

скорочення відстані між краєм циліндрів і межею плити приводить до зменшення точності рахунку. Характерним також є те, що скорочення відстані між межею плити та найближчим циліндром більш впливає на точність розрахунку ніж скорочення відстані між циліндрами.

У порівнянні з задачею, коли циліндрові порожнини задані в полупросторі (якщо межі порожнин задані в циліндричних координатах, а межа полупростору задана в декартових координатах) [7], тривалість розрахунку суттєво зменшується з той причини, що відсутні переходи між циліндричними системами. У порівнянні з розрахунком, коли межі плити задаються, як дзеркальні в циліндрових координатах [8], точність розрахунку на віддалених ділянках плити значно вища та тривалість розрахунку в декілька разів швидше. Недоліком (в тому же порівнянні) є те, що система нескінченних рівнянь є не уніфікованою та при зміні кількості елементів (порожнин або меж конструкції) система змінюється не пропорційно, та вимагає математичного отримання рівнянь.

### **Висновки**

Запропонований метод для вирішення задачі просторової теорії пружності, коли на межі циліндрової порожнини і на межах плити задані переміщення. Даний метод можна використовувати і при збільшенні числа циліндрових порожнин, в цьому випадку необхідно внести відповідні зміни у систему рівнянь (7).

УДК 691.32

**Романенко О.В.**

*Українська державна академія залізничного транспорту*

### **АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ НА ЗАВОДАХ ЗБШ УКРАЇНИ**

Виробництво залізобетону, у т.ч. залізобетонних шпал, відноситься до найбільш енергоємних галузей будівельної індустрії. В загальному балансі підприємства витрата енергії на тепловологісну обробку (ТВО) звичайно досягає 60 %, а про-

Проведені дослідження системи дають можливість стверджувати, що її рішення існує і може бути з будь яким ступенем точності знайдено методом редукції.

### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. – М.: Высшая школа, 1961. – 537с.
2. Лурье А.И. Пространственные задачи теории упругости. – М.: Техничко-теоретическая литература, 1955. – 491с.
3. Крылов В.И. и др. Вычислительные методы высшей математики. Т.1. – Минск.: Высшая школа, 1972. – 584с.
4. Ніколаєв О.Г. Узагальнений метод Фур'є в просторових задачах теорії пружності для канонічних многозв'язних тіл: Автореф. дис. д-ра фіз. - мат. наук: 01.02.04. / ДНУ. Дніпропетровськ, 1997. - 36 с.
5. Лебедев Н.Н. Специальные функции и их приложения. - М.: ГИТТЛ, 1953. - 380 с.
6. Ерофеев В.Т. Теоремы сложения: Справочник. - Минск: Наука и техника, 1989. - 256 с.
7. Мірошніков В.Ю. та інші. Визначення НДС в пружному полупросторі з циліндровими порожнинами, які задані в циліндричних системах координат та межею полупростору, яка задана в декартовій системі координат: Науковий вісник будівництва.- Вип. 2(76).- Харків: ХОТВАБУ ХНУБА.- 2014.- С.81-85.
8. Мірошніков В.Ю. та інші. Визначення тензора напруження в пружній плиті з циліндровою порожниною: Науковий вісник будівництва.- Вип. 72.- Харків: ХОТВАБУ ХНУБА.- 2013.- С.161-167.

парювальні камери займають 40–60 % виробничих площ, фондівіддача яких українська – 30–55 %. Отже, розробка і впровадження заходів із ресурсоенергозбереження у виробництві залізобетону, у т.ч. залізобетонних шпал, є актуальним завданням. В УкрДАЗТ спільно з КНУБА

## БУДІВНИЦТВО

виконуються дослідження з ресурсоенергозбереження шляхом застосування оптимальних складів бетону з комплексними хімічними та мінеральними добавками, які дозволяють знизити температуру і тривалість ТВО аж до повної відмови від неї, знизити витрату цементу, запобігти корозії бетону від взаємодії реакційно здатних заповнювачів з лугами цементу. Це можливо лише у разі застосування якісних матеріалів для бетону, тому обґрунтування вибору таких матеріалів є невід'ємною складовою загального завдання ресурсоенергозбереження.

