

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**для самостійної роботи і підготовки до перевірки
рівня засвоєння курсу “Опір матеріалів”
з використанням програмного комплексу**

для студентів всіх спеціальностей
денної форми навчання

2004

Методичні вказівки для самостійної роботи і підготовки до перевірки рівня засвоєння курсу “Опір матеріалів” з використанням програмного комплексу для студентів всіх спеціальностей денної форми навчання / Укл.: А.О.Будник, В.Г.Шевченко, С.Л.Рягін. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2004. - с.

Укладачі: А.О.Будник, доцент, к.т.н.
В.Г.Шевченко, доцент, к.т.н.
С.Л.Рягін, доцент, к.т.н.

Рецензент: С.Г.Саксонов, доцент, к.ф.-м.н.

Експерт: А.О.Шумілов, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск: В.Г.Шевченко, зав. кафедри, доцент, к.т.н.

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри
“Механіка”
Протокол № 5
від 5 лютого 2004р.

ЗМІСТ

1. Загальні положення
2. Геометричні характеристики плоских перерізів
3. Осьове розтягання або стискання прямих стержнів
4. Аналітичне дослідження напруженого стану в точці тіла
5. Кручення прямого стержня круглого поперечного перерізу
6. Плоске згинання прямого стержня
7. Косе згинання
8. Позацентрове розтягання або стискання
9. Згинання з крученням
10. Статично невизначуванні рами
11. Стійкість стиснутих стержнів
12. Література

1 Загальні положення

Програмний комплекс для самостійної роботи студентів з курсу “Опір матеріалів” (далі – програмний комплекс) створений з метою вдосконалення самостійної роботи студентів та контролю їх знань. Він є одним з кроків по впровадженню в навчальний процес нових методів та засобів навчання, які основані на використанні технічних та аудіовізуальних засобів, зокрема – ПЕОМ [5].

Однією з суттєвих особливостей програмного комплексу є застосування контрольних тестів єдиної структури і складності та єдиних критеріїв оцінки знань студентів. Тестування проводиться за основними темами курсу “Опір матеріалів”.

Підготовка до використання програмного комплексу здійснюється з метою більш раціонального використання часу роботи на ПЕОМ при тестуванні. Під час самопідготовки студент повинен підготуватись до відповідей на типові питання за темою.

Програми захисту тем (тестування) дають можливість вдосконалити та перевірити знання з окремих розділів курсу.

При тестуванні необхідно відповісти на 5 питань, які для окремих тем обираються випадково а для інших є незмінними. Час на відповідь не обмежений.

Чисельні результати слід округляти до найближчого цілого. Формули слід вводити за зразком.

Для виключення випадкових помилок доцільно слідкувати за розмірностями величин, що використовуються.

Вся інформація про результати роботи студентів автоматично записується в електронний журнал, який викладач може переглянути у будь-який час.

При захисті тем (тестуванні) за правильну відповідь на кожне з 5 питань студенту нараховується рейтинг 20%, за неправильну – 0%. Отже 5 вірних відповідей оцінюються рейтингом 100%. При повторній спробі пройти тестування, тобто підвищити попередній рейтинг, до електронного журналу заноситься сумарний рейтинг, який складається з 60% нової оцінки та 40% попередньої. Повторювати тестування можна декілька разів, доки рейтинг набуде не менш ніж 55%, після чого вихід на тестування блокується.

Нижче за темами наведені питання для самостійної підготовки за літературними джерелами та типові питання при тестуванні.

