

Відзначимо, що розрахунковий час задачі склав 15 сек на комп'ютері.

Висновки. Побудовано чисельну модель для прогнозу теплового забруднення акваторії річок при скиді нагрітих промислових вод. На базі розробленої чисельної моделі проведено обчислювальний експеримент по дослідженню розмірів зони теплового забруднення акваторії річки. На далі планується побудова 3D моделі теплового забруднення акваторії.

Список літератури

1. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Марчук Г. И. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
2. Пуллиам Т. Х. Рекомендации по размещению и проектированию рассеивающих выпусков сточных вод. М. «Стройиздат» 1981. 224с.
3. Рудаков Д. В. Математичні моделі в охороні навколишнього середовища. Навчальний посібник. Дніпропетровськ, 2004. 160с.
4. Самарский А. А. Теория разностных схем /Самарский А. А. – М.: Наука, 1983. – 616 с.
5. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Колесником В.Є.
Надійшла до редакції 08.02.2015*

УДК 622 – 032. 35: 502. 7

© О.І. Повзун, С.В. Подковаєв, О.В. Фролов, С.В. Кононихін

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВУГІЛЬНОЇ ТА ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В ОСНОВАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Показано можливість використання відходів вугільної промисловості — горілих порід шахтних териконів — як техногенної сировини у дорожньому будівництві. Досліджено ефективно кам'яновугільне в'язуче для укріплення горілопородних основ автомобільних доріг. Кам'яновугільним в'язучим є кам'яновугільний дьоготь, модифікований відходами хімічної промисловості — відходами полівінілхлориду та деревним гідролізічним лігніном.

Рассматривается возможность использования отходов угольной промышленности — горелых пород шахтных терриконов — в качестве техногенного сырья в дорожном строительстве. Исследовано каменноугольное вяжущее для укрепления горелопородных оснований автомобильных дорог. Каменноугольным вяжущим является каменноугольный деготь, модифицированный отходами поливинилхлорида и древесным гидролизным лигнином.

A possibility of the use of coal mining wastes, namely combustion metamorphic rocks, as industry-related material in road construction was presented. Coal tar asphalt viscous material for binding combustion metamorphic rocks as a base for motorways was researched. The viscous material is coal tar which was modified by of the polyvinichloride production wastes and wooden hydrolytic ligin.

Вступ. Наразі в Україні гостро стоїть проблема утилізації відходів і побічних продуктів промисловості. Щороку відвали, що займають великі площі земель, збільшуються на сотні тисяч кубометрів.

З усіх утворюваних і накопичуваних відходів самими великотоннажними є відходи вугледобувної та паливної промисловості - породи шахтних відвалів і золошлакові відходи.

Вугільні підприємства відносяться до джерел найбільшого екологічного забруднення навколишнього середовища, яке відбувається не тільки безпосередньо під час видобутку, але й тривалий час після нього [1]. Джерелом цього забруднення є вугільні відвали (терикони горілих порід).

На території Донбасу налічується за різними джерелами [1-3] від 1200 до 1500 відвалів вугільних шахт (териконів), у кожному з яких у середньому 1144 м³ породи. Щорічний обсяг гірської маси, що видається шахтами Донбасу у відвали, становить біля 30 млн. м³, а їхній загальний об'єм перевищує 2 млрд. м³, що, безумовно, створює суттєву екологічну напругу [2].

З кожного гектара поверхні молодих відвалів щорічно виноситься за межі цих земель від 200 до 500 т пилу. Площа запилення становить 500 га на 1 га відвальної поверхні [4].

Просідання земної поверхні по Донецькому басейну в середньому коливається в межах від 1,5 до 2,5 м, внаслідок чого сформувалася регіональна депресивна воронка глибиною 25-40 м [4]. З просіданням земної поверхні тісно пов'язані процеси затоплення і підтоплення територій, які супроводжуються руйнуванням будівель і споруд, порушенням умов гідрогеології регіону.

Деякі терикони вугільних шахт горять, сприяють значній зміні складу атмосферного повітря й випаданню кислотних дощів [1]. Палаючі терикони виділяють пари, в яких окрім води містяться: сірчана кислота (сульфат – іон), вуглекислота, двооксид азоту (нітрат – іон), які в десятки разів перевищують допустимі норми. За браком кисню в осередках горіння в парогазових викидах містяться сірководень, вуглеводні, аміак, оксид вуглецю тощо [5].

В основах автомобільних доріг найефективніше горілу породу використовувати після обробки її органічними в'язучими речовинами (особливо кам'яновугільного походження).

