

# **РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ МАТЕРІАЛИ ТА НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ**

**УДК 693.98(100)(045)**

**ВИКОРИСТАННЯ ЕПОКСИДНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ  
РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД**

**USING OF THE MODERN EPOXY COMPOUNDS UNDER  
RECONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

**Білокуров П.С., к.т.н., доцент (Національний авіаційний університет,  
м.Київ)**

**P.S. Bilokurov., Ph.D, Candidate in Engineering (National Aviation  
University, Kyiv)**

**В статті розглянуте питання щодо застосування сучасних клейових сумішей на основі епоксидних матеріалів, що використовуються при реконструкції будівель та споруд. За допомогою сучасних клейових сумішей можливо склеювати різні матеріали, утворюючи міцні та довговічні з'єднання. Склеювання металевих конструкцій представляє великий інтерес для будівництва та інших сфер техніки.**

**The article deals with the question of modern epoxy compounds, which are used under reconstruction building and structures.**

**The problem of strengthening and renewal of the functional performance of building structures consists in the solution of such a task as the increasing of bearing capacity of structures. The given task is closely related to both change of functionality of a building, and the increasing of loading on its separate structural elements. One of the principal ways of structure strengthening is the building-up of its cross-section. Such a strengthening, which is performed by gluing steel or composite polymeric fiber, is a quite efficient way of strengthening, which is widely used abroad. Assessment of an adhesive as a suitable product for structural use must take into account the design spectrum of loads, the strength and stiffness of the material under short term, sustained or cyclic loads and the effect on these properties of temperature, moisture and other environmental conditions during service Mays. Concern regarding the durability properties of adhesive joints has meant that resistance to creep, fatigue and fracture are considered of greater importance than particularly high strength. Experimental and theoretical studies about adhesive bonding, as the method of building structures strengthening, using building-up of cross-section, were firstly carried out in**

**midst of XX century. Today, in world practice, the application of the adhesive bonding for strengthening of building structures is widely used.**

**Ключові слова:**

Клейові суміші, епоксидні матеріали, будівельні конструкції, адгезія, експлуатація, епоксидна смола, реконструкція

Glued compounds, epoxy materials, building constructions, adhesion, maintenance, epoxy resin, reconstruction

**Постановка проблеми.** Сучасний розвиток промислового виробництва, модернізація громадського та житлового фонду пов'язана з реконструкцією, розширенням, технічним переобладнанням і поліпшенням умов праці і мешкання на діючих підприємствах у житлових, адміністративних і громадських будівлях.

Всіляка реконструкція будівлі або споруди супроводжується, як правило, зміненням навантажень на будівельні конструкції, зміною їх первинних конструктивних схем. Все це призводить до необхідності визначення залишкового ресурсу їх експлуатаційних якостей, прийняття рішення про їх подальшу долю, підсилення, відновлення, або заміну.

Необхідність підсилення або відновлення будівельних конструкцій виникає не тільки при реконструкції або технічному переоснащенні, але і внаслідок передчасного корозійного або механічного зношення. Втрата експлуатаційних якостей може виникнути внаслідок ускладнень або непередбачених проектом змін в технології виробництва, різних пошкоджень та дефектів, тощо.

На сьогоднішній день при виконанні будівельно-монтажних робіт замість традиційних засобів кріплення все частіше застосовуються різні з'єднуючі суміші, завдяки їх технологічності при використанні, універсальності властивостей, стійкості та довговічності при різних впливах оточуючого середовища.

За допомогою сучасних клейових сумішей можливо склеювати різні матеріали, утворюючи міцні та довговічні з'єднання. Склеювання металевих конструкцій представляє великий інтерес для будівництва та інших сфер техніки. В даному випадку досягається висока несуча здатність з'єднання, особливо при склеюванні тонких листів, при цьому, частково або практично повністю зникає концентрація внутрішніх напруг, що характерно для заклепочних та зварних з'єднань.

Склеювання металів та інших конструктивних матеріалів досить розповсюджено при виготовленні різних конструкцій та виробів в будівництві, електротехнічній, машинобудівній та хімічних сферах промисловості. Сучасна техніка представляє до клеїв та клейових з'єднань різноманітні вимоги. Сучасні ключі суміші повинні бути зручні у

використанні, мати достатній термін зберігання та по можливості не володіти у своєму складі токсичними речовинами.

В більшості випадків під час реконструкції, підсилення конструкції виконують шляхом нарощування перерізу конструктивного елементу. Важливим завданням є забезпечення якісного зчеплення конструкції, що підсилюється та матеріалом підсилення, а також забезпечення сумісної роботи цих складових [1].

