-МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

**ОПІР МАТЕРІАЛІВ**

**Розрахунок статично невизначуваної**

**( нерозрізної ) балки методом сил**

Методичні рекомендації, завдання та приклад

виконання розрахунково-графічної роботи

для студентів, які навчаються за напрямом підготовки

 6.060101 „Будівництво”

Київ 2016

УДК 539.3

ББК 30.121

О-61

Укладач: О.Ф.Корбаков , кандидат технічних наук, доцент

Рецензент О.П. Кошевий, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск А. М. Станкевич, кандидат технічних наук, доцент

*Затверджено на засіданні кафедри опору матеріалів,*

*протокол № 6 від 23 березня 2016 року.*

Опір матеріалів.Розрахунок статично невизначуваної ( нерозрізної ) балки методом сил: методичні рекомендації, завдання та приклад до виконання розрахунково-графічних роботи для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» / уклад: О.Ф.Корбаков. –К.: КНУБА, 2016.-28с.

Методичні рекомендації містять варіанти індивідуальних завдань, вказівки та детальний план виконання розрахунково-графічної роботи з курсу «Опір матеріалів» по темі « Розрахунок статично невизначуваної ( нерозрізної ) балки методом сил », а також приклад виконання завдання.

Призначенодлястудентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» для практичного використання під час виконання розрахунково-графічної роботи.

© КНУБА, 201

**Загальні положення**

Методичні рекомендації призначені допомогти студентам виконати розрахунково-графічну роботу з курсу „Опір матеріалів” за темою:

Розрахунок статично невизначуваної ( нерозрізної ) балки методом сил.

Розрахунково-графічну роботу студент повинен виконати за індивідуальним завданням, умова якого визначається згідно з шифром, виданим викладачем. Вихідні дані (розрахункові схеми та числові значення) студент вибирає з додатків (див. дод. 1, 2) за власним шифром у вигляді тризначного числа.

Оформлюється розрахунково-графічна робота на аркушах формату А4, які скріплюються зліва. Титульний аркуш роботи оформлюється за зразком:

Міністерство освіти і науки України

Київський національний університет будівництва і архітектури

Кафедра опору матеріалів

Розрахунково-графічна робота №\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

/тема/

Виконав:

студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

/спеціальність, курс, група/

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

/прізвище, ініціали/

Керівник \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

/прізвище, ініціали/

Київ – 20\_\_ р.

Пояснення та розрахунки потрібно виконувати на одній стороні аркуша ручкою, а креслення – олівцем. Дозволяється комп’ютерне виконання креслень.

Для виконання завдання наведено план та рекомендації щодо поетапного розрахунку. Для ілюстрації наведено приклад виконання РГР. Виконуючи кожен етап розрахунків, потрібно спочатку записати розрахункові формули, підставити числові значення та записати результат обчислення у відповідних одиницях виміру (см2, см3, см4, кН, кНм).

Розрахунково-графічна робота вважається зарахованою після її захисту.

**Розрахунок статично невизначуваних (нерозрізних) балок методом сил**

 **Короткі відомості з теорії**

1. **Ступінь статичної невизначуваності**

 Суцільна статично невизначувана балка, яка не переривається на всьому протязі шарнірами, називається нерозрізною. В нерозрізних балках кількість невідомих опорних реакцій більше кількості рівнянь статичної рівноваги які можна скласти для довільної плоскої системи сил. Кількість цих рівнянь для одного твердого тіла, як відомо, дорівнює 3-ом. Тому такі балки є статично невизначуваними. Їх ступінь статичної невизначуваності дорівнює кількості ‘’зайвих’’ в’язей і може бути визначена за формулою:

 *n = kR – 3.*( 1 )

У цій формулі*: n* - ступінь статичної невизначуваності балки, *kR* *-* кількість реакцій опор в заданій балці.

