

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Кафедра виробництва будівельних виробів і конструкцій



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з дисципліни “Ресурсозбереження в будівельній індустрії”
до розрахунково-графічної роботи
для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ступеня вищої освіти «Магістр»
спеціалізації – Технологія будівельних конструкцій,
виробів і матеріалів
(форма навчання – денна і заочна)

Одеса – 2019

“Затверджено”
Вченою радою Будівельно-
технологічного інституту
ОДАБА
протокол № 5 від 24 .01.2019 р.

Методичні вказівки розглянуті та рекомендовані до друкування на засіданні кафедри виробництва будівельних виробів і конструкцій (протокол № 5 від 10.01.2019 р.) та засіданні науково-методичної комісії Будівельно-технологічного інституту ОДАБА (протокол № 5 від 17.01. 2019 р.).

Укладачі: к.т.н., доц. Макарова С.С., доцент кафедри ВБВіК
к.т.н.,доц. Ткаченко Г.Г., доцент кафедри ВБВіК
к.т.н.,доц. Закорчемна Н.О., доцент кафедри ВБВіК
к.т.н.,ас. Казмірчук Н.В., асистент кафедри ВБВіК

Рецензенти:

к.т.н., доц.. Кровяков С.О., доцент кафедри проектування,
будівництва і експлуатації автомобільних доріг Одеської державної академії
будівництва та архітектури

А.В. Яровий ООО «Елітглобал».

В методичних вказівках розглянута класифікація відходів виробництва. Подається приклад виконання розрахунково-графічної роботи з підбору складу бетону з відходами виробництва. Приводяться завдання до розрахунково-графічної роботи.

Відповідальний за випуск завідуючий кафедрою виробництва будівельних виробів і конструкцій д.т.н., професор Вировой В. М.

ЗМІСТ

ВСТУП

Склад курсової роботи і послідовність її розробки	5
Склад пояснювальної записки	5
1. Проблема промислових відходів та їх класифікація	5
2. ПРИКЛАД ВИКОНВННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	12
2.1 Підбір складу бетону з золою	17
2.2 Підбір складу бетону з ОПФ	19
2.3 Підбір складу бетону з молотою золою	19
Додаток А. Завдання до розрахунково-графічної роботи.	20
Додаток Б. Зразок титульного аркуша.	21
Література	22

ВСТУП

Дбайливе і раціональне використання природних ресурсів у даний час набуває особливе значення. Рішення цієї актуальної проблеми вимагає розробки ефективних безвідходних технологій за рахунок комплексного використання сировини, що одночасно призводить і до ліквідації величезного екологічного збитку від “цвинтарів” відходів.

Актуальною задачею сьогодення є створення безвідходних технологій, які повинні забезпечувати не тільки отримання високоякісної продукції, але й передбачати повне використання відходів, що зазвичай утворюються на всіх етапах технологічного циклу. Розрахунки вчених свідчать що залучення у переробку 1% відходів дозволяє знизити рівень інвестицій у мінерально-сировинний комплекс майже на 2%.

Найбільш раціональним напрямком утилізації промислових відходів є їх використання як техногенної сировини для отримання різних видів продукції перш за все будівельного призначення. Відомо, що будівництво споживає біля третини всієї маси продукції матеріального виробництва, а матеріальні ресурси складають більше половини всіх затрат на виробництво будівельно-монтажних робіт. Ось чому найважливішим резервом ресурсозбереження у будівництві є широке використання вторинних ресурсів, якими є відходи виробництва та споживання. Використання промислових відходів забезпечує галузь будівельних матеріалів багатим джерелом дешевої, а іноді вже частково підготовленої сировини, що приводить до економії капітальних вкладень, призначених для будівництва підприємств, які добувають та переробляють сировину; сприяє вивільненню значних площ земельних ділянок та зниженню ступеня забруднення навколишнього середовища. Використання промислових відходів у виробництві будівельних матеріалів дозволяє до 40% задовольнити потребу в сировині цієї галузі, на 10...30% знизити витрати на виробництво будівельних матеріалів у порівнянні з виробництвом їх із природної сировини, при цьому економія вкладень складає 35...50%, дозволяє також економити паливо.

Розвиток і вдосконалення виробництва будівельних матеріалів, підвищення їхньої економічної ефективності на сучасному етапі в значній мірі визначатимуться раціональністю використання сировинних ресурсів, повнотою залучення до виробництва відходів різних галузей промисловості.

У даних методичних вказівка наведені відомості про класифікацію відходів виробництва, що використовуються при виробництві будівельних матеріалів та конструкцій і приклад розрахунково-графічної роботи.

Наступні методичні вказівки призначені для студентів денної та заочної форми навчання, що навчаються за освітньо-професійною програмою підготовки магістрів за спеціалізацією “Технологія будівельних конструкцій, виробів та матеріалів”.

Склад розрахунково-графічної роботи і послідовність її розробки

Розрахунково-графічна робота складається з записки, до складу якої входить розрахункова частина. Обсяг записки складає 10-15 сторінок.

Пояснювальну записку пишуть ясно і розбірливо, від руки або в електронному варіанті на одній стороні листа. Ліворуч залишають поле розмірами 2 см для її брошюровки. Після титульного листа поміщають дані завдання і зміст, далі іде розрахункова частина. Наприкінці записки поміщають список літератури, із вказівкою автора, назвою та місцем, і роком видання.

Склад пояснювальної записки

1. **Вступ.** У цьому розділі розглядаються загальні характеристики відходів промисловості які використовують при виробі будівельних матеріалів, їх класифікація.
2. **Теоретична частина.** Описуються основні властивості золи-унос і в яких матеріалах та конструкціях вона застосовується.
3. **Практична частина.** Варіант завдання розрахунково-графічної роботи містить дані для підбору та розрахунку складу бетону з наповнювачами з відходів промисловості.

1. Проблема промислових відходів та їх класифікація.

