

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кафедра механіки

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Декан факультету КД  
\_\_\_\_\_ **З.В.Ружило**

**РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО**  
на засіданні кафедри механіки  
протокол № 12 від 18 травня 2020 р.  
зав. кафедри \_\_\_\_\_ **М.Г.Березовий**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Динаміка і міцність машин**

\_\_\_\_\_ (шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 133 –“Галузеве машинобудування”  
(шифр і назва напрямку підготовки)

інститут, факультет, відділення \_\_\_\_\_ факультет конструювання та дизайну  
(назва інституту, факультету, відділення)

розробники Чаусов М.Г., професор кафедри механіки, д.т.н., професор;

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2020 р.

**1. Опис навчальної дисципліни  
«Динаміка і міцність машин»**

<b>Найменування показників</b>	
Кількість кредитів	– 3
Модулів	– 3
Змістових модулів	– 3
Індивідуальне науково-дослідне завдання:	_____ <b>модульні завдання</b> _____ <small>(назва)</small>
Загальна кількість годин	– 90
Тижневих годин для денної форми навчання:	
аудиторних	– 2
самостійної роботи студента	– 4

<b>Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</b>	
Галузь знань:	_____ <b>13 "Механічна інженерія"</b> _____ <small>(шифр і назва)</small>
Спеціальність:	_____ <b>133 –“Галузеве машинобудування”</b> _____ <small>(шифр і назва)</small>
Освітній ступень:	<u>бакалавр</u>

<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>	
денна форма навчання	заочна форма навчання
Нормативна	
Рік підготовки:	– 3-й
Семестр:	– 5-й
Лекції:	– 15 год.
Практичні, семінарські:	-
Лабораторні:	– 15 год.
Самостійна робота:	– 60 год.
Індивідуальні завдання:	—
Вид контролю:	– залік

Примітка:

співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:  
для денної форми навчання – 0,5  
для заочної форми навчання –

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** вивчення студентами методів інженерних розрахунків деталей машин, елементів конструкцій на міцність, жорсткість та стійкість в умовах дії статичних і динамічних навантажень із врахуванням зміни температури і процесів, пов'язаних з тривалістю експлуатації конструкції при однаковій надійності, довговічності та економічності.

**Завдання:** оволодіння студентами навиками проведення експериментальних досліджень та практичних розрахунків елементів конструкцій на міцність, жорсткість та стійкість в умовах дії статичних і динамічних навантажень із врахуванням зміни температури і процесів, пов'язаних з тривалістю навантаження.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Технічна механіка» студент повинен

**знати:**

- основні гіпотези та принципи, що покладені в основу розрахунків на міцність, жорсткість і стійкість деталей машини та елементів конструкцій;
- методи визначення внутрішніх силових факторів в статично визначених і статично не визначених пружних системах;
- залежності для визначення напружень і переміщень при різних видах простих і складних деформацій;
- теорії міцності, їх призначення та причини виникнення;
- міцність, жорсткість і стійкість в умовах дії статичних та динамічних навантажень з врахуванням змінних температур;
- основи експериментальних методів визначення показників механічних властивостей конструкційних матеріалів та досліджень напружень і деформацій;

**вміти:**

- вибирати оптимальні варіанти розрахункових схем елементів конструкцій;
- вести розрахунки деталей машин, конструкцій на міцність, жорсткість і стійкість в умовах статичних і динамічних навантажень з врахуванням зміни температур і тривалості експлуатації;
- поєднувати розрахунки в одне ціле всієї конструкції;
- вести вибір раціональних конструкційних матеріалів і економічних розмірів про-кату.

### 3. Програма та структура навчальної дисципліни

#### Програма

#### «Динаміка і міцність машин»

#### Модуль 1

**Змістовий модуль 1. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПРУЖНИХ СИСТЕМ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ.**

**Тема 1.** Динамічне навантаження. Особливості впливу швидкості деформування на механічні властивості матеріалів.

**Тема 2.** Коливання пружних систем. Системи із скінченим числом ступенів вільності. Власні і вимушені гармонічні коливання пружних систем. Явище резонансу. Параметричні коливання.

**Тема 3.** Поперечні коливання прямих стержнів. Диференціальне рівняння коливань при згині брусів. Критичні частоти обертання валів з дисками. Крутильні коливання валів.

#### Модуль 2

**Змістовий модуль 2. ПІДХОДИ ДО РОЗРАХУНКУ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ.**

**Тема 4.** Приклади розрахунків на ударну дію навантажень. Удар по нерухомим пружним системам. Удар по стержню с пружиною. Удар при крученні

**Тема 5.** Чисельні методи розв'язування задач статички, динаміки і міцності.

#### Модуль 3

**Змістовий модуль 3. МЕХАНІКА РУЙНУВАННЯ**

**Тема 6.** Енергетичний та силовий підходи до механіки руйнування.

**Тема 7.** Деформаційний критерій руйнування. Двокритеріальний підхід до оцінки граничного стану елементів конструкції з тріщинами.

### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						заочна форма						
	всього	у тому числі					всього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>Змістовий модуль 1. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПРУЖНИХ СИСТЕМ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ.</b>													
<b>Тема 1.</b> Динамічне навантаження. Особливості впливу швидкості деформування на механічні властивості матеріалів.	10	2		2		6							

