

ОДЕСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису



СТРОКУН Дмитро Ярославович

БАЗАЛЬТОВОЛОКНИСТІ ПОЛІМЕРМЕТАЛЕВІ РЕМОНТНІ
КОМПОЗИЦІЇ

Спеціальність: 05.93.05 - Будівельні матеріали та вироби

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Одеса 1993

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті гідротехніки і меліорації /ІГім/
Академії аграрних наук, м. Київ.

Науковий керівник - кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
В.В.РЕЗНІК.

Офіційні опоненти:

1. Член-кореспондент Академії інженерних наук України,
доктор технічних наук, професор В.А.ЛИСЕНКО.
2. Лауреат премії Ради Міністрів СРСР, кандидат технічних
наук Є.К.КАРАПУЗОВ.

Провідна організація - Український науково-дослідний і проект-
ний інститут цивільного сільського бу-
дівництва "УкрНДЦивільсільбуд"
Міністерства в справах будівництва і
архітектури, м. Київ.

Захист відбудеться "30" листопада 1993 р. о 11 год. на засіданні
спеціалізованої вченої Ради Д 068.41.01 в Одеському інженерно-буді-
вельному інституті за адресою:

270029 м. Одеса, вул. Дідріхсона 4.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Одеського інже-
нерно-будівельного інституту за зазначеною адресою.

Автореферат розісланий "27" листопада 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої Ради,
канд.техн.наук, доцент

Малахова Н.О.МАЛАХОВА

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00810610 (G)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Металеві будівельні конструкції [МБК], що експлуатуються в різних галузях промисловості, сільському і водному господарстві, незалежно від їх призначення знаходяться під впливом агресивних факторів середовища. Спільно з дією експлуатаційних навантажень це призводить до виникнення пошкоджень і, таким чином, до зниження рівня експлуатаційної надійності, скорочення строків служби МБК. Технічні заходи, спрямовані на відновлення працездатності і надійності МБК, в значній мірі пов'язані з ремонтом пошкоджених поверхонь їх вузлів і деталей. При цьому полімерні композиційні матеріали [ПКМ] використовують для улаштування на них ремонтних шарів. Використання ПКМ все більше поширюється - це пояснюється тим, що технології їх застосування прості, не трудомісткі, не потребують складного обладнання; для них характерні низька енергомісткість і раціональна матеріаломісткість [в т.ч. полімеромісткість]. Ремонтний шар, улаштований на відновленій поверхні, повинен мати високі фізико-механічні властивості і забезпечувати працездатність відновленого об'єкту на протязі залишку строка експлуатації або на протязі міжремонтного періоду. Крім цього, різноманітність умов застосування потребує створення технологічно гнучкої системи ремонтних ПКМ. Цим обумовлена актуальність розробки ефективних ремонтних композицій, властивості яких можуть регулюватись в достатньо широких межах в залежності від умов конкретного виду ремонту. Ця задача може бути вирішена за рахунок використання раціонально наповнених багатокомпонентних композицій, в т.ч. армованих неорганічними волокнистими матеріалами.

Мета роботи: дослідження і оптимізація ефективно наповнених ПКМ з волокнистим армуванням для ремонту поверхневих пошкоджень і відновлення водонепроникності МБК.

Для досягнення мети вирішені слідуючі задачі.

1. Проаналізовані типи поверхневих пошкоджень МБК, що знижують їх експлуатаційну надійність, можливості застосування ремонтних ПКМ та умови роботи ремонтних шарів.
2. Визначені склади ремонтних ПКМ шляхом підбору вихідних матеріалів і дослідження фізико-технічних властивостей композицій.
3. Встановлені і проаналізовані закономірності впливу рецептурних факторів ремонтних ПКМ на їх основні технологічні і механічні характеристики.
4. Проведена оптимізація рецептур, спрямована на забезпечення вимог, що пред'являються до ПКМ в залежності від умов ремонту і умов

роботи ремонтного шару при подальшій експлуатації МБК.

5. Досліджена стійкість розроблених ПКМ у воді і нафтопродуктах, а також водонепроникність і зносостійкість улаштованих з них ремонтних шарів.

6. Здійснено перевірку результатів досліджень шляхом застосування ПКМ в виробничих умовах.

Дослідження виконані згідно з Держзамовленням [1986-1990 рр.] Галузевого плану Мінводгоспу "Технології ремонтно-відбудовчих робіт на гідротехнічних спорудах [ГТС]", а також по госпдоговірній темі Мінводгоспу "Розробити та впровадити технології та засоби ремонтно-відбудовчих робіт на ГТС".

