УДК 691(075)
DOI https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.6/46

Коверніченко Л.М.
Криворізький національний університет

Щерба В.В.
Державне підприємство «Державний інститут по проектуванню підприємств гірничорудної промисловості «Кривбаспроект»

Сизий Б.С.
ВСП «Криворізький фаховий коледж Національного авіаційного університету»

ВИБІР ЗАПОВНЮВАЧИВ ДЛЯ БЕТОНУ

Будівельні матеріали досліджують різноманітними методами. При дослідженні якісних показників компонентів, нових складів, технологічних удосконалень і т. П. Може бути застосована єдина методична основа. Вона полягає в тому, що досліджувані явища і характеристики порівнюють у відповідних умовах.

Досліджено що, часто ці порівняння проводять при рівних, а не відповідних умовах, наприклад при рівній міцності, рівному фазовому складі, однакових технологічних операціях, що дорівнює витраті компонента і т.п. Доведено що, таке порівняння правомірно тільки в окремому випадку. Не можна, наприклад, без урахування структурних особливостей робити висновки про ідентичність якості двох матеріалів, що володіють однаковою міцністю або іншими однаковими властивостями.

Визначено що, метод вирішення такого завдання з позицій загальної теорії, полягає в тому, що порівнюються властивості в'яжучих речовин при їх оптимальних структурах. І тому якщо серед порівнюваних речовин було знайдено в'яжуче з найкращими показниками якості, то по закону обов'язкової відповідності властивостей воно буде найкращим і у виробі при прийнятих технологічних умовах і режимах. Отримані відомості про показники властивостей служать, крім того, вихідними даними при подальшому проектуванні оптимального складу, повністю задовольняє заданим технічним вимогам.

Порівняння методичних основ теорії полягають також в тому, що за допомогою методу проектування видається необмежена кількість оптимальних складів. Однак, на заключній стадії проектування з багатьох оптимальних вибирають тільки один або кілька раціональних складів, які найбільш повно відповідають конкретним технологічним умовам, заданим показниками якості та економічної ефективності. Порівняння оптимальних складів між собою при виборі раціонального роблять за розрахунковими формулами і графіками-номограмами, що дозволяє без великих експериментальним досліджень порівнювати між собою основні характеристики при оптимальних структурах.

Ключові слова: *будівельні матеріали, характеристика, порівняння, вибір, структури.*

Постановка проблеми. Будівельні матеріали досліджують різноманітними методами. При дослідженні якісних показників компонентів, нових складів, технологічних удосконалень і т. п. Може бути застосована єдина методична основа. Вона полягає в тому, що досліджувані явища і характеристики порівнюють у відповідних умовах. Часто ці порівняння робляють при рівних, а не відповідних умовах, наприклад при рівній міцності, рівному фазовому складі, однакових технологічних операціях, що дорівнює витраті компонента і т.п. Тим часом таке порівняння правомірно тільки в окремому випадку. Не можна, наприклад, без урахування структурних особливостей робити висновки про ідентичність якості двох матеріалів, що володіють однаковою міцністю або іншими однаковими властивостями.

Нерідко, наприклад, при вирішенні деяких практичних завдань в області важких цементних бетонів якісні показники порівнюють при однаковому водоцементному відношенні. Таке порівняння не враховує можливої відмінності в структурі бетонів, оскільки при однаковому водо-цементному відношенні структури можуть бути порфіровими і контактними, з надлишком або недоліком в'яжучої частини, високопористі і щільні, і т.д. [1, с.112; 2, с.14].

До однієї з поширених технологічних завдань відносять вибір найкращого різновиду в'яжучого для матеріалу, виготовленого за прийнятою технологією. Найпоширеніший спосіб вирішення цього завдання полягає в паралельному виго-

товленні виробу на основі різних в'яжучих, але з дотриманням однакових умов і складів [4, с. 56; 5, с. 53]. Після випробування відповідних зразків порівнюють отримані результати і за якісними показниками виносять рішення про перевагу того чи іншого в'яжучого. Робота ця пов'язана з випробуванням великої кількості зразків, навіть якщо останнє розраховане з використанням методу математичного планування експерименту. Отримувані середні статистичні дані потребують подальших уточнень, так як вони охоплюють широку область оптимальних і неоптимальних структур.