1. **Основні невідомі і основна система методу сил**

Нерозрізна балка, що підлягає розрахунку, замінюється балкою ( або системою балок), яка може бути розрахована простіше. Для цього в заданій балці відкидаються деякі існуючі в’язі. По напрямку відкинутих в’язей прикладають їх невідомі реакції (сили), вони є основними невідомими методу сил. Така, знов створена схема балки, яка знаходиться під дією навантажень, прикладених до вихідної балки, ще й завантажена невідомими реакціями відкинутих в’язей називаеться основною системою. Основна система методу сил - це статично визначувана система, яка одержана із заданої статично невизначуваної схеми відкиданням “зайвих” в’язей. Для розрахунку нерозрізних балок, як правило, використовують основну систему, що утворюється постановкою наскрізних шарнірів над проміжними опорами. Таким чином основна система являє собою сукупність окремих одно прольотних балок, які деформуються незалежно одна від одної. Дія зовнішнього навантаження з однієї однопрольотної балки на іншу не передається. Основними невідомими в даному випадку є згинальні моменти, що виникають у перерізах балки над її опорами. Кількість невідомих дорівнює ступені статичної невизначуваності ***n .***

1. **Система канонічних рівнянь методу сил**

Система лінійних алгебраїчних рівнянь ( 2 ) виражає відсутність пере - міщень в основній системі в напрямках відкинутих “зайвих” в’язей. При виконанні умов закладених в цих рівняннях деформований , а значить і напружений стан статично визначуваної основної системи буде еквівалентним напружено-деформованому стану вихідної статично невиз -начуваної балки.

  ( 2 )

 Система рівнянь ( 2 ) називається системою канонічних рівнянь методу сил. Невідомі *X1 , X2 , …. Xn* - це реакції відкинутих зайвих в язей, коефіціенти при невідомих це переміщення в основній системі в напрямах ί – х відкинутих в’язей від одиничних величин невідомих . Вільні члени системи переміщння в напрямку *ί –*ої одиничної в’ язі від зовнішнього силового навантаження балки. Їх ще називають вантажними коефіцієнтами. Коефіцієнти системи канонічних рівнянь визначаються за формулою Максвелла – Мора:

( 3 ) Обчислення такого інтегралу носить назву “множення” епюр.

 У випадку розрахунку нерозрізної балки на зовнішнє силове навантаження ( стан F ) вантажні коефіцієнти визначаються за формулою:

  ( 4 )

Таким чином, для обчислення коефіцієнтів системи канонічних рівнянь необхідно побудувати  *n* епюр згинальних моментів одиничних станів, які виникають в прольотах балок основної системи від дії кожного невідомого *=1*  *( i = 1, 2, …, n )*  окремо , а також епюру згинальних моментів вантажного стану від дії зовнішнього навантаження. Безпосереднє інтегрування в формулах ( 3 ), ( 4 ) замінюється чисельним з використанням правила Верещагіна і формул Сімпсона – Корноухова . У випадку розрахунку нерозрізної балки на вплив температурного поля ( стан T ), вантажні коефіцієнти визначаються за формулою:

 = ( 5 )

де площa епюри згинальних моментів *i* - го одиничного стану,  температури верхнього та нижнього волокна балки, 𝛼 -коефіцієнт лінійного розширення матеріалу ( для сталі 𝛼 =1,2∙ 10 -5 град -1) – висота поперечного перерізу балки. В формулі ( 5 ) береться знак плюс, якщо розтягнені волокна стержня в *i* - му одиничному стані збiгаються з розтя гнутими волокнами від дії температури. Якщо нерозрізна балка розраховується на примусове зміщення опор ( стан *С* ),вантажні коефіцієнти можна визначити за формулою:

 k∙ ( 6 )

 У цьому виразі  *-* опорна реакція в *i* - му одиничному стані, - відповідне ( по напрямку реакції ) вимушене зміщення опори в стані *C* **.** Якщо направлення реакції співпадає з напрямком зміщення то обидві величини беруться з однаковим знаком і в цьому випадку буде від’ємним.