Мета роботи – визначення характеристик матеріалів, які застосовують для ви-

робництва залізобетонних шпал, і обґрунтування вибору тих із них, що в найбільшому ступені сприятимуть ресурсоенергозбереженню.

Для виготовлення попередньо напружених залізобетонних шпал застосовують бетон класу за міцністю на стиск С32/40, марок з морозостійкості й водонепроникності не менше F200 і W6, відповідно. Передаточна міцність бетону повинна бути не меншою 32 МПа. Обсяги виробництва залізобетонних шпал, характеристики бетонної суміші й режимів ТВО, які забезпечують досягнення вказаних характеристик бетону (за станом на 2013 р.), наведені в табл.1 [1].

Таблиця 1 – Обсяги виробництва залізобетонних шпал, характеристики бетонної суміші й режимів тепловологісної обробки

Показник		Од. вимір.	Величина показника для заводів			
			ГнЗСЗБ <sup>1</sup>	КрЗЗБШ <sup>2</sup>	СтЗЗБШ <sup>3</sup>	
Річний випуск шпал	2011	тис. шт.	543,3	529,968	108,06	
	2012	"	508,39	517,28	115,72	
	2013 (I-X)	"	279,25	332,42	42,79	
Жорсткість бетонної суміші		с	14...20 (Ж2)	20...24	21...25	
Тривалість віброущільнення бетону шпал		хвилин	Не менше 3...4 (до виділення на поверхні цементного молочка)		3	1,5...3
Режим ТВО: температура; (тривалість: попередньої витримки + підйому температури + ізотермічної витримки)		°С (годин)	50...55 (2+2+1...3)	45...60 (1+1...2+1...3)	до 80 (1+3+3)	

<sup>1</sup> Гніванський завод спецзалізобетону; <sup>2</sup> Коростенський завод залізобетонних шпал;

<sup>3</sup> Старокостянтинівський завод залізобетонних шпал

Із табл.1 видно, що річний обсяг випуску залізобетонних шпал підприємствами, що постачають шпали залізницям України, складає в середньому: ГнЗСЗБ – 462 тис. шт.; КрЗЗБШ – 482 тис. шт.; СтЗЗБШ – 92 тис. шт. Ці обсяги виробництва прийнято для економічних розрахунків ефективності заходів з ресурсоенергозбереження.

В результаті вивчення заводської документації, а також результатів лабораторних досліджень встановлено основні характеристики матеріалів, які застосовують для виготовлення залізобетонних шпал [1–7]. Характеристики цементу наведені у табл.2, щебеню – у табл.3 і на рис.1, піску – у табл.4 і на рис.2.

Таблиця 2 – Характеристики цементу, застосованого у 2013 р. для виробництва залізобетонних шпал

