунення здуттів;
- очищення поверхні обдувом стислим повітрям;
- нанесення 2...3 шарів ремонтної композиції в залежності від стану покриття. Кожен шар наноситься з розрахунку 300...400 г/м². Проміжок часу між нанесенням триває 8... 12 хв.;
- нанесення додаткового захисного бітумно-каучукового або бітумно-полімерного шару. Після нанесення триває міграція компонентів проникаюче-гідрофобній композиції в прилеглі існуючий бітумно-руберойдний килим і захисний бітумно-каучуковий або бітумно-полімерний шари мастики. В результаті проникаюче-гідрофобна композиція забезпечує відновлення і підсилення гідроізолюючої здатності килима і збільшення довговічності і водонепроникності захисного шару за рахунок глибокого проникнення в їхню товщу.

Результати досліджень показують достатньо високу ефективність технології відновлення з використанням ремонтної композиції, в якій усі компоненти в сукупності забезпечують проникаючу та гідрофобну дію, а також довговічність. Зокрема, дія гасу полягає в підвищенні проникаючого ефекту, дизельного масла – гідрофобності, каучуку – довговічності, нафтобітуму – плівкоутворенні. В цілому технологія базується на перевагах ремонтної композиції, яка за характером дії може бути віднесена до проникаюче – на-

си-чуючих, а за впливом на експлуатаційну придатність – до відновлюючих.

В якості каучукової або полімерної добавки можуть бути прийняті інші варіанти з урахуванням доступності та можливості утворення гомогенної композиції. Такими полімерними складовими ремонтної композиції можуть розглядатися відповідні мастики за умови суміщення з уайт-спиритом або гасом та дизельним маслом.

Отже, наведена технологія дозволяє відновлювати гідроізолюючу здатність за рахунок попереднього нанесення шару композиції підвищеної проникаючої і гидрофобизуючої дії і тим самим відновлювати і підсилувати залишковий потенціал існуючого покриття і яка дозволяє додатково підсилити гідроізолюючу здатність наступним нанесенням тонкого шару бітумно-каучукової мастики. Технологія забезпечує довготривалу надійну експлуатаційну придатність при значному зниженні усіх видів ресурсів за рахунок тонкошарового нанесення недефіцитних і доступних матеріалів, механізованого виконання усього комплексу робіт.

1. Лукинский О.А. Почему протекают кровли / О.А. Лукинский // Жилищное и коммунальное хозяйство. – 1993. – № 7. – С. 20-25.

2. Бадьин Г.М. Справочник строителя - ремонтника / Бадьин Г.М., Заренков В.А., Иноземцев В.К. – М: Издательство ассоциации строительных ВУЗов, 2002. – 496 с.

3. Павлюк П.О. // Оцінка технічного стану суміщених дахів і підходи до нових конструктивно - технічних рішень // Будівництво України. – 2005. – №7. – С. 26-27.

4. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний: ДСТУ Б В.2.8-83-99 (ГОСТ 2678-94). – М.: ВАТ «Полимерстройматериалы», 1994. – 94с. - (Национальный стандарт Украины).

5. Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости: ДСТУ 11503-74.

6. Братчун В.И. Модифицированные дегти и дегтебетоны повышенной долговечности / В.И. Братчун, В.А. Золатарев. – Макеевка, 1998. – 226 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АКРИЛОВЫХ КЛЕЕВ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Золотова Н.М., канд. техн. наук, Гарбуз А.О., канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12

E-mail: zolotov@ksame.kharkov.ua

В современном строительстве, несмотря на частичный отход от сборного железобетона, все же значительное число зданий и сооружений возводятся из составных железобетонных и бетонных конструкций. Это сборные и сборно-монолитные железобетонные конструкции, комплексные конструкции из бетонов разных видов, стены из бетонных блоков, монолитные здания при длительном перерыве в бетонировании разных частей, добетонированные конструкции при их усилении в процессе реконструкции либо восстановлении разрушенных сооружений. Как правило, вышеперечисленные кон-

струкции имеют различные структурные и прочностные характеристики, связанные с процессом твердения, исходя из условий технологии выполнения процессов и технических особенностей архитектурно-конструктивных решений.

Для обеспечения эксплуатационной надежности зданий и сооружений, которая зависит от прочности контактов, монолитности стыков, трещиностойкости составных конструкций, их жесткости и устойчивости, как отдельных конструктивных элементов, так и всего сооружения и степени непроницаемости стыков все конструкции и контакты между ними должны обладать близким по величине запасом прочности. Поэтому большое внимание при проектировании и производстве работ уделяется совершенствованию конструктивных решений стыков и технологии их выполнения в натуре, а так же эстетичности при формировании экстерьеров и интерьеров.

С появлением высокопрочных синтетических материалов и, в частности акриловых клеев, появилась возможность для их применения в несущих конструкциях. Необходимо отметить, что в некоторых случаях применение акриловых клеев для соединения или восстановления несущей способности строительных элементов является единственным возможным способом.

На Украине и за рубежом накоплен определенный опыт применения полимерных растворов и клеев в жилищном, общественном и промышленном строительстве для соединения, ремонта и усиления бетонных и железобетонных элементов и конструкций. Этим вопросом занимались такие ученые как Э.П. Александрян, В.И. Соломатов, Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, В.И. Торкатюк, В.Г. Микульский, G. Arens, W. Kunze, M. Buck и др. Однако в вышеперечисленных работах рассматривались отдельные вопросы в этой области, а комплексный метод решения данной задачи требует дополнительных исследований. А так как технологические проблемы формирования соединений такого типа решены не полностью, и еще недостаточно полно решены задачи долговечности и технологической поврежденности, то возникла необходимость дальнейшего изучения конструктивных и технологических свойств клеевых соединений, а также опытно-промышленное внедрение результатов исследований, чему и посвящена настоящая работа.

В Харьковской национальной академии городского хозяйства такими учеными, как Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, Н.А. Псурцева, др. был разработан проект реконструкции бетонных и железобетонных конструкций с использованием акрилового клея. Этот клей по своим адгезионным и когезионным свойствам имеет преимущество перед существующими (например, эпоксидными), обладает более высокими технологическими свойствами и сравнительно невысокой стоимостью.