<b>Тема 2.</b> Коливання пружних систем. Системи із скінченим числом ступенів вільності. Власні і вимушені гармонічні коливання пружних систем. Явище резонансу. Параметричні коливання.	10	2		2		6						
<b>Тема 3.</b> Поперечні коливання прямих стержнів. Диференціальне рівняння коливань при згині брусів. Критичні частоти обертання валів з дисками. Крутильні коливання валів.	10	1		1		8						
Разом за змістовим модулем 1	30	5		5		20						
<b>Змістовий модуль 2. ПІДХОДИ ДО РОЗРАХУНКУ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ.</b>												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Тема 4.</b> Приклади розрахунків на ударну дію навантажень. Удар по нерухомим пружним системам. Удар по стержню с пружиною. Удар при крученні.	16	3		3		10						
<b>Тема 5.</b> Чисельні методи розв'язування задач статички, динаміки і міцності.	14	2		2		10						
Разом за змістовим модулем 2	30	5		5		20						
<b>Змістовий модуль 3. МЕХАНІКА РУЙНУВАННЯ</b>												
<b>Тема 6.</b> Енергетичний та силовий підходи до механіки руйнування.	16	3		3		10						
<b>Тема 7.</b> Деформаційний критерій руйнування. Двокритеріальний підхід до оцінки граничного стану елементів конструкції з тріщинами.	14	2		2		10						
Разом за змістовим модулем 3	30	5		5		20	17					
<b>Усього годин</b>	90	15		15		60	52	4	-	6		42

**5. Теми семінарських занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Відсутні	
...		

**6. Теми практичних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Відсутні	
...		

**7. Теми лабораторних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення механічних характеристик “м’якої” сталі при динамічних навантаженнях.	2
2	Визначення механічних характеристик “крихкої” сталі при динамічних навантаженнях.	2
3	Вплив динамічних перевантажень на механічні характеристики “м’якої” сталі.	2
4	Вплив динамічних перевантажень на механічні характеристики “крихкої” сталі.	2
5	Визначення питомої ударної в’язкості сталі і композиційного матеріалу	2
6	Дослідження дії ударного навантаження на двоопорну балку.	2
7	Чисельний експеримент № 1 в задачах динаміки і міцності.	3
	Разом	15

**8. Самостійна робота**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Робота з підручником по темі лекцій	32
2	Підготовка до десяти хвилинної контрольної роботи	4
3	Оформлення і підготовка до здачі лабораторних робіт № 1 - 3.	6
4	Підготовка до десяти хвилинної контрольної роботи	4
5	Оформлення і підготовка до здачі лабораторних робіт № 4,5.	4
6	Підготовка до десяти хвилинної контрольної роботи	4
7	Оформлення і підготовка до здачі лабораторних робіт № 6 -7.	6
	Разом	60

## Комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

## Питання 1.

	Ударом є випадок, коли:
1	Елемент конструкції має нескінченну деформацію
2	Елемент конструкції падає і руйнується
3	Елемент конструкції за короткий проміжок часу змінює свою швидкість на певну величину
4	Елемент конструкції за короткий проміжок часу змінює свою швидкість на нескінченну величину

## Питання 2.

	У загальному випадку, коли вантаж вагою $Q$ падає і його прискорення після контакту з перепорою стає $j(t)$ , сила удару обчислюється за формулою:
1	$F_{\partial} = \frac{Q}{j(t)}$
2	$F_{\partial} = \frac{Q}{2} j(t)$
3	$F_{\partial} = \frac{Q}{g} j(t)$
4	$F_{\partial} = \frac{Q}{j(t)} g$
5	$F_{\partial} = j(t)Q$

## Питання 3.

	У випадку, коли вантаж з висоти $H$ падає на статичний стержень коефіцієнт динамічності обчислюється за формулою:
1	$k_{\partial} = 1 - \sqrt{1 - \frac{2H}{\delta_{cm}}}$
2	$k_{\partial} = 1 + \sqrt{1 - \frac{2H}{\delta_{cm}}}$
3	$k_{\partial} = 1 - \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{cm}}}$
4	$k_{\partial} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{cm}}}$

## Питання 4.

	Для вантажу з кінетичною енергією $T_0$ , який падає з висоти $H$ на пружній стержень, накопичена потенційна енергія якого $U_{cm}$ , коефіцієнт динамічності обчислюється за формулою:
--	---

1	$k_{\partial} = 1 - \sqrt{1 - \frac{T_0}{U_{cm}}}$
2	$k_{\partial} = 1 - \sqrt{1 + \frac{T_0}{U_{cm}}}$
3	$k_{\partial} = 1 + \sqrt{1 + \frac{T_0}{U_{cm}}}$
4	$k_{\partial} = 1 + \sqrt{1 - \frac{T_0}{U_{cm}}}$

**Питання 5.**

	Напруження при ударі обчислюється за формулою:
1	$\sigma_{\partial} = \sigma_{cm} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2H}{\delta_{cm}}} \right)$
2	$\sigma_{\partial} = \sigma_{cm} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{2H}{\delta_{cm}}} \right)$
3	$\sigma_{\partial} = \sigma_{cm} \left( 1 - \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{cm}}} \right)$
4	$\sigma_{\partial} = \sigma_{cm} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{cm}}} \right)$

**Питання 6.**

	Сила удару обчислюється за формулою:
1	$F_{\partial} = F_{cm} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2H}{\delta_{cm}}} \right)$
2	$F_{\partial} = F_{cm} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{2H}{\delta_{cm}}} \right)$
3	$F_{\partial} = F_{cm} \left( 1 - \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{cm}}} \right)$
4	$F_{\partial} = F_{cm} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{cm}}} \right)$

**Питання 7.**

	Якщо є три стерні: перший стержень – має змінний поперечний переріз, другий – постійний максимальний поперечний переріз, а третій – постійний мінімальний переріз, тоді найменші ударні
--	---



	напруження виникнуть в:
1	Першому стержні
2	Другому стержні
3	Третьому стержні
4	Другому і третьому стержнях
5	В усіх стержнях буде виникати однакові напруження

**Питання 8.**

	Удар за своєю природою є:
1	Статичним навантаженням
2	Динамічним навантаженням
3	Квазістатичним навантаженням
4	Квазідинамічним навантаженням
5	Як статичним так і динамічним навантаженням

**Питання 9.**

	Якщо є три стержні: перший стержень – має змінний поперечний переріз, другий – постійний максимальний поперечний переріз, а третій – постійний мінімальний переріз, тоді найбільші ударні напруження виникнуть в:
1	Першому стержні
2	Другому стержні
3	Третьому стержні
4	Другому і першому стержнях
5	В усіх стержнях буде виникати однакові напруження