Показник		Од. вимір.	Величина показника для цементу виробника	
			ПАТ «Волиньцемент» (Здолбунівський)	ПАТ «Євроцемент-Україна» (Балаклійський) <sup>1</sup>
Кількість цементу для виробництва шпал	ПЩ І-500Н ДСТУ Б В.2.7-46	%	100	
	який відповідає вимогам до активності (міцності) за результатами випробувань ЗЛ	"	100	
	в якому вміст вільних оксидів $Na_2O$ , $K_2O$ перевищує 0,5%	"	100	
Нормальна густина цементного тіста	за паспортами виробника	%	25,75–26,0	25,0–25,75
	за результ. випробувань ЗЛ <sup>2</sup>	"	25,75–26,5	25,0–25,75
Активність після пропарювання	за паспортами виробника	МПа	40,3–46,5	33,8
	за результ. випробувань ЗЛ	"	36,3–38,8	30,7–34,4
Активність у віці 2-х діб	за паспортами виробника	"	37,8–43,3	21,6–23
Вміст трьохкальцієвого алюмінату $C_3A$	за паспортами виробника	"	6,82–7,28	
	за результ. випробувань НЛ <sup>3</sup>	"	7,82	
Вміст триоксиду сірки $SO_3$	за паспортами виробника	"	2,19–3,08	2,0–2,6
	за результ. випробувань НЛ	"		2,6
Вміст лужних оксидів в перерахунку на $Na_2O$	за паспортами виробника	%	0,59	0,62–0,63
	за результ. випробувань НЛ	"	0,61–0,86	0,83
Вміст хлорид-іонів	за паспортами виробника	"	0,008	0,0068–0,0074
	за результ. випробувань НЛ	"		0,06

<sup>1</sup> Застосовувався лише на ГнЗСЗБ в обсязі 4,7 % від всього цементу

<sup>2</sup> заводська лабораторія; <sup>3</sup> незалежна лабораторія

Таблиця 3 – Характеристики щебеню, застосованого у 2013 р. для виробництва залізобетонних шпал

Показник для щебеню кар'єрів (родовищ)			Од. вимір.	Значення показника	
				за паспортами виробника	за результатами випробувань ЗЛ або НЛ
Вміст пилюватих, глинистих, мулистих часток у щебені фракції або суміші фракцій, постачальників	ГОВ «Гніванський гранітний кар'єр» <sup>1</sup>	5–10	%	0,5–0,8	1–1,5
		10–20	"	0,5–1	0,5–1,5
	Ладжинське кар'єроуправління <sup>1</sup>	5–20	"	0,8–0,9	1–2
		Пенізевицьке кар'єроуправління <sup>1:2:3</sup>	5–10 <sup>1</sup>	"	0–0,12
	5–25 <sup>2:3</sup>		"	0	1,5
	Самчинецьке кар'єроуправління <sup>3</sup>	5–25	"	0,8	2
	Хлистунівське кар'єроуправління <sup>1</sup>	5–10	"	0,8	1,5–2
5–20		"	0,7	1,5–2	
Вміст ліщадних та пластинчастих зерен у щебені фракції або суміші фракцій	Гніванський <sup>1</sup>	5–10	%	18–22	17–18
		10–20	"	17,8–22	15–17
	Ладжинський <sup>1</sup>	5–20	"	21–23,5	17–21
		Пенізевицький <sup>1:2:3</sup>	5–10 <sup>1</sup>	"	9,7–15
	5–25 <sup>2:3</sup>		"	17	17
	Самчинецький <sup>3</sup>	5–25	"	32	19–27
	Хлистунівський <sup>1</sup>	5–10	"	10	17–18
5–20		"	12–13	17–18	

