

УДК 624.072.014

Хилько І.І.

**ОСОБЛИВОСТІ ВРАХУВАННЯ ДЕФОРМОВАНОЇ СХЕМИ ПРИ
ДОСЛІДЖЕННІ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ БІСТАЛЕВИХ СТЕРЖНІВ ЗА
МЕЖЕЮ ПРУЖНОСТІ**

Миколаївський національний аграрний університет,

Миколаїв, Паризької Комуни 9, 54020

Khilko I.I

**PECULARITIES OF DEFORMED SCHEME ACCOUNT IN THE
RESEARCH OF CARRIE ABILITY OF BE-STEEL BARS OUTSIDE THE
BOUNLARIES OF BOUNCE LIMIT**

Mykolayiv National Agrarian University,

Mykolayiv, Paryzka komuna Str 9, 54020

Анотація. У статті розглянуто питання пов'язані з особливостями врахування деформованої схеми при дослідженні несучої здатності бісталевих стержнів в області обмежених пластичних деформацій. Описано методику дослідження несучої здатності бісталевих стержнів при складному опорі за межею пружності.

Ключові слова: бісталеві стержні, область обмежених пластичних деформацій, граничний стан, відносний прогин стержня, згинальний момент.

Abstract. In the article problems, connected with peculiarities of the deformed scheme account in the process of research of the be-steel bars carrier ability in the field of limited plastic deformations are researched. The method of carrier ability of be-steel bars with a complicated resistance out of the limit bounce is shown.

Key words: bi-steel rods, area of restricted plastic deformations, limiting state, relative sag of a rod, flexing a moment.

Практичне застосування сучасних методів розрахунку бісталевих стержнів при одночасному врахуванні фізичної та геометричної нелінійності досить складне. Але перехід на розрахунок міцності за обмеженими пластичними деформаціями дозволив запропонувати ефективний метод розрахунку поновленням величини граничної пластичної деформації $\varepsilon_{ip,lim}$.

Ідея даного методу полягає в максимальному наближенні пружно-деформованого стану стержня на кожному кроці ітераційного процесу до кінцевого граничного стану. Для досягнення даної мети в кожному послідовному наближенні змінюються або величини навантажень, або розміри перерізу стержня, таким чином, щоб у найбільш навантаженому місці стержня досягалася гранична величина пластичної деформації $\varepsilon_{ip,lim} = 0.002$ [1].

В роботі розглядаються стержні, які працюють тільки під статичними навантаженнями. Під міцністю стержня будемо розуміти його здатність чинити опір розвитку пластичних деформацій. Питання дослідження несучої здатності бісталевих стержнів за межею пружності будемо розглядати при загальновідомих передумовах та припущеннях пружно-пластичного розрахунку сталевих конструкцій. Використання яких дає можливість виконати класифікацію випадків пружно-пластичного розрахунку двотаврових перерізів бісталевих стержнів при складному опорі та отримати відповідні аналітичні залежності напружено-деформованого стану двотаврових перерізів при одноосному згині з поздовжньою силою [2].

Існуючи норми проектування БНіП П-23-81* рекомендують виконувати розрахунок сталевих конструкцій, як правило, тільки з врахуванням непружних деформацій. При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні згідно пункту 1.8 цих норм розрахунок допускається виконувати за деформованою схемою, яка враховує вплив переміщень конструкцій під навантаженням, а бісталеві стержні взагалі не розглядаються. Як показали дослідження роботи стиснуто-зігнутих бісталевих стержнів за деформованою схемою у випадках дії на стержень поздовжньої та поперечної сил, врахування деформованої схеми впливає на несучу здатність стержня і враховується шляхом введення