Экспериментальные исследования по решению поставленной задачи решались в следующей последовательности. Для обеспечения надежного соединения старого бетона со старым на горизонтальных, наклонных или вертикальных плоскостях после соответствующей подготовки поверхности соединяемых элементов, наносили тонкий слой акрилового клея, а затем со-

единяли склеиваемые элементы. Уплотнение клеевого слоя происходило под собственным весом соединяемых элементов. В случае увеличения размеров фундаментов или других бетонных элементов, когда требовалось добетонировать указанные конструкции, устанавливали соответствующую опалубку. Обеспечение хорошей адгезии, в таких случаях, старого и нового бетона на вертикальных, наклонных и горизонтальных плоскостях достигали путем нанесения на старый бетон тонкого слоя акрилового клея. Затем до его отверждения укладывали новый бетон и уплотняли его при помощи соответствующих вибраторов.

Кроме склеивания, акриловый клей может быть использован для восстановления несущей способности бетонных и железобетонных конструкций. Известно, что возникшие в бетонных и железобетонных конструкциях трещины в зависимости от условий эксплуатации, брака при изготовлении, транспортировании, монтаже и т.д. могут быть полностью восстановлены с помощью акриловых клеев.

Для восстановления бетонных и железобетонных конструкций инъектированием акриловых клеев выполняют следующие операции: подготовку трещин, их промывку и обезжиривание, сверление отверстий для ниппелей и их установку, заделку разделанных участков полимерной композицией, инъектирование трещин, наружную обработку отремонтированных участков после отверждения акриловой смеси.

Как показывают эксперименты, восстановленные конструкции имеют несущую способность выше по сравнению с целыми, но несколько повышенную деформативность. Установлено, что разрушение восстановленных конструкций происходит по сечению бетона.

Разработанная технология соединения бетонных элементов позволяет производить работы при положительных и отрицательных температурах окружающей среды.

Экспериментально установлено, что при выполнении всех производственно-технологических и технических требований клеевое соединение старого бетона со старым обеспечивает водонепроницаемость и равнопрочность стыка, что вполне актуально и для соединения старого бетона с новым. Испытания таких соединений подтверждают, что клеевой шов по прочности, водонепроницаемости, водостойкости, морозостойкости и атмосферостойкости превосходит соединения омоноличенные цементными композициями.

Таким образом, в результате выполненных экспериментальных исследований и опытного внедрения, можно сделать вывод, что клеевые соединения бетонов на акриловых клеях более эффективны по сравнению с клеевыми соединениями на основе других полимеров, применяемых для указанных целей в настоящее время. Акриловые клеи просты в приготовлении и малокомпонентны. Технология склеивания бетона является не сложной и обладает высокой надежностью. При этом операции по выполнению указанных работ могут быть механизированы.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВОДОПРОВОДОВ

Эпоян С.М., Исакиева О.Г., Пономарев К.С.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
61002, Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 40*

Сташук В.А., Чунарев А.В.

*Государственное агентство водных ресурсов Украины
01601, Украина, г. Киев, ул. Красноармейская, 8*

Айрапетян Т.С.

*Харьковская национальная академия городского хозяйства
61002, Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12*

В большинстве городов и населенных пунктов Украины остро стоит проблема изношенных водопроводов и для обеспечения нормального водоснабжения населению необходимо кардинально реконструировать городские водопроводные системы [1]. Предприятия водопроводно-канализационного хозяйства работают в этом направлении, используя при реконструкции и строительстве водопроводов полимерные трубы.

Пластиковые трубы нашли своё применение в подавляющем большинстве коммуникаций бытового и промышленного назначения.

Наиболее широко используются при устройстве холодного и горячего водоснабжения, канализации и отвода стоков [2, 3].

Для отличия пластиковых труб между собой в промышленном производстве используются красители. Так, трубы из полиэтилена имеют чёрный цвет, трубы ПВХ – светло-коричневый или оранжевый, а полипропиленовые трубы – серые. Кроме того, широко используется маркировка или дополнительная окраска труб в виде различных полос. Например, тонкая синяя полоса вдоль полиэтиленовой трубы означает, что она предназначена для холодного водоснабжения.

Выполненный анализ показывает, что пластмассовые трубопроводы превосходят по экологическим показателям трубопроводы из традиционных материалов. Они требуют меньше энергии на стадиях производства, обработки, установки и использования, что уменьшает выделения в почву, воду и воздух.

В последнее время нашли широкое применение в водоснабжении трубы из полибутена (ПБ-1) [4]. Свойства его схожи с полипропиленом и полиэтиленом. В то же время он обладает универсальностью, достоинствами и возможностями, обычно не ассоциируемыми с этими типами полимеров.

Применение для изготовления пластиковых труб более прочного полимера дает возможность значительной экономии материала, а, следовательно, и уменьшения цены товара. Трубы, изготовленные из ПБ-1, характеризуются не только меньшей массой, но и повышенными пластичностью и упругостью.

Трубы из ПБ-1 легко поддаются сварке. Это дает возможность изготавливать из него методами экструзии или прессования самые разнообразные фасонные детали и, таким образом, обеспечивать комплектацию практически любых трубопроводов.

ПБ-1 показывает отличную сопротивляемость текучести, трению, образованию трещин под химическим воздействием и воздействием окружающей среды, что желательно для труб, применяемых в водоснабжении. Также полимер обладает низкой жесткостью, высоким относительным удлинением на пределе текучести (даже при достаточно низких температурах) и высокой упругостью.

Как показывает практика, трубы из ПБ-1 удобны в работе, а их использование экономически выгодно. Широко известно, что простота в обращении и быстрота установки связана с низкой массой ПБ-1, гибкостью (даже при пониженных температурах), низким эффектом запоминания и широким разнообразием имеющихся соединительных деталей.

Преимуществом полимерных труб в сравнении с металлическими является их гибкость. Низкое значение модуля Юнга в сочетании с высокими прочностными характеристиками делает трубы из ПБ-1 исключительно гибкими.

Высокая гибкость труб из ПБ-1 позволяет прокладывать их отрезками большой длины в подготовленные каналы, что уменьшает количество необходимых соединительных и фасонных деталей и существенно снижает трудоемкость монтажа.

ПБ-1 обладает хорошей устойчивостью к кислотам, основаниям, ПАВ, маслам, жирам, спиртам, кетонам, алифатическим углеводородам и горячим полярным растворителям, включая воду, но чувствителен к сильным окислителям, ароматическим и хлорсодержащим углеводородам.

ПБ-1 очень устойчив к воздействиям окружающей среды и в этом смысле выгоднее других полиолефинов.

Трубы, изготовленные из ПБ-1, сохраняют работоспособность в широком диапазоне температур. Благодаря высокой эластичности ПБ-1, изготовленные из него трубы не разрушаются при замерзании в них воды и полностью восстанавливают свои размеры после оттаивания.