Ефективним засобом фізико – хімічної структурної модифікації кам'яновугільних дьогтів з метою максимальної реалізації потенційних властивостей органічних в'язучих коксохімічного виробництва є введення до їхнього складу комплексних добавок з полімерів, які суміщаються з ними, та активних дисперсних наповнювачів з високою структуруючою здатністю в дьогтеполімерних в'язучих, наприклад, кубових залишків дистиляції фталевого ангідриду, кам'яного вугілля різної стадії метаморфізму, деревного гідролізного лігніну тощо.

Постановка задач дослідження. Розділяючи дорожню конструкцію на окремі шари, можна зазначити, що найбільш проблемною ділянкою є її основа. Досвід будівництва і експлуатації дорожніх одягів з основами з укріплених кам'яних матеріалів свідчить про значну їх перевагу перед основами зі щебеню.

Комплексні кам'яновугільні в'язучі є складними сполуками. Тому виникає необхідність в оптимізації їхніх складів за допомогою методів математичного планування експерименту з одержанням необхідного комплексу фізико – механічних властивостей таких в'язучих.

Метою даної роботи є виявлення можливості використання горілих порід шахтних териконів в основах автомобільних доріг і дослідження кам'яновугільного в'язучого, модифікованого відходами полімерів та активними дисперсними наповнювачами для їх укріплення, отримуючи комплексне кам'яновугільне в'язуче, яке за фізико – механічними властивостями і екологічними характеристиками наблизатиметься до нафтового бітуму.

Задачами дослідження є визначення фізико - механічних властивостей горілої породи та оптимальних концентраційних співвідношень у комплексному кам'яновугільному в'язучому між полімером і наповнювачем в залежності від умовної в'язкості дьогтю за C_{30}^{10} .

Викладення основного матеріалу та результати. Як об'єкти досліджень було прийнято:

1. Горіла порода згаслого терикону шахти "Мушкетівська" (м. Донецьк).
2. Середовище, що модифікується, - кам'яновугільні дьогті, складені з середньо-температурного пеку і антраценового масла, які задовольняють вимогам ГОСТ 4641;
3. Полімер - первинні відходи виробництва полівінілхлориду (ПВХ) Дніпродзержинського об'єднання «Азот» з молекулярною масою $12 \cdot 10^4$ в.о і розміром частинок $(6,3-63) \cdot 10^{-5}$ м;
4. Наповнювач - деревний гідролізний лігнін (ДГЛ) Бобруйського гідролізного заводу (Білорусь) – відхід спиртового і дріжджового виробництва, який одержують у вигляді осаду хвойних и листяних порід деревини методом гідролізу (розбавленою сірчаною кислотою).

Зазначена горіла порода має високу якість: вона добре випалена (помітна червона гама кольорів); поверхня злому гладка каменеподібна; структура щільна.

Хімічний склад горілої породи наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад горілої породи

Шахта	Вміст оксидів, % за масою							
	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Ші
"Мушкетівська"	3,79	2,90	5,2	10	12	98	04	35

Малий вміст основних оксидів кальцію і магнію і великий – оксидів кремнію і алюмінію свідчать про кислу природу горілої породи.

Класифікація зразків як залізистих порід (за глинисто – залізистим модулем $M_{зл.з} = \frac{Al_2O_3\% + Fe_2O_3\%}{SiO_2\%}$) показує, що горіла порода є активною: $M_{зл.з} = \frac{12,9+9,52}{53,79} = 0,42$ (для активних порід $M_{зл.з}$ має бути від 0,3 до 0,45).

Значення ефективної питомої активності C_{ef} гранулометричних фракцій териконних порід, що розраховують за рівнянням

$$C_{ef} = C_{Ra} + 1,31 \cdot C_{Th} + 0,085 \cdot C_K, \text{ Бк/кг [28]},$$

де C_{Ra} , C_{Th} , C_K – питома активність нуклідів радію, торію, калію відповідно; 1,31 і 0,085 – зважені коефіцієнти ^{232}Th і ^{40}K відповідно по відношенню до ^{226}Ra , становлять < 370 Бк/кг. Тобто, згідно з Нормами радіаційної безпеки України НРБУ - 97 горіла порода може бути використана в будівництві без обмежень.

Фізико-механічні властивості досліджуваної горілої породи наведено в табл.2.

