

УДК 691.535

СУХІ КЛЕЄВІ СУМІШІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАНІТНОГО АСПІРАЦІЙНОГО ПИЛУ

СУХИЕ КЛЕЕВЫЕ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНИТНОЙ АСПИРАЦИОННОЙ ПЫЛИ

DRY ADHESIVE MIXES USING GRANITE ASPIRATION DUST

Марчук В.В., к.т.н., ст. викладач, Дворкін Л.Й., д.т.н., проф., Хилюк Л.Г., студент, (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Марчук В.В., к.т.н., ст. преподаватель, Дворкин Л.И., д.т.н., проф., Хилюк Л.Г., студент, (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

Marchuk V.V., candidate of technical sciences, Senior Lecturer, Dvorkin L.J., doctor of technical sciences, professor., Khyliuk L.H., student, (National University of Water Management and Nature Resources, Rivne)

Наведені результати експериментальних досліджень клейових розчинів на основі сухих будівельних сумішей з використанням гранітного аспіраційного пилу. Показана можливість отримання таких розчинів та запропоновані їх склади. Наведені і проаналізовані експериментально-статистичні моделі технологічних та фізико-механічних властивостей розчинових сумішей та розчинів, показано шляхи їх покращення.

Приведены результаты экспериментальных исследований клеевых растворов на основе сухих строительных смесей с использованием гранитной аспирационной пыли. Показана возможность получения таких растворов, предложены их составы. Приведены и проанализированы экспериментально-статистические модели технологических и физико-механических свойств растворных смесей и растворов, показаны пути их улучшения.

In this study, the results of experimental research on adhesive mortars based on dry mixtures with the use of granite aspiration dust are given and shown the possibility of the industrial release. In the conditions of shortage of energy resources, gradual exhaustion of natural raw materials, aggravation of environmental problems, an important direction in the production of building mixtures is the development of mixes with waste materials from

various industries. Dry building mixtures are filled with industrial waste (granulated blast-furnace slag, fly ash, granite aspiration dust, etc.), have a number of positive features. They are characterized by low cost, their production is less energy-intensive, allows us to dispose of accumulated waste, to reduce harmful emissions into the atmosphere. Research on building mortars is carried out in the system of "portland cement - granite aspiration dust - sand - chemical additives". Based on the obtained data, experimental and statistical models of physical and mechanical properties of fresh and hardened mortar are constructed and analyzed, ways of optimizing their compositions and improving the properties of mortars are given. According to research results, rational compositions dry building mixtures for adhesive mortars are offered. It is established that the use of aspiration dust and named additives provide high standardised parameters dry building mixtures for adhesive mixtures and mortars, including plasticity, adhesion strength, compressive strength and others at the low level of cement consumption. Fresh mortar mixtures have an prolonged workable life.

Ключові слова:

Гранітний пил, будівельний розчин, міцність, ефір целюлози редиспергований полімерний порошок.

Гранитная пыль, строительный раствор, прочность, эфир целлюлозы редиспергируемый полимерный порошок.

Granite dust, mortar, strength, cellulose ether, redispersible powder polymer powder.

Вступ. Одне з провідних місць в будівельній галузі на даний час належить розчинам на основі сухих будівельних сумішей (СБС), використання яких сприяє підвищенню продуктивності праці і якості робіт, зниженню витрат на транспортування і зберігання, скороченню технологічних операцій. Це вигідно відрізняє їх від традиційних будівельних розчинів. Можливість управління основними властивостями СБС шляхом зміни вмісту різних компонентів і модифікаторів, створює широкий асортимент таких матеріалів і тим самим дозволяє використовувати їх при виконанні всіх видів робіт.

