

**Міністерство освіти і науки України**  
**Одеська державна академія будівництва та архітектури**  
**Кафедра проектування, будівництва**  
**та експлуатації автомобільних доріг**



# **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**з дисципліни «Наукові основи довговічності в будівництві та експлуатації автомобільних доріг та аеродромів»**

**до виконання розрахунково-графічної роботи**  
**для студентів спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія**

***ОПП «Автомобільні дороги і аеродроми»***

**(форма навчання – денна і заочна)**

**(друге видання)**



**Одеса - 2020**

УДК 691:692:693

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**

Навчально методичною комісією  
інституту гідротехнічного будівництва  
та цивільної інженерії  
протокол № 7 від 25.03.2020

Методичні вказівки розглянуті та рекомендовані до друку на засіданні кафедри автомобільних доріг та аеродромів, протокол № 8 від 13.02.2020 р.

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри автомобільних доріг та аеродромів, протокол №6 від 11.01.2016 р., затверджено вченою радою ІГБЦІ, протокол № 7 від 13.01.2016 р.

**Укладач:**

**к.т.н., доц. Кровяков С.О.**

**Рецензенти:**

- доцент кафедри організації будівництва і охорони праці Одеської державної академії будівництва та архітектури, к.т.н. Вєтох О.М.
- директор ТОВ «Спеціалізована пересувна механізована колона №579» Кошлань О.А.

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри автомобільних доріг та аеродромів,  
д.т.н., проф. Мішутін А.В.

## Зміст

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                       | 1  |
| Класи наслідків (відповідальності) споруд .....                                  | 2  |
| Категорії відповідальності конструкцій та їх елементів.....                      | 6  |
| Ймовірнісний розрахунок надійності .....                                         | 7  |
| Порядок виконання 1-ої частини розрахунково-графічної роботи.....                | 9  |
| Визначення загального стану будівельних конструкцій<br>транспортних споруд ..... | 10 |
| Визначення фізико-хімічних характеристик матеріалів конструкцій .....            | 13 |
| Порядок виконання 2-ої частини розрахунково-графічної роботи.....                | 16 |
| Оцінка довговічності залізобетонної конструкції<br>транспортної споруди .....    | 18 |
| Порядок виконання 3-ої частини розрахунково-графічної роботи.....                | 19 |
| Ступінь агресивності ґрунтів на бетонні та залізобетонні конструкції.....        | 20 |
| Порядок виконання 4-ої частини розрахунково-графічної роботи.....                | 21 |
| Вимоги до оформлення розрахунково-графічної роботи.....                          | 22 |
| Приклад бланку завдання до розрахунково-графічної роботи.....                    | 23 |
| Література .....                                                                 | 24 |

## Вступ

Метою дисципліни «Наукові основи довговічності в будівництві та експлуатації автомобільних доріг та аеродромів» є знайомство студентів з основними методами оцінки, розрахунку і прогнозування надійності та довговічності споруд різного типу.

Конструкції транспортних споруд в процесі експлуатації піддаються впливу складних за своїм характером навантажень, температурно-вологісних деформацій, агресивної середи, інших зовнішніх і внутрішніх факторів. Для оцінки надійності та довговічності існуючих споруд на автомобільних дорогах необхідно визначити технічний стан споруди та її окремих конструкцій. Дослідження технічного стану споруд і окремих будівельних конструкцій є самостійним напрямком будівельної діяльності, що охоплює великий комплекс питань. Обсяг проведених обстежень будівель і споруд збільшується з кожним роком, що є наслідком ряду факторів. Особливо важливо проведення обстежень

після різного роду техногенних та природних впливів (пожежі, землетруси і т.п.), при реконструкції старих споруд, що часто пов'язано із зміною діючих навантажень, зміною конструктивних схем і необхідністю врахування сучасних норм проектування.

Для розрахунку надійності та довговічності споруд при їх проектуванні необхідно користуватися методиками, закріпленими у діючих нормативних документах, а також враховувати умови експлуатації споруд.

### **Класи наслідків (відповідальності) споруд**

Відповідальності будівель і споруд визначаються рівнем можливих матеріальних збитків і (або) соціальних втрат, пов'язаних із припиненням експлуатації або із втратою цілісності об'єкта.

Згідно з ДБН В.1.2-14-2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ» класифікація будівель і споруд виконується відповідно до вказівок таблиці 1 незалежно за кожною з наведених в її стовпцях характеристикою можливих збитків та втрат від відмови. Будівлі або споруді в цілому присвоюється найвищий з отриманих (найбільший за номером) клас. Попередню класифікацію об'єктів допускається визначати за даними, наведеними нижче (клас відповідальності унікальних будівель та споруд визначається на основі експертних оцінок).

#### Орієнтовний перелік об'єктів за класами наслідків (відповідальності)

Наведені нижче орієнтовні переліки лише ілюструють вимоги таблиці 1. Терміни такого типу як "крупні вокзали, аеровокзали і вертолітні станції", "крупні лікарні" тощо, а також призначення будівельному об'єкту класу відповідальності визначаються точно у нормах проектування цих об'єктів відповідно до вимог таблиці 1.

#### До будівель і споруд класу ССЗ, як правило, слід відносити:

- об'єкти нафто- і газодобувної, газопереробної, металургійної, хімічної та інших галузей промисловості, обладнані пожежо- і вибухонебезпечними ємкостями і сховищами рідкого палива, газу і газопродуктів, особливо при їх зберіганні під тиском (технологічні трубопроводи, апарати, котли, газгольдери, ізотермічні резервуари ємністю понад 10 тис. кубометрів, резервуари для

зберігання нафти та нафтопродуктів ємністю 30 тис. кубометрів і більше, посудини високого тиску тощо);

- об'єкти хімічної, нафтохімічної, біотехнологічної, оборонної та інших галузей, що пов'язані з використанням, переробкою, виготовленням і зберіганням хімічно токсичних, вибухо- і пожежонебезпечних речовин і промислових вибухових матеріалів, біологічно небезпечних речовин тощо;

Таблиця 1

| Клас наслідків відмови (відповідальності) будівлі або споруди | Характеристики можливих наслідків відмови будівлі або споруди   |                                                                   |                                                          |                                               |                                                         |                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               | Можлива небезпека, кількість осіб                               |                                                                   |                                                          | Обсяг можливого економічного збитку, м.р.з.п. | Втрата об'єктів культурної спадщини, категорії об'єктів | Припинення функціонування об'єктів комунікацій транспорту, зв'язку, енергетики, інших інженерних мереж, рівень |
|                                                               | Для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті | Для здоров'я і життя людей, які періодично перебувають на об'єкті | Для життєдіяльності людей, які знаходяться зовні об'єкта |                                               |                                                         |                                                                                                                |
| СС3<br>значні наслідки                                        | понад 400                                                       | понад 1000                                                        | понад 50000                                              | понад 150000                                  | національного значення                                  | загальнодержавний                                                                                              |
| СС2<br>середні наслідки                                       | від 50 до 400                                                   | від 100 до 1000                                                   | від 100 до 50000                                         | від 2000 до 150000                            | місцевого значення                                      | регіональний, місцевий                                                                                         |
| СС1<br>незначні наслідки                                      | до 50                                                           | до 50                                                             | до 100                                                   | до 2000                                       | -                                                       | -                                                                                                              |

**Примітка 1.** Будівлі або споруди присвоюється найвищий клас наслідків (відповідальності) по одній зі всіх характеристик можливого збитку від відмови.

