

**ДО ПИТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ГНУЧКОГО
БУДІВЕЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ**

**ON THE QUESTION OF THE FORMATION METHODOLOGY OF
FLEXIBLE BUILDING MATERIAL**

Трошин Є.В. ст. групи БАД-112м, ORCID: 0009-0008-6421-9163, **Назаренко О.М.** к.т.н., доц., ORCID: 0000-0003-3738-1129, **Березовська О.О.**, асп., ORCID: 0009-0004-5503-5283, **Іщенко О.Л.** ст. викл., ORCID: 0000-0002-0548-6081, **Якімцов Ю.В.** к.т.н., доц. ORCID: 0000-0001-9960-5189 (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя).

Troshin E. st. group BAD-112m, ORCID: 0009-0008-6421-9163, **Nazarenko O.** candidate of technical sciences, docent, ORCID: 0000-0003-3738-1129, **Berezovska A.**, postgraduate. ORCID: 0009-0004-5503-5283, **Ishchenko O.** senior lecturer, ORCID: 0000-0002-4152-6135, **Yakimtsov Yu.** candidate of technical sciences, docent, ORCID 0000-0001-9960-5189 (Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia):.

Потреба відновлення інфраструктури міст та ОСББ вимагає по новому подивитися на планування нового будівництва та реконструкцію старого житлового фонду. У зв'язку з цим виникає потреба розробки нових матеріалів, з новими теплотехнічними можливостями. Головні критерії компактність, пухкість, термічний опір, можливість оперативного виробництва будівельного матеріалу на будівельному майданчику. Стандартні методики досліджень дозволяють провести базові вишукування, але ж наявність термічних шкафів з програмованою електронікою дозволить прискорити наукові дослідження по визначенню міцності. У випадку наявності технопарків, промислових потужностей виникає можливість залучення вторинних відходів виробництва для покращення фізико хімічних властивостей будівельних матеріалів. Додавання мікрокремнезему та каоліну може істотно покращити хімічну формулу матеріалу. Звісно, що потребує питання доробки композиційно фракційного складу продукту, та зараз питання зниження собівартості продукту та можливості крупновузлової збірки конструкцій в умовах військової агресії.

Застосування теплотехнічних розрахунків для окремих конструкцій дозволяє вилучати та аналізувати оптимальні варіанти по тепловій модернізації. Будинки 1990-2000 років більш привабливі в плані термічної стійкості. Покроковий аналіз шляхів енергозбереження та подальших розрахунків дозволяє обирати кращі теплотехнічні рішення.

Фактор оптимізації є окупність будівельних проектів та можливості впровадження грантових коштів для реалізації термомодернізації. Потребує оновлення застарілі будівельні огорожувальні елементи ОСББ та виникає візуалізація та моделювання нових будівельних конструкцій та матеріалів.

The need to restore the infrastructure of cities and condominiums requires a new look at the planning of new construction and the reconstruction of the old housing stock. In this connection, there is a need to develop new materials with new thermal engineering capabilities. The main criteria are compactness, looseness, thermal resistance, the possibility of prompt production of building material on the construction site. Standard research methods allow for basic searches, but the presence of thermal cabinets with programmable electronics will speed up scientific research on strength determination. In the case of the presence of technology parks and industrial facilities, there is an opportunity to attract secondary production waste to improve the physical and chemical properties of building materials. The addition of microsilica and kaolin can significantly improve the chemical formula of the material. Of course, what is needed is the issue of finalizing the compositionally fractional composition of the product, and now the issue of reducing the cost of the product and the possibility of large-unit assembly of structures in conditions of military aggression.

The application of thermal engineering calculations for individual structures allows to select and analyze optimal options for thermal modernization. Houses of 1990-2000 years are more attractive in terms of thermal stability. A step-by-step analysis of ways to save energy and subsequent calculations allows you to choose the best heat engineering solutions. The optimization factor is the payback of construction projects and the possibility of implementing grant funds for the implementation of thermal modernization. Outdated building enclosing elements of condominiums need updating, and visualization and modeling of new building structures and materials is emerging.

