

Ряпухін В.М., канд. техн. наук, Нечитайло Н.О.

ВИКОРИСТАННЯ КРИТЕРІЮ МІЦНОСТІ ПИСАРЕНКО – ЛЕБЕДЕВА (2) ДЛЯ ОЦІНКИ МІЦНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНИХ ОДЯГІВ

Анотація. У статті проаналізовані граничні стани дорожньої конструкції, розглянутий критерій міцності для розрахунку асфальтобетонних шарів як термопластичного матеріалу і визначені розрахункові характеристики для аналізу асфальтобетону за критерієм міцності Писаренко – Лебедева (2).

Ключові слова: граничні стани дорожніх конструкцій, критерій міцності, асфальтобетон як термопластичний матеріал, міцність на стиск, міцність на розтяг, міцність при випробуванні на крутіння.

Аннотация. В статье проанализированы предельные состояния дорожной конструкции, рассмотрен критерий прочности для расчета асфальтобетонных слоев как термопластичного материала и определены расчетные характеристики для анализа асфальтобетона по критерию прочности Писаренко – Лебедева (2).

Ключевые слова: предельные состояния дорожной конструкции, критерий прочности, асфальтобетон, как термопластичный материал, прочность на сжатие, прочность на растяжение, прочность при испытании на кручение.

Annotation. The ultimate states of road constructions are analyzed in the article, the strength criterion for the asphalt concrete calculation, as thermoplastic material, is considered and calculation descriptions for the asphalt concrete analysis on the strength criterion of Pisarenko – Lebedeva (2) are defined.

Key words: ultimate stress, strength criterion, asphalt concrete as thermoplastic material, tension strength, compression strength, swirl strength test.

Дорожні конструкції розраховують за методикою, яка ґрунтується на розрахунках за граничними станами. Під граничним станом дорожньої

конструкції будемо розуміти такий її стан, в якому вона вже не може спиратися зовнішнім навантаженням чи впливам, або перестає задовольняти необхідним експлуатаційним вимогам.

Основні види граничних станів:

- перший граничний стан – по несучої здатності (міцність, стійкість при зміні напружень);
- другий граничний стан – по розвитку недопустимих деформацій (прогин, перекис та інше);
- третій граничний стан – по утворенню або розкриттю тріщин.

Розрахунок дорожніх одягів засновано на трьох критеріях граничного стану:

- пружному прогині дорожнього одягу під навантаженням;
- опорі згину монолітних шарів;
- опорі зсуву ґрунтів і шарів з малозв'язних матеріалів.

Теорія міцності і метод розрахунку нежорсткого дорожнього одягу, так само як і будь-яких інших інженерних споруд, виявляються достатньо ефективними лише в тому випадку, якщо в належній мірі враховані основні фізичні явища, що виникають в конструкції при дії на неї навантажень і природних чинників. Тільки якщо розрахункова схема і критерії граничного стану, закладені в методику розрахунку, правильно відображають дійсний напружений стан, а також природу і характер деформацій, що мають місце в окремих елементах конструкцій, можна чекати задовільної відповідності між результатами розрахунку і поведінкою дорожнього одягу в експлуатації.

Одяг з покриттями капітального типу на дорогах вищих категорій, до яких пред'являють високі вимоги відносно рівності і довговічності, повинні проектуватися так, щоб на них не виникали залишкові деформації під дією експлуатаційних навантажень.

Тільки за умови, якщо дорожній одяг працює у стадії зворотних деформацій при всіх можливих станах вологості і температурах, може бути гарантовано збереження протягом тривалого терміну високих експлуатаційних якостей. Тому обов'язковим критерієм міцності при розрахунку дорожніх конструкцій слід рахувати досягнення місцевої граничної рівноваги зі зсуву в підстилаючому одяг ґрунті або в малозв'язному матеріалі одного з конструктивних шарів. Але однієї цієї умови ще не досить. Річ у тому, що в монолітних шарах дорожнього одягу – з укріплених цементом матеріалів,

асфальтобетону і ін. – в процесі багатократних прогинань під навантаженням може в певних умовах змінитися структура матеріалу, унаслідок чого порушиться монолітність шарів, і у зв'язку з цим істотно зростуть напруги у нижче розташованих елементах конструкції, що можуть викликати розвиток тут не передбачених розрахунком пластичних зсувів [1]. З цього виходить, що необхідно при проектуванні одягу з вдосконаленими покриттями обов'язково дотримуватися умови, гарантуюче збереження суцільності монолітних шарів одягу.