**Примітка 2.** Вважається, що на об'єкті постійно є люди, якщо він заповнений не менш ніж вісім годин на добу і не менш ніж 150 днів на рік. Людьми, що періодично відвідують об'єкт, вважаються ті, що заповнюють його не більше трьох годин на добу. Можливою небезпекою для життєдіяльності людей є ймовірне порушення нормальних умов життєдіяльності більш ніж на три доби.

**Примітка 3.** Мінімальний розмір заробітної плати (м.р.з.п.) щорічно встановлюється Законом України.

**Примітка 4.** Категорії об'єктів культурної спадщини встановлюються відповідно до чинного законодавства.

**Примітка 5.** Рівень значення комунікацій та інших інженерних мереж устанавлюється відповідно до чинного законодавства.

- об'єкти вугільної і гірничорудної промисловості, небезпечні щодо пожежі, вибуху і газу відповідно до класифікації Держнаглядохоронпраці;
- будівлі головних вентиляційних систем на копальнях і рудниках;
- об'єкти атомної енергетики (АЕС, АЕТС, АСТ), включаючи сховища і заводи з переробки ядерного палива і радіоактивних відходів, а також інші радіаційне небезпечні об'єкти за класифікацією Держатомнагляду;
- об'єкти гідро- і теплоенергетики (ГЕС, ГРЕС, ТЕС, ТЕЦ, ГАЕС) потужністю понад 1,0 млн. кВт;
- *мости і тунелі на дорогах вищої категорії, або протяжністю понад 1000 м чи прогоном понад 300 м;*
- стаціонарні споруди знаків навігаційної обстановки;
- шлюзи і основні портові споруди на водних шляхах 1-го і 2-го класів ДСТУ Б В.2.3-1;
- *будівлі і споруди крупних залізничних вокзалів і аеровокзалів;*
- магістральні трубопроводи діаметром понад 1000 мм, або з робочим тиском понад 2,5 МПа, а також ділянки магістральних трубопроводів меншого діаметра і з меншим робочим тиском у місцях переходів через водні перешкоди, залізничні та автомобільні дороги;
- гідротехнічні споруди меліоративних систем із площею зрошення і осушення понад 300 тис. га і водоймищ об'ємом понад 1 кубічний кілометр;
- крупні елеватори і зерносховища, млинарські комбінати;
- житлові, громадські або багатофункціональні будівлі заввишки понад 100 м;
- будівлі основних музеїв, державних архівів, сховищ національних історичних і культурних цінностей;
- видовищні об'єкти з масовим перебуванням людей (стадіони, театри, кінозали, цирки, виставкові приміщення тощо);
- будівлі університетів, інститутів, шкіл, дошкільних закладів тощо;
- великі лікарні та інші заклади охорони здоров'я;
- універсами та інші великі торговельні підприємства;
- об'єкти життєзабезпечення великих районів міської забудови і промислових територій;
- великі об'єкти захисно-запобіжного характеру (протиселеві, протизсувні, протилавинні споруди, захисні дамби тощо).

До будівель і споруд класу СС2, як правило, слід відносити ті, що не належать до класу СС3:

- основні об'єкти металургійної промисловості, важкого машинобудування, нафтохімії, суднобудування, оборонної промисловості (доменні і мартенівські цехи, складські корпуси, високі димові труби тощо);
- копри, машинні відділення добувних машин;
- об'єкти гідро- і теплоенергетики потужністю менше 1,0 млн. кВт, розподільні системи основних електромереж високої напруги (включаючи опори ліній електропередачі і відкритих розподільних пристроїв);
- ємкості для нафти і нафтопродуктів;
- *шляхові полотна магістральних автодоріг, злітно-посадкові смуги, мости і тунелі протяжністю менше 1000 м, канатні дороги, вокзали, аеровокзали, вертолітні станції;*
- магістральні трубопроводи;
- великі готелі, гуртожитки;
- об'єкти водопроводу і каналізації (включаючи водонапірні башти, очисні споруди, водозабори) промислових підприємств і населених пунктів;
- будівлі видовищних і спортивних підприємств, підприємств торгівлі, громадського харчування, служби побуту, установи охорони здоров'я;
- будівлі і споруди центральних складів для забезпечення життєвих потреб населення, склади особливо цінного устаткування і матеріалів, військові склади;
- житлові, громадські або багатофункціональні будівлі заввишки до 100 м.

До будівель і споруд класу СС1, як правило, слід відносити:

- всі об'єкти промисловості, енергетики, транспорту і зв'язку, сільського господарства і переробки сільгосппродукції, що не віднесені до класів СС3 і СС2;
- громадські будівлі, об'єкти фізкультури та спорту, що не віднесені до класів СС3 і СС2, а також усі тимчасові об'єкти, мобільні будинки;
- *об'єкти внутрішньовиробничих доріг, комунікацій і продуктопроводів;*
- парники, теплиці;
- опори розподільної мережі низької напруги, освітлювальні опори.

## **Категорії відповідальності конструкцій та їх елементів**

Залежно від наслідків, які можуть бути викликані відмовою, розрізняють три категорії відповідальності конструкцій та їх елементів:

А – конструкції та елементи, відмова яких може призвести до повної непридатності до експлуатації будівлі (споруди) в цілому або значної її частини;

Б – конструкції та елементи, відмова яких може призвести до ускладнення нормальної експлуатації будівлі (споруди) або до відмови інших конструкцій, які не належать до категорії А;

В – конструкції, відмови яких не призводять до порушення функціонування інших конструкцій або їх елементів.

Категорії відповідальності встановлюються проектувальником і мають бути наведені у проектній документації. Рекомендації щодо визначення цих категорій, як правило, мають бути наведені у нормах проектування будівель або споруд певного типу.

У складі категорії А можуть виділятися конструкції категорії А1 (головні несучі конструкції), безвідмовність яких забезпечує будівлю або споруду від повного руйнування при аварійних впливах, навіть якщо її подальше використання за призначенням при цьому стане неможливим без капітального ремонту.

До категорії А1 слід відносити елементи, відмова яких може стати безпосередньою причиною аварійної ситуації з прямою загрозою для людей або довкілля.