Виклад основного матеріалу. Метод вирішення такого завдання з позицій загальної теорії, полягає в тому, що порівнюються властивості в'яжучих речовин при їх оптимальних структурах. І тому якщо серед порівнюваних речовин було знайдено в'яжуче з найкращими показниками якості, то по закону обов'язкової відповідності властивостей воно буде найкращим і у виробі при прийнятих технологічних умовах і режимах. Отримані відомості про показники властивостей служать, крім того, вихідними даними при подальшому проектуванні оптимального складу, який повністю задовольняє заданим технічним вимогам. Якщо в ході вивчення виявиться, що в'яжуча речовина має властивості, показники яких гірше необхідних, наприклад міцність в'яжучого оптимальної структури нижче необхідної міцності, то цей метод вирішення допомагає встановити неспроможність спроб створення на його основі заповнювача необхідної якості. Буде потрібно проведення додаткових досліджень щодо підвищення якості вихідної в'яжучої речовини [6, с. 27].

З цією метою вишукують доступні і прямі методи поліпшення властивостей в'яжучого введенням додаткових речовин, зміною режиму тверднення (що має знайти повне відображення у майбутній технології виробництва); попередньою обробкою в'яжучого або його окремих інгредієнтів і т.п.; вишукують методи опосередкованого впливу на якісні показники в'яжучого при виготовленні за рахунок застосування активних наповнювачів, здатних компенсувати і підняти недостатній показник в'яжучої частини (наприклад, межа міцності при розтягуванні за рахунок введення армуючого заповнювача).

Будівельні матеріали досліджують різноманітними методами, які володіють тією здатністю, що при дослідженні якісних показників компонентів, нових складів, технологічних удосконалень і т.п. може бути застосована єдина методична основа. Вона полягає в тому, що досліджувані явища і характеристики порівнюють у відповідних умовах. Більш часто ці порівняння поки виробляють при рівних, а не відповідних умовах технологічних операціях, що дорівнює витраті компонента і т.п. Таке порівняння правомірно тільки в окремому випадку. Не можна, наприклад, без урахування структурних особливостей робити висновки про ідентичність якості двох матеріалів, що володіють однаковою міцністю або іншими однаковими властивостями. При вирішенні деяких практичних завдань в області важких цементних бетонів якісні показники порівнюють при однаковому водоцементному відношенні. Таке порівняння не враховує можливої відмінності в структурі бетонів, оскільки при однакових водоцементних відношеннях структури можуть бути порфіровими і контактними, з надлишком або недоліком в'яжучої частини, високопористі і щільні і т.д.

Будучи гетерогенною полідисперсною системою, окремі компоненти твердої фази по-різному відносяться до різних рідин. Будь-які рідини здатні їх розчиняти з різним ступенем інтенсивності. Вода розчиняє мінеральні солі і рухливі фракції гумінових кислот. Розчинення супроводжується зміною первісної щільності розчинника. Якщо, за рідину узята вода, то перехідні в розчин іони гідратизуються.

Показники набрякання цементного каменю у воді, звичайно, тим більше, чим менше водоцементний фактор. Через декілька років набрякання звичайно припиняється. Цементний камінь, який на тривалий час поміщено у воду, набрякає. Припускають, що останнє обумовлено посиленням процесів гідратації й розвитком осмотичного тиску в гелевидних масах. Вони викликають не тільки набрякання, але і розірвання гелевих оболонок, окремі частинки яких, розміщаючись між стичними зернами цементу, розсовують їх.