 Відповідно до наведених правил, система канонічних рівнянь ( 2 ) для двічі статично невизначуваної балки буде мати вигляд:

 

 Для один раз статично невизначуваної балки це буде канонічне рівняння:

 *δ11X1* + *∆1F* = *0 ;*  ( 8 )

 Після обчислення коефіцієнтів і формування системи канонічних рівнянь необхідно переконатись в її стандартному канонічному вигляді:

* Коефіцієнти при невідомих розташовані на головній діагоналі системи рівнянь суттєво додатні: ; ( 9 )
* Побічні коефіцієнти системи рівнянь симетричні відносно головної діагоналі : ; ( 10 )
* Сума всіх коефіцієнтів при невідомих дорівнює добутку сумарної одиничної епюри моментів самої на себе: = ; = ; ( 11 )
* Сума коефіцієнтів при невідомих *j –* го стовбця системи рівнянь дорівнює добутку сумарної одиничної епюри моментів на одиничну епюру :

 = ; ; ( 12 )

* Сумма стовбця грузових коефіцієнтів дорівнює добутку сумарної одиничної епюри моментів на вантажну епюру :

 ( 13 )

1. **Побудова дійсних епюр зусиль**

 Розв язок системи канонічних рівнянь визначає величини основних невідомих *X1 , X2 , …, Xn .* Далі виконується звичайний спосіб побудови епюр в основній системі одночасно від дії всіх навантажень: зовнішніх сил і основних невідомих з визначенням опорних реакцій і чисельних величин зусиль в характерних перерізах балки. Проте більш раціональним треба вважати спосіб накладання. Він грунтується на принципі незалежності дій (принцип суперпозиції) і полягає в тому що, будь – яке зусилля від дії суми сил може бути отримане як сума зусиль від дії кожної сили окремо. На цій підставі можна записати:

 *;*   (14 ) (15) (16)

 Для отримання дійсної епюри моментів треба виконати поординатне сумування епюр які її складають. Епюра - це епюра така ж як і ординати якої збільшені в  разів. Для виконання кінематичної перевірки дійсної епюри згинальних моментів слід перемножити її на будь – яку одиничну епюру моментів (в тому числі і сумарну), побудованих в основній системі. Якщо результат буде дорівнювати нулю, це означає нерозривність деформацій: кут зламу у введених шарнірах відсутній і епюра побудована вірно . ( 17 ) ; ( 18 )

 При розрахунку балки на дію температурного поля, результатом правильності побудови дійсної епюри згинальних моментів є рівність суми стовбця вантажних коефіцієнтів системи канонічних рівнянь, добутку сумарної одиничної епюри моментів на дійсну епюру згинальних моментів від температури зі зворотнім знаком:

 або =0 ; ( 19 )

 При розрахунку балки на осадку опор, результатом правильності побудови дійсної епюри згинальних моментів є рівність суми стовбця вантажних коефіцієнтів системи канонічних рівнянь добутку сумарної одиничної епюри моментів на дійсну епюру згинальних моментів від осадки опор зі зворотнім знаком: ,

або ( 20 )

 Дійсні епюри поперечних сил в нерозрізній балці можна отримати використовуючи диференціальну залежність *Qд = dMd / dx .* На ділянках балки де *q = 0,* епюра *Q –* константа , а якщо *q ≠ 0, Q –* похила, тому вказана вище залежність для окремих ділянок балки може бути представлена в вигляді :

 при *q = 0 ;* ( 21 )

 при *q* ( 22 )

де  *-*  числові значення дійсних факторів на лівому і правому кінцях ділянки відповідно, довжина ділянки.

 Дійсні опорні реакції нерозрізної балки можуть бути обчислені як величини скачків в місцях опор на дійсній епюрі поперечних сил:

 ( 23 )

 де і - дійсні величини поперечних сил відповідно праворуч і ліворуч *k –* ої опори балки. Маючи опорні реакції, не важко виконати перевірку статичної рівноваги всієї конструкції: ; ; ( 24 )

1. **Визначення переміщень у нерозрізній балці**

Переміщення в статично невизначуваній нерозрізній балці можна обчислити формулою Максвелла – Мора:

 ( 25 )

де: - дійсна епюра згинальних моментів в нерозрізній балці, - епюра згинального моменту від одиничної сили ( або одиничного моменту ), що відповідає шуканому переміщенню. Ця епюра може бути побудована як у вихідній статично невизначуваній балці, так і у вихідній основній системі так і у будь якій іншій основній системі, котра відповідає заданій балці. 6

1. **Постановка задачі та вихідні дані**

Для заданої нерозрізної балки побудувати дійсні епюри згинальних моментів і поперечних зусиль від дії заданого силового навантаження. З умови міцності підібрати переріз балки з прокатного двотавра. Перевірити жорсткість балки. Визначити зусилля в балці від заданої температури і заданої осадки опори.