Стан питання та задачі дослідження. Сучасна будівельна галузь у зв'язку з обмеженістю природних ресурсів потребує більш широкого залучення енергоефективних матеріалів техногенного походження. До складу сухих сумішей входить зазвичай дисперсний наповнювач, як правило карбонатний. Однак як показано рядом досліджень [1-3] в якості наповнювача може з успіхом використовуватися гранітний пил, який вловлюється аспіраційними системами на каменеподрібноувальних та каменепереробних підприємствах. Це робить можливим використання

величезної кількості відходів, що утворюються в процесі промислового виробництва при переробці граніту. Висока дисперсність пилу сприяє не тільки значному поліпшенню реологічних і технологічних властивостей цементних і композиційних матеріалів, але також формуванню щільної структури за рахунок рівномірного розподілу часток пилу між зернами в'язучого і заповнювача і активізації кристалізаційних процесів [4].

Мета досліджень полягала у обґрунтуванні доцільності використання гранітного пилу у клейових сумішах, а також дослідженні впливу факторів складу на їх властивості.

У якості вихідних матеріалів використовували:

- портландцемент ПЦ-I-500, виробництва "Волинь-цемент" філія ПАТ "ДЦУ", мінералогічний склад клінкеру наступний: $C_3S - 57,10\%$, $C_2S - 21,27\%$, $C_3A - 6,87\%$, $C_4AF - 12,19\%$;
- гранітний аспіраційний пил ТзОВ «ККНМ «Технобуд» з $S_{пит} = 240 \text{ м}^2/\text{кг}$;
- карцовий пісок Славутського кар'єру (Хмельницька обл.) з $M_{кр} = 1,95$; вміст пилуватих і глинистих часток, $0,8\%$;
- водоутримуюча добавка (ВУ) – ефір целюлози WeKcelo MP 75 НМ, в'язкість 2-% розчину 33000...38000 МПа·с (за Хьоплером), вміст активної речовини не менше 91,5%, вміст NaCl не більше 1,5%;
- редиспергований полімерний порошок (РПП) – Neolith P 4400.

Методика досліджень та результати. Для визначення доцільності використання гранітного пилу як компоненту клейових сумішей та вивчення впливу факторів складу сумішей на основні властивості будівельних розчинів були проведені експерименти відповідно до трирівневого трифакторного плану B_3 [5]. Змінними факторами вибрано: вміст гранітного аспіраційного пилу (ГАП) ($X_1 = 200 \pm 50 \text{ кг}$), вміст водоутримуючої добавки WeKcelo MP 75 НМ (ВУ) ($X_2 = 2 \pm 0,5 \text{ кг}$) та полімерного порошку – Neolith P 4400 (РПП) ($X_3 = 7 \pm 1 \text{ кг}$). Розчинові суміші виготовляли згідно ДСТУ Б В.2.7-126-2011. Витрати потландцементу та води в усіх точках плану були сталими і становили 200кг та 200л на 1т СБС відповідно. Рухомість розчинових сумішей за зануренням еталонного конуса (ЗК, см) знаходилась в межах 5...8см. Як вихідні параметри вибрано термін придатності, міцність при стиску та згині, а також адгезійну міцність розчину, що містить від 150 до 250 кг ГАП. Термін придатності визначають часом втрати рухомості. Рухомість, водоутримувальну здатність розчинових сумішей визначали згідно ДСТУ Б В.2.7-239. Границю міцності клейового розчину на згин та стиск, адгезійну міцність визначали згідно з ДСТУ Б В.2.7-126-2011 у віці 28 діб. Матриця планування та отримані експериментальні результати приведені в табл.1. У чисельнику наведені кодовані, а в знаменнику натуральні значення факторів відповідно. Статистична обробка експериментальних даних дозволила отримати рівняння регресії досліджуваних параметрів (f_m^{28} , $f_{m,tf}^{28}$, f_{adh}), з кодованими змінними.