Інтенсифікація розвитку промислового комплексу призводить до збільшення витрат природних ресурсів. Щорічно використовується біля 10 млрд. т мінеральних та стільки ж органічних сировинних продуктів. Розробка та утилізація корисних копалин у світі відбувається скоріше, ніж розвідка їх запасів. Біля 70% витрат у промисловості країн СНД припадає на сировину,

матеріали, паливо та енергію. В той же час від 10 до 99% вихідної сировини перетворюється у відходи, що потрапляють в атмосферу та водоймища, які забруднюють землю.

Промислове виробництво щорічно зростає у всьому світі, і пропорційно його росту зростає кількість відходів, збільшуючись приблизно у 2 рази за кожні 8-10 років. Загальна кількість твердих відходів, які щорічно утворюються в Україні складає біля 1 млрд. т, у США – 3,5 млрд. тонн, тобто приблизно 50 кг на душу населення. За різними джерелами в Україні накопичилось від 20 до 30 млрд. т, тобто понад 500 т на одну людину.

Промислові відходи негативно впливають на екологію довкілля. Найбільш значними є викиди підприємств енергетичної, хімічної та металургійної промисловості. Загальна кількість викидів підприємств України сягає 2,3...2.5 млн. т. на рік.

Джерелами забруднення атмосфери та гідросфери різноманітним пилом є також підприємства по виробництву будівельних матеріалів, гірничо-збагачувальні підприємства, технологічні процеси комбінати та інші підприємства, технологічні процеси яких ґрунтуються на подрібненні, помелі та випалюванні великої кількості мінеральної сировини.

В наш час на підприємствах гірничопереробної, металургійної, хімічної, деревопереробної, енергетичної та будівельних матеріалів утворюється біля 1 млрд. т. відходів. Використовується лише третина від загального об'єму відходів. У відвалах і шламосховищах України накопичено біля 30 млрд. т. твердих відходів. Високе забруднення довкілля внаслідок викидів та накопичення відходів представляє собою потенційну загрозу для існуючих екологічних систем різного рівня, а також для здоров'я людини. За останні роки набули поширення ендокринні, алергічні та токсичні хвороби, що спричинені дією хімічних речовин, які потрапили в навколишнє середовище завдяки діяльності людини.

Рациональне вирішення проблеми утилізації промислових відходів залежить від ряду факторів: кількості, речовинного складу та агрегатного стану відходів, особливостей основного технологічного циклу та процесу вилучення відходів із виробництва.

В більшості випадків промислові відходи можна розглядати як напівфабрикати, при отриманні яких вже витрачений певний об'єм палива.

Масштаби використання промислових відходів у виробництві будівельних матеріалів в Україні так само, як і в більшості розвинутих країн світу, постійно збільшується. Деякі види відходів, як наприклад, доменні

гранульовані шлаки, користуються великим попитом і зараз використовуються майже повністю. Передову металургійні виробництва перейшли на використання безвідходних технологій. Значно менше ріж доменні, використовуються поки що сталеплавильні шлаки. Об'єм їхнього споживання складає біля 65%. Незначним є рівень застосування шлаків кольорової металургії. Утилізації підлягає лише біля 15% об'єму зола шлакових відходів енергетичної промисловості, які поряд з металургійними шлаками можна віднести до найбільш значних сировинних ресурсів для промисловості будівельних матеріалів. Незадовільний поки що рівень використання відходів деревопереробної, хімічної, нерудної та ряду інших галузей промисловості.

Шкідливі речовини, що отруюють атмосферу й водоймища, в деяких випадках доцільно вилучати для отримання цінних хімічних продуктів. Для цього створюють енерготехнологічні комплекси, що виробляють не тільки електроенергію, але й такі речовини, як сульфат амонію, сірчаний ангідрид.

На деяких металургійних підприємствах освоєна технологія регенерації металів шляхом переробки шлаків, шламів та ін.. Кожна тонна алюмінію, вилученого з відходів коштує на 10, міді – в 6, цинку – в 3,5. та свинцю – в 2,5 разів дешевше, ніж ті метали, що виплавлені звичайним шляхом – з рудної сировини.

Ефективне рішення проблеми промислових відходів – це впровадження безвідходних технологій. Безвідходні виробництва базуються на принциповій зміні технологічних процесів, що передбачають розробку системи із замкнутим циклом, та забезпечують багатократне використання продуктів і комплексу переробки сировини.

При комплексному підході до використання сировинних матеріалів промислові відходи або побічні продукти одних виробництв є вихідними матеріалами інших. Подібне застосування сировини обумовлено потребами розвитку народного господарства на сучасному етапі. Важливість комплексної переробки сировинних матеріалів можна розглядати у кількох аспектах.

По-перше, утилізація відходів дозволяє вирішувати задачі щодо охорони навколишнього середовища, вивільняти цінні земельні ділянки, що використовуються під відвали та шламосховища, усувати шкідливі викиди в навколишнє середовище.

По-друге, відходи промисловості в значному ступені задовольняють потреби деяких перероблюючих галузей у сировині, причому в багатьох випадках високоякісному, оскільки вони піддаються у процесі виробництва первинній технологічній обробці.

По- третє, при комплексному використанні сировини знижуються питомі капітальні витрати на одиницю продукції та зменшується термін їх окупності; знижуються також витрати основного виробництва, пов'язані зі складуванням відходів, будівництвом та експлуатацією сховищ для них; зменшуються витрати теплоти та електроенергії на нову продукцію за рахунок технологічної підготовки відходів; збільшується продуктивність обладнання.

Із галузей-споживачів промислових відходів, які є побічними продуктами різних виробництв, найбільш вагомим є виробництво будівельних матеріалів. Враховуючи, що витрати на матеріальні ресурси складають більше 55% собівартості будівельних матеріалів, то вірогідно, можна стверджувати, що використання відходів – це один із шляхів підвищення ефективності виробництва будівельних матеріалів.