Для конструкцій та елементів категорії А рекомендується використовувати окремо або в будь-яких доцільних комбінаціях наступні принципи гарантування безпеки:

- резервування, тобто забезпечення виконання основних функцій за рахунок надмірного числа елементів і пристроїв або їх надмірних можливостей (силових, енергетичних тощо);

- незалежність, тобто функціонування одного елемента (підсистеми) за можливості не повинно залежати від здатності до виконання своїх функцій іншим елементом (підсистемою);

- розділення функцій, що забезпечує зменшення ймовірності одночасної відмови різних елементів (підсистем) через загальну причину;

- відмінність принципів, тобто використання різних за конструкцією і принципом дії захисних пристроїв і елементів.

Рішення щодо принципів гарантування безпеки приймає генеральний проектувальник за погодженням із замовником проекту та організацією, яка здійснює наукове супроводження проектних робіт, та відповідними державними наглядовими органами. Для елементів категорії А1 відмова від використання принципу незалежності має бути спеціально обґрунтованою.

### Ймовірнісний розрахунок надійності

Основним показником надійності є ймовірність відмови  $P_f(T_{ef})$ , тобто ймовірність того, що за встановлений час виникне відмова заданого виду.

Нормативні вимоги до безвідмовності формуються за допомогою розрахункової умови реалізації відмови та ймовірності її виконання у виді

$$P_{f,i}(T_{ef}) = Rrob\{g_i(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) < 0 / T_{ef}\} \leq P_i^{ex} \quad (1)$$

де  $g_i$  – функція роботоспроможності відносно відмови  $i$ -го виду;

$P_i^{ex}$  – доцільне значення імовірності відмови  $i$ -го виду, яке приймається згідно з таблицею 2.

Усі розрахункові вимоги норм формуються для граничних станів, які визначають межу між допустимими і недопустимими (позаграничними) станами конструкцій. Перехід через граничний стан відповідає одному з видів відмови, самі граничні стани вважаються при цьому допустимими.

Граничні стани можуть бути віднесені до конструкції в цілому, до її окремих елементів, з'єднань або поперечних перерізів. Граничні стани поділяються на дві групи, які в свою чергу можуть мати підгрупи.

Перша група містить граничні стани, перехід через які призводить до повної непридатності будівельного об'єкта (конструкції, елемента, основи) до експлуатації і для яких позаграничними станами можуть бути:

- руйнування будь-якого характеру (в'язке, крихке, в результаті втомлюваності);
- втрата стійкості форми;
- втрата стійкості положення;
- перехід у змінну систему;
- якісна зміна конфігурації;

Таблиця 2

| Клас наслідків (відповідальності)                                                                                                                                                                                      | Категорія відповідальності конструкції | Значення $P_i^{ex}$ , які використовуються в розрахункових ситуаціях |                              |                              |                              |                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                        |                                        | усталених                                                            |                              | перехідних                   |                              | аварійних                    |
|                                                                                                                                                                                                                        |                                        | перша група граничних станів                                         | друга група граничних станів | перша група граничних станів | друга група граничних станів | перша група граничних станів |
| СС3                                                                                                                                                                                                                    | А                                      | $1 \times 10^{-6}$                                                   | $5 \times 10^{-5}$           | $1 \times 10^{-5}$           | $5 \times 10^{-4}$           | $1 \times 10^{-5}$           |
|                                                                                                                                                                                                                        | Б                                      | $5 \times 10^{-6}$                                                   | $5 \times 10^{-5}$           | $5 \times 10^{-5}$           | $5 \times 10^{-4}$           | $1 \times 10^{-4}$           |
|                                                                                                                                                                                                                        | В                                      | $1 \times 10^{-5}$                                                   | $1 \times 10^{-4}$           | $1 \times 10^{-4}$           | $1 \times 10^{-3}$           | $1 \times 10^{-4}$           |
| СС2                                                                                                                                                                                                                    | А                                      | $5 \times 10^{-6}$                                                   | $1 \times 10^{-4}$           | $5 \times 10^{-5}$           | $1 \times 10^{-3}$           | $5 \times 10^{-5}$           |
|                                                                                                                                                                                                                        | Б                                      | $1 \times 10^{-5}$                                                   | $1 \times 10^{-4}$           | $1 \times 10^{-4}$           | $1 \times 10^{-3}$           | $5 \times 10^{-4}$           |
|                                                                                                                                                                                                                        | В                                      | $5 \times 10^{-5}$                                                   | $5 \times 10^{-4}$           | $5 \times 10^{-4}$           | $5 \times 10^{-3}$           | $5 \times 10^{-4}$           |
| СС1                                                                                                                                                                                                                    | А                                      | $1 \times 10^{-5}$                                                   | $5 \times 10^{-4}$           | $1 \times 10^{-4}$           | $5 \times 10^{-3}$           | $1 \times 10^{-4}$           |
|                                                                                                                                                                                                                        | Б                                      | $5 \times 10^{-5}$                                                   | $5 \times 10^{-4}$           | $5 \times 10^{-4}$           | $5 \times 10^{-3}$           | $1 \times 10^{-3}$           |
|                                                                                                                                                                                                                        | В                                      | $1 \times 10^{-4}$                                                   | $1 \times 10^{-3}$           | $1 \times 10^{-3}$           | $1 \times 10^{-2}$           | $1 \times 10^{-3}$           |
| <b>Примітка.</b> Для тимчасових будівель та споруд із встановленим терміном експлуатації до трьох років значення приймаються як для об'єктів класу СС1-В незалежно від класу наслідків (відповідальності) конструкції. |                                        |                                                                      |                              |                              |                              |                              |

- інші явища, за яких виникає потреба у припиненні експлуатації (наприклад, виникнення перфорації стінки ємкості з токсичними речовинами або надмірні переміщення основи при просадках чи спучуванні ґрунтів).

Граничні стани цієї групи можуть бути пов'язані з порушенням вимог збереження цілісності чи можливості існування об'єкта або з недотриманням вимог безпеки для людей і довкілля. Досягнення граничного стану першої групи класифікується як відмова-зрив.

Друга група містить граничні стани, які ускладнюють нормальну експлуатацію будівельного об'єкта або зменшують його довговічність порівняно зі встановленим терміном експлуатації і для яких позаграничними станами є:

- надмірні переміщення або повороти деяких точок конструкції;
- недопустимі коливання (надмірні значення амплітуди, частоти, швидкості, прискорення);

- утворення та розкриття тріщин, досягнення ними граничнодопустимих значень розкриття чи довжини;
- втрата стійкості форми у вигляді локального деформування;
- пошкодження від корозії чи інших видів фізичного зношення, які призводять до необхідності обмеження експлуатації внаслідок зменшення терміну експлуатації об'єкта.

Граничні стани цієї групи можуть бути пов'язані з порушенням вимог щодо використання об'єкта без обмежень, порушенням вимог щодо рівня комфорту, зручностей персоналу, вимог до зовнішнього вигляду конструкцій або з недотриманням вимог щодо можливості розвитку і модернізації об'єкта з точки зору його призначення.

Досягнення граничного стану другої групи класифікується у більшості випадків як відмова-перешкода.