Ключові слова: генерація, будинок, термомодернізація будівлі, мікрокремнезем, технологія вспучення, методологія, конструкції, розрахунок, дослідження, інвестиції
generation, building, thermal modernization of the building, microsilica, swelling technology, methodology, structures, calculation, research, investment

Вступ. З всіх видів природних ресурсів, виробленої енергії, вартості праці, погіршення екологічної обстановки поряд з великим обсягом техногенних відходів і невикористаних відходів кар'єрних розробок нерудних порід, що накопичилися, поставило в ряд першочергових і актуальних

завдань застосування безвідходних технологій зі збереженням чистоти навколишнього середовища, економії транспортні витрати.

Вирішення таких завдань має будуватися на основі використання екологічно чистих малоенергоенергоємних технологій, що виключають сушіння сировинних матеріалів та випалювання виробів із супутніми викидами газових сумішей та використання місцевих сировинних природних матеріалів. Особливо актуально нині стає розробка ресурсозберігаючих технологій, які потребують кардинальної реконструкції підприємств будівельної промисловості. У зв'язку з цим використання техногенних відходів, таких як золи, шлаки, мінеральні пилю газоочистки, та дешевих місцевих сировинних матеріалів та створення на їх основі нових будівельних матеріалів є актуальним.

Близько 45% всіх експлуатованих родовищ промисловості нерудних будівельних матеріалів посідає частку карбонатних порід. Досвід розвинених країн свідчить, що вапнякові породи, зокрема дрібнозернисті відходи подрібнення вапняків, широко використовують у різних галузях промисловості. При видобутку карбонатних порід приблизно 30-35% утворюється карбонатних відсівів. У зв'язку зі спадом виробництва вапна, цементу, сільськогосподарського виробництва, споживання цих відходів знизилося більш ніж на 60%, що сприяє великому накопиченню карбонатних відсівів у відвалах. Карбонатні відходи мають знижену енергоємність на помел, оскільки фракції 5 мм містять близько 40% тонкодисперсних частинок. Хімічна та кристалографічна природа з-Потреба енергоощадності будинку створює передумови розробки шляхів для дослідження щільності, пористості та розмірів будівельних матеріалів. При необхідності проводяться експериментальні роботи з дослідними матеріалами. Пошук можливостей грантових коштів на дослідження ефективності матеріалу дозволяє знаходити креативні рішення по структурі для кожного огорожувального елементу.

Аналіз останніх досліджень. Питання забезпечення енергоефективності житлових будівель є стратегічним напрямом розвитку будівельної галузі в Україні та економіки в цілому. У зв'язку з необхідністю економії енергії і теплоізоляції у країнах ЄС пішли шляхом розробки спеціальних директив, призначених для стандартизації в країнах-членах ЄС будівельних нормативів з підвищення енергоефективності будівель [5].

Дослідження, які проводили вчені А.П. Приходько, Н.В. Шпирько, А.М. Гришко, Ю.Н. Вечер, О.А. Зорина, А.П. Погостнов, Л.С. Савін, А.А. Салей, Ю.Л. Савін показали, що не всі можливості використані та є напрямки нових поствійськових матеріалів, які можуть набути актуальність.

Застосування програмних комплексів дозволяє прискорити моделювання геометричних та теплотехнічних параметрів матеріалів, ущільнювачів, інсоляцію огорожень та тепловий баланс будинку Застосування програмних комплексів дозволяє прискорити моделювання геометричних та

теплотехнічних параметрів матеріалів, ущільнювачів, інсоляцію огорожень та теплові виділення мешканців будинку.

У нормальних умовах шлаки не виявляють ранньої гідравлічної активності і щоб ця активність проявилася необхідно ввести в гідратуючу систему сульфатні, лужні або лужноземельні компоненти [14, 17]. Гідравлічна активність шлаку залежить також від мінералогічного та фазового складу, дисперсного стану.

