

## **Завдання 04.01/7**

**Обґрунтувати напрями реконструкції гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу, розробити техніко-технологічні засади підвищення їхньої ефективності та довговічності**

*Етап 2011 р.: Виконати аналітичні та патентні дослідження, обґрунтувати напрями реконструкції ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу, розробити склади полімерцементних фібробетонів для реконструкції ГТС меліоративних систем. Розробити технічні рішення з відновлення трубопроводів закритих зрошувальних систем.*

**Робота спрямована на вирішення актуальної проблеми покращення технічного стану, експлуатаційної надійності, довговічності та ефективності гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу шляхом проведення їх реконструкції та модернізації.**

**Мета НДР в 2011 році: обґрунтування перспективних напрямів реконструкції ГТС, які направлені на удосконалення систем проектування, забезпечення та проведення реконструкції споруд на основі нових техніко-технологічних рішень; розробка складів полімерцементних фібробетонів для ремонту та реконструкції ГТС; розробка технічних рішень з відновлення трубопроводів закритих зрошувальних систем.**

## Результати досліджень

**1. Виконано аналітичний огляд та патентні дослідження по вибору матеріалів, технологій, способів підвищення ефективності та довговічності гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу.**

**2. На основі проведених аналітичних та патентних досліджень визначені перспективні напрями реконструкції ГТС та основні напрями її удосконалення.**

**3. Розроблено склади нового композиційного матеріалу – дрібнозернистого полімерцементного фібробетону для ремонту та реконструкції ГТС. Проаналізовано вплив рецептури на технологічні властивості бетонної суміші та фізико-механічні властивості бетону.**

**4. Оптимізовано склади нового пінополімерцементного золорозчину для відновлення трубопроводів безтраншейним методом «труба в трубі» та одержані залежності властивостей тампонажного композиту від його складу.**

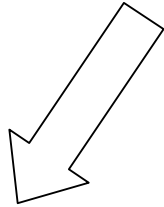
**5. Підібрано комплект обладнання для виконання технологічного процесу відновлення трубопроводів систем зрошення безтраншейним методом «труба в трубі».**

**6. Методика визначення ремонтних ділянок та ремонтпридатності трубопроводів закритих зрошувальних систем (1-ша редакція)**

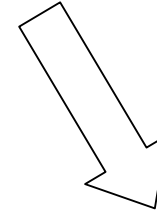
**7. Рекомендації з вибору оптимальних конструкцій облицювань, які забезпечують заданий коефіцієнт корисної дії зрошувальних каналів при їхній реконструкції (1-ша редакція)**

**8. Подано 4 заявки на винахід, одержано 8 патентів на корисну модель. Опубліковано 12 наукових праць у фахових виданнях.**

# **НАПРЯМИ РЕКОНСТРУКЦІ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД**

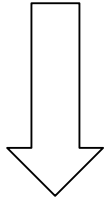


**Первинний захист –  
регулювання  
технологічних та  
експлуатаційних  
властивостей бетону**

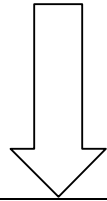


**Вторинний захист –  
додатковий захист, коли  
«резерв стійкості» бетону  
недостатній для  
забезпечення експлуатації  
споруд протягом  
розрахункового строку**

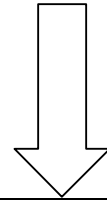
# НАПРЯМИ РЕКОНСТРУКЦІ ГТС МЕТОДОМ ПЕРВИННОГО ЗАХИСТУ



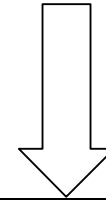
**Застосування хімічних добавок: супер- та гіперпластифікаторів, регуляторів строків тужавіння та твердіння бетонів, кольматуючих, водоредукуючих, гідрофобізуючих та повітрязатягувальних для підвищення міцності, морозостійкості та водонепроникності бетону**



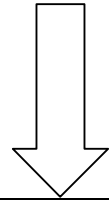
**Застосування мінеральних високодисперсних добавок для одержання самоущільнювальних бетонів**



**Застосування дисперсно-армуючих добавок (фібри) для підвищення тріщиностійкості бетону**



**Застосування полімерних добавок для підвищення корозійної та адгезійної міцності бетону**

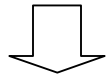


**Застосування комплексних добавок поліфункціональної дії для одержання бетонів нової генерації з підвищеними фізико-механічними властивостями**

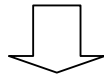
## НАПРЯМИ РЕКОНСТРУКЦІ ГТС МЕТОДОМ ВТОРИННОГО ЗАХИСТУ

<p style="text-align: center;"><b>Ін'єкційна гідроізоляція поліуретановими, епокси- ізоціанатними, силікат- ізоціанатними та акриловими композиціями</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Проникаюча гідроізоляція хімічно- активними полімерцементни- ми композиціями</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Штукатурна гідроізоляція полімер- цементами</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Обмазочна гідроізоляція полімер- пластомерними та полімер- еластомерними мембранами</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Герметизація активних тріщин і деформаційних швів еластомерами на основі тіоколів, поліуретанів, епокси-уретанів, силіконів</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Омонолічування високоміцними та адгезійноміцними фіброполімер- цементними</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Тампонаж швидкоотужа- влючими розчинами, що розширюються та поліуретановими композиціями, що збільшуються в об'ємі</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Торкрет полімербетон, торкрет полімерцемент</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Поверхнєве просочування ізоціанат- вмісними полімеризацій- ними композиціями</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Безтраншейні технології відновлення трубопроводів методом «труба в трубі», влаштування внутрішнього полімерцементного покриття</b></p>

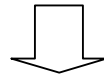
## НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ВОДОГОСПОДАРСЬКО- МЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ



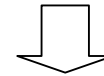
Впровадження нових методів діагностики технічного стану ГТС, засобів автоматизації процесу обстеження і обробки одержаних результатів випробувань. Такі прилади, об'єднані в комплексні системи, можуть бути використані як для визначення технічного стану споруд до реконструкції, так і для спостереження елементів споруд після реконструкції



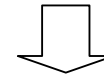
Використання сучасних методів розрахунку, які враховують закономірності деформування матеріалів, зміни їх фізико-механічних показників при відповідних режимах і видах зовнішніх дій середовища, особливості роботи гідротехнічних споруд в умовах водного середовища



Впровадження нових методів підсилення і відновлення експлуатаційної надійності конструкцій: застосування цементів, що розширюються, шприц-бетону, поверхневого просочування складами, що полімеризуються, проникаючої гідроізоляції реакційноздатними цементами, ін'єктування полімерними композиціями, торкретування полімерцементними композиціями, герметизація еластомерами та полімеррозчинами на основі полімерних смол, армованих полімерними, базальтовими та скляними фібрами, тампонажу колоїдними полімерцементами, підсилення залізобетонних конструкцій зовнішнім склопластиковим армуванням.



Застосування технологій реконструкції з використанням бетонів нової генерації: самоущільнюваних - СУБ (Self Compacting Concrete), фіброармованих (Fibre Reinforced Concrete), високофункціональних (High Performance Concrete), полімерцементних. Такі бетони мають структуру з мінімальними дефектами – мікротріщинами і порами, що забезпечується однорідністю бетону шляхом зменшення максимального розміру частинок, введенням в склад бетону



Впровадження нових безтраншейних технологій відновлення трубопроводів шляхом застосування методів «труба в трубі» з використанням полімерних труб та литих цементно-піщаних та цементно-зольних розчинів. Такі технології дозволяють значно знизити затрати при проведенні реконструкції закритих зрошувальних систем та відновити їх надійну та довговічну експлуатацію.

# КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ДРІБНОЗЕРНИСТОГО ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНОГО ФІБРОБЕТОНУ

Отримання композиційного матеріалу з мінімальними дефектами в структурі – мікротріщинами і порами, забезпечення однорідності бетону шляхом зменшення максимальних розмірів частинок, введення в склад бетону супер(гіпер)пластифікаторів для підвищення рухливості бетонної суміші, створення оптимальної щільності за рахунок використання мікронаповнювачів, введення полімерних добавок для підвищення деформативних та адгезійних характеристик бетону, використання полімерної та базальтової фібри для підвищення тріщиностійкості та міцності бетону; оптимізація водоцементного відношення в бетоні; забезпечення оптимальних умов твердіння бетону.

Портландцемент  
Кварцевий пісок  
Вода

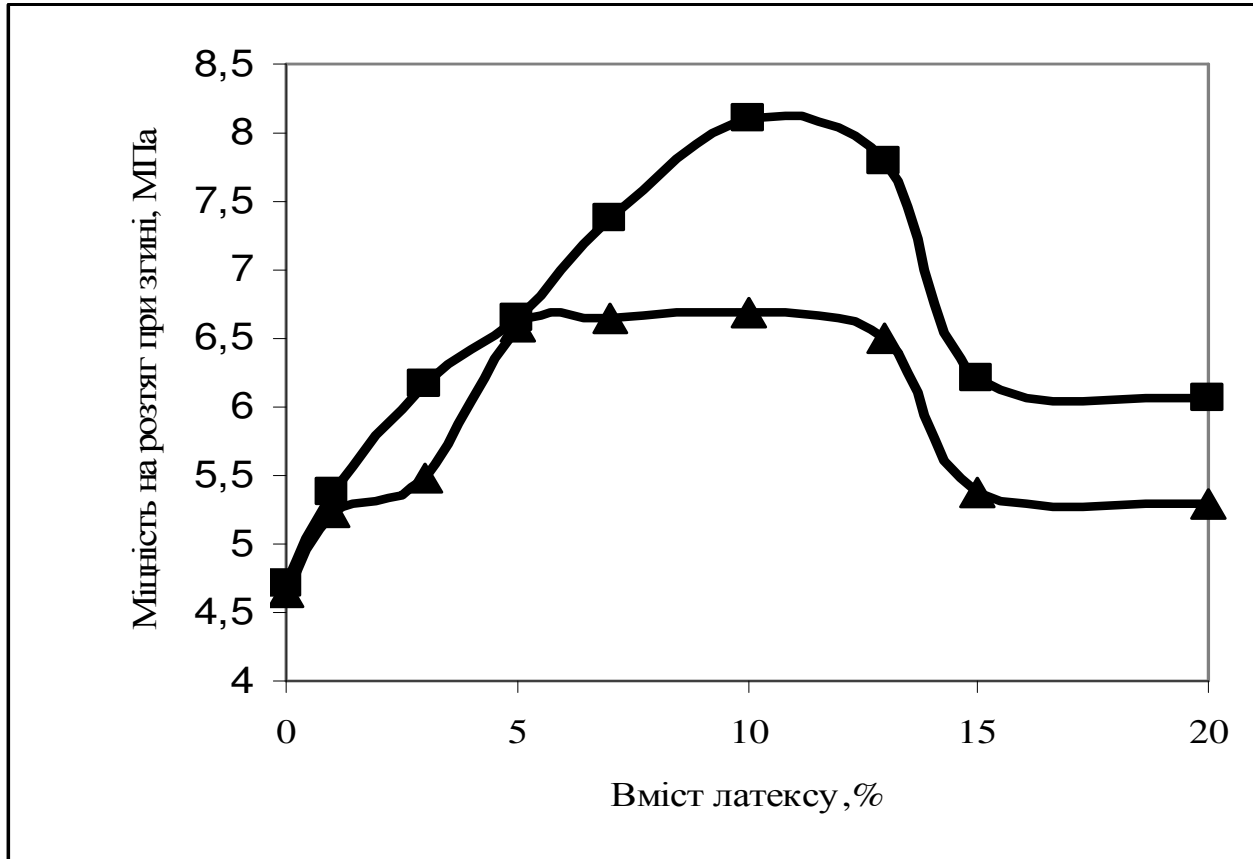
Поліпропіленова  
та базальтова  
фібра

Полікарбосилатний  
гіперпластифікатор

Поліфункціональна  
латексна добавка

Патент № 56751 Фібробетонна суміш.  
Патент № 56754 Полімерцементний розчин

**Вплив вмісту латексу на  $R_{3Г}$   
цементнопіщаного розчину:  
▲ – без суперпластифікатора;  
■ – з суперпластифікатором  
Bebetol-SPL**