Другим достоинством ПБ-1 является низкая теплопроводность по сравнению с металлами. При отрицательной температуре окружающей среды вода в ПБ-1 трубопроводе дольше не замерзает. Для защиты такого трубопровода от замерзания необходима меньшая теплоизоляция.

Применение труб из полимерных материалов в жилых домах повышает личный комфорт домовладельцев. Одно из самых очевидных достоинств пластиковых труб – уменьшение шума при эксплуатации. Благодаря высокой эластичности и низкой плотности ПБ-1, трубы из него прекрасно поглощают звуковые волны, возникающие при колебаниях давления воды.

Бесшумная работа водопроводной системы обеспечивается ее конструкцией, выбором материалов трубы, способом крепления труб и положением трубопровода относительно строительной конструкции.

Способность ПБ-1 работать при высоких температурах сделала его наиболее подходящим материалом для данного применения.

Таким образом, можно сказать, что свойства и качественные показатели пластиковых труб позволили им завоевать должную популярность. Благодаря относительно более низкой стоимости, долговечности в эксплуатации, отсутствию коррозии, лёгкости и простоте монтажа полимерные трубы практически во всех отраслях применения заменили или полностью вытеснили традиционные металлические трубы.

1. Семчук Г.Н. Сучасний стан і шляхи реформування підприємств водопровідно-каналізаційного господарства України // Екологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація; Міжнар. конгр., 24-27 травня 2005 р.: зб.доп. – Ялта, 2005. – С. 13-22.
- 2..Материалы II Московской международной конференции «Полимерные трубы2008».
3. Материалы VI международной конференции «Рынок полимеров 2008».
4. Website of the Polybutene Piling Systems Association PBPSA, www.pbpsa.com, 2003.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШПАЛЕР НА ОСНОВІ ШТУЧНИХ ТА ПРИРОДНИХ ПОЛІМЕРІВ

Захаренко В.О., д-р техн. наук, проф., Сорокіна С.В., канд. техн. наук, Акмен В.О., М'ячиков О.В.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі
61051, Україна, м. Харків, вул. Клочківська, 333
E-mail: sorokina_sve@mail.ru*

Шпалери сьогоднішнього дня характеризуються широким асортиментом і методами оздоблення, вони являються засобом внутрішньої обробки приміщень та мають обширні можливості у виборі малюнка, фактури, кольору. У наш час, завдяки злиттю німецького устаткування, фінських фарб, російського високоякісного паперу французького і німецького дизайну, в Україні налагоджено виробництво сучасних шпалер, які мають достатньо достойний зовнішній вигляд. Серед найбільших світових виробників, представлених в Україні, можна відзначити 7 країн – постачальників шпалерної продукції: Німеччина, Італія, Англія, Франція, Туреччина, Прибалтика (зокрема Естонія), Білорусь. Серед вітчизняних виробників найбільш великими є Дніпропетровське СП «Днепромайн», Корюковська фабрика технічних паперів і Одеський завод обробних матеріалів.

Однак, стрімкий розвиток ринку, постійне оновлення асортименту, поява нових технологій і впровадження полімерного покриття, виробництво шпалер на основі штучних полімерів, а разом з цим підвищений попит на недорогу вітчизняну продукцію, дає привід для проведення оцінки якості шпалер і актуалізує проблему експертних досліджень найбільш популярних серед споживачів видів цієї продукції.

Метою роботи було проведення дослідження споживчих властивостей зразків українських шпалер на основі штучних та природних полімерів. Дослідження проводили за ДСТУ 6810-2002 та ДСТУ 8716:2005. При виконанні експериментальних робіт для досягнення мети на першому етапі досліджень було проведено експертизу маркування та пакування. Отримані дані свідчать, що за маркуванням усі зразки відповідають вимогам ГОСТ. Упакування усіх рулонів було однакове – прозора полімерна термоусадкова плівка з повним захистом торців рулону шпалер.

Аналізуючи результати проведення досліджень якісних показників шпалер на основі штучних та природних полімерів можна відмітити, що за показниками лінійних розмірів усі зразки знаходяться у межах норм НТД. Аналіз органолептичних показників встановив, що колір та тип малюнку співпадає зі зразком еталоном, чітко проглядається специфічність розробки та направлення кожного з видів малюнків, що полегшує процес вибору продукції для споживачів і говорить про наявність дизайнерської задумки при розробці шпалер. Неприємний запах у всіх досліджених зразках відсутній. У комплексі проведення експертизи на стійкість до стирання шпалер проводили дослідження їх стійкості до тертя (кількість циклів), руйнуюче зусилля у вологому стані (Па), стійкість рельєфів до тиснення (%), та ступінь білизни (відносно еталону). Отримані дані свідчать, що усі зразки витримали необхідну кількість циклів тертя та дію руйнуючого зусилля у вологому стані; щодо стійкості рельєфного покриття та декоративного тиснення до надавлювання, то шпалери витримали дію навантаження, що створювало деформацію до 75% (при вимогах НТД до 70%) і після зняття загрузки повертались до початкового стану. Оцінка стійкості фарб шпалер до світла усіх зразків була не менш ніж п'ять балів (це характеризує відсутність зміни кольору на дослідній ділянці після впливу ультрафіолету), що говорить про якість фарбового покриття.

Проведене дослідження та тестування шпалер на основі штучних та природних полімерів показало високу якість вітчизняної продукції.

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Деревянко В.Н., канд. техн. наук, проф., Радовенчик М.А.

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры
49600, Украина, г. Днепропетровск, ул. Чернышевского, 24А*

E-mail: radovenchuk@gmail.com

Ежегодно в мире собираются миллионы тонн бытовых пластиковых отходов вдоль рек, дорог, озер, целые острова из пластиковых бутылок, пакетов и т.д. плавают в водах мирового океана. Снижение темпов роста полимерных отходов в ближайшем будущем не предвидится, а наоборот, количество пластиковых отходов постоянно возрастает из-за того, что с каждым го-

дом увеличивается использование полимерной тары и различных изделий из пластика. Это бутылки, банки, канистры, лотки, поддоны, пакеты, упаковка, этикетки, пленка, скотч, перегородки, различные перекрытия, вывески, указатели, световые короба, сетки, решетки, папки, искусственные травяные покрытия, фильтрующие трубки и множество других изделий. Если учесть ежегодное увеличение производства изделий из пластических масс, то объемы отходов пластмасс уже сегодня насчитывают миллионы тонн ежегодно. Для Украины эта проблема также очень актуальна потому, что сегодня в Украине практически отсутствует система сортировки и переработки бытовых полимерных отходов. Ежемесячно около 10 тысяч тонн сырья для изготовления пластиковой тары завозится в Украину, после чего большая часть бутылок, изготовленных из этого сырья, попадает на полки магазинов, а впоследствии становится отходами. Суммарные же мощности Украины по переработке полимерных отходов могут справиться максимум с одной тысячей тонн отходов в месяц, а все остальное оседает на свалках и прилегающих к ним территориях, в лесах, лугах, вдоль рек, озер и тем самым, постепенно уничтожает уникальную природу нашей страны, плодородные украинские черноземы, наносит непоправимый вред большому разнообразию украинской флоры и фауны, как единой экосистемы.