Наукова новизна роботи.

Запропоновано композиційний матеріал - базальтоволокнисті полімерметалеві ремонтні композиції [БПМК] на основі модифікованого епоксидного в'язучого. БПМК містить комплекс мінерально-металевих наповнювачів і армуюче базальтове волокно. На підставі результатів проведених досліджень одержано експериментально-статистичні моделі, що відображують залежність міцності [при стиску, вигині та відриві] і рухливості БПМК від структурного фактора - товщини плівки в'язучого на частинках наповнювача і армуючих волокнах, а також від вмісту волокна в композиції і співвідношення мінеральної і металевої частин комплексу наповнювачів. Оптимізована рецептура БПМК для забезпечення потрібних показників міцності і технологічності в різних умовах ремонту. Визначені області раціонального застосування спеціальних технологічних заходів - пошарового укладення армуючого матеріалу і укладення композиції на шар праймеру. Композиції, які містять армуюче базальтове волокно і металевий наповнювач, мають високу водостійкість [$K_{ст} = 0,95$] і зберігають свої показники міцності в умовах дії нафтопродуктів.

Практичне значення роботи.

Розроблені відомчі [для організації Держводгоспу] виробничі рекомендації по вибору складів полімерних ремонтних композицій і технологій їх застосування. Дослідно-промислове впровадження здійснено на об'єктах Держводгоспу в Криму і Херсонській області. При цьому в розрахунку на 1 м^3 застосованої композиції досягнуто економії матеріалів: металу [чавуну, сталі]- 70-80 т [за рахунок відновлення деталей, що були визнані неремонтопридатними традиційними способами] і

23-25 т /при відновленні труб/; епоксидної смоли - 460-520 кг /за рахунок використання наповнених композицій при проведенні гідроізоляційних робіт/.

Автор захищає:

- матеріалознавчу інформацію про вплив такого структурного фактору, як товщина плівки в'язучого на частинках наповнювача і волокнах армуючого матеріалу, а також про вплив вмісту волокна в композиції і співвідношення мінеральної і металевої частин комплексу наповнювачів, на механічні властивості і рухливість багатокомпонентної полімерної композиції;

- результати оптимізації складів БПМК, спрямованої на забезпечення вимог міцності і технологічності, що пред'являються до композиції в залежності від умов застосування і умов роботи ремонтного шару;

- результати експериментальних досліджень стійкості базальтоволокнистих полімерметалевих ремонтних композицій у воді та нафтопродуктах, а також досліджень водонепроникності і зносостійкості ремонтних шарів з БПМК;

- технологію застосування БПМК при ремонті поверхневих пошкоджень і відновленні водонепроникності МБК; області науково-обґрунтованого застосування спеціальних технологічних заходів;

- результати дослідно-промислового впровадження розроблених технічних рішень.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи доповідались на нараді по застосуванню ефективних полімербетонів в машинобудуванні і будівництві /Вільнюс-1989/, на міжнародному конгресі по полімерам в бетоні /Москва-1992/ і на міжнародному семінарі по експериментально-статистичному моделюванню в комп'ютерному матеріалознавстві /Одеса-1993/. По темі дисертації опубліковано 4 друкованих роботи.

Об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків і містить 142 сторінки машинописного тексту, 30 малюнків, 12 таблиць, бібліографію з 194 робіт /в т.ч. 73 зарубіжних джерел/, додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

Полімерні композиційні матеріали /ПКМ/ широко застосовуються на різних спорудах, в тому числі - для захисту конструкцій від агресивної дії середовища, а також при ремонті пошкоджених конструкцій. Ефективність застосування ПКМ неухильно зростає з розвитком науки, що їх вивчає, в значній мірі завдяки внеску вітчизняних дослідників - Ю.С.Лі-

патова, В.В.Патурова, В.І.Соломатова, І.М.Єшлина, В.А.Вознесенського, В.А.Лисенка та інш. За кордоном також значна увага приділяється цій галузі матеріалознавства. Дослідженню ПКМ присвячують свої роботи Л.Сперлінг, Ю.Охама, Д.Таулер, В.Парамесваран, Г.Шульц, Л.Чарнецький, І.Ніколов і інш. Відомі технічні рішення по застосуванню ПКМ при відновленні металевих конструкцій та обладнання. Більшість їх спрямована на усунення дефектів способом зклеювання або наклеювання різних пластирів. При цьому застосовуються фенольні, епоксидні, поліуретанові і інші низьков'язкі клейові склади. Наповнені ПКМ використовуються в основному для улаштування захисних покриттів.

