

имеет участки с постоянным значением температуры около 750°C. Это связано с скачкообразным увеличением теплоемкости вследствие фазового превращения в стали, что подтверждает правдоподобность результатов расчетов. Температурная кривая прогрева коробчатого сечения при влиянии на него пожара со стандартным температурным режимом не достигает температуры 750°C, поскольку выходит на стационарный режим значительно раньше. Установлено, что наибольшую огнезащитную эффективность имеет коробчатая отделка. Более эффективной является защита стальных конструкций с использованием покрытий и отделок «ANTIFIRE» толщиной от 5 до 30 мм для обеспечения необходимых пределов огнестойкости в стандартном ряду от R30 до R90.

**Ключевые слова:** огнезащитная эффективность, эпоксиполимерное покрытие «ANTIFIRE», математическая модель, уравнение теплопроводности, стальные конструкции.

**Danchenko Yu. M., Obizhenko T. M., Saienko N. V., Andronov V. A. INVESTIGATION OF FIRE-PROTECTIVE EFFICIENCY OF EPOXY POLYMER COATING «ANTIFIRE»**

The results of the determination of fire-protective efficiency of the epoxy polymer coating «ANTIFIRE» in the load-bearing elements of I-beam steel structures by calculation using the mathematical model is given in the article. Calculations are based on the solution of the heat equation. The two-component coating is made on the

basis of a mixture of epoxy resin (ED-20) and oligoestertricyclocarbonate (Laprolat-803) oligomers, polyammonium phosphate of general formula  $(\text{NH}_4\text{PO}_3)_n$ , dispersed mineral filler, surfactant and amine hardener (PEPA). For the study, two options for protecting the I-section of the steel column with four-sided heating were selected: profile and box-shaped. As a result of calculations, it is shown that the maximum heating temperature with increasing thickness of the coating decreases in both fire protection options. Using the method for determining the flame retardant effectiveness of the coating, its corresponding thicknesses were obtained in both variants. It is established that the dependence of the average heating temperature of I-sections of steel structures has sections with a constant temperature value of about 750°C. This is due to an abrupt increase in heat capacity due to the phase transformation in steel, which confirms the plausibility of the calculation results. The temperature curve for the heating of the box section under the influence of a fire with a standard temperature regime does not reach a temperature of 750 °C, since it enters the stationary regime much earlier. It has been established that the box-shaped has the greatest fire-protection efficiency. More effective is the protection of steel structures using «ANTIFIRE» coatings and finishes with a thickness of 5 to 30 mm to provide the necessary fire resistance in the standard range from R30 to R90.

**Key words:** fire-protective efficiency, epoxy polymeric coating «ANTIFIRE», mathematical model, heat equation, steel structures.

УДК 624.078.7

**Золотов С.М., Пустовойтова О.М., Литвинова Г.М., Хамзе Мухаммад,**

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
(вул. Маршала Бажанова, 13, Харків, 61000, Україна; e-mail: [oksana\\_pustov@ukr.net](mailto:oksana_pustov@ukr.net))*

**Камчатна С.М.**

*Український державний університет залізничного транспорту  
(площа Фейєрбаха, 7, Харків, 61000, Україна; e-mail: [kamchatnayasn@gmail.com](mailto:kamchatnayasn@gmail.com))*

## ЗАСТОСУВАННЯ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВИХ АНКЕРНИХ З'ЄДНАНЬ В АКРИЛОВИХ КЛЕЯХ

Для збільшення часу експлуатації конструкцій та забезпечення їх довговічності, при реконструкційних роботах застосовують базальтопластикові анкерні з'єднання, які мають високі конструктивні і міцнісні властивості. У якості композитного з'єднання застосовуються акрилові клеї. Були проведені випробування для визначення модулю пружності акрилових клеїв та виведена залежність напружно-деформованого стану анкерного з'єднання від модуля пружності акрилового клею.

**Ключові слова:** реконструкція, анкерні з'єднання, акриловий клей, модуль пружності, базальтове волокно, базальтопластиковий анкер, композитні з'єднання.

**Вступ.** У даний час у будівництві досить широко застосовуються нові матеріали як природного, так і штучного походження. До матеріалів нового покоління

відносяться композитні розчини із застосуванням акрилів, пластиків і інших міцних сполучних матеріалів, а так само природний матеріал – базальт, що має величезний

спектр застосування в будівництві, легкої й важкої промисловості [1, 2].