Граничні стани і розрахункові ситуації, за якими слід виконувати розрахунки, наводяться у нормах проектування. Цими ж нормами можуть бути уточнені і деталізовані конкретні показники граничних станів, а також розширено перелік позаграничних станів, які належать до тієї чи іншої підгрупи.

## **Порядок виконання 1-ої частини розрахунково-графічної роботи**

### Приклад завдання до 1-ої частини розрахунково-графічної роботи.

*Водопронусна споруда на автомобільній дорозі складається з трьох окремих однотипних труб. Клас наслідків (відповідальності) споруди – СС2. Категорія відповідальності конструкції – Б. Розрахункових ситуаціях – перехідна, друга група граничних станів. Надійність елементів при терміні експлуатації 50 років (згідно даних виробника):*

$$P_1^H = P_2^H = P_3^H = 0.9997$$

*Розрахувати ймовірності відмови водопронусної споруди. Зробити висновок щодо надійності системи.*

### Порядок розрахунку.

*Відповідно до завдання клас наслідків (відповідальності) СС2. Категорія відповідальності конструкції – Б. Розрахункових ситуаціях – перехідна, друга група граничних станів.*

*З таблиці 2 знаходимо  $P_i^{\text{ex}} = 1 \times 10^{-3}$*

Відповідно надійність системи (при відомій припустимій імовірності відмови) має бути не нижче  $P_{кр}^H = 1 - P_i^{ex} = 1 - 0.001 = 0.999$

Надійність такої системи (водопропускної споруди) визначається як імовірність безвідмовної роботи всіх її елементів.

Якщо ми маємо систему, що складається з 3-х незалежних елементів і надійність і-го елемента -  $P_i^H$ , то відповідно надійність всієї системи визначається за формулою:

$$P_H = P_1^H \times P_2^H \times P_3^H$$

Надійність всієї системи:  $P_H = 0.9997 \times 0.9997 \times 0.9997 = 0.9991$  що більше за  $P_{кр}^H = 0.999$ . Таким чином надійність системи на необхідному рівні забезпечена.

Ймовірності відмови водопропускної споруди  $P = 1 - 0.9991 = 0.0009$ , або 0,09%.

#### Примітка.

Надійність окремих елементів споруди  $P_i^H$  може бути різною, якщо елементи не однотипні (на відміну від прикладу). У завданні можуть бути наведені данні про споруди як з 3-ма (у прикладі), так і з 4-ма елементами. У другому випадку надійність розраховується як  $P_H = P_1^H \times P_2^H \times P_3^H \times P_4^H$ .

### **Визначення загального стану будівельних конструкцій транспортних споруд**

Для визначення надійності та/або довговічності транспортної споруди, яка експлуатується, необхідно провести її обстеження. Як правило, роботи з обстеження споруд виконуються в два етапи, тобто проводиться:

- 1) попереднє або загальне обстеження;
- 2) детальне обстеження.

Попереднє або загальне обстеження починається з огляду конструкцій споруди, ознайомлення з технічною документацією та іншими матеріалами, що допомагають скласти уявлення про об'єкт, що досліджується.

Вивчення проектно-технічної документації здійснюється з метою визначення періоду будівництва, часу проведення ремонтів, зміни умов експлуатації, конструктивного рішення споруди, розрахункових навантажень і впливів, інженерно-геологічних умов будівництва та експлуатації. Крім проектно-технічної документації повинні бути вивчені акти на приховані роботи, акти

передачі в експлуатацію, паспорти-сертифікати на матеріали і збірні елементи, журнал виробництва робіт, паспорт на об'єкт, документи про проведені ремонти, реконструкції та ін. У період попереднього обстеження повинні бути встановлені відступи від проектних даних по об'ємно-планувальним, конструктивним рішенням, по виду і характеру навантажень. За відсутності проектно-технічної документації або її некомплектності виконують обміри конструкцій і по них виконують обмірювальні креслення транспортної споруди. У процесі робіт визначають розміри перерізів і положення конструкцій у просторі (прив'язку до координатних осей і відміток), умови обпирання, конструкцію і якість сполучення і стиків елементів, деформації конструкцій, порушення суцільності (отвори, тріщини, раковини та ін.), ділянки розшарування, зволоження матеріалів конструкцій та інші дефекти.

#### Детальне обстеження споруд

Детальне візуально-інструментальне обстеження об'єкта в найбільш загальному вигляді включає в себе:

- вивчення проектної та виконавчої документації;
- геологічні та гідрогеологічні вишукування;
- геодезичні роботи;
- взяття проб матеріалу та їх випробування;
- проведення неруйнівних випробувань конструкцій, що обстежуються;
- виконання повірочних розрахунків конструкцій;
- оцінку стану будівельних конструкцій і об'єкту, що обстежуються, в

цілому;

- складання Висновку за результатами детального обстеження.

Детальне обстеження проводиться з метою збору остаточних обґрунтованих відомостей для оцінки технічного стану будівельних конструкцій споруди. На підставі цього обстеження робиться висновок, а при необхідності здійснюється вибір конструктивного рішення при реконструкції споруд, а також посилення дефектних конструкцій.

При детальних обстеженнях:

- ставиться завдання отримати уточнені дані про положення в плані та по висоті, перерізі конструкцій, значеннях фізико-механічних характеристик матеріалів, дефектах конструкцій, експлуатаційного середовища, корисних навантажень;

- приймається розрахункова схема несучих конструкцій;
- виробляються перевірочні розрахунки елементів конструкцій і споруд в цілому.

Інженерно-геологічні вишукування виконуються за відсутності робочих креслень фундаментів, виконавчих документів з їх зведення і матеріалів про інженерно-геологічні умови майданчика будівництва об'єкту, що обстежується, а також при розташуванні об'єкта на ґрунтовій основі, складної в інженерно-геологічному відношенні.

Детальне обстеження конструкцій буває *суцільним або вибірковим*.

Суцільне обстеження проводиться в випадках, коли:

- відсутня проектна документація;
- є дефекти конструкцій, що знижують їх несучу здатність;
- в однотипних конструкціях неоднакові властивості матеріалів, умови занурення, дія агресивного середовища.

Якщо в процесі суцільного обстеження виявляється, що не менше 20% однотипних конструкцій при загальній їх кількості більше 20 знаходиться в задовільному стані, то допускається конструкції, які залишилися неперевіреними, обстежити вибірково. Обсяг вибірково обстежуваних елементів повинен визначатися з конкретних умов (не менше 10% однотипних конструкцій, але не менше трьох).

Після виконання основних етапів обстеження проводиться оцінка технічного стану будівельних конструкцій, яка включає аналіз результатів випробувань матеріалів і конструкцій, остаточне визначення навантажень і впливів, проведення перевірочних розрахунків несучих конструкцій з урахуванням виявлених у них дефектів.

Підсумком проведеного технічного обстеження є Висновок за результатами обстеження дорожньої споруди, в якому дається загальна оцінка експлуатаційного стану об'єкта, наводяться рекомендації щодо подальшого його використання і спостереження за будівельними конструкціями, а також пропозиції щодо посилення конструкцій.

