

В.І. Маруха², В.П. Силованюк¹, Я.А. Середницький²

¹ Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів

² ДП Інженерний центр «Техно-Ресурс» НАН України, Львів

СТВОРЕННЯ ПОЛІУРЕТАНОВИХ І ПІНОПОЛІУРЕТАНОВИХ ІН'ЕКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЇХ ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВЕ ВИРОБНИЦТВО, РОЗРОБКА І ПРОМИСЛОВЕ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ І СПОРУД



Розроблено поліуретанові й пінополіуретанові плинні ін'екційні матеріали, що не поступаються зарубіжним аналогам, та технологію зміцнення і відновлення роботоздатності пошкоджених тріщинами бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд. Створено нормативно-технічну документацію на ін'екційні матеріали і технологічні процеси. Розроблено, змонтовано і освоєно на будівельних об'єктах діагностично-відновлювальний комплекс для реалізації зазначених вище технологій. Запроектовано й виготовлено устаткування, розроблено і освоєно технологію дослідно-промислового виробництва компонентів «А» і «Б» поліуретанових ін'екційних матеріалів. Виготовлено їх дослідно-промислові партії. Відпрацьовано і впроваджено технологічні процеси приготування і застосування компонентів «А» і «Б» ін'екційних матеріалів у виробничих умовах.

Ключові слова: ін'екційні матеріали, поліуретанові та пінополіуретанові композиції, відновлення роботоздатності, будівельні споруди.

У 2006–2014 рр. співробітники Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України і Державного підприємства Інженерний центр (ДПІЦ) «Техно-Ресурс» НАН України виконали комплекс теоретичних, науково-технічних і технологічних робіт із проблеми забезпечення підприємств будівництва і промисловості України вітчизняними поліольними «А» та полізоціанатними «Б» компонентами, а також засобами технологічних процесів приготування в промислових умовах реакційно здатних поліуретанових і пінополіуретанових ін'екційних композицій. Водночас

були опрацьовані процеси введення цих композицій під тиском (ін'ектування) в тріщини і пошкодження бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд [1–3].

Дослідно-промислове освоєння технології виробництва компонентів «А» і «Б», а також розроблених поліуретанових і пінополіуретанових ін'екційних матеріалів здійснили в ДПІЦ «Техно-Ресурс» НАН України. Технологічну перевірку й промислове впровадження розроблених технологій зміцнення та відновлення роботоздатності пошкоджених бетонних і залізобетонних об'єктів здійснено на підприємствах Мінрегіонбуду України, НАЕК «ЕнергоАтом» України та ВАТ «Укргідроенерго» [4–6].

1. РОЗРОБКА ПОЛІУРЕТАНОВИХ І ПІНОПОЛІУРЕТАНОВИХ ІН'ЄКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ НА БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТАХ

Аналіз вітчизняних і зарубіжних літературно-патентних джерел з описом процесів приготування і використання плинних полімерних ін'єкційних матеріалів показав, що поліуретанові композиції та полімери на їх основі перевищують за технологічними і техніко-експлуатаційними параметрами поліепоксидні, кремнійорганічні та поліакрилатні аналоги. Відносно невисока початкова в'язкість і тривале збереження плинності поліуретанових композицій (до «схоплення») забезпечують їх належну взаємодію із пошкодженнями (тріщини, корозійні пошкодження, розшарування тощо), які виникають в процесі тривалої експлуатації будівельних конструкцій. Крім того, плинність і реакційна здатність поліуретанових ін'єкційних матеріалів легко регулюється зміною природи й концентрації компонентів «А» і «Б» [7, 8].

Ще однією суттєвою перевагою поліуретанових, точніше пінополіуретанових ін'єкційних композицій, є їх здатність структуруватися зі значним розширенням об'єму при взаємодії з водою. Збільшення об'єму пінополіуретану, утвореного з поданих під тиском 10–150 атм. композицій, в 10–30 разів забезпечує не тільки блокування тріщин у бетонних матрицях, але й затримку витoku водних потоків у каналізаційних колекторах і гідротехнічних спорудах (рис. 1).

