Запропонований варіант армування приводить до загального зменшення витрат арматури. Одночасно покращується технологія армування конструкції, оскільки арматура діаметром 16 мм, яка використовується згідно з типовим проектом тільки на кінцевих ділянках, замінюється на арматуру 10–12 мм, що використовується по всій довжині плити вздовж осі прогонової будови.

Перевірка міцності по поверхні контакту плити та підготовчого шару показує забезпечення їх спільної роботи, оскільки найбільші дотичні напруження по цій поверхні становлять 1,3 МПа при розрахунковому опорі бетону підготовчого шару (В-20) 2,2 МПа.

Отже, слід зробити висновок, що при врахуванні роботи плити спільно з підготовчим шаром та шарами дорожнього одягу як просторової конструкції прогонової будови зменшується величина зусиль. Це дає змогу заощадити витрати арматури та енергії при будівництві. Крім цього, робочу арматуру плити над ребрами раціонально розташовувати в підготовчому шарі. Цим не тільки підвищується його тріщиностійкість і несуча здатність, але також збільшується плече зусиль внутрішньої пари, що дає змогу зменшити переріз арматури та її загальні витрати.

Зауважимо також, що застосування композитних матеріалів у будівництві, зокрема мостів, має два напрямки, які заощаджують витрати металу та енергії: заміна металевої арматури скляними або вуглецевими волокняними канатами; обклеювання залізобетонних балок композитною тканиною, що зменшує тріщиностійкість та підвищує їх несучу здатність.

Загалом, вказані засоби при великому обсязі будівництва та реконструкції мостів дають певний ефект економії ресурсів та продовження терміну надійної роботи конструкції.

1. Пискунов В.Г., Вериженко В.Е. Линейные и нелинейные задачи расчета слоистых конструкций. -К. 1986. 2. Пискунов В.Г. и др. Расчет неоднородных пологих оболочек и пластин методом конечных элементов. -К. 1987. 3. Рассказов А.О., Соколовская И.И., Шульга Н.А. Теория и расчет слоистых ортоторопных пластин и оболочек-К. 1986.

УДК 621

М. Кузик, М. Саницький
НУ"Львівська політехніка"

ОЦІНКА ЕНЕРГОЄМНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

© Кузик М., Саницький М., 2002

Виконано порівняльний аналіз енергоємності виробництва керамічної цегли та стінових бетонних блоків (СББ). Встановлено, що нині в Україні енергоємність виготовлення СББ в 1,5–2 рази менша, ніж керамічної цегли. Показано, що комбіноване використання цегли та СББ дає змогу при однакових фінансових витратах на матеріали перейти на спорудження більш теплозахисних стін.

The paper compares the energy consumption in production of ceramic bricks vs. concrete blocks. The analysis shows that energy consumtion in the production of concrete blocks in Ukraine is in 1,5-2 times lower than in the production of ceramic bricks. It's shown that combined use of bricks and blocks in wall construction allows to build the walls with better termic metrics while keeping the productions costs at the same rate.

Незважаючи на певне зменшення за останнє десятиріччя обсягів виробництва, промисловість будівельних матеріалів є одним з найбільших споживачів паливно-енегетичних ресурсів (ПЕР). На виробничо-технологічні потреби споживається близько 3% ПЕР України. Найбільш енергомісткими виробництвами є цементне, стінових матеріалів (насамперед керамічної цегли), теплоізоляційних матеріалів. З іншого боку, будівельні матеріали і реалізовані за їх допомогою конструктивні рішення значною мірою визначають витрати енергії на експлуатацію будівель. Відомо [1], що на опалення наявного житлового фонду в Україні в середньому за рік витрачається 1,3–1,4 т.у.п. на одного мешканця, що в 1,5–2 рази більше ніж в розвинених країнах.

Метою нашої роботи є порівняльний аналіз енергоємності виробництва в умовах України таких матеріалів, як керамічна цегла та стінові бетонні блоки (СББ) і рекомендації з використання можливої економії в їх виробництві для переходу на сучасніші стінові конструкції, які характеризуються насамперед вищими значеннями теплового опору.

Під час аналізу ми знехтуємо енергоємністю сировини (крім цементу) та енергозатратами на їх транспортування, які врахувати досить складно. Щодо енергоємності сировини, то такий підхід, на наш погляд обгрунтований, порівнюючи ціну, наприклад на пісок та гравій (приблизно 15 грн/тонну і 30 грн/тонну відповідно) і на цемент – (220 – 260) грн/ тонну. Враховуємо енергозатрати на технологічні операції безпосередньо виготовки. Для цегли це сушіння і випал в печах, для СББ – енергозатрати на формування блока, його пропарювання, а також енергоємність цементу, який входить в блок.