Перша умова, що визначає успішність аналізу, – явище змочування рідиною всієї поверхні часток. Неповне змочування веде до завищення шуканого показника об'єму узятого для аналізу навішення за рахунок порожнеч на границі зіткнення фаз, заповнених повітрям. Цьому сприяє нерівна поверхня часток. Фізична сутність змочування розкривається в молекулярній взаємодії рідини з поверхнею твердого тіла на границі зіткнення трьох фаз. У процесі змочування повітря витісняється і рідина входить у безпосередній контакт із поверхнею твердої фази. Вологу, що утримується в бетоні, звичайно класифікують по розміру енергії її зв'язку з його складовими.

Узагалі, розрізняють три великі групи зв'язку вологи з матеріалом: хімічну, фізико-хімічну, фізико-механічну. При необхідності розрахунку вологісних полів бетону хімічне зв'язування води варто враховувати як розподілене по обсязі тіла внутрішнє стікання вологи. При звичайних температурах ця волога не може брати участь у процесах вологообміну із зовнішнім середовищем. Вона може бути віддалена в результаті хімічного впливу або прожарювання.

Процеси, зв'язані зі збільшенням утримання вологи або її видалення з бетону, неминуче супроводжуються накопиченням або витратою енергії, що залежить від відновлення або порушення форм зв'язку води з бетоном.

При обмиванні бетону прісною (із малою тимчасовою жорсткістю) водою або фільтрації такої води через нього спостерігається його руйнація, яка отримала назву – корозія 1-го виду. Цей вид корозії обумовлено розчинністю окремих компонентів цементного каменю. Корозія бетону 1-го виду спостерігається в бетоні різноманітних споруджень: конструкції гідротехнічних споруджень, стіни шлюзів, бетонні труби й лотки для відведення поверхневих вод, тунельні оздоблення й ін.

Неповне змочування веде до завищення шуканого показника об'єму узятого для аналізу навішення за рахунок порожнеч на границі зіткнення фаз, заповнених повітрям. Цьому сприяє нерівна поверхня часток.

Фізична сутність змочування розкривається в молекулярній взаємодії рідини з поверхнею твердого тіла на границі зіткнення трьох фаз. У процесі змочування повітря витісняється і рідина входить у безпосередній контакт із поверхнею твердої фази.

Вологу, що утримується в бетоні, звичайно класифікують по розміру енергії її зв'язку з його складовими. Узагалі, розрізняють три великі групи зв'язку вологи з матеріалом: хімічну, фізико-хімічну, фізико-механічну.

Хімічний зв'язок води в бетоні в результаті хімічних реакцій гідратації цементу здійснюється в точних кількісних стехіометричних співвідношеннях. Кількість хімічно зв'язаної води залежить від мінералогічного складу в'яжучого.

При необхідності розрахунку вологісних полів бетону хімічне зв'язування води варто враховувати як розподілене по обсязі тіла внутрішнє стікання вологи. При звичайних температурах ця волога не може брати участь у процесах вологообміну із зовнішнім середовищем. Вона може бути віддалена в результаті хімічного впливу або прожарювання. Фізико-хімічно (адсорбційно) зв'язана вода присутня на гідратних оболонках кристалів. Причина виникнення цього зв'язку – наявність силових полів атомно-молекулярної природи. Найбільше міцно зв'язаний мономолекулярний прошарок води. Наступні прошарки утримуються із силою, що слабшає. Такий полі молекулярний прошарок адсорбційної води складає приблизно декілька сотих діаметрів водяних молекул. Адсорбційно-зв'язана вода володіє певними властивостями, що відрізняють її від звичайної води. Так, унаслідок підвищеної щільності, ця вода має властивості пружного тіла і виконує розклинюючу дію. Адсорбційний зв'язок води в бетоні відноситься до числа зв'язків середньої інтенсивності, що можуть бути зруйновані десорбцією й випаром, проте для цього потрібно визначений час.

Фізико-механічний зв'язок у бетоні виникає завдяки капілярним силам (у мікрокапілярах) і здійснюється чисто механічно (у макрокапілярах). Ця вода легко віддалиться випаром або штучним створенням тиску більше капілярного (наприклад, вакуумуванням).