При виконанні робіт з обстеження будівельних конструкцій необхідно вести суворий облік отриманих даних у спеціальних журналах, оформляти акти обстежень на різні види робіт, проводити фотофіксацію дефектів.

## **Визначення фізико-хімічних характеристик матеріалів конструкцій**

Міцність кам'яних, бетонних і залізобетонних конструкцій може визначатися неруйнівними і руйнівними методами.

*Неруйнівні методи* дозволяють визначати міцність конструкцій без ослаблення перерізу і зниження несучої здатності при відборі зразків, кернів або проб матеріалів. До неруйнівних методів відносяться механічні (ударні, відриву, сколювання) і ультразвукові методи.

Ультразвуковий спосіб використовується для визначення міцності крихких і некрихких матеріалів відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-226:2009 «Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності». Оцінка міцності конструкцій проводиться за швидкістю поширення ультразвуку в матеріалі зразка за допомогою ультразвукових приладів типу УКБ-1М, УК-10П, УК-14, "Бетон-ЗМ" та ін.

### Сутність ультразвукового методу

Ультразвуковий метод заснований на зв'язку між швидкістю поширення ультразвукових коливань у бетоні та його міцністю. Ультразвукові вимірювання в бетоні проводять способами наскрізного або поверхневого прозвучування.

Міцність бетону в конструкціях визначають за експериментальне встановленими градувальними залежностями "швидкість поширення ультразвуку - міцність бетону" (далі - швидкість - міцність) або "час поширення ультразвуку - міцність бетону" (далі - час - міцність) в залежності від способу прозвучування.

Міцність бетону визначають на ділянках конструкцій, які не мають видимих ушкоджень (відшарування захисного шару, тріщин, каверн тощо).

Ультразвукові випробування проводять при плюсовій температурі бетону. Допускається проведення ультразвукових випробувань конструкцій при морозі, але не нижче ніж мінус 10 °С за умови, що в процесі їх подальшого збереження відносна вологість повітря не перевищує 70%.

Ультразвукові вимірювання проводять приладами для вимірювання часу поширення ультразвуку в бетоні, що пройшли державні випробування або державну метрологічну атестацію. Між бетоном і робочими поверхнями ультразвукових перетворювачів має бути забезпечений надійний акустичний контакт, тому застосовують в'язкі матеріали (солідол, технічний вазелін тощо).

Градуювальну залежність "швидкість - міцність" встановлюють при випробуваннях конструкцій способом наскрізного прозвучування. Градуювальну залежність "час - міцність" установлюють при випробуваннях конструкцій способом поверхневого прозвучування. Допускається при випробуваннях конструкцій способом поверхневого прозвучування використовувати градуювальну залежність "швидкість - міцність" з урахуванням коефіцієнта переходу.

Градуювальну залежність установлюють за результатами ультразвукових вимірювань у бетонних зразках-кубах і випробувань тих самих зразків на стиск згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009, які проводять безпосередньо після ультразвукових вимірювань. Час поширення ультразвуку в зразках при встановленні градуювальної залежності "швидкість - міцність" вимірюють способом наскрізного прозвучування. База прозвучування повинна бути не меншою ніж 100 мм. Допускається базу прозвучування зменшити до 70 мм при проведенні контролю дрібнозернистих бетонів і бетону на ранніх стадіях тверднення (швидкість ультразвуку менше ніж 2000 м/с).

#### Проведення випробувань та визначення міцності бетону в конструкціях

Кількість та розташування ділянок контролю на конструкції повинні вказуватись у технологічних картах на контроль або в нормативно-технічній і проектній документації на конструкції чи встановлюватись програмою обстеження, погодженою з проектною організацією. На кожній ділянці контролю проводять одне вимірювання часу поширення ультразвуку при наскрізному і не менше двох при поверхневому прозвучуванні. В останньому випадку міцність бетону визначають за середнім значенням отриманих результатів вимірювань часу поширення ультразвуку.

Треба слідкувати за якістю поверхні бетону ділянок контролю конструкції: у зоні контакту ультразвукових перетворювачів із поверхнею бетону не повинно бути раковин і повітряних пор глибиною більше ніж 3 мм і діаметром більше ніж 6 мм, а також виступів більше ніж 0,5 мм. Поверхня бетону повинна бути очищена від пилу.

Збірні лінійні конструкції (балки, ригелі, колони тощо) випробовують, як правило, способом наскрізного прозвучування в поперечному напрямку. Вироби, конструктивні особливості яких ускладнюють здійснення наскрізного

прозвучування, а також плоскі конструкції випробовують способом поверхневого прозвучування. При цьому база прозвучування при вимірюваннях на конструкціях повинна бути такою, як і на зразках при встановленні градувальної залежності.

Вік бетону контрольованих конструкцій не повинен відрізнятися від віку бетону зразків, що випробувались для встановлення градувальної залежності, більш ніж на 50 % при контролі нормованої міцності бетону, і 25 % при визначенні міцності бетону в процесі тверднення. Вимірювання часу поширення ультразвуку в бетоні конструкцій слід проводити в перпендикулярному напрямку до ущільнення бетону. Відстань від краю конструкції до місця установлення ультразвукових перетворювачів повинна бути не меншою ніж 30 мм.

Вимірювання часу поширення ультразвуку в бетоні конструкцій слід проводити в перпендикулярному напрямку до робочої арматури. Концентрація арматури уздовж обраної лінії прозвучування не повинна перевищувати 5%. Допускається прозвучування уздовж лінії, розташованої паралельно до робочої арматури, якщо відстань від цієї лінії до арматури складає не менше ніж 0,6 від довжини бази.

Визначення міцності бетону при експертизі конструкцій і транспортних споруд проводять у зонах конструкцій, виготовлених із бетону на одному виді крупного заповнювача. Вимірюють час поширення ультразвуку не менше ніж у десяти ділянках контрольованої зони конструкції.

Обчислюють середню швидкість ультразвуку ( $v_{m(n)}$ ) у контрольованій зоні. У контрольованій зоні намічають ділянки, у яких виміряна швидкість ультразвуку має максимальне ( $v_{max}$ ) і мінімальне ( $v_{min}$ ) значення, а також ділянку, де швидкість ультразвуку має величину ( $v_m$ ), найбільш близьку до середньої швидкості ультразвуку ( $v_{m(n)}$ ).

З кожної наміченої ділянки вибурюють і випробують не менше двох *кернів*. За даними випробувань кернів визначають значення міцності  $f_{max,F}$ ,  $f_{min,F}$ ,  $f_{m,F}$  у ділянках, що мають швидкості ультразвуку  $v_{max}$ ,  $v_{min}$ ,  $v_m$ .