Промисловою перевіркою науково-технічної розробки встановлено, що технологічний процес ін'єкційного відновлення міцності та роботоздатності пошкоджених бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд складається з таких операцій [4]:

- ✦ візуально-інструментального обстеження з встановленням типу, розмірів та інших параметрів тріщин і дефектів;
- ✦ інженерно-технічних розрахунків і визначення зон і точок ін'єкційного зміцнення;

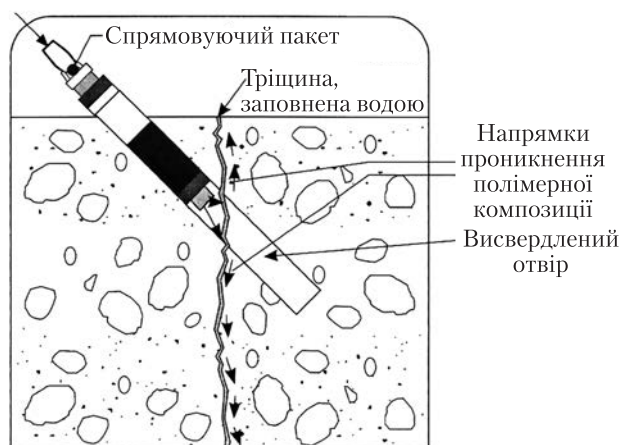


Рис. 1. Схема ін'єктування пінополіуретанової композиції в наскрізну тріщину в бетонній конструкції з протіканням води [11]



Рис. 2. Працівники ДППЦ «Техно-Ресурс» НАН України бурять отвори для ін'єктування в каналізаційному колекторі на проспекті Свободи у Львові

- ✦ буріння отворів у бетонних матрицях з досягненням глибинних тріщин і дефектів (рис. 2);
- ✦ ін'єктування під тиском 10–150 атм плинних поліуретанових композицій у отвори в пошкоджених бетонних матрицях;
- ✦ взаємодії компонентів «А» і «Б» поліуретанових композицій між собою та з поверхнями бетону і сталеві арматури з формуванням композиційних з'єднань «бетон – поліуретан – бетон» (сталеві арматура) при температурі 20 ± 5 °С.



Рис. 3. Мобільний діагностично-відновлювальний комплекс під час робіт з відновлення каналізаційного колектора на проспекті Свободи у Львові

Відповідність наукових матеріалознавчих розробок технічним вимогам до поліуретанових ін'єкційних матеріалів підтвердили лабораторні випробування і сертифікація в системі УкрСЕПРО Держспоживстандарту України.

Ін'єкційні поліуретанові матеріали і тверді вставки на їх основі відповідали вимогам ТУ У В.2.7-24. 1-13803953-017-2011 «Поліуретанова система «Техно-ПУР» і «Технологічному регламенту на промислове використання систем «Техно-ПУР» для ін'єкційного відновлення бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд» [3].

2. СТВОРЕННЯ І ОСВОЄННЯ НА ПРАКТИЦІ САМОПЕРЕСУВНОГО ДІАГНОСТИЧНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Для реалізації розробленої ін'єкційної технології відновлення бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд створено й освоєно на практиці мобільний діагностично-відновлювальний комплекс (рис. 3):

1) вантажний автомобіль-фургон марки «FO-TON VJ 1043»;

2) діагностичний пристрій, оснащений відеоголовкою для фотографування внутрішніх поверхонь підземних каналізаційних колекто-