Фізичні деформації набрякання називають іноді власними деформаціями на відміну від тих, що виникають у тілі цементного каменя або бетону під дією зовнішніх сил. Аналізовані тут процеси набрякання не варто змішувати зі збільшенням його обсягу, що викликається гідратацією окису кальцію або магнію, а також утворенням еттрингіту.

Процеси, зв'язані зі збільшенням утримання вологи або її видалення з бетону, неминуче супроводжуються накопиченням або витратою енергії, що залежить від відновлення або порушення форм зв'язку води з бетоном.

При обмиванні бетону прісною (із малою тимчасовою жорсткістю) водою або фільтрації такої води через нього спостерігається його руйнація, яка отримала назву – корозія 1-го виду. Цей вид корозії обумовлено розчинністю окремих компонентів цементного каменю. Корозія бетону 1-го виду спостерігається в бетоні різноманітних споруджень: конструкції гідротехнічних споруджень, стіни шлюзів, бетонні труби й лотки для відведення поверхневих вод, тунельні оздоблення й ін.

Вапно у твердій фазі, гідросилікати, гідроалюмінати, гідроферити визначають міцність кристалізаційних контактів у цементному камені. Тому вилуджування вапна – розчинення $Ca(OH)_2$, що знаходиться у твердій фазі, розкладання інших з'єднань з утворенням гелю, що не володіє в'яжучими властивостями, знижує міц-

ність цементного каменю в бетоні і, як наслідок, самого бетону.

Метод оцінки в'яжучої речовини як мікродисперсний, зручний не тільки тому, що одержувані характеристики можуть бути використані в якості розрахункових, при визначенні тих же характеристик на його основі, а й тому, що вони фіксують гранично можливі значення показників якості.

Вибір і порівняння наповнювачів здійснюють шляхом аналізу експериментальних даних, отриманих при випробуванні з одним і тим же в'яжучим, але при різних заповнювачах. Щоб виключити зайві невідомі, нерідко порівняння здійснюють при однорідному в'яжучому, наприклад з одним і тим же фазовим ставленням (водоцементним, бітумомінеральним і т.д.). До застосування рекомендують ті наповнювачі, які забезпечують при прийнятих умовах кращі показники властивостей. З позицій загальної теорії такий метод оцінки якості наповнювачів потребує низки уточнень. По-перше, необхідно поліпшити заповнювач за допомогою різних можливих прийомів – фракціонірування, промивання, подрібнення, складання щільної суміші, распушки, просушування і т.п. Порівняння якості наповнювачів доцільно проводити в станах їх повної підготовленості і з урахуванням економічних витрат на підготовку. По-друге, необхідно оцінити якість підготовленого заповнювача за допомогою прийнятої в'яжучої речовини. З цією метою виготовляють два склади при довільних фазових співвідношеннях в'яжучого, але обов'язково з отриманням оптимальних структур.

Після їх випробування, властивостей (міцності та ін.) визначають показник ступеня n в рівнянні виду $y=a/x^n$. Ознакою більш високої якості заповнювача є знижена величина показника ступеня. По-третє, необхідно спробувати додатково активізувати прийнятий заповнювач і спонукати до зниження структурного показника ступеня n за допомогою добавок, прогріву і т.п. По-четверте, доцільно спробувати збільшити вміст дрібної фракції в заповнювачі в міру збільшення фазового відношення в'яжучого. Цим заходом іноді досягається зниження показника ступеня n без додаткових засобів активації заповнювача, наприклад шляхом збільшення вмісту піску в щебені при збільшенні водоцементного відношення в цементному бетоні.

