

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»

КАФЕДРА металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій  
(повна назва кафедри)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної  
та навчальної роботи

Р.Б.Папірник

2019 року



## СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Металеві конструкції. Спеціальний курс. Розрахунок будівель і споруд при дії динамічних навантажень і впливів»

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва напрямку підготовки або спеціальності)

освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»

(назва спеціалізації)

форма навчання денна

(денна, заочна)

розробники Кулябко Володимир Васильович, Ярошенко Денис Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

### 1. АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Програма вивчення навчальної дисципліни «Металеві конструкції. Спеціальний курс. Розрахунок будівель і споруд при дії динамічних навантажень і впливів» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Промислове та цивільне будівництво» підготовки магістрів за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Основними завданнями вивчення дисципліни «Металеві конструкції. Спеціальний курс. Розрахунок будівель і споруд при дії динамічних навантажень і впливів» є ознайомлення студентів із сучасними методами динамічних розрахунків будівель і споруд, утому числі із застосуванням методів прямого динамічного розрахунку в часовій області, формування навичок студентів по створенню динамічних моделей будівель і споруд, а також коректному збору навантажень на них. Програмою навчальної дисципліни «Металеві конструкції. Спеціальний курс. Розрахунок будівель і споруд при дії динамічних навантажень і впливів» також передбачено закріплення отриманих теоретичних знань на практичних заняттях та при виконанні самостійної роботи (опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях, підготовка до аудиторних занять та до контрольних заходів).

## 2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

	Години	Кредити	Семестр
			II
Всього годин за навчальним планом, з них:	<b>90</b>	<b>3</b>	<b>90</b>
<b>Аудиторні заняття, у т.ч:</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>30</b>
лекції	22	-	22
лабораторні роботи		-	-
практичні заняття	8	-	8
<b>Самостійна робота, у т.ч:</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>60</b>
підготовка до аудиторних занять	20	-	20
підготовка до контрольних заходів	20	-	20
опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	20	-	20
виконання курсового проекту		-	-
підготовка до екзамену		-	-
<b>Форма підсумкового контролю</b>			<b>залік</b>

## 3. СТИСЛИЙ ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета вивчення дисципліни** - Забезпечити на основі ступеня бакалавра підготовку професійних кадрів у сфері промислового та цивільного будівництва шляхом здобуття ними компетентностей, достатніх для виконання досліджень, результати яких мають теоретичне та практичне значення, а також їх підтримку в ході підготовки та захисту дипломного проекту магістра. Отримання теоретичних та практичних навичок динамічного розрахунку будівель і споруд, оволодіння основними методами створення динамічних моделей будівель і споруд, положень нормативних документів щодо збору динамічних навантажень на будівлі та споруди, а також методами нормування рівня вібрації у виробничих і житлових приміщеннях, методами зниження рівня коливань будівельних конструкцій.

**Завдання дисципліни** – вивчення відповідних розділів навчальної дисципліни, освоєння інструментарію ведення динамічних розрахунків будівель і споруд, у тому числі із застосуванням методів прямого динамічного розрахунку в часовій області, формування навичок студентів по створенню динамічних моделей будівель і споруд, а також коректному збору навантажень на них.

**Пререквізити дисципліни** – «Математика»; «Фізика»; «Теоретична механіка»; «Опір матеріалів»; «Будівельна механіка»; «Архітектура будівель та споруд»; «Конструкції будівель та споруд»; «Основи та фундаменти».

**Постреквізити дисципліни.**

«Системи автоматизованого проектування будівель та споруд»; «Раціональне проектування металевих конструкцій будівель та споруд».