## Міцнісні характеристики цементно-піщаного та полімер-цементного розчинів в залежності від їх складу

Склад бетону (Ц:П)	В/Ц	Час витримки, діб	Міцність ПЦДБ в залежності від вмісту латексу, МПа					
			0 %	1 %	3 %	5 %	7 %	10 %
1:2	0,34	7	<u>6,4</u> 34,5	<u>6,6</u> 34,0	<u>6,6</u> 29,0	<u>6,7</u> 32,0	<u>6,8</u> 34,0	<u>7,0</u> 30,0
		28	<u>7,2</u> 49,0	<u>8,3</u> 50,0	<u>8,8</u> 53,0	<u>9,1</u> 54,5	<u>9,4</u> 54,5	<u>9,7</u> 54,6
1:3	0,38	7	<u>4,8</u> 23,7	<u>5,1</u> 28,4	<u>5,4</u> 29,0	<u>5,6</u> 30,0	<u>5,8</u> 32,1	<u>6,1</u> 33,4
		28	<u>5,6</u> 34,0	<u>7,0</u> 35,6	<u>7,4</u> 36,4	<u>7,6</u> 37,1	<u>8,1</u> 38,0	<u>8,9</u> 38,9
1:4	0,43	7	<u>3,6</u> 15,4	<u>4,1</u> 18,7	<u>4,6</u> 20,1	<u>4,9</u> 23,0	<u>5,1</u> 25,0	<u>5,1</u> 26,4
		28	<u>4,5</u> 18,5	<u>5,6</u> 23,7	<u>5,9</u> 25,1	<u>6,2</u> 25,6	<u>6,3</u> 26,8	<u>6,6</u> 27,7
1:5	0,5	7	<u>2,4</u> 12,0	<u>2,9</u> 15,1	<u>3,2</u> 18,5	<u>3,5</u> 19,4	<u>3,7</u> 19,5	<u>4,4</u> 20,0
		28	<u>2,8</u> 13,0	<u>5,0</u> 15,4	<u>5,2</u> 16,3	<u>5,3</u> 18,9	<u>5,5</u> 19,0	<u>5,7</u> 20,8

Примітка. В чисельнику наведено показники міцності на розтяг при згині, в знаменнику – міцність при стиску. Вміст суперпластифікатора Adium-150 – 0,5% від маси цементу

# Міцнісні та адгезійні характеристики зразків цементно-піщаних та полімер-цементних розчинів в залежності від умов твердіння

Вид розчину	Умови зберігання	Строк зберігання	Міцність при стиску, МПа		Міцність на розтяг при згині, МПа	
			пропарені	нормально-вологі	пропарені	нормально-вологі
Цементно-піщаний	Повітря	28 діб	28,5	28,7	4,5	4,8
		6 міс.	42,4	42,9	6,8	6,9
	Вода	28 діб	23,6	23,8	4,9	4,9
		6 міс.	31,0	31,3	6,2	6,5
Полімер-цементний (вміст латексу 5%)	Повітря	28 діб	30,2	31,0	6,8	7,8
		6 міс.	43,4	46,0	10,3	10,7
	Вода	28 діб	27,4	32,0	4,2	5,0
		6 міс.	32,0	34,2	7,4	7,6

Вік зразків, діб	Адгезійна міцність, МПа							
	Полімерцементний				Цементно-піщаний			
	Умови витримування зразків							
	Нормально-вологі		Пропарені		Нормально-вологі		Пропарені	
	Повітря	Вода	Повітря	Вода	Повітря	Вода	Повітря	Вода
28	3,55	4,0	2,55	2,5	1,5	1,6	1,2	1,75
90	4,2	4,8	3,6	3,2	2,2	2,34	1,6	2,26

## Вплив латексу на В/Ц полімерцементних розчинів

Вміст латексу, % від маси цементу і піску	В/Ц	В/Ц з урахуванням води в латексі	Зниження В/Ц, %	
			без урахуванням води в латексі	з урахуванням води в латексі
-	<b>0,52</b>	-	-	-
<b>1</b>	<b>0,46</b>	<b>0,49</b>	<b>11,5</b>	<b>5,8</b>
<b>3</b>	<b>0,37</b>	<b>0,46</b>	<b>28,8</b>	<b>11,5</b>
<b>5</b>	<b>0,29</b>	<b>0,43</b>	<b>44,2</b>	<b>17,3</b>
<b>7</b>	<b>0,20</b>	<b>0,41</b>	<b>61,5</b>	<b>21,2</b>
<b>10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,39</b>	<b>76,9</b>	<b>25,0</b>

Примітка Ц:П=1:3

## Зміна нормальної густини цементного тіста

Кількість добавок до маси цементу, %		Нормальна густина
Adiplast	ГКЖ – 10	
Без добавок		<b>0,245</b>
<b>5</b>		<b>0,21</b>
<b>7</b>		<b>0,18</b>
<b>10</b>		<b>0,16</b>
<b>5</b>	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>
<b>7</b>	<b>0,15</b>	<b>0,16</b>
<b>10</b>	<b>0,15</b>	<b>0,14</b>