2 Геометричні характеристики плоских перерізів

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 2.1 Визначення основних геометричних характеристик плоских перерізів:
- S_x, S_y – статичних моментів площі поперечного перерізу [1, с.15 – 16], [2, с. 16], [3, с. 121], [4, с. 136];
- I_x, I_y – осьових моментів інерції [1, с. 18], [2, с. 17], [3, с. 125], [4, с.140];
- I_{xy} – відцентрового моменту інерції [1, с. 18], [2, с. 19], [3, с. 125], [4, с. 140];
- I_p – полярного моменту інерції [1, с. 18], [2, с. 18], [3, с. 129], [4, с.140];
- 2.2 Залежність між осьовими і полярним моментами інерції [1, с. 20], [2,с.18], [3, с. 129], [4, с. 141];
- 2.3 Загальне правило визначення геометричних характеристик для складних перерізів [1, с. 16, 21 - 22], [2, с. 17, 19], [3, с. 124, 131], [4, с.138 – 139, 154 – 162];
- 2.4 Формули для визначення центра ваги плоского перерізу відносно довільних осей [1, с. 17], [2, с. 17], [3, с. 124], [4, с. 138 – 139];
- 2.5 Залежність між моментами інерції відносно паралельних осей [1, с. 22 – 24], [2, с. 20], [3, с. 125], [4, с. 146 – 148];
- 2.6 Залежність між моментами інерції при повороті координатних осей [1, с. 25], [2, с. 20 -21], [3, с. 128], [4, с. 149 - 150];
- 2.7 Визначення положення головних осей інерції [1, с. 26], [2, с. 22], [3, с.129], [4, с. 152];
- 2.8 Визначення головних моментів інерції I_{\max}, I_{\min} [1, с. 26 - 27], [2, с. 23], [3, с. 130], [4, с. 153];
- 2.9 Визначення осьових, полярного моментів інерції та моментів опору круглого і кільцевого поперечних перерізів [1, с. 20], [2, с. 18], [3, с.129], [4, с. 145 – 146];
- 2.10 Визначення осьових моментів інерції і моментів опору прямокутного поперечного перерізу [1, с. 19 - 20], [2, с. 17], [3, с. 126 - 127], [4, с. 143];

2.11 Визначення осьових моментів інерції трикутного поперечного перерізу [1, с. 19], [2, с. 18], [3, с. 127], [4, с. 143 – 144];

Типові питання при тестуванні

1. Визначити статичний момент площі заданого поперечного перерізу відносно осі X або Y (розміри поперечного перерізу відомі).
2. Знайти координату центра ваги X_c або Y_c , якщо статичний момент S_x або S_y задано.
3. Визначити осьовий момент інерції простого поперечного перерізу відносно паралельної осі X або Y , якщо відстань її від центру ваги задана.
4. Визначити відцентровий момент інерції простого поперечного перерізу відносно координатних осей XU , положення яких відносно центру ваги задане.
5. Для заданого поперечного перерізу знайти положення головних осей інерції ($tq2\alpha_o$), попередньо визначивши знак відцентрового моменту.

3 Осьове розтягання – стискання прямих стержнів

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 3.1 Рівняння рівноваги відсіченої частини стержня при осьовому розтяганні або стисканні [1, с. 40], [2, с. 105 - 106], [3, с. 34, 40]; [4, с.22 - 24];
- 3.2 Інтегральне рівняння, яке виражає поздовжню силу N через нормальне напруження σ_z [1, с.82], [2, с.143], [3, с. 34], [4, с. 26];
- 3.3 Геометричне рівняння при розтяганні або стисканні, яке визначається гіпотезою плоских перерізів (гіпотезою Я.Бернуллі) [1, с. 83], [2, с. 143], [3, с. 37], [4, с. 27];
- 3.4 Фізичне рівняння або закон Р.Гука при розтяганні або стисканні [1, с. 83], [2, с. 143], [3, с. 37], [4, с. 31];
- 3.5 Жорсткість стержня та жорсткість поперечного перерізу при розтяганні або стисканні [1, с. 84], [2, с. 144], [3, с. 39], [4, с. 44];

стисканні [1, с.86 - 87], [2, с. 145], [3, с. 86], [4, с. 57];

3.6 Визначення допустимого нормального напруження для пластичного і крихкого матеріалу [1, с. 113 - 114], [2, с. 163 - 164], [3, с. 85 - 86], [4, с. 54 - 55];

3.8 Повна і питома потенціальна енергія деформації при розтяганні – стисканні [1, с. 178], [2, с. 194], [3, с. 43 - 44], [4, с. 49];