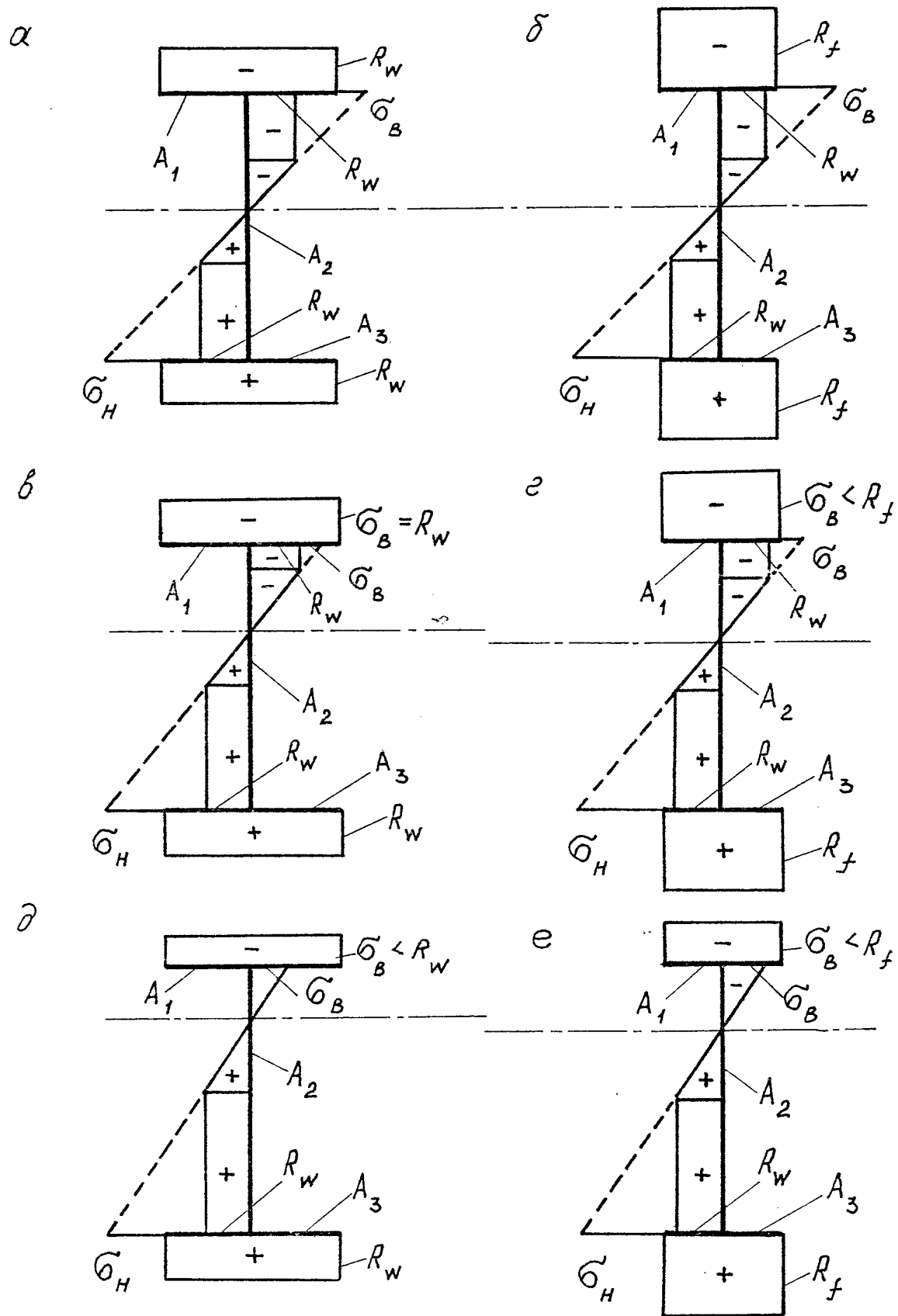


Рис. 1. Напружено-деформований стан еквівалентних перерізів

корегуючого коефіцієнта $\nu = \frac{M_d^{max}}{M^{max}}$ при розрахунку міцності стержня при збереженні традиційного виду розрахункових формул пружної роботи матеріалу з доповненням системою корегуючих розрахункових коефіцієнтів.

На рис. 1 показані симетричні моносталеві двотаври і еквівалентні їм симетричні бісталеві двотаври, площі полиць яких обернено пропорційні розрахунковим опорам вказаних моносталевих перерізів. Дослідимо ці перерізи при роботі в граничному стані, коли гранична пластична деформація $\varepsilon_{ip,lim}$ досягається в нижній частині перерізу. Поздовжню розтягуючу силу, яка утворює додаткові напруження, будемо поступово збільшувати від нульового значення. При невеликих поздовжніх силах, коли текучість досягається в обох полицях і моносталевому і бісталевому перерізах, деформований стан перерізів та епюри напружень у стінці однакові (рис. 1а, б). При збільшенні поздовжньої сили нейтральна лінія епюри напружень зміщується вгору і, коли напруження σ_B у верхній полиці бісталевому перерізу стає менше його границі текучості R_f , то текучість у верхній частині перерізу зберігається тільки у стінці (рис.1,г). В той же час напруження σ_B у верхній полиці моносталевому перерізу не змінюється і залишається рівним границі текучості стінки R_w (рис.1,в). Таким чином у моносталевому і бісталевому перерізах виникають різні випадки напружено-деформованого стану.