Таблиця 2

Фізико – механічні властивості горілої породи шахти «Мушкетівська»

Показники	Середні значення
Густина, кг/м ³	2746
Середня густина грудок, кг/м ³	2320
Насипна густина, кг/м ³	1233
Водовбирання, % за масою	3,0
Пористість (каменя), % за об'ємом	15,5
Пустотність (міжзернова), %	46,8
Дробильність при стиску в циліндрі, %	36,7
Границя міцності на стиск, МПа	39,0

Гранулометричний склад горілої породи наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Гранулометричний склад горілої породи шахти "Мушкетівська"

Показники	Діаметри отворів сит, мм										
	70	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	< 0,14
Частковий залишок на ситі, %	6,3	12,3	17,8	16,0	14,3	6,4	6,5	5,8	3,5	4,5	6,6
Повний залишок на ситі, %	6,3	18,6	36,4	52,4	66,7	73,1	79,6	85,4	88,9	93,4	100,0

Як видно з табл. 3, в горілій породі найбільше міститься фракції 20 – 40 мм (17,8 %), а найменше — фракції 0,315 – 0,63 мм (3,5 %).

В даній роботі розглянута можливість застосування горілої породи в основах дорожніх одягів з укріпленням комплексним кам'яновугільним в'язучим.

Кам'яновугільні дьогті виробляють в процесі деструктивної переробки кам'яного вугілля. Їх поділяють на марки Д-1—Д-6 в залежності від їхньої умовної в'язкості в секундах, яка позначається C_{30}^{10} або C_{50}^{10} , де 10 – діаметр стічного отвору, мм;

30 або 50 – температура витікання 50 мл в'язучого на стандартному віскозиметрі, °С.

Необхідною умовою ефективного впливу полімеру на властивості органічних в'язучих є їхня суміщеність, яка полягає у здатності полімеру розчинятись в них. Якщо компоненти суміщаються, то під час безпосереднього контакту одне з одним вони доволіно диспергуються один в одному.

Калориметричні дослідження в режимі сканування довели, що процес взаємодії кам'яновугільних дьогтів з полістирольним пилом — екзотермічний.

Отже, полівінілхлорид і кам'яновугільні дьогті є сумісними речовинами.

Деревний гідролізний лігнін є складним високомолекулярним поліконденсатом з певним запасом хімічної активності в позиціях ароматичного ядра, що і буде забезпечувати його взаємодію з органічним в'язучим – кам'яновугільним дьогтем – під час змішування.

Комплексне кам'яновугільне в'язуче готували суміщенням кам'яновугільних дьогтів з відходами виробництва полівінілхлориду при температурі 115-125°С впродовж 30 хвилин. Потім додавали порошкоподібний деревний гідролізний лігнін і продовжували перемішувати ще 30 хвилин.

Оптимальні склади системи «дьоготь – ПВХ - ДГЛ» визначали як оптимальні області допустимих значень факторів X_1 , X_2 , X_3 (табл.4), які обмежені поверхнями рівня функції відклику за кожним з параметрів оптимізації (табл.5).

Таблиця 4

Значення факторів варіювання

№ з. п	Система		Фізичний зміст фактора варіювання			
			Умовна в'язкість дьогтю за C_{30}^{10}, c	Масова концентрація полімеру, %	Масова концентрація наповнювача, %	
			X_1	X_2	X_3	
1	Дьоготь-ПВХ-ДГЛ	Інтервал варіювання		100	1	20
		Рівні фактора	-1	50	0	0
			0	150	1	20
			+1	250	2	40

Рівняння регресії для кожного параметра оптимізації мають такий вигляд:

$$Y_1 = 8,239 + 0,217 \cdot X_1 + 0,094 \cdot X_2 + 1,992 \cdot X_3 + 0,076 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,055 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,071 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,133 \cdot X_1^2 + 0,020 \cdot X_2^2 + 0,986 \cdot X_3^2;$$

$$Y_2 = 28,335 + 3,812 \cdot X_1 + 4,931 \cdot X_2 + 6,950 \cdot X_3 - 1,501 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,309 \cdot X_1 \cdot X_3 - 2,115 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,674 \cdot X_1^2 - 0,079 \cdot X_2^2 - 1,453 \cdot X_3^2;$$

$$Y_3 = 13,572 + 3,016 \cdot X_1 + 24,575 \cdot X_2 - 10,111 \cdot X_3 + 1,112 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,755 \cdot X_1 \cdot X_3 - 8,160 \cdot X_2 \cdot X_3 + 4,394 \cdot X_1^2 + 1,192 \cdot X_2^2 + 7,870 \cdot X_3^2;$$