Анкерні з'єднання вже довгі роки застосовуються в будівництві. При виборі оптимального варіанта анкерного з'єднання важливо враховувати характер розподілу напруг і переміщень, що виникають не тільки в анкері й бетоні, але й у клеї, тому що товщина клейового шару має велике значення [3]. Так само необхідно враховувати вплив поперечних розмірів анкера, що в деяких випадках істотно міняє основні міцнісні показники [4].

Все це викликає необхідність вивчення нових фізико-механічних властивостей базальтопластикового анкерного з'єднання в акрилових клеях для розширення області застосування й дослідження економічних параметрів застосування даного з'єднання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питаннями анкерівки в цілому або кріплення різними анкерами, у тому числі й композитними, займалися такі вчені як: Степанов В. Ф. [5], Клементьев С. В. [6], Золотов М. С. і ін. [7]. Розробці складів, а також вивченню фізико-механічних, фізико-хімічних, технологічних властивостей і довговічності акрилових клеїв присвячені роботи М. С. Золотова [7, 8], Р. А. Спиранде [9], Л. Н. Шутенко [10] та ін

Як показали дослідження акрилові композиції мають високу адгезійну й когезійну міцність, вони малокомпонентні й прості у приготуванні, а також низько в'язкі при будь-якій температурі навколишнього середовища. Композиції на основі акрилових полімерів мають хороші показники атмосферо- і водостійкості [1, 4, 12].

**Визначення мети та задачі дослідження.** В умовах технологій, що розвиваються, і підвищеної потреби все в більшій кількості будівельних матеріалів, базальт являє собою матеріал з високими показниками по таких параметрах, як довговічність, міцність, собівартість матеріалу.

Тому питання, пов'язані із застосуванням базальтопластикових анкерів в композитному з'єднанні для реконструкцій, будівництва, а так само для кріплення встаткування є актуальними, тому що за своїми

показниками ці матеріали не тільки не уступають традиційним матеріалам, але й перевершують їх. А це, при сучасному розвитку різних галузей промисловості, може скласти серйозну конкуренцію звичним будівельним матеріалам і істотно поліпшити якість і довговічність експлуатації конструкцій.

З огляду на дані деяких досліджень, проведених раніше [13-15] і маючи технічну характеристику різних матеріалів, можна знайти оптимальний варіант анкерного з'єднання.

**Основна частина дослідження.** Для кріплення деяких анкерних випусків і фундаментних болтів у бетоні застосовуються наповнені акрилові клеї. Модуль пружності таких клеїв може змінюватися у широких межах. Тому інтерес у дослідженнях, крім всіх інших показників, представляє залежність напружно-деформованого стану анкерного з'єднання від модуля пружності акрилового клею. Для дослідження були прийняті акрилові клеї з модулем пружності  $E_{кл}$  (МПа) – від  $0,2 \times 10^4$  до  $1,6 \times 10^4$  (із кроком 0,2). Діаметр анкеру  $d_a = 2,0$  см, діаметр шпари в бетоні  $d_{шп} = 4,0$  см залежно від величини модуля пружності акрилового клею  $E_{кл}$ . На рис. 1 представлені розподіли нормальних осьових напруг по довжині забитої в бетон частини анкера.

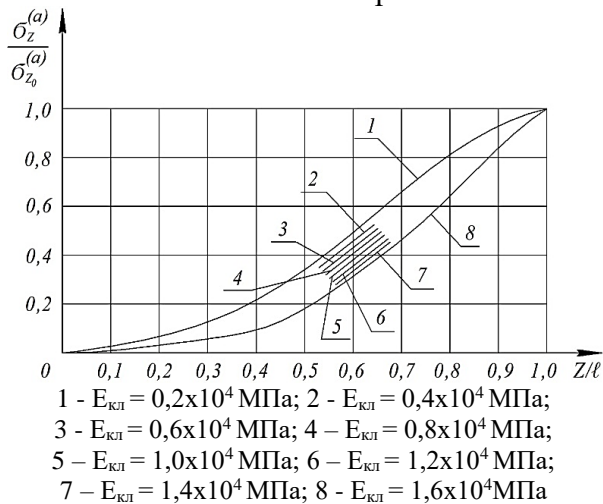


Рис. 1 Розподіл нормальних осьових напруг по довжині частини анкера, забитої в бетон

Збільшення модуля пружності акрилового клею дозволяє знижувати радіальні й окружні напруги в бетоні, що має малу

міцність на зріз і розтягування. Отже, збільшення модуля пружності акрилового клею позитивно позначається на напружено-деформованому стані анкерного з'єднання, збільшуючи його жорсткість і незначно міцність.