## Вплив суперпластифікаторів (СП) на рухливість цементно-піщаних розчинів

В/Ц	Глибина занурення конусу $Z_k$ , см		
	без СП	з СП	
		Bevetol-SPL	Adium-150
<b>0,6</b>	<b>2,2</b>	<b>4,6</b>	<b>5,4</b>
<b>0,56</b>	<b>2,0</b>	<b>4,3</b>	<b>4,8</b>
<b>0,52</b>	<b>1,8</b>	<b>3,1</b>	<b>3,6</b>
<b>0,49</b>	<b>1,5</b>	<b>2,2</b>	<b>2,7</b>

## Вплив суперпластифікаторів (СП) на рухливість полімерцементних розчинів

<b>В/Ц</b>	<b>Глибина занурення конусу <math>Z_k</math>, см</b>								
	<b>Вміст латексу 0,5% (Ц+П)</b>			<b>Вміст латексу 1% (Ц+П)</b>			<b>Вміст латексу 3% (Ц+П)</b>		
	<b>без СП</b>	<b>СП</b>		<b>без СП</b>	<b>СП</b>		<b>без СП</b>	<b>СП</b>	
		<b>Bevetol -SPL</b>	<b>Adium -150</b>		<b>Bevetol -SPL</b>	<b>Adium -150</b>		<b>Bevetol -SPL</b>	<b>Adium -150</b>
<b>0,5</b>	<b>2,4</b>	<b>2,8</b>	<b>3,2</b>	<b>3,0</b>	<b>3,6</b>	<b>4,0</b>	<b>3,3</b>	<b>4,1</b>	<b>5,1</b>
<b>0,45</b>	<b>1,7</b>	<b>2,4</b>	<b>2,8</b>	<b>2,1</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>3,0</b>	<b>3,7</b>	<b>4,6</b>
<b>0,40</b>	<b>1,2</b>	<b>2,1</b>	<b>2,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>	<b>2,8</b>	<b>2,8</b>	<b>3,4</b>	<b>3,9</b>

**Вплив вмісту поліпропіленової фібри та латексу на  $R_{зг}$ -цементно-піщаних та полімерцементних розчинів**

Вміст фібри, % (Ц+П)	Міцність на згин, $R_{зг}$ , МПа				
	Вид фібри				
	Fibermesh	Vaukon	УкрЕКСО	ВАП	Поліарм
<b>Вміст латексу 0% (Ц+П)</b>					
0	5,57	5,57	5,57	5,57	5,57
0,03	5,64	5,57	6,02	6,71	-
0,05	5,90	5,50	6,85	6,02	-
0,07	6,33	5,80	5,91	5,74	-
0,1	6,78	5,85	5,74	5,58	5,92
0,2	6,87	5,88	5,59	5,47	6,06
0,3	7,00	5,87	5,57	5,34	6,23
0,4	6,84	5,87	-	-	5,73
0,5	6,30	5,81	-	-	5,70
<b>Вміст латексу 5% (Ц+П)</b>					
0	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
0,03	7,10	7,09	7,15	7,10	-
0,05	7,15	7,36	7,43	7,22	-
0,07	7,22	7,36	7,48	7,31	-
0,1	7,29	7,85	7,39	7,35	7,14
0,2	7,60	7,91	7,20	7,16	7,28
0,3	8,26	7,86	7,15	7,07	7,36
0,4	8,17	7,29	-	-	7,18
0,5	8,02	7,14	-	-	7,09
<b>Вміст латексу 10% (Ц+П)</b>					
0	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20
0,03	8,23	8,34	8,31	8,30	-
0,05	8,28	9,01	8,97	8,44	-
0,07	8,35	9,76	9,03	8,50	-
0,1	8,35	9,89	9,28	8,60	8,56
0,2	9,49	9,98	9,76	8,62	8,56
0,3	10,76	9,17	9,11	8,62	9,34
0,4	10,76	9,15	-	-	9,02
0,5	10,50	9,15	-	-	8,17