$$Y_4 = 2,751 + 0,311 \cdot X_1 + 0,693 \cdot X_2 + 0,592 \cdot X_3 - 0,122 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,154 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,186 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,113 \cdot X_1^2 + 0,098 \cdot X_2^2 - 0,131 \cdot X_3^2;$$

$$Y_5 = 0,938 + 0,060 \cdot X_1 + 0,274 \cdot X_2 + 0,158 \cdot X_3 + 0,001 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,016 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,102 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,012 \cdot X_1^2 - 0,343 \cdot X_2^2 - 0,050 \cdot X_3^2;$$

$$Y_6 = 9,061 + 1,367 \cdot X_1 + 1,838 \cdot X_2 + 2,324 \cdot X_3 - 0,343 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,524 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,326 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,611 \cdot X_1^2 - 0,460 \cdot X_2^2 - 0,759 \cdot X_3^2;$$

$$Y_7 = 0,809 + 0,032 \cdot X_1 + 0,085 \cdot X_2 + 0,023 \cdot X_3 - 0,024 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,006 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,001 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,027 \cdot X_1^2 - 0,349 \cdot X_2^2 - 0,023 \cdot X_3^2;$$

$$Y_8 = 1,126 + 0,0 \cdot X_1 + 0,108 \cdot X_2 + 0,157 \cdot X_3 - 0,033 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,0 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,094 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,133 \cdot X_1^2 - 0,0 \cdot X_2^2 - 0,0 \cdot X_3^2.$$

Таблиця 5

Параметри оптимізації системи

№ з. п.	Код параметра оптимізації	Фізичний зміст параметра оптимізації	Граничні значення функції відклику
1	Y_1	Оптимальний вміст в'язучого в суміші (в перерахунку на дьоготь), %	Не більше 8,5
2	Y_2	Температура розм'якшення в'язучого, °С	Не менше 33
3	Y_3	Еластичність в'язучого при 0°С, %	Не менше 30
4	Y_4	Границя міцності дьогтеполівінілхлориду на стиск при 20°С, МПа	Не менше 2,5
5	Y_5	Границя міцності дьогтеполівінілхлориду на стиск при 50°С, МПа	Не менше 1,0
6	Y_6	Границя міцності дьогтеполівінілхлориду на стиск при 0°С, МПа	Не більше 12,0
7	Y_7	Коефіцієнт тривалої водостійкості	Не менше 0,8
8	Y_8	Відношення границі міцності зсуву в'язучого до напруження сталої течії	1,1 – 1,4

Відповідно до отриманих рівнянь регресії у тривимірному просторі побудовано діаграми поверхонь функцій відклику (рис.1-рис.8), які показують залежність відповідного параметра оптимізації ($Y_1 - Y_8$), від:

- умовної в'язкості дьогтю за C_{30}^{10} (X_1);
- масової концентрації полівінілхлориду (X_2);
- масової концентрації деревного гідролізного лігніну (X_3).

Щоб виконувалась умова відповідності граничного значення функції відклику для Y_1 (оптимальний вміст в'язучого в суміші) величині не більше 8,5 %, концентрація полівінілхлориду (X_2) має бути < 1,6 % для умовної в'язкості дьогтю $C_{30}^{10} = 50$ с (X_1), а для в'язкості $C_{30}^{10} = 250$ с (X_1) концентрація ПВХ (X_2) становить < 0,4 % (рис. 1,а). Концентрація деревного гідролізного лігніну (X_3) для всього діапазону в'язкостей дьогтю, що розглядається, повинна бути < 22 % (рис. 1, б, в).

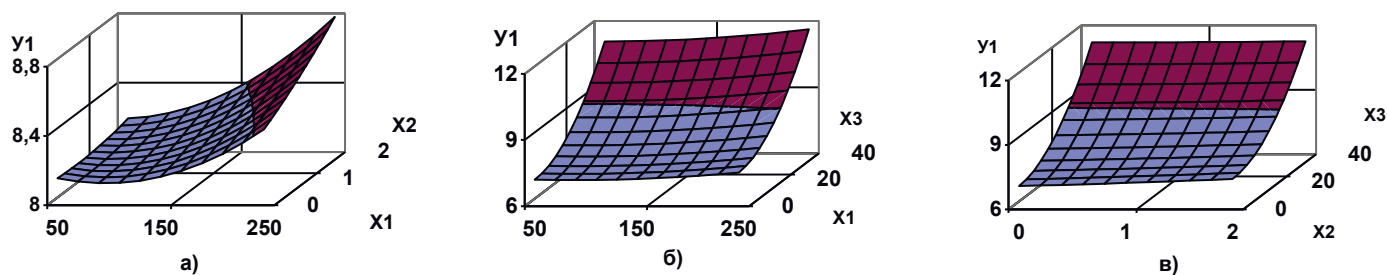


Рис. 1. Діаграма для оптимального вмісту в'язучого в суміші (в перерахунку на дьоготь), % (Y_1)