Виходячи з даних, отриманих експериментальним шляхом, можна зробити наступний висновок – акрилові клеї доцільно застосовувати з модулем міцності не нижче  $1,0 \times 10^4$  МПа.

На відміну від металевих і хімічних анкерів, застосування базальтопластикових стрижнів в анкері значно збільшує строк експлуатації такої конструкції, а так само область застосування, у силу деяких технічних особливостей, властивим базальтовим виробам

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.** У нашій країні базальтове волокно, як будівельний матеріал, ще не пройшов перевірку часом, тому його використання має великі перспективи завдяки широкому спектру застосування в житлово-цивільному, промисловому, дорожньому будівництві, мостобудуванні, залізничному будівництві, а також при реконструкції різних будівельних об'єктів і ремонтних роботах.

Результати проведених експериментів і досліджень фізико-механічних властивостей акрилових композицій, показали доцільність застосування базальтових анкерів в акрилових клеях для будівельних, ремонтних і реконструкційних робіт.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Liu, F. Yu, X. Yu, X. Zhao, A. Lu, J. Wang «Basalt fiber reinforced and elastomer toughened polylactide composites: Mechanical properties, rheology, crystallization and morphology». Journal of Applied Polymer Science, Vol. 125, pp 1292-1301, 2012, [doi/10.1002/app.34995/full](https://doi.org/10.1002/app.34995/full)
2. D. Kurniawan, B. S. Kim, H. Y. Lee, J. Y. Lim «Atmospheric pressure glow discharge plasma polymerization for surface treatment on sized basalt fiber/polylactic acid composites». Composites Part B: Engineering, Vol. 43, pp 1010-1014, 2012, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359836811004768>
3. Клименко В.З., Паги Б.Ю., Золотов М.С. Влияние толщины клеевого слоя на напряженно-де-

- формированное состояние сталеклевого соединения // Соппротивление материалов и теория сооружений. – 1985. – Вып. 47. – С. 57-62.
4. Золотов С.М. Акриловые клеи для крепления анкерами башенных сооружений // Будівельні конструкції, будівлі та споруди: 36. наук. праць. – Макіївка: ДонДАБА, 2001. – Вып. 5. – С. 179-182.
  5. Технические рекомендации по применению неметаллической композитной арматуры периодического профиля в бетонных конструкциях [Текст]: ТР 013-1-04 «НИИЖБ», г. Москва 2004.
  6. ООО «ОРВИЛ» «Что мы знаем об анкерах и дюбелях?» [Текст] / С.В.Клементьев / г. Волгоград, 2004.
  7. Золотов М.С., Безлюбченко Е.С. Ремонт бетонных и железобетонных элементов с использованием акриловых клеев // Повышение эффективности и надежности городского хозяйства: Сб. науч. тр. - К.: УМК ВО. 1990. – С. 159 – 165.
  8. Золотов М.С. Псурцева Н.А. Обеспечение прочности соединения бетона акриловыми клеями при ремонте и реконструкции зданий и сооружений // Реконструкция и капитальный ремонт зданий и сооружений / УМК ВО. – К.: Вузполиграфиздат, 1989. – С. 38 – 47.
  9. Спиранде Р.А. Акриловые клеи для крепления стальных анкерів. Дис. канд.техн. наук. 05.23.05. - Харьков, 1985. – 223 с.
  10. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Спиранде Р.А., Технологические свойства акриловых пластостроителей, применяемых для ремонта зданий // Наука и техника в городском хозяйстве. – К.: Будівельник, 1983. – Вып. 52. – С. 10-13.
  11. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Псурцева Н.А., Душин В.В. Опыт применения клеевых соединений в строительстве. - Харьков: ХИИКС, 1985. - 98 с.
  12. Литвинова О.М. Деформативность растворов на основе акриловых полимеррастворов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.23. – К.: Техніка, 2000. – с. 80-83.
  13. Молодченко Г.А., Склярів В.А. Деформативность анкерных болтов на модифицированных акриловых клеях // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 27. – К.: Техніка, 2001. – С. 175 – 186.
  14. Молодченко Г.А., Склярів В.А. Визначення коефіцієнта основного навантаження для анкерних болтів на акрилових клеях // Ресурсозберігаючі матеріали, конструкції, будівлі та споруди: 36. наук. праць. Вып. 6. – рівне, 2001. – С. 264 – 269.
  15. Склярів В.А. Стабільність зусилля попереднього затягування модифікованим акриловим клеєм // Науковий вісник будівництва. Вып. 12. - 2001. - С. 101-103.