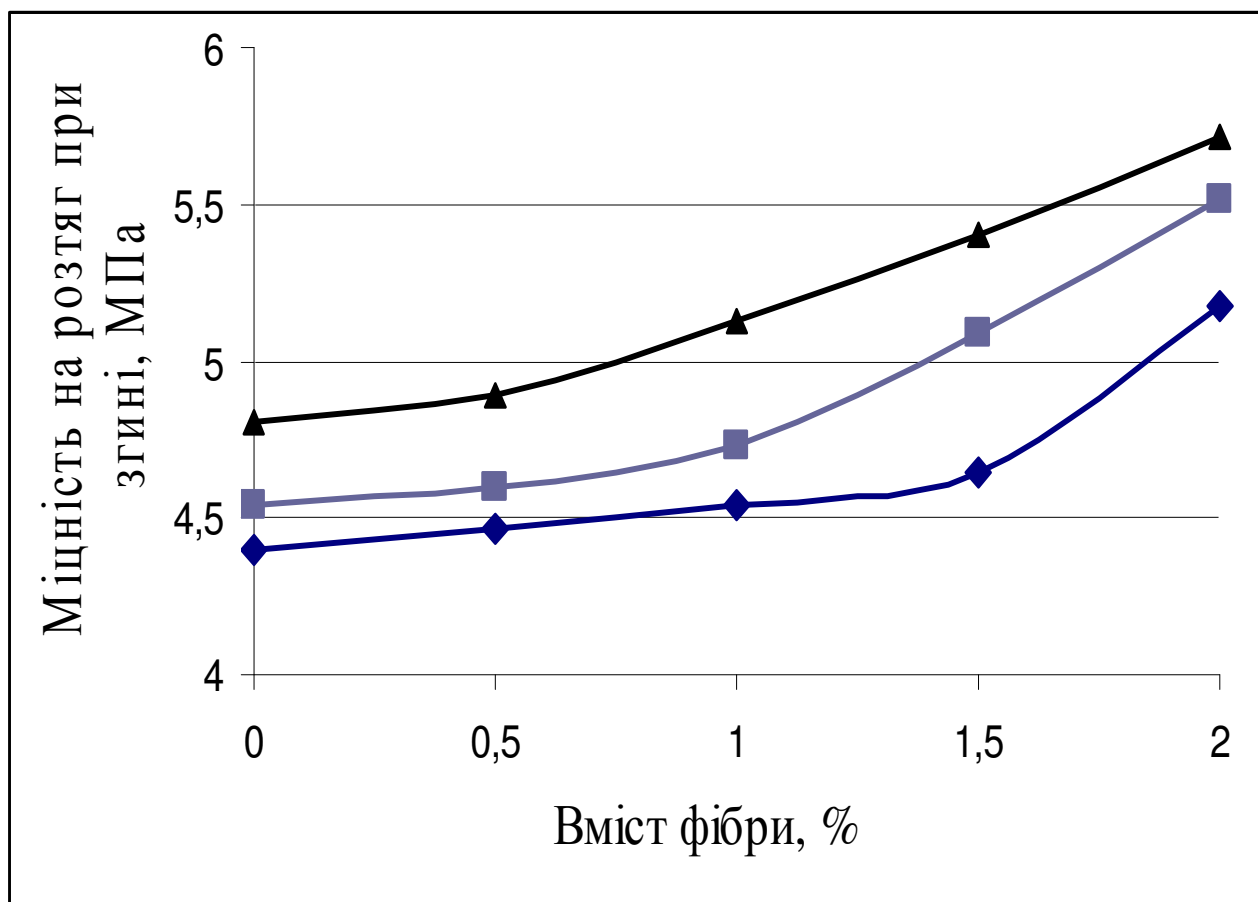
**Вплив суперпластифікатору (СП)  
Bevetol-SPL на  $R_{зг}$  фіброцементно-піщаних  
та фіброполімерцементних розчинів  
(фібра Fibermesh, вміст латексу 5% від маси  
цементу).**

<b>Вміст фібри, % (Ц+П)</b>	<b>Міцність на згин (<math>R_{зг}</math>), МПа</b>			
	<b>цементно- піщаний розчин</b>		<b>полімерцементний розчин</b>	
	<b>без СП</b>	<b>з СП</b>	<b>без СП</b>	<b>з СП</b>
<b>0</b>	<b>5,49</b>	<b>5,57</b>	<b>6,53</b>	<b>7,07</b>
<b>0,03</b>	<b>5,51</b>	<b>5,64</b>	<b>6,72</b>	<b>7,10</b>
<b>0,05</b>	<b>5,68</b>	<b>5,90</b>	<b>6,83</b>	<b>7,15</b>
<b>0,07</b>	<b>5,90</b>	<b>6,33</b>	<b>6,99</b>	<b>7,22</b>
<b>0,1</b>	<b>5,93</b>	<b>6,78</b>	<b>7,16</b>	<b>7,29</b>
<b>0,2</b>	<b>6,01</b>	<b>6,87</b>	<b>7,23</b>	<b>7,60</b>
<b>0,3</b>	<b>6,25</b>	<b>7,00</b>	<b>8,02</b>	<b>8,26</b>
<b>0,4</b>	<b>6,10</b>	<b>6,84</b>	<b>7,89</b>	<b>8,17</b>
<b>0,5</b>	<b>5,63</b>	<b>6,30</b>	<b>7,37</b>	<b>8,02</b>