**Питання 10.**

	Нехай вантаж вагою 50 Н, прикріплений до сталюого дроту діаметром 3 мм, вільно падає з прискоренням вільного падіння $g$ . Якщо вагою дроту знехтувати, то напруження в дроті, коли верхній кінець його раптово зупинено, будуть рівні :
1	$\sigma_d = 100 \text{ Н}$
2	$\sigma_d = 720 \text{ Н}$
3	$\sigma_d = 1727 \text{ Н}$
4	$\sigma_d = 522 \text{ Н}$
5	$\sigma_d = 2027 \text{ Н}$

**Питання 11.**

	При врахуванні маси стержня швидкість вантажу в початковий момент другого етапу удару обчислюють за формулою:
--	---

1	$v_1 = \frac{v}{1 + \frac{1}{3} \frac{Q_c}{Q}}$ <p>де <math>v</math> - максимальна швидкість вантажу в момент контакту зі стержнем</p>
2	$v_1 = \frac{v}{1 - \frac{1}{3} \frac{Q_c}{Q}}$ <p>де <math>v</math> - максимальна швидкість вантажу в момент контакту зі стержнем</p>
3	$v_1 = \frac{v}{1 + \frac{1}{3} \frac{Q}{Q_c}}$ <p>де <math>v</math> - максимальна швидкість вантажу в момент контакту зі стержнем</p>
4	$v_1 = \sqrt{\frac{v^2}{1 + \frac{1}{3} \frac{Q_c}{Q}}}$ <p>де <math>v</math> - максимальна швидкість вантажу в момент контакту зі стержнем</p>

**Питання 12.**

	Енергія удару стержня в початковий момент другого етапу удару визначають за формулою:
1	$T = \frac{Qv^2}{2g \left(1 + \frac{1}{3} \frac{Q_c}{Q}\right)}$
2	$T = \frac{Qv}{2g \left(1 - \frac{1}{3} \frac{Q_c}{Q}\right)}$
3	$T = \frac{v^2}{1 + \frac{1}{3} \frac{Q}{Q_c}}$
4	$T = 2g \sqrt{\frac{Qv^2}{1 + \frac{1}{3} \frac{Q_c}{Q}}}$

**Питання 13.**

	Нехай сталений канат, який опускає вантаж вагою $Q = 45$ кН, зі швидкістю $v = 1$ м/с, має площу поперечного перерізу $A = 16$ см <sup>2</sup> і модуль пружності $E = 1,05 \cdot 10^5$ МПа. Тоді при раптовій зупинці в момент, коли вантаж опуститься на 18 м, напруження в канаті будуть
--	---

	рівні:
1	5,6 МПа
2	100 МПа
3	157,5 МПа
4	169 МПа
5	225,4 МПа

**Питання 14.**

	Максимальне напруження при ударі стержня об жорстку плиту рівне:
1	$(\sigma_{\partial})_{\max} = \sqrt{\frac{6ET_0}{Al}}$
2	$(\sigma_{\partial})_{\max} = \sqrt{\frac{3ET_0}{Al}}$
3	$(\sigma_{\partial})_{\max} = \sqrt{\frac{6ET_0}{Al}}$
4	$(\sigma_{\partial})_{\max} = \sqrt{\frac{5ET_0}{Al}}$
5	$(\sigma_{\partial})_{\max} = \frac{ET_0}{Al}$

**Питання 15.**

	Максимальне напруження при скручуючому ударі визначається за формулою:
1	$\tau_{\max} = \sqrt{\frac{2GT_0}{Al}}$
2	$\tau_{\max} = \sqrt{\frac{GT_0}{Al}}$
3	$\tau_{\max} = 2\sqrt{\frac{GT_0}{Al}}$
4	$\tau_{\max} = \sqrt{\frac{5GT_0}{Al}}$
5	$\tau_{\max} = 5\sqrt{\frac{GT_0}{Al}}$

**Питання 16.**

	Нехай диск діаметром $d = 20$ см і вагою $Q = 0,5$ кН, насаджений на вал довжиною $\ell = 1$ м і діаметром $D = 6$ см, обертається з кутовою швидкістю, що відповідає $n = 120$ об/хв. Якщо знехтувати масою вала і врахувати модуль зсуву $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, то найбільші дотичні
--	---

	напруження в валу в момент раптової його зупинки будуть рівні:
1	$\tau_{\max} = 10 \text{ МПа}$
2	$\tau_{\max} = 20,4 \text{ МПа}$
3	$\tau_{\max} = 30,5 \text{ МПа}$
4	$\tau_{\max} = 47,6 \text{ МПа}$
5	$\tau_{\max} = 55,3 \text{ МПа}$

**Питання 17.**

	При згинаючому ударі швидкість в початковий момент відскоку обчислюють за формулою:
1	$v_1 = \frac{v}{1 + \frac{17 \gamma A \ell}{35 Q}}$
2	$v_1 = \frac{v}{1 - \frac{17 \gamma A \ell}{35 Q}}$
3	$v_1 = \frac{v}{1 + \frac{17 Q}{35 \gamma A \ell}}$
4	$v_1 = \frac{v}{1 - \frac{17 Q}{35 \gamma A \ell}}$

**Питання 18.**

	Ударною в'язкістю матеріалу називають:
1	Величина сили удару віднесена до площі поперечного перерізу зразка в місці надрізу
2	Величина сили удару віднесена до об'єму зразка в місці надрізу
3	Величина роботи, яка затрачена на руйнування зразка, віднесена до його площі поперечного перерізу в місці надрізу
4	Величина роботи, яка затрачена на руйнування зразка, віднесена до об'єму зразка в місці надрізу
5	Величина напруження при руйнуванні зразка, віднесена до об'єму зразка в місці надрізу
6	Величина напруження при руйнуванні зразка, віднесена до його площі поперечного перерізу в місці надрізу

