



ЗАТВЕРДЖУЮ

заступник директора з навчально-методичної роботи
ЗНУ «Дніпропетровський професійний технологічний
коледж»

Сергій ГОРДІЄНКО

«26» серпня 2026 р.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ Дисципліна: «Опір матеріалів» (OK8)

(Для відпрацювання пропущених занять, підвищення рейтингового балу та поглибленого вивчення)

Дисципліна: Опір матеріалів

Цільова аудиторія: Слухачі (спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія / G19 Будівництво та цивільна інженерія)

ІНДИВІДУАЛЬНІ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНІ РОБОТИ (РГР)

I. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розрахунково-графічні роботи (РГР) є обов'язковою складовою самостійної роботи здобувачів фахової передвищої освіти (СПС). Виконання РГР забезпечує формування ключових програмних результатів навчання (РНЗ, РН6, РН11, РН20*), зокрема здатності застосовувати методи фізико-математичного аналізу для проектування надійних будівельних та машинобудівних конструкцій.

Вибір варіанта: Номер варіанта (від 0 до 9) для кожного завдання обирається здобувачем строго за **останньою цифрою номера залікової книжки**. Виконання роботи за іншим варіантом прирівнюється до порушення академічної доброчесності (робота анулюється).

II. СПЕЦИФІКА ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ

Формат подачі: Роботи виконуються на стандартних аркушах формату А4. Допускається акуратне рукописне оформлення або виконання з використанням комп'ютерних редакторів (Word, MathType).

Фінальний звіт подається особисто викладачу або завантажується у вигляді цілісного PDF-файлу в систему дистанційного навчання (LMS).

Графічна частина: Усі розрахункові схеми та епюри внутрішніх силових факторів (N, Q, M) повинні бути виконані з дотриманням проєкційних зв'язків. Епюри розташовуються строго одна під одною (під базовою схемою). Штрихування епюр виконується тонкими лініями, строго перпендикулярними до осі епюри. На епюрах обов'язково вказуються знаки ("+" або "-") у кружечках та екстремальні значення на ординатах.

Текстова частина: Розрахунки повинні містити: Короткий запис умови (Дано / Знайти).

Розгорнутий хід розв'язання (алгебраїчні формули у загальному вигляді

\$ \rightarrow \$ підстановка числових значень \$ \rightarrow \$ результат із зазначенням розмірності).

Посилання на стандарти: при виборі профілів металопрокату обов'язково вказується номер ДСТУ (наприклад, ДСТУ 8768 для двотаврів).

Короткий інженерний висновок після кожного завдання (наприклад, "Умова міцності виконується, конструкція безпечна").

Інклюзивний підхід (Trauma-Informed): Для слухачів-ветеранів, військовослужбовців та осіб, які проходять реабілітацію, передбачена можливість асинхронної здачі роботи та гнучких дедлайнів (продлонгація за індивідуальним погодженням з викладачем). Замість публічного захисту біля дошки допускається індивідуальне обговорення результатів "один на один" або онлайн-захист.

III. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РГР (РУБРИКАТОР)

Кожна розрахунково-графічна робота оцінюється за накопичувальною системою (максимум 5 балів за одну РГР). Оцінка виставляється за такими критеріями:

Бали	Рівень	Критерії досягнення інженерних результатів (Дескриптори)
5 балів	Відмінно	100% правильність: Безпомилкове складання рівнянь рівноваги. Ідеальне графічне оформлення масштабних епюр з дотриманням диференціальних залежностей Журавського. Оптимальний (найбільш економний) підбір профілю за ДСТУ. Слухач вільно та аргументовано пояснює кожен етап під час захисту.
3 - 4 бали	Добре	Наявність некритичних похибок: Принциповий алгоритм розв'язання (метод перерізів) застосовано вірно. Проте наявні окремі арифметичні помилки або незначні неточності в оформленні епюр. Профіль за ДСТУ підібрано з надмірним запасом матеріалу. Захист демонструє розуміння базових принципів.
1 - 2 бали	Задовільно	Концептуальні помилки: Грубі помилки у визначенні опорних реакцій, що призвело до повної деформації подальшого розрахунку та неправильної побудови епюр. Умови міцності чи стійкості застосовано невірно. Робота потребує суттєвих виправлень та повторного захисту.
0 балів	Незадовільно	Плагіат або невиконання: Робота не подана. Робота виконана не за своїм варіантом. Наявні беззаперечні ознаки академічного плагіату (повне копіювання чужих розрахункових схем). Робота анулюється.