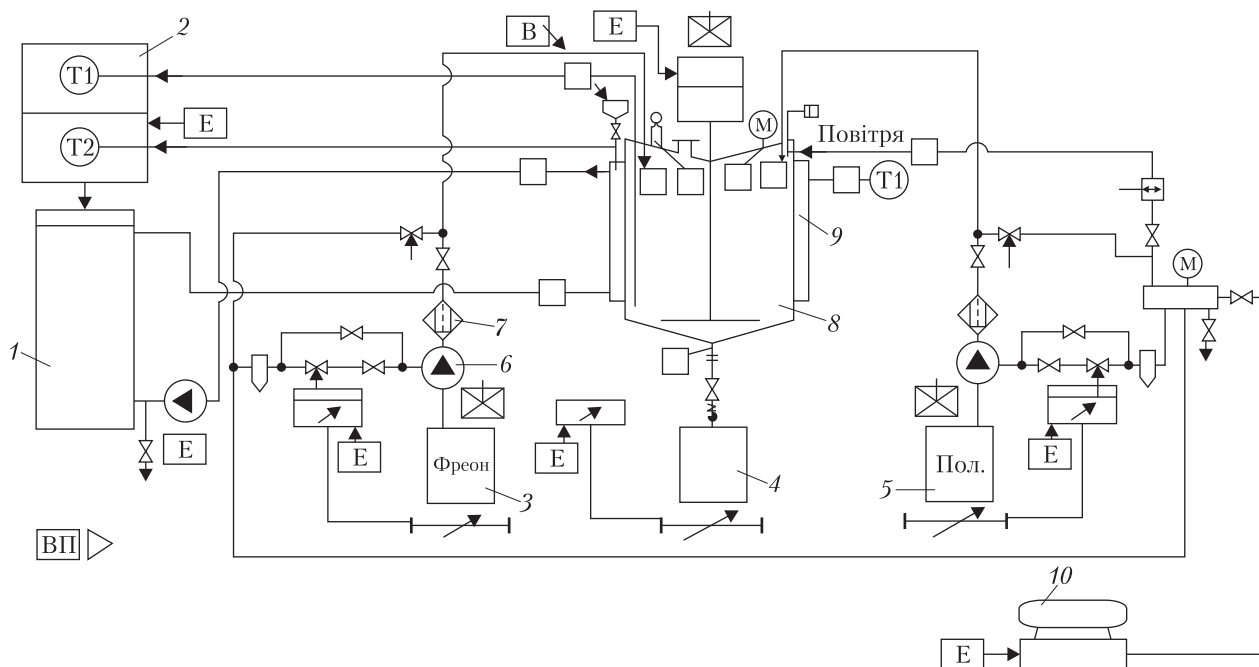


Рис. 4. Технологічна схема цеху дослідно-промислового виробництва поліолієвих компонентів «А» поліуретанових ін'єкційних композицій: 1 – ємність з поліолом; 2 – система терморегулювання; 3 – ємність з фреоном; 4 – бочка для готового поліолу; 5 – ємність для добавок; 6, 7 – засоби регулювання подачі складових; 8 – реактор-змішувач; 9 – термостабілізатор; 10 – компресор

рів і водоводів та кабелем для передачі інформації на комп'ютер;

3) комп'ютер для фіксування та інженерно-технічної обробки діагностичних результатів з відеоголовки самопересувного пристрою;

4) рухома установка для очищення пошкоджених внутрішніх поверхонь підземних сталевих, бетонних і залізобетонних комунікацій перед проведенням ремонтних робіт;

5) ін'єкційна установка для відновлення міцності та роботоздатності елементів комунікаційних конструкцій;

6) установка для відновлення внутрішніх поверхонь недоступних підземних комунікацій накладанням і фіксуванням полімерних матів із адгезійним підшаром;

7) бензинова електростанція потужністю 2,5–3,0 кВт та інше допоміжне устаткування.

3. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА КОМПОНЕНТІВ «А» І «Б» ПОЛІУРЕТАНОВИХ ІН'ЄКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Для освоєння дослідно-промислового випуску вітчизняних поліолієвих «А» і поліізоціанатних «Б» компонентів для приготування на будівельних об'єктах поліуретанових ін'єкційних композицій було розроблено, спроектовано та виготовлено відповідне технологічне устаткування. Технологічну схему дослідно-промислового випуску поліолієвих компонентів «А» в умовах ДПЦ «Техно-Ресурс» НАН України наведено на рис. 4, реакторного відділення – на рис. 5, компонентів «А» і «Б» – на рис. 6.

Поліолієві «А» і поліізоціанатні «Б» компоненти згідно з вимогами розроблених на стадії освоєння виробництва технічних умов ТУ У В.2.7-24.1-13803953-017-2011 «Поліуретанова система «Техно-ПУР» випускали у вигляді дослідно-промислових партій на дільницях ДПЦ «Техно-Ресурс» НАН України, завантажували у герметичну тару і поставляли на промислові будівельні об'єкти для приготування плинних поліуретанових ін'єкційних реакційно здатних композицій. Проведені ла-



Рис. 5. Реакторне відділення дослідно-промислового цеху з виробництва поліолієвих компонентів «А» поліуретанових ін'єкційних матеріалів

бораторні та промислові випробування показали, що випущені дослідно-промислові партії поліолієвих компонентів «А» за якісними і технологічними параметрами не поступаються зарубіжним аналогам фірм «Байер», «Вебак», «Тех-Кан», «МС-Vauchemie» (Німеччина), «Альфа Системс» (Польща) тощо.

4. ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІУРЕТАНОВИХ І ПІНОПОЛІУРЕТАНОВИХ ІН'ЄКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТАХ

ДПЦ «Техно-Ресурс» НАН України використав поліолієві «А» та поліізоціанатні «Б» компоненти на об'єктах Мінрегіонбуду України і ВАТ «Укрводенерго» для приготування плинних поліуретанових матеріалів, призначених для ін'єкційного заповнення, зміцнення та відновлення роботоздатності пошко-

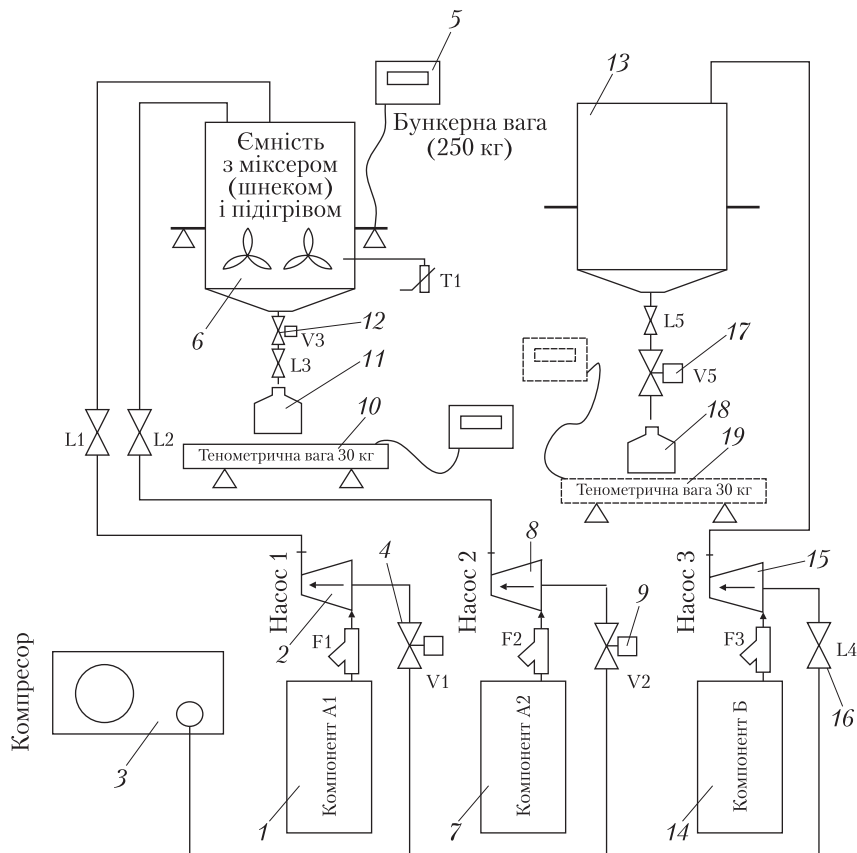


Рис. 6. Технологічна схема дослідно-промислового виробництва компонентів «А» і «Б» поліуретанових ін'єкційних композицій

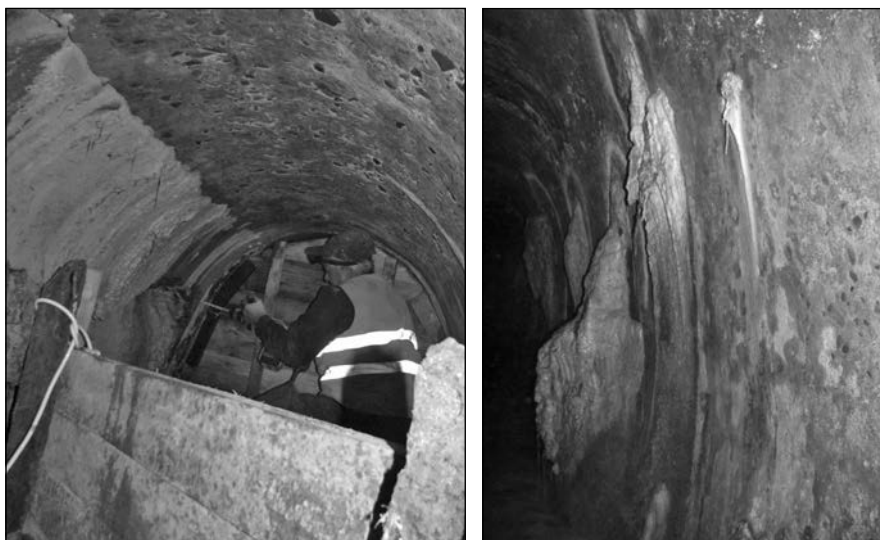


Рис. 7. Ремонт каналізаційного колектора на вул. Городоцькій у Львові за допомогою ін'єкційних технологій. Справа — продукти корозійного руйнування бетону