**Питання 19.**

	Якщо ударну в'язкістю матеріалу визначають за допомогою маятнікового копра, то її значення обчислюють за формулою:
1	$\frac{A}{S} = \frac{mg(h_1 + h_2)}{S}$

2	$\frac{A}{S} = \frac{mg(h_1 - h_2)}{S}$
3	$\frac{A}{V} = \frac{mg(h_1 - h_2)}{V}$
4	$\frac{A}{V} = \frac{mg(h_1 + h_2)}{V}$

**Питання 20.**

	Якщо ударну в'язкість матеріалу визначають за допомогою ротаційного копра, то її значення обчислюють за формулою:
1	$\frac{A}{S} = \frac{(J\omega_1^2 - J\omega_2^2)}{2S}$
2	$\frac{A}{S} = \frac{(J\omega_1^2 + J\omega_2^2)}{2S}$
3	$\frac{A}{V} = \frac{(J\omega_1^2 - J\omega_2^2)}{2V}$
4	$\frac{A}{V} = \frac{(J\omega_1^2 + J\omega_2^2)}{2V}$

**МЕХАНІКА РУЙНУВАННЯ ТВЕРДИХ ТІЛ****Питання 1.**

	Механіка руйнування – це наука , яка вивчає
1	Закон Гука
2	Закони Ньютона
3	Закони пружної деформації твердих тіл
4	Закони розділення твердих тіл на частини під дією внутрішніх силових факторів
5	Закони розділення твердих тіл на частини під дією зовнішніх силових факторів

**Питання 2.**

	Типів розкриття тріщини є:
1	Один
2	Два
3	Три
4	Чотири
5	П'ять

**Питання 3.**

	Не можна реалізувати наступний вид розкриття тріщини під дією
--	---

	навантаження загального виду:
1	Нормальний розрив
2	Поперечний зсув
3	Повздовжній зсув
4	Поперечний згин

**Питання 4.**

	Пластичне руйнування відбувається:
1	При наявності значних пластичних деформацій в твердому тілі
2	При відсутності пластичних деформацій в твердому тілі
3	При наявності деяких пластичних зон в околі вершини тріщини
4	При наявності напружень від втоми

**Питання 5.**

	Квазікрихке руйнування відбувається:
1	При наявності значних пластичних деформацій
2	При відсутності пластичних деформацій
3	При наявності деяких пластичних зон
4	При наявності напружень від втоми

**Питання 6.**

	Першим механіком, який почав досліджувати розвиток крихких тріщин, був:
1	Галілей
2	Леонардо Да Вінчі
3	Ейлер
4	Ньютон
5	Гріффітс

**Питання 7.**

	Гріффітс розглянув задачу про:
1	Стійкість нескінченної тріщини в одиничній балці при навантаженні
2	Стійкість нескінченної тріщини в одиничній пластині при навантаженні
3	Стійкість одиничної тріщини в нескінченній балці при навантаженні
4	Стійкість нескінченної тріщини в нескінченній пластині при навантаженні
5	Стійкість тріщини заданої довжини в нескінченній пластині при навантаженні

**Питання 8.**

	Згідно критерію руйнування Гріффітса тріщина починає рости в тому випадку, коли:
1	При варіації її довжини $\delta \ell = 0$ приріст поверхневої енергії

	компенсується відповідною кількістю потенціальної енергії деформації
2	При варіації її довжини $\delta\ell < 0$ приріст поверхневої енергії компенсується відповідною кількістю потенціальної енергії деформації
3	При варіації її довжини $\delta\ell > 0$ приріст поверхневої енергії компенсується відповідною кількістю потенціальної енергії деформації
4	При варіації її довжини $\delta\ell = 0$ приріст поверхневої енергії менший від відповідної кількості потенціальної енергії деформації
5	При варіації її довжини $\delta\ell < 0$ приріст поверхневої енергії більший від відповідної кількості потенціальної енергії деформації

**Питання 9.**

	Критичне напруження, при якому в тілі відбувається самовільне зростання тріщини довжиною $2\ell$ , визначається за формулою:
1	$\sigma = \frac{2E\gamma}{\pi(1-\mu^2)\ell}$
2	$\sigma = \frac{\pi(1-\mu^2)\ell}{2E\gamma}$
3	$\sigma = \sqrt{\frac{2E\gamma}{\pi(1-\mu)\ell}}$
4	$\sigma = \sqrt{\frac{\pi(1-\mu)\ell}{2E\gamma}}$
5	$\sigma = \sqrt{\frac{2E\gamma}{\pi(1-\mu^2)\ell}}$

**Питання 10.**

	Коефіцієнт інтенсивності напружень фактично вказує на:
1	Ріст напружень в твердому тілі
2	Зменшення напружень в твердому тілі
3	Ріст напружень в околі вершини тріщини
4	Ріст напружень в середині тріщини
5	Зменшення напружень в середині тріщини

**Питання 11.**

	Ірвін вважав, що якщо $f(K_I, K_{II}, K_{III}) < 0$ , то:
1	Тріщина зовсім не росте
2	Тріщина росте
3	Тріщина швидко росте
4	Тріщина майже не росте

**Питання 12.**

	В загальному випадку критерій Ірвіна звучить наступним чином:
1	Тріщина буде поширюватись тоді, коли величина коефіцієнта інтенсивності напружень не досягне критичного значення
2	Тріщина буде поширюватись тоді, коли величина коефіцієнта інтенсивності напружень досягне критичного значення
3	Тріщина буде поширюватись тоді, коли величина коефіцієнта інтенсивності напружень буде значно більшим, ніж критичне значення
4	Тріщина не буде поширюватись тоді, коли величина коефіцієнта інтенсивності напружень досягне критичного значення

**Питання 13.**

	Критерій Ірвіна для нормального розриву тріщини має вид:
1	$K_I > K_{II}$
2	$K_I > K_{III}$
3	$K_{II} > K_{III}$
4	$K_I = K_{Ic}$
5	$K_I = K_{IIc}$
6	$K_I = K_{IIIc}$