**Огляд останніх джерел і публікацій.** Розв'язанням проблеми вивчення та дослідження клейових з'єднань займаються багато вітчизняних вчених: М.С. Золотов, І.М. Золотов, Л.М. Шутенко, О.О. Гвоздєв, В.В. Душин, Ю.Д. Кузнєцов [2-3]. Їхні наукові дослідження були присвячені вивченню несучої здатності клейового з'єднання на розтяг, стиск, зсув та зріз при використанні акрилових клеїв.

Вивченню роботи підсилених залізобетонних конструкцій присвятили свої наукові роботи А.Я. Барашиков, С.В. Бондаренко, Б.А. Боярчук, Л.В. Афанасьєва, О.Б. Голишев. Л.А. Мурашко та багато інших. Питанням використання з'єднуючих сумішей (клеїв) на основі епоксидних метеріалів та вивченні їх властивостей займалось також багато закордонних вчених, таких як: Irwin C.F, Lewis A.F, Macdonald M.D, Mays G.C, Shutz R.J, L.C. Hollaway, M.B. Leeming, R.O. Adams, W.C. Wake, A. Sharif, M.H. Baluch, V.N. Chaleb, Kaiser H. P., H.N. Garden, R. Jones, R.N. Swamny та ін.[6-13].

**Постановка завдання.** Метою роботи є дослідження питання:

- сфери застосування матеріалів на основі епоксидних смол при реконструкції будівель та споруд;
- переваги та недоліки клеїв на основі епоксидних матеріалів порівняно з іншими клеями;
- властивості клейових з'єднань на основі епоксидних смол;

**Викладення основного матеріалу.**

Епоксидна смола - Це один з різновидів синтетичних смол, яку використовують для виробництва клеїв, лакофарбових матеріалів.

У чистому вигляді вона не застосовується, а набуває всі свої якості при змішуванні з затверджувачем і завершенні реакції полімеризації.

Поєднуючи різноманітні смоли і отверджувачі, можна отримати матеріали, які будуть мати різні властивості, від гумоподібних до жорстких і твердих, що перевершують сталь по міцності. На сьогоднішній день епоксидна смола, властивості якої перевершують характеристики всіх інших матеріалів на основі синтетичних смол, використовується в будь-якій галузі промисловості.

Самим універсальним і надійним клеєм вважається епоксидний. Завдяки його міцності і хорошій адгезії клейового з'єднання, він однаково добре склеює взуття та деталі літаків. Просочувальний матеріал для стеклонитки і склотканини використовується для виготовлення склопластиків, які

застосовують у кораблебудуванні, будівництві, літакобудуванні, виготовленні машинних деталей та ін

Крім того, така смола входить до складу покриттів для гідроізоляції і хімічно стійких покриттів, а також у фарби для внутрішніх та зовнішніх робіт, гідроізолюючі і зміцнюючі просочення для дерева, бетону та інших пористих матеріалів.

Міцна прозора епоксидна смола може використовуватися і для заливки, в якості компаунда, в різних сферах, від будівництва до електроніки, а також для дизайнерських ексклюзивних робіт.

Епоксидно-модифіковані смоли марки епофен (епоксидний компаунд, який застосовується в ремонті трубопроводів, пристрої наливних підлог і покриттів)

Епофен-1, 2,3 - дані марки застосовуються у вигляді захисних покриттів проти корозії бетонних та металевих будівельних конструкцій, також оберігають вироби від впливу хімічно агресивних середовищ. Можна побачити їх у використанні для вирівнювання оздоблювального шару, а також нанесення на різні підстави.

Іноді успішно знаходить застосування така смола і для влаштування монолітних наливних покриттів підлог з бетону та гідроізоляції. Важлива роль цих складів для отримання ін'єкційних композицій для посилення конструкцій із залізобетону і склеювання різних матеріалів.

Епофен-1с - цей варіант застосовується у вигляді просочувального елемента рукавного матеріалу для ремонту напірних мереж постачання холодної води і трубопроводів каналізації без їх вилучення з ґрунту і демонтажу.

Затребувана практично у всіх галузях промисловості епоксидна смола, з точки зору хімічної будови, являє собою синтетичне олигомерне з'єднання, яке використовується в комплексі з отверджувачами, що сприяють завершенню процесів полімеризації. Саме ці процеси, після завершення яких, епоксидна смола готова до використання, визначають її технічні та експлуатаційні характеристики. З урахуванням цього, можна прийти до висновку, що епоксидна смола не може використовуватися в чистому вигляді.