Аналіз основних видів дефектів і пошкоджень МЕК, причин їх виникнення, а також особливостей наповнених ПКМ і технологій їх використання, дозволив зробити висновок про доцільність застосування матеріалів цього класу при ремонті поверхневих пошкоджень і відновленні водонепроникності МЕК: трубопроводів /включаючи напірні/, резервуарів, огорожуючих конструкцій і ряду корпусних деталей.

Сформульована робоча гіпотеза: розглядаючи наповнені ПКМ як гетерогенні багатокомпонентні системи, враховуючи роль поверхневих і міжфазних явищ і їх вклад в фізико-механічні властивості ПКМ, є можливість цілеспрямованого регулювання цих властивостей за рахунок зміни ступеня наповнення і кількісного співвідношення наповнювачів, різнорідних по активності, формі і розміру частинок; при цьому мета регулювання полягає в забезпеченні вимог, що пред'являються до ПКМ, і які можуть змінюватися в широких межах в залежності від умов застосування.

Базальтоволокнисті полімерметалеві ремонтні композиції /БПМК/ являють собою композиційний матеріал на полімерному в'язучому холодного твердіння, який містить комплекс дисперсних наповнювачів /КН/ і армуюче базальтове волокно /БВ/. Виходячи з аналізу даних науково-технічної літератури і результатів порівняльних досліджень, було вирішено використати як в'язуче модифіковану епоксикаучукову композицію "Макро", яка товарно випускається в Києві. Поряд з достоїнствами, властивими всім епоксидним в'язучим, композиція "Макро" має високу механічну міцність, високу хіміїкність і стійкість до стирання, водонепроникність і хороше зчеплення з металевю поверхнею. Композиція "Макро" допущена Держкомітетом санітарно-епідеміологічного контролю до застосування в системах господарчо-питного водопостачання. Вибраний затвердзувач дицианетилдиетилентриамін марки УП-0633, що має довгі аліфатичні ланцюги, велику релаксаційну здатність і містить в ланцюгу дві нітрильні групи, здатні підвищити адгезійну міцність. Цей затвер-

джувач, крім того, має низьку леткість, знижені екзотермію процесу твердіння і токсичність, а також більшу розчинюючу здатність у порівнянні з чистими амінами.

Компонентами КН вибрані: мінеральний наповнювач загального призначення - андезитова мука [АМ], металевий порошок і графітовий порошок [ГП]. Присутність в структурі композиції дисперсних металевих частинок повинна забезпечити підвищення зносостійкості і деформативно-міцностних властивостей ремонтного шару. Результати аналізу властивостей різних металевих порошоків обумовили вибір чавунного порошку [ЧП]. Для пари наповнювачів "АМ-ЧП" встановлена оптимальна дисперсність останнього, яка відповідає середньому розміру частинок 65-150 мкм.

Як армуючий матеріал використані волокна базальтового ровінгу, які по міцності і стійкості в агресивних середовищах істотно перевищують скловолокно, що застосовується традиційно. Крім того, наявність на поверхні БВ силанольних і гідроксильних груп домішкових металів підвищує міцність зчеплення з епоксидною матрицею. Характеристики компонентів КН і армуючого БВ приведені в табл.І.

Найбільш ефективним шляхом вирішення задачі розробки нового ПКМ з заданим комплексом властивостей і пошуку його раціональних рецептур для різних умов застосування, є використання експериментально-статистичних моделей [ЕСМ], особливо - структурованих ЕСМ [В.А.Вознесенський, Т.В.Ляшенко]. З метою виявлення впливу рецептури на основні властивості БПКМ реалізовано чотирифакторний експеримент. Виділені по змістовній ознаці дві підсистеми, які характеризують: [а] полімерну матрицю, що містить наповнювач загального призначення [АМ] і армована базальтовим волокном; та [б] вміст спеціальних наповнювачів [ЧП і ГП].

Ефективність дії дисперсних наповнювачів в структурі ПКМ в основному обумовлюється їх питомою поверхнею, характером упакування частинок, вільною поверхневою енергією, а також наявністю на поверхні тих чи інших функціональних груп, які здатні вступати в хімічну взаємодію з компонентами в'язучого. Властивості ПКМ в значній мірі обумовлюються властивостями межових шарів полімеру на поверхні частинок наповнювача, при цьому властивості полімеру змінюються на різному віддаленні від поверхні [Ю.С.Ліпатов, В.А.Лисенко]. Отже з погляду матеріалознавства, особливий інтерес викликає залежність основних властивостей ПКМ від такого структурного фактору, як середня товщина δ_B плівки полімеру на твердих поверхнях частинок КН і армуючих БВ; для цього фактору вибрані рівні варіювання $\delta_B = X_1 = 2,0 \pm 0,5$ мкм. Другим варіюваним фактором в підсистемі "матриця" вибрано вміст БВ в композиції: $C_6 = X_2 = 2,0 \pm 2,0\%$ по масі. Варіюваними факторами в підсистемі "спеціальні на-