Типові питання при тестуванні

1. Скласти рівняння $N = f(z)$ в довільному перерізі зазначеному координатою Z . Відповідь занести без пропусків у вигляді: 20-10z або -50+30z і т.п.
2. Визначити абсолютну величину максимального зусилля N_{\max} .
3. За умовою міцності при розтяганні – стисканні визначити площу поперечного перерізу $F, \text{см}^2$.
4. Визначити поздовжнє переміщення стержня в точці A , в долях Pl / EF при $EF = \text{Const}$.
5. Визначити реактивне зусилля R , (кН), при якому переміщення правого кінця стержня дорівнює нулю ($EF = \text{Const}$).

4 Аналітичне дослідження напруженого стану в точці тіла

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 4.1 Поняття про напружений стан в точці тіла [1, с. 152 - 153], [2, с. 184 - 185], [3, с. 252 - 253], [4, с. 91 - 92];
- 4.2 Закон парності дотичних напружень [1, с. 154], [2, с. 187], [3, с. 254], [4, с.94];
- 4.3 Головні площадки та головні напруження [1, с. 154 - 155], [2, с. 184 - 185], [3, с. 258 - 259], [4, с. 97];
- 4.4 Види напруженого стану [1, с. 155], [2, с. 185], [3, с. 270 - 274], [4, с. 91];
- 4.5 Напруження на похилих площадках при плоскому напруженому стані [1, с. 158 - 161], [2, с. 186 - 190], [3, с. 255 - 257], [4, с. 92 - 96];
- 4.6 Визначення положення головних площадок та величини головних

- напружень [1, с. 166 - 167], [2, с. 189 - 190], [3, с. 258], [4, с. 97 – 98];
- 4.7 Визначення максимального дотичного напруження [1, с. 173], [2, с. 191], [3, с. 256], [4, с. 100];
- 4.8 Узагальнений закон Гука [1, с. 174 - 176], [2, с. 192 – 194], [3, с. 279 - 281],[4, с. 107 – 108];
- 4.9 Повна питома потенціальна енергія та енергія зміни об'єму і форми [1, с.177 – 180], [2, с. 194 – 195], [3, с. 282 – 284], [4, с. 110 – 113];
- 4.10 Критерії (гіпотези) міцності [1, с. 180 - 187], [2, с. 196– 200], [3, с. 292 –304], [4, с. 340 – 350];

Типові питання при тестуванні

1. Для плоского напруженого стану визначити нормальні σ_α або дотичні τ_α напруження на площадці, яка орієнтована під кутом α .
2. Визначити положення головних площадок (значення $tq2\alpha_o$).
3. Визначити одну із трьох відносних деформацій ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$), якщо відомі коефіцієнт Пуассона, модуль пружності та головні напруження $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$.
4. Визначити еквівалентні напруження за третьою або четвертою теоріями міцності.
5. Визначити коефіцієнт запасу міцності за відповідною теорією, якщо відомі головні напруження і границя міцності.

5 Кручення прямого стержня круглого поперечного перерізу

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 5.1 Рівняння рівноваги відсіченої частини при крученні прямого стержня [1,с. 42 –43], [2, с. 105 - 106], [3, с. 93 - 94], [4, с. 166 – 169];
- 5.2 Інтегральне рівняння, яке виражає крутний момент M_k або M_z через дотичне напруження τ [1, с. 207], [2, с. 234], [3, с. 96], [4, с. 173 - 174];

- 5.3 Геометричне рівняння при крученні, яке визначається гіпотезою плоских перерізів [1, с. 207 – 208], [2, с. 234], [3, с. 96], [4, с. 171 – 172];
- 5.4 Фізичне рівняння або закон Р.Гука при чистому зсуві [1, с. 196], [2, с.224], [3, с. 91,96], [4, с. 124];
- 5.5 Жорсткість стержня та жорсткість поперечного перерізу при крученні [1, с. 209], [2, с. 235], [3, с. 97], [4, с. 176];
- 5.6 Умова міцності та жорсткості при крученні [1, с. 210], [2, с. 236], [3, с. 98], [4, с.179 – 182];
- 5.7 Потенціальна енергія деформації при крученні [1, с. 223], [3, с. 101], [4, с.177 - 179];
- 5.8 Аналіз напруженого стану і руйнування при крученні [1, с. 211], [2, с. 237], [3, с. 99 – 100], [4, с. 177 – 179];