В процесі комбінації різних видів епоксидних смол і затверджувачів утворюються різноманітні речовини, що володіють часом протилежними властивостями. Одні з них можуть бути твердими і жорсткими, міцність яких перевищує міцність сталі, а інші, навпаки, будуть м'якими, по консистенції нагадує гуму. В залежності від вихідних компонентів епоксидної суміші, затвердіння епоксидної смоли може відбуватися в умовах великого температурного діапазону: від -10 до +200 градусів, а сам матеріал також ділиться на два різновиди: смолу гарячого і холодного отвердження, що визначається, в основному, видом використовуваного затверджувача.

Епоксидна смола в комплексі з затверджувачем холодного затвердіння використовується в побутових цілях, в умовах невеликих виробництв і у випадках, коли термічна обробка не припустима.

Якщо епоксидна смола використовується для виготовлення виробів, які спочатку повинні бути стійкі до впливу високих температур, механічних навантажень і агресивних хімічних речовин, вона доповнюється затверджувачем гарячого затвердіння. Це обумовлено тим, що використання затверджувачів гарячого затвердіння сприяє утворенню більш щільною молекулярної сітки, що лягло в основі виробництва епоксидних систем, затвердіння яких реалізується в умовах високої вологості або в морській воді.

Затверджувач для епоксидної смоли виконує функцію полімеризується компонента. В якості затверджувача можуть використовуватися третинні аміни та їх аналоги і феноли. Співвідношення епоксидної смоли і затверджувача може бути досить варіабельним і безпосередньо визначається складом вихідних компонентів. Будучи реактопластом, епоксидна смола вступає в незворотну реакцію полімеризації з затверджувачем, що сприяє одержанню міцного речовини, не розчинної у воді і під дією високих температур.

Переваги та види епоксидної смоли:

- високий рівень міцності;
- дуже маленький відсоток усадки;
- низький рівень проникності вологи в застиглому стані;
- важко піддається зносу;
- має найкращі фізичні та механічні характеристики.

Діапазон температур, при яких смола починає тверднути, має дуже великий проміжок: від -100С до 2000С.

Існують смоляні маси 2 типів: холодного і гарячого затвердіння. Холодний тип найбільш застосовуємо в побуті і в тих умовах, коли немає можливості працювати з матеріалом високої теплової обробки. Гарячий же тип використовують при виготовленні виробів, які витримують високі теплові навантаження. Також існують суміші, які легко тверднуть при тісному контакті з водою, навіть морський.

У зарубіжній і вітчизняній практиці посилення конструкцій, використовується методом нарощування перетину за допомогою приклеювання на поверхню конструкції вуглеволокна або металевих елементів.

Як клейового складу зазвичай використовують клею на основі епоксидних смол або акрилові клею.

Епоксидні клеї застосовуються в різних областях техніки через цінних властивостей: висока адгезія до самих різних матеріалів, хороші фізико-механічні властивості, мала усадка при твердінні, висока хімічна стійкість, відмінні діелектричні характеристики.

Епоксидні смоли володіють гарною адгезією до металу, скла, пластику, кераміці тощо.

Дані смоли тверднуть з малою усадкою, в результаті цього, клейовий шов менше деформується і з'єднання стає міцнішим.

Сучасні клеї на основі терморезистивних полімерів (головним чином епоксидних) в поєднанні з раціонально спроектованими вузлами і агрегатами і створеними в останні роки новими методами і засобами виробництва, дозволяють забезпечити високу ефективність клейових з'єднань в експлуатації.

### **Висновки.**

Використання будівельних матеріалів на основі епоксидних смол та спеціальних розчинників на сьогоднішній день являється актуальним.

В результаті вивчення питання, щодо застосування епоксидних клеїв в при реконструкції та ремонті будівельних конструкцій було виявлено, що клеї на основі епоксидних смол мають високу когезійну міцність та технологічну життєздатність. Тому, використання епоксидних клейових розчинів в будівельній галузі є найбільш ефективним і доцільним, а також дає суттєвий економічний ефект. Міцність епоксидних клейових з'єднань майже не залежить від товщини клейового шару. Епоксидних клею володіють невеликою міцністю на розрив і зниженою ударної в'язкості, в порівнянні з іншими конструктивними клеями, через їх жорсткості після їх затвердіння.

1. О.І. Валовой. Эффективные методы реконструкции промышленных зданий та инженерных сооружений. Кривий Ріг 2003. ст.5.

2. Соединение бетонных и железобетонных элементов акриловыми клеями / М.С. Золотов., Л.Н. Шутенко., Н.А. Псурцева., В.В. Душин. – Харьков: Харьк. Облправление НТО СН. 1989. – 68с.