Метод розрахунку дорожнього одягу ділиться на два самостійні розрахунки.

Перший – призначений для дорожнього одягу, спроектованого на роботу в пружно-пластичній стадії. Граничний стан в даному випадку – накопичення максимально допустимої деформації. При розрахунках тут повинні враховуватися в'язко-пружно-пластичні властивості ґрунту і матеріалів.

Другий – для дорожніх одягів, що працюють у стадії зворотних деформацій. Як розрахункова схема тут використовується модель шаруватого пружного напівпростору. За критерії граничного стану приймають в даному випадку: досягнення місцевої граничної рівноваги зі зсуву в підстилаючому ґрунті або в малозв'язних матеріалах одягу; виникнення гранично допустимих розтягуючих напруг при вигині в монолітних шарах одягу.

Особливий інтерес представляє граничний стан шарів з монолітних матеріалів. Опір руйнуванню є основною характеристикою монолітного матеріалу. Встановлено, що залежно від умов навантаження і властивостей матеріалів одні з них руйнуються миттєво, а руйнування інших починає розвиватися задовго до досягнення максимального навантаження і повністю закінчується лише при зниженні напруги до нуля.

Граничним станом монолітних матеріалів, які повинні працювати у стадії зворотних деформацій, є початкова стадія зміни структури матеріалу, що виражається в порушенні окремих зв'язків під дією розтягуючих напруг.

Опір згину монолітних шарів і опір зсуву ґрунтів і шарів з малозв'язних матеріалів є міцностними характеристиками дорожнього одягу. Граничний прогин дорожнього одягу є комплексною характеристикою деформативної здатності дорожнього одягу і визначає відповідність необхідної монолітності та рівності покриття [1].

При розрахунку на міцність дорожніх одягів з асфальтобетонним покриттям необхідно враховувати особливості поведження їх під час експлуатації в залежності від температури і вологості всіх шарів. Покриття найбільш напружено працює при низьких позитивних температурах, ґрунт земляного полотна і шари одягу із малозв'язних матеріалів сприймають великі напруження при підвищених весняних температурах, коли модуль пружності асфальтобетону істотно знижується, а вологість ґрунту зростає. Тому при розрахунку власне асфальтобетонного покриття на розтяг при згині характеристики його повинні відповідати низьким весняним температурам. При розрахунку шарів із малозв'язних матеріалів, а також ґрунту на опір зсуву модуль пружності асфальтового бетону покриття повинний відповідати весняним підвищеним температурам.

Асфальтобетон, що працює в широкому діапазоні температур, може знаходитися в різних станах. При низьких негативних температурах він поводить, як крихке тіло, при високих позитивних як термопластичне [2]. Виходячи з цього, відзначаємо, що одному матеріалу властиві різні схеми руйнування. Для крихких матеріалів характерне руйнування відривом, для пластичних – зріз або зсув [3]. Для асфальтобетону в крихкому стані – це розвиток тріщин у розтягнутої зоні, у пластичному стані – це внутрішні мікрозсуви, які накопичуються і призводять до деформації покриття. Крім того, асфальтобетонам, особливо у пластичному стані, характерні різні показники міцності на розтяг і стиск.

Тому розрахунок асфальтобетонних шарів недопустимо вести з врахуванням однієї схеми руйнування. Відомо, методи розрахунку монолітних шарів дорожніх одягів на міцність в більшості країн і на Україні по критерію згину базується на 3 граничному стані (виникнення і розкриття тріщин), передбачають застосування першої або другої теорії міцності на допустимі розтягуючі напруження як для крихкого матеріалу.