Типові питання при тестуванні

1. Скласти рівняння $M_k = f(z)$ в довільному перерізі зазначеному координатою Z . Відповідь занести без пропусків у вигляді: $-15+20z$ або $35-10z$ і т. п.
2. Визначити абсолютну величину максимального крутного моменту.
3. За умовою міцності при крученні визначити полярний момент опору круглого поперечного перерізу, $см^3$.
4. Визначити кут закручування вала в точці А, в долях ML / GI_p при $GI_p = Const$.
5. Визначити крутний момент X , (кНм), при якому кут закручування вала в точці В дорівнює нулю ($GI_p = Const$).

6 Плоске згинання прямого стержня

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 6.1 Рівняння рівноваги відсіченої частини при плоскому згинанні [1, с. 47 – 53], [2, с. 109 – 111], [3, с. 133 – 138], [4, с. 208 – 212];
- 6.2 Диференціальні залежності між інтенсивністю розподіленого навантаження q , поперечною силою Q_y , та згинальним

- моментом M_x [1, с. 53 – 54], [2, с. 111], [3, с. 139 – 140], [4, с. 217 – 218];
- 6.3 Правила побудови епюр поперечних сил та згинальних моментів [1, с. 55 – 56], [2, с. 111 – 113], [3, с. 140], [4, с. 219 – 220];
- 6.4 Інтегральні рівняння, які виражають внутрішні силові фактори при плоскому чистому згинанні через нормальні напруження [1, с. 237], [2, с. 249], [3, с. 143 – 144], [4, с. 242 – 243];
- 6.5 Геометричне рівняння при плоскому чистому згинанні, яке визначається гіпотезою плоских перерізів [1, с. 249 – 250], [3, с. 142 – 143], [4, с. 240 – 241];
- 6.6 Фізичне рівняння при плоскому чистому згинанні (закон Гука) [1, с. 239], [2, с. 250], [3, с. 143], [4, с. 242];
- 6.7 Визначення нормальних напружень при плоскому чистому згинанні. Умова міцності при згинанні за нормальними напруженнями [1, с. 240 – 242], [2, с. 250 – 251], [3, с. 145], [4, с. 244 – 247];
- 6.8 Визначення дотичних напружень при плоскому поперечному згинанні. Формула Д.І. Журавського. Умова міцності при згинанні за дотичними напруженнями [1, с. 243 – 251], [2, с. 252 – 256], [3, с. 149 – 153], [4, с. 248 – 258];

Типові питання при тестуванні

1. Для заданої схеми навантаження визначити реакцію R і скласти рівняння $M_x = f(z)$ в довільному перерізі зазначеному координатою Z . Відповідь занести без пропусків у вигляді: $-15z+20z^2$ або $35z-10z^2$ і т. п.
2. Визначити максимальне нормальне напруження σ_{\max} (МПа) в перерізі прямокутної форми, який знаходиться в жорсткому закріпленні консольної балки (знак напруження узгодити зі знаком момента).
3. За умовою міцності за нормальними напруженнями визначити розміри прямокутного поперечного перерізу (величину b^3 , $см^3$).
4. Визначити дотичне напруження (МПа) в точці А при згинанні балки прямокутного поперечного перерізу.
5. Який з наведених напружених станів виникає в указаній точці балки

при заданому навантаженні.