Для дьогтю в'язкістю $C_{30}^{10} = 50$ с (X_1) температура розм'якшення в'язучого (Y_2) при жодній з концентрацій ПВХ (X_2) не досягає свого граничного значення функції відклику (не менше 33°C) (рис.2, а). Для в'язкості дьогтю $C_{30}^{10} = 150$ с (X_1) температура розм'якшення (Y_2) перевищує 33°C за концентрації ПВХ (X_2) 2 % (рис.2, а), а для в'язкості $C_{30}^{10} = 250$ с (X_1) умова відповідності виконується при масовій концентрації ПВХ (X_2) $> 1,6$ % (рис.2, а). Понад 33°C Y_2 складає за таких умов:

- для в'язкості $C_{30}^{10} = 50$ с (X_1) при 1,6 % ПВХ (X_2) + 26 % ДГЛ (X_3) (рис. 2, б, в), або при 2 % ПВХ (X_2) + 20 % ДГЛ (X_3) (рис. 2, б, в);
- для в'язкості $C_{30}^{10} = 150$ с – 250 с (X_1) при 2 % ПВХ (X_2) + 20 % ДГЛ (X_3) (рис. 2, б, в):

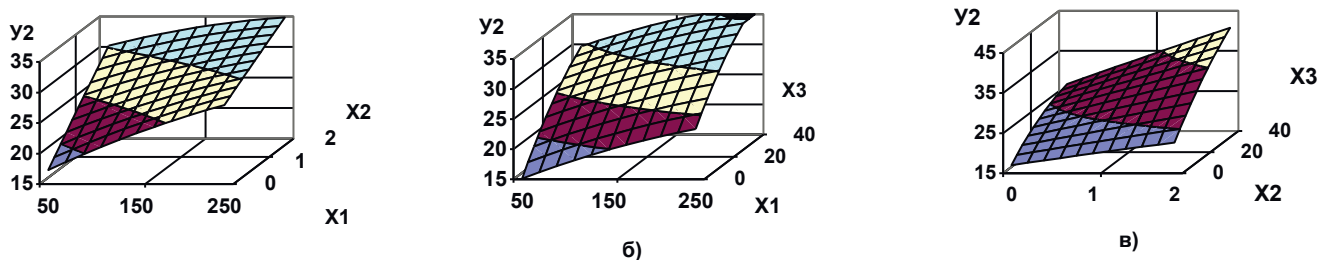


Рис.2. Діаграма для температури розм'якшення в'язучого, $^\circ\text{C}$ (Y_2)

Еластичність в'язучого при 0°C (Y_3) перевищує граничне значення (не менше 30 %) для в'язкості дьогтю $C_{30}^{10} = 50 - 150$ с (X_1) при $> 1,7$ % ПВХ (X_2), а для в'язкості дьогтю $C_{30}^{10} = 250$ с (X_1) — при $> 1,4$ % ПВХ (X_2) (рис. 3, а). Майже 31 % в'язуче має еластичність для 1 % ПВХ (X_2) при 22 % ДГЛ (X_3), а для 2 % ПВХ (X_2) + 22 % ДГЛ $Y_3 = 31,2$ % (рис. 3,в).

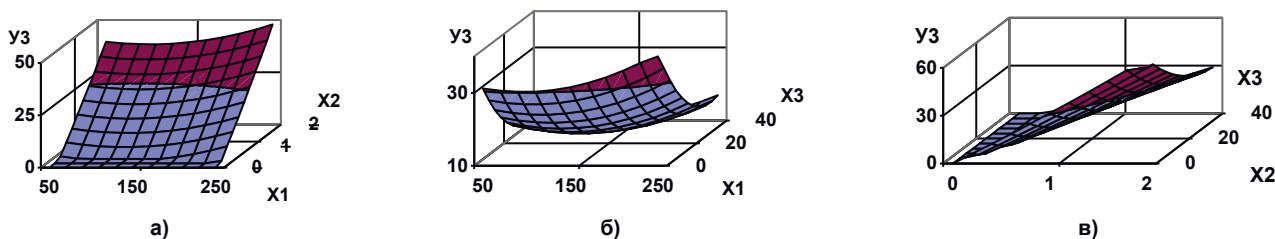


Рис. 3. Діаграма для еластичності в'язучого при 0°C , % (Y_3)