Золотов С.М., Пустовойтова О.М., Литвинова А.М., Хамзе Мухаммад, Камчатная С.Н. ПРИ-

**МЕНЕНИЕ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВЫХ, АНКЕРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В АКРИЛОВЫХ КЛЕЯХ.** Для увеличения времени эксплуатации конструкций и обеспечения их долговечности, при реконструкционных работах применяют базальтопластиковые анкерные соединения, которые имеют высокие конструктивные и прочностные свойства. В качестве композитного соединения применяются акриловые клеи. Были проведены испытания для определения модуля упругости акриловых клеев и выведена зависимость напряженно-деформированного состояния анкерного соединения от модуля упругости акрилового клея.

**Ключевые слова:** реконструкция, анкерные соединения, акриловый клей, модуль упругости, базальтовое волокно, базальтопластиковый анкер, композитные соединения.

**Zolotov S.M., Pustovoitova O.M., Lytvynova G.M., Hamze Muhammad, Kamchatna S.M. APPLICATION OF BASALT-PLASTIC, ANCHOR JOINTS IN ACRYLIC ADHESIVES.** To increase the operating time of structures and ensure their durability, in the reconstruction work basalt-plastic anchor joints are used, which have high structural and strength properties. As a composite compound, acrylic adhesives are used. Tests were carried out to determine the modulus of elasticity of acrylic adhesives and the dependence of the stress-strain state of the anchor joint on the modulus of elasticity of acrylic glue was derived.

**Keywords:** reconstruction, anchor connections, acrylic adhesive, elastic modulus, basalt fiber, basalt plast anchor, composite joints.

УДК:691.3

**Плахотніков К.В., Бондаренко О.І., Деденьова О.Б.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури  
(вул. Сумська. 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: kafedra@ekit.org.ua)*

## **МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У ТОНКИХ ШАРАХ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ**

Проаналізовано структурний і хімічний склад скляних і алюмоборосилікатних порожнистих мікросфер. Оцінено вплив на енергозберігаючі властивості композитів з порожнистими мікросферами. Показано основні переваги використання композицій з порожнистими мікросферами для енергозбереження у будівництві.

**Ключові слова.** Скляні і алюмоборосилікатні порожнисті мікросфери, енергозбереження.

**Вступ.** Попит на теплоізоляційні матеріали з кожним роком зростає. Кількість виробників, які пропонують різні матеріали: мінеральну вату, пінопласт, рідку теплоізоляцію, стає все більше. Якщо товстошарова теплоізоляція відома вже давно, то рідка теплоізоляція у тонких шарах потребує додаткових досліджень. Ця група будівельних матеріалів відносно нова, обладнання та методик для її вивчення практично немає. Склад подібних матеріалів є, як правило, композиційним і складається з алюмосилікатних і скляних мікросфер та акрилової дисперсії.

Скляні мікросфери це легкий сипкий порошок білого кольору, що складається із пустотілих частинок сферичної форми, розмір окремих коливається в межах від 15 до 125 мкм. Мікросфери виробляються з натрієво-боросилікатного скла. Середня густина пустотілих скляних мікросфер (ПСМ) становить 0,2 г/см<sup>3</sup>[1].

Алюмосилікатні порожнисті мікросфери (АСПМ) - склокристалічні алюмосилікатні кульки, які утворюються при високотемпературному факельному спалюванні вугілля. Вони є найціннішими компонентами зольних відходів теплових електростанцій. Являють собою порожнисті, майже ідеальної форми силікатні кульки з гладкою поверхнею, діаметром від 10 до кількох сотень мікрометрів, в середньому близько 100 мкм. Стінки суцільні непористі з товщиною від 2 до 10 мкм, температура плавлення 1400-1500 °С, середня густина складає 0,6 г/см<sup>3</sup>. Внутрішня порожнина частинок заповнена в основному азотом і діоксидом вуглецю. Оскільки температура плавлення металів нижча за температуру плавлення АСПМ, то АСПМ досить часто покривають тонкими оболонками з розплавленого металу в 10-30 нанометрів. Це надає АСПМ такі нові властивості як непрозорість в інфрачервоному і СВЧ діапазоні