Відходи – це продукти діяльності людини у побуті, на транспорті, у виробництві, що не використовуються безпосередньо в місцях свого утворення, але які можуть бути реально чи потенційно використані безпосередньо як сировина в інших галузях господарства, в тому числі після додаткової переробки або спеціальної (хімічної, термічної і т.д.) обробки. Таким чином, відходи – це те, що утворюється в процесі виробництва після його завершення, крім продуктів у вигляді енергії або речовин – предметів виробництва. Згідно цьому визначено до відходів відносяться залишки багатокomпонентної сировини після вилучення з її складу потрібного продукту, наприклад, пуста порода, шлаки та золи теплових електростанцій, доменні шлаки, горіла порода, металева стружка машинобудівних підприємств. Відходами також є речовини, що містяться у викидних технологічних газах та стічних водах підприємств, які використовують воду у технологічних циклах.

На сьогодні відсутній реєстр промислових відходів, що ускладнює не тільки вирішення проблеми їхньої утилізації, нейтралізації та знешкодження, але й створює певні перешкоди щодо цільового залучення відходів у виробництво для отримання якісної продукції, в тому числі матеріалів та виробів будівельного призначення. Також на жаль відсутня всебічна загальна класифікація відходів виробництва, яка б враховувала технологічні особливості їх отримання та умови утворення і вилучення із основного технологічного циклу, Хімічний та мінералогічний склад, властивості, а наявність в їх складі шкідливих речовин.

Відходи зазвичай класифікують:

- за агрегатним станом: тверді, рідкі та газоподібні;
- за хімічним складом: органічні та неорганічні;
- за походженням: промислові, сільськогосподарські, побутові.

В промисловій екології тверді відходи поділяються на відходи виробництва та відходи споживання.

До відходів виробництва відносяться:

- відходи металургійної промисловості;
- відходи паливно-енергетичної промисловості;
- відходи будівельної та автодорожньої промисловості;
- відходи гірнично-добувної промисловості;
- відходи деревообробної промисловості та сільського господарства;
- відходи хімічної промисловості.

В свою чергу відходи споживання поділяють на промислові та побутові відходи.

До промислових відходів споживання відносяться:

- відходи гуми та пластмаси;
- старий залізобетон;
- застаріле обладнання;
- радіоактивні відходи;
- токсичні відходи;
- біологічні відходи.

До побутових відходів споживання відносяться:

Відпадки:

- сільського господарські;
- побутові.

Сміття:

- металеві відходи;
- скляні відходи;
- керамічні відходи;
- паперові відходи;
- спалювані відходи.

П. І. Баженов запропонував класифікувати побічні промислові продукти в момент виділення їх із основного технологічного процесу на три наступні класи: А – продукти, що не втратили природні властивості; Б – штучні продукти, отримані внаслідок глибоких фізико-хімічних процесів; В – продукти, утворені при тривалому зберіганні в відвалах.

Продукти класу А (кар'єрні залишки та залишки після збагачення на корисні копалини) мають хіміко-мінералогічний склад та властивості відповідних гірських порід. Галузь їх використання обумовлена агрегатним станом, фракційним та хімічним складом, фізико-механічними властивостями. Мінеральні продукти класу А використовують переважно як заповнювачі бетонів, а також як вихідну глинисту, карбонатну або силікатну сировину для

отримання різноманітних штучних будівельних матеріалів (кераміки, вапна, автоклавних матеріалів).

Продукти класу *Б* отримують в наслідок фізико-хімічних процесів, що відбуваються при звичайних або частіше високих температурах.

Діапазон їх можливого використання ширше, ніж продуктів класу *А*. Особливо ефективно використання цих відходів там, де можна компенсувати повністю або частково витрати паливно-енергетичних ресурсів та робочої сили на їх отримання. Використання продуктів цього класу раціонально при виробництві цементів, матеріалів автоклавного твердіння, де підвищена реакційна здатність вихідної сировини дає високий економічний ефект.

Продукти класу *В* утворюються в наслідок фізико-хімічних процесів, що відбуваються у відвалах (само спалахування, розпад шлаків та утворення порошку і т.д.). Типовими представниками сировинних матеріалів цього класу є горілі алюмосилікатні породи, що утворюються при само спалахуванні териконів.

Наведена вище класифікація потребує обов'язкового врахування хімічних характеристик побічних продуктів. Залежно від переважаючих в їх складі хімічних сполук мінеральні відходи можна поділити на наступні групи: *силікатні, карбонатні, вапняні, гіпсові, залізисті*. В межах кожної групи можлива більш докладна класифікація.

Згідно з діючими нормативами всі промислові відходи поділяють на чотири класи небезпеки (табл. 1.1).

Таблиця 1.1.

Поділ промислових відходів за ступенем небезпечності

Клас	Характеристика речовин (відходів)
Перший	Надзвичайно небезпечні
Другий	Високо небезпечні
Третій	Помірно небезпечні
Четвертий	Мало небезпечні

Для прикладу можна навести клас небезпеки деяких хімічних речовин, що визначається розрахунковими методами:

- наявність у складі відходів ртуті, сулеми, хромовоокислого калію, трихлористої сурьми, бензопирену, оксиду миш'яку та інших високотоксичних речовин дозволяє віднести їх до першого класу небезпеки;

- наявність у відходах хлориду міді, нікелю, оксиду сурьми, нітрату свинцю та інших менш токсичних речовин дає можливість віднести ці відходи до другого класу небезпеки;
- наявність у відходах сульфату міді, оксалату міді, хлориду нікелю, оксиду свинцю, хлористого вуглецю дозволяє віднести їх до третього класу небезпеки;
- наявність у відходах сульфату марганцю, фосфатів, сульфату цинку, хлориду цинку дає можливість віднести їх до четвертого класу небезпеки.