Але слід визнати, що для асфальтобетонів у різних умовах слід застосовувати різні схеми руйнування. Оскільки, сьогодні при розрахунку асфальтобетону розглядається єдина схема руйнування і теорія міцності, як для крихкого матеріалу, то виникла необхідність вибрати теорію для розрахунку асфальтобетону, як термопластичного матеріалу. Для асфальтобетону як структурно – неоднорідного матеріалу не підходять класичні і навіть деякі узагальнюючі теорії міцності.

Проаналізував сучасні теорії міцності, прийшли до висновку, що найбільш прийнятною для розрахунків такого типу матеріалів (композитних з коагуляційною структурою, з різними показниками міцності при розтягу і стиску) є теорії міцності, які відносяться до групи енергетичної теорії міцності.

З урахуванням структурно-текстурних особливостей асфальтобетону, як твердого тіла, найбільш придатною буде узагальнююча теорія Писаренко – Лебедева (2), яка базується на енергетичній теорії міцності і враховує: різний опір асфальтобетону стиску і розтягу, направленість девіатора напружень і структурну неоднорідність матеріалу. Розглядається в'язко-пружне деформування [19].

$$\sigma_e = \chi \sigma_{e4} + (1 - \chi) \sigma_1 A^{\left(1 - \frac{3\sigma_{сep}}{\sigma_{e4}}\right)}, \quad (1)$$

$$\text{де } \chi = \frac{|\sigma_p|}{|\sigma_{cm}|}$$

$|\sigma_p|$ – допустимі напруження на розтяг;

$|\sigma_{cm}|$ – допустимі напруження на стиск;

σ_{e4} – еквівалентне напруження по 4 (енергетичній) теорії міцності.

$$\sigma_{e4} = \sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2)}, \quad (2)$$

де $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – головні напруження;

$$\sigma_{сep} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3},$$

A – константа, яка залежить від характеру дефектів, що є у матеріалі, тобто відображає статистичну суть структурно-неоднорідного матеріалу.

Якщо прийняти за третє випробування крутіння параметр A буде визначатися наступним чином:

$$A = \frac{|\sigma_p| - \sqrt{3} \chi \tau_\kappa}{(1 - \chi) \tau_\kappa}, \quad (3)$$

де τ_k – граничне значення напруження при крутінні.

Застосування теорії Писаренко – Лебедева (2) не суперечить сучасним теоріям розрахунку на міцність асфальтобетону, відповідає фізиці процесу і в визначених межах НДС асфальтобетону є адекватною [5, 6].

Для оцінки міцності асфальтобетонних шарів покриття при високих експлуатаційних температурах за критерієм міцності Писаренко – Лебедева (2) виділимо дві групи вихідних для відповідних залежностей (1, 2, 3).

До першої групи віднесемо параметри, що мають розрахунково-теоретичний план. До другої – експериментальні показники міцності матеріалу (асфальтобетону). До параметрів першої групи відносяться головні напруження при об'ємному напруженому стані від дії комплексного навантаження ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) та еквівалентні напруження за енергетичною теорією міцності або за Мізесом.

Для аналізу напружено-деформованого стану шарів покриття необхідно визначити теоретичну базу і математичний апарат за допомогою якого вести розрахунки.

Для визначення тензора напружень і головних напружень необхідно застосовувати рішення механіки деформуємого твердого тіла. Це може бути лінійна або нелінійна теорії пружності або рішення для в'язко-пружно-пластичного тіла. Найбільш прийнятним математичним апаратом є метод кінцевих елементів.

Основним параметрами, що необхідні для розрахунків, є тип і характер навантаження, час дії навантаження і розрахункова конструкція покриття.

Друга група параметрів критерію міцності залежить від фізико-механічних характеристик асфальтобетону при розрахунковій температурі. Відповідно до фізичного і геометричного сенсу критерію (теорії) міцності в основі теорії крім головних напружень значне місце посідають міцнісні характеристики асфальтобетону по трьом видам випробувань. Випробування на простий розтяг і стиск і випробування на крутіння асфальтобетону:

- міцність на стиск при розрахунковій температурі (+ 50 °С) – R_{cm}^{50} ;
- міцність на розтяг при розрахунковій температурі (+ 50 °С) – R_{poz}^{50} ;
- міцність при випробуванні на крутіння – $\tau_{кр}^{50}$.