У Київському НДІ в 70-х роках сприяла розвиток теорія термодинамічного і термохімічного синтезу твердого тіла шляхом конденсації гідратованих дисперсних систем, що включають розчинні їдкі луги. Що дозволило пояснити гідравлічні в'язучі властивості у сполук лужних металів, зокрема літію, натрію та калію [11]. Розроблено теоретичні засади технології одержання бетонів контактного твердіння, що дозволило суттєво розширити сировинну базу будівництва за рахунок масового використання місцевих дисперсних ґрунтів, силікатних та лужних відходів важкої промисловості. Шлаки мають приховані властивості, які з'являються у них під впливом механічних, хімічних, гідротермальних і гідравлічних факторів [3].

Існують фізичні процеси формування техногенних сумішей для можливої технологічної переробки в будівельний продукт.

1. Механічна активація – підвищення дисперсності шлаків при помелі.
2. Хімічна активація - введення в шлакові в'язучі речовини, що збуджують гідравлічну активність шлаків.
3. Гідротермальна активація – оброблення в вологій середовищі при підвищенні температури та підвищеному тиску.
4. Гідравлічна активація – поглиблення гідратаційних процесів при ламінарному або турбулентному перемішуванні шлакових суспензій

Механічна активація шлаку зводиться для його тонкого подрібнення до $S_{\text{пит}} = 300-500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Зі збільшенням дисперсності активність шлаків зростає, це пояснюється як збільшенням поверхні контакту в системі «в'язуче - вода», так і аморфізацією інертних кристалів, прискоренням та підвищенням розчинності колоїдних фракцій твердої фази.

За даними [1,2,4], зі збільшенням питомої поверхні з 230 до 300 $\text{м}^2/\text{кг}$ активність шлакових в'язучих зростає на 35-40%, з 430 до 550 $\text{м}^2/\text{кг}$ - на 30-40%. Відповідно до досліджень Волженського А.В. збільшення дисперсності з 200 до 400 $\text{м}^2/\text{кг}$ призводить до активізації шлакових в'язучих в 1,5 -2 рази. Подальше збільшення $S_{\text{пит}}$ до 600 $\text{м}^2/\text{кг}$ мало впливає на активність, а підвищення питомої поверхні понад 600 $\text{м}^2/\text{кг}$ призводить до зниження властивостей міцності шлакових в'язучих.

Створення точної класифікації пуцолан виявляється складним, оскільки ця загальна назва включає матеріали, які дуже відрізняються терміни хімічного складу, мінералогічної природи та геологічного походження та які

є пов'язані лише загальною властивістю, яку вони повинні вступати в реакцію і тверднути при змішуванні з вапном і водою.

Пірокластичні породи є результатом вибухових вивержень вулканів, які викидають дрібні частинки розплавленої магми в атмосферу. Швидке зниження тиску, що відбувається під час виверження призводить до вивільнення газів, спочатку розчинених у рідкій магмі. Як внаслідок цього кожна частинка міститиме низку мікроскопічних бульбашок і проток, що утворюються мікропориста структура. Одночасно частинки піддаються процесу гасіння, що відповідає за їх склоподібний стан. Матеріал може бути нанесений або на землі або у воді. Як правило, ґрунтові відкладення, які є пухкими та неоднорідними, складаються з попелу, змішаного з уламками, що походять від стін вулканічної протоки або магми вулкану.

Пуццолан покращує стійкість будівельних розчинів, які піддаються впливу сульфату натрію та магнію. Як приклад, заміна 20-40 відсотків компоненту з низьким вмістом вапна зола для 12,0% портландцементу С3А зменшує розширення розчинів під впливом до розчину, що містить 4,3% сульфату магнію та 2,5% сульфату натрію.