Рис. 8. Загальний вигляд Ташлицької ГАЕС (м. Південноукраїнськ Миколаївської обл.)

джених бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд. Дослідно-промислово перевірку й промислове впровадження розроблених поліуретанових і пінополіуретанових ін'єкційних матеріалів і технологій їх практичного застосування здійснили на бетонних і залізобетонних каналізаційних колекторах МКП «Львіввококанал» (рис.7), греблях і турбінних шахтах Ташлицької ГАЕС (Миколаївська область) (рис. 8) і Дністровської ГАЕС (Чернівецька область), підпірній залізобетонній стіні ДП «Український Дім» у Києві, димових трубах КП «Житомиртеплокомуненерго» та ін.

При застосуванні ін'єкційних технологій на залізобетонних конструкціях греблі Ташлицької ГАЕС (рис. 9) було зупинено витікання і просочування води на загальній площі понад 10 000 м². Ін'єктування плинних пінополіуретанових композицій під тиском 50–150 атм через пробурені в бетонних матрицях спрямовуючі отвори (пакери) в глибинні тріщини та пошкодження залізобетонної греблі наведено на рис. 10.

На Дністровській ГАЕС (м. Новодністровськ Чернівецької обл.) ліквідовано просочування води у залізобетонні шахти турбінного залу (див. рис. 10) через їх пошкодження у результаті тривалого будівництва. Для цього також використовували такі ж поліуретанові ін'єк-



Рис. 9. Ін'єктування пінополіуретанових композицій в греблю Ташлицької ГАЕС



Рис. 10. Залізобетонна шахта турбінного залу Дністровської ГАЕС, де проводили ін'єкційне зміцнення та блокування зон просочування води

ційні матеріали (спінювані та неспінювані) й виробничі технології, як на залізобетонній греблі Ташлицької ГАЕС.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання комплексної розробки в рамках науково-технічних проектів НАН України створено й освоєно в дослідно-промисловому виробництві поліуретанові й пінополіуретанові плинні ін'єкційні матеріали, які не поступаються зарубіжним аналогам. Створено, відпрацьовано й освоєно на промислових підприємствах технологію їх застосування для зміцнення і відновлення роботоздатності пошкоджених тріщинами бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд. Для реалізації технології спроектовано, виготовлено і освоєно діагностично-відновлювальний комплекс. Відпрацьовано і впроваджено процеси приготування і застосування компонентів «А» і «Б» ін'єкційних поліуретанових і пінополіуретанових матеріалів у виробничих умовах. Зміцнено і відновлено роботоздатність пошкоджених бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд у МКП «Львівводоканал», Ташлицькій і Дністровській ГАЕС, ДП «Український «Дім» (м. Київ), КП «Житомиртеплокомуненерго» та ін.