**Компетентності.**

**Загальні компетентності:** ЗК3, ЗК5, ЗК7, ЗК8, ЗК9, ЗК10, ЗК11, ЗК12, ЗК15 (згідно з освітньо-професійною програмою «ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО». СВО ПДАБА 192 мп – 2018, таблиця 8.5);

**Фахові компетентності:** ФК3, ФК4, ФК8, ФК9, ФК10, ФК11, ФК13, ФК18, ФК19, ФК21 (згідно з СВО ПДАБА 192 мп – 2018, таблиця 8.5);

**Заплановані результати навчання.** У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** ЗН6, ЗН13, ЗН18, ЗН19 (згідно з СВО ПДАБА 192 мп – 2018, таблиця 8.5);

**вміти:** УМ1, УМ10, УМ11, УМ19 (згідно з СВО ПДАБА 192 мп – 2018, таблиця 8.5);

**Методи навчання:** практичний (досліди, вправи, навчально-продуктивна праця); наочний (ілюстрація, демонстрація, спостереження студентів); словесний (пояснення,

роз'яснення, розповідь, бесіда, лекція, дискусія, диспут); робота з книгою (читання, вивчення, реферування, швидкий огляд, цитування, виклад, складання плану, конспектування).

**Форми навчання** – колективна, аудиторна (лекції, практичні заняття), поза аудиторні (підготовка до аудиторних занять та контрольних заходів, виконання курсової роботи/проекту, опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях), індивідуальна, групова.

#### 4. СТРУКТУРА (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Назва змістових модулів і тем	Кількість годин, у тому числі				
	усього	л	п	лаб	с/р
<b>Змістовий модуль 1. Розрахунок будівель і споруд при дії динамічних навантажень і впливів</b>					
<b><u>Вступ і основні поняття динаміки споруд.</u></b> Про важливість динамічних розрахунків у сучасному будівництві і про зв'язок спецкурсу з іншими курсами (математики, теорії коливань, будівельної механіки, конструкцій). Причини і види динамічних впливів.	8	2	2		4
<b><u>Число ступенів вільності споруд.</u></b> Види коливань і сил, що діють на маси конструкцій. Коливання систем з одним ступенем вільності без тертя (осциляторів). Диференціальні рівняння власних і вимушених лінійних і нелінійних коливань. Динамічні коефіцієнти (та їх епюри) для різноманітних систем.	6	2			4
<b><u>«Пряма і обернена форми» запису диференціальних рівнянь руху систем з декількома ступенями вільності (методи переміщень і сил).</u></b> Частоти і форми власних коливань, ортогональність власних форм. Огляд способів комп'ютерного моделювання задач аналізу частот і форм власних коливань споруд. Рівняння руху систем при вимушених коливаннях. Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ).	8	2	2		4
<b><u>Застосування методу скінченних елементів (МСЕ) і програмних комплексів (ПК) для динамічних розрахунків споруд.</u></b> Системи з розподіленими і зосередженими параметрами. Розгляд прикладу динамічного розрахунку рами МСЕ.	6	2			4
<b><u>Наближені дискретні моделі для різних типів будівель, споруд і середовищ.</u></b> Поперечні коливання стержнів – теорія і приклади практичного вирішення задач – різні (граничні, початкові) умови. Моделювання взаємодії будівель і споруд з ґрунтовою основою і сипучим середовищем. Моделювання взаємодії будівель і споруд з різними рухомими навантаженнями	8	2	2		4

(екіпажі, потоки і т.ін.).					
<b><u>Поняття про сейсмічні навантаження.</u></b> Тенденції і ідеї ДБН «Будівництво у сейсмічних районах України». Квазістатичний підхід до розрахунків на сейсмостійкість. Використання форм методів сил і переміщень при сейсмічних розрахунках. Випадкові коливання будівель і споруд у сейсмічних районах – застосування ПЕОМ при розрахунках в часовій (розрахунок за акселерограмами) і частотній областях.	6	2			4
<b><u>Вимушені коливання систем.</u></b> Розгляд прикладу динамічного розрахунку рами з двома ступенями вільності. Види сил непружного (лінійного і нелінійного) опору і їх врахування при вільних (міри затухання) і вимушених коливаннях.	8	2	2		4
<b><u>Приклади створення динамічних моделей складних складених об'єктів.</u></b> Висотні будівлі та споруди. Великопрогонові споруди. Динамічний гаситель коливань і об'єкт – як ланцюгова система. Варіанти розрахунків і комп'ютерного моделювання.	10	2			8
<b><u>Аналіз сучасних напрямків динаміки конструкцій і споруд.</u></b> Лінійні і нелінійні елементи комп'ютерних і математичних моделей, а також диференціальних рівнянь. Зміна структур моделей і систем рівнянь.	10	2			8
<b><u>Особливості розрахунку і заходи щодо підвищення стабільності і сейсмостійкості будівель і споруд.</u></b> Конструкції і моделі (сейсмоізоляційні пояси, фундаменти, діафрагми, в'язі, напівжорсткі вузли); впровадження в архітектурне проектування методів динамічного конструювання (МДК) і формоутворення (МДФ). Експериментальна динаміка конструкцій і споруд. Блок-схеми динамічних випробувань (натурних та лабораторних). Метод динамічної діагностики (МДД) і моніторинг технічного стану будівельних об'єктів. Зонінг територій. Паспортизація: сейсmodинамічна, віброекологічна і т.п.	10	2			8
<b><u>Огляд і переліки задач і доповідей по динаміці споруд на міжнародних конференціях.</u></b> Актуальні теми для наукових і дисертаційних робіт по динаміці споруд. Варіанти курсових завдань, що рекомендовані, наприклад, факультативно магістрантам на один чи два семестри по спецкурсу.	10	2			8
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>90</b>	<b>22</b>	<b>8</b>		<b>60</b>
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>22</b>	<b>8</b>		<b>60</b>

## 5. ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	<u>Вступ і основні поняття динаміки споруд.</u> Про важливість динамічних розрахунків у сучасному будівництві і про зв'язок спецкурсу з іншими курсами (математики, теорії коливань, будівельної механіки, конструкцій). Причини і види динамічних впливів.	2
2	<u>Число ступенів вільності споруд.</u> Види коливань і сил, що діють на маси конструкцій. Коливання систем з одним ступенем вільності без тертя (осциляторів). Диференціальні рівняння власних і вимушених лінійних і нелінійних коливань. Динамічні коефіцієнти (та їх епюри) для різноманітних систем.	2
3	<u>«Пряма і обернена форми» запису диференціальних рівнянь руху систем з декількома ступенями вільності (методи переміщень і сил).</u> Частоти і форми власних коливань, ортогональність власних форм. Огляд способів комп'ютерного моделювання задач аналізу частот і форм власних коливань споруд. Рівняння руху систем при вимушених коливаннях. Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ).	2
4	<u>Застосування методу скінченних елементів (МСЕ) і програмних комплексів (ПК) для динамічних розрахунків споруд.</u> Системи з розподіленими і зосередженими параметрами. Розгляд прикладу динамічного розрахунку рами МСЕ.	2
5	<u>Наближені дискретні моделі для різних типів будівель, споруд і середовищ.</u> Поперечні коливання стержнів – теорія і приклади практичного вирішення задач – різні (граничні, початкові) умови. Моделювання взаємодії будівель і споруд з ґрунтовою основою і сипучим середовищем. Моделювання взаємодії будівель і споруд з різними рухомими навантаженнями (екіпажі, потоки і т.ін.).	2
6	<u>Поняття про сейсмічні навантаження.</u> Тенденції і ідеї ДБН «Будівництво у сейсмічних районах України». Квазістатичний підхід до розрахунків на сейсмостійкість. Використання форм методів сил і переміщень при сейсмічних розрахунках. Випадкові коливання будівель і споруд у сейсмічних районах – застосування ПЕОМ при розрахунках в часовій (розрахунок за акселерограмами) і частотній областях.	2
7	<u>Вимушені коливання систем.</u> Розгляд прикладу динамічного розрахунку рами з двома ступенями вільності. Види сил непружного (лінійного і нелінійного) опору і їх врахування при вільних (міри затухання) і вимушених коливаннях.	2
8	<u>Приклади створення динамічних моделей складних складених об'єктів.</