3. Шутенко Л.Н., Клименко В.З., Кузнецов Ю.Д., Золотов М.С., Черкасский И.Г. Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве. – к: Будівельник 1990-136с.

4. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Псурцева. Н.А., Душин В.В. Соединение бетонных и железобетонных элементов. – Харьков.: НТО Стройиндустрии, 1989.-72с.

5. Технологическая карта материала. Издание 09/02/10; UA 04/2011 YS. Идентификационный №020401040010000001. Sikadur 30.

6. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Псурцева. Н.А., Душин В.В. Опыт применения клееных соединений в строительстве. Харьков ХИИСК 1985. ст.4.

7. Al-Sulaimani G J, Sharif A, Basunbul I A, Baluch M H and Ghaleb B N (1994) 'Shear repair for reinforced concrete by fiberglass plate bonding', ACI Struct J **91**(4) 458–464.

8. Baluch M H, Ziraba Y N, Azad A K, Sharif A M, Al-Sulaimani G J and Basunbul I A (1995) 'Shear strength of plated reinforced concrete beams', Mag Concrete Res **47**(173) 369–374.

9. Jones R, Swamy R N and Salman F A R (1985) 'Structural implications of repairing by epoxy-bonded steel plates', Proc 2nd International Conference on Structural Faults and Repair, London, April/May 1985, pp 75–80.

10. Kaiser H P (1989) 'Strengthening of reinforced concrete with epoxy-bonded carbonfiber plastics', Doctoral Thesis, Diss. ETH, Nr. 8918, ETH Zurich, Ch-8092 Zurich, Switzerland, 1989 (in German).

11. Hollaway L C (1993a) Polymer Composites for Civil and Structural Engineering, Blackie Academic and Professional, Glasgow, Scotland.

12. Mays G C and Hutchinson A R (1988) 'Engineering property requirements for structural adhesives', Proc ICE **85**(2) 485–501.

13. Irwin C A K (1975) The Strengthening of Concrete Beams by Bonded Steel Plates, Supplementary Report 160, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, UK.

1. O.I. Valovoy. Efektivni metody rekonstrukcii promuslovuch budivel ta ingenernuch sporud. Krivuy Rig 2003 y.st.5.

2. Soedinenie betonuh i gelezobetonnuh elementov akrilovumi kleyami. / M.C. L-N.L. Zolotov, N.A. Psurceva, V.V Dushin – Charkov: Chark. Oblupravlenie NTO. 1989. – 68s.

3. Shutenko L.N, Klemenko V.Z, Kuznecov U.D, Zolotov M.S. Kleevue soedineniya drevesinu i betona v stroitelstve: Budivelnuk 1990-136s.

4. Shutenko L.N, Zolotov M.S., N.A. Psurceva, V.V Dushin. Soedinenie betonuh i gelezobetonnuh elementov. – Charkov.: NYO. stroyindustrii, 1989.-72s.

5. Technologicheskaya karta materialov. Izdanie 09/02/10; UA 04/2011 YS. Identifikacioniy №020401040010000001. Sikadur 30.

6. Shutenko L.N, Zolotov M.S., N.A. Psurceva, V.V Dushin. Opbt primeneniya kleevuh soedineniy v stroitelstve. Charkov HIISK 1985. s.4.

7. Al-Sulaimani G J, Sharif A, Basunbul I A, Baluch M H and Ghaleb B N (1994) 'Shear repair for reinforced concrete by fiberglass plate bonding', ACI Struct J 91(4) 458–464.

8. Baluch M H, Ziraba Y N, Azad A K, Sharif A M, Al-Sulaimani G J and Basunbul I A (1995) 'Shear strength of plated reinforced concrete beams', Mag Concrete Res 47(173) 369–374.

9. Jones R, Swamy R N and Salman F A R (1985) 'Structural implications of repairing by epoxy-bonded steel plates', Proc 2nd International Conference on Structural Faults and Repair, London, April/May 1985, pp 75–80.

10. Kaiser H P (1989) 'Strengthening of reinforced concrete with epoxy-bonded carbonfiber plastics', Doctoral Thesis, Diss. ETH, Nr. 8918, ETH Zurich, Ch-8092 Zurich, Switzerland, 1989 (in German).

11. Hollaway L C (1993a) Polymer Composites for Civil and Structural Engineering, Blackie Academic and Professional, Glasgow, Scotland.

12. Mays G C and Hutchinson A R (1988) 'Engineering property requirements for structural adhesives', Proc ICE **85**(2) 485–501.

13. Irwin C A K (1975) The Strengthening of Concrete Beams by Bonded Steel Plates, Supplementary Report 160, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, UK.