Автори статті висловлюють подяку академікові НАН України В.В. Панасюку за підтримку і цінні поради щодо виконання науково-технічних робіт і реалізації одержаних результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Panasyuk V.V.* Injection technologies for the repair of damaged concrete structures / V.V. Panasyuk, V.I. Marukha, V.P. Sylovanyuk. — Dordrecht: Heidelberg: New York: London: Springer, 2014. — 230 p.
2. *Panasyuk V.* Static and cyclic strength a cracked body which strengthened by injection technologies / V. Panasyuk, V. Sylovaniuk, V. Marucha // Acta mechanica and automatica. — 2007. — V. 1, № 1. — P. 85–88.
3. *Маруха В.І.* Механіка руйнування та міцність матеріалів: Довідниковий посібник / Під загальною редакцією В.В. Панасюка. Т. 12: Ін'єкційні технології відновлення пошкоджених споруд тривалої експлуатації / В.І. Маруха, В.В. Панасюк, В.П. Силованюк. — Львів: СПОЛОМ, 2009. — 262 с.
4. *Маруха В.І.* Розробка ін'єкційних технологій та створення комплексу пересувного устаткування для діагностики та відновлення роботоздатності бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд, що експлуатуються в умовах корозійно-механічного руйнування / В.І. Маруха, Я.А. Середницький, І.П. Гнип, В.П. Силованюк // Наука та інновації. — 2007. — Т. 3, № 5. — С. 55–62.
5. *Маруха В.І.* Розробка та виготовлення дослідно-промислового устаткування та створення діючого цеху для випуску поліольних компонентів поліуретанових ін'єкційних матеріалів / В.І. Маруха, Я.А. Середницький, А.Т. Пічугін та ін. // Наука та інновації. — 2009. — Т. 5, № 5. — С. 17–24.
6. *Маруха В.І.* Розробка двокомпонентних полімерних матеріалів «холодного» тверднення та впровадження їх у промислове виробництво / В.І. Маруха, В.М. Федірко, Я.А. Середницький та ін. // Наука та інновації. — 2012. — Т. 8, № 5. — С. 49–56.
7. *Голушкова Л.* Вплив поліестерних та ізоціанатних складових на в'язкість поліуретанових композицій при їх поліконденсації / Л. Голушкова, І. Галань, М. Непріла, О. Гулай // Вісник Тернопільського ДТУ. — 2006. — Т. 11, № 1. — С. 31–37.
8. *Середницький Я.А.* Вплив структури поліефірного блока та ізоціанатних компонентів на властивості литтєвих поліуретанових еластомерів / Я. Середницький // Композиційні полімерні матеріали. — 2001. — № 2. — С. 45–50.

В.І. Маруха², В.П. Силованюк¹, Я.А. Середницький²

¹ Фізико-механічний інститут
ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львов
² ГП Інженерний центр «Техно-Ресурс»
НАН України, Львов

СОЗДАНИЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ И ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫХ ИНЪЕКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИХ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО, РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОВРЕЖДЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Разработано полиуретановые и пенополиуретановые текучие инъекционные материалы, не уступающие зарубежным аналогам, а также технологию укрепления и восстановления работоспособности поврежденных трещинами бетонных и железобетонных конструкций и сооружений. Создано нормативно-техническую документацию на инъекционные материалы и технологические процессы. Разработано, смонтировано и освоено на строительных объектах диагностико-восстановительный комплекс для реализации указанных выше технологий. Спроектировано и изготовлено оборудование, разработана и освоена технология опытно-промышленного производства компонентов «А» и «Б» полиуретановых инъекционных материа-

лов. Изготовлено их опытно-промышленные партии. Отработаны и внедрены технологические процессы приготовления и применения компонентов «А» и «Б» инъекционных материалов в производственных условиях.

Ключевые слова: инъекционные материалы, полиуретановые и пенополиуретановые композиции, восстановление работоспособности, строительные сооружения.

V.I. Marukha², V.P. Sylovanyuk¹, Ya.A. Serednitskiy²

¹ Karpenko Physico-Mechanical Institute,
NAS of Ukraine, Lviv

² SE Engineer Center «Techno-Resurs», NAS of Ukraine, Lviv

CREATION OF POLYURETHANE INJECTION MATERIALS,
THEIR PILOT-INDUSTRIAL PRODUCTION,
DEVELOPMENT AND INDUSTRIAL INTRODUCTION
OF THE TECHNOLOGY OF STRENGTHENING
AND RESTORING THE OPERABILITY OF DAMAGED
CONSTRUCTIONS AND BUILDINGS

Polyurethane and foam polyurethane fluid injection materials not conceding foreign analogues and technology

technology of restoration and strengthening the operability of concrete and reinforced concrete structures and buildings damaged by cracks were developed. Normative and technical documentation on the injection materials and technological processes was created. The diagnostic-restoring complex for implementing the above technologies was designed, installed and utilized at the construction sites. The equipment is designed and manufactured; the technology of the research and industrial production of «А» and «Б» components of injecting polyurethane materials is designed and developed. The pilot-scale batch is manufactured. Technological processes of preparation and application of the «А» and «Б» components of the injecting materials in industrial conditions are worked out and implemented.

Key words: injection materials, polyurethane and foam polyurethane compositions, operability restoration, building constructions.

Стаття надійшла до редакції 14.11.14