При оцінці промислових відходів як сировини для виробництва будівельних матеріалів необхідно враховувати їхню відповідність нормам на допустимий вміст радіонуклідів.

Згідно з будівельними нормами залежно від концентрації радіонуклідів будівельні матеріали поділяються на три класи:

1 клас: сумарна питома активність радіонуклідів не перевищує 370 Бк/кг. Ці матеріали використовують для всіх видів будівництва без обмежень;

2 клас: сумарна питома активність радіонуклідів знаходиться в діапазоні від 370 до 740 Бк/кг. Ці матеріали можуть бути використані в межах території населених пунктів та зони перспективної забудови;

3 клас: сумарна питома активність радіонуклідів перевищує 740, але нижче 1350 Бк/кг. Ці матеріали можуть бути використані у дорожньому будівництві за межами населених пунктів – для влаштування основ доріг, дамб та ін. В межах населених пунктів їх можна використовувати для будівництва підземних споруд, що вкриті шаром ґрунту товщиною більше 0,5 м, де виключене тривале перебування людей.

Якщо величина сумарної питомої активності радіонуклідів перевищує 1350 Бк/кг, то питання про можливість застосування таких матеріалів вирішують у кожному випадку окремо при погодженні з органами охорони здоров'я.

Для системного розгляду відходів промисловості та міського господарства вигідна їх класифікація залежно від галузі промисловості, де вони утворюються. За цим принципом можна виділити наступні групи:

1. *Відходи металургії*: доменні, феросплавні та сталеплавильні шлаки; шлаки, що утворюються при виплавленні руд кольорових металів; продукти збагачення руд; нефелінові та інші шлами.

2. *Відходи паливно-енергетичної промисловості*: зола, паливні шлаки, золошлакові суміші, шахтні породи, відходи вуглезбагачення, горілі породи, пусті породи та ін..

3. *Відходи хімічної промисловості*: залізисті, вапно- та гіпсомісткі відходи; соле- та гідроксид місткі шлами та содопродукти; фосфорні шлаки, вторинні полімерні продукти та ін..

4. *Відходи виробництва будівельних матеріалів та будівельної галузі*, в тому числі цементної, азбестоцементної, скляної. Керамічної промисловості,

5. *Відходи гірнично-рудної промисловості*: вскришні породи та породи , що попутно розробляються.

6. *Відходи переробки деревини та іншої рослинної сировини*:

кора, обрізки, стружки, тирса, лігнін та ін..

7. *Відходи споживання*, в тому числі міського господарства: *побутові відходи* (відпрацьовані та зношені автопокришки, ганчір'я, макулатура, будівельне сміття, використані полімерні матеріали, склобій тощо) та *промислові відходи* (бетонні, цегляні, металеві та ін. споруди, що вийшли із експлуатації).

Промисловість будівельних матеріалів є базовою галуззю будівельного комплексу і відноситься до найбільш матеріалоємних галузей промисловості. Враховуючи, що більшість мінеральних та органічних відходів за своїм хімічним складом та технічними властивостями близькі до природної сировини, а інколи мають і деякі переваги, використання промислових відходів у виробництві будівельних матеріалів є одним із основних напрямків зниження матеріалоємності цього масового багатотоннажного виробництва. В той же час зниження об'ємів природної сировини, що розробляється, та утилізація відходів має суттєве економіко-екологічне значення. В ряді випадків використання сировини з відвалів промислових підприємств практично повністю задовольняє потреби галузі в природних ресурсах.

2. ПРИКЛАД ВИКОННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Даний метод дозволяє розрахувати склад бетону заданої рухливості ОК і міцності R при відомих характеристиках вихідних матеріалів: активності цементу R_c , істинної щільності цементу ρ_c , наповнювача ρ_n , піску ρ_p і щебеню $\rho_{ш}$, значеннях середньої щільності компонентів $\rho_{о.ц}$, $\rho_{о.н}$, $\rho_{о.п}$, $\rho_{о.щ}$ і діаметра зерен d_n , d_p , $d_{ш}$ наповнювача, піску і щебеню.

Поліструктурності підхід заснований на теоретичних передумовах поліструктурної теорії КБМ: оптимально підібрана структура на початковій стадії структуроутворення за інших ідентичних умовах є оптимальною і на кінцевій його стадії;

для одержання оптимальної структури в початковій стадії досить оптимізувати її на прийнятих структурних підрівнях.

У структурі цементних бетонів, що розглядаються як дисперсні системи, можна виділити три якісних підрівні:

<i>Дисперсна фаза</i>	<i>Дисперсійне середовище</i>
1. Наповнювач	Цементне тісто.
2. Пісок.	Наповнене цементне тісто.
3. Щебінь.	Розчина частина.

На кожному підрівні дисперсна фаза повинна максимально заповнювати об'єм з урахуванням необхідної для забезпечення заданих властивостей бетону і бетонної суміші товщини клейової обмазки, створюваної дисперсійним середовищем.

Об'ємну концентрацію дисперсійного середовища $c_{\text{ср}}$ залежно від пустотності дисперсної фази $p_{\text{ф}}$ в умовній одиниці об'єму можна знайти за формулою

$$c_{\text{ср}} = 1 - (1 - p_{\text{ф}})(1 + 2\delta/d_{\text{ф}})^{-3}, \quad (1)$$

де δ – середня товщина обмазки частинок фази середовищем; $d_{\text{ф}}$ – середній діаметр часток фази.

Пустотність фази

$$p_{\text{ф}} = \frac{\rho - \rho_0}{\rho}, \quad (2)$$

де ρ та ρ_0 – відповідно істинна і середня щільність в ущільненому стані фази.

Середні діаметри частинок фази можна розрахувати за значенням питомої поверхні $S_{\text{уд}}$ або за даними гранулометричного складу:

$$p_{\text{ф}} = \frac{6}{S\rho_{\text{н}}}; \quad (3) \quad d_{\text{ф}} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (4)$$

де m_i - маса i -ої фракції; d_i - мінімальний діаметр i -ої фракції.