Таблиця 1

Матриця планування та експериментальні результати досліджень

№ п/ п	Значення факторів			ЗК, см	Термін придатно сті, хв.	Міцність на згин, f_{tf}^{28}	Міцність на стиск, f_m^{28}	Адгезійна міцність f_{adh}
	X ₁	X ₂	X ₃					
	ГАП	ВУ	РПП					
1	$\frac{+1}{250}$	$\frac{+1}{2,5}$	$\frac{+1}{9}$	8	110	3,9	12,4	1,85
2	$\frac{+1}{250}$	$\frac{+1}{2,5}$	$\frac{-1}{5}$	7,5	100	3,4	11,3	1,31
3	$\frac{+1}{250}$	$\frac{-1}{1,5}$	$\frac{+1}{9}$	6,5	95	4,3	13,3	1,95
4	$\frac{+1}{250}$	$\frac{-1}{1,5}$	$\frac{-1}{5}$	6	90	3,6	12,3	1,48
5	$\frac{-1}{150}$	$\frac{+1}{2,5}$	$\frac{+1}{9}$	6	140	3,0	7,6	1,15
6	$\frac{-1}{150}$	$\frac{+1}{2,5}$	$\frac{-1}{5}$	5,5	130	2,6	6,4	0,72
7	$\frac{-1}{150}$	$\frac{-1}{1,5}$	$\frac{+1}{9}$	5,5	130	2,8	8,2	2,10
8	$\frac{-1}{150}$	$\frac{-1}{1,5}$	$\frac{-1}{5}$	5	120	2,3	7,4	0,81
9	$\frac{+1}{250}$	$\frac{0}{2}$	7	6,5	105	3,9	12,8	1,73
10	$\frac{-1}{150}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{7}$	5,5	115	2,5	7,3	0,89
11	$\frac{0}{200}$	$\frac{+1}{2,5}$	$\frac{0}{7}$	7,5	110	3,1	8,5	1,35
12	$\frac{0}{200}$	$\frac{-1}{1,5}$	7	6,5	95	2,9	9,6	1,43
13	$\frac{0}{200}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{+1}{9}$	7	125	3,2	9,9	1,72
14	$\frac{0}{200}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{-1}{5}$	6	115	2,7	8,7	1,23
15	$\frac{0}{200}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{7}$	5,5	120	3,1	9,2	1,34
16	$\frac{0}{200}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{7}$	5,5	120	3,0	9,2	1,37
17	$\frac{0}{200}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{7}$	5,5	120	3,1	9,1	1,3

Експериментально-статистичні моделі міцнісних параметрів клейових розчинів наведені нижче:

Міцність клейових розчинів на стиск у віці 28 діб

$$f_m^{28} = 9,24 + 2,52 \cdot x_1 - 0,46 \cdot x_2 + 0,53 \cdot x_3 + 0,8 \cdot x_1^2 - \quad (1)$$

$$-0,2 \cdot x_2^2 + 0,05 \cdot x_3^2 - 0,04 \cdot x_1 x_2 + 0,01 \cdot x_1 x_3 + 0,06 \cdot x_2 x_3$$

Міцність клейових розчинів на згин у віці 28 діб

$$f_{m,tf}^{28} = 3,02 + 0,59 \cdot x_1 + 0,01 \cdot x_2 + 0,26 \cdot x_3 + 0,22 \cdot x_1^2 + \quad (2)$$

$$+0,02 \cdot x_2^2 - 0,03 \cdot x_3^2 - 0,14 \cdot x_1 x_2 + 0,04 \cdot x_1 x_3 - 0,04 \cdot x_2 x_3$$

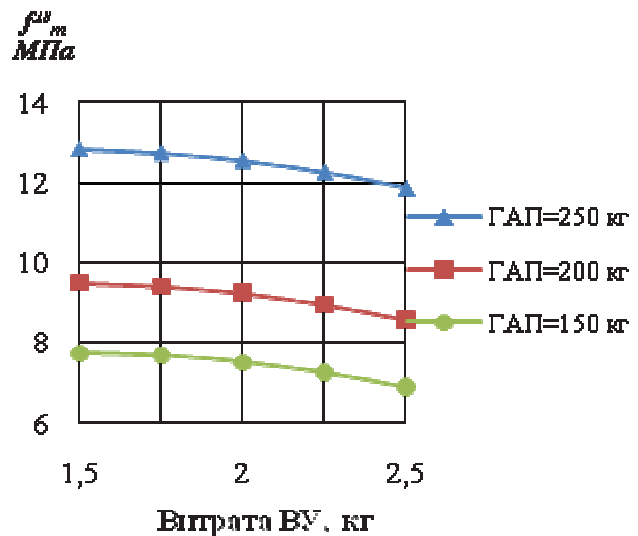
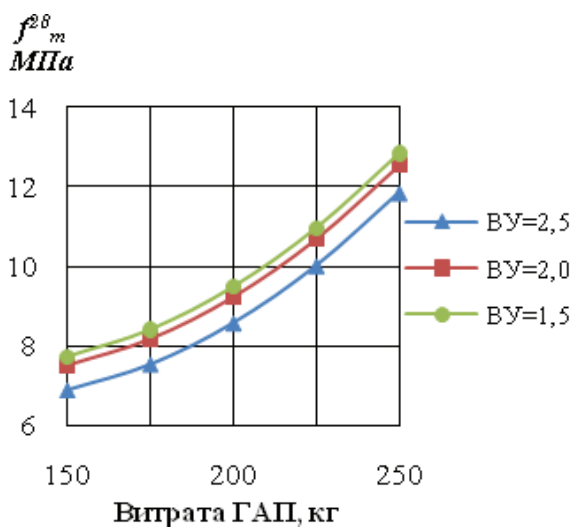
Адгезійна міцність клейових розчинів

$$f_{adh} = 1,36 + 0,26 \cdot x_1 - 0,14 \cdot x_2 + 0,322 \cdot x_3 - 0,06 \cdot x_1^2 + \quad (3)$$

$$+ 0,02 \cdot x_2^2 + 0,1 \cdot x_3^2 + 0,1 \cdot x_1 x_2 - 0,9 \cdot x_1 x_3 - 0,1 \cdot x_2 x_3$$

Аналіз отриманих моделей (1...3) показує, що у діапазоні варіювання досліджуваних факторів складу за впливом на величину міцності при стиску та згині їх можна розмістити у наступний спадаючий ряд: ГАП > РПП > ЕЦ. В свою чергу на адгезійну міцність вплив дещо інший - РПП > ГАП > ЕЦ. При цьому в обох випадках спостерігається суттєвий вплив ефектів взаємодії таких факторів, як вміст пилу та полімерного порошку, а також водоутримуючої добавки та РПП. Це дозволяє зробити висновок, що досягнення високих технологічних та міцнісних характеристик клеєвих розчинів можливе при відповідній оптимізації їх складів.

Графічні залежності міцності клейових розчинів при стиску та згині з використанням аспіраційного пилу від факторів складу наведені на рис. 1 та рис. 2 відповідно, а адгезійної міцності на рис. 3.



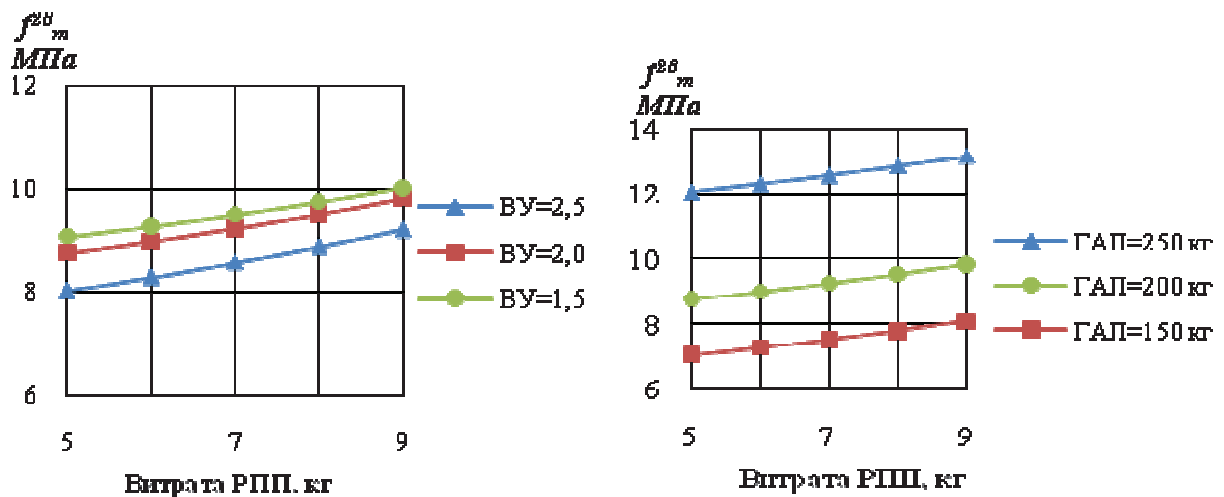


Рис. 1. Графічні залежності міцності при стиску клейових розчинів у віці 28 діб з використанням ГАП

Аналіз отриманих графічних залежностей (рис.1) свідчить про те, що у діапазоні варіювання досліджуваних факторів на міцність розчинів при стиску визначальною є витрата гранітного пилу. Збільшення вмісту якого з 150 до 250 кг дозволяє підвищувати міцність до 60%. Це пояснюється формуванням щільної структури за рахунок початкової міцності контактів, рівномірного розподілу часток пилу між зернами в'язучого і заповнювача і активації кристалізаційних процесів. Вплив добавок має менш значний ефект, при чому збільшення вмісту РПП Neolith P 4400 з 5 кг до 9 кг дозволяє підвищувати міцність розчинів на 10...15%. В свою чергу витрата водоутримуючої добавки має певну оптимальну область, що знаходиться в межах 1,5...2,0 кг, з подальшим збільшенням її вмісту у розчині, міцність дещо знижується, що пояснюється надликовою кількістю залученого повітря до складу суміші. Введення даної добавки забезпечує необхідну водоутримуючу здатність, а також дозволяє зменшити товщину необхідного клейового шару.

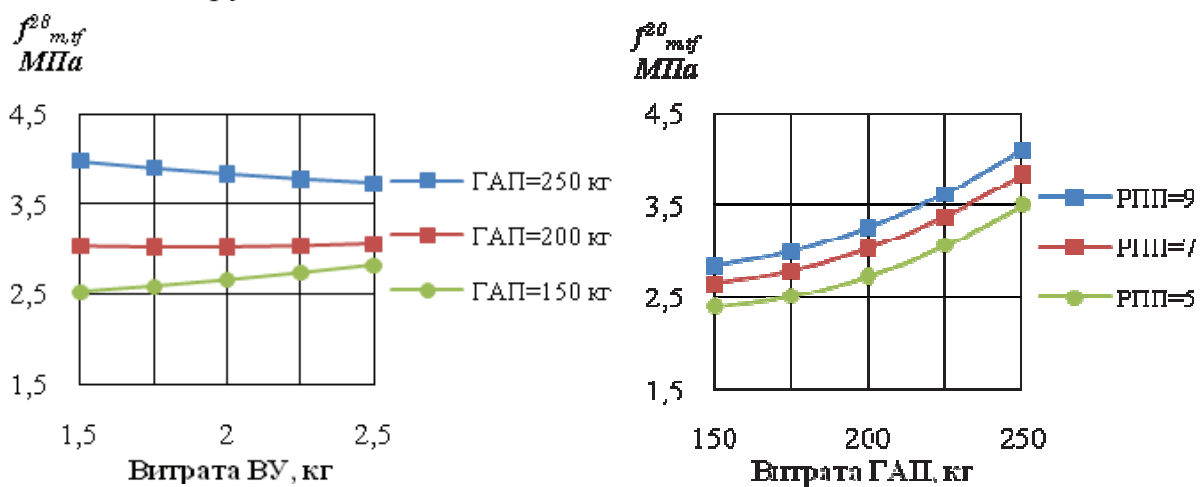


Рис. 2. Графічні залежності міцності при згині клейових розчинів у віці 28 діб з використанням ГАП

Аналізуючи отримані графічні залежності, що зображені на рис. 2 можна зробити висновок, що у межах варіювання факторів на міцність розчинів при згині визначальним є вміст гранітного пилу збільшення кількості якого з 150 до 250 кг дозволяє підвищувати міцність на 30...40%, за рахунок покращення структури розчину. Менш значний ріст міцності (15...20%) супроводжується збільшенням кількості у досліджуваному діапазоні витрат РПП. Збільшення кількості добавки «WeKselo» чинить позитивний вплив на міцність при помірній витраті до 200кг пилу, однак при подальшому збільшенні вмісту ГАП ефект зворотній.

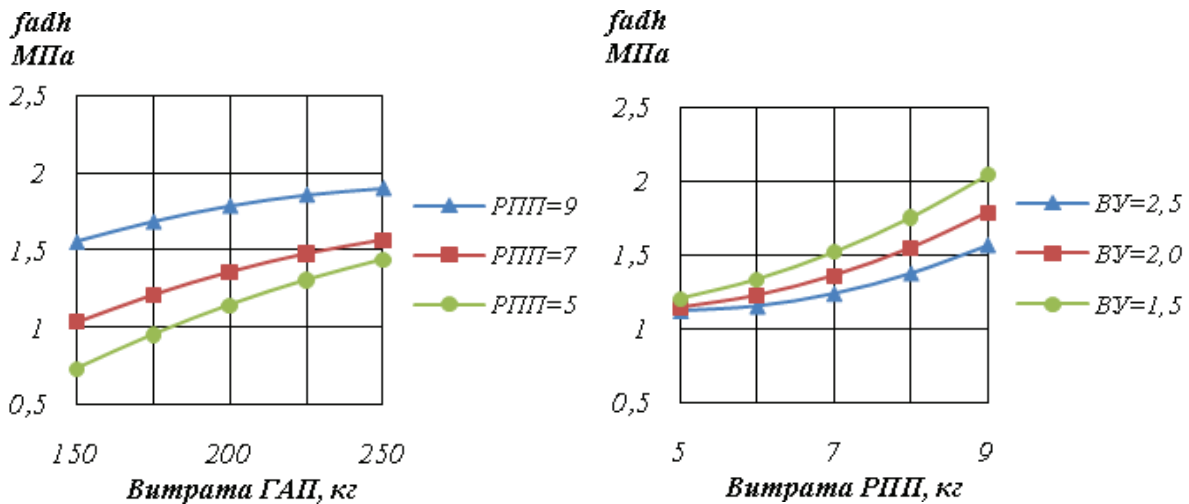


Рис. 3. Графічні залежності адгезійної міцності клейових розчинів з використанням гранітного пилу.

Аналіз отриманих даних табл. 1 та рис.3 свідчить, що застосування в клейових розчинах гранітного пилу дає можливість забезпечити в досліджуваному діапазоні достатньо високі значення адгезійної міцності 1,5...1,8 МПа, що значно перевищують нормативні. Підвищення кількості пилу у складі клейових розчинів від 150 до 250 кг також дозволяє збільшувати міцність зчеплення з основою на 25...30%. Визначальним фактором, що впливає на адгезію є вміст РПП, збільшення кількості якого з 5 кг до 9 кг за інших рівних умов дозволяє підвищити адгезійну міцність розчину в 1,5...2 рази або на 0,5...0,8 МПа.

На основі отриманих експериментальних даних були запропоновані склади клейових розчинів з використанням гранітного аспіраційного пилу (табл.2).

Таблиця 2.

Рекомендовані склади клейових розчинів

№	Вид клею	Витрати матеріалів, кг на 1т СБС				
		ПЦ	ГАП	Пісок	РПП	ВУ
1	Надміцний клей	200	250	541	7	2
2	Посилений клей	200	200	591	7	2
3	Стандартний клей	200	150	644	5	1,5

Висновки. Експериментально обґрунтована можливість отримання клейових розчинів на основі сухих будівельних сумішей при використанні в якості наповнювача гранітного аспіраційного пилу з покращеними експлуатаційними властивостями. Це пояснюється формуванням щільної структури за рахунок початкової міцності контактів, рівномірного розподілу часток пилу між зернами в'язучого і заповнювача і активації кристалізаційних процесів Введення ГАП в композиції з добавками ВУ та РПП дозволяє покращити властивості розчинових сумішей та клейових розчинів та регулювати їх для досягнення необхідних якісних показників. Комплекс отриманих експериментально-статистичних моделей міцнісних властивостей дає можливість проектувати їх склади.

1. Дворкін Л.Й. Використання техногенних продуктів у будівництві / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, К.К. Пушкарьова, М.О. Кочевих, М.А. Мохорт// НУВГП, Рівне, 2009. – 340с.

2. Дворкин Л.И., Марчук В.В. Гранитная пыль как наполнитель сухих строительных смесей / Л.И. Дворкин, В.В. Марчук // Образование, наука и производство в XXI веке: современные тенденции развития Материалы юбилейной международной конференции Могилев. С. 97-98.

3. Марчук В.В. Гранітний аспіраційний пил як компонент сухих будівельних сумішей для мурувальних розчинів / В.В. Марчук, Н.Ю. Гальчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. – Рівне, 2017. Вип. 34. С.64-70.

4. Дворкин Л. И. Цементные бетоны с минеральными наполнителями / Л. И. Дворкин, В. И. Соломатов, В. Н. Выровой, С. М. Чудновский. Под ред. Л. И. Дворкина // К.: Будивельник, 1991. – 136 с.

5. Дворкін Л.Й. Розв'язування будівельно-технологічних задач методами математичного планування експерименту / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, В.В. Житковський // Рівне: НУВГП, 2011- 174 с.

1. Dvorkin L.I. Vykorystannia tekhnohennykh produktiv u budivnytstvi / L.I. Dvorkin, O.L. Dvorkin, K.K. Pushkarova, M.O. Kochevykh, M.A. Mokhort// NUVHP, Rivne, 2009. – 340s.

2. Dvorkyn L.Y., Marchuk V.V. Hranitnaia pyl kak napolnytel sukhykh stroytelnykh smesei / L.Y. Dvorkyn, V.V. Marchuk // Obrazovanye, nauka y proyzvodstvo v XXI veke: sovremennyye tendentsyy razvytyia Materyaly yubyleinoi mezhdunarodnoi konferentsyy Mohylev. S. 97-98.

3. Marchuk V.V. Hranitnyi aspiratsiinyi pyl yak komponent sukhykh budivelnykh sumishei dlia muruvalnykh rozchyniv / V.V. Marchuk, N.Iu. Halchuk // Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy. Zbirnyk naukovykh prats. – Rivne, 2017. Vyp. 34. S.64-70.

4. Dvorkyn L. Y. Tsementnye betony s myneralnymy napolnyteliamy / L. Y. Dvorkyn, V. Y. Solomatov, V. N. Vyrovoy, S. M. Chudnovskiy. Pod red. L. Y. Dvorkyna // K.: Budyvelnyk, 1991. – 136 s.

5. Dvorkin L.I. Rozviazuvannia budivelno-tekhnolohichnykh zadach metodamy matematychnoho planuvannia eksperymentu / L.I. Dvorkin, O.L. Dvorkin, V.V. Zhytkovskyi // Rivne: NUVHP, 2011- 174 s.