 Вихідні дані: схему балки з навантаженнями і чисельні величини розмірів, навантажень, температур, зміщень опор вибирають за особистим шифром з додатку 1.

 **План виконання роботи**

 **Розрахунок на дію силового навантаження**

1. Визначення ступені статичної невизначуваності нерозрізної балки.
2. Вибір основної системи.
3. Побудова епюр одиничних станів в основній системі.
4. Побудова вантажної епюри згинальних моментів в основній системі.
5. Формування системи канонічних рівнянь:
* обчислення коефіцієнтів при невідомих ,
* обчислення вантажних коефіцієнтів системи,
* перевірка коефіцієнтів системи,

- розвязок системи і визначення невідомих. 6) Побудова дійсної епюри згинальних моментів. - кінематична перевірка епюри моментів. 7) Побудова дійсної епюри поперечних сил. 8) Визначення опорних реакцій і перевірка статичної рівноваги балки. 9) Підбір перерізу балки з прокатного двотавра. 10) Перевірка жорсткості консольної ділянки балки ( або жорсткості більш навантаженого прольоту ).

 **Розрахунок на вплив температурного поля**

1. Обчислення вантажних коефіцієнтів системи.
2. Формування і розв’язок системи рівнянь.
3. Побудова дійсних епюр згинальних моментів. Кінематична перевірка .

14) Побудова дійсних епюр поперечних сил. Визначення опорних

 реакцій. Перевірка статичної рівноваги.

 **Розрахунок на осадку опор** 15) Обчислення вантажних коефіцієнтів системи. 16) Формування і розв’язок системи рівнянь. 17) Побудова дійсних епюр згинальних моментів. Кінематична

 перевірка. 18) Побудова дійсних епюр поперечних сил. Визначення опорних

 реакцій. Перевірка статичної рівноваги.

 **Приклад виконання розрахунково – графічної роботи**

*0*

*1*

*2*

*c*

*b*

*l*к=*2* *l*1=6*м*

*3*

*3*

*3*

*EJ*

Δ*c*



*F=20кН*

*F=20кН*

*EJ*

z

+*20*o

*-30o*

x

 *l*2= 9 *м*

Для заданої нерозрізної балки побудувати епюри дійсних згинальних моментів і поперечних сил від силового навантаження. З умови міцності по нормальним напруженням  підібрати переріз балки з прокатного двотавра. Перевірити жорсткість консольної ділянки балки

 . Визначити внутрішні зусилля в цій балці від впливу температури  в межах першого прольоту і від осадки опори  . Для кожного з 3-х видів розрахунку виконати кінематичну і статичну перевірки правильності отриманого рішення.

Модуль пружності сталі: * ,* коефіцієнт лінійного розширення сталі:  

***1. Розрахунок на дію силового навантаження .***

1) Ступінь статичної невизначуваності балки :  

2) Вибір основної системи. В якості розрахункової схеми приймаємо основну систему ОС3 , як більш раціональну: епюри в цій системі будуть

мати найменші величини ординат і обмежуватись одним прольотом.

3) Побудова епюр моментів одиничних станів:

- 1- й одиничний стан: X1=1, X2= 0, F= 0.

     

- 2- й одиничний стан: X1=0, X2= 1, F= 0.

  

- сумарна одинична епюра будується методом координатного сумування: 

4) Побудова епюри моментів вантажного стану F : X1=0, X2= 0, F,q ≠ 0. *- балка 1:*    *Перевірка:*  

*- балка 2:*  *- з умови симетрії.*

 

5) Система канонічних рівнянь для двічі статично невизначуваної системи:

 

*РОЗРАХУНОК НА ДІЮ СИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ*

*еквівалентні*



*F=20кН*

*F=20кН*

*0*

*1*

*2*

*c*

*b*

*l*к=*2* *l*1=6*м*

*3*

*3*

*3*

*EJ*

Δ*c*

*EJ*

z

+*20*o

*-30o*

x

 *l*2= 9 *м*

О.С1

x1

x2

X1

x2

x1

x2

x1

О.С2

О.С3

О.С3

x2

x1

x1

1

x1=1

x2=1

 1

 2











x1=1













1







 1

 1

 1

 1







*q=12*

 *МF*

F

*F=20кн*



*R0=64*

*60*

 *24*



*R2=20*

*60*

*32*

*F=20кн*

*М1x1*

40,94

20,47

27,29

13,65

19,76

 24

20,00

21,53

40,94

39,53

19,53

10,71

 +

 +

9,76

 24

 33,18

20,16

0,16

19,84

19,84

 +

 +

*q=12*

38,82

*0*

*1*

*2*

*c*

*b*

 *2* 6

*3*

*3*

*3*

*EJ*

*EJ*

z

x

*1*

*0*

*F=20кн*

*F=20кн*

*MR=39,53кНм*

 *R0=57,18*

 *R2=19,84*

 *R1=58,98*

 Q∂

*кн*

 *D*

*М2x2*

13,18

26,35

39,53

 *М*∂ *кНм*

 1

 *М3*

 *3*

 2

 1

 0

 1

 2

*РОЗРАХУНОК НА ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ*

*М2x2*

5,59

 +

 11,19

2,8

5,59

 11,19

*М1x1*

 1,86

 +

 -

 1,86

 1,86

 1,86

 *Qc кН*

  *Mt кНм*

*0*

*1*

*2*

*EJ*

*EJ*

z

+*20*o

*-30o*

x

 *2* 6*м*

 9 *м*

*R1=3,72*

*R0=1,86*

*R1=1,86*

*MR=5,59*

 *РОЗРАХУНОК НА ОСАДКУ ОПОРИ*

*М1x1*

*М2x2*

 39,39

 38,30

38,30

 0,545

 +

 +

*0*

*1*

*2*

*EJ*

*EJ*

z

x

 *2* 6*м*

 9 *м*

*R1=15,20*

*R0=6,57*

*R1=8637*

*∆С= 0,0*9*м*

*MR=38,30*

 39,39

 6,57

 6,57

 8,63

 8,63

 +

 *Мc кНм*

 *Qc кН*

* обчислення коефіцієнтів при невідомих:







* обчислення вантажних коефіцієнтів системи:

 

* формуємо систему рівнянь:

 

* перевірка коефіцієнтів системи:

 

 

 

 

* розв’язок системи рівнянь:

 

6) Побудова дійсних епюр згинальних моментів:

 

дійсна епюра моментів будується методом поординатного сумування .

 - кінематична перевірка:  

7) Побудова епюри поперечних сил:

 при *q = 0;*

 при *q*

** 

 

 

8) Визначення опорних реакцій і перевірка статичної рівноваги балки:



* перевірка статичної рівноваги:

 



9) Підбір перерізу з прокатного двотавра. *= 160 MПа;* Потрібний момент опору прокатного двотавра:

 

*Приймаємо: I № 22а, Wy = 254см3, Iy = 2790см4*.



*Перенапруженя* :  *Міцність забезпечена.*

10) Перевірка жорсткості консолі:



 *Жорсткість забезпечена*.

***2. Розрахунок на температурний вплив ( стан Т ).***

Умови в прольоті балки що нагрівається: ,   

 

 Система канонічних рівнянь при розрахунку на вплив температури:



Коефіцієнти системи при невідомих: δ11, δ12, δ21, δ22 беремо з результатів пункту 5 цього розвязку. 11) Вантажні коефіцієнти обчислюємо користуючись формулою: 



12) Система канонічних рівнянь розв’язується шляхом вирівнювання коефіцієнтів при невідомих :



 



 

13) Будуемо дійсну епюру згинальних моментів від дії температури , користуючись прийомом поординатного сумування епюр:



* кінематична перевірка дійсної епюри згинальних моментів від дії температури: 
* 
* 



14) Побудова епюри поперечних сил:

  

- визначення опорних реакцій



* перевірка статичної рівноваги :

 

 

***3. Розрахунок на осадку опори 1 ( стан C ).***

Умови в прольотах балки :

   

Осадка опори 1: 

Система канонічних рівнянь при розрахунку на зміщення опор:



Коефіцієнти системи при невідомих: δ11 , δ12 , δ21 , δ22 беремо з ре -зультатів пункту 5 цього розвязку.

15) Вантажні коефіцієнти обчислюємо користуючись формулою:

 

* реакції опори 1 в першому і другому одиничних станах основної системи ( визначені в пункті 5 цього розрахунку):



16) Формуємо і розв’язуємо систему рівнянь:

 

 

 

 

 17) Будуємо дійсну епюру згинальніх моментів:

 

* кінематична перевірка:







18) Дійсна епюра поперечних сил:

 

* опорні реакції:



* перевірка статичної рівноваги:





 *Додаток 1*

*t*

*q*

*EJ*

*M*

*EJ*

*l*1/4 *l*1

 *l*2

*t*

*q*

*EJ*

*F*

*EJ*

*l*1  *l*1

 *l*2 /2*l*2 /2 *l*2/4

*t*

*q*

*EJ*

*EJ*

*l*1/4 *l*1  *l*1

 *l*2

*M*

3

4

1

2

5

6

7

8

9

Δс

Δс

Δс

Δс

Δс

*t*

*EJ*

*F*

*l*2/2

 *l1/2 l1/2*

 *l*2

*EJ*

*l*2/2

*l*2/4

*M*

Δс

Δс

 0

Δс

*t*

*EJ*

*F*

*l*2

 *l1/2 l1/2*

 *l*2

*EJ*

*l*2/4

*q*

Δс

*t*

*q*

*EJ*

*F*

*EJ*

*l*1/4 *l*1  *l*1

 *l*2  *l*2/4

Δс

*t*

*q*

*EJ*

*F*

*EJ*

*l*2/4

 *l*2

 *l1*

 *l*2

*t*

*q*

*EJ*

*F*

*EJ*

*l*1/4 *l*1

 *l*2

*t*

*q*

*EJ*

*F*

*EJ*

*l*2/4

 *l*2

 *l1*

*t*

*q*

*EJ*

*F*

*EJ*

*l*2/4

 *l*2

 *l1*

*Продовження додатку 1*

|  |  |
| --- | --- |
| №строки | Цифри шифру |
| перша | друга | третя |
| *l*1м | *l*2м | *M*кНм | FкН | qкН/м |  tнградус |  tвградус | №схеми |
| 1 | 6 | 8 | 80 | 30 | 10 | -20 | 20 | 1 |
| 2 | 6 | 8 | 70 | 40 | 8 | -30 | 10 | 2 |
| 3 | 8 | 6 | 60 | 50 | 12 | -10 | 40 | 3 |
| 4 | 10 | 8 | 50 | 60 | 8 | -20 | 30 | 4 |
| 5 | 8 | 6 | 40 | 30 | 10 | 10 | -30 | 5 |
| 6 | 8 | 10 | 50 | 40 | 12 | 20 | -20 | 6 |
| 7 | 6 | 10 | 60 | 50 | 10 | 30 | -10 | 7 |
| 8 | 10 | 6 | 70 | 60 | 8 | 40 | -20 | 8 |
| 9 | 8 | 10 | 80 | 30 | 10 | 30 | -20 | 9 |
| 0 | 10 | 8 | 60 | 40 | 12 | 20 | -30 | 0 |

 - величина осадки опори

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Опір* матеріалів: підручник / Л.Т. Шкельов, А.М. Станкевич,

Д.В. Пошивач.- К.: ЗАТ”Віпол”, 2011.- 456с.

1. *Опір* матеріалів: підручник /Г.С. Писаренко – К.: Вища шк., 1993.-654 с.
2. *Опір* матеріалів з основами теорії пружності: навчальний посібник у двох частинах, п’яти книгах / за ред. В.Г. Піскунова - К.: Вища школа ,1994-1995.

 Ч-І, кн.. 1: Загальні основи курсу – 1994. – 205 с.

 Ч-І, кн.. 2: Опір бруса – 1994. -304 с.

 Ч-ІІ, кн..4: Приклади і задачі – 1995. -304 с.

4. Справочник по сопротивлению материалов / С.П. Фесик. – [2-е изд.] - К.: Будівельник, 1982.-367 с.