Пластик принадлежит к материалам, которые практически не разлагаются со временем, а при сжигании выделяются крайне токсичные вещества, которые невозможно вывести из организма. Популярность пластика объясняется его легкостью, экономичностью, удобством использования.

Вторичное пластиковое сырьё сегодня используется практически во всех отраслях производства. Особенно необходимо отметить использование переработанного пластика при производстве строительных материалов. Этот сегмент рынка очень перспективный на сегодняшний день и позволяет не только решить экологические проблемы, но и получить экономическую выгоду. Поэтому разработка новых видов строительных материалов с использованием пластиковых бытовых отходов является очень важным вопросом экологии как в Украине, так и во всем мире.

Важно и то, что применение бытовых пластиковых отходов в производстве строительных материалов даст большой экономический эффект за счет удешевления таких строительных материалов, увеличения их прочности и долговечности. Поэтому использование пластиковых бытовых отходов в производстве строительных материалов – актуально, перспективно и жизненно необходимо.

Уникальную технологию разработали московские ученые – сотрудники Московского государственного института стали и сплавов и их коллеги из Центра научных исследований и инноваций "Технологии экологически чистых новых композиционных материалов", созданного на базе этого института. Они доказали, что прочные долговечные крыши, трубы, дорожные покрытия, наконец, дешевые и эффективные электроизоляторы можно сделать практически из мусора – старых пластиковых бутылок, одноразовых стаканчиков, битого кирпича и золы. Фактически это означает возможность утили-

зировать пластиковые отходы, превращая мусор в ценнейшее сырье для промышленности [1].

Сегодня разрабатывается еще одно направление утилизации ПЭТФ-бутылок. Путем изменения формы бутылки обеспечивается возможность ее дальнейшего использования для формирования водопроводов, каркасов и кровель для теплиц, герметичных мягких кровель и т.п.

Строительным материалом XXI века считают полимер-песчаную черепицу. Одним из лидеров по производству этого строительного материала является украинско – британское предприятие «Британика», г.Луганск. Полимер-песчаная черепица представляет собой элемент с однородной термопластичной массы, вяжущим в которой есть полимеры, а наполнителем – песок с соответствующими характеристиками. Поэтому изделия из такой массы значительно крепче, не боятся ударов и не разрушаются при падении с высоты или транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах. Полимер-песчаная черепица устойчива к воздействию агрессивных сред и ультрафиолетового излучения, долговечная, обладает низкой теплопроводностью и высокой морозостойкостью, высокими водоотталкивающими свойствами, не подвержена действию плесневых грибов, может изготавливаться в широкой цветовой гамме [2].

С 1996 г. фирма "Биолог", г. Херсон на основе вторичного полиэтилена выпускает профилированный кровельный материал "Биолайн" [3]. В состав материала также входят шелуха гречихи и риса, пигментные красители на основе оксидов металлов, стабилизаторы, пластификаторы и модификаторы вторичного полиэтилена. Поскольку материал не содержит асбеста, битума или фенола, то признан самым экологически чистым и безопасным кровельным материалом и награжден многими дипломами за высокое качество.

Производство пластиковых труб из отходов так же является очень перспективным решением переработки вторичных полимеров [4]. Существует ряд преимуществ полиэтиленовых труб перед стальными: они долговечны; не требуют катодной защиты; высокая коррозионная и химическая стойкость, не боятся контактов с агрессивными средами; со временем свойства полиэтиленовой трубы только улучшаются; низкая теплопроводность, снижающая тепловые потери и уменьшающая образование конденсата на наружной поверхности труб; снижение вероятности разрушения трубопровода при замерзании жидкости, так как при этом труба не разрушается, а увеличивается в диаметре, приобретая прежний размер при оттаивании жидкости. Пластмассовые трубы, изготовленные из отходов пластмассы, успешно конкурируют с металлическими и трубами, выпущенными из первичных пластмассовой, которая как минимум в три раза ниже при стопроцентной рентабельности.

В зарубежных странах, таких как Мексика и Индия, переработанный пластик используют для дорожного покрытия. Цель производства нового дорожного покрытия одна: увеличить долговечность покрытия и решить экологические проблемы.

Мексиканские ученые изобрели новый дорожный материал «Plasphalt™», который представляет собой комбинацию из переработанного пластика и асфальта, что создает более прочный и устойчивый дорожный материал [5].

«Plasphalt™» обеспечивает превосходную износостойкость и снижает затраты на обслуживание.

Индийская фирма «K.K. Plastic Waste Management» уже построила дороги с использованием пластиковых отходов [6]. Основным сырьём дорожного материала являются все пластиковые отходы без сортировки. После пластик дробят на мелкие фракции и смешивают с битумом под большой температурой. Дробленый пластик, который смешивается с битумом, заполняет свободные пустоты в битуме и делает его более устойчивым к влажным условиям.

Проблем, связанных с утилизацией полимерных отходов, достаточно много. Они имеют свою специфику, но их нельзя считать неразрешимыми. Однако решение невозможно без организации сбора, сортировки и первичной обработки материалов и изделий; без разработки системы цен на вторичное сырье, стимулирующих предприятия к их переработке; без создания эффективных способов переработки вторичного полимерного сырья, а также методов его модификации с целью повышения качества; без создания специального оборудования для его переработки; без разработки номенклатуры изделий, выпускаемых из вторичного полимерного сырья. В целом экономика рециклинга пластиков оставляет желать лучшего, т.к. при их повторном использовании львиная доля затрат приходится на сбор, погрузку, уплотнение, транспортировку к месту переработки.