Крім того, міцність золошлакових цементних розчинів з часом зростала (як мінімум до 6 місяців), тоді як вихідного портландцементного розчину почало знижуватися через 2 місяці. Розширення застосування також було зменшено завдяки заміні середнього класу Нme (13,3 відсотка). СаО летючої золи для 35 відсотків 12,8 відсотка портландцементу С3А. Однак це все одно було значно вище, ніж у високо-сульфатостійкого портландцементу (1,3 відсотка). Звичайно, початкові умови твердіння бетону впливають на сульфатостійкість бетону суміші, що містять пуццолан, а також простий портландцемент.

Змінюється склад і мікроструктура бетону. Додавання пуццоланового матеріалу в портланд цемент змінює швидкість реакції, мінеральний склад і мікроструктуру будівельних розчинів, піддані впливу розчинів сульфату натрію або магнію. Таблиця 2 показує, що по збільшенню заміни пуццоланового матеріалу на портландцемент, еtringіт, гіпс і вміст гідроксиду кальцію зменшується, коли будівельні розчини піддаються впливу розчину сульфату натрію, при цьому знижується портландит і збільшується вміст гіпсу і бруситу розчини занурюють у розчин сульфату магнію.

Таблиця 1.

Коефіцієнт теплопровідності матеріалів для розрахунку опору теплопередачі перекриття над неопалювальним підвалом

№ шару	Найменування матеріалу	Товщина шару, м	Коефіцієнт теплопровідності Вт/м×К
1	Плита залізобетонна	0,22	2,04
2	Лаги	0,04	0,14
3	Дерев'яна підлога	0,035	0,14

У присутності летючої золи, еtringіту, гіпсу та утворення тріщин затримується, оскільки пуцоланова реакція зменшує вміст портландиту та проникність пасти. SEM дослідження зольних цементних розчинів, що зберігалися в розчині сульфату натрію, показало, що розчинів при зануренні в розчині сірчаної кислоти і сульфату на 1 рік кристали еtringіту розвиваються в порожнечах і що початкове заповнення супроводжується при підвищенні міцності будівельних розчинів на вигин. Кристали еtringіту продовжують рости і спричинити розтріскування та втрату міцності зразка.

Після витримки протягом 1 року зразки руйнували і під SEM виявляли еtringіт кристали, що заповнювали порожнечі, мали розміри 15-25 мкм на 2-3 мкм. Кристали гіпсу були локалізовані в тріщинах, де вони утворили блоки розміром 30-150 Дж. У затверділих бетонах, підданих впливу 5% розчину Na_2SO_4 , глибина зразка, в якому кристали еtringіту заповнювали повітряні порожнечі зменшуватися зі збільшенням вмісту золи-винесення до 50 відсотків. На відміну від простого цементу будівельні розчини, будівельні розчини, виготовлені з 15-відсотковим кремнеземним цементом і зберігаються в 5-відсотковому Na_2SO_4 розчин не виявив жодних продуктів корозії в порах, таких як спостережувані в поверхню зламу.

Атака сульфату магнію в середньому (5,3%) портландцементі С3А призвела до поверхневе осадження подвійного шару, що складається з бруситу (40-120 мкм) і гіпсу (20-70 Дж) і кілька внутрішніх шарів гіпсу.

Мікроструктура пасти цементу, що містить 10 відсотків кремнезему суттєво відрізняється, оскільки за поверхневим подвійним шаром слідував сусідній М-S-H (або з високим вмістом Mg C-S-H), тоді як внутрішні шари гіпсу були замінені на дисперсні кристали гіпсу. Пасти, що містять діоксид кремнію, виявилися менш проникними, ніж пасти основний портландцемент, оскільки глибина залягання гіпсу була меншою (800 Дж) ніж у пасти портландцементу (1200 Дж).