При цьому, в наслідок того, що зусилля, які отримує верхня полиця бісталевому перерізу менші, ніж зусилля, які отримує верхня полиця моносталевому перерізу, висота зони текучості у верхній частині бісталевому перерізу залишається більшою і нейтральна лінія в ньому розміщується нижче, ніж у моносталевому перерізі.

При подальшому зростанні поздовжньої сили текучість припиняється і у верхній полиці моносталевому перерізу (рис. 1,д). Випадки напружено-деформованого стану моносталевому і бісталевому перерізів стають

однаковими, але із-за меншої площі верхньої полиці бісталевого перерізу нейтральна лінія в ньому залишається нижче, ніж у моносталевому (рис. 1,е).

Аналіз вказаних випадків, а також аналогічний розгляд асиметричних моносталевих і бісталевих перерізів говорить про те, що поведінка бісталевих перерізів за межею пружності при наявності поздовжньої сили має ряд особливостей у порівнянні з випадком $N = 0$ і вимагає спеціального дослідження, яке і було виконане. При дослідженні напружено-деформованого стану бісталевих симетричних і асиметричних двотаврів розглядається п'ять випадків комбінацій текучості та пружної роботи окремих частин перерізу.

Відмінність в роботі бісталевих двотаврових перерізів при наявності поздовжньої сили, у порівнянні з моносталевими перерізами, приводить до появи різних кривизн поздовжньої осі стержня і, як правило, до різних прогинів стержнів. Виникнення різних прогинів позацентрово-стиснутих і позацентрово-розтянутих стержнів, які виконанні з однієї чи двох марок сталі, приводить до різної їх поведінки при роботі в області обмежених пластичних деформацій з врахуванням деформованої схеми (рис. 2).

На рис. 2. відображено особливості роботи бісталевого і моносталевого стержнів двотаврового перерізу. Стержні відрізняються один від іншого тільки розрахунковими опорами матеріалів полок: R_f – для бісталевого стержня, R_w – для моносталевого, причому $R_f > R_w$. Обидва стержні завантажені однаковими поздовжніми силами (рис. 2,а). Поперечне навантаження визначається з умови розвитку в найбільш напруженому перерізі граничної пластичної деформації $\varepsilon_{ip,lim}$ з врахуванням деформованої схеми і для бісталевого стержня отримується більше, ніж для моносталевого. Зона розвитку пластичних деформацій в бісталевих (рис. 2,б) і моносталевих (рис. 2,в) стержнях визначається рівнем згинального моменту M_{SN} – максимального в межах пружності (рис. 2,г).

При цьому текучість виникає пізніше в моносталевому стержні і зона пружно-пластичної роботи в ньому значно менша. В результаті цього прогини в

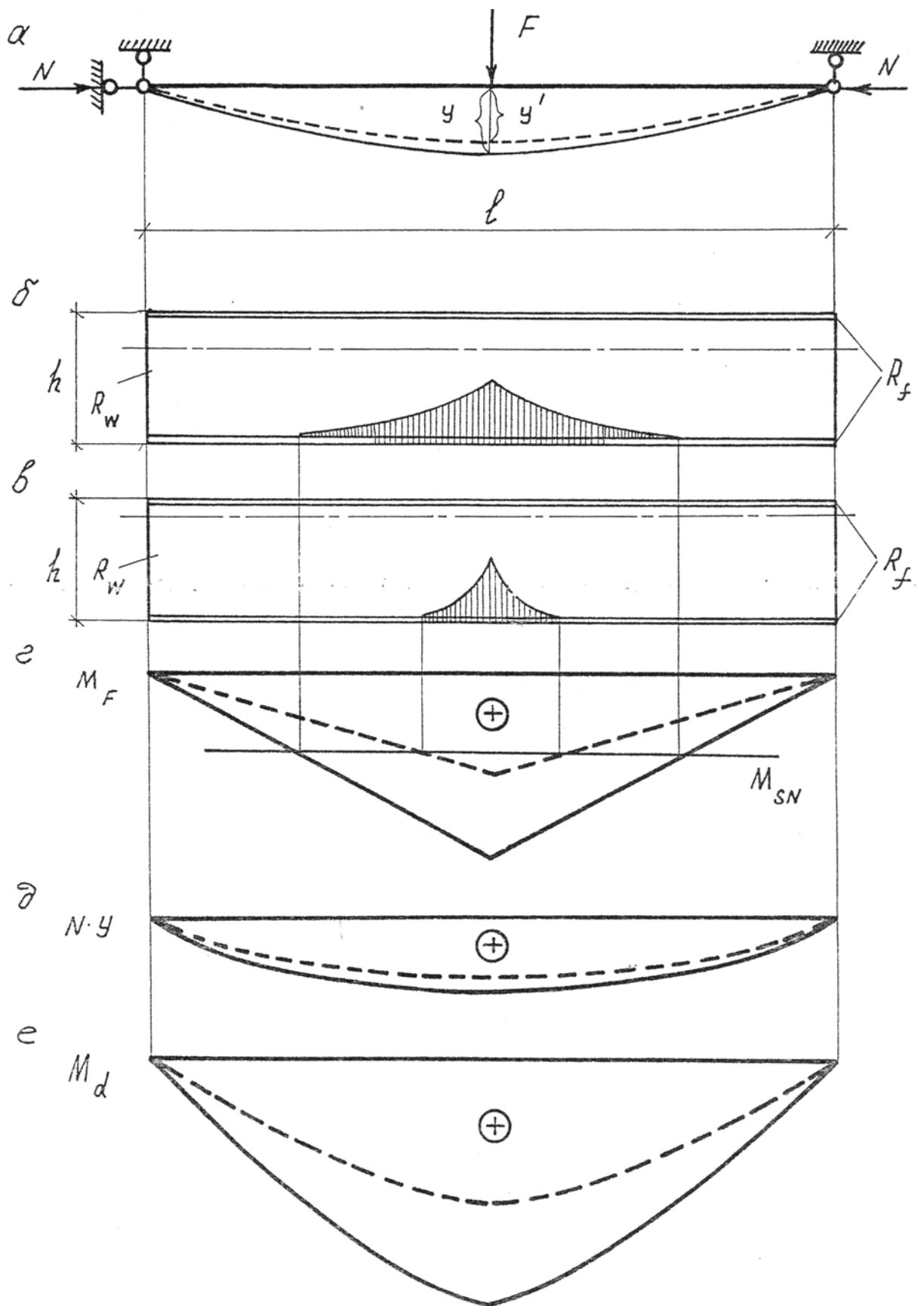


Рис. 2. Особливості роботи бісталевих і моносталевих стержнів

бісталевому стержні перевищують прогини моносталевого стержня, що приводить при однакових поздовжніх силах до різних величин моментів M_x , які визванні викривленням осі стержня і враховують вплив деформованої схеми при розрахунку бісталевого та моносталевого стержнів.

На рис. 2,д епюра N_y у моносталевому стержні показана штриховою лінією, у бісталевому – суцільною. Розрахункові епюри згинальних моментів в розглядуваних стержнях, знайдені з врахуванням їх фізичної та геометричної нелінійності приведені на рис. 2,е (штрихова лінія відповідає епюрі в моносталевому стержні, суцільна – у бісталевому).

Відмінності в поведінці моносталих і бісталих стержнів вказують на необхідність вивчення роботи бісталих стержнів в області обмежених пластичних деформацій з врахуванням деформованої схеми. Для дослідження роботи бісталих стержнів з врахуванням фізичної і геометричної нелінійності використовується подальший розвиток методики, яка приведена в роботі [2].

Згідно уточненої методики, з врахуванням виконання умов першого та другого граничних станів, було розроблено алгоритм розрахунку міцності бісталих стержнів, який потім був реалізований у вигляді програми на мові TURBO СІ на ПЕОМ [3]. Використовуючи розроблену програму, були проведені розрахунки по дослідженню несучої здатності моносталих і бісталих стержнів за межею пружності симетричного та асиметричного перерізу різної довжини при навантаженні їх зосередженою поперечною силою P в поєднанні з поздовжньою силою N , які викликали досягнення граничної пластичної деформації $\varepsilon_{ip,lim} = 0.002$ у найбільш навантаженому перерізі.

В результаті розрахунку були одержані таблиці корегуючих коефіцієнтів ν для уточнення формули пружно-пластичного розрахунку міцності стержня за критерієм обмежених пластичних деформацій, отриманої раніше без врахування деформованої схеми та ряд апроксимуючих аналітичних залежностей за результатами статистичної обробки одержаних даних [4].

Використання запропонованої методики дало можливість виконати розмежування областей по розрахунку міцності та жорсткості стиснуто-

зігнутих бісталевих стержнів за межею пружності. Для цього визначався відносний прогин стержня f/l , який і порівнювався з заданим нормативним значенням в залежності від призначення стержня. Розрахунок проводився до отримання таких граничних навантажень, при яких відносний прогин f/l не перевищував заданого значення нормативного прогину стержня, тобто до виконання умови $f/l \leq [f/l]$.

Для порівняння теоретичних результатів та дійсної роботи стержневих елементів конструкцій проводився відповідний розрахунок на ПЕОМ та експериментальні випробування на устатковині, яка призначена для визначення напружено-деформованого стану при дії поздовжньої та зосередженої поперечної сил зразків моно- та бісталевих стержнів. Експериментальні дослідження несучої здатності бісталевих стержнів за межею пружності з врахуванням умов першого та другого граничних станів підтвердили теоретичні результати та припущення, покладені в основу розробленого методу розрахунку.

Висновки

1. Особливістю підбору двотаврових перерізів бісталевих стержнів, на відміну від моносталевих, є те, що при розрахунку їх міцності розвиток пластичних деформацій можна врахувати двома способами, коли при входженні матеріалу стінки в пластичну стадію роботи, матеріал полиць може працювати у пружній стадії, або в них можуть розвиватися пластичні деформації.

2. При згині з поздовжньою силою із збільшенням розрахункового опору сталі полиць R_f граничний згинальний момент M_{lim} , що витримує двотавровий переріз бісталевого стержня, монотонно зростає на всьому проміжку зростання R_f , при цьому значення поздовжньої сили має більший вплив на величину згинального моменту у порівнянні з моно сталевими.

3. Підвищення розрахункової міцності сталі полиць підвищує їх значення в збільшенні несучої здатності перерізу тільки до певного значення поздовжньої сили N .

4. Відмінності в роботі бісталевих двотаврових перерізів при наявності поздовжньої сили, у порівнянні з моносталевими перерізами, приводять до появи різних кривизн поздовжньої осі стержня і, як правило, до різних прогинів стержнів. Текучість виникає пізніше в моносталевому стержні, тому зона пружно-пластичної роботи в ньому значно менша. В результаті цього прогини в бісталевому стержні перевищують прогини моносталевого стержня, що приводить при однакових поздовжніх силах до різних величин моментів M_x , які виникли в результаті викривлення осі стержня і враховують вплив деформованої схеми при розрахунку бісталевого та моносталевого стержнів.

Література:

1. Чернов Н.Л., Стрелецкий Н.Н., Любаров Б.И. Расчет стальных конструкций на прочность по критерию ограниченных пластических деформаций. //Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1984.– №7.– С.1–9.

2. Шебанін В.С. Прочность изгибаемых стальных стержневых конструкций при учете физической и геометрической нелинейности в области ограниченных пластических деформаций.– Дис... докт. техн.. наук: 05.23.01. – Одесса, 1993.

3. Шебанін В.С., Хилько І.І. Міцність бісталевих стержнів при згині з поздовжньою силою з врахуванням деформованої схеми в області обмежених пластичних деформацій. //Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 1998.– Вип.2.– С.123–128.

4. Шебанін В.С., Хилько І.І. Аналітичні залежності розрахунку прогинів стержнів при складному опорі за межею пружності. Українська асоціація по металевим конструкціям. //Металеві конструкції. – Т.6. – 2003. – №1.– С.31–33.

Стаття відправлена: 25.09.2014 р.

© Хилько І.І.