Границя міцності дьогтеполімербетону на стиск при 20°C (Y_4) не менше 2,5 МПа (граничне значення функції відклику) досягається при введенні 0,15 - 0,4 % ПВХ (X_2) в кам'яновугільні дьогті в'язкістю $C_{30}^{10} = 250 - 50$ с (X_1) (рис. 4, а). З активним дисперсним наповнювачем необхідні значення Y_4 має: при 0,2 % ПВХ (X_2) — з 36 % ДГЛ (X_3); при 1% ПВХ — з 12 % ДГЛ (X_3). $Y_4 = 2,63$ МПа при 2% ПВХ (X_2) без наповнення деревним гідролізічним лігніном ($X_3 = 0$) (рис.4, в).

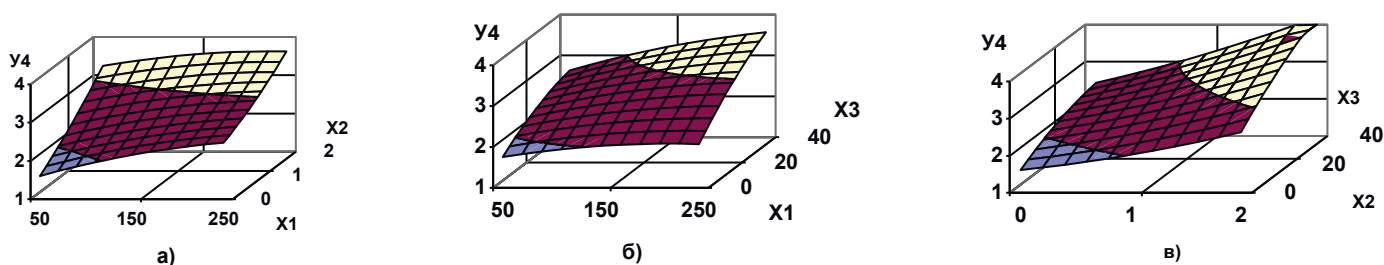


Рис. 4. Діаграма для границі міцності дьогтеполівінілхлориду на стиск при 20°C, МПа (Y_4)

Поверхня функції відклику Y_5 в залежності від в'язкості дьогтю (X_1) та концентрації полівінілхлориду (X_2) проходить через екстремум (рис.5, а): для в'язкості $C_{30}^{10} = 50$ с (X_1) він спостерігається при 1,4 % ПВХ (X_2) і дорівнює 0,93 МПа (Y_5); при $C_{30}^{10} = 170 - 250$ с (X_1) тільки при 1,4 % ПВХ (X_2) досягаються екстремальні значення 1,0 – 1,02 МПа (Y_5). З деревним гідролізічним лігніном Y_5 відповідає граничному значенню (не менше 1 МПа) при концентраціях 1 – 2 % ПВХ (X_2) і 22 - 26 % ДГЛ (X_3) (рис. 5, в).

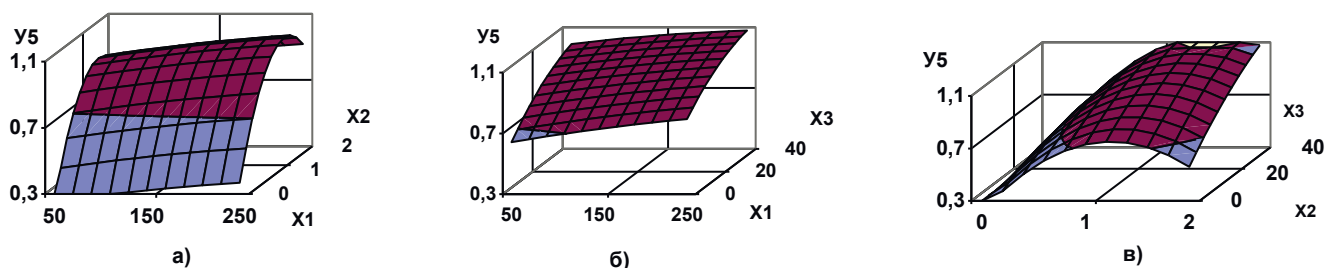


Рис. 5. Діаграма для границі міцності дьогтеполівінілхлориду на стиск при 50°C, МПа (Y_5)

Границя міцності дьогтеполімербетону на стиск при 0°C (Y_6) перевищує граничне значення (не більше 12 МПа) лише при 1,8 % ПВХ (X_2) з 40 % ДГЛ (X_3) та при 2 % ПВХ (X_2) з 34 – 40 % ДГЛ (X_3) за будь – яких значень умовної в'язкості кам'яновугільного дьогтю (X_1) (діапазон варіювання: від $C_{30}^{10} = 50$ с до $C_{30}^{10} = 250$ с) (рис.6).