Компоненти КН і армуючий матеріал

Наповнювачі		Густина	Середній розмір частинок	Форма частинок	Насипна об'ємна маса	Питома поверхня
призначення	найменування	кг/м ³	мкм		кг/м ³	м ² /кг
Спеціальні наповнювачі	Чавунний порошок ЧП	7400	65-150	різна	5200-6900	15-25
	Графітовий порошок ГП	2260	5-45	пластинчата	640-1120	380
Загального призначення	Андезитова мука АМ	2650	5-45	ізометрична	1000-1080	210-330
Армуючий матеріал	Базальтове волокно діаметром 9,0 мкм БВ	2750	-	волокна	-	150

повнювачі" вибрані частки компонентів в спільній масі КН: ЧП - $m_{\text{ч}} = X_3 = 0,60 \pm 0,20$; ГП - $m_{\text{г}} = X_4 = 0,05 \pm 0,05$. Використано D-оптимальний несиметричний план з 18 точками. Склади БПМК в дослідних точках плану розраховували за спеціально розробленим алгоритмом, що зв'язує обидві підсистеми через загальну питому поверхню КН.

Параметрами оптимізації вибрані: основні механічні характеристики - міцність при вигині R_B , при стиску R_C і при відриві R_A , а також технологічний показник рухливості P композиції, який оцінюється в балах: від 1 для дуже зв'язної композиції, що трудно укладається, до 5 для літої композиції.

Одержано адекватні ЕСМ з усіма значущими оцінками коефіцієнтів, так для міцності при вигині R_B модель має вигляд:

$$\begin{aligned}
 R_B / \text{МПа} = & 86 + 1x_1 - 9x_1^2 + 1x_1x_2 + 4x_1x_3 \\
 & + 24x_2 - 4x_2^2 + 3x_2x_3 \\
 & + 12x_3 \\
 & + 1x_4 - 8x_4^2.
 \end{aligned}$$

Всі структуровані ЕСМ графічно відображені за методом "квадрат на квадраті". На рис. 1а показаний один з дев'яти базових квадратів діаграми R_B " $[x_3, x_4]$ " на " $[x_1, x_2]$ ". Характер ізоліній R_B вказує на підвищення досліджуваного параметру зі збільшенням $m_{\text{ч}} [x_3]$ та наявність екстремуму по фактору x_4 в області $m_{\text{г}} = 0,05$. Перше можна пояснити підвищеною активністю ЧП в порівнянні з мінеральними наповнювачами,

а отже більш високим ступенем структурування в'язучого при посиленні адгезійної взаємодії за рахунок функціональних груп на поверхні частинок ЧП. Зміцнююча дія ГП обумовлена особливостями його кристалічної будови та здібністю релаксувати внутрішні напруги в системі. Збільшення вмісту ГП понад $\mu_r = 0,05$ призводить до зниження міцності композиції внаслідок низьких міцностних показників його частинок.

На рис.1б показана діаграма змінювання R_B^{\max} в полі факторів несучого квадрату. Для її побудови із діаграми $R_B^{\max} / [x_3, x_4]$ на $[x_1, x_2]$ відібрані всі "найкращі" точки базових квадратів. Отже, узагальнюючий показник R_B^{\max} характеризує те, як найкращі значення R_B , досягнуті регулюванням факторів базового квадрату, змінюються під впливом факторів несучого квадрату. Рис.1б вказує на дуже значний позитивний вплив фактору x_2 / C_6 , як і слід було очікувати для ПКМ, армованого високоміцними волокнами, зв'язаними з полімерною матрицею міцними адгезійними зв'язками. Роль $\delta_B / [x_1]$ позначається в меншому ступені, хоча тут виявляється оптимум в області $\delta_B = 2,0$ мкм, що може пояснюватись змиканням структурованих межових шарів в'язучого, а отже підвищенням міцності полімерної матриці. Діаграма R_B у зворотних координатах - $[x_1, x_2]$ на $[x_3, x_4]$, свідчить про те, що екстремум по фактору x_1 змінює своє положення в залежності від рівнів факторів x_3 та x_4 .