Аналіз почнемо з енергоємності керамічної цегли. На цегельних заводах, розміщених на території Львівщини, енергоємність цегли під час її випалу в печах коливається від 120 м^3 природного газу (Роздільський цегельний завод) до (180 – 200) м^3 на 1000 шт.ум. цегли на заводах зі застарілими технологіями та обладнанням. Відзначимо, що енергоємність на Роздільському цегельному заводі відповідає середнім західноєвропейським нормам. Якщо прийняти теплоту згоряння газу 35000 кДж/м^3, то відповідна енергоємність випалу 1 шт. ум. цегли коливатиметься в межах від 4200 до 6700 кДж/шт. Для подальших розрахунків приймемо сьогодні середню енергоємність керамічної цегли такою, що дорівнює 5500 кДж/ шт., не забуваючи, що на більшості заводів через застарілі технології енергоємність є більшою.

Перед визначенням енергоємності СББ визначимо енергоємність в кДж/кг цементу , який продукується на українських заводах. Згідно з [2], при "мокрому способі" виробництва цементу в середньому по Україні на 1 т клінкеру витрачається 244 кг ум.п. і 132 кВт х год електроенергії на 1 т цементу. Для економічнішого "сухого способу" виробництва ці витрати становлять відповідно 147 кг ум.п. і 159 кВт х год електроенергії. Після перерахунку ми отримуємо, що середні по Україні значення енергоємності цементу дорівнюють 7630 і 4890 кДж/кг відповідно для "мокрого" і "сухого способів". Для подальших розрахунків приймемо середнє значення енергоємності 6260 кДж/кг.

Розрахунки енергоємності виробництва СББ виконаємо на прикладі блока з габаритними розмірами мм, який випускався на СП"Продемтех" (м.Львів). Цей блок за об'ємом приблизно замінює 8 шт.ум.цегли (з врахуванням швів між цеглинами). Як вже відзначалось, енергоємність блока складається з енергоємності цементу, як найенергоємнішою компоненти, енерговитрат на формування і пресування блока та його пропарювання.

Маса згаданого блока дорівнює, залежно від складу компонент бетону і степеня порожнистості, від 24 до 29 кг для суцільного блока, від 19 до 23 кг при 20% порожнистості і від 13,5 до16,5 кг при 42% порожнистості. Суцільні блоки використовуються достатньо

рідко. Тому приймемо середню масу блока 20 кг. При 20% (масовому) вмісті цементу в блоці енергоємність останнього за рахунок наявності цементу становить 6260 х 4 = 25040 кДж/блок.

На прикладі СП "Продемтех" [3], де СББ виготовлялось вібропресовим способом, при встановленій потужності виробництва в 120 кВт (транспортери для подачі сировини, міксер, вібропрес, транспортер блоків) і теоретичній продуктивності однин блок за секунду (завдяки десятимісній формі) енерговитрати на формування одного блока, очевидно, становлять 120 кДж/блок. Якщо прийняти реальну продуктивність нижчою в 4 рази, ці енергозатрати становлять приблизно 500 кДж/блок.

При продукуванні 1 блока за секунду виробничий комплекс типу "Продемтех" споживає 6 т пари протягом години для пропарювальних камер, тобто на 1 блок витрачається приблизно 1,7 кг пари. При ентропії пари 2680 кДж/кг пропарювання потребує приблизно 4500 кДж/блок.

Отже, сумарна енергоємність виготовлення блока при 20%-му вмісті цементу з врахуванням пресування і пропарювання становить приблизно 30000 кДж/блок. При 15%-му вмісті цементу ця енергоємність становить 24850 кДж/блок.

Оскільки 1 блок замінює 8 шт.ум. цегли з загальною енергоємністю 5500 кДж/ шт. х 8 = 44000 кДж, то енергоємність виробництва СББ приблизно в 1,5 – 2 рази менша, ніж керамічної цегли. Менша енергоємність СББ проявляється і в їх ціні. За даними 1995 р. вартість блока СП"Продемтех" становила приблизно 0,12 USD. Якщо прийняти зростання ціни ПЕР за останні 6 років навіть в 3 рази, вартість блока становитиме приблизно 2 грн, в той час як вартість 8 шт.ум.цегли Роздільського заводу становить нині 3.2 грн. Отже можна вважати, що і в плані ціни СББ в 1,5 – 2 рази дешевші, ніж керамічна цегла. Тобто в Україні на своєму рівні (враховуючи загальну відсталість технологій в промисловості будівельних матеріалів) приблизно повторюється ситуація, яка існує в цій сфері в розвинених країнах, наприклад, в Канаді, де СББ (неархітектурний) приблизно вдвічі дешевший, ніж еквівалентна кількість керамічної цегли. Крім того, в Канаді випускається значна кількість бетонної цегли, тобто СББ з розмірами умовної цегли. Одним з можливих контраргументів в цій ситуації є те , що силікатна цегла в середньому на 30 % менш енергоємна, ніж керамічна і , відповідно, дешевша і може бути альтернативою. Проте відомі низькі окремі експлуатаційні характеристики силікатної цегли, що, зокрема, привело до різкого згортання її виробництва в Західній Європі.