В результате проведения обзора по использованию и переработке пластиковых отходов в мировой практике становится очевидным, что следует уделить большее внимание применению подобных методов и в Украине. Некоторые научно-исследовательские институты нашей страны уже давно занимаются подобными исследованиями. На базе ГВУЗ «ПГАСА» в лаборатории проводятся эксперименты по внедрению пластиковых отходов для производства строительных материалов. Предварительные результаты предполагают широкие перспективы применения полимерных пластиковых отходов в производстве строительных материалов для гражданского строительства.

1. "Зеленая точка" шагает по Европе // Технологии переработки и упаковки, 2004. – №8. – С.32 – 34.

2. <http://www.lugabrit.com.ua> – сайт спільного українсько – британського підприємства "Британіка" (м. Луганськ) з випуску полімер-піщаної черепиці.

3. Лукьяненко В.В., Бурмистр М.В., Ранский А.П. Экологические аспекты переработки вторичного полиэтилена в кровельные материалы // Тез. докл. конф. "Сотрудничество для решения проблемы отходов" (5 – 6 февраля 2004 г., Харьков). – X., 2004. – С.70.

4. <http://www.polymerproekt.narod.ru/> - сайт по утилизации полимеров и использовании их в строительстве.

5. <http://www.plasphaltproject.com/> - сайт компании «Plasphalt™», которая использует пластик в дорожном покрытии (Мексика).

6. <http://www.kkplasticroads.com/> - сайт компании «К.К. Plastic Waste Management», которая использует пластик в дорожном покрытии (Индия).

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ В КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Шевченко Э.Ю., Горох Н.П.

КП КХ «Харьковкоммуночиствод»

61013, Украина, г. Харьков, ул. Шевченко, 2

E-mail: hkov_invest@yahoo.com

Проблема переработки полимерных отходов и на их основе вторичных смесевых композиций с модифицирующими наполнителями диктуется в первую очередь интересами защиты окружающей природной среды. С точки зрения экологических аспектов, утилизация отходов композиционных полимерных материалов необходима, так как они являются одним из источников загрязнения окружающей среды. Физико-химические процессы деструкции полимерных отходов по срокам протекают десятки и сотни лет.

Недостаточно полная информация о физико-химических явлениях, происходящих в полимерном материале в процессе переработки, сдерживает научно-технический прогресс использования вторичных полимерных смесевых композиционных материалов как ресурсно-сырьевой потенциал ископаемых регионов Украины.

Темпы ежегодного прироста количества тары и упаковки из полимерных материалов в Украине составляют 5-6 %. Настораживает прогрессирующий рост отходов из полиэтилентерефталата (ПЭТФ), который составляет 0,8-1 % по массе, а по объему – до 8-10 %, так как экологизация монотехнологии по эффективности переработки ПЭТ-тары в Украине по объемам их регенерации – незначительна.

Потребление полимерных материалов на душу населения по Харьковскому региону и г. Харькову составляет 16-18 кг с прогнозом на 2015 г. до 26 кг на человека в год.

Вовлечение в промышленную переработку регенерированных отходов пластмасс, бывших в употреблении, во многом связано с организацией их селективного сбора. Степень промышленной переработки таких отходов методом рециклинга в г. Харькове незначительна.

Частные фирмы Харьковского региона перерабатывают не более 3-5 % вторичного полимерного сырья от общей массы их накопления.

Повторное использование полимерных композиционных материалов имеет три основных аспекта:

- организационно-правовой аспект, где наиболее важным представляется организация сбора и сортировки бытовых полимерных отходов, а также

законодательные акты, стимулирующие работу по утилизации отходов как население, так и промышленные перерабатывающие предприятия;

- технологический аспект, включающий аппаратурно-технологическое обеспечение экологически безопасной технологии регенерации вторичных полимерных композиций и изготовления готовой продукции; это одна из основных задач рециклинга полимерных отходов и эффективного использования вторичного полимерного сырья для производства продукции функционального назначения с приемлемыми эксплуатационными характеристиками;
- эколого-экономический аспект – выбор ассортимента изделий из вторичного сырья для рационального его использования в различных областях народного хозяйства и обеспечение экологической безопасности.

Решение этих проблем является основой эффективности рециклинга отходов полимеров.

Таким образом, оптимизация технологий регенерации и переработки полимерных материалов вплотную связана с решением проблем организационно-правового, технологического и эколого-экономического характера. В области организационно-правовой политики необходимо больше внимания уделять экологическому образованию населения и формированию более действенной законодательной базы. В технологическом плане необходима разработка экологически безопасных технологий и новых типов эффективного оборудования для регенерации и промышленной переработки вторичных полимерных композиционных материалов.

В городском строительстве и хозяйстве широко используются различные полимерные композиционные материалы практически во всех сферах деятельности малых, средних и крупных городов и в особенности мегаполисов. Это обусловлено целым рядом преимуществ, которые обеспечивает использование полимеров взамен металла, керамики, дерева и других природных материалов.

Полимерные композиционные материалы характеризуются высокой химической стойкостью, низким водопоглощением и устойчивостью к действию органических растворителей, незначительной диффузионной проницаемостью, эластичностью, высокими теплофизическими свойствами и надежностью в эксплуатации.

К основным направлениям использования полимерных материалов в городском хозяйстве относятся: утепление строений с помощью ограждающих конструкций; теплоизоляция и гидроизоляция; отделка помещений; повышение долговечности бетона; восстановление и повышение несущей способности элементов конструкций зданий и сооружений при их ремонте и реконструкции.

Полимерные материалы применяют в строительстве жилых зданий, производственных цехов, складских и торговых зданий, спортивных залов и др. Особенно широко в жилищно-гражданском и промышленном строительстве полимеры используют в качестве гидроизоляционных и герметизационных материалов.

Таким образом, использование регенерированных вторичных полимерных композиционных материалов в коммунальном хозяйстве города является весьма перспективным, но в настоящее время оно сдерживается низкой мощностью индустрии промышленной переработки полимерных отходов и отсутствием необходимой нормативно-технической документации.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ И МЕБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Попова Н.Г., канд. техн. наук, **Черкашина А.Н.**, канд. техн. наук,
Степанова Д.П.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

61002, Украина, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21

E-mail: Bulgaria2011@mail.ru

Наполнение полимеров позволяет направленно регулировать технологические и эксплуатационные свойства полимерных материалов. Свойства наполненных полимерных материалов конструкционного назначения, способы их получения и переработки в изделия в значительной степени определяются природой природной матрицы и наполнителя, их объемным соотношением, характером взаимного распределения и взаимодействием на границе раздела.

По происхождению наполнители делят на: органические и неорганические. Органические наполнители представляют собой обычно вещества растительного происхождения, которые имеют более низкую стоимость, чем полимеры, с которыми они смешиваются, и это является основным стимулом к их использованию.