Це основні фізико-механічні характеристики асфальтобетону при оцінці міцності асфальтобетонів на зсув, як термопластичного матеріалу.

Допоміжними характеристиками можуть бути коефіцієнт внутрішнього тертя ($\text{tg}\phi$), зчеплення (C).

Низка дослідників вивчала поведінку асфальтобетонів при простому стиску [7, 8, 9, 10, 11, і інш.]. Отримані дані, в зв'язку з тим що випробування проводилися по єдиній методиці [12] можуть бути співставлені.

Математична обробка масиву даних свідчить про те, що в діапазоні температур $+30\text{ }^\circ\text{C}$ - $+50\text{ }^\circ\text{C}$ міцність на стиск асфальтобетону лінійно залежить від температури. Була отримана наступна залежність (4):

$$R_{cm}^T = R_{cm}^{50}(2,4996 - 0,03024T_i), \quad (4)$$

де R_{cm}^T - міцність на стиск асфальтобетонного шару при температурі шару T_i ;

R_{cm}^{50} - міцність на стиск при температурі $+50\text{ }^\circ\text{C}$.

Даних про дослідження міцності асфальтобетону на розтяг, особливо при температурах $+40\text{ }^\circ\text{C}$ – $+50\text{ }^\circ\text{C}$, досить не багато. Пов'язано це зі складністю проведення експерименту. Для дослідження міцності і поведінки асфальтобетону на розтяг при температурах більше $+30\text{ }^\circ\text{C}$ стандартні методи випробування балочок на згин не підходить. Та, крім того, це зовсім не простий розтяг. Тому, як правило, досліджують на одновісний розтяг спеціальні балочки. Наведені в літературних джерелах дані про поведінку асфальтобетонів на розтяг [7, 8, 13] свідчать про те, що між міцністю на стиск і міцністю на розтяг існує певна залежність. Узагальнюючи, можна навести по даним вказаних раніше авторів, наступне: за даними Горелишева М.В. при температурі $+20\text{ }^\circ\text{C}$ відношення $R_{cm} / R_{роз} = 3,4 - 5,2$ в середньому 4,4.

Іноземцев А.О. – відношення $R_{cm} / R_{роз} = 2,6 - 2,9$, середнє 2,75.

При температурі $+50\text{ }^\circ\text{C}$ $R_{cm} / R_{роз} = 8,4 - 9,1$, в середньому 8,7.

Випробування зразків асфальтобетону на розтяг більш чітко ніж при стиску виявляє індивідуальні особливості асфальтобетонних сумішей як по зерновому складу, так і по вмісту і якості бітуму.

Так при одній і тій же міцності на стиск міцність на розтяг може відрізнятись до 20 %.

Пов'язано це з тим, що міцність на розтяг не залежить від поведінки мінерального каркасу асфальтобетону, а цілком залежить від адгезійно-когезійних зв'язків у плівках в'язучого і на поверхні мінеральних часток.

Тому, мабуть, стандартизувати і нормувати міцність на розтяг складніше ніж на стиск.

Таким же чином реагує на склад асфальтобетонної суміші і марку бітуму випробування на крутіння. Випробування на крутіння активно застосовується для оцінки міцності асфальтобетону на кафедрі технології дорожно-будівельних матеріалів під науковим керівництвом проф. Золотарьова В.О. [9, 10, 11, 14]. Багаточисельні дані випробування на крутіння приводить Іноземцев А.О. [8].

Випробування асфальтобетону на крутіння є дещо специфічним. По-перше – це моделювання випробування на зсув, з другого боку крутіння називають “випробуванням на розрив”. Методики випробування на крутіння відпрацьована на кафедрі ТДБМ ХНАДУ [9, 10, 11]. Аналізуючи механізм взаємодії зовнішніх і внутрішніх сил на поверхню зсуву у середині асфальтобетону проф. Золотарьов В.О. відмічає, що як би між окремими площинами не існувало сили зчеплення, то при відсутності вертикального (нормального) тиску, сила, що опирається зсуву дорівнювала б нулю.