Діаграма ще одного узагальнюючого показника - чутливості $\Delta R_B^{\max} / \min [x_1, x_2]$ приведена на рис.1г. Чутливість в кожній точці факторного простору несучого квадрату визначається як різниця максимального та мінімального значень досліджуваного параметру в полі факторів базового квадрату, що відповідає даній точці несучого квадрату. Максимальна чутливість $\Delta R_B^{\max} / \min [x_1, x_2]$ спостерігається в області товстих плівки при максимальному вмісті БВ; при цьому ступінь впливу зазначених факторів $[x_1]$ та $[x_2]$ однакова. Діаграма $\Delta R_B^{\max} / \min [x_3, x_4]$ [рис.1в] вказує на те, що чутливість R_B обумовлюється масовою часткою ЧП у складі КН; вміст ГП не впливає на чутливість властивості.

Аналогічні діаграми, побудовані для R_C [рис.2], вказують на наявність екстремумів по всім факторам усереднені досліджуваної області. На відміну від R_B , спостерігається оптимум C_6 : БВ зміцнює композицію до певного "насичення", після чого подальше збільшення C_6 призводить до грудкування волокон і розпушування композиції. Максимуми R_C концентруються в зоні середньої δ_B на рис.2б, та в зоні найбільш повної заміни мінеральних частинок частинками ЧП на рис.2в. Чутливість $\Delta R_C^{\max} / \min [x_1, x_2]$ на рис.2г підвищується із збільшенням $\delta_B / [x_1]$.

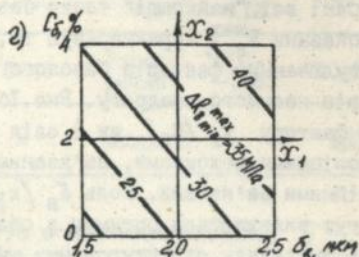
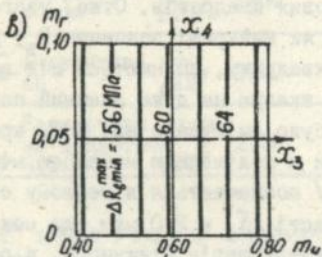
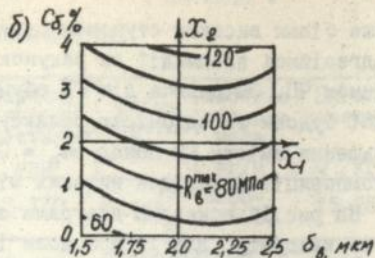
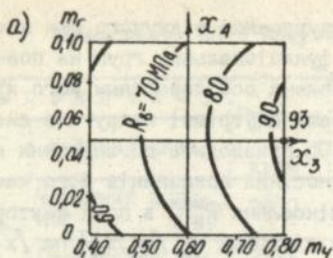


Рис. 1. Діаграма $R_p[x_3, x_4]$ [a] в точці несучого квадрату $x_1=+1, x_2=0$ / $\delta_B=2,5$ мкм, $C_0=2\%$ і діаграми узагальнюючих показників: максимальної міцності R_B^{max} [x_1, x_2] [a] та чутливості ΔR_B^{max} в полі факторів підсистем "спеціальні наповнювачі" [в] і "матриця" [г]

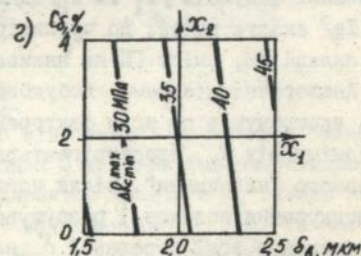
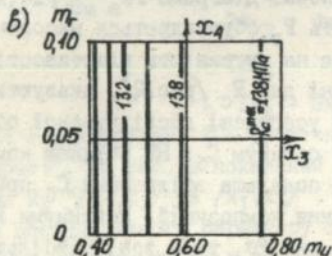
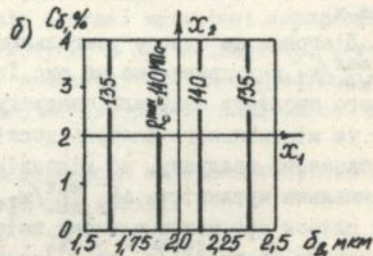
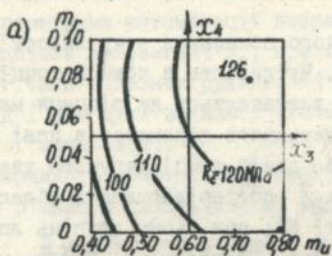