Показник для щебеню кар'єрів (родовищ)		Од. вимір.	Значення показника		
			за паспортами виробника	за результатами випробувань ЗЛ або НЛ	
Марка за дробимістю щебеню фракції або суміші фракцій	Гніванський <sup>1</sup>		1200		
	Ладжинський <sup>1</sup>		1200		
	Пенізевицький <sup>1;2;3</sup>		1400		
	Самчинецький <sup>3</sup>		1200		
	Хлистунівський <sup>1</sup>		1200		
Морозостійкість щебеню фракції або суміші фракцій	Гніванський <sup>1</sup>	циклів	300		
	Ладжинський <sup>1</sup>	"	200		
	Пенізевицький <sup>1;2;3</sup>	"	300		
	Самчинецький <sup>3</sup>	"	300		
	Хлистунівський <sup>1</sup>	"	300		
Показник потенційно-реакційної здатності (кількість аморфних різновидів кремнезему)	Гніванський <sup>1</sup>	ммоль/л	0		
	Ладжинський <sup>1</sup>	"	0	0	
	Пенізевицький <sup>1;2;3</sup>	"	13,3	0	
	Самчинецький <sup>3</sup>	"	0		
	Хлистунівський <sup>1</sup>	"	0	25	
Насипна густина	Гніванський <sup>1</sup>	5–10	кг/м <sup>3</sup>	1330–1340	
		10–20	"	1380–1400	
	Ладжинський <sup>1</sup>	5–20	"	1375–1395	
		Пенізевицький <sup>1;2;3</sup>	5–10 <sup>1</sup>	"	1335–1390
	5–25 <sup>2;3</sup>		"	1335–1420	
	Самчинецький <sup>3</sup>	5–25	"	1364–1425	
	Хлистунівський <sup>1</sup>	5–10	"	1340–1360	
		5–20	"	1390–1405	
Істинна густина зерен	Гніванський <sup>1</sup>	кг/м <sup>3</sup>	2700		
	Ладжинський <sup>1</sup>	"	2700		
	Пенізевицький <sup>1;2;3</sup>	"	2600–2710		
	Самчинецький <sup>3</sup>	"	2600–2700		
	Хлистунівський <sup>1</sup>	"	2700		
Вологість на момент постачання	Гніванський <sup>1</sup>	5–10	%		0,5–1,5
		10–20	"		1,5–2
	Ладжинський <sup>1</sup>	5–20	"		0,5–2
		Пенізевицький <sup>1;2;3</sup>	5–10 <sup>1</sup>	"	
	5–25 <sup>2;3</sup>		"		0,5–2
	Самчинецький <sup>3</sup>	5–25	"		0,5
	Хлистунівський <sup>1</sup>	5–10	"		0,5–1
		5–20	"		0,5

<sup>1</sup> застосовується ГнЗСЗБ; <sup>2</sup> застосовується КрЗЗБШ; <sup>3</sup> застосовується СтЗЗБШ