Вимірювати середню товщину обмазки δ , що забезпечує максимальну міцність на кінцевій стадії гідратації, скрутно. Тому в розрахунках можна приймати середні узагальнені значення δ , представлені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Значення середньої товщини обмазки

Структурний підрівень	Вид фази	Значення середньої товщини обмазки, мкм з урахуванням різної рухливості бетонної суміші, см			
		0...1	1...4	4...15	Більше 15
1.	Зола	1	1,5	2	4
	ОПФ	0,1	0,5	0,8	1
	Зола мелена ($S_{уд}=5000...7000 \text{ см}^2/\text{Г}$)	0,5	1	1,5	3
	Мартенівський шлак мелений ($S_{уд}=1000...3000 \text{ см}^2/\text{Г}$)	2	2,5	3	4
2.	Пісок:	8	15	20	25
	невеликий середній	10	20	30	35
	великий	10	25	30	40
3.	Щебінь фракції:				
	10	90	100	120	150
	20	120	160	150	180
	30	140	200	260	330
	40	180	260	340	470
	70	260	370	480	650

Об'ємна концентрація компонентів суміші на підрівнях складе:

на першому – для фази

$$c_{\text{н}}^{(1)} = \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{н}} + V_{\text{в}} + V_{\text{ц}}}; \quad (5)$$

для середовища

$$c_{\text{цт}}^{(1)} = 1 - c_{\text{н}}^{(1)}; \quad (6)$$

на другому – для фази

$$c_{\text{п}}^{(2)} = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{п}} + V_{\text{в}} + V_{\text{ц}} + V_{\text{н}}}; \quad (7)$$

для середовища

$$c_{\text{цтв}}^{(2)} = 1 - c_{\text{п}}^{(2)} \quad (8)$$

на третьому – для фази

$$c_{\text{щ}}^{(3)} = \frac{V_{\text{щ}}}{V_{\text{щ}} + V_{\text{п}} + V_{\text{н}} + V_{\text{ц}} + V_{\text{в}}}; \quad (9)$$

для середовища

$$c_{\text{р}}^{(3)} = 1 - c_{\text{щ}}^{(3)}, \quad (10)$$

де V_H , V_B , V_C , $V_{Щ}$, V_B – відповідно об'єми наповнювача, води, цементу, щебеню і піску.

Щоб визначити об'ємну концентрацію наповнювача, піску, щебеню в умовній одиниці об'єму всієї суміші, наприклад 1000 дм³, необхідно використовувати залежності

$$c_H = (c_H^{(1)} c_{цтн}^{(2)} c_p^{(3)}) \quad (11)$$

$$c_n = (c_n^{(2)} c_p^{(3)}) \quad (12)$$

Об'єм цементного тесту в 1 м³ (1000 дм³)

$$V_{цт} = 1000 - V_H - V_n - V_{Щ} - V_{B.B}, \quad (13)$$

де $V_{B.B}$ - об'єм залученого повітря, приймається 5...30 дм³.

Витрату води визначаємо, знаючи об'єм цементного тіста в одиниці об'єму всієї суміші і Ц/В

$$B = \frac{V_{цт} \rho_{ц}}{\rho_{ц} + \frac{Ц}{B}}, \quad (14)$$

Необхідне значення цементно-водного відношення встановлюємо за загальноприйнятою формулою

$$R_{\delta} = AR_{ц} \left(\frac{Ц}{B} \pm B \right), \quad (15)$$

де А, В - константи: для МЗБА = 0,4; В = 0,43, для звичайних важких бетонів В = 0.5; $R_{ц}$ - активність цементу.

Вплив активності наповнювача враховуємо введенням коефіцієнта активності k, що визначається експериментально (табл. 2). Остаточно формули приймають вид

$$R_{\delta} = AR_{ц} \left(\frac{Ц}{B} - 0,5 + k c_H \right) \quad (16)$$

Розрахунок на 1 м³ бетонної суміші проводиться в такій послідовності.

1. Об'ємна концентрація наповнювача і цементного тесту в наповненому цементному тесті

$$c_H^{(1)} = (1 - p_H) \left(1 + \frac{2\delta^{(1)}}{d_H} \right)^{-3}, \quad (17)$$

де $\delta^{(1)}$ оптимальна товщина цементного тесту, обумовлена за табл. 1 виходячи з необхідних значень легкоукладальності бетону;

$$c_{цт} = 1 - c_H^{(1)}, \quad (18)$$

2. Об'ємна концентрація піску і наповненого цементного тесту в розчині

$$c_n = (1 - p_n) \left(1 + \frac{2\delta^{(2)}}{d_n} \right)^{-3}, \quad (19)$$

де $\delta^{(2)}$ - оптимальна товщина наповненого цементного тіста (див. табл. 1);