Т.я. у асфальтобетоні діють сили зчеплення, по аналогії, розглядають їх дію, як фіктивну нормальну силу, що зчіплює (стискає) між собою поверхні зсуву. В цьому випадку, при відсутності фактичного вертикального навантаження сила, що потрібна для зсуву площин дорівнює:

$$F = \mu N_0, \quad (5)$$

де μ – коефіцієнт внутрішнього тертя;

N_0 – фіктивна нормальна сила або сила необхідна для розриву тіла.

Або в напруженнях можна записати наступним чином:

$$\tau_0 = \mu P_0, \quad (6)$$

де τ_0 – міцність асфальтобетону на зсув (всі позначення дані по першоджерелу [10]) при відсутності вертикального тиску.

P_0 – міцність асфальтобетону на розрив, зчеплення.

При наявності зовнішнього нормального до площини тиску P_e опір зсуву визначається наступним чином:

$$\tau = P_e \mu + P_0 \mu \quad (7)$$

Аналогічну залежність у 60-і роки минулого століття наводить проф. Іванов М.М.

$$\sigma_{zc} = P \operatorname{tg} \varphi + C_1 + \Sigma \quad (8)$$

Всі наведені вирази відповідають біноміальному закону Б.В. Дерягіна. Слід звернути увагу на наступне:

1. P_0 – міцність на розрив, як сила, що обумовлена силами зчеплення, зчіплює, зв'язує, притискає одну поверхню сковзання до іншої;
2. при зсуві P_0 викликає у тілі сили внутрішнього тертя (μP_0), що опираються зсуву;
3. зчеплення діє в середині асфальтобетону по всіх напрямках в тому числі і паралельно зсуваючій силі або напруженням. Але напрямом його протилежній зсувній силі, тобто це буде сила опору. В такому випадку треба вважати, що крім сил внутрішнього тертя $[\operatorname{tg} \varphi (P_e + P_0)]$ буде діяти також додаткова сила опору, що дорівнює зчепленню в асфальтобетоні (міцність на розрив) (P_0)

$$\tau = [\operatorname{tg} \varphi (P_e + P_0) + P_0] \quad (9)$$

При відсутності зовнішнього нормального тиску (P_e):

$$\tau_0 = \operatorname{tg} \varphi P_0 + P_0 = P_0 (1 + \operatorname{tg} \varphi) \quad (10)$$

і міцність на розрив P_0 , що з достатньою точністю дорівнює міцності на простий розтяг буде:

$$P_0 = \frac{\tau_0}{1 + \operatorname{tg} \varphi} \quad (11)$$

Крім того, якщо провести випробування без вертикального навантаження для визначення τ_0 (10) і з вертикальним навантаженням P_e (11) то за різницею (10) і (11) можна знайти коефіцієнт внутрішнього тертя:

$$\tau = \operatorname{tg} \varphi P_g + \operatorname{tg} \varphi P_0 + P_0$$

–

$$\tau_0 = \operatorname{tg} \varphi P_0 + P_0$$

$$\tau - \tau_0 = \operatorname{tg} \varphi P_g$$

звідки $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau - \tau_0}{P_g}$ (12)

Таким чином, якщо провести випробування на крутіння з вертикальним навантаженням P_g і без нього можна визначити коефіцієнт внутрішнього тертя і міцність на розрив (на розтяг). Для перевірки цього припущення зробимо обробку і розрахунки за даними А.О. Іноземцева, В.О. Золотарьова, Г.Р. Фоменко та інших [8, 10, 11].

За А.О. Іноземцевим суміш №1 дрібнозернистий асфальтобетон, вміст бітуму 6,5 – 7 %, при + 50 °С, міцність на стиск $R_{cm} = 1,65$ МПа, $R_{роз} = 0,195$ МПа, $\sigma_{кр} = 0,29; 0,3; 0,45; 0,35$ МПа (на бітумах з пенетрацією 60...90), $\sigma_{кр.серед} = 0,374$ МПа.

За даними Іноземцева А. О. [8] при + 50 °С міцність на крутіння дрібнозернистого асфальтобетону з пінетрацією бітуму 60 – 65 ставить $\sigma_{кр} = 0,3...0,35$ ($\sigma_{кр.серед} = 0,325$), а по Цихлеру міцність на розтяг $R_{роз} = 0,23...0,24$ МПа.