Міцність бетону в будь-якій ділянці контрольованої зони конструкції визначають за рівнянням:

$$f_x = a_0 + a_1 x \quad (2)$$

$$\text{при} \quad f_{max} - f_{min} \leq 2 f_{m(N)} (60 - f_{m(N)}) / 100 \quad (3)$$

Коефіцієнти  $a_1$  і  $a_0$  обчислюють за формулами:

$$q = \frac{f_{\max,F} - f_{\min,F}}{v_{\max} - v_{\min}} \quad (4)$$

$$a_0 = \frac{1}{2}[(f_{\max,F} + f_{m,F}) - a_1(v_{\min} + v_m)] \quad (5)$$

Орієнтовне визначення міцності бетону у конструкції транспортної споруди, що обстежується, допускається при виконанні умови:

$$\frac{v_{\max} - v_{\min}}{v_m} \times 100\% \leq 10\% \quad (6)$$

## Порядок виконання 2-ої частини розрахунково-графічної роботи

### Приклад завдання до 2-ї частини розрахунково-графічної роботи.

*Проведено обстеження двох прольотів залізобетонної водопропускної споруди. На кожному прольоті відібрано 3 керни і зроблено 10 замірів швидкості ультразвуку. На основі цих даних треба отримати рівняння для визначення міцності бетону по швидкості ультразвуку (в методичних рекомендаціях приклад для одного прольоту).*

| Номер ділянки | Міцність у кернах ( $f$ ) | Швидкість ультразвуку, м/сек ( $v_m$ ) |      |
|---------------|---------------------------|----------------------------------------|------|
| 1             | 32,4                      | 3232                                   | 3088 |
|               | 34,1                      | 3128                                   | 3192 |
|               | 31,9                      | 3096                                   | 3205 |
|               |                           | 3307                                   | 3145 |
|               |                           | 3285                                   | 3215 |

### Порядок розрахунку.

Відповідно до даних з таблиці завдання знаходимо:

$$f_{\max,F} = 34,1 \text{ МПа}$$

$$f_{\min,F} = 31,9 \text{ МПа}$$

Розраховуємо середнє:  $f_{m,F} = 32,8 \text{ МПа}$

Відповідно до даних з таблиці завдання знаходимо:

$$v_{\max} = 3307 \text{ м/сек}$$

$$v_{\min} = 3088 \text{ м/сек}$$

$$v_m = 3189 \text{ м/сек}$$

Перевіряємо, чи виконується умова  $f_{\max} - f_{\min} \leq 2 f_{m(N)}(60 - f_{m(N)}) / 100$  :

$$34,1 - 31,9 \leq 2 \times 32,8 \times (60 - 32,8) / 100$$

$2,2 \leq 71,4$  тобто можна застосовувати формули (4) і (5). Відповідно:

$$a_1 = (34,1 - 31,9) / (3307 - 3088) = 0,010046$$

$$a_0 = 0,5 * [(34,1 + 32,8) - 0,010046(3088 + 3189)] = 1,92063$$

Далі перевіряємо виконання умови (6)  $\frac{v_{\max} - v_{\min}}{v_m} \times 100\% \leq 10\%$  :

$$(3307 - 3088) / 3189 \times 100\% = 6,87\%$$

$6,87\% \leq 10\%$ , тобто умова (6) виконується і для визначення міцності бетону по швидкості ультразвуку можна застосовувати рівняння:

$$f_x \text{ (МПа)} = 1,92063 + 0,010046x$$

Виходячи з даного рівняння розраховуємо орієнтовну міцність методу по 10 замірам швидкості ультразвуку і вносимо у таблицю:

| $v \text{ (м/сек)}$ | $f \text{ (МПа)}$                         |
|---------------------|-------------------------------------------|
| 3232                | $= 1,92063 + 0,010046 \times 3232 = 34,4$ |
| 3128                | $= 1,92063 + 0,010046 \times 3128 = 33,3$ |
| 3096                | 33,0                                      |
| 3307                | 35,1                                      |
| 3285                | 34,9                                      |
| 3088                | 32,9                                      |
| 3192                | 34,0                                      |
| 3205                | 34,1                                      |
| 3145                | 33,5                                      |
| 3215                | 34,2                                      |

В кінці розраховуємо середню міцність на прольоті, розраховану згідно замірам швидкості ультразвуку.

Для приладу  $f_{\text{сер}} = 33,9 \text{ МПа}$ .

## Оцінка довговічності залізобетонної конструкції транспортної споруди

Забезпечення довговічності залізобетонної конструкції закладається ще на стадії її виготовлення. Всі засоби, що використовуються для цього (підбір складу бетону, визначення форми й розмірів конструкції) належать до первинних заходів захисту. Захист також залежить від умов експлуатації споруди, тому що необхідно враховувати фактори зовнішнього впливу. Зовнішні фактори поділяються на фізичні, хімічні, біологічні, електрохімічні тощо. В транспортних спорудах, які піддаються впливу води, а точніше її напірної дії, дуже поширеним є руйнування в результаті такого фізичного фактора, як вилуговування (або корозія першого виду).

Оцінку довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій при цьому виді корозії на можна виконувати за допомогою розрахунків швидкості процесу розчинення вапна та допустимого коефіцієнта фільтрації води. Розрахунки базуються на такій залежності:

$$\tau = \frac{q_{CaO}}{V_{об}} C_{CaO} \quad (7)$$

де  $\tau$  – час впливу води до критичної межі вмісту вапна, роки. Тобто це і є приблизна довговічність конструкції, яка піддається напірної дії води.

$q_{CaO}$  – кількість розчиненого вапна, г/см<sup>3</sup>;

$V_{об}$  – кількість води, що фільтрує за одиницю часу (об'ємна швидкість води), м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>·с). Цей показник визначається при обстеженні;

$C_{CaO}$  – середня концентрація вапна у воді протягом експлуатації конструкції, г/см<sup>3</sup>. Цей показник визначається при дослідженні властивостей води, що фільтрується через конструкцію.

Значення  $q_{CaO}$  встановлюють на підставі даних про склад бетону для нових конструкції або на основі даних обстеження конструкції.

$$q_{CaO} = K \cdot Ц \cdot \alpha \quad (8)$$

де  $K$  – припустимий відсоток вилуговування, який в даній розрахунково-графічній роботі приймаємо за 10%;

$Ц$  – вміст цементу в бетоні, г/см<sup>3</sup>. Це значення можна вирахувати, приблизно знаючи витрату цементу в бетоні. При витраті 250 кг/м<sup>3</sup>  $Ц$  відповідно дорівнює 0,25 г/см<sup>3</sup>, при витраті 300 кг/м<sup>3</sup> – 0,3 г/см<sup>3</sup> і так далі;

$\alpha$  – вміст вапна в цементі (визначають в частках) Для найбільш розповсюдженого портландцементу це значення складає приблизно 0,65.

Об’єм води, що фільтрується, дорівнює:

$$V_{об} = \Delta H \cdot K_{сер} \quad (9)$$

де  $\Delta H = H/h$  – градієнт напору води, тобто відношення різниці напорів до відстані між точками, в яких вони були заміряні.

$K_{сер}$  – середній коефіцієнт фільтрації бетону.