**Питання 14.**

	Критерій Ірвіна для поперечного зсуву тріщини має вид:
1	$K_I > K_{II}$
2	$K_I > K_{III}$
3	$K_{II} > K_{III}$
4	$K_{II} = K_{Ic}$
5	$K_{II} = K_{IIc}$
6	$K_{II} = K_{IIIc}$

**Питання 15.**

	Критерій Ірвіна для повздовжнього зсуву тріщини має вид:
1	$K_I > K_{II}$
2	$K_I > K_{III}$
3	$K_{II} > K_{III}$
4	$K_{III} = K_{Ic}$
5	$K_{III} = K_{IIc}$
6	$K_{III} = K_{IIIc}$

**Питання 16.**

	У випадку плоскої деформації при розтягу пластини з тріщиною
--	--



	довжиною $2\ell$ , яка розташована посередині ширини пластини, коефіцієнт інтенсивності $K_I$ має вигляд:
1	$K_I = \sigma\sqrt{\pi\ell}$
2	$K_I = \sigma^3\sqrt{\pi\ell}$
3	$K_I = \sigma\sqrt{\pi\ell^2}$
4	$K_I = \sigma\sqrt{2\pi\ell}$
5	$K_I = \sigma\pi\ell$

**Питання 17.**

	У випадку плоскої деформації при розтягу пластини з тріщиною довжиною $2\ell$ , яка розташована посередині ширини пластини, коефіцієнт інтенсивності $K_{II}$ має вигляд:
1	$K_{II} = \sigma\sqrt{\pi\ell}$
2	$K_{II} = \sigma^3\sqrt{\pi\ell}$
3	$K_{II} = \tau\sqrt{\pi\ell}$
4	$K_{II} = \tau\sqrt{2\pi\ell}$
5	$K_{II} = \sigma\pi\ell$

**Питання 18.**

	Форма $R$ - кривої визначає:
1	Максимальний ріст тріщини
2	Допустимий ріст тріщини
3	Докритичний ріст тріщини
4	Мінімальний ріст тріщини
5	Початкову довжину тріщини

**Питання 19.**

	Швидкість поширення тріщини від втоми є залежна від:
1	Коефіцієнта інтенсивності
2	Циклічних напружень
3	Початкової довжини тріщини
4	Часу

**Питання 20.**

	При випробовуванні сталі на тріщиностійкість основною характеристикою є:
1	Розкриття у вершині тріщини $\delta_c$
2	Критичне значення $J$ - інтеграла
3	Критичний коефіцієнт інтенсивності $K_{Ic}$
4	Критичне напруження $p_c$
5	Допустиме критичне напруження $[p]_c$

## ПРУЖНІ КОЛИВАННЯ

### Питання 1.

	Власними коливаннями називаються:
1	Коливання, які виникають у ізольованій системі внаслідок зовнішнього збурення, яке викликає у точок системи початкові відхилення від положення рівноваги і продовжуються потім за рахунок наявності внутрішні пружних сил, які відновлюють рівновагу
2	Коливання, які відбуваються за дії на систему заданих зовнішніх періодично змінних збурень сил, які діють неперервним чином незалежно від коливань в системі.
3	Коливання пружної системи, в процесі яких періодично міняються фізичні параметри системи, тобто величини, які характеризують масу системи або її жорсткість
4	Затухаючі коливання, які підтримуються такими зовнішніми силами, характер дії яких визначається самим коливним процесом

### Питання 2.

	Вимушеними коливаннями називаються:
1	Коливання, які виникають у ізольованій системі внаслідок зовнішнього збурення, яке викликає у точок системи початкові відхилення від положення рівноваги і продовжуються потім за рахунок наявності внутрішні пружних сил, які відновлюють рівновагу
2	Коливання, які відбуваються за дії на систему заданих зовнішніх періодично змінних збурень сил, які діють неперервним чином незалежно від коливань в системі.
3	Коливання пружної системи, в процесі яких періодично міняються фізичні параметри системи, тобто величини, які характеризують масу системи або її жорсткість
4	Затухаючі коливання, які підтримуються такими зовнішніми силами, характер дії яких визначається самим коливним процесом

### Питання 3.

	Параметричними коливаннями називаються:
1	Коливання, які виникають у ізольованій системі внаслідок зовнішнього збурення, яке викликає у точок системи початкові відхилення від положення рівноваги і продовжуються потім за рахунок наявності внутрішні пружних сил, які відновлюють рівновагу
2	Коливання, які відбуваються за дії на систему заданих зовнішніх періодично змінних збурень сил, які діють неперервним чином незалежно від коливань в системі.
3	Коливання пружної системи, в процесі яких періодично міняються

	фізичні параметри системи, тобто величини, які характеризують масу системи або її жорсткість
4	Затухаючі коливання, які підтримуються такими зовнішніми силами, характер дії яких визначається самим коливним процесом

**Питання 4.**

	Автоколиваннями називаються:
1	Коливання, які виникають у ізольованій системі внаслідок зовнішнього збурення, яке викликає у точок системи початкові відхилення від положення рівноваги і продовжуються потім за рахунок наявності внутрішні пружних сил, які відновлюють рівновагу
2	Коливання, які відбуваються за дії на систему заданих зовнішніх періодично змінних збурень сил, які діють неперервним чином незалежно від коливань в системі.
3	Коливання пружної системи, в процесі яких періодично міняються фізичні параметри системи, тобто величини, які характеризують масу системи або її жорсткість
4	Затухаючі коливання, які підтримуються такими зовнішніми силами, характер дії яких визначається самим коливним процесом

**Питання 5.**

	Диференціальне рівняння коливань вантажу вагою $Q$ , який підвішений на пружині має вигляд:
1	$\dot{x} - \omega^2 x = 0$
2	$\ddot{x} - \omega^2 x = 0$
3	$x - \omega^2 \ddot{x} = 0$
4	$\ddot{x} - \omega^2 x = 0$
5	$x^2 - \omega^2 x = 0$

**Питання 6.**

	Загальний розв'язок диференціального рівняння коливань вантажу вагою $Q$ , який підвішений на пружині має вигляд:
1	$x = A \cos(\omega \cdot t) - B \sin(\omega \cdot t)$
2	$x = A \cos(\omega \cdot t) + B \sin(\omega \cdot t)$
3	$x = B \sin(\omega \cdot t) - A \cos(\omega \cdot t)$
4	$x = A \operatorname{tg}(\omega \cdot t) - B \operatorname{ctg}(\omega \cdot t)$
5	$x = A \operatorname{tg}(\omega \cdot t) + B \operatorname{ctg}(\omega \cdot t)$
6	$x = B \operatorname{ctg}(\omega \cdot t) - A \operatorname{tg}(\omega \cdot t)$
7	$x = \frac{A \cos(\omega \cdot t)}{B \sin(\omega \cdot t)}$

8	$x = \frac{Atg(\omega \cdot t)}{Bctg(\omega \cdot t)}$
---	--

**Питання 7.**

	Колова частота власних коливань вантажу вагою $Q$ , який підвішений на стержні обчислюється за формулою:
1	$\omega = \sqrt{\frac{EA g}{Q l}}$ , де $A$ – площа поперечного перерізу стержня
2	$\omega = \sqrt{\frac{Q l}{EA g}}$ , де $A$ – площа поперечного перерізу стержня
3	$\omega = \sqrt[3]{\frac{EA g}{Q l}}$ , де $A$ – площа поперечного перерізу стержня
4	$\omega = \sqrt[3]{\frac{A l}{E F g}}$ , де $A$ – площа поперечного перерізу стержня
5	$\omega = \sqrt{\frac{A g}{Q l}}$ , де $A$ – площа поперечного перерізу стержня

**Питання 8.**

	Період власних коливань вантажу вагою $Q$ , який підвішений на пружині обчислюється за формулою:
1	$T = \sqrt{\frac{m}{c}}$
2	$T = 2\pi \frac{m}{c}$
3	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$
4	$T = 2\pi \sqrt[3]{\frac{m}{c}}$
5	$T = 2\pi \sqrt{\frac{c}{m}}$

**Питання 9.**

	Частота власних поперечних коливань сталювого вала діаметром 50 мм, який несе диск вагою 1 кН, рівна:
1	$\omega_c = 53 \text{ c}^{-1}$
2	$\omega_c = 62 \text{ c}^{-1}$
3	$\omega_c = 95 \text{ c}^{-1}$
4	$\omega_c = 103 \text{ c}^{-1}$

5	$\omega_c = 177 \text{ c}^{-1}$
---	---------------------------------

**Питання 10.**

	Диференціальне рівняння вимушених коливань вантажу вагою $Q$ , який підвішений на пружині і на нього періодично діє сила збурення $P(t)$ , має вигляд:
1	$\dot{x} - \omega^2 x = 0$
2	$\dot{x} - c^2 x = 0$
3	$\dot{x} - c^2 x = P(t)$
4	$\frac{Q}{g} \ddot{x} - c^2 x = P(t)$
5	$\frac{g}{Q} \ddot{x} - c^2 x = P(t)$

**Питання 11.**

	Загальний розв'язок диференціального рівняння вимушених коливань вантажу вагою $Q$ , який підвішений на пружині має вигляд:
1	$x = A \cos(\omega \cdot t) - B \sin(\omega \cdot t)$
2	$x = A \cos(\omega \cdot t) + B \sin(\omega \cdot t)$
3	$x = B \sin(\omega \cdot t) - A \cos(\omega \cdot t)$
4	$x = A \operatorname{tg}(\omega \cdot t) - B \operatorname{ctg}(\omega \cdot t)$
5	$x = A \cos(\omega \cdot t) + B \sin(\omega \cdot t) + \frac{q}{\omega^2 - p^2} \cos pt$
6	$x = A \cos(\omega \cdot t) - B \sin(\omega \cdot t) + \frac{q}{\omega^2 - p^2} \cos pt$
7	$x = \frac{A \cos(\omega \cdot t)}{B \sin(\omega \cdot t)} + \frac{q}{\omega^2 - p^2} \cos pt$
8	$x = \frac{A \operatorname{tg}(\omega \cdot t)}{B \operatorname{ctg}(\omega \cdot t)} + \frac{q}{\omega^2 - p^2} \cos pt$

**Питання 12.**

	Амплітуда вимушених коливань системи з одним ступенем вільності, має вигляд:
1	$C = \frac{q}{\omega^2}$
2	$C = \frac{q}{p^2}$

3	$C = \frac{q}{\omega^2 - p^2}$
4	$C = \frac{q}{\omega^2 + p^2}$
5	$C = \frac{\omega^2 - p^2}{q}$
6	$C = \frac{\omega^2 + p^2}{q}$

**Питання 13.**

	Коефіцієнт наростання вимушених коливань системи з одним ступенем вільності, має вигляд:
1	$\beta = 1 - \frac{T^2}{T_1^2} \cdot T_1$ - період сили, $T$ - період коливань
2	$\beta = 1 + \frac{T^2}{T_1^2} \cdot T_1$ - період сили, $T$ - період коливань
3	$\beta = 1 - \frac{T_1^2}{T^2} \cdot T_1$ - період сили, $T$ - період коливань
4	$\beta = \sqrt{1 - \frac{T^2}{T_1^2}} \cdot T_1$ - період сили, $T$ - період коливань
5	$\beta = \sqrt{1 + \frac{T^2}{T_1^2}} \cdot T_1$ - період сили, $T$ - період коливань
6	$\beta = \frac{1}{1 + \frac{T^2}{T_1^2}} \cdot T_1$ - період сили, $T$ - період коливань
7	$\beta = \frac{1}{1 - \frac{T^2}{T_1^2}} \cdot T_1$ - період сили, $T$ - період коливань

**Питання 14.**

	Критична швидкість обертання вала обчислюється за формулою:
1	$\omega_{кр} = \frac{Q}{cg}$