За даними В.О. Золотарьова [10] для дрібнозернистого асфальтобетону з вмістом щебеню фракції 10-15 мм – до 40 % коефіцієнт внутрішнього тертя складає 0,46 – 0,5.

Зробимо перевірочні розрахунки.

$$\sigma_{кр} = 0,29...0,45 \quad (\sigma_{кр.серед} = 0,347 \text{ МПа})$$

$$\mu = 0,46 - 0,5$$

$$P_0 = R_{роз} = \frac{\sigma_{кр}}{1 + \mu}$$

$$\mu = 0,46; \quad \sigma_{кр} = 0,29 \quad P_0 = 0,198 \text{ МПа} \quad \mu = 0,5 \quad P_0 = 0,19$$

$$\sigma_{кр} = 0,45 \quad P_0 = 0,308 \text{ МПа} \quad P_0 = 0,3$$

$$\sigma_{кр} = 0,347 \quad P_0 = 0,24 \text{ МПа} \quad P_0 = 0,23$$

По Іноземцеву А.О. $R_{роз} \approx 0,2$ МПа тобто в середньому відхилення складає 15 %. Для асфальтобетонів на бітумі з пенетрацією 60 – 65

$$\frac{\sigma_{кр}}{1 + \mu} = \frac{0,325}{1 + 0,40} = 0,223 \text{ МПа}$$

За даними Цихлера $R_{роз} = 0,23 - 0,24$ (середня 0,235), відхилення 5 %.

Таким чином, визначити міцність на розрив (розтяг) можна за результатами випробування на крутіння.

Література

1. Дорожній одяг нежорсткого типу : ВБН В.2.3-218-186 2004 – Офіц. вид – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004 – 176 с. – (Національний стандарт України).
2. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов / Писаренко Г.С. – К.: Вища школа, 1979. – 696с.
3. Каминский А.А. Механика разрушения вязко-упругих тел. / Каминский А.А. – К.: Наукова думка, 1980. – 160 с.
4. Писаренко Г.С. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. / Писаренко Г.С., Лебедев А.А. – К.: Наукова думка, 1976. – 415 с.
5. Смирнов А.В. Прикладная механика дорожных и аэродромных конструкций: учеб. пособие. / Смирнов А.В. – Омск: Издательство ОмГТУ, 1993.- 182 с.
6. Ряпухін В.М. Вибір оптимальної теорії міцності для асфальтобетону як термопластичного матеріалу / В.М.Ряпухін, Н.О. Нечитайло // Сб. науч. трудов ДонГТУ. – Алчевск: ДонГТУ, 2011. – Вып.33. – с.284–290.
7. Веренько В.А. Дорожные композитные материалы. Структура и механические свойства / Веренько В.А. под ред. Леоновича И.Н. – Минск : Наука и техника, 1993 – 245 с.
8. Іноземцев О.А. Бітумно-мінеральні матеріали./ Іноземцев О.А. - . Ленінград : Стройиздат, 1972 – 151 с.
9. Золотарев В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов./ Золотарев В.А – М. : изд. Высшая школа, 1972 – 114 с.
10. Золотарев В.А. Исследование свойств асфальтобетонов различной макроструктуры.: диссертация на соискание ученой степени к.т.н./ Золотарев Виктор Александрович. – Харьков (ХАДИ), 1967 – 250 с.
11. Фоменко Г.Р. Исследование текстурно-механических свойств асфальтобетонов на битумах различной вязкости.: диссертация на соискание ученой степени к.т.н. / Фоменко Галина Романовна. – Харьков(ХАДИ), 1980. – 217 с.
12. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань: ДСТУ Б.В.2.7-89-99 – Офіц.вид. – К.: Держбуд України, 2000. – 48 с. - (Національний стандарт України).
13. Горельшев Н.В. О пластичности дорожного асфальтобетона / Горельшев Н.В., Пантелеев Ф.И. // Труды МАДИ – М.: Дориздат, 1953. – Вып.15. – с. 138–152.
14. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови: ДСТУ Б.В.2.7-119-2003 – Офіц.вид. – К.: Держбуд України, 2003. – 45 с. – (Національний стандарт України).