## Вплив фібри на рухливість фіброполімерцементних розчинів

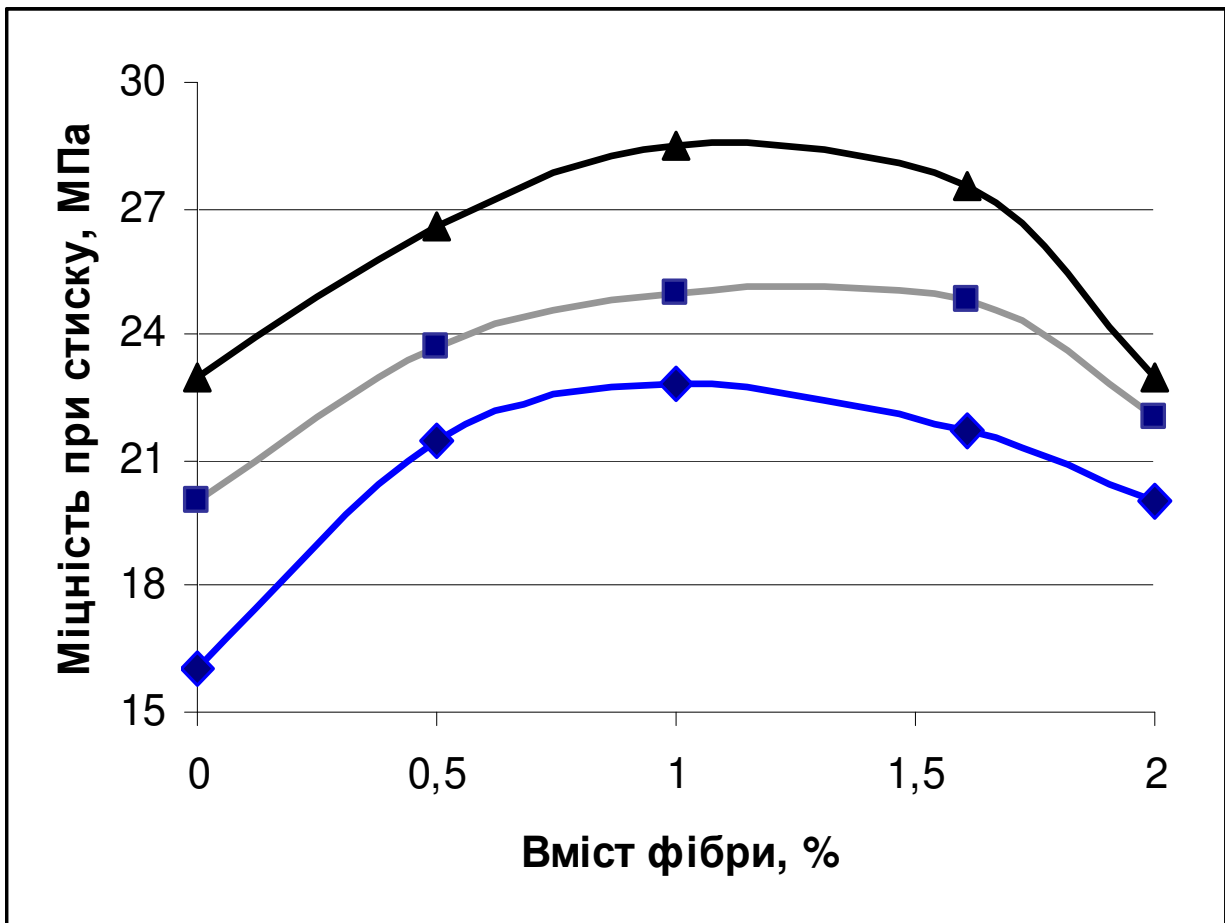
№ п/п	Вміст фібри, % від маси цементу і піску	Глибина занурення конусу, см при вмісті латексу		
		1 % від маси цементу і піску (В/Ц=0,46)	5 % від маси цементу і піску (В/Ц=0,30)	10 % від маси цементу і піску (В/Ц=0,14)
1	0,1	3,2	3,3	3,5
2	0,2	3,1	3,4	3,5
3	0,3	3,0	3,5	3,5

**Залежність міцності на згин  
дрібнозернистого базальтофібробетону  
від вмісту фібри при витраті Bevetol-SPL:  
▲ – 1,0%; ■ – 0,8%; ◆ – 0,6 %**

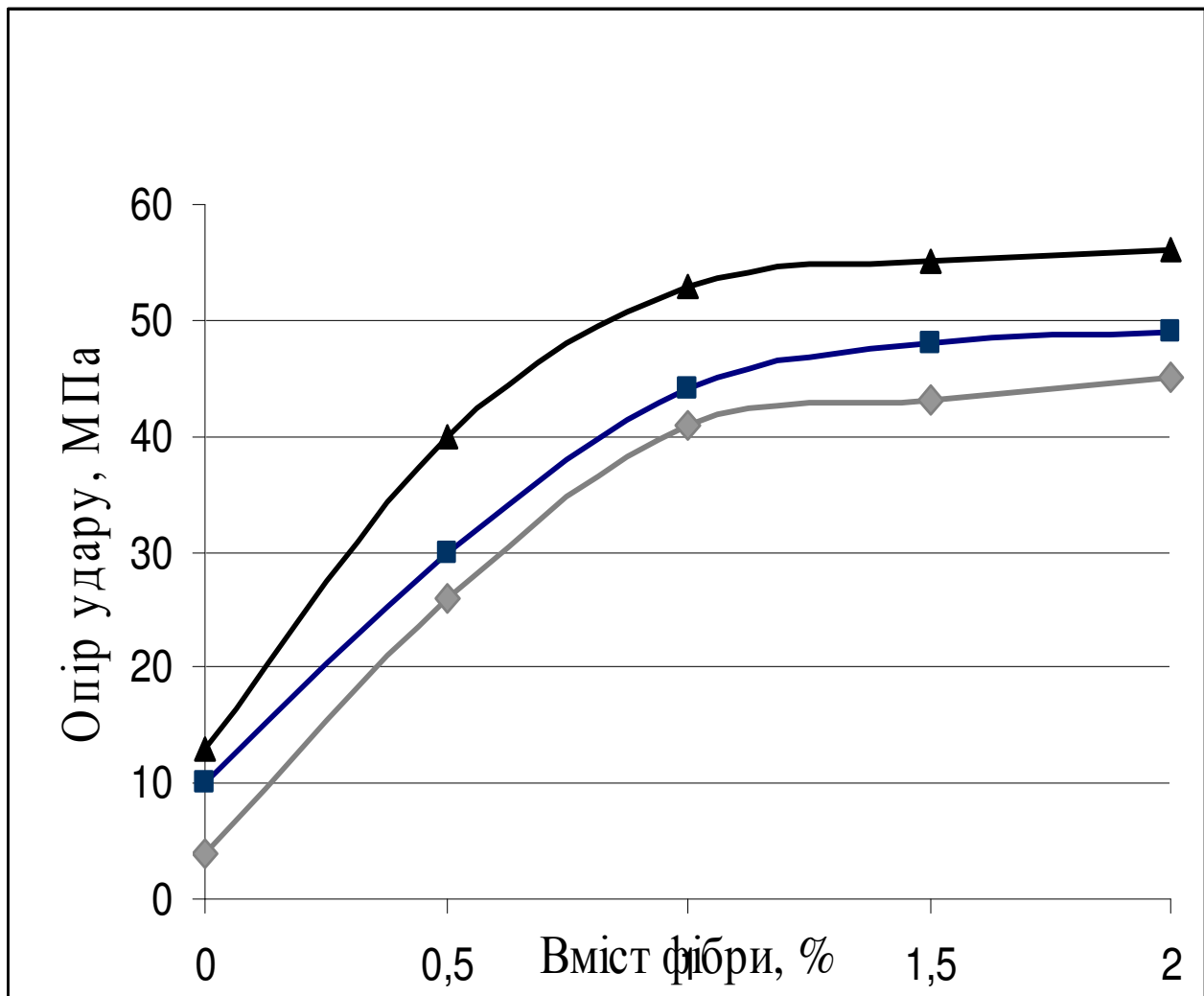


**Залежність міцності при стиску базальтофібробетону від вмісту фібри при витраті Bevetol-SPL:**

**▲ – 1,0%; ■ – 0,8%; ◆ – 0,6%.**



**Залежність опору удару  
базальтофібробетону від вмісту  
фібри при витраті Bevetol-SPL:  
▲ – 1,0 %; ■ – 0,8 %; ◆ – 0,6 %.**