2	$\omega_{кр} = \frac{cg}{Q}$
3	$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{Q}{cg}}$
4	$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{cg}{Q}}$
5	$\omega_{кр} = \sqrt[3]{\frac{cg}{Q}}$
6	$\omega_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Q}{cg}}$

**Питання 15.**

	Диференціальне рівняння руху першої маси пружної системи з двома степенями вільності має вигляд:
1	$m_1 \dot{x}_1 - c_1 x_1 - c_2 (x_2 + x_1) = 0$
2	$m_1 \dot{x}_1 - c_1 x_1 - c_2 (x_2 - x_1) = 0$
3	$m_1 \dot{x}_1 - c_1 x_1 = 0$
4	$m_1 \ddot{x}_1 + c_2 (x_2 + x_1) = 0$
5	$m_1 \ddot{x}_1 + c_1 x_1 - c_2 (x_2 - x_1) = 0$

**Питання 16.**

	Диференціальне рівняння руху другої маси пружної системи з двома степенями вільності має вигляд:
1	$m_2 \dot{x}_2 - c_1 x_2 - c_2 (x_2 + x_1) = 0$
2	$m_2 \dot{x}_2 - c_1 x_2 - c_2 (x_2 - x_1) = 0$
3	$m_1 \ddot{x}_2 - c_1 x_2 = 0$
4	$m_1 \ddot{x}_2 + c_2 (x_2 - x_1) = 0$
5	$m_1 \ddot{x}_2 + c_1 x_2 - c_2 (x_2 - x_1) = 0$

**Питання 17.**

	Якщо балка має три однакових зосереджених вантажі, тоді для такої балки при поперечних її коливаннях кількість власних частот буде рівна:
1	Одній
2	Дві
3	Три
4	Шість
5	Вона зовсім не буде коливатись

**Питання 18.**

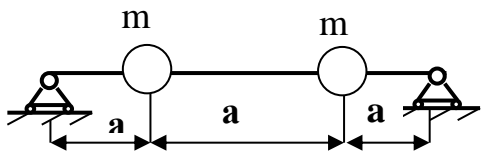
	Поперечні коливання струни описуються наступним диференціальним рівнянням:
--	--

1	$\frac{\partial y}{\partial t} - a^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$
2	$\frac{\partial y}{\partial t} + a^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$
3	$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$
4	$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + a^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$
5	$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial y}{\partial x} = 0$
6	$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + a^2 \frac{\partial y}{\partial x} = 0$

**Питання 19.**

	Загальний розв'язок диференціального рівняння поперечних коливань струни має вигляд:
1	$y = \sin \frac{n\pi}{l} x \left( A_n \cos \frac{\omega n \pi}{l} t + B_n \sin \frac{\omega n \pi}{l} t \right)$
2	$y = \sin \frac{n\pi}{l} x \left( A_n \cos \frac{\omega n \pi}{l} t - B_n \sin \frac{\omega n \pi}{l} t \right)$
3	$y = \sin \frac{n\pi}{l} x \left( A_n \sin \frac{\omega n \pi}{l} t + B_n \cos \frac{\omega n \pi}{l} t \right)$
4	$y = \cos \frac{n\pi}{l} x \left( A_n \sin \frac{\omega n \pi}{l} t - B_n \cos \frac{\omega n \pi}{l} t \right)$

**Питання 20.**

	<p>Для даної бал з двома рівними масами одиничні переміщення точок, де прикладені маси, якщо <math>k = \frac{a^3}{27EI}</math>, будуть рівні:</p> 
1	$\delta_{11} = \delta_{22} = 5, \delta_{21} = \delta_{12} = 8$
2	$\delta_{11} = \delta_{22} = 8, \delta_{21} = \delta_{12} = 8$
3	$\delta_{11} = \delta_{22} = 8, \delta_{21} = \delta_{12} = \frac{8}{12}$
4	$\delta_{11} = \delta_{22} = 8, \delta_{21} = \delta_{12} = \frac{25}{2}$



5

$$\delta_{11} = \delta_{22} = \frac{25}{2}, \delta_{21} = \delta_{12} = 8$$

### 8. Методи навчання

Навчальний процес підготовки студентів із дисципліни «Динаміка і міцність машин» передбачає застосування науково-педагогічними працівниками кафедри, широкого спектру методів навчання. При цьому перевага надається трьом групам методів це:

- організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності;
- мотивації навчально-пізнавальної діяльності;
- контролю і самоконтролю за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності.

Для розвитку у студентів творчого технічного мислення при оволодінні ними дисципліни «Динаміка і міцність машин», виникає необхідність розчленування кожної теми (проблеми) курсу на логічно завершені частини (блоки), потім їх подання в наочній графічній формі – укрупненому алгоритмі, який забезпечує зв'язки між цими окремими частинами (блоками). Такий дидактичний підхід буде розвивати в студентів системний діалектичний стиль мислення, тобто здатність охоплювати всі явища в цілому й одночасно виділяти елементи зв'язків між ними. Така форма подачі навчальної інформації забезпечує не тільки процес формування системного мислення, але й вчить методології цього процесу, розвиває уміння алгоритмічно записувати свою думку.

Реалізувати мету дисципліни «Динаміка і міцність машин», яка спрямована на вивчення студентами методів інженерних розрахунків можливо застосовуючи методи передачі й сприймання навчальної інформації:

1. Словесні (розповідь, бесіда, лекція);
2. Наочні (ілюстрація, демонстрація);
3. Практичні (досліди, вправи, навчально-продуктивна праця).

Логічні методи передачі і сприймання інформації:

1. Індуктивні;
2. Дедуктивні;
3. Аналітичні, синтетичні, аналітико-синтетичні.

Методи стимулювання самостійного мислення:

1. Репродуктивні;
2. Проблемно-пошукові;
3. Особистісно-розвивальні.