Поверхневий шар кремнеземних будівельних розчинів демонструє меншу вторинну мінералізацію ніж у вихідних портландцементних розчинів. У кремнеземному розчині впливають на магній сульфатна атака:

- брусит і гіпс утворюють більш тонкий поверхневий подвійний шар;
- кількість осадженого гіпсу менша;
- навколо зерен заповнювача зазвичай не спостерігається гіпсу;
- поверхня зразка посічена інтенсивним мікроскопічним полігональним розтріскуванням.

Однак, незважаючи на нижчу вторинну мінералізацію, загальний ступінь поверхні псування розчинів з кварцевого діоксиду вище, ніж у простих цементних розчинів.

Певні експериментальні результати можуть пояснити різницю між простим і силікатним кремнеземом мінометів наступним чином. У колишніх розчинах більш тонкий подвійний шар, утворений бруситом і гіпс пояснює

меншу глибину проникнення сульфату та менше розширення, тоді як інтенсивна мережа полігональних тріщин, яка характеризує зруйнований шар виявляє загальне послаблення зв'язку між частинками і, отже, більшу втрату маси.

Таблиця 2.

Порівняльна характеристика основних показників матеріалів для утеплення

Матеріал	Щільність, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/(м*С)	Паропроникність, мг/(м*год*а)	Межа вогнестійкості, хв
Мінеральна вата	50-200	0,048-0,070	0,49-0,60	30-120
Скловолокно (скловата)	155-200	0,041-0,044	0,5	не горить
Пінополістирол	33-150	0,031-0,05	0,013-0,05	немає вогнестійкості
Екструдований пінополістирол	45	0,031-0,048	0,013	немає вогнестійкості
Пінопласт ПВХ	125	0,052	0,23	немає вогнестійкості
Пінополіуретан	30-80	0,020-0,041	0,01-0,05	самозагасаючий
Поліізоціанурат RIP-плита	30-50	0,024	0,038	15-45

Висновки. 1. Теоретично обґрунтовано використання карбонатних порід у луготримаючих карбонатношлакових матеріалах виходячи з особливостей кристалохімічної будови карбонатних порід, високої реакційної поверхневої активності, обмінних реакцій у системі за наявності карбонатів лужних металів;

2. Розроблено комплексні активізатори для карбонатомісного компонента змішаного в'язучого, які беруть участь в обмінному реакційному процесі з утворенням кальциту, ізоморфного наповнювача, та добудови кристалічної решітки в зонах контакту карбонатних частинок з додатковим зміцненням системи.

3. Доведено сильну адгезійну взаємодію поверхні вапняку зі шлаком з формуванням високої міцності зчеплення, що перевищує міцність зчеплення з кварцом у 1,5 рази, що зумовлює можливість ефективного використання карбонатних порід як дрібний заповнювач.

4. Виявлено кінетичні особливості твердіння шлаків та карбонатношлакових в'язучих залежно від різних водов'язучих відносин, змісту активізаторів та температурних умов твердіння.

5. Оптимізовано склади карбонатношлакового в'язучого, отримано математичні моделі, що дозволяють встановити залежність міцності та водостійкості пресованих композицій від співвідношення компонентів у

системі «шлак – вапняк – луг», її формувальної вологості та дисперсності вапняку..

1. Бабков В.В., Полак А.Ф., Комохов П.Г. Аспекты долговечности цементного камня // Цемент. - 1988. - №3. - с.14-16.

Babkov V.V., Polak A.F., Komokhov P.H. Aspekty dolhovechnosty tsementnoho kamnia // Tsement. - 1988. - №3. - s.14-16.

2. Баженов Ю.М. Бетоны XXI века / Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций: Материалы международной конференции - Белгород, 1995. - с.3-5.

Bazhenov Yu.M. Betonы XXI veka / Resurso- y enerhosberehaiushchye tekhnolohyyu stroytelnykh materyalov, yzdelyi y konstruktsyi: Materyaly mezhdunarodnoi konferentsyy - Belhorod, 1995. - s.3-5.

3. Баррер Р. Гидротермальная химия цеолитов: перевод с англ. - М.:Мир, 1985. -424с.