# Оптимізація складу пінополімерцементнозольного розчину

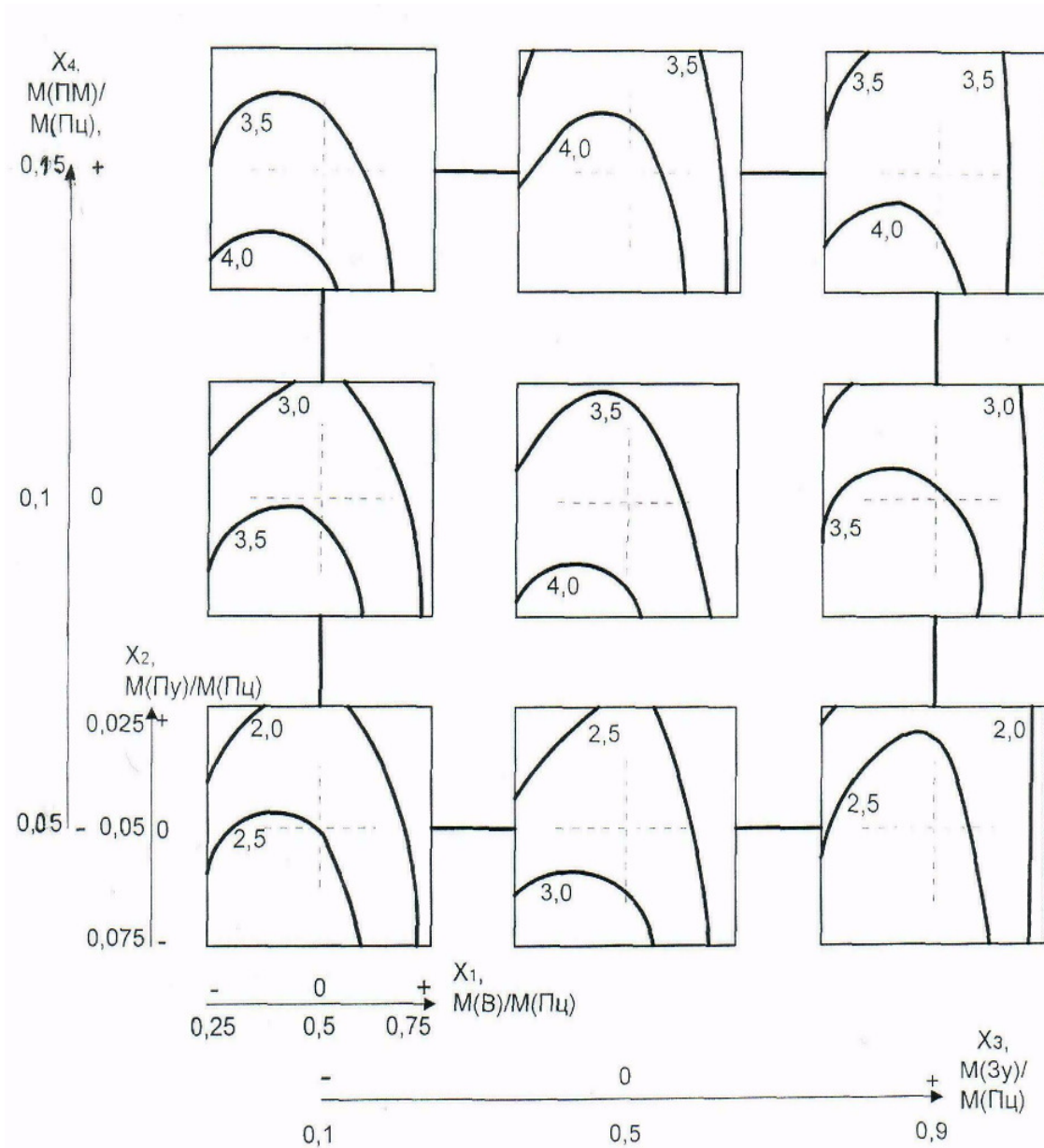
## Умови планування експерименту

Фактори	Рівні варіювання			Інтервали варіювання
	-1	0	+1	
М(В)/М(Пц), X <sub>1</sub>	0,25	0,50	0,75	0,25
М(Пу)/М(Пц), X <sub>2</sub>	0,025	0,05	0,075	0,025
М(Зв)/М(Пц), X <sub>3</sub>	0,1	0,5	0,9	0,4
М(Пм)/М(Пц), X <sub>4</sub>	0,05	0,1	0,15	0,05