Рис. 2. Діаграма $R_c[x_3, x_4]$ [a] в точці несучого квадрату $x_1=+1, x_2=+1$ / $\delta_B=2,5$ мкм, $C_0=4\%$ і діаграми узагальнюючих показників: максимальної міцності R_C^{max} в полі факторів підсистем "матриця" [в] і "спеціальні наповнювачі" [г] та чутливості ΔR_C^{max} [x_1, x_2] [г]

Із аналізу узагальнюючих показників для R_C і R_B виходить, що роль ГП в керуванні екстремальними значеннями показників відносно невелика. Одночасне досягнення достатньо високих значень R_B і R_C можливе тільки при умові певного компромісу, який при $m_{\text{ч}} = 0,60-0,80$ знаходиться в пересіченні зон різного вмісту БВ, хоча по δ_B і $m_{\text{Г}}$ оптимуми приблизно співпадають. Максимальне підвищення R_B потребує збільшення $m_{\text{ч}}$, тимчасом як максимум R_C досягається при відносно малому вмісті ЧП, особливо - при високому ступені наповнення композиції.

Аналіз сукупності діаграм для R_B , R_C , R_A і P показує, що хаотичне армування БПМК доцільне при вмісті БВ менше 2%, подальше підвищення показників міцності забезпечується пошаровим введенням більшої кількості БВ [до 4%] або орієнтованим армуванням безперервним БВ [4% і вище]. Зниження R_A високонаповнених складів БПМК, що мають високі R_B і R_C , може бути скомпенсоване укладенням композиції на шар праймеру, що значно розширює інженерно доступну область жорстких складів БПМК.

Структура затверділої БПМК з хаотичним армуванням характеризується певним ступенем упорядкованості - більш крупні частинки ЧП оточені полімерною матрицею, наповненою мінеральними компонентами КН. Для оптимальних по R_B і R_C складів характерним є стан в'язучого у вигляді хаотично орієнтованих плівок навколо зерен мінеральних наповнювачів. Армуючі волокна в основному випрямлені і орієнтовані вздовж поверхонь розділу матриці і ЧП. Для складів з граничним вмістом січеного БВ характерне вигинання і переплетіння волокон, а також збільшена кількість пор.

Для визначення розрахункових значень міцностних характеристик БПМК досліджено водо- і маслостійкість композицій. Стійкість оцінювали по змінню R_B і R_A . Установлено, що склади БПМК, які наближаються до оптимальних по міцності, характеризуються високою водостійкістю ($K_{\text{ст}}$ до 0,95 по R_B і до 0,80 по R_A) і зберігають міцність в нафтопродуктах. Зниження показників міцності БПМК пов'язане з розм'якшенням полімерної матриці і деяким зниженням її адгезії до частинок наповнювачів.

З врахуванням цілей ремонту поверхневих пошкоджень і відновлення водонепроникності МБК, а також можливості застосування БПМК - технологічно гнучкої системи композицій з регульованими фізико-технічними властивостями, запропонована загальна блок-схема технологічного процесу ремонту МБК з використанням БПМК [рис.3].



Рис.3. Блок-схема технологічного процесу ремонту МБК із застосуванням БПМК

Виходячи з аналізу умов роботи ремонтних шарів і відповідних розрахунків, визначено нормативні значення властивостей БПМК для найбільш типових видів ремонту [табл.2].

Області допустимих рішень одержані суміщенням діаграм "квадрат на квадраті" з нанесеними ізолініями нормативних значень показників [рис.4] по табл.2. На несучих квадратах нанесені ізолінії об'єму допустимих рішень Ω . Як видно

Таблиця 2

Технічні вимоги до БПМК

Індекс робіт :	1	2	3
Вид ремонту :	Відновлення водонепроникності стінок:		Закладення дефекту на плоскій горизонтальній поверхні
Ремонтний шар :	зовнішній, товщина 2 мм	резервуар, внутрішній, товщина 3 мм	заповнення дефекту
R_B , МПа :	не менше 70	не менше 40	не менше 50
R_C , МПа :	не нормується	не менше 100	не менше 120
R_A , МПа :	не менше 12	не менше 10	не менше 10
P , бали :	від 2,8 до 4,0	не більше 3,0	не менше 3,0

з рис.4, в залежності від виду ремонту "дозволені" області істотно змінюються і змінюють своє положення в межах досліджуваного факторного простору. З одного боку, це підтверджує необхідність розробки гнучкої системи ремонтних ПКМ з керованими властивостями, з іншого боку - доводить, що система компонентів БПМК дозволяє керувати властивостями композиції в широких межах за рахунок зміни кількісного співвідношення компонентів.