Во всех странах мира большое внимание уделяется использованию природных наполнителей, таких как:

а) древесная мука – из мягкой древесины (сосны, ели, пихты, секвойи); из твердой древесины (ясеня, бука, береза, клена, дуба) из опилок, стружек, щепы и др.;

б) молотая скорлупа орехов (миндаля, абрикосовых косточек, арахиса, грецкого ореха и др.);

в) хлопковые волокна, хлопковые очесы, хлопчатобумажная ткань, короткие волокна, целлюлозные волокна;

г) растительные волокна (конопля, копра);

д) другие материалы: отходы хмеля, пробка дробленая, уголь, какао бобы, кукурузная солома, льняная костра, конопляная костра, соевая мука, крахмал, пшеничная солома, шерстяные волокна.

В качестве связующих используются как термореактивные, так и термопластичные связующие.

Однако, в Украине этому вопросу уделяется недостаточно внимания. Основным конструкционным материалом, применяемым в мебельной и строительной промышленности, является ДВП и ДСП.

Нами проводились работы по использованию камыша и соломы в качестве наполнителя в древесно-стружечных плитах вместо древесины.

Проблема поставки древесины становится все более острой, а камыш и солома вполне могут быть альтернативным сырьем. Солома и камыш являются легкодоступным, ежегодно возобновляемым и дешевым сырьем, имеющимся в каждом регионе. Кроме того, упрощается технологический процесс получения плит и значительно снижаются энергозатраты и повышается качество.

В качестве полимерного связующего для камыша было исследовано применение эпоксидных связующих с различной системой отверждения и фенолоальдегидные связующие. Для соломы применялись только фенолоальдегидные связующие. При использовании соломы с фенолоальдегидным связующим при варьировании степени наполнения образцы были испытаны на ударную вязкость, разрушающее напряжение при изгибе, разрушающее напряжение при сжатии, плотность, водопоглощение, разбухание за 24 ч.

Проблемы повышения адгезионной прочности на границе раздела фаз решали с помощью применения поверхностно-активного вещества в различных количествах, варьированием степени измельчения наполнителей, влажности, соотношением количества наполнителя и связующего.

В результате были получены композиционные материалы с более высокой ударной вязкостью, более низким разбуханием, % (17,2/6,7) и водопоглощением, % (24,6/10,0), разрушающее напряжение при изгибе осталось на том же уровне, МПа (9,6/9,8), при сжатии показатели повысились незначительно, МПа (12,1/13,5). Но следует подчеркнуть, что в эту композицию, кроме основных компонентов, была введена специальная добавка (ПАВ).

По результатам водопоглощения были посчитаны коэффициенты сорбции и диффузии. На коэффициент сорбции значительное влияние оказывает соотношение соломы и связующего, а также введение добавки. Добавка во всех случаях снижает этот коэффициент. Аналогичная зависимость наблюдается и при расчете коэффициентов проницаемости.

Коэффициент старения был рассчитан по изменению ударной вязкости после пребывания в воде в течение 30 суток. Результаты показали, что основное снижение ударной вязкости произошло за первые 10 суток, а потом результат стабилизировался, а добавка не оказала существенного влияния.

Проводились исследования по определению миграции формальдегида из образцов. Результаты показали, что применение двойного отвердителя снижает выделение формальдегида и повышает их гигиеническую стабильность. Разница между количеством формальдегида, выделяющегося из образцов с одинарным и двойным отвердителем, для одной из композиций составляет 0,47 мг/м³.

Камыш использовался с различной степенью измельчения – от осколков до камышовой муки. Степень измельчения и степень влажности соломы

также регулировались. Все полученные результаты сравнивались с промышленно выпускаемыми древесно-стружечными плитами (ГОСТ 10632).

При использовании камыша в качестве наполнителя применяли эпоксидный олигомер и отвердители УП-605/5Р, УП-5-138. Положительные результаты были получены с осколочным камышом, а с мелкодисперсными такого эффекта не получилось. Учитывая дороговизну эпоксидного связующего, эти композиции не могут быть рекомендованы для промышленного применения.

Положительные результаты получены при использовании фенолоальдегидных связующих. Учитывая плохую смачиваемость камыша олигомером были проведены исследования по определению угла смачивания в зависимости от степени подготовки поверхности камыша и применяемого ПАВ.

Для этих композиций были проведены те же испытания, что и для композиций с соломой и результаты также сравнивались с промышленным ДСП.

В результате установлено, что при применении камыша, в оптимальной композиции (было испытано 8 вариантов) ударная вязкость в среднем повышается в 4 раза, разрушающее напряжение при изгибе на 20 %, разрушающее напряжение при сжатии несколько снизилось. Исследование коэффициента старения показало, что высокий процент сохранения свойств, процент разбухания ниже, чем у промышленных, и находится в пределах 10-11 %, водопоглощение до 14,4 %.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что композиционные материалы с применением камыша и соломы в качестве наполнителей и фенолоальдегидные связующие с введением соответствующего ПАВ могут быть рекомендованы для применения в строительной и мебельной промышленности.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Авраменко В.Л. 11, 137, 152
Азыгалиев У.Ш. 45
Айрапетян Т.С. 165
Акмен В.О. 167
Андронов В.А. 143
Антонов А.М. 148
Ареф'ева М.Г. 37
Арутюнян В.М. 63
- Бабич Є.М. 105
Бичевий П.П. 159
Біль В.А. 55
Бойко Є.М. 91
Будя Д.О. 55
Бутковська Л.С. 148
Бухман О.М. 143
- Войтова В.Н. 97
Войтова Ж.Н. 97
Воловик О.О. 154
Волювач С.В. 82, 85, 123
Воробьева С.А. 102
- Галстян Г.Ш. 63
Гамеляк І.П. 31
Гарбуз А.О. 110, 162
Гнатенко Р.Г. 156
Говоруха О.В. 112
Годованюк О.В. 3
Горлова А.П. 68
Горова Т.С. 91
Горох Н.П. 172
Гукасян С.Ж. 9, 20
Гурова В.С. 60
- Данильцев В.Г. 152
Деревянко В.Н. 168
Довбенко В.С. 105
- Доронин Е.В. 140
Доронина В.А. 140
Дубініна А.А. 5
- Жданюк В.К. 13, 31, 112, 154, 156
- Задорожнікова І.В. 139
Захаренко В.О. 167
Золотов М.С. 24, 35, 82, 89,
100, 102, 119, 145
Золотов С.М. 18, 28, 50
Золотова Н.М. 149, 162
- Ермоленко В.Н. 72
Ефрюшин Д.Д. 72
- Иванов П.В. 60
Исакієва О.Г. 165
- Карандашов О.Г. 152
Карев А.И. 66
Карими Язди Амир Эхсан 137
Клевцова М.В. 77
Кліменко В.З. 125
Коваленко М.С. 125
Коваль А.В. 125
Козирева К.М. 159
Колибаб'юк П.В. 148
Комарова Н.Г. 68
Кондратенко А.В. 59
Кононенко А.І. 5
Кононенко Л.В. 5
Коньшин В.В. 72
Корекян О.Н. 89, 119
Костін Д.Ю. 13, 154
Крюковская С.А. 53
Куделіна Г.М. 56