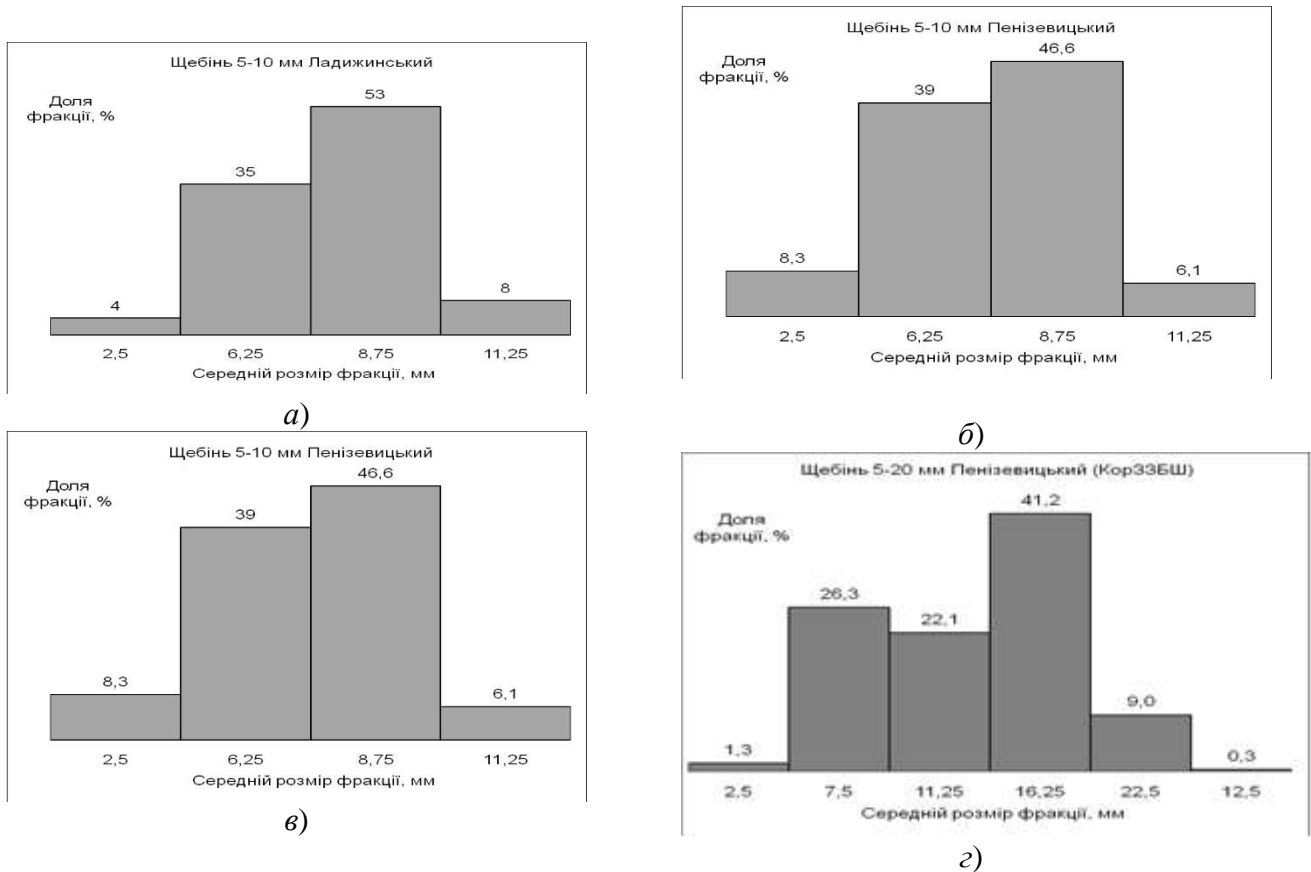


Рис.1. Гістограми розподілу за розмірами зерен щебеню, застосованого у 2014 р. для виробництва залізобетонних шпал:  
 а, б – Ладижинського кар’єра; в, з – Пенізевицького кар’єра;  
 а, в – фракції 5–10 мм; б, з – суміші фракцій 5–20 мм

Таблиця 4 – Характеристики піску, застосованого у 2013 р. для виробництва залізобетонних шпал

Показник для піску родовищ (постачальників)		Од. вимір.	Значення показника	
			за паспортами виробника	за результатами випробувань ЗЛ або НЛ
Модуль крупності	ТОВ «Гніванський гранітний кар’єр» (гранвідсів) <sup>1</sup>		2,5	2,9–3,13
	ТОВ «Полісся-Профіт» <sup>1</sup>		2	1,92–2,32
	ВКП «Явір-Інвест» – Горинь-Крупецького <sup>1</sup>		1,8–2	1,75–2,25
	Ігнатпільського <sup>2</sup>		1,5–2	
	Славутського <sup>2;3</sup>		1,5–2,5	
Вміст пилюватих і глинистих часток	Гніванського (гранвідсіву) <sup>1</sup>	%	1,5–2	1–1,5
	ТОВ «Полісся-Профіт» <sup>1</sup>	"	1,96	0,5–1,5
	Горинь-Крупецького <sup>1</sup>	"	0,7–1,1	1–2
	Ігнатпільського <sup>2</sup>	"	4	
	Славутського <sup>2;3</sup>	"	4	