Висновки. Методичні основи теорії полягають в тому, що за допомогою методу проектування видається необмежена кількість оптимальних складів. Однак, на заключній стадії проектування з багатьох оптимальних вибирають тільки один, або кілька раціональних складів, які найбільш повно відповідають конкретним технологічним умовам, заданим показниками якості та економічної ефективності. Порівняння оптимальних складів між собою при виборі раціонального здійснюють за розрахунковими формулами і графіками-номограмами, що дозволяє без великих експериментальним досліджень порівнювати між собою основні характеристики при оптимальних структурах. У цьому порівнянні різних складів, які відповідають необхідним технічним вимогам, можна виходити з зміни щільності суміші, різних методів активації наповнювачів, різних способів технологічної обробки суміші і моноліту на окремих стадіях її виготовлення і т.д. При цьому не потрібно великих затрат часу на лабораторні досліди особливо, якщо були визначені допоміжні характеристики в'яжучої речовини при оптимальній його структурі, функціональні показники ступеня в рівняннях міцності, деформативності і ін. До виявлення раціональних оптимальних складів залучаються економічні розрахунки варіантів. При відпрацюванні нової технології важливо переконатися в повноті дослідження потенційних можливостей кожної операції. Останнє проявляється в швидкості протікання процесів структуроутворення. Практично ефективність впровадження удосконалень в технології контролюється за швидкістю, характером і розмірами зміни показників властивостей оптимальних структур, а при необхідності-також в'яжучої речовини, наповнювачів і суміші за допомогою стандартних і нестандартних методів. При порівняннях величини колишніх і нових показників при оптимальних структурах важливо орієнтуватися на створення їх експериментальних значень. Загальна теорія виступає тут як методична основа для порівняльного вивчення ступеня оптимальності технологій, особливо поки не існує критеріїв оптимізації технології.

Таким чином, пошук нових шляхів вдосконалення технології спирається на закони оптимальних структур і їх якісні показники, так само як оптимальна структура завжди повністю залежить від технологічних параметрів.

Список літератури:

1. Коверніченко Л.М. Заповнювачі для бетону і взаємодія їх з водою/Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Випуск 8, Луцьк, 2017. С. 103–110.

2. Kovernichenko L, Shishkin A. Regulation of the influence of the structure of inorganic binders on their properaties//Technology audit and production reserves. 2018. № 3/1(41).

3. Штарк Иохен, Вихт Бернд. Долговечность бетона / Пер. с нем. А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко, Техн. ред. Е. Кавалеровой. Киев: Оранта, 2004. 301 с.

4. Fredericks J. C., Saunders N. R., Broadfoot J. T. Recent developments in positive displacement shotcrete equipment. Shotcreting, Publication Sp-14 ACI.

5. Ir O. K., Maltiple laxer shotcrete tunnel lining. Shotcreting, Publication Sp-14 ACI.

6. Reading T. J. Shotcrete as a construction material. Stfpiereiihg, Publication SP-14, ACI.

Kovernichenko L.M., Shcherba V.V., Syzyi B.S. CHOICE OF FILLERS FOR CONCRETE

Building materials are examined by various methods. When studying the quality indicators of components, new compositions, technological improvements, etc., a single methodological basis can be applied. It consists in the fact that the studied phenomena and characteristics are compared in the appropriate conditions. It has been found that these comparisons are often carried out under equal and not corresponding conditions, for example, with equal strength, equal phase composition, the same technological operations, which is equal to the consumption of the component, etc. It has been proven that such a comparison is legitimate only in a separate case. Not it is possible, for example, without taking into account structural features, to draw conclusions about the identity of the quality of two materials with the same strength or other identical properties.

It was determined that the method of solving such a problem from the standpoint of general theory consists in comparing the properties of binders with their optimal structures. And therefore, if a binder with the best quality indicators was found among the compared substances, then according to the law of mandatory correspondence of properties, it will be the best in the product under the accepted technological conditions and regimes. In addition, the obtained information on property indicators serve as initial data for the further design of an optimal composition that fully meets the specified technical requirements.

Comparisons of the methodological foundations of the theory are also based on the fact that an unlimited number of optimal compositions is issued with the help of the design method. However, at the final stage of design, only one or several rational compositions are chosen from many optimal ones, which most fully correspond to specific technological conditions, given by indicators of quality and economic efficiency. Comparison of optimal compositions with each other when choosing a rational one is done according to calculation formulas and nomogram graphs, which allows you to compare the main characteristics of optimal structures without extensive experimental research.

Key words: *building materials, characteristics, comparison, choice, structures.*