Barrer R. Hydrotermalnaia khymyia tseolytov: perevod s anhl. - M.:Myr, 1985. -424s.

4. Безрук В.М. Теоретические основы укрепления грунтов цементами. - М.: Автотрансиздат. - 1956.

Bezruk V.M. Teoretycheskye osnovы ukrepleniya hruntov tsementamy. - M.: Avtotransyzdat. - 1956.

5. Береговой А.М., Викторова О.Л., Береговой В.А. // Материалы XXIX научно-технической конференции: Пенза,1997.- часть 1, с.54-55.

Berehovoі A.M., Vyktorova O.L., Verehovoі V.A. // Materyaly XXIX nauchno-tekhnicheskoi konferentsyy: Penza,1997.- chast 1, s.54-55.

6. Береговой А.М., Калашников В.И., Викторова О.Л. Ограждающие конструкции из бетонов для энергоэффективных зданий.// Вопросы планировки и застройки городов: Тезисы докладов II-междун. научно-практической конференции - Пенза, 1995.-е. 105-107.

Berehovoі A.M., Kalashnykov V.Y., Vyktorova O.L. Ohrazhdaiushchye konstruktsyy yz betonov dlia energoeffektivnykh zdaniy.//Voprosy planirovky y zastroiky horodov: Tezysy dokladov II-mezhdun. nauchno-praktycheskoi konferentsyy-Penza,1995.e.105-107.

7. Бобрышев А.Н. Природа оптимального наполнения композитов. // Утилизация отходов в производстве строительных материалов: Тез. докл. -Пенза.: ПДНТП. 1992. - с.89-92.

Bobryshev A.N. Pryroda optymalnoho napolneniya kompozytov. // Utylyzatsyia otkhodov v proyzvodstve stroytelnykh materyalov: Tez. dokl. -Penza.: PDNTP. 1992. - s.89-92.

8. Бобрышев А.Н. Структурные переходы в композитах с дисперсными наполнителями. / Композиционные строительные материалы с использованием отходов промышленности : Тез. докл. К зональному семинару. -Пенза : ПДНТП. - 1988. - с.6-7.

Bobryshev A.N. Strukturnye perekhody v kompozytakh s dyspersnyму napolnyteliamy. / Kompozytsyonnye stroytelnye materyaly s uspolzovanyem otkhodov promyshlennosty : Tez. dokl. K zonalnomu semynaru. -Penza : PDNTP. - 1988. - s.6-7.

9. Бобрышев А.Н., Козоматов В.Н., Бабин Л.О., Соломатов В.И. Синергетика композитных материалов - Липецк : НПО ОРИУС, 1994. -152с.

Bobryshev A.N., Kozomatov V.N., Babyn L.O., Solomatov V.Y. Synerhetyka kompozytnykh materyalov - Lypetsk : NPO ORYUS, 1994. -152s.

10. Будников П.П., Некрич М.И. Влияние карбонатных пород на физико-механические свойства бетонов.//Бюллетень строительной техники.- 1948.- №9.- 0.24-25.

Budnykov P.P., Nekrych M.Y. Vlyaniye karbonatnykh porod na fyzyko-mekhanicheskiye svoystva betonov.//Biulleten stroytelnoi tekhniky. -1948. - №9.-0.24-25.

11. Будников Н.П., Значко-Яворский И.Л. Гранулированные доменные шлаки и шлаковые цементы. - М.: Стройиздат, 1953.

Budnykov N.P., Znachko-Yavorskiy I.L. Hranulyrovannyye domennyye shlakyy u shlakovyye tsementyy. - M.: Stroiyzdat, 1953.

12. Будников П.П., Колбасов В.М., Пантелеев А.С. О гидратации алюмосодержащих минералов портландцемента в присутствии карбонатных микронаполнителей.//Цемент. - 1961. - №1. - с.5-9.