Модуль 1: Основи теорії напружено-деформованого стану. Розтяг, стиск та зсув.

Завдання 1.1: Аналіз напружено-деформованого стану ступінчастого бруса

Сталевий ступінчастий брус жорстко защемлений правим кінцем і навантажений трьома осьовими зосередженими силами. Модуль пружності сталі $E = 2.0 \times 10^5$ МПа. Базова площа перерізу $A = 150$ мм². Брус має три ділянки зліва направо (від вільного кінця до защемлення).

Вар.	F_1 (кН) / Напрямок	F_2 (кН) / Напрямок	F_3 (кН) / Напрямок	Довжини L_1, L_2, L_3 (м)	Площі A_1, A_2, A_3
0	20 / вправо	40 / вліво	10 / вліво	0.3; 0.5; 0.4	1A; 2A; 1.5A
1	25 / вліво	30 / вправо	50 / вліво	0.4; 0.4; 0.6	1A; 1.5A; 2A
2	15 / вправо	60 / вліво	20 / вправо	0.5; 0.5; 0.5	1A; 3A; 2A
3	35 / вліво	20 / вправо	45 / вправо	0.6; 0.4; 0.4	1A; 2.5A; 1.5A
4	40 / вправо	50 / вліво	30 / вліво	0.3; 0.6; 0.3	1.5A; 3A; 2A
5	10 / вліво	70 / вправо	40 / вправо	0.4; 0.5; 0.4	1A; 2A; 1A
6	50 / вправо	20 / вліво	60 / вліво	0.5; 0.3; 0.5	1A; 1.5A; 2.5A
7	30 / вліво	40 / вправо	30 / вправо	0.4; 0.6; 0.5	1.5A; 2A; 1A
8	45 / вправо	15 / вліво	55 / вліво	0.3; 0.4; 0.6	1A; 2.5A; 2A
9	20 / вліво	50 / вправо	25 / вліво	0.5; 0.5; 0.4	1A; 2A; 1.5A

Вимоги до виконання:

- Накреслити розрахункову схему в масштабі.
- Розбити брус на ділянки та, застосовуючи метод перерізів, визначити функції поздовжніх сил $N(x)$.
- Побудувати епюру поздовжніх сил N .
- Обчислити нормальні напруження σ для кожної ділянки та побудувати епюру σ .

-Визначити небезпечний переріз.

-Обчислити абсолютне видовження (вкорочення) кожної ділянки та загальне переміщення вільного торця ΔL_{total} .

Завдання 1.2: Розрахунок з'єднання на зріз та зминання

Дві сталеві пластини товщиною t_1 та t_2 з'єднані внапусток (одна на одну) за допомогою n однакових заклепок (болтів). На пластини діє поздовжнє розтягуюче зусилля F . Допустиме напруження на зріз $[\tau] = 90$ МПа. Допустиме напруження на зминання $[\sigma_{zm}] = 200$ МПа.

Вар.	F (кН)	n (шт)	t ₁ (мм)	t ₂ (мм)	Вар.	F (кН)	n (шт)	t ₁ (мм)	t ₂ (мм)
0	100	3	10	12	5	180	5	12	14
1	120	4	10	14	6	200	6	14	16
2	150	4	12	14	7	220	6	14	18
3	140	5	10	12	8	160	4	12	16
4	160	5	12	16	9	130	4	10	12

Вимоги до виконання:

- Визначити кількість площин зрізу (i) для однієї заклепки та розрахункову товщину зминання (t_{min}).
- З умови міцності на зріз розрахувати необхідний теоретичний діаметр заклепки.
- З умови міцності на зминання розрахувати необхідний теоретичний діаметр заклепки.
- Прийняти остаточний конструктивний діаметр заклепки (округлити до найближчого більшого парного цілого числа).

Модуль 2: Кручення та плоский згин.

Завдання 2.1: Проектування сталеві балки

Однопрольотна балка на двох шарнірних опорах (без консолей) довжиною L навантажена зосередженою силою F , зосередженим моментом M_0 та рівномірно розподіленим навантаженням q . Координати x вказані від лівої опори А. Матеріал - сталь Ст3 ($[\sigma] = 160$ МПа, $[\tau] = 100$ МПа).

Вар.	L (м)	q (кН/м) / ділянка	F (кН) / x (м)	M ₀ (кН·м) / x (м) / напрям
0	8	q=15 (від 0 до 8)	F=40 при x=4	-
1	6	q=20 (від 0 до 3)	F=60 при x=3	-
2	7	q=30 (від 2.5 до 5)	F=80 при x=2	M ₀ =50 при x=5 (за год.)
3	5	q=40 (від 0 до 2.5)	F=50 при x=4	M ₀ =40 при x=2.5 (проти год.)
4	8	q=10 (від 0 до 8)	F=50 при x=2	F ₂ =50 при x=6 (дві сили)
5	6	q=25 (від 1 до 5)	F=30 при x=1	-
6	7	-	F=100 при x=3.5	M ₀ =60 при x=0 (за год.)
7	5	q=40 (від 0 до 2.5)	F=50 при x=4	-
8	8	q=12 (від 2 до 8)	F=40 при x=2	M ₀ =30 при x=8 (проти год.)
9	6	q=20 (від 0 до 6)	-	M ₀ =50 при x=3 (за год.)

Вимоги до виконання:

- Накреслити розрахункову схему. Визначити та перевірити опорні реакції.
- Розбити балку на ділянки, скласти аналітичні вирази $Q(x)$ та $M(x)$.
- Побудувати епюри Q та M . Знайти екстремум моменту (де $Q=0$).
- За умовою міцності на згин підібрати оптимальний номер сталевий двотавр за ДСТУ 8768 (ГОСТ 8239).
- Виписати геометричні характеристики профілю (W_x , I_x , S_x , товщину стінки) та виконати перевірку фактичного нормального напруження.
- Перевірити міцність стінки двотавра на зріз за формулою Журавського (в перерізі з $Q_{\{max\}}$).

Модуль 3: Складний опір, стійкість та динамічна міцність.

Завдання 3.1: Розрахунок стиснутої сталеві колони на стійкість

Вертикальна сталеві колона (матеріал Ст3, $[\sigma] = 160$ МПа, $E = 2.0 \times 10^5$ МПа) навантажена центральною стискаючою силою F . Переріз колони - два швелери (за ДСТУ 3436), з'єднані стінками назовні ("коробочка"). Для такого перерізу площа $A = 2 \times A_{шв}$, а $i_{\min} \approx i_{x(шв)}$.

Вар.	Сила F (кН)	Довжина L (м)	Умови закріплення (Верх - Низ)	Вар.	Сила F (кН)	Довжина L (м)	Умови закріплення (Верх - Низ)
0	250	4.0	Шарнір - Шарнір ($\mu=1.0$)	5	200	3.5	Вільний - Защемлення ($\mu=2.0$)
1	380	5.5	Вільний - Защемлення ($\mu=2.0$)	6	600	7.0	Защемлення - Защемлення ($\mu=0.5$)
2	500	6.0	Защемлення - Защемлення ($\mu=0.5$)	7	420	5.8	Шарнір - Защемлення ($\mu=0.7$)
3	320	4.5	Шарнір - Защемлення ($\mu=0.7$)	8	280	4.2	Шарнір - Шарнір ($\mu=1.0$)
4	450	5.0	Шарнір - Шарнір ($\mu=1.0$)	9	550	6.5	Защемлення - Защемлення ($\mu=0.5$)

Вимоги до виконання:

- Визначити розрахункову (зведену) довжину колони L_0 .
- Методом послідовних наближень (починаючи з $\varphi_1 = 0.5$) підібрати необхідний номер швелера. Виконати мінімум дві ітерації (похибка має бути менше 5%).
- Зробити фінальну перевірку напруження для підбраного перерізу.
- Якщо кінцева гнучкість колони $\lambda > 100$, обчислити критичну силу F_{cr} за формулою Ейлера та визначити фактичний коефіцієнт запасу стійкості $n = F_{cr} / F$.

Довідкові значення φ для Ст3: $\lambda=80 \rightarrow \varphi=0.69$; $\lambda=90 \rightarrow \varphi=0.62$; $\lambda=100 \rightarrow \varphi=0.51$; $\lambda=110 \rightarrow \varphi=0.45$; $\lambda=120 \rightarrow \varphi=0.38$; $\lambda=130 \rightarrow \varphi=0.35$; $\lambda=140 \rightarrow \varphi=0.31$. Використовуйте лінійну інтерполяцію.