7 Косе згинання

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 7.1 Поняття про косе згинання [1, с. 325 – 326], [2, с. 303 – 304], [3, с. 173], [4, с. 355 – 354];
- 7.2 Внутрішні силові фактори, які виникають в поперечних перерізах при косому згинанні [1, с. 326 – 327], [2, с. 305], [3, с. 173], [4, с. 356];
- 7.3 Формули для визначення нормальних напружень в довільній точці поперечного перерізу [1, с. 327], [2, с. 304 - 305], [3, с. 173], [4, с. 357];
- 7.4 Рівняння нейтральної лінії, формула для визначення її положення [1, с.327], [2, с. 305], [3, с. 173], [4, с. 359];
- 7.5 Умова міцності при косому згинанні [1, с. 328 – 329], [2, с. 306], [3, с.174], [4, с. 361 – 363];
- 7.6 Визначення переміщень при косому згинанні [1, с. 330], [2, с. 307], [4, с.364];

Типові питання при тестуванні

1. Визначити абсолютне значення згинального моменту M_x в долях ql^2 в перерізі $I - I$.
2. Визначити абсолютне значення згинального моменту M_y в долях ql^2 в перерізі $I - I$.
3. Визначити найбільше значення напруження розтягання в долях ql^2 / a^3 та вказати точку його дії. Відповідь занести без пропусків у вигляді: 6;A або 4;C і т.п.
4. Визначити найбільше значення напруження стискування в долях ql^2 / a^3 та вказати точку його дії. Відповідь занести без пропусків у вигляді: -8;B або -4;D і т.п.
5. Визначити абсолютне значення $tq\varphi$ (положення нейтральної лінії) та вказати номер накресленої на рис. лінії, яка йому

відповідає. Відповідь занести без пропусків у вигляді: 12;N1 або 3;N2 і т.п.

8 Позацентрове розтягання або стискання

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 8.1 Поняття про позацентрове розтягання – стискання [1, с. 334], [2, с. 308], [3, с. 176 - 177], [4, с. 364];
- 8.2 Внутрішні силові фактори, які виникають при позацентровому розтяганні – стисканні [1, с. 334], [2, с. 308], [3, с. 176 - 177], [4, с. 365];
- 8.3 Визначення нормальних напружень в довільній точці поперечного перерізу [1, с. 334], [2, с. 308], [3, с. 177], [4, с. 366];
- 8.4 Визначення положення нейтральної лінії при позацентровому розтяганні – стисканні [1, с. 335], [2, с. 308], [3, с. 177], [4, с. 368];
- 8.5 Умова міцності при позацентровому розтяганні – стисканні [1, с. 335], [2, с. 309], [3, с. 177], [4, с. 370 – 371];
- 8.6 Поняття про ядро перерізу [1, с. 335 – 338], [2, с. 309 - 310], [3, с. 178 – 180], [4, с. 372 - 376];

Типові питання при тестуванні випадково обираються з масиву запитань і стосуються :

- Визначення внутрішніх силових факторів в залежності від місцезнаходження полюса сили.
- Визначення положення нейтральної лінії.
- Визначення координати полюса, якщо положення нейтральної лінії задане.
- Вибрати точку прикладання сили, якщо положення нейтральної лінії зазначено.

9 Згинання з крученням

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 9.1 Внутрішні силові фактори, які виникають в поперечних перерізах при згинанні з крученням [1, с. 338], [2, с. 311], [4, с. 377 - 379];

- 9.2 Аналіз напруженого стану в небезпечних перерізах стержня круглого поперечного перерізу [1, с. 340], [2, с. 311], [4, с. 381];
- 9.3 Визначення нормальних, дотичних і еквівалентних напружень в небезпечній точці при згинанні з крученням [1, с. 339 - 340], [2, с. 311 - 312], [4, с. 381 - 384];
- 9.3 Умова міцності при згинанні з крученням [1, с. 341], [2, с. 312], [4, с. 383 - 384];

Типові питання при тестуванні

1. Визначити абсолютну величину згинального моменту M_x в долях Pl в жорсткому закріпленні.
2. Визначити абсолютну величину згинального моменту M_y в долях Pl в жорсткому закріпленні.
3. Визначити абсолютну величину крутильного моменту $M_{кр}$ в долях Pl в жорсткому закріпленні.
4. Знайти розрахунковий момент M_p за третьою або четвертою теоріями міцності.
5. Визначити момент опору W_x , ($см^3$).