Коефіцієнт тривалої водостійкості (Y_7) відповідає граничному значенні функції відклику (не менше 0,8) для умовної в'язкості дьогтю $C_{30}^{10} = 130 - 250$ с (X_1) при

1,0 - 1,2 % ПВХ (X_2) (рис.7, а). З активним дисперсним наповнювачем зазначена умова виконується лише при 0,5 % + 22 - 36 % ДГЛ (X_3) (рис. 7,в).

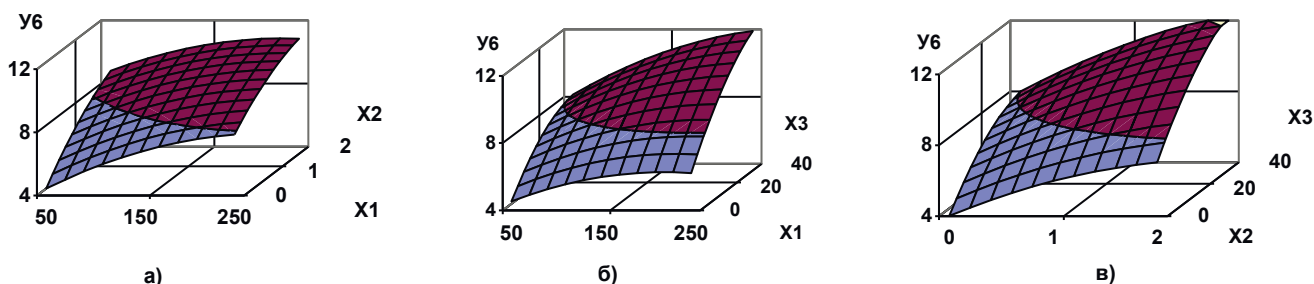


Рис. 6. Діаграма для границі міцності дьогтеполівінілхлориду на стиск при 0°C, МПа (Y_6)

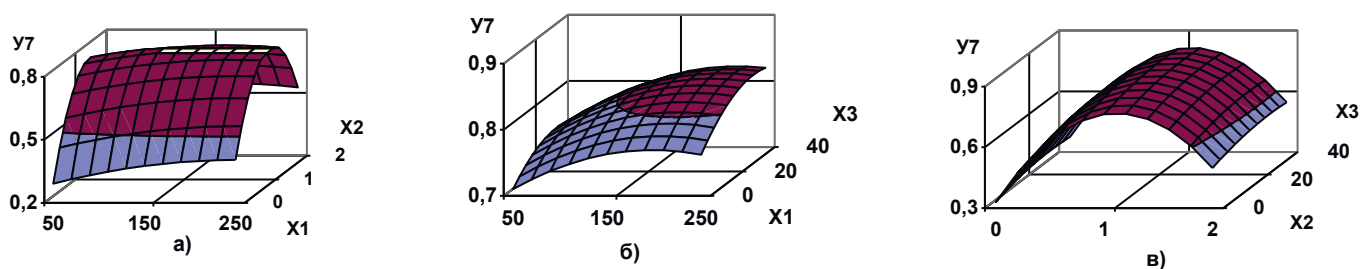


Рис. 7. Діаграма для коефіцієнта тривалої водостійкості дьогтеполімербетону (Y_7)

Екстремум поверхні функції відклику для відношення границі міцності зсуву в'язучого до напруження сталої течії (Y_8) спостерігається при умовній в'язкості дьогтю $C_{30}^{10} = 150$ с (X_1) за будь-яких концентрацій ПВХ (X_2) (рис. 8,а), а умова щодо граничного значення $Y_8 = 1,1 - 1,4$ виконується при 1,8 - 2,0 % ПВХ (X_2) для всього діапазону в'язкості від $C_{30}^{10} = 50$ с до $C_{30}^{10} = 250$ с (X_1) (рис. 8, а). З урахуванням деревного гідролізного лігніну поверхня проходить екстремум при 1% ПВХ (X_2) при всіх значеннях ДГЛ (X_3), а $Y_8 = 1,1 - 1,4$ при 0 - 2 % ПВХ (X_2) + 28 - 40 % ДГЛ (X_3) (рис. 8, в).