Методи самостійної роботи:

1. Робота з навчально-науковою книгою, самостійна письмова робота, лабораторна робота;
2. Робота під керівництвом викладача, включаючи й роботу з лабораторним обладнанням;
3. Самостійна робота студентів (в інтернеті, з книгою, письмова, лабораторна, виконання індивідуальних завдань).

## 9. Форми контролю

Форми проведення проміжної атестації засвоєння програмного матеріалу змістового модуля розробляється лектором дисципліни і затверджується кафедрою у вигляді:

- тестування;
- письмової контрольної роботи;
- розрахункової чи розрахунково-графічної роботи тощо.

Головною ціллю всіх форм контролю при викладанні дисципліни «Динаміка і міцність машин» є перевірка виконання кінцевої мети навчання – сформованості багатокомпонентної структури технічного мислення й інженерних та навчально-пізнавальних умінь, тобто перевірки того, чи досягло технічне мислення, структуру якого формували, рівня готовності до виконання фахових завдань.

Розвивальні можливості контролю навчальних досягнень студентів найкраще реалізуються при використанні тестових завдань відкритої форми. Такі тести дозволяють перевірити, крім запам'ятовування певної суми знань з дисципліни, також здатність творчого оперування знаннями при відповіді на поставлені контрольні запитання.

Суттєво сприяє реалізації розвивальних можливостей контролю проведення поточного опитування студентів на практичних і лабораторних заняттях із використанням простих і нестандартних виробничих ситуацій.

## 10. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання студента відбувається згідно положенням «Про екзамен та заліки у НУБіП України від 27.02.2019 р. протокол №5 з табл. 1.

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна за результати складання екзаменів заліків	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни  $R_{\text{дис}}$  (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи  $R_{\text{НР}}$  (до 70 балів):  $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$ .

### Шкала оцінювання рейтингу студента (слухача)

#### П'ятий семестр

Поточне тестування та самостійна робота							Підсумковий тест (залік)	Сума
Модуль I			Модуль II		Модуль III			
ЗМ №1			ЗМ № 2		ЗМ № 3			
T1	30	T3	T4	T5	T6	T7	30	100
10	10	10	10	10	10	10		

T1, T2 ... T8 – теми змістових модулів.

## 11. Методичне забезпечення

1. Динаміка і міцність: навчальний посібник / М.Г.Чаусов, А.П.Пилипенко, М.М.Бондар; за ред. М.Г.Чаусова – Київ: ВД «Авіцена», 2018. – 256 с.
2. Курс лекцій у вигляді презентацій.
3. Тематичний план лекцій і лабораторних занять.
4. Орієнтовний перелік контрольних питань.
5. Тестові завдання для проведення заліку.
6. Тестові завдання для проведення іспиту.

## 12. Рекомендована література

### Базова

1. Динаміка і міцність: навчальний посібник / М.Г.Чаусов, А.П.Пилипенко, М.М.Бондар; за ред. М.Г.Чаусова – Київ: ВД «Авіцена», 2018. – 256 с.
2. Опір матеріалів [Текст] : підручник для студ. механ. спец. вузів / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Є.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. - 2-ге вид., доповн. і перероб. - К. : Вища школа, 2004. - 655 с.
3. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість. Ч. I, II: Підручник/ Г.М.Калетнік, М.Г.Чаусов, В.М.Швайко, В.М.Пришляк, А.П.Пилипенко, М.М.Бондар. За ред.. Г.М.Калетніка, М.Г.Чаусова. – К.: «Хай-Тек Прес», 2011. – 616 с.
4. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник для ВНЗ III-IV рівнів акредитації. Ч. III / Г. М. Калетнік [та ін.] ; За ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова ; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України. - К. : Хай-Тек Прес, 2013. - 528 с.
5. Цурпал І.А., Пастушенко С.І., Барабан М.П., Швайко В.М. Механіка матеріалів і конструкцій. Лабораторні роботи. - К.: Аграрна освіта, 2001, 271 с.

### Допоміжна

1. Писаренко Г.С. и др. Сопротивление материалов. - К.: ВШ, 1986. 775 с.
2. Корольов П.Г., Блер І.Я., Саліон В.Ю. Опір матеріалів. – К.: вид. УСГА, 1975. – 419с.
3. Цурпал И.А. Краткий курс сопротивления материалов. – К.: ВШ, 1989. – 331 с.
4. Корольов П.Г. Опір матеріалів. Розрахунково-проектувальні роботи. – К.,1972. – 204 с.
5. Корольов П.Г., Блер І.Я., Саліон В.Ю. Опір матеріалів. – К.: вид. УСГА, 1975. – 419 с.
6. Цурпал И.А. Краткий курс сопротивления материалов. – К.: ВШ, 1989. – 331 с.
7. Корольов П.Г. Опір матеріалів. Розрахунково-проектувальні роботи. – К., 1972. – 204 с.
8. Теорія пружності [Текст] : підручник. . Ч. 1 / А. Є. Бабенко [та ін.]. - К. : Основа, 2009. - 240 с.

9. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт зі дисциплін: "Опір матеріалів" та "Механіка матеріалів і конструкцій" для студентів заочного відділення інженерних факультетів з напрямку підготовки 0919 - "механізація та електрифікація сільського господарства" [Текст] : методичні вказівки / Національний університет біоресурсів і природокористування України ; уклад.: М. Г. Чаусов, М. М. Бондар, А. Г. Куценко. - К. : Видавничий центр НУБіП України, 2009. - 131 с.

### **13. Інформаційні ресурси**

1. <http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/metkon/index.html>
2. <http://www.info-build.com.ua/normativ/detail.php?ID=45334>
3. [http://jeybud.com.ua/index.php?item=articles&d\\_id=3&sub=5106](http://jeybud.com.ua/index.php?item=articles&d_id=3&sub=5106)
4. [http://www.urdisc.com.ua/rl/info/glava\\_0.pdf](http://www.urdisc.com.ua/rl/info/glava_0.pdf)
5. <http://msd.com.ua/metalevi-konstrukcii/>
6. <http://www.atlasward-ua.com/>