Показник для піску родовищ (постачальників)	Од. вимір.	Значення показника	
		за паспортами виробника	за результатами випробувань ЗЛ або НЛ
Вміст органічних домішок	Гніванського (гранвідсіву) <sup>1</sup>	%	0
	ТОВ «Полісся-Профіт» <sup>1</sup>	«	0
	Горинь-Крупецького <sup>1</sup>	"	0
	Ігнатпільського <sup>2</sup>	"	4
	Славутського <sup>2;3</sup>	"	4
Показник потенційно-реакційної здатності (кількість аморфних різновидів кремнезему)	Гніванського (гранвідсіву) <sup>1</sup>	ммоль/л	0
	ТОВ «Полісся-Профіт» <sup>1</sup>	"	23
	Горинь-Крупецького <sup>1</sup>	"	27
	Ігнатпільського <sup>2</sup>	"	26,4–35
	Славутського <sup>2;3</sup>	"	
Насипна густина	Гніванського (гранвідсіву) <sup>1</sup>	кг/м <sup>3</sup>	1310–1355
	ТОВ «Полісся-Профіт» <sup>1</sup>	"	1300–1315
	Горинь-Крупецького <sup>1</sup>	"	1245–1270
	Ігнатпільського <sup>2</sup>	"	1420–1440
	Славутського <sup>2;3</sup>	"	1165–1260
Істинна густина	Гніванського (гранвідсіву) <sup>1</sup>	кг/м <sup>3</sup>	2700
	ТОВ «Полісся-Профіт» <sup>1</sup>	"	2640
	Горинь-Крупецького <sup>1</sup>	"	2660
	Ігнатпільського <sup>2</sup>	"	2600–2610
	Славутського <sup>2;3</sup>	"	2622–2684
Вологість	Гніванського (гранвідсіву) <sup>1</sup>	%	3–5
	ТОВ «Полісся-Профіт» <sup>1</sup>	"	4–8
	Горинь-Крупецького <sup>1</sup>	"	6–7
	Ігнатпільського <sup>2</sup>	"	3–4
	Славутського <sup>2;3</sup>	"	2,9–6,4

<sup>1</sup> застосовується ГнЗСЗБ; <sup>2</sup> застосовується КорЗЗБШ; <sup>3</sup> застосовується СтЗЗБШ;

<sup>4</sup> 100 % відповідає нормативним вимогам

Із табл.2. видно, що для виробництва залізобетонних шпал застосовують майже виключно портландцемент ПЦ І-500Н ДСТУ Б В.2.7-46 виробництва ПАТ «Волинь-цемент» (здолбунівський). Сучасний здолбунівський цемент відрізняється від цементу інших заводів найвищою активністю – 36,3–38,8 МПа після пропарювання і 37,8–43,3 МПа у віці 2 діб. Вміст трьохкальцієвого алюмінату в здолбунівському цементі складає 6,82–7,82 %, лужних оксидів в перерахунку на Na<sub>2</sub>O – 0,61–0,86 %.

Для виготовлення бетону шпал рекомендовано застосовувати портландцемент ПЦ І-500Н ДСТУ Б В.2.7-46 виробництва ПАТ «Волинь-цемент» або іншого виробника з не гіршими показниками активності.

Із табл.3, 4 і рис.1, 2 видно, що для виробництва залізобетонних шпал застосовують: як крупний заповнювач – щебінь гранітний, на ГнЗСЗБ – суміші фракцій 5–20 мм (середній розмір 17,5 мм), на КорЗЗБШ і СтЗЗБШ – суміші фракцій 5–25 мм.