Дослідженнями водонепроникності ремонтних шарів, улаштованих із складів БПМК, оптимізованих по фізико-технічним властивостям [рис.4а], на трубах із кризними пошкодженнями стінки, встановлено, що при діа-

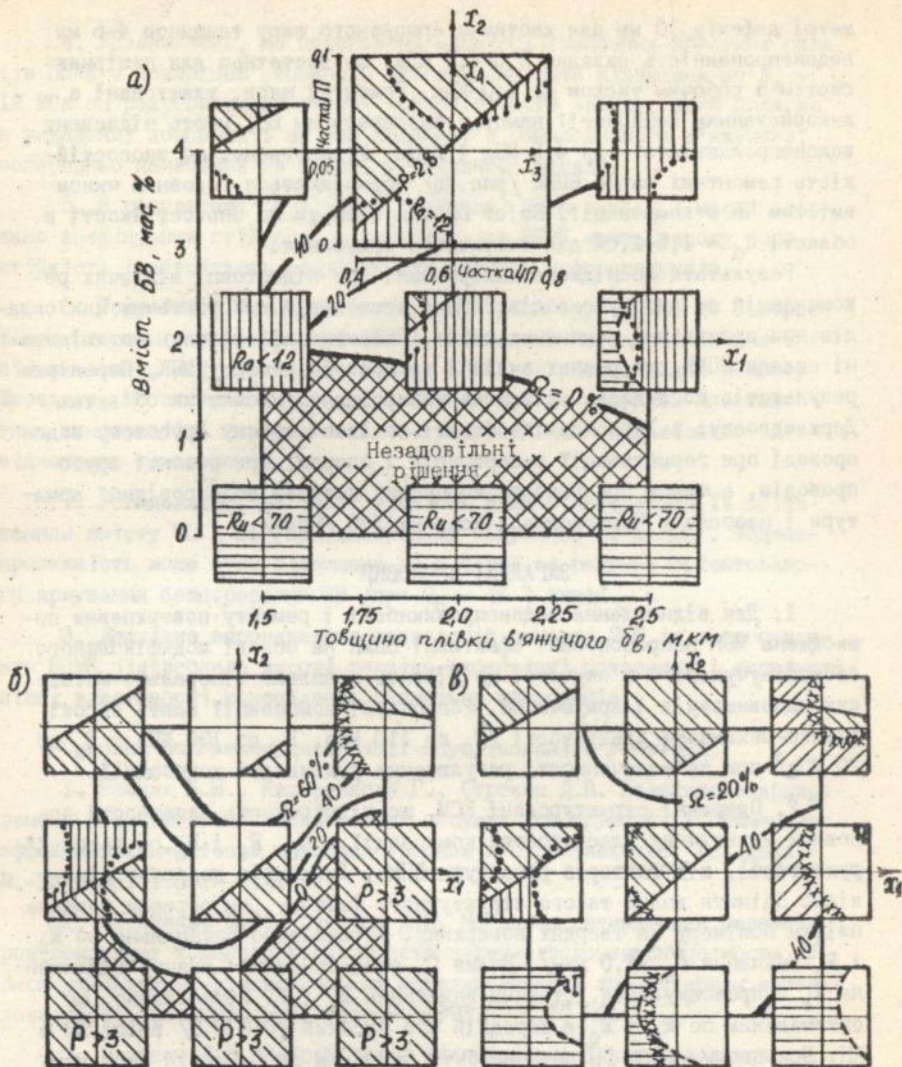


Рис. 4. Оптимізація рецептури БЛМ для відновлення водонепроникності стінки напірного трубопровода (а), резервуару (б) іта закладення дефекту на плоскій горизонтальній поверхні (в). Нормативні значення показників - по табл. 2. Заборонені області заштриховані. Ізолінії: - - - - - міцності при вигині R_b ; міцності при відриві R_a ; xxxxxxxx - міцності при стиску R_c ; ——— рухливості P .

метрі дефекту 10 мм для хаотично армованого шару товщиною 4-5 мм водонепроникність складає 3,5-4,0 МПа, що достатньо для напірних систем з робочим тиском до 2,0 МПа. Ремонтні шари, улаштовані з використанням технології намотки безперервним БВ, мають підвищену водонепроникність - до 4,5 МПа і вище. Установлено, що зносостійкість ремонтних шарів БПМК [рис.4в] обумовлюється головним чином вмістом ЧП в композиції. Вміст БВ має оптимум по зносостійкості в області $C_0 = 1,5-2,0\%$ для хаотичного армування.