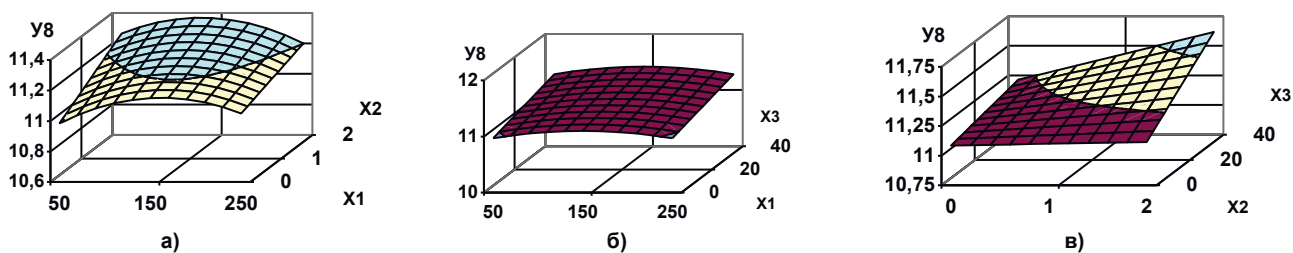


Рис. 8. Діаграма для відношення границі міцності зсуву в'язучого до напруження сталої течії (Y_8)

Отже, враховуючи граничні значення функцій відклику всіх параметрів оптимізації ($Y_1 - Y_8$), можна зазначити, що оптимальною системою «кам'яновугільний дьоготь – полівінілхлорид – деревний гідролізний лігнін» буде при умовній в'язкості дьогтю (X_1) $C_{30}^{10} = 170 - 250$ с, масовій концентрації полівінілхлориду (X_2) 1,4–1,6 % ПВХ та масовій концентрації деревного гідролізного лігніну (X_3) 22 – 26 % ДГЛ.

Висновки. Результати досліджень підтвердили доцільність укріплення основ автомобільних доріг з горілої породи терикону шахти «Мушкетівська» комплексним кам'яновугільним в'язучим.

Доведено, що оптимальними концентраціями полівінілхлориду в кам'яновугільних дьогтях є 1,4–1,6 % ПВХ, а деревного гідролізного лігніну — 22 – 26 % ДГЛ. В'язкість вихідного кам'яновугільного дьогтю становить $C_{30}^{10} = 170 - 250$ с.

Під час виробництва такого в'язучого зменшуються забруднення навколишнього середовища та поліпшуються умови праці (леткі фракції кам'яновугільного дьогтю будуть частково поглинатися введеними полімером та активним дисперсним наповнювачем).

Використання горілих порід шахтних териконів у дорожньому будівництві дасть можливість вирішити декілька проблем, в тому числі:

- в процесі розробки частина породних відвалів буде розібрана, що суттєво знизить екологічну напругу;
- замінити і заощадити високовартісну природну сировину;
- в результаті розробки породних відвалів будуть звільнені значні території, які можна використовувати в різних галузях народного господарства або в цілях рекреації.

Список літератури

1. Кочура В.В. Утилізація відвалів вуглевидобутку з отриманням окатишів і аглопориту / В.В. Кочура, Н.В.Папуна, В.Ф. Сорокін // Проблеми екології. – 2010. - № 1-2. – С. 128 – 135.
2. Коваленко Л.И. Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов /
3. Л.И. Коваленко, Н.П. Омельченко // Проблеми екології. – 2009. - № 1-2. – С. 16 – 19.
4. Смирный М.Ф. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса / М.Ф. Смирный, Л.Г. Зубова, А.Р. Зубов. - Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2006. - 232 с.
5. Макеєва Д.О. Екологічна небезпека породних відвалів та шляхи вирішення проблеми /
6. Д.О. Макеєва // Проблеми екології. – 2013. - № 1 (31). – С. 43 – 48.
7. 5.Выборов С.Г. Экологические последствия структурно – вещественных преобразований
8. отвальных пород терриконов / С.Г. Выборов, Ю.А. Проскурня, А.А. Силин // Наукові праці ДонНТУ. Сер. «Гірничо – геологічна». – 2010. – Вип. 11 (161). – С. 155 – 160.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Колесником В.Є.
Надійшла до редакції 25.02.2015*