Значення  $K_{сер}$  можна приблизно визначити за результатами вимірів водонепроникності бетону  $W$  (ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності). Згідно ДБН 2.03.11-85 «Захист будівельних конструкцій від корозії» значення  $W$  і  $K_{сер}$  пов’язані (табл.3).

Таблиця 3

| Показники проникності бетону           | Показники проникності бетону      |                                                         |                            |                                        |
|----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
|                                        | прямі                             |                                                         | непрямі                    |                                        |
|                                        | марка бетону по водонепроникності | коефіцієнт фільтрації, см/с (при рівноважній вологості) | водопоглинання, % за масою | водоцементне відношення В/Ц, не більше |
| Н - бетон нормальної проникності       | W4                                | від $2 \times 10^{-9}$ до $7 \times 10^{-9}$            | від 4,7 до 5,7             | 0,6                                    |
| П - бетон зниженої проникності         | W6                                | від $6 \times 10^{-10}$ до $2 \times 10^{-9}$           | від 4,2 до 4,7             | 0,55                                   |
| О - бетон особливо низької проникності | W8                                | від $1 \times 10^{-10}$ до $6 \times 10^{-10}$          | до 4,2                     | 0,45                                   |

### **Порядок виконання 3-ої частини розрахунково-графічної роботи**

#### Приклад завдання до 3-ї частини розрахунково-графічної роботи.

*Розрахувати довговічність залізобетонної конструкції водопропускної споруди, яка знаходиться у постійному контакті з водою.*

*За результатами обстеження споруди встановлено, що конструкції виготовлено з **бетону нормальної проникності**, з вмістом цементу приблизно **0,3 г/см<sup>3</sup>**. Градієнт напору води ( $\Delta H$ ) дорівнює **25**. Середня концентрація вапна у воді, що діє на споруду – **0,0008 г/см<sup>3</sup>**.*

#### Порядок розрахунку.

*Визначаємо середній коефіцієнт фільтрації бетону  $K_{сер}$ .*

*Бетон нормальної проникності згідно даних табл.3 має значення коефіцієнту фільтрації від  $2 \times 10^{-9}$  до  $7 \times 10^{-9}$ . Приймаємо середнє значення  $K_{сер} = 4.5 \times 10^{-9}$  см/с.*

*Об'єм води, що фільтрується:*

$$V_{об} = \Delta H \cdot K_{сер} = 25 \times 4.5 \times 10^{-9} = 0,1125 \times 10^{-6}$$

*Кількість розчиненого вапна:*

$$q_{CaO} = K \cdot C \cdot \alpha = 0.1 \times 0.3 \times 0.65 = 0,0195$$

*Приблизна довговічність залізобетонної конструкції:*

$$\tau = (q_{CaO} / V_{об}) \cdot C_{CaO} = (0,0195 / 0,1125 \times 10^{-6}) \cdot 0,0008 = 139 \text{ років.}$$

### **Ступінь агресивності ґрунтів на бетонні та залізобетонні конструкції**

Для забезпечення надійності та довговічності бетонні та залізобетонні конструкції транспортних споруд повинні характеризуватися не тільки механічною міцністю і стійкістю під дією робочих навантажень, але і стійкістю під руйнуючим (агресивним) впливом різноманітних зовнішніх хімічних і фізичних факторів. Бетони можуть піддаватися негативного впливу, у першу чергу, води і водних розчинів різних речовин. Відповідно, для спеціалістів важливо знати ступінь агресивності ґрунтів по відношенню до бетонних та залізобетонних конструкцій. Згідно діючим в Україні нормативам ця ступень визначається відповідно до ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Нижче, у таблиці 4, наведені дані з цього державного стандарту.

Таблиця 4

## Ступінь агресивності ґрунтів на бетонні та залізобетонні конструкції

| Зона вологості<br>(згідно з<br>ДБН В.2.6-31) | Показник агресивності, мг на 1 кг ґрунту                                   |                                                                                                                                                                                                                             |                                                         |                                                                                                                                        |                                                                                                        |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              | сульфатів <sup>2)</sup> у перерахунку на $\text{SO}_4^{2-}$ для бетонів на |                                                                                                                                                                                                                             |                                                         | хлоридів <sup>1)</sup> в<br>перерахунку на<br>$\text{Cl}^-$ для бетонів на                                                             | Ступінь<br>агресивного<br>впливу ґрунту <sup>3)</sup><br>на бетонні та<br>залізобетонні<br>конструкції |
|                                              | Портланд-<br>цементі<br>згідно з<br>ДСТУ Б В.2.7-43                        | портландцементі згідно<br>з ДСТУ Б В.2.7-46 з<br>вмістом $\text{C}_3\text{S}$ не більше<br>35%, $\text{C}_3\text{A}$ не більше 7%,<br>$\text{C}_3\text{A} - \text{C}_4\text{AP}$ не більше<br>22% і<br>шлакопортландцементі | сульфатостійких<br>цементів згідно з<br>ДСТУ Б В.2.7-85 | портландцементі,<br>шлакопортланд-<br>цементі згідно з<br>ДСТУ Б В.2.7-46 і<br>сульфатостійких<br>цементів згідно з<br>ДСТУ Б В.2.7-85 |                                                                                                        |
| Суха                                         | Понад 500<br>до 1000                                                       | Понад 3000 до 4000                                                                                                                                                                                                          | Понад 6000<br>до 12000                                  | Понад 400 до 7500                                                                                                                      | Слабо-<br>агресивний                                                                                   |
|                                              | » 1000 » 1500                                                              | » 4000 » 5000                                                                                                                                                                                                               | » 12000 » 15000                                         | » 750 » 7500                                                                                                                           | Середньо-<br>агресивний                                                                                |
|                                              | Понад 1500                                                                 | Понад 5000                                                                                                                                                                                                                  | Понад 15000                                             | Понад 7500                                                                                                                             | Сильно-<br>агресивний                                                                                  |
| Нормальна<br>та волога                       | Понад 250<br>до 500                                                        | Понад 1500 до 3000                                                                                                                                                                                                          | Понад 3000<br>до 6000                                   | Понад 250 до 500                                                                                                                       | Слабо-<br>агресивний                                                                                   |
|                                              | » 500 » 1000                                                               | » 3000 » 4000                                                                                                                                                                                                               | » 6000 » 8000                                           | » 500 » 5000                                                                                                                           | Середньо-<br>агресивний                                                                                |
|                                              | Понад 1000                                                                 | Понад 4000                                                                                                                                                                                                                  | Понад 8000                                              | Понад 5000                                                                                                                             | Сильно-<br>агресивний                                                                                  |

<sup>1)</sup> Показники агресивності за вмістом хлоридів наведені тільки для залізобетонних конструкцій з бетону марки за водонепроникністю W4-W6. При одночасному вмісті сульфатів їх кількість перераховується на вміст хлоридів множенням на 0.25 і підсумовується зі вмістом хлоридів

<sup>2)</sup> Показники агресивності за вмістом сульфатів наведені для бетону марки за водонепроникністю W4. При оцінці ступеня агресивного впливу на бетон марки за водонепроникністю понад W4 показники слід приймати згідно з додатком 6. таблиці Б.1 ДСТУ Б В.2.6-145:2010.