Результати досліджень використані при підготовці відомих рекомендацій по вибору складів БПМК і технологій використання цих складів при проведенні ремонтних робіт. Рекомендації містять оптимізовані склади БПМК для різних видів і технологій ремонту МБК. Перевірка результатів досліджень здійснена у виробничих умовах на об'єктах Держводгоспу: в Херсонській області на Іванівському груповому водопроводі при герметизації резервуарів і споруд, при ремонті трубопроводів, а також при ремонті корпусних деталей водопровідної арматури і насосів у Червоногвардійському УЗС [Крим].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для відновлення водонепроникності і ремонту поверхневих пошкоджень МБК запропоновані ефективні БПМК на основі модифікованого епоксикаучукового в'язучого, що містять комплекс мінерально-металевих наповнювачів і армуєче БВ. Розроблені композиції мають високі фізико-механічні властивості (R_B до 110 МПа, R_C до 130 МПа і R_A до 20 МПа) при забезпеченості регулювання рухливості композиції.

2. Одержані структуровані ЕСМ, що відображують залежності основних механічних властивостей композиції - R_B , R_C і R_A , а також її рухливості, від факторів рецептури БПМК. Їх аналіз дозволив кількісно оцінити вплив такого структурного фактору, як середня товщина плівки полімеру на твердих поверхнях. Установлено оптимальне по R_B і R_C значення C_0 [2,0 мкм]. Вплив C_0 неоднозначний: значне підвищення R_B супроводжується істотним зниженням R_A і P . Установлено, що оптимальним по R_B і R_C є середній або високий [0,6-0,8] вміст ЧП в КН. При цьому вміст ГП повинен бути близьким до 0,05 від маси комплексу наповнювачів.

3. Установлено, що хаотичне армування БПМК доцільне при C_0 до 2% по масі. Подальше підвищення R_B композиції за рахунок збільшення вмісту БВ досягається його пошаровим укладенням або намоткою.

4. Установлено, що недостатня міцність зчеплення жорстких складів БПМК з поверхнею основного металу може бути підвищена до $R_a = 12$ МПа за рахунок використання технологічного заходу, який полягає в укладенні композиції на шар праймеру з ненаповненого в'язучого, попередньо нанесений на поверхню основного металу.

5. В результаті досліджень стійкості БПМК в воді і маслі одержано коефіцієнти стійкості і доведено, що БПМК мають високу водостійкість і зберігають міцність під впливом нафтопродуктів.

6. Розроблена методика оптимізації рецептури БПМК, що використовує одержані структуровані ЕСМ і спрямована на задовільнення технічних вимог, які пред'являються до БПМК при різних видах ремонту. Доведено, що система компонентів БПМК дозволяє керувати властивостями композиції в широких межах за рахунок зміни кількісного співвідношення компонентів.

7. Установлено, що зносостійкість БПМК підвищується із збільшенням вмісту ЧП і БВ [при хаотичному армуванні C_6 до 2%]. Водонепроникність може бути підвищена до 4,5 МПа за рахунок орієнтованого армування безперервним БВ [при $C_6 = 4\%$ і вище].

8. Дослідне впровадження технологій ремонту МК із застосуванням БПМК підтвердило високі техніко-економічні показники і експлуатаційні властивості розроблених ремонтних композицій.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. Резник В.Б., Кисиленко М.Г., Строкон Д.Я. Волокнисто-армированные полимербетоны тонкостенных несущих конструкций // Применение эффективных П-бетонов в машиностроении и строительстве: Тез. докл. - М.-Вильнюс. 1989. - С.42-43.

2. Кисиленко М.Г., Строкон Д.Я. Методика оптимизации параметров ремонтных композиций при восстановлении водонепроницаемости // Экспериментально-статистическое моделирование в компьютерном материаловедении: Тез. докл. - К.-Одесса. 1993. - С.19-20.

3. Строкон Д.Я. Разработка и исследование базальтоволокнистых полимерметаллических ремонтных композиций // Экспериментально-статистическое моделирование в компьютерном материаловедении: Тез. докл. - К.-Одесса. 1993. - С.25-26.

4. Efficient repair polymer compositions and technologies of

their use / Reznik V., Kisilenko M., Kovalenko A., Sharshunov A.,
Strokon D.,// VII International congress on polymers in concrete.-
Moscow. 1992.- p.572-578.

Підп. до друку 19.10.98 . Формат 60×84^{1/16}.
Папір друк. №3 . Спосіб друку офсетний. Умовн. друк. арк. 0,93 .
Умовн. фарбо-відб. 1,16 . Обл.-вид. арк. 1,0 .
Тираж 100 . Зам. № 5964 . Безплатно.

Фірма «ВІПБЛ»
252151, Київ, вул. Волинська, 60.

463905

Безплатно

AV 28.272

AV 28.272