Budnykov P.P., Kolbasov V.M., Panteleev A.S. O hydratatsyy aliumoso-derzhashchykh myneralov portlandtsementa v prysutstvyu karbonatnykh mykronapolnytelei.//Tsement. - 1961. - №1. - s.5-9.

13. Букреев А.Н., Мельникова В.К., Тарнаруцкий Г.М. Эффективные поверхностно-активные добавки. // Цемент. - 1989. - №4. - с.21-22.

Bukreev A.N., Melnykova V.K., Tarnarutskiy G.M. Effektivnyye poverkhnostno-aktivnyye dobavky. // Tsement. - 1989. - №4. - s.21-22

14. Бутт Ю.М., Майер А.А., Варшал Б.Г. Metallургические шлаки и применение их в строительстве: сборник. - М. : Госстройиздат, 1962.

Butt Yu.M., Maier A.A., Varshal B.H. Metallurhicheskiye shlakyy u pryumenenyye ykh v stroytelstve: sbornyk. - M. : Hosstroiyzdat, 1962.

15. Васильева Т.А., Константинов В.В., Павлов А.Н. Взаимодействие шлакосиликатного вяжущего с пылеватыми и глинистыми добавками. // Строительные материалы. - 1975. - №8.- с.29-30.

Vasyleva T.A., Konstantynov V.V., Pavlov A.N. Vzaymodeistviye shla-kosilykatnoho viazhushcheho s rylevatyyu y hlynystyyu dobavkamy. // Stroytelnyye materyaly. - 1975. - №8.- s.29-30.

16. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. - Четвертое издание, переработанное и дополненное. - М.: Стройиздат, 1986. - 464 с.

Volzhenskiy A.V. Myneralnyye viazhushchyye veshchestva. - Chetvertoe yzdanye, pererabotannoye y dopolnennoye. - M.: Stroiyzdat, 1986. - 464 s.

17. Волженский А.В., Буров Ю.С., Виноградов Б.Н., Гладких К.В. Бетоны и изделия из пшачковых и зольных материалов. - М. :Стройиздат, 1969. - 273с.

Volzhenskiy A.V., Burov Yu.S., Vynogradov B.N., Hladkiykh K.V. Betonyy y yzdelyiya yz pshakovyykh y zolnykh materyalov. - M. :Stroiyzdat, 1969. - 273s.

18. Волженский А.В., Попов Л.Н. Смешанные портландцементы повторного помола и бетоны на их основе. - М. :Стройиздат. - 1961. - 107с.

Volzhenskiy A.V., Popov L.N. Smeshannyye portlandtsementyy povtorno ho pomola y betonyy na ykh osnove. - M. :Stroiyzdat. - 1961. - 107s

19. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.; Химия, 1975. - 515с.

Voitskiy S.S. Kurs kolloydnoi khymyy. M.; Khymiya, 1975. - 515s.

20. Высоцкий С.А., Миронов С.А., Быкова И.В, Болдырев С.А. Тепловлажностная обработка пшачкощелочного бетона.//Строительные материалы.-1979.-№8.- с.27-29.

Vysotskiy S.A., Myronov S.A., Bykova I.V, Boldyrev S.A. Teplovlazh-nostnaia obrabotka pshakoshchelochnoho betona.//Stroytelnyye materyaly.-1979.-№8.-s.27-29.

21. Герасемчук В.Л., Глуховский В.Д. Структура ШЩВ с заполнителями разного минерального состава.//Известия вузов. - 1988. - №2.- с.42-46.

Herasemchuk V.L., Hlukhovskiy V.D. Struktura ShShchV s zapolnyteliamy raznoho myneralnoho sostava.//Yzvestiya vuzov. - 1988. - №2.- s.42-46.

22. Гинзбург У.Г. Пластифицирующие добавки в гидротехническом бетоне. - М.: Госэнергоиздат, 1956. - 144с.

Hynzburh U.H. Plastyfytsyruiushchyye dobavky v hydrotekhnicheskom betone. - M.: Hosenerhoizdat, 1956. - 144s.