## Матриця планування та результати досліджень

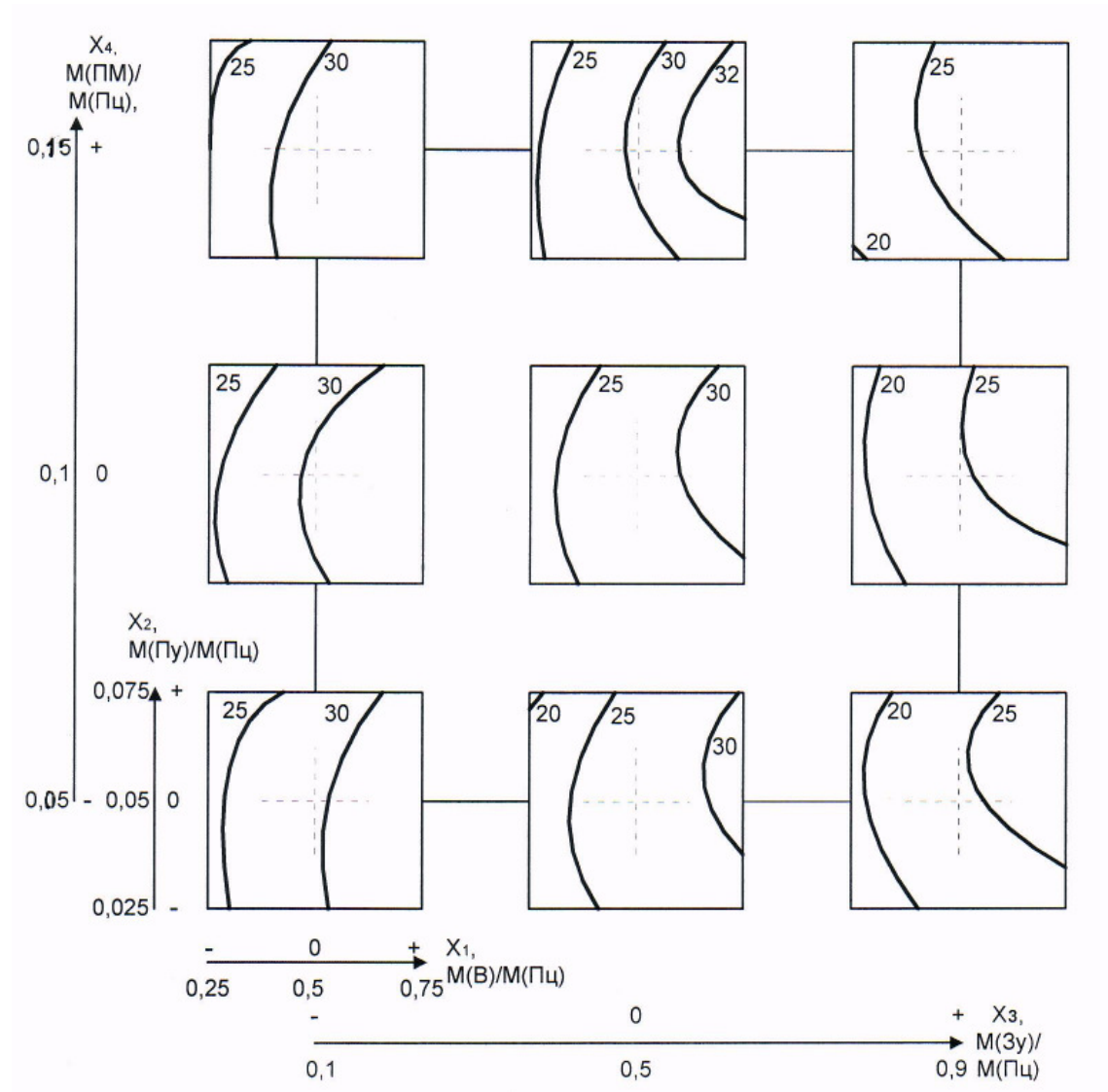
№ досліду	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Параметри оптимізації	
					розтічність, Р, см	R <sub>ст</sub> , МПа
1	+	+	+	+	29,2	2,8
2	+	+	+	-	26,0	1,8
3	+	+	-	+	32,0	3,1
4	+	+	-	-	30,1	1,5
5	+	-	+	+	25,0	2,9
6	+	-	+	-	23,0	2,0
7	+	-	-	+	34,0	2,6
8	+	-	-	-	31,7	1,7
9	-	+	+	+	20,0	3,0
10	-	+	+	-	19,0	1,9
11	-	+	-	+	22,5	2,5
12	-	+	-	-	21,0	1,6
13	-	-	+	+	20,5	3,7
14	-	-	+	-	19,4	2,5
15	-	-	-	+	26,3	4,2
16	-	-	-	-	25,5	2,7
17	+	0	0	0	33,0	2,3
18	-	0	0	0	21,4	4,1
19	0	+	0	0	27,0	3,2
20	0	+	0	0	26,7	4,3
21	0	0	+	0	23,5	3,9
22	0	0	-	0	31,4	3,1
23	0	0	0	+	31,9	4,6
24	0	0	0	-	26,2	2,4

# Вплив рецептури на міцність при стиску пінополімерцементнозольних композицій



$$\begin{aligned}
 Y\{R_{\text{CT}}\} = & 3,8 - 0,31x_1 - 0,55x_1^2 + 0,26x_1x_2 \\
 & - 0,29x_2 + 0,08x_2x_3 \\
 & + 0,08x_3 - 0,3x_3^2 \\
 & + 0,63x_4 - 0,3x_4^2
 \end{aligned}$$

# Вплив рецептури на розтічність пінополімерцементнозольних композицій



$$\begin{aligned}
 Y\{P\} = & 28,4 & +4,36x_1 & -1,3x_1^2 & + 0,8x_1x_2 \\
 & & -0,29x_2 & -1,55x_2^2 & - 0,5x_1x_3 \\
 & & -2,7x_3 & - 0,95x_3^2 & + 0,3x_1x_4 \\
 & & +1,25x_4 & + 0,7x_4^2 & + 1,14x_2x_3
 \end{aligned}$$

# Визначення зони оптимальних складів пінополімерцементнозольних композицій

( $R_{ст} > 3,5 \text{ МПа}$ ,  $P > 25 \text{ см}$ )