10 Статично невизначувані плоскі рамні системи

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 10.1 Ступінь статичної невизначуваності та її визначення [1, с. 386 - 388], [2, с. 340 - 341], [3, с. 217 - 222], [4, с. 453 - 458];
- 10.2 Вибір основної та еквівалентної систем [1, с. 388], [2, с. 341 - 342], [3, с. 222- 225], [4, с. 458];
- 10.3 Канонічні рівняння методу сил [1, с. 392 - 393], [2, с. 343], [3, с. 225 - 226], [4, с. 458 - 459];
- 10.4 Використання властивостей симетрії при розкритті статичної невизначуваності [1, с. 396 - 397], [2, с. 354 - 355], [3, с. 233 - 237], [4, с. 465 - 467];
- 10.5 Контроль правильності розв'язання статично невизначуваних систем [1, с. 418 - 419], [4, с. 471 - 474];

10.6 Приклади побудови епюр внутрішніх силових факторів для плоских рам [1, с. 397 – 402], [2, с. 370 - 383], [3, с. 237 – 240], [4, с. 461 – 464, 469 – 471, 475 – 477];

Типові питання при тестуванні

1. Визначити переміщення Δ_{1p} від зовнішніх сил в долях ql^4 / EI_x .
Відповідь занести без пропусків у вигляді: 3 або -13/3 і т.п.
2. Визначити переміщення δ_{11} від одиничної сили $X_1 = 1$ в долях l^3 / EI_x . Відповідь занести у вигляді: 4/3; 8 або 5/4 і т.п.
3. Знайти реакцію зайвого зв'язку X_1 в долях ql .
4. Визначити абсолютну величину максимального згинального моменту в дях ql^2 .
5. Визначити момент опору W_x , ($см^3$).

11 Стійкість стиснутих стержнів

Питання для підготовки за літературними джерелами

- 11.1 Поняття про стійку і нестійку форму пружної рівноваги [1, с. 491 – 493], [2, с. 447 - 448], [3, с. 413 - 416], [4, с. 483 - 484];
- 11.2 Диференціальне рівняння пружної лінії при поздовжньому згинанні. Формула Ейлера [1, с. 493 - 495], [2, с. 448 - 450], [3, с. 421 - 424], [4, с.484 - 486];
- 11.3 Вплив умов закріплення кінців стержня на величину критичної сили [1,с. 495 - 497], [2, с. 450 - 451], [3, с. 424 - 425], [4, с. 487 - 489];
- 11.4 Критичні напруження, гнучкість стержня. Границя застосованості формули Ейлера [1, с. 499 - 502], [2, с. 453 - 455], [3, с. 447 – 448], [4, с.489 - 492];
- 11.5 Поняття про втрату стійкості при напруженнях, що перевищують границю пропорційності. Формула Ф.С.Ясинського [1, с. 449 – 501], [2,с. 454 - 455], [4, с. 490 - 491];
- 11.6 Розрахунки на стійкість за допомогою коефіцієнта зменшення основного допустимого напруження [1, с. 502 - 506], [2, с. 455 –

458], [4, с. 492 - 496];

***Типові питання при тестуванні випадково
обираються з масиву запитань і стосуються пунктів
11.1 – 11.6.***

Література

1. Опір матеріалів: Підручник / Г.С.Писаренко, О.Л.Квітка, Е.С.Уманський; За ред. Г.С.Писаренка. – К.: Вища шк., 1993. – 655с.
2. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С.Писаренко, А.П.Яковлев, В.В.Матвеев; Отв. ред. Г.С.Писаренко. – 2 – е изд. Киев: Наук. Думка, 1988. – 736с.
3. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учебник для вузов – 9 - е изд., М.: Наука, 1986. – 512с.
4. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов: Учеб. для техн. вузов – 5 – е изд. – М.: Высш. шк., 1989. – 624с.
5. Методичні вказівки до використання програмного комплексу для самостійної роботи студентів з курсу “Опір матеріалів” для студентів всіх спеціальностей і форм навчання / Укл.: А.О.Будник, В.Г.Шевченко, С.Л.Рягін, Е.А.Бельчиков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 7 с.