Лебедев В.В. 66
Любченко М. А. 24

Макарчев О.О. 156
Матыева А.К. 40
Мельник Л.І. 55
Михайловський В.С. 37
Михайловський Д.В. 125
Мороз Н.В. 35
Мусько Н.П. 60
М'ячиков О.В. 167

Наконечний Ю.І. 148
Недобій І.Ю. 3
Нестеренко С.В. 27

Огурченков М.В. 13
Осьмаков О.Г. 3

Пасічник Р.В. 139
Пахолук О.А. 139
Петухов А.Д. 3
Пиріков О.В. 56
Пічугін С.Ф. 91
Подгорная Л.Ф. 152
Пономарев К.С. 165
Попов Ю.В. 59
Попова Н.Г. 174
Протопопов А.В. 77

Ротошек Karol 130
Ротошек Tomáš 130
Радовенчик М.А. 168

Седышев Е.С. 140
Селиванов С.Е. 134
Склярів В.А. 89, 100, 119

Скрипник Е.С. 18
Смилка Е.П. 27
Смолянинов М.Ю. 102
Сорокіна С.В. 167
Сташук В.А. 165
Степанова Д.П. 174
Супрун О.Ю. 123

Терегеря М.В. 91
Трегуб С.Н. 134

Циркунова К.В. 31, 154, 156

Чавров С.А. 66
Чемерис М.М. 60
Черкашина А.Н. 152, 174
Чилингарян Н.В. 63
Чунарев А.В. 165

Шадріков О.С. 11
Шевченко Э.Ю. 172
Шелковин А.А. 82, 123
Ширяев Д.В. 60
Шишкин Э.А. 89, 119
Шнирук О.М. 3
Шутенко Л.Н. 89, 100, 119, 145

Щербов В.Ю. 145

Эпоян С.М. 165

Ярема І.Т. 148

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

Структура, физико-механические, физико-химические, технологические свойства и методы исследования пластмасс и полимеров, а также материалов с их использованием

<i>Петухов А.Д., Годованюк О.В., Недобій І.Ю., Шнирук О.М., Осьмаков О.Г.</i> До зшивання полімерних плівок силанами.....	3
<i>Кононенко А.І., Дубініна А.А., Кононенко Л.В.</i> Ідентифікація пластмас і полімерів, а також матеріалів з їхнім використанням.....	5
<i>Гукасян С.Ж.</i> Осаждение гидроокисей металлов разнородными полимерными флокулянтами.....	9
<i>Шадріков О.С., Авраменко В.Л.</i> Дослідження процесів іммобілізації термо і фотостабілізаторів на поверхню наповнювача полімерних матеріалів.....	11
<i>Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Огурченков М.В.</i> Результати порівняльних досліджень властивостей щебенево-мастикового асфальтобетону з добавками природних бітумів.....	13
<i>Скрипник Е.С., Золотов С.М.</i> Влияние смачиваемости на адгезию акриловых клеев.....	18
<i>Гукасян С.Ж.</i> Физико-механические свойства композиционных материалов на основе меди, полученных экструзией.....	20
<i>Золотов М.С., Любченко М.А.</i> Свойства составов для защитно-декоративных покрытий на основе полимерных материалов.....	24
<i>Нестеренко С.В., Смилка Е.П.</i> Разработка новых лакокрасочных композиций на базе химстойких материалов и отходов коксохимического производства.....	27
<i>Золотов С.М.</i> Составы улучшенных акриловых клеев.....	28
<i>Жданюк В.К., Гамеляк І.П., Циркунова К.В.</i> Щодо особливостей вибору армуючих матеріалів та виконання робіт з підвищення колієстійкості асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів нежорсткого типу.....	31
<i>Золотов М.С., Мороз Н.В.</i> Составы наполнителей с минимальной пустотностью для покрытий полов на основе связующего из акрилового полимера.....	35
<i>Ареф'єва М.Г., Михайловський В.С.</i> Вплив наповнювача на адгезійні властивості полімерцементних гідроізоляційних композицій проникаючої дії.....	37
<i>Матыева А.К.</i> Полимерсиликатно-гипсовое связующее (ПСГС) в составе органокомполитов из растительного сырья.....	40

<i>Азыгалиев У.Ш.</i> Полиармин на основе полимерных органокомпози- тов из местного сырья.....	45
<i>Золотов С.М.</i> Зависимость вязкости акрилового компаунда от раз- личных факторов.....	50
<i>Крюковская С.А.</i> Влияние состава на механические свойства поли- мерцементных композиций с короткой полимерной фиброй.....	53
<i>Мельник Л.І., Будя Д.О., Біль В.А.</i> Діелектричні властивості поліме- рних композиційних матеріалів на основі графіту.....	55
<i>Пиріков О.В., Куделіна Г.М.</i> Функційна синергія епоксиднокаучуко- вих компаундів.....	56
<i>Попов Ю.В., Кондратенко А.В.</i> Адгезионно-прочностные характе- ристики вибропоглощающих полимерных эпоксиуретановых мате- риалов.....	59
<i>Гурова В.С., Ширяев Д.В., Чемерис М.М., Мусько Н.П., Иванов П.В.</i> Изучение адсорбции ионов меди модифицированным растительным сырьем.....	60
<i>Чилингарян Н.В., Галстян Г.Ш., Арутюнян В.М.</i> Композиционный материал – заменитель строительной древесины.....	63
<i>Лебедев В.В., Карев А.И., Чавров С.А.</i> Сравнительный анализ дре- весно-полимерных материалов на основе первичного и вторичного полимерного сырья.....	66
<i>Комарова Н.Г., Горлова А.П.</i> Изучение процесса физико- химического модифицирования отходов древесины сосны.....	68
<i>Коньшин В.В., Ермоленко В.Н., Ефрюшин Д.Д.</i> Синтез ε- аминокапролатов целлюлозы из целлюлозосодержащего сырья.....	72
<i>Протопопов А.В., Клевцова М.В.</i> Молекулярная подвижность слож- ных эфиров целлюлозы.....	77
<i>Волювач С.В., Золотов М.С., Шелковин А.А.</i> Фурановые добавки в кислотостойкие растворы и бетоны на основе жидкого стекла.....	82
<i>Волювач С.В.</i> Повышение водостойкости поливинилацетатных дис- персий.....	85

