

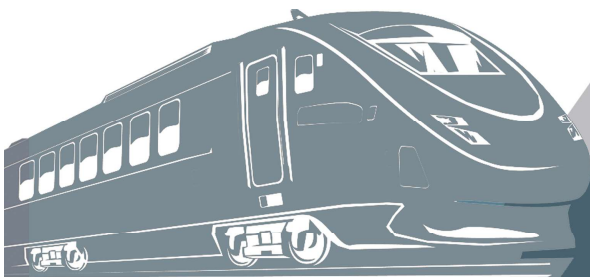
Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту



ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ  
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ  
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ  
VIII-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**Тези доповідей**

**Частина 2**



20–22 листопада 2019 р., м. Харків, Україна

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 8-ої міжнародної  
науково-технічної конференції**

**«ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ  
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ  
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»**

**Харків 2019**

8-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 20-22 листопада 2019 р.: Тези доповідей. Ч.2. - Харків: УкрДУЗТ, 2019. - 241 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та будівельної галузі за трьома напрямками: залізниця, автомобільні дороги, промисловий транспорт і геодезичне забезпечення; будівельні конструкції, будівлі та споруди; будівельні матеріали, захист і ремонт конструкцій та споруд.

## ЗМІСТ

### Секція БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

ESTABLISHMENT OF THE SCOPE OF TESTING OF CIVIL STRUCTURES FOR MULTISTAGE QUALITY CONTROL <b>M.V. Savytskyi, T.J. Shevchenko, O.M. Savytskyi, A.M. Savytskyi.....</b>	13
STABILITY OF LIGHT STEEL THIN-WALLED STRUCTURES FILLED WITH LIGHTWEIGHT CONCRETE <b>V.O. Semko, A.V. Hasenko, N.M. Mahas, O.G. Fenko, V.O. Sirobaba....</b>	15
НОВІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПРИ ПОСИЛЕННІ НЕРОЗРІЗНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК <b>Т.Н. Азізов, Д.В. Кочкар'юв, Т.А. Галінська.....</b>	17
РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ ПРИ КРУЧЕНИИ ДВУТАВРОВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С НОРМАЛЬНЫМИ ТРЕЩИНАМИ <b>Т.Н. Азізов, О.М. Орлова, О.В. Нагайчук.....</b>	19
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЕФОРМАТИВНОСТІ ТА ТРИЩИННОСТІЙКОСТІ НЕРОЗРІЗНИХ ДВОПРОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ІЗ КОМБІНОВАНИМ АРМУВАННЯМ <b>О.В. Андрійчук, М.В. Нінічук.....</b>	21
ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ У СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ ТОНКОСТІННИХ ПОКРИТТЯХ У ФОРМІ ГІПЕРБОЛІЧНОГО ПАРАБОЛОЇДА <b>О.В. Андрійчук, С.О. Ужегов.....</b>	23
РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ УТОЧНЕНИМИ МЕТОДАМИ <b>Х.З. Байтала, П.І. Бакін, Т.П. Донець, О.А. Фесенко.....</b>	25
НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ КАТЕГОРІЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЛІ ТА ЗМІНИ ІНТЕНСИВНОСТІ СЕЙСМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ <b>М.С. Барабаш, Н.О. Костира, Б.Ю. Писаревський.....</b>	27
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ПРИЗМ ЩО ЗАЗНАЛИ ДІЇ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР <b>С.Ю. Берестянська, Є.І. Галагура, О.В. Опанасенко, І.В. Биченок А.О. Берестянська, .....</b>	29
ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК АРМОВАНИХ ВИСОКОМІЦНОЮ АРМАТУРОЮ ТА СТАЛЕВИМ ЗОВНІШНІМ ЛИСТОМ <b>Т.В. Бобало, Я.З. Бліхарський, Н.С. Копійка, М.Е. Волинець.....</b>	31

ПРОБЛЕМИ ДОТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ	
<b>Л.О. Богінська, О.В. Юрченко, В.І. Шушкевич.....</b>	<b>33</b>
ПІДСИЛЕННЯ КАМ'ЯНИХ КОЛОН (СТОВПІВ) ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОЮ ОБОЙМОЮ	
<b>Ю.В. Бондаренко, В.Л. Земляков, К.В. Спіранде, І.А. Плахотнікова...</b>	<b>35</b>
ДОСВІД ПРАКТИЧНОГО БУДІВНИЦТВА ГРЕБЕЛЬ З УКОЧЕНОГО БЕТОНУ	
<b>С.В. Бутнік, А.О. Мозговий.....</b>	<b>37</b>
МЕТОДИКА ВЕРОЯТНОСТНОЇ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТІ МОНОЛИТ- НИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННИХ ОБДЕЛОК НАПОРНИХ ГИДРОТЕХНИЧЕС- КИХ ТУННЕЛЕЙ ГЭС И ГАЭС В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД	
<b>А.И. Вайнберг.....</b>	<b>39</b>
ВЛИЯНИЕ СВЕРХНОРМАТИВНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТАЛЬНЫХ КОЛОН НА ИХ ОГНЕСТОЙКОСТЬ	
<b>А.В. Васильченко, Ю.А. Отрош, Д.Б. Анацкий, А.С. Гапонова.....</b>	<b>41</b>
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ С МОНОЛИТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТОЙ	
<b>Г.Л. Ватуля, О.В., Лобяк, С.В. Дериземля, М.А. Веревичева, Є.Ф. Орел</b>	<b>44</b>
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ	
<b>М.М. Вигнанець, С.Ф. Неутов, М.Г. Сур'янінов.....</b>	<b>46</b>
МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ БАШТОВОЇ СПОРУДИ З ПРИЄДНАНИМ ГАСНИКОМ У РІВНОМІРНОМУ ВІТРОВОМУ ПОТОЦІ	
<b>В.Є. Волкова, І.В. Шаповал.....</b>	<b>48</b>
ОЦІНКА ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ	
<b>Л.В. Гапонова, С.С. Гребенчук.....</b>	<b>50</b>
НЕНЬЮТОНОВСКИЕ ЖИДКОСТИ В БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ПАНЕЛЯХ МОБИЛЬНОГО БРУСТВЕРА	
<b>Г.М. Гасий, В.И. Шушкевич, Е.В. Гасий, Н.Н. Срибняк.....</b>	<b>52</b>
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКУ КРУТИЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕВИХ БАЛОК	
<b>С.А. Гудзь, Г.М. Гасій, О.В. Гасій.....</b>	<b>54</b>
РОЗРАХУНОК ПОЗАЦЕНТРОВО РОЗТЯГНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ МАЛИМИ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТАМИ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ ПЕРШОЇ ГРУПИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДЕФОРМАЦІЙНОГО МЕТОДУ	
<b>Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко.....</b>	<b>56</b>

РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ СТОЯКІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТРИШАРНІРНИХ РАМ БІЛЯ ОПОР ПРИ ЗРІЗІ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ПЛАСТИЧНОСТІ	
<b>О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Л.В. Карабаш, О.О. Мальована.....</b>	<b>59</b>
УСТОЙЧИВОСТЬ РАВНОВЕСИЯ РЕБРИСТОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ОБОЛОЧКИ	
<b>Т.А. Емельянова, А.Ю. Бажанова, Д.В. Лазарева, В.Ю. Денисенко.....</b>	<b>61</b>
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ «ЗОНИ ВПЛИВУ» ФУНДАМЕНТІВ, ЩО СПОРУДЖУЮТЬ БЕЗ ВИЙМАННЯ ҐРУНТУ	
<b>М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, С.М. Манжалій.....</b>	<b>63</b>
ВИЗНАЧЕННЯ АМПЛІТУДИ КОЛИВАНЬ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ РОБОТІ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ	
<b>Б.М. Ільницький, А.П. Крамарчук, С.С. Була, Т.В. Бобало.....</b>	<b>65</b>
УЧЕТ ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ СЫПУЧЕГО НА БОКОВУЮ ПОВЕРХНОСТЬ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	
<b>О.О. Калмиков, Р. Халіфе.....</b>	<b>67</b>
РУЙНУВАННЯ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ СТІН БУДІВЕЛЬ НА НЕРІВНОМІРНО-ДЕФОРМОВАНИЙ ОСНОВІ	
<b>О.В. Кічасєва, О.В. Доброходова, С.М. Золотов.....</b>	<b>69</b>
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КЛЕЙОВИХ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВИХ З'ЄДНАНЬ З БЕТОНОМ	
<b>О.В. Кічасєва, С.М. Золотов, П.М. Фірсов, Зафарі Тогіан.....</b>	<b>71</b>
ВРАХУВАННЯ ДІЇ МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ РОЗРАХУНКУ ШИРИНИ РОЗКРИТТЯ ТРІЩИН І ПРОГИНІВ БЕТОННИХ БАЛОК ІЗ РІЗНИМИ ВИДАМИ АРМУВАННЯ	
<b>П.М. Коваль, Р.І. Полюга, С.В. Стоянович, О.Я. Гримак.....</b>	<b>73</b>
МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОКРИТТІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ	
<b>А.І. Ковальов, Ю.А. Отрош, О.В. Король.....</b>	<b>75</b>
ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ ШЛЯХОПРОВОДУ НА А/Д М-18-1	
<b>В.П. Кожушко, К.В. Бережна, С.М. Краснов, С.О. Бугаєвський.....</b>	<b>77</b>
ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ ТА ДЕФОРМАЦІЇ ЛОКАЛЬНОЇ ОБЛАСТІ КОНСТРУКЦІЇ	
<b>В.В. Колохов, А.М. Сопильняк, Г.М. Гасій, А.М. Савицький.....</b>	<b>79</b>
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТРІЩИНІСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННОЮ ОБОЙМОЮ	
<b>П.І. Країнський, П.І. Вегера, Р.Є. Хміль, З.Я. Бліхарський.....</b>	<b>81</b>

**РОЗРАХУНОК ПОЗАЦЕНТРОВО РОЗТЯГНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ  
КОНСТРУКЦІЙ ІЗ МАЛИМИ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТАМИ  
ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ ПЕРШОЇ ГРУПИ  
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДЕФОРМАЦІЙНОГО МЕТОДУ**

**CALCULATION OF NONCENTRAL TENSILE REINFORCED CONCRETE  
STRUCTURES WITH SMALL ECCENTRICITIES AT THE LIMIT STATES  
OF THE FIRST GROUP USING THE DEFORMATION METHOD**

*канд. техн. наук Є.А. Дмитренко, д-р техн. наук І.А. Яковенко  
Національний університет природокористування і біоресурсів України (м. Київ)*

*E.A. Dmytrenko, PhD (Tech.), I.A. Yakovenko, D.Sc. (Tech.)  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)*

**Вступ.** Відповідно до діючих будівельних норм України у проектуванні залізобетонних конструкцій [1, 2], нормальні перерізи елементів при розрахунках на міцність та тріщиностійкість мають бути розраховані за деформаційним методом. Основною особливістю цього метода є необхідність розв'язання системи нелінійних рівнянь і, як наслідок, використання чисельних методів розрахунку і персональних комп'ютерів для їхнього впровадження [3–6]. Характерною особливістю вищезазначених норм є те, що в них практично не розглянуті випадки напружено-деформованого стану (НДС) нормальних перерізів при позацентровому розтягу, зокрема, в області малих ексцентриситетів і відсутні рекомендації щодо використання деформаційного методу. У чисельних посібниках до норм це питання також є недостатньо висвітленим.

**Актуальність.** З іншого боку, позацентрово розтягнуті елементи є достатньо розповсюдженими серед залізобетонних конструкцій, не дивлячись на те, що у випадку НДС нормальних перерізів таких елементів відносно висока міцність бетону на стиск не використовується у такій високій мірі, як при позацентровому стиску чи згині внаслідок меншої висоти стиснутої зони бетону. Як відомо, до залізобетонних конструкцій, які знаходяться в умовах позацентрового стиску відносяться стіни прямокутних у плані резервуарів та бункерів, нижні пояси безрозкосних ферм, деякі інші види конструкцій. При виконанні комп'ютеризованих скінченно-елементних розрахунків залізобетонних конструкцій у сучасних програмних комплексах до таких елементів відносяться стержньові (моделюють роботу балок, колон) та пластинчасті оболонкові скінченні елементи (моделюють роботу плит, діафрагм, стін).

Тому дослідження розрахунку НДС нормальних перерізів позацентрово-розтягнутих елементів залізобетонних конструкцій за деформаційним методом

є актуальним, а його результати мають практичне значення для реалізації розрахункових алгоритмів впровадження деформаційної моделі розрахунків залізобетонних конструкцій у програмні комплекси та проведення більш точного, достовірного аналізу роботи цих конструкцій під навантаженням.

**Методика дослідження.** Для дослідження вищезазначеної проблеми авторами був обраний прямокутний залізобетонний нормальний переріз із подвійним армуванням сталеву стержньову арматурою. Клас бетону при цьому варіювався від С12/15 до С25/30, арматури – від А300С до А500С. Такий тип перерізу був обраний через те, що він є доволі розповсюдженим як для стержньових так і для плитних (оболончастих) типів скінченних елементів, із яких складаються розрахункові моделі будівель та споруд при розрахунку їх за методом скінченних елементів у сучасних програмних комплексах, наприклад ПК «ЛІРА-САПР».

Розрахункові діаграми для бетону та арматури прийняті білінійними із параметрами, вказаними у нормах [1]. НДС перерізу – позацентровий розтяг, є достатньо поширеним при розрахунку необхідної площі арматури в оболончастих елементах за методом Вуда-Армера [7], який призводить до більшої кількості розрахункових комбінацій зусиль, ніж метод М.І. Карпенка [8]. Для розробників комп'ютеризованих розрахункових алгоритмів залізобетонних конструкцій САПР за методом Вуда-Армера актуальною також є задача прискорення терміну виконання розрахунків.

Система нелінійних рівнянь рівноваги, яка описує роботу нормального перерізу при навантаженні (друга форма рівноваги), при трикутній епюрі стиснутої зони бетону, – формули (1), (2).

$$\frac{b \cdot E_{cd} \cdot \varepsilon_{c(l)}^2}{2 \cdot \chi} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} - N = 0, \quad (1)$$

$$\frac{b \cdot E_{cd} \cdot \varepsilon_{c(l)}^2}{3 \cdot \aleph^2} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot \frac{\varepsilon_{c(l)} - \aleph \cdot z_{si}}{\aleph} - M = 0. \quad (2)$$

Система нелінійних рівнянь рівноваги при трапецієвидній епюрі стиснутої зони бетону, – формули (3), (4).

$$\frac{b \cdot f_{cd}}{2 \cdot \aleph} (2\varepsilon_{c(l)} - \varepsilon_{c3,cd}) + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} - N = 0, \quad (3)$$

$$\frac{b \cdot f_{cd}}{3 \cdot \aleph^2} (3\varepsilon_{c(l)} \cdot \varepsilon_{c3,cd} - 2\varepsilon_{c3,cd}^2) + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot \frac{\varepsilon_{c(l)} - \aleph \cdot z_{si}}{\aleph} - M = 0. \quad (4)$$

Розглянуті розрахункові випадки позацентрового розтягу – випадок роботи перерізу із великими ексцентриситетами, який переходить до випадку із

малими ексцентриситетами (лінія дії зовнішньої сили розтягу знаходиться між стержнями поздовжньої арматури перерізу).

Програмування та налагодження розрахункового алгоритму, аналіз та отримання результатів виконувалося у програмі “MathCAD 15”.

**Висновки.** При виконанні розрахунків за міцністю нормальних перерізів за деформаційним методом позацентрово розтягнутих елементів залізобетонних конструкцій із малими ексцентриситетами може бути знайдена рівновага між внутрішніми і зовнішніми зусиллями лише при двознаковій епюрі розподілу відносних поздовжніх деформацій (при наявності стиснутої зони). При зменшенні ексцентриситету стиснута зона бетону зменшується аж до повного її зникнення – переріз стає повністю розтягнутим і рівновагу за допомогою деформаційного методу знайти не вдається, тому у даному випадку доцільним є перехід до методу граничної рівноваги (який був прийнятий за основний у попередніх будівельних нормах [9]) і виконання подальшого розрахунку саме за цим методом.

[1] Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний з 2011-07-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми).

[2] Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б.В.2.6–156:2010. – [Чинний з 2011-06-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національний стандарт України).

[3] Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 у порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01-84\* і EN 1992-1-1 (Eurocode 2) / В. М. Бабаєв, А.М. Бамбура, О.М. Пустовойтова та ін.; за заг. ред. В.С. Шмуклера. – Харків : Золоті сторінки, 2015. – 208 с.

[4] Биби Э. В. Руководство для проектирования к Еврокоду 2: Проектирование железобетонных конструкций: Руководство для проектировщиков к EN 1991-1-1 и EN 1991-1-2: Проектирование железобетонных конструкций. Общие правила и правила для зданий. Противопожарное проектирование строительных конструкций; пер. с английского / Э.В. Биби, Р.С. Нараянан. – М. : МГСУ, 2012.

[5] Pavlikov, A., Kochkarev, D., Harkava, O. (2019). Calculation of reinforced concrete members strength by new concept. Proceedings of the fib Symposium 2019: Concrete – Innovations in Materials, Design and Structures. Krakow, Poland, 2019.

[6] Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну / [Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін.]. – К. : Толока, 2017. – 627 с.

[7] Shin Myoungsu. Twisting moments in two-way slab / Myoungsu Shin, Allan Bommer, James B. Deaton, Bulent N. Alemdar // Concrete International. 2009. Vol. 78, pp. 35-40.

[8] Карпенко Н. И. Общие модели механики железобетона : монография / Н. И. Карпенко. – М. : Стройиздат, 1996. – 416с.

[9] Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 2.03.01–84\*. – [Введены в действие с 1986–01–01]. – М. : ЦТИП Госстроя СССР, 1989. – 88 с. – (Строительные нормы и правила).