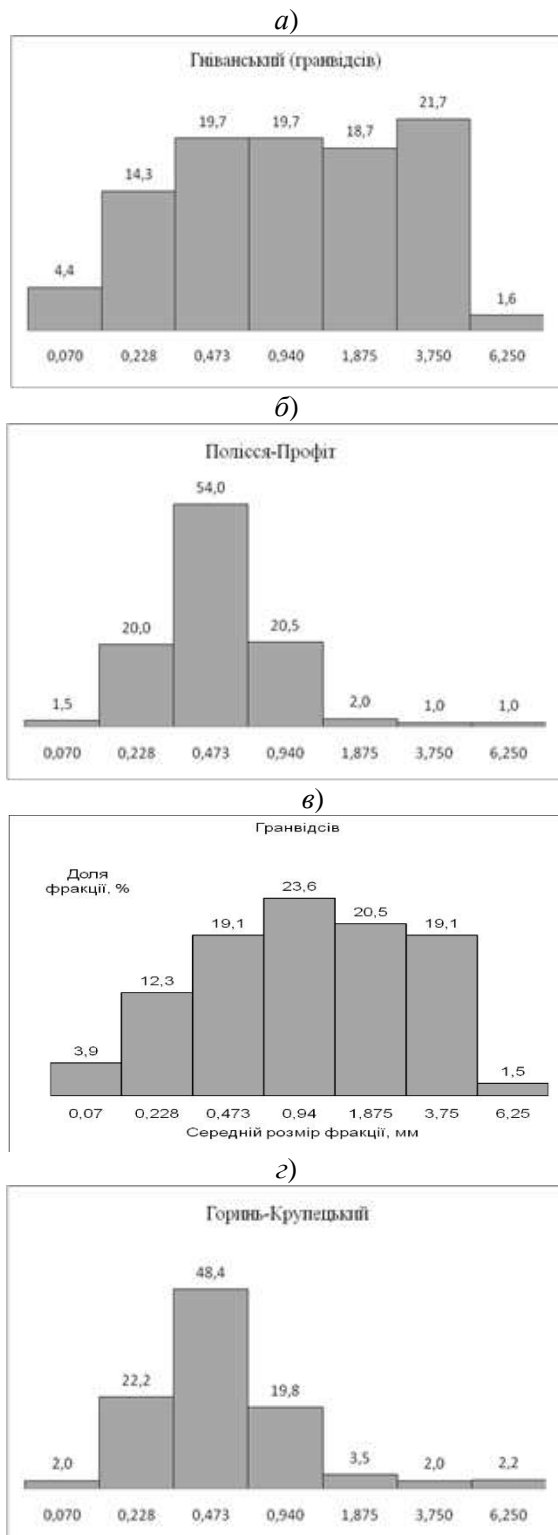


Рис.2. Гістограми розподілу за розмірами зерен піску, застосованого у 2013–14 рр. для виробництва залізобетонних шпал: а, в – Гніванського гранітного кар’єра (гранвідсів), б – ТОВ «Полісся-Профіт»; г – ВКП «Явір-Інвест» – Горинь-Крупецького; а, б, г – у 2013 р.; в – у 2014 р.

Як дрібний заповнювач – пісок кварцовий з модулем крупності 1,75–2,5 (середній розмір визначальної фракції 0,47 мм), а для збагачення (на ГнЗСЗБ) – гранітний відсів з модулем крупності 2,9–3,13 (середній розмір визначальної фракції 0,94 мм). Властивості щебеню та піску відповідають нормованим вимогам.

На ГнЗСЗБ в дослідному порядку здійснюють роздільне дозування фракцій щебеню 5–10 (середній розмір 8,8 мм) і 10–20 мм, і піску з гранвідсівом, фактично створюючи безперервну фракцію заповнювачів без визначальних окремих фракцій. Це призводить до згладжування екстремального характеру залежностей характеристик бетону від коефіцієнтів розсунення зерен щебеню цементно-піщаним розчином і зерен піску – цементним тістом (каменем), проте нівелює негативний вплив коливання фракційного складу заповнювачів і точності їх дозування.

Рекомендовано виключити для виготовлення бетону шпал застосування щебеню суміші фракцій 5–25 мм і застосовувати суміш фракцій 5–20 мм, а також продовжити дослідження із роздільного дозування заповнювачів.

### Висновки

1. Середній річний обсяг випуску залізобетонних шпал ГнЗСЗБ 462 тис. шт., КрЗЗБШ 482 тис. шт. і СтЗЗБШ – 92 тис. шт. прийнято для економічних розрахунків ефективності заходів з ресурсоенергозбереження.

2. Встановлено основні характеристики матеріалів, які застосовують для виготовлення залізобетонних шпал.