СЕКЦИЯ 2

Расчет и исследование строительных конструкций с применением пластмасс и полимеров

<i>Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Скляр В.А., Шишкин Э.А., Корекия О.Н.</i> Характер разрушения клеевой анкеровки арматурных стерж- ней серповидного профиля.....	89
<i>Пічугін С.Ф., Бойко Є.М., Горова Т.С., Терегеря М.В.</i> Дослідження механічних властивостей склопластикового профілю.....	91

<i>Войтова Ж.Н., Войтова В.Н.</i> Нормирование параметров прогибов поликарбонатных панелей в плоских ограждающих конструкциях покрытий.....	97
<i>Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Скляр В.А.</i> Влияние динамического нагружения на стабильность усилия предварительной затяжки анкерных болтов на акриловых клеях.....	100
<i>Золотов М.С., Смолянинов М.Ю., Воробьева С.А.</i> Несущая способность сжатых железобетонных элементов, усиленных обоймой из акрилового полимерраствора.....	102
<i>Бабич Є.М., Довбенко В.С.</i> Міцність та деформативність залізобетонних балок, підсилених полімерною композицією.....	105
<i>Гарбуз А.О.</i> Прогнозування довготривалої міцності з'єднаних акриловим клеєм бетонних елементів.....	110
<i>Жданюк В.К., Говоруха О.В.</i> Дослідження деформаційних і міцнісних характеристик бетонів на основі фрезерованого асфальтобетону	112
<i>Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Скляр В.А., Коремян О.Н., Шишкин Э.А.</i> Математическая модель напряженно-деформированного состояния клеевой анкеровки арматурных стержней серповидного профиля.....	119
<i>Супрун О.Ю., Шелковин А.А., Волювач С.В.</i> Адгезионная прочность полимерсиликатных бетонов.....	123
<i>Кліменко В.З., Михайловський Д.В., Коваленко М.С., Коваль А.В.</i> Розрахунок елементів з клеєної деревини, що працюють на стиск зі згином з урахуванням деформованої схеми.....	125

СЕКЦИЯ 3

Теплостойкость, горючесть и пожаробезопасность пластмасс и полимерных материалов

<i>Karol Potoček, Tomáš Potoček</i> Combustibility of polymeric material and fire safety of the buildings.....	130
<i>Селиванов С.Е., Трегуб С.Н.</i> Структурная модификация полимерных материалов лазерным излучением.....	134
<i>Карими Язди Амир Эхсан, Авраменко В.Л.</i> Влияние антипиренов и наполнителей на горючесть полиамидов-6.....	137
<i>Пахолок О.А., Задорожнікова І.В., Пасічник Р.В.</i> Порівняння енергоефективності теплоізоляційних матеріалів.....	139
<i>Доронин Е.В., Седьшев Е.С., Доронина В.А.</i> Исследование пожарнотехнических характеристик пенополистирола.....	140
<i>Андронов В.А., Бухман О.М.</i> Токсикологічний аспект використання вогнезахисних полімерних матеріалів у будівництві.....	143

СЕКЦИЯ 4

Использование пластмасс и полимерных материалов в городском хозяйстве и строительстве

<i>Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Щербов В.Ю.</i> Технологические параметры заделки арматурных стержней серповидного профиля в бетон акриловыми клеями.....	145
<i>Ярема І.Т., Наконечний Ю.І., Антонов А.М., Колибаб'юк П.В., Бутковська Л.С.</i> Проектування та виготовлення пластмасових заглушок кранів для потреб міськ- і райгазів.....	148
<i>Золотова Н.М.</i> Заделка стыков сборных железобетонных элементов акриловыми клеями.....	149
<i>Авраменко В.Л., Подгорная Л.Ф., Черкашина А.Н., Карандашов О.Г., Данильцев В.Г.</i> Клеевые составы для монтажа эпоксидных стекло- и базальтопластиковых труб.....	152
<i>Жданюк В.К., Циркунова К.В., Воловик О.О., Костін Д.Ю.</i> Щодо факторів, які впливають на колієутворення в асфальтобетонних шарах дорожніх одягів.....	154
<i>Гнатенко Р.Г., Макарчев О.О., Циркунова К.В., Жданюк В.К.</i> Особливості технології ремонту тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів.....	156
<i>Бичевий П.П., Козирєва К.М.</i> Технологія відновлення експлуатаційної придатності бітумно-руберойдного покриття.....	159
<i>Золотова Н.М., Гарбуз А.О.</i> Применение акриловых клеев для соединения бетонных элементов строительных конструкций.....	162
<i>Эпоян С.М., Исакиева О.Г., Пономарев К.С., Сташук В.А., Чунарев А.В., Айрапетян Т.С.</i> Новое поколение полимеров для применения при устройстве водопроводов.....	165
<i>Захаренко В.О., Сорокіна С.В., Акмен В.О., М'ячиков О.В.</i> Дослідження споживчих властивостей шпалер на основі штучних та природних полімерів.....	167
<i>Деревянко В.Н., Радовенчик М.А.</i> Использование бытовых отходов пластмасс в строительстве.....	168
<i>Шевченко Э.Ю., Горох Н.П.</i> Оптимизация технологического обеспечения регенерации и применения полимерных отходов в коммунальном хозяйстве.....	172
<i>Попова Н.Г., Черкашина А.Н., Степанова Д.П.</i> Композиционный материал для строительной и мебельной промышленности.....	174
Авторский указатель	177

Наукове видання

**«Застосування пластмас у будівництві та
міському господарстві»**

Матеріали
X Міжнародної науково-технічної
інтернет - конференції

25 листопада – 25 грудня 2011 р.

(рос. мовою)

Відповідальний за випуск проф. *М.С.Золотов*
Редактор *Н.С.Гетало*

Підп. до друку 04.01.2012	Формат 60x84/16
Друк на ризографі.	Ум. друк. арк. 10,58
Тираж 150 пр.	Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rektorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.