<sup>3)</sup> За наявності ґрунтової води оцінка агресивності середовища проводиться в залежності від хімічного складу ґрунтової води згідно з додатком Б. таблиці Б.2, Б.3 і Б.5 ДСТУ Б В.2.6-145:2010.

Захист поверхонь конструкцій транспортних споруд слід призначати в залежності від ступеня агресивного впливу середовища.

### Порядок виконання 4-ої частини розрахунково-графічної роботи

#### Приклад завдання до 4-ї частини розрахунково-графічної роботи.

*Визначити ступінь агресивності ґрунту на розташовані в ньому елементи фундаментів шляхопроводу з залізобетону з маркою за водонепроникністю W4, виготовленого на портландцементі. Нормальна зона вологості. Вміст хлоридів у ґрунті 1500 мг/кг, сульфатів 900 мг/кг.*

#### Порядок виконання.

*Відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-145:2010 при вмісті сульфатів одночасно з хлоридами кількість сульфатів перераховується на вміст хлоридів*

множенням на 0.25 і підсумовується зі вмістом хлоридів. Таким чином, розрахункова кількість хлоридів дорівнює  $1500 + 0.25 \times 900 = 1725$  мг/кг. Для нормальної зони вологості і бетону водонепроникністю W4 на портландцементі це відповідає середньоагресивному ступеню агресивності ґрунтів.

### **Вимоги до оформлення розрахунково-графічної роботи**

Розрахунково-графічна робота повинна включати наступні частини:

- 1 Титульна сторінка.
- 2 Завдання до РГР (видається викладачем індивідуально кожному студенту).
- 3 Вступ.
- 4 Рішення завдань всіх 4-х частин розрахунково-графічної роботи (з наведенням необхідної стислої теоретичної інформації).
5. Список використаних джерел.

Формат сторінок – А4, шрифт – Times New Roman, розмір шрифту – 14, міжрядкова відстань – 1,5 інтервали, вирівнювання заголовків – по центру, вирівнювання тексту – за шириною сторінки, поля: зліва – 2,5 см, верхнє і праве – 1,5 см, нижнє – 2 см. Сторінки мають бути пронумеровані. Номер на титульній сторінці не ставиться, але враховується, відповідно сторінка з завданням до РГР вважається другою. Нумерація сторінок знизу по центру.

## Приклад бланку завдання до розрахунково-графічної роботи

### Завдання до розрахунково-графічної роботи

з дисципліни «Наукові основи довговічності в будівництві та експлуатації  
автомобільних доріг та аеродромів» **Варіант** \_\_\_\_

Видано студенту(ке) групи АД-5\_\_\_\_\_

**Завдання до 1-ї частини роботи.** Водопропускна споруда на автомобільній дорозі складається з \_\_\_\_\_ труб. Клас наслідків (відповідальності) споруди – \_\_. Категорія відповідальності конструкції – \_\_. Розрахункових ситуаційх – \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ група граничних станів. Надійність елементів при терміні експлуатації 50 років (згідно даних виробника):

$P_1^H =$  \_\_\_\_\_,  $P_2^H =$  \_\_\_\_\_,  $P_3^H =$  \_\_\_\_\_  $P_4^H =$  \_\_\_\_\_,

Розрахувати ймовірності відмови водопропускної споруди. Зробити висновок щодо надійності системи.

**Завдання до 2-ї частини роботи.** Проведено обстеження двох прольотів залізобетонної водопропускної споруди. На кожному прольоті відібрано 3 керни і зроблено 10 замірів швидкості ультразвуку. На основі цих даних треба отримати рівняння для визначення міцності бетону по швидкості ультразвуку (в методичних рекомендаціях приклад для одного прольоту).

| Номер ділянки | Міцність у кернах (f) | Швидкість ультразвуку, м/сек ( $v_m$ ) |
|---------------|-----------------------|----------------------------------------|
| 1             |                       |                                        |
|               |                       |                                        |
|               |                       |                                        |
|               |                       |                                        |
|               |                       |                                        |
| 2             |                       |                                        |
|               |                       |                                        |
|               |                       |                                        |
|               |                       |                                        |
|               |                       |                                        |

**Завдання до 3-ї частини роботи.** Розрахувати довговічність залізобетонної конструкції водопропускної споруди, яка знаходиться у постійному контакті з водою. За результатами обстеження споруди встановлено, що конструкції виготовлено з бетону \_\_\_\_\_ проникності, з вмістом цементу приблизно \_ г/см<sup>3</sup>. Градієнт напору води ( $\Delta H$ ) дорівнює \_\_\_\_\_. Середня концентрація вапна у воді, що діє на споруду – \_\_\_\_\_ г/см<sup>3</sup>.

**Завдання до 4-ї частини роботи.** Визначити ступінь агресивності ґрунту на розташовані в ньому елементи фундаментів шляхопроводу з залізобетону з маркою за водонепроникністю  $W$ \_, виготовленого на портландцементі. \_\_\_\_\_ зона вологості. Вміст хлоридів у ґрунті \_\_\_\_\_ мг/кг, сульфатів \_\_\_\_\_ мг/кг.

Завдання видав \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## Література

1. ДБН В.1.2-14-2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ»
2. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії»
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 (EN 1990:2002, IDN) «Основи проектування конструкцій»
4. ДБН 2.03.11-85 «Захист будівельних конструкцій від корозії»
5. ДБН В.2.3-4-2007 «Споруди автотранспорту. Автомобільні дороги»
6. Бойчук В.С. Довідник дорожника / В.С. Бойчук. - К.: Будівельник, 1995. – 312 с.
7. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог / А.П. Васильев. - М.: Издательский центр "Академия", 2010. – 320 с.
8. Чехов А. П. Захист будівельних конструкцій від корозії / А.П. Чехов, В.М. Глущенко. – К. : Вища школа, 1994. – 213 с.
9. Штарк И. Долговечность бетона / И. Штарк, В. Бернд: Пер. с нем. А. Тулганова; Под ред. П. Кривенко. – К. : Оранта, 2004. – 295 с.
10. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд [Чинний від 01.01.2019 р]- К:Міністерство регіонального розвитку і житлового-комунального господарства України 2018-36с.
11. Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях: ГБН В.2.3-37641918-544:2014-[Чинний від 01.01.2015 р]-К: Міністерство інфраструктури України, 2014 р.- 147с.
12. Автомобільні дороги. Споруди транспорту. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво: ДБН В.2.3-4:2015. – [Чинний від 01.04.2015 р.]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2015.-112с (Державні будівельні норми України).
13. Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги : ДСТУ Б В.2.6-145:2010 (ГОСТ 31384-2008, NEQ)- [Чинний від 01.07.2011р.]-К: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК)-2011 р.