$$c_{цнт}^{(2)} = 1 - c_n^{(2)}, \quad (20)$$

Наповню- вач	Марка бетону за міцністю на стиск, МПа $\times 10^{-1}$	Важкі грубозернисті бетони			МБЗ		
		ОК, см	без су- перпласти- фікатора	з супер- пластифі- катором	Розплив конусу, мм	без суперклас- тифікатора	з суперпласти- фікатором
			k			k'	
Марте- нівський шлак мелений $S_{уд}=1000\ldots$ $3000 \text{ см}^2/\Gamma$	M200	1...4	3,85	2,45	115...140	4,0...3,6	3,9...3,3
		4...15	4,10	2,68	140...180	2,2...1,8	4,0...4,3
	M300	1...4	5,69	6,31	115...140	1,8...1,3	4,4...4,0
			4,19	5,0		1,5...1,1	2,0...1,6
	M400	4...15	<u>7,05</u>	<u>5,40</u>	140...180	<u>1,9...1,0</u>	<u>4,9...4,5</u>
			4,64	5,3		1,1...0,6	1,4...1,2
		1...4	<u>7,23</u>	<u>6,33</u>	115...140	<u>3,9...3,5</u>	<u>4,6...4,3</u>
			4,88	4,74		2,3...2	3,1...2,8
		4...15	<u>7,83</u>	<u>6,41</u>	140...180	<u>2,5...2,2</u>	<u>2,7...2,4</u>
			4,99	4,77		2,0...1,5	2,5...2,0
	M500	1...4	<u>7,36</u>	<u>6,52</u>	115...140	---	---
			2,56	2,46		3,4...3,0	3,7...3,0
		4...15	<u>7,55</u>	<u>6,52</u>	140...180	--	---
			2,70	2,48		2,5...2,0	4,0...3,4
Зола $S_{уд}=2000\ldots$ $4500 \text{ см}^2/\Gamma$	M200	1...4	3,89	3,43	115...140	2,3...3,4	3,3...2,7
		4...15	3,93	3,48	140...180	2,5...2,8	3,7...3,3
	M300	1...4	<u>5,38</u>	<u>5,04</u>	115...140	<u>1,3...0,8</u>	<u>2,3...1,9</u>
			4,37	4,15		1,1...0,5	1,8...1,2
		4...15	<u>3,42</u>	<u>3,15</u>	140...180	<u>1,0...0,7</u>	<u>3,0...2,6</u>
			2,36	2,48		0,9...0,4	1,9...1,3
	M400	1...4	<u>7,10</u>	<u>6,40</u>	115...140	<u>3,9...3,7</u>	<u>4,3...3,8</u>
			1,90	1,58		0,8...0,6	2,3...2,0
		4...15	<u>7,18</u>	<u>6,55</u>	140...180	<u>3,7...3,5</u>	<u>4,5...4,1</u>
			2,44	1,66		0,9...0,7	1,3...0,7
	M500	1...4	<u>3,21</u>	<u>3,00</u>	115...140	<u>1,6...1,3</u>	<u>4,0...3,6</u>
			0,27	0,20		3,1...2,8	3,6...3,1
		4...15	<u>3,34</u>	<u>3,15</u>	140...180	<u>1,3...1,1</u>	<u>4,4...4,0</u>
			0,31	0,26		2,4...1,9	3,8...3,3
ОПФ $S_{уд}=1000\ldots$ $3000 \text{ см}^2/\Gamma$	M200	1...4	3,0	2,05	115...140	8,7...7,5	13,6...12,5
		4...15	3,10	2,14	140...180	8,2...7,1	13,9...12,9
	M300	1...4	<u>8,59</u>	<u>8,06</u>	115...140	<u>8,3...7,6</u>	<u>16,3...13,4</u>
			5,27	4,19		9,1...8,0	16,2...15,2
		4...15	<u>8,70</u>	<u>8,12</u>	140...180	<u>8,0...7,1</u>	<u>16,7...13,6</u>
			5,37	4,23		9,8...8,6	16,3...15,3
	M400	1...4	<u>14,0</u>	<u>12,0</u>	115...140	<u>7,2...6,2</u>	<u>16,9...16,6</u>
			5,67	4,71		14,3...13,9	15,3...15,0
		4...15	<u>15,2</u>	<u>12,5</u>	140...180	<u>7,0...6,0</u>	<u>17,2...16,8</u>
			5,71	4,76		13,1...13,6	15,6...15,2
	M500	1...4	<u>38,0</u>	<u>24,0</u>	115...140	<u>8,2...7,0</u>	<u>14,6...10,1</u>
			7,67	5,72		14,1...13,4	15,5...15,1
		4...15	<u>42,0</u>	<u>25,0</u>	140...180	<u>8,1...7,4</u>	<u>14,2...11,3</u>
			8,12	5,85		13,7...13,5	15,2...14,9

П р и м і т к а 1. У чисельнику - значення коефіцієнта k при використанні цементу М400, в знаменнику - М500. 2. Для меленої золи коефіцієнт k приймається в 2 рази перевищуючим відповідний коефіцієнт вихідної золи.

3. Об'ємна концентрація щебеню і наповненого цементного розчину в бетоні

$$c_{\text{щ}} = (1 - p_{\text{щ}}) \left(1 + \frac{2\delta^{(3)}}{d_{\text{щ}}} \right)^{-3}, \quad (21)$$

де $\delta^{(3)}$ - оптимальна товщина розчинової складової (див. табл. 1);

$$c_{\text{р}}^{(3)} = 1 - c_{\text{щ}}^{(3)}, \quad (22)$$

4. Об'ємна концентрація наповнювача і піску в суміші

$$c_{\text{н}} = c_{\text{н}}^{(1)} c_{\text{цтн}}^{(2)} c_{\text{р}}^{(3)}; \quad c_{\text{п}} = c_{\text{п}}^{(2)} c_{\text{р}}^{(3)}, \quad (23)$$

5. Об'єм наповнювача, піску і щебеню

$$V_{\text{щ}} = c_{\text{щ}}^{(3)} \times 1000 \text{ дм}^3; \quad V_{\text{п}} = c_{\text{п}} \times 1000 \text{ дм}^3; \quad V_{\text{н}} = c_{\text{н}} \times 1000 \text{ дм}^3. \quad (24)$$

6. Об'єм цементного тіста

$$V_{\text{цт}} = 1000 - (V_{\text{щ}} + V_{\text{п}} + V_{\text{н}} + V_{\text{в.в}}), \quad (25)$$

де $V_{\text{в.в}}$ - об'єм залученого повітря - 5...30 $\text{дм}^3/\text{м}^3$ (менша значення приймаємо в разі відсутності повітрязалучуючих ПАР).