3. Як заходи ресурсоенергозбереження для виготовлення залізобетонних шпал рекомендовано застосовувати:

- портландцемент ПЦ І-500Н з активністю, не меншою 36–39 МПа після пропарювання і 38–43 МПа у віці 2 діб;

- щебінь суміші фракцій 5–20 мм і виключити застосування щебеню суміші фракцій 5–25 мм, а також продовжити дослідження роздільного дозування заповнювачів – щебеню фракцій 10–20 і 5–10 мм, гранітного відсіву та піску;

- оптимальні склади бетону, в яких забезпечені оптимальні величини структурних характеристик бетону – коефіцієнтів розсунення зерен щебеню цементно-піщаним розчином, зерен піску цементним тістом (каменем) і водоцементного відношення.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Проведення досліджень з використання хімічних добавок для зниження енергоємності виробництва залізобетонних шпал і розробка ДСТУ на шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм: Звіт з НДР / УкрДАЗТ; А.А.Плугін, А.М.Плугін, ... О.В.Романенко та ін. – Харків, 2014. – г/д №6/5-2013. – ДР№0114U006551. – Етап 1. – 34 с.; Етап 2. – 259 с.
2. Исследования основных производственных факторов, определяющих расходы цемента при изготовлении железобетонных конструкций: Отчет о НИР / А.Н.Плугин, О.А.Калинин, А.А.Плугин и др. – Харьков, 1998. – 40 с.
3. Рекомендації з виготовлення залізобетонних шпал у відповідності до ТУ У 01116472.021-97 (для Київського експериментального заводу залізобетонних шпал) / А.М. Плугін, О.А.Калінін, А.А.Плугін та ін. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – 58 с.
4. Рекомендації з удосконалення технології виробництва залізобетонних шпал у відповідності з ТУ У 01116472.021 (для Коростенського заводу залізобетонних шпал) / А.М.Плугін, О.А.Калінін, А.А.Плугін та ін. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 123 с.
5. Заключення щодо відповідності вимогам ТУ У 01116472.021 шпал залізобетонних попередньо напружених із зменшеною кількістю арматури для залізниць колії 1520 мм, що виробляються ЗАТ Кременчуцький ЗЗБШ-2 / А.М.Плугін, О.А.Калінін, А.А.Плугін та ін. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 45 с.
6. Дослідження причин виникнення тріщин у плитах безбаластного мостового полотна і розробка методичних рекомендацій із забезпечення їх тріщиностійкості. Етап 2 Обстеження технології виготовлення, натурних досліджень плит БМП при експлуатації і теоретичних досліджень механізму тріщиноутворення в плитах БМП: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – г/д №6/12-2008. – Харків, 2008. – 126 с.
7. Методика визначення оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону для конструкцій і споруд залізничного транспорту // ЦП 0224 Рекомендації із забезпечення тріщиностійкості плит безбаластного мостового полотна / УкрДАЗТ; ЦП УЗ. – Київ: Укрзалізниця, 2010. – С.15–21.

УДК 693.22

**Каржинерова Т. І., Калясников М.В.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

### УСТРОЙСТВО КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ СТЕН С УЧЕТОМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Украина располагает масштабным недоиспользуемым потенциалом энергосбережения, который по способности решать проблему обеспечения экономического роста страны сопоставим с природой производства всех первичных энергетических ресурсов.

Дефицит и дороговизна энергоресурсов, а также стремление к энергетической независимости уже давно заставили европейские страны внедрять различные шаги по энергосбережению.

Согласно последнему исследованию Международной энергетической ассоциации, среди 25-30 наиболее развитых стран Европы самый большой потенциал энергосбережения приходится на жилой фонд – 35%, на втором месте – транспорт, который дает 30%, а промышленность – лишь на третьем месте с 25%-ным потенциалом энергосбережения.

Ключевыми составляющими, которые могут обеспечить заявленные в исследова-