Коротко зупинимось на теплофізичних характеристиках СББ і керамічної цегли і насамперед на теплопровідності і тепловому опорі. Згідно з [4] теплопровідність цегли залежно від густини змінюється приблизно від 1,2 до 4,5 Вт/м х град. Теплопровідність бетонів знаходиться в тому самому діапазоні значень. Наприклад, для бетонів з гравієм, достатньо поширених, теплопровідність дорівнює 1,5 Вт/м х град. Наявність порожнин в тілі цегли чи СББ дещо підвищує тепловий опір. Проте ні цегла, ні СББ самі по собі не можуть забезпечити термічний опір зовнішніх стін будинків принаймні (2,5 -3)м^2 х град/ Вт. Добитись таких і вищих значень теплового опору можливо лише при застосуванні теплоізоляційних матеріалів на основі мінеральної вати, скловати, пінопластів. Стіни можуть утеплюватись з зовнішньої або внутрішньої сторони або розміщенням теплоізоляційного матеріалу (ТМ) всередині стіни. У будь-якому разі застосування ТМ вимагає додаткових витрат, насамперед на його придбання. Порівняємо ці витрати з економією при переході від суцільної цегляної стіни до багатошарової стіни, в якій частково, на 2/3 використовуються СББ (на 1/3 стіна цегляна). Розгляд саме такого варіанта зумовлений тим, що нині в житловому будівництві, особливо індивідуальному, зовнішні цегляні стіни переважно мають товщину 38 см (1,5 довжини ум.цегли). На 1 м^2 стіни витрачається

приблизно 150 цеглин. Отже, замінимо таку стіну багатошаровою [5], але рівноцінною за товщиною, де перший зовнішній шар товщиною (10–12) см виконано з керамічної цегли, другий шар являє собою повітряний проміжок товщиною (2,5–3) см, третій шар – це мінеральна вата товщиною 10 см або пінополістирол товщиною 5 см, а четвертий шар виконано з СББ товщиною (19–24) см. Сто цеглин загальною вартістю 40 грн замінено, на СББ, які в 1,5 раза дешевші. Тобто економія на 1м^2 стіни становить більше ніж 10 грн. Цього достатньо, щоб придбати 1 м^2 пінополістиролу товщиною 5 см або мінеральну вату, наприклад фірми "URSA", ціною 11 грн/м^2, товщиною 10см і з коефіцієнтом теплопровідності 0,040 Вт/м х град. Тепловий опір розгляненої стіни буде перевищувати 2,5 м^2 х град/Вт. Отже, комбіноване використання керамічної цегли та СББ дає змогу при тих самих витратах на матеріали перейти на спорудження більш теплозахисних стін. Зрозуміло, що саме будівництво багатошарової стіни порівняно з монолітною вимагає додаткових затрат, які, проте, швидко компенсуються завдяки економії на опаленні приміщень. Крім того, використання СББ збільшує продуктивність праці будівельних робітників. Так середня норма укладки СББ становить в Канаді 120 шт. на 1 робітника. Це близько 10 м^2 стіни.

Варіанти утеплення стін ззовні або зсередини з заміною частини цегли на СББ дають в економічному плані подібні результати.

Необхідно зупинитись ще на одному аспекті виробництва СББ, а саме на можливості використання для їх виготовлення золи ТЕС. Існує великий досвід використання золи для виробництва бетонів [6]. Зокрема вказується, що добавка 150 кг золи на 1 м^3 бетону дає змогу зекономити 40-80 кг цементу. Очевидно, є реальна можливість застосування зони у виробництві СББ. Окрім економічного ефекту, це сприяє вирішенню екологічних проблем, пов'язаних з забруднюючим впливом стічних вод гідровідвалів ТЕС.

Отже, використання СББ в будівництві веде до зменшення енергоємності і, відповідно, ціни стінових матеріалів та до можливого використання економії коштів для переходу на багатошарові стінові конструкції з високою теплоізоляцією. СББ в технологічному плані є зручними для спорудження таких стін, що підтверджено зарубіжним досвідом. Вони не повинні повністю витісняти керамічну цеглу, а розумно, з врахуванням техніко-економічних показників, передовсім енергоємності, доповнювати її. Використання золи ТЕС при виготовленні СББ веде до зниження собівартості останніх та сприятиме вирішенню екологічних проблем.

1.Ковалко М.П.,Денисюк С.П. Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України.- К. 1998. 2. Салдугей М.М., Присяжнюк В.Ф.,Здоров А.Й. Цементна промисловість на межі віку та шляхи її модернізації в Україні. Мат. наук.-техн. конф. "Будівельні матеріали 21- го століття:Комфорт житла та енергозбереження".-К. 1998. 3.PRODEMTECH. Технологія.-Львів: Рекламний листок, 1995. 4.Таблицы физических величин.Справочник/Под.ред.акад.Кикоина И.К.-М. 1976 . 5.CONCRETE BLOCK. Metric technical manual.Ontario concrete block association.-1994. 6.Использование золы-уноса ТЭС для приготовленыя бетонов и растворов при строительстве АЭС. Обзорная информация/Л.И. Дворкин, И.Г. Преман.- М. 1987.