7. Ц/В знаходимо за формулами:

для звичайного важкого бетону

$$\text{Ц/В} = R_6 / AR_{\text{ц}} + 0,5 - kc_{\text{н}}; \quad (26)$$

для МЗБ

$$\text{Ц/В} = R_{\text{МЗБ}} / AR_{\text{ц}} + 0,43 - k'c_{\text{н}}. \quad (27)$$

8. Витрата води та цементу

$$B = \frac{V_{\text{цт}} p_{\text{ц}}}{p_{\text{ц}} + \text{Ц/В}}; \quad (28) \quad \text{Ц} = (V_{\text{цт}} - B) \rho_{\text{ц}}. \quad (29)$$

9. Після контрольного замісу проводиться коригування складу.

2.1 Підбір складу бетону з золою

Приклад. Розрахувати склад важкого бетону з осадкою конуса 12 см і міцністю при стиску у віці 28 діб 30 МПа.

Для приготування бетону використовують:

портландцемент М400 ($\rho_{\text{ц}} = 3,1 \text{ кг/дм}^3$); щебінь ($\rho_{\text{щ}} = 2,6 \text{ кг/дм}^3$, $p_{\text{щ}} = 38\%$) з переважною фракцією 20 мм; наповнювачі: зола Бурштинської ГРЕС ($\rho_{\text{з}} = 2,3 \text{ кг/дм}^3$, $p_{\text{з}} = 63\%$, $d_{\text{зcp}} = 15 \text{ мкм}$), ОПФ Стахановського заводу ($\rho_{\text{опф}} = 2,2 \text{ кг/дм}^3$, $p_{\text{опф}} = 80\%$, $d_{\text{опфcp}} = 4 \text{ мкм}$), мелена зола ($\rho_{\text{зм}} = 2,4 \text{ кг/дм}^3$, $p_{\text{зм}} = 65\%$, $d_{\text{змcp}} = 9 \text{ мкм}$); пластифікуюча добавка – суперпластифікатор С-4, «Дофен»; пісок кварцовий ($\rho_{\text{п}} = 2,62 \text{ кг/дм}^3$; $p_{\text{оп}} = 1,6 \text{ кг/м}^3$).

1. Приклад 1. Визначаємо склад бетону з золою.

Пустотність піску

$$p_{\text{п}} = \frac{p_{\text{п}} - p_{\text{оп}}}{p_{\text{п}}} = \frac{2,62 - 1,6}{2,62} = 0,389.$$

Знаходимо об'ємну концентрацію золи, піску і щебеню, наповненого цементного тесту і розчину, відповідно на 1, 2, 3 рівні структури за формулами (17), (19), (20); (21) і (22):

$$c_{\text{з}}^{(1)} = (1 - 0,63) \left(1 + \frac{2 \times 2}{15} \right)^{-3} = 0,182;$$

$$c_{\text{п}}^{(2)} = (1 - 0,389) \left(1 + \frac{2 \times 30}{316} \right)^{-3} = 0,359;$$

$$c_{\text{цтн}}^{(2)} = 1 - 0,354 = 0,640;$$

$$c_{\text{щ}}^{(3)} = (1 - 0,38) \left(1 + \frac{2 \times 150}{2000} \right)^{-3} = 0,408;$$

$$c_{\text{п}}^{(3)} = 1 - 0,408 = 0,592.$$

Концентрація золи і піску на 1 м³ бетонної суміші за формулами (11) і (12)

$$c_{\text{з}} = c_{\text{зу}}^{(1)} c_{\text{цтн}}^{(2)} c_{\text{р}}^{(3)} = 0,182 \times 0,640 \times 0,592 = 0,069;$$

$$c_{\text{п}} = c_{\text{п}}^{(2)} c_{\text{р}}^{(3)} = 0,354 \times 0,592 = 0,212.$$

Визначаємо витрату золи, піску і щебеню для 1 м³ бетонної суміші

$$V_{\text{з}} = 0,069 \times 1000 = 69 \text{ дм}^3/\text{м}^3;$$

$$З = V_{\text{з}} \rho_{\text{з}} = 69 \times 2,3 = 159 \text{ кг/м}^3;$$

$$V_{\text{п}} = 0,212 \times 1000 = 212 \text{ дм}^3/\text{м}^3;$$

$$\Pi = 212 \times 2,62 = 555 \text{ кг/м}^3;$$

$$V_{\text{щ}} = 0,408 \times 1000 = 408 \text{ дм}^3/\text{м}^3;$$

$$\Pi = 408 \times 2,6 = 1061 \text{ кг/м}^3.$$

Об'єм цементного тесту за формулою (13)

$$V_{\text{цт}} = 1000 - V_{\text{з}} - V_{\text{п}} - V_{\text{щ}} - V_{\text{в.в}} = 1000 - 69 - 212 - 408 - 18 = 295 \text{ дм}^3/\text{м}^3.$$

Цементно-водне відношення для важкого бетону за формулою (26)

$$\Pi/B = 30,0/0,6 \times 40,0 + 0,5 - 3,15 \times 0,069 = 1,53.$$

Водовміщення бетонної суміші за формулою (28)

$$B = V_{\text{цт}} \rho_{\text{ц}} / (\text{Ц}/B + \rho_{\text{ц}}) = 295 \times 3,1 / (1,53 + 3,1) = 197 \text{ кг/м}^3.$$

Витрата цементу

$$\text{Ц} = \text{Ц}/B \times B = 300 \text{ кг/м}^3.$$

2.2 Підбір складу бетону з наповнювачем ОПФ.

Визначаємо об'ємну концентрацію наповнювача на 1-му рівні структури

$$c_{\text{н}}^{(1)} = (1 - p_{\text{н}})(1 + 2\delta/d_{\text{н}})^{-3} = (1 - 0,8)(1 + 2 \times 0,8/4)^{-3} = 0,073;$$

$$c_{\text{н}} = c_{\text{н}}^{(1)} c_{\text{цтг}}^{(2)} c_{\text{р}}^{(3)} = 0,073 \times 0,640 \times 0,592 = 0,0279;$$

$$H = V_{\text{н}} \rho_{\text{н}} = 0,0279 \times 100 \times 2,2 = 61,3 \text{ кг/м}^3.$$

Витрата щебеню і піску - див. приклад 1.

Об'єм цементного тесту

$$V_{\text{цт}} = 1000 - 27,9 - 212 - 408 - 18 = 334 \text{ дм}^3/\text{м}^3;$$

$$\frac{\text{Ц}}{B} = \frac{R_{\delta}}{0,6R_{\text{ц}}} + 0,5 - kc_{\text{н}} = 1,75 - 8,12 \times 0,0279 = 1,52.$$

Водовміст бетонної суміші

$$B = \frac{V_{\text{цт}} p_{\text{ц}}}{\frac{\text{Ц}}{B} + p_{\text{ц}}} = \frac{334 \times 3,1}{1,52 + 3,1} = 224 \text{ кг/м}^3$$

Витрата цементу

$$\text{Ц} = (V_{\text{цт}} - B) \rho_{\text{ц}} = (334 - 224) 3,1 = 340 \text{ кг/м}^3.$$

2.3. Підбір складу бетону з молотою золою

Визначаємо склад бетону з наповнювачем - меленої золою.

Об'ємна концентрація меленої золи

$$c_{\text{зм}}^{(1)} = (1 - 0,65) \left(1 + \frac{2 \times 1,5}{9} \right)^{-3} = 0,148.$$

Концентрація щебеню, піску - див. приклад 1.

Об'єм і витрата меленої золи на 1 м³ суміші

$$c_{\text{зм}} = c_{\text{зм}}^{(1)} c_{\text{цтг}}^{(2)} c_{\text{р}}^{(3)} = 0,148 \times 0,640 \times 0,592 = 0,056.$$

$$V_{\text{зм}} = 0,056 \times 1000 = 56 \text{ л/м}^3; \text{ЗМ} = 56 \times 2,4 = 136 \text{ кг/м}^3.$$

Витрата щебеню і піску - див. приклад 1.

Об'єм цементного тесту

$$V_{\text{цт}} = 1000 - 56 - 212 - 408 - 18 = 1000 - 694 = 306 \text{ дм}^3/\text{м}^3.$$

$$\frac{Ц}{В} = \frac{R_6}{0,6R_{\text{ц}}} + 0,5 - k c_{\text{н}} = 1,75 - 6,30 * 0,056 = 1,4.$$

Водовміст бетонної суміші

$$В = \frac{V_{\text{цт}} p_{\text{ц}}}{\frac{Ц}{В} + p_{\text{ц}}} = \frac{306 * 3,1}{1,4 + 3,1} = 211 \text{ кг/м}^3$$

Витрата цементу

$$Ц = (V_{\text{цт}} - В) \rho_{\text{ц}} = (306 - 211) 3,1 = 295$$

ДОДАТОК А

ЗАВДАННЯ

№	ОК	Песок	Щебень	кз _{зола}	к _{опф}	К _{мол зола}
1	1	дрібний	10	3,21	14	7,36
2	3	середній	20	3,21	14	7,36
3	2	великий	40	3,34	15,2	7,55
4	5	дрібний	10	3,5	17	8
5	10	середній	20	3,21	14	7,36
6	4	великий	40	3,5	15,2	8
7	14	дрібний	10	2,4	12,8	7
8	15	середній	20	3,5	17	8
9	3,5	середній	20	3,34	15,2	7,55
10	4	великий	40	3,21	14	7,36
11	3	дрібний	10	2,4	12,8	7
12	12	великий	40	3,34	15,2	7,55
13	10	середній	20	3,5	17	8
14	5,5	дрібний	10	3,21	14	7,36
15	2	Великий	40	3,34	15,2	7,55

ДОДАТОК Б

ЗРАЗОК ТИТУЛЬНОГО АРКУША

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Кафедра виробництва будівельних виробів і конструкцій

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни “ Використання промислових відходів в виробництві будівельних
конструкцій, виробів і матеріалів”

Виконав:

Студент гр. ВБК –502

Іванов І.І.

Перевірив:

доцент кафедри ВБК

к.т.н. Ткаченко Г.Г..

Одеса 2017

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления.- М.:Интермет Инжиниринг,2000.-495 с.
- 2.Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы. Хранение. Утилизация, переработка.-«Фаир-Пресс».- 2002.336 с.
3. Дворкін Л.Й. Ефективні технології бетонів та розчинів із застосуванням техногенної сировини: Монографія/ Л.Й. Дворкін, В.В. Житковський, В.В. Марчук, Ю.С. Степасюк, М.М. Скрипник. – Рівне, 2017.-424с.
4. Використання техногенних продуктів у будівництві: Навчальний посібник/ Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Пушкарьова К.К. ,Кочевих М.О., Мохорт М.А., Безсмертний М.П. – Рівне: НУВГП, 2009.-339 с.
5. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.Строительные материалы из отходов промышленности.- Ростов-на-Дону:Феникс-2007.- 369 с.
6. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. Основи бетонознавства.- К.: «Основа»,2007.-616 с.
7. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Корнейчук Ю.А. Эффективные цементно-зольные бетоны.-Ровно.-Изд-во «Эден», 1999.-195 с.
8. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности.-К.: вища шк..-1989.-208 с.
9. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. К.:Будивэльнык,1991.-136 с.
10. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки:Учебное пособие/Г.К. Лобачева, В.Ф.Желтобрюхов, И.И. Прокопов, А.П. Форменко.-Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2005.-176с.
11. ДСТУ Б В.2.7-96-2000 (ГОСТ 7473-94) Суміші бетонні. Технічні умови.
12. ДСТУ Б В.2.7-214-2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу.
13. ДСТУ Б В.2.7-215-2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу.
- 14.ДСТУ Б В.2.7-224-2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності.