

УДК 624.011

## ОПІР МАТЕРІАЛІВ В РОЗРАХУНКАХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

**В.З. Кліменко<sup>1</sup>,**

кандидат технічних наук, професор кафедри металевих та дерев'яних конструкцій.

*Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський проспект 31, м. Київ 03680*

Діючий метод розрахунку металевих та дерев'яних конструкцій передбачає перевірку міцності поперечних перерізів за умови  $\sigma_i \leq R_i$ , що не відповідає фізичному змісту розрахунку будівельних конструкцій за першим граничним станом. Запропонована нова редакція першого граничного стану зі збереженням в ньому діалектичної єдності змісту і математичної його формалізації.

**Ключові слова:** фізична суть розрахунку, математична формалізація розрахунку.

### Вступ

В статті з зазначеною назвою і відповідним змістом не було необхідності до 31.12.1954 р., коли будівельні конструкції розраховувалися за допустимими напруженнями у повній відповідності до опору матеріалів. Основні вимоги розрахунку конструкцій полягали у наступному: а) в наскрізних конструкціях - нормальні напруження, рівномірно розподілені по поперечному перерізу стрижня, не повинні перевершувати встановлених нормативним документом допустимих напружень стиску чи розтягу

$$\sigma_{c,p} \leq [\sigma_{c,p}]; \quad (1)$$

б) у суцільних балкових конструкціях – нормальні напруження від згину в розрахункових перерізах не повинні перевершувати відповідного допустимого напруження згину

$$\sigma_{зг} \leq [\sigma_{зг}] \quad (2)$$

і дотичні напруження відповідати умові

$$\tau \leq [\tau]; \quad (3)$$

в) в конструкціях, коли матеріал знаходиться в умові складного опору від згину і поздовжнього зусилля стиску або розтягу, повинні виконуватися умови

$$\frac{N}{F_{нт}} + \frac{M}{W_{нт}} \leq [\sigma_c]$$

або

$$\frac{N}{F_{nm}} + \frac{M}{W_{nm}} \leq [\sigma_p]. \quad (4)$$

Принципова відміна розрахунку будівельних конструкцій за допустимими напруженнями від розрахунку елементів в опорі матеріалів полягала в тому, що в нормах проектування будівельних конструкцій допустимі напруження приймалися як деяка частина від граничних напружень. Граничними напруженнями у пластичних матеріалах була границя текучості, у хрупких матеріалах – границя міцності, у деревині як пружно-в'язко-пластичному матеріалі – тимчасовий опір. Допустиме напруження дорівнювало (у загальному вигляді)

$$[\sigma_i] = \frac{\sigma_{sp_i}}{k_3}, \quad (5)$$

де  $k_3$  - коефіцієнт запасу міцності, індекс « $i$ » означає вид напруженого стану матеріалу.

В розрахунках будівельних конструкцій коефіцієнт запасу інтегрально враховував різноманітні впливи на міцність матеріалів реальних умов експлуатації будівельних об'єктів, окремих їх частин і конструкцій. На коефіцієнті запасу у цій статті не зупиняємося, про нього докладно йдеться у статті [1] і у першій частині статті [2]. Відмітемо те, що у фахівців коефіцієнт запасу отримав неофіційну, але усіма визнану, назву – «коефіцієнт незнання». У цій промовистій назві – суть цього коефіцієнту і фізичного змісту розрахунку за допустимими напруженнями. Метод розрахунку конструкцій з використанням в ньому фактора незнання роботи конструкцій не може мати ідеології і формувати у студентів технічний світогляд, що є однією з вимог до пізнання істини в навчальному процесі.

## 1. Об'єктивність появи нового методу розрахунку будівельних конструкцій

Провідні вчені вітчизняної будівельної науки одночасно з розробкою і впровадженням перших державних норм по проектуванню будівельних конструкцій з використанням в розрахунках метода допустимих напружень, наприклад [3] і [4], не сприймали присутність у методі коефіцієнта незнання. Ними розроблявся революційний метод розрахунку. Основні положення нового методу, який отримав назву метод граничних станів, викладені у публікації [5]. З впровадженням нового методу з 01.1955 р. для його оволодіння інженерною громадськістю були розроблені посібники [6,7,8,9,10,11]. Наведені посібники з усіх будівельних конструкцій тому, що автор припускає, що зараз інженерам і студентам ці першоджерела метода граничних станів не знайомі.

Прикро припускати, що ці першоджерела, а отже й розрахунок конструкцій за першим граничним станом, не відомі викладачам кафедр будівельних конструкцій. У автора на підставі багаторічного досвіду роботи на кафедрі таке припущення має обґрунтування. Неприпустимо незнання викладачами суті розрахунку будівельних конструкцій за першим граничним станом.

## 2. Фізична суть першого граничного стану

За результатами дослідження роботи конструкційних матеріалів під навантаженням було встановлено, що межа міцності металів і тимчасовий опір деревини є умовними напруженнями, при досягненні яких рівновага між навантаженням і внутрішніми напруженнями стає неможливою – в результаті зразок втрачає *несучу здатність*. Умовні напруження характеризують не руйнівне напруження, а найбільш можливе на зразок навантаження. При досягненні цього навантаження будівельний елемент перестає задовольняти вимогам, що до нього пред'являються, і такий стан елемента зветься першим граничним.

Розрахункові припущення в розрахунку елементів, з'єднань, конструкцій за першим граничним станом приймаються з урахуванням дійсних умов їхньої роботи у будівлях і спорудах. Перший граничний стан гарантує те, що конструкції, будівлі і споруди не мають зайвих запасів міцності і забезпечує проекту надійності об'єктів у цілому і окремих його частин і конструкцій на увесь період експлуатації об'єктів. Основна вимога першого граничного стану полягає в тому, щоб *розрахункові зусилля в елементах, з'єднаннях, конструкціях не перевершували несучої здатності елементів, з'єднань, конструкцій*. Згідно до цієї вимоги математична формалізація першого граничного стану має вигляд

$$N \leq \Phi. \quad (6)$$

Розрахункове зусилля  $N$  знаходиться з розрахункової моделі елемента, з'єднання, конструкції, яка максимально точно відображає роботу елемента, з'єднання, конструкції, але при цьому залишається ще доволі умовною. Зовнішні фактори, що впливають на розрахункову модель, враховуються відповідними коефіцієнтами умов роботи. Ці коефіцієнти різні у конкретних розрахункових моделях, тому вони в умові (6) не показані.

Несуча здатність елемента, з'єднання, конструкції  $\Phi$  визначається розмірами (в окремих випадках додатково формою поперечного перерізу), розрахунковим опором матеріалу і відповідною системою коефіцієнтів умов роботи матеріалу, яка враховує вплив на його фізико-механічні властивості різноманітних експлуатаційних факторів. В

конкретних розрахунках за умовою (6) номенклатура коефіцієнтів умов роботи матеріалів різна. В першому граничному стані при системі коефіцієнтів умов роботи в несучій здатності елемента стає зайвим науково не обґрунтований загальний коефіцієнт запасу. Чисельні значення коефіцієнтів умов роботи встановлені з тієї умови, що граничний стан не може наступити за увесь термін експлуатації конструкції, будівлі, споруди. Викладені щойно ознаки першого граничного стану формують його ідеологію, яка є складовою технічного світогляду, що згадувався вище.

### 3. Математична формалізація першого граничного стану

З урахуванням коментарів до  $N$  і  $\Phi$  умова (6) у більш розгорнутому вигляді стає такою

$$v_n k_q N_q \leq k_\Phi \Phi, \quad (7)$$

де  $v_n$  - коефіцієнт надійності за відповідальністю об'єкту;  $k_q$  - коефіцієнт надійності відповідно до розрахункової моделі, який враховує можливі відхилення від геометричних розмірів, умов закріплення на опорах і розкріплення в прольоті;  $N_q$  - розрахункова модель відносно розрахункових навантажень за видами, їх сполучення і можливих, не передбачених нормами, впливів і дій

$$N_q \rightarrow [q v_{fm}(T_q) \psi k_d q'], \quad (8)$$

де  $q$  - граничні розрахункові навантаження за видами (власна вага, від снігу і вітру і інше);  $v_{fm}(T_q)$  - коефіцієнти надійності за видами навантажень, береться з норм;  $\psi$  - коефіцієнт сполучення навантажень, береться з норм;  $k_d q'$  - не передбачені нормами навантаження;  $k_\Phi$  - коефіцієнт надійності відповідно до несучої здатності елемента, з'єднання, конструкції;  $\Phi$  - теоретична несуча здатність елемента, з'єднання, конструкції

$$\Phi \rightarrow [a R_i k_a], \quad (9)$$

де  $a$  - розрахункові геометричні параметри елемента, з'єднання, конструкції;  $R_i$  - фактичні розрахункові опори матеріалів відповідно до норм проектування конструкцій;  $k_a$  - не передбачені нормами змінення геометричних параметрів « $a$ ».

Математична формалізація розрахунку будівельних конструкцій за умовою (7) діалектично відображає фізичну суть першого граничного стану. Розрахунок за першим граничним станом не передбачає перевірки поперечних перерізів. Що сталося?

Сталося те, що розрахунок будівельних конструкцій за першим граничним станом не використовує опір матеріалу. Це ознака еволюційності методу розрахунку будівельних конструкцій. Новий метод був значним досягненням вітчизняної будівельної науки. Згодом він був визнаний в країнах Західної Європи і набув статусу нормативного в національних стандартах і в загальних європейських стандартах: з проектування металевих конструкцій – Eurocode 3, дерев'яних конструкцій – Eurocode 5. Зараз важко уявити як інженерною громадськістю був прийнятий новий метод, який кардинально відрізнявся від звичного. По характеру розвитку ситуації після впровадження нового методу (про це у [2]) можна припустити, що його неприйняття було дуже активним. Автор висловлює свою особисту думку. Розробникам нового методу слід було наполегливо відстоювати свою прогресивну позицію і залишити діалектичну єдність змісту і форми розрахунку конструкцій за першим граничним станом. Які обставини змусили їх, зберігаючи фізичний зміст першого граничного стану згідно до умови (6), погодитися на розрахункові умови типів (1) і (4). Це об'єктивно не сумісно і ненауково.

Відсутність діалектичної єдності змісту і форми розрахунку конструкцій за першим граничним станом позбавляє його філософії і ідеології, що міститься в умові (7) з урахуванням (8) і (9). Це не сприяє формуванню у студентів технічного світогляду, на що повинен бути направлений процес пізнання істини в навчальному процесі при вивченні дисциплін по будівельним конструкціям. Відсутність діалектичної єдності змісту і форми у подальшій трансформації розрахункового апарату стала причиною іраційності методології викладання в дисциплінах «Металеві конструкції» і «Дерев'яні конструкції» їх розрахунку. Таке не припустимо, як вже наголошувалося у статті, в навчальному процесі. Намагання автора привернути увагу до іраційності методології викладання розрахунку конструкцій і пропозиції щодо запобігання іраційності не мали успіху. Вже давно необхідно було передбачити в навчальних планах будівельного факультету при підготовці інженерів-будівельників, а далі спеціалістів і магістрів перед вивченням студентами дисциплін з циклу «Будівельні конструкції» спецкурсу, в якому розглядається перехід від опору матеріалів до розрахунку конструкцій з використанням математичного апарату з відсутністю в ньому іраційності. Про це у статті нижче після ознайомлення зі станом нормативної бази щодо проектування металевих і дерев'яних конструкцій на додаток до того, що зроблено у другій частині статті [2].

#### 4. Впровадження нового методу розрахунку конструкцій і порушення діалектичної єдності в ньому змісту і форми

Одразу після опублікування посібників [6,7,8] розрахунок конструкцій за першим граничним станом був представлений в нормах і технічних умовах: металевих конструкцій в [12], дерев'яних – в [13]. В обох НІТУ розділи «Основные расчетные положения» починалися з вказівки: расчет конструкций должен производиться по несущей способности, відповідно до [7], [8].

Наведемо розрахунок, для прикладу, тільки центрально розтягнутих елементів:

в [7] і [12]

$$N \leq mRF_{нт}; \quad (10)$$

в [8] і [13]

$$N \leq m_p R_p F_{нт}. \quad (11)$$

Вперше в розрахункових умовах типу [6] з'явилися коефіцієнти умов роботи  $m$  і  $m_p$ . Умови [10] і [11] за своїм змістом ще далекі до умови [7].

Системи коефіцієнтів умов роботи почали тільки розроблятися, поширюватися, поглиблюватися, усе точніше диференційовано враховувати різноманітні зовнішні фактори, що впливали на розрахункову модель елемента і на його теоретичну несучу здатність.

Вже дуже скоро у наступних будівельних нормах і правилах (СНиП) розрахунок конструкцій за першим граничним станом згадувався дуже скромно або навіть взагалі не згадувався (про це в [2]), а розрахункові формули набули виду:

$$\sigma_i \leq R_i m_j, \quad (12)$$

$m_j$  - коефіцієнти умов роботи,  $i$  у вигляді

$$\frac{N}{F_{нт}} + \frac{M}{W_{нт}} \leq R_c m_j \text{ або } R_p m_j. \quad (13)$$

Пояснень фізичної суті формул типу (12) і (13) норми не надають.

У перших після впровадження розрахунку за граничним станом підручниках розрахункові формули відповідали типу (6). В наступних виданнях підручників (тих самих авторів) не тільки сталося заміна розрахункових формул типу (6) на типи (12) і (13), автори виправдовували застосування розрахункових умов, які не відповідають діалектичній єдності змісту і форми. Автори не могли не бачити цієї неприпустимої обставини і мабуть тому у підручниках майже зникли визначення розрахунку конструкцій за першим граничним станом.

П'ятдесят останніх років в підручниках з дисциплін «Металеві конструкції» і «Дерев'яні конструкції» суть першого граничного стану

згадується усе коротше, не достатньо для оволодіння студентами фізичного змісту і ідеології взагалі розрахунку будівельних конструкцій за граничним станом і зокрема першого граничного стану. Розрахункові формули надаються у вигляді (12) і (13).

У свідомості студентів ці формули це трансформація формул опору матеріалів типів (1) - (4) із заміною в них допустимих напружень  $[\sigma_i]$  на розрахункові опори матеріалів  $R_i$ . Математична формалізація розрахунку металевих і дерев'яних конструкцій за формулами типу (12) і (13) це продовження опору матеріалів у дисциплінах по цих конструкціях.

В нормах проектування МК і ДК розрахунок за першим граничним станом згадується мігцем або взагалі не згадується (!) і він залишається поза увагою користувачів нормами з математичним апаратом за типом (12) і (13).

Те, що сказано вище, доведено у частині другій статті [2] ретроспективним оглядом розрахунку конструкцій за першим граничним станом в підручниках і нормах проектування металевих і дерев'яних конструкцій від моменту впровадження нового методу до часу теперішнього. Зараз ситуація така – є математичний апарат розрахунку металевих і дерев'яних конструкцій, який забезпечує позитивний результат при проектуванні конструкцій. То в чому претензія до методу, яка дозволила охарактеризувати його так гучно – деградація методу. Справа в тому, що математичний апарат з формулами типів (12) і (13) немає ніякого відношення до розрахунку будівельних конструкцій згідно до [6] і посібників [7] і [8]. В цих першоджерелах немає формул за типом (12) і (13) і не могло бути, тому що така математична формалізація не відповідає фізичному змісту розрахунку конструкцій за першим граничним станом, про який йдеться в [5]. Сталося те, що абсолютно неприпустиме в підручниках, нормативних документах і у викладанні дисциплін «Металеві конструкції» і «Дерев'яні конструкції» - відсутність обов'язкової з наукової позиції діалектичної єдності змісту і форми. Так навчати студентів неможна, тому що це неправдиво, ложно. Дивує те, що автори підручників і розробників норм не бентежила іраційність у представленні першого граничного стану у підручниках і нормах. Ненаукове викладання студентам правил розрахунку конструкцій не сумісно з наданням їм наукових знань, істини. Про це докладно і ґрунтовно говорить в навчальному посібнику [14].

Перед тим, як дати пояснення (це суб'єктивна думка автора) іраційності методології розрахунку будівельних конструкцій за першим граничним станом, автор не може не дати характеристику навчального посібника [15].

В назві навчального посібника говориться про розрахунок інженерних конструкцій, в анотації наголошено, що він призначений для будівельних факультетів інженерно-будівельних інститутів. Одним з рецензентів навчального посібника є завідувач кафедри будівельної механіки літальних апаратів інституту цивільної авіації. Навчальний посібник цілком присвячений опору матеріалів і не може бути зауважень до нього, враховуючи фаховий рівень авторів. Відповідно до назви навчального посібника виправданим є рецензент. Згідно з анотацією бажано бачити рецензентом фахівця з проектування будівельних конструкцій. Такий фахівець не погодився би з прикладом, наведеним у §22, стосовно розрахунку на міцність розтягнутого стрижня. В основу розрахунку покладена умова, щоб найбільше напруження не перевершувало так званого допустимого напруження. Така умова задовольняє рецензента, який зазначений у посібнику. Але така умова неприйнятна з позиції розрахунку будівельних конструкцій, вже двадцять два роки минуло після впровадження розрахунку будівельних конструкцій за граничним станом за міцністю і стійкістю [5].

## **5. Відновлення діалектичної єдності змісту і форми в методі розрахунку конструкцій за першим граничним станом**

Зараз мабуть не варто сподіватися на повернення у розрахунок за першим граничним станом до розрахункових формул типу (6). Але неможна миритися з антагонізмом філософських категорій зміст і форма. Це неприпустимо. Позбутися антагонізму, на думку автора, можна зміненням фізичного змісту першого граничного стану із збереженням його ідеології в умові  $N \leq \Phi$ .

Перехід в нормативних документах на розрахунок будівельних конструкцій за формулами типів (12) і (13) влаштував користувачів нормами. Ці формули за зовнішнім виглядом схожі до звичних формул з попередніх норм. Проблеми філософії обходили користувачів в їхній інженерній практиці. Головне дотримання нормативних вимог.

У перші роки після впровадження розрахунку будівельних конструкцій за граничними станами студенти у циклі дисциплін «Будівельні конструкції» вивчали метод розрахунку з діалектичною єдністю в ньому змісту і форми, яка збереглася у перших нормативних документах, якими користувалися молоді спеціалісти. З часом у цього покоління інженерів могло викликати непорозуміння поява у методі розрахунку нового математичного апарату. Наступні покоління студентів і інженерів вже не відчували різниці у методі розрахунку під час навчання і в інженерній практиці. Прикро, що ненаукова методологія викладання розрахунку будівельних конструкцій укоренилася у вищій школі.



Автор статті в лекціях намагався якось завуалювати відсутність у методі розрахунку діалектичної єдності змісту і форми. Застосовувався наступний прийом. Пояснювалося, що ліва частина умов (12) і (13) це відображення лівої частини умов типу (7), а права частина умов (12) і (13) це змінена формалізація правої частини умов типу (7). Неможна було студентській аудиторії відверто довести про неприпустиму відсутність діалектичної єдності. Логічних, наукових пояснень іраційності методології немає. Такий прийом сформулював у свідомості лектора засіб, який дозволяє позбутися відсутності єдності філософських категорії у методології викладання розрахунку будівельних конструкцій за першим граничним станом. Не було можливості здійснити задум офіційним шляхом.

Можливість з'явилася з впровадженням ДБН [16]. В цьому документі сучасна трактовка методу розрахунку будівельних конструкцій за граничним станом згідно до 6.2.1 має наступне формулювання: *Граничні стани можуть бути віднесені до конструкцій в цілому, до її окремих елементів, з'єднань або поперечних перерізів.*

На відміну від посібників [6], [7], [8] ДБН [16] передбачає розрахунок за першим граничним станом у вигляді перевірки несучої здатності поперечного перерізу. Автор статті припускає, що така суттєва поправка викликана тим, що в ДБН [16] одночасно з першим граничним станом у нашій його трактовці розглядається граничний стан у трактовці, прийнятій у загальноєвропейських стандартах щодо проектування будівельних конструкцій, яка передбачає перевірку перерізів.

Якщо в умові (6) прийняти розрахункову модель  $N_q$  у форматі (8) і теоретичну несучу здатність  $\Phi$  у форматі (9) віднести до поперечного перерізу, отримаємо умову перевірки несучої здатності за першим граничним станом небезпечного перерізу

$$v_n k_q \left[ q v_{fm} (T_q) \psi k_d q' \right] \leq k_\phi a R_i^\phi k_d, \quad (14)$$

в якій фактичні розрахункові опори матеріалів  $R_i^\phi$  знаходяться з їх характеристичних (раніше нормативних) значень  $R_{i,k}$  з урахуванням неоднорідності, тривалого опору (для деревини) і усіх встановлених на момент проектування конструкцій, факторів, що впливають на змінення характеристичного значення, і  $R_i^\phi$  дорівнюють

$$R_i^\phi = R_{i,k} m_{i,v}, \quad (15)$$

де  $m_{i,v}$  – відображає усі встановлені фактори, комбінаторика яких різна у розрахунках металевих і дерев'яних конструкціям і приймається згідно до норм.

Поділемо ліву і праву частини умови (14) на площу поперечного перерізу « $a$ », з урахуванням того, що  $\frac{qv_{fm}\Psi q'}{a} = \sigma_i$  розрахункове напруження у перерізі, і  $R_i^\Phi$  за (15), отримаємо умову перевірки несучої здатності перерізу

$$v_n k_q k_d \sigma_i \leq R_i m_{i,j} k_\Phi k_a \quad (16)$$

або перевірку напружень у перерізі

$$\sigma_i \leq R_i \frac{m_{i,j} k_\Phi k_a}{v_n k_q k_d}, \quad (17)$$

схожу на умову (12).

Формула (17) забезпечує вірний результат розрахунку, але вона не відповідає вимогам семіотиці – дисципліни у філософії, яка займається вивченням знакових систем. Поняття про семіотику необхідно студентам, тому зупинимося коротко на цій філософській категорії. Семіотика (грец. *Semeion* – знак) вивчає знакові системи формалізованих мов науки. Її важливість у процесі надання наукових знань студентам полягає: по-перше, у передаванні повідомлення або відбиття смислу; по-друге, забезпеченні розуміння студентами фізичної суті наукового повідомлення. Здійснення цих функцій вимагає визначену внутрішню організацію знакової системи, тобто дотримання правил сполучення знаків в ній. Виконання цих правил (вони сформульовані у філософії) створює формалізовану мову науки.

Умова (17) слідує не з опору матеріалів, як це здавалося студентам і користувачам нормами при використанні формул типів (12) і (13) у ненауковій методології викладання розрахунку конструкцій. Умова (17) слідує із загальної умови (7) розрахунку будівельних конструкцій згідно до першого граничного стану зі збереженням в ній його ідеології.

Ознайомлення студентів з семіотикою доводить до їхньої свідомості призначення математичних формул, які є відображенням конкретних фізичних явищ, і важливість структури формул згідно до математичної логіки. З позиції останньої перевірка напружень в поперечному перерізі за формулою (17) не відповідає вимогам семіотики. Знаменник у правій частині формули немає відношення до розрахункового опору матеріалу. Згідно з першим граничним станом, віднесеним до поперечного перерізу, правильною математичною формалізацією перевірки несучої здатності перерізу є умова (16). Перевірка за формулою (17) це арифметика. Автор вважає, що висловлені тут міркування це не «арифметична казуїстика», а науково вірне відображення фізичного явища математичним апаратом з

дотриманням діалектичної єдності змісту і форми у сучасному методі розрахунку будівельних конструкцій.

### Висновок

Пропонується наступне визначення розрахунку конструкцій за першим граничним станом. Граничний стан конструкцій за несучою здатністю досягається при максимальному наближенні розрахункових напружень у небезпечному перерізі за умовою (16) до фактичного розрахункового опору матеріала, знайденого за діючими нормами проектування будівельних конструкцій.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Клименко В.З.* Трансформація метода расчета конструкций по предельным состояниям/Промислове будівництво та інженерні споруди. №3. - 2015. - С.33-38.
2. *Клименко В.З.* Коментарі до деградації методу розрахунку будівельних конструкцій за першим граничним станом/Будівництво України. Ч.1, №1.2017. - С.3-8; ч.2. №2. - 2017.
3. *Металлические конструкции и сооружения. Технические условия и нормы проектирования и возведения/ГНТИ. М.: Л. - 1931.*
4. *Нормы и технические условия проектирования деревянных конструкций/ГИСЛ. М.: Л. - 1939.*
5. *Расчет строительных конструкций по предельным состояниям /Балдин В.А., Гольденбат И.И., Коченов В.М. Под ред. В.М. Келдыша. М.: ГСИ. - 1951.*
6. *Основные положения метода расчета строительных конструкций по расчетным предельным состояниям и нагрузки/Гольденбат И.И., под ред. чл.-корр. Академии наук СССР проф. Н.С. Стрелецкого. - 1955. ГСИ.*
7. *Расчет стальных конструкций по расчетным предельным состояниям/Балдин В.А., под ред. Н.С. Стрелецкого. - 1955.*
8. *Расчет деревянных конструкций по расчетным предельным состояниям/Коченов В.М., под ред. проф. Г.Г. Карлсена. - 1955.*
9. *Расчет бетонных и железобетонных конструкций по расчетным предельным состояниям/Таль К.Э., под ред. проф. А.А. Гвоздева. - 1955.*
10. *Расчет каменных и армокаменных конструкций по расчетным предельным состояниям/Семенцов С.А., под ред. проф. Л.И. Онищика. - 1955.*
11. *Расчет естественных оснований зданий и сооружений по расчетным предельным состояниям/Токарь Р.А., под ред. проф. Н.А. Цытовича. - 1955.*
12. *Нормы и технические условия проектирования стальных конструкций (НиТУ 121-55)/Киев:ГСИ УССР. - 1956.*
13. *Нормы и технические условия проектирования деревянных конструкций (НиТУ 122-55) /Киев:ГСИ УССР. - 1956.*
14. *Станкевич А.М., Клименко В.З.* Розрахунок стиснуто-зігнутих елементів за деформованим станом. Навчальний посібник з науковими і методологічними міркуваннями/Вид-во ТОВ «Сталь». - 2017.
15. *Еременко В.С., Никитин Ю.П., Шкелев Л.Т.* Основы теории расчета инженерных конструкций на прочность и жесткость/Киев: КИСИ. - 1977.
16. *ДБН В.1.2-14-2009.* Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ/Київ.: Мінрегіонбуд України. - 2009.

## REFERENCES

1. *Klimenko V.Z.* Transformatsiya metoda rascheta konstruksiy po predelnyim sostoyaniyam (Transformation of the method of calculating structures by limiting states)/Promislove budivnistvo ta Inzhenerni sporudi. №3. - 2015. - S.33-38.
2. *Klimenko V.Z.* Komentari do degradatsiyi metodu rozrahunku budivelnih konstruksiy za pershim granichnim stanom (Comments to the degradation of the method of calculation of building structures for the first boundary condition)/Budivnistvo UkraYini. Ch.1, №1.2017. - S.3-8; ch.2. №2. - 2017.
3. Metalicheskie konstruksii i sooruzheniya. Tehnicheskie usloviya i normyi proektirovaniya i vozvedeniya (Metal structures and structures. Technical conditions and design and erection standards)/GNTI. M.: L. - 1931.
4. Normyi i tehnicheskie usloviya proektirovaniya derevyannyih konstruksiy (Norms and technical conditions for the design of wooden structures)/GISL. M.: L. - 1939.
5. Raschet stroitelnyih konstruksiy po predelnyim sostoyaniyam (Calculation of building structures by limiting states)/Baldin V.A., Goldenbat I.I., Kochenov V.M. Pod red. V.M. Keldyisha. M.: GSI. - 1951.
6. Osnovnyie polozeniya metoda rascheta stroitelnyih konstruksiy po raschetnyim predelnyim sostoyaniyam i nagruzki (The main provisions of the method for calculating building structures based on design limit states and loads)/Goldenbat I.I., pod red. chl.-korr. Akademii nauk SSSR prof. N.S. Streletskogo. - 1955. GSI.
7. Raschet stalnyih konstruksiy po raschetnyim predelnyim sostoyaniyam (Calculation of steel structures according to the design limit states) /Baldin V.A., pod red. N.S. Streletskogo. - 1955.
8. Raschet derevyannyih konstruksiy po raschetnyim predelnyim sostoyaniyam (Calculation of wooden structures according to the design limit states)/Kochenov V.M., pod red. prof. G.G. Karlse. - 1955.
9. Raschet betonnyih i zhelezobetonnyih konstruksiy po raschetnyim predelnyim sostoyaniyam (Calculation of concrete and reinforced concrete structures according to the design limit states)/Tal K.E., pod red. prof. A.A. Gvozdeva. - 1955.
10. Raschet kamennyih i armokamennyih konstruksiy po raschetnyim predelnyim sostoyaniyam (Calculation of stone and armo-stone constructions according to the design limit states)/Sementsov S.A., pod red. prof. L.I. Onischika. - 1955.
11. Raschet estestvennyih osnovaniy zdaniy i sooruzheniy po raschetnyim predelnyim sostoyaniyam (Calculation of the natural bases of buildings and structures according to the design limit states)/Tokar R.A., pod red. prof. N.A. Tsyitovicha. - 1955.
12. Normyi i tehnicheskie usloviya proektirovaniya stalnyih konstruksiy (Norms and technical conditions for the design of steel structures) (NiTU 121-55)/Kiev:GSI USSR. - 1956.
13. Normyi i tehnicheskie usloviya proektirovaniya derevyannyih konstruksiy (Norms and technical conditions for the design of wooden structures)(NiTU 122-55) /Kiev:GSI USSR. - 1956.
14. *Stankevich A.M., Klimenko V.Z.* Rozrahunok stisnuto-zlgnutih elementiv za deformovanim stanom. Navchalniy posibnik z naukovimi i metodologichnimi mlrkuvannyami (Calculation of compressed-bent on a strain of element. Textbook of scientific and methodological considerations)/Vid-vo TOV «Stal». - 2017.
15. *Eremenko V.S., Nikitin Yu.P., Shkelev L.T.* Osnovi teorii rascheta inzhenernyih konstruksiy na prochnost i zhestkost (Fundamentals of the theory of calculating engineering structures for strength and rigidity)/Kiev: KISI. - 1977.
16. DBN V.1.2-14-2009. Zagalni printsipi zabezpechennya nadlynostl ta konstruktivnoyi bezpeki budlvel, sporud, budlvelnih konstruksiy ta osnov (General principles of reliability and structural safety of buildings, structures and foundations)/KiYiv.: MiNRegionbud UkraYini. - 2009.

*Klimenko V.Z.*

### **STRENGTH OF MATERIALS IN THE CALCULATION OF BUILDING STRUCTURES**

Current method for calculating the of metal and wooden structures involves checking the strength of cross-sections provided  $\sigma_i \leq R_i$ , that does not meet the physical content of calculation of building structures for the first boundary condition. A new edition of the first limiting condition preserving it dialectical unity of content and its mathematical formalization.

**Keywords:** physical nature of the calculation, calculate mathematical formalization.

*Клименко В.З.*

### **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В РАСЧЕТАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Действующий метод расчета металлических и деревянных конструкций предусматривает проверку прочности поперечных сечений по условию  $\sigma_i \leq R_i$ , что не соответствует физическому явлению расчета строительных конструкций по первому предельному состоянию. Предложена новая редакция первого предельного состояния при сохранении в ней диалектического единства содержания и математической его формализации.

**Ключевые слова:** физическая суть расчета, математическая формализация расчета.

УДК 624.011

*Клименко В.З.* **Опір матеріалів в розрахунках будівельних конструкцій** / Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 98. – С. 43-55.

Запропонована нова редакція першого граничного стану зі збереженням в ньому діалектичної єдності змісту і математичної його формалізації.

Бібліогр. 16 назв.

*Клименко В.З.* **Сопротивление материалов в расчетах строительных конструкций** / Сопротивление материалов и теория сооружений: науч.-тех. сборн. – К.: КНУСА, 2017. – Вып. 98. – С. 43-55. – Укр.

Предложена новая редакция первого предельного состояния при сохранении в ней диалектического единства содержания и математической его формализации.

Библиогр. 16 назв.

*Klimenko V.Z.* **Strength of materials in the calculation of building structures** / Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2017. – Issue 98. – P. 43-55. – Ukr.

A new edition of the first limiting condition preserving it dialectical unity of content and its mathematical formalization.

Bibliograf. 16 ref.

**Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада):** кандидат технічних наук, професор, професор кафедри металевих та дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури КЛІМЕНКО Віталій Захарович

**Адреса робоча:** 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури КЛІМЕНКУ Віталію Захаровичу

**Робочий тел.:** +38(044) 244-9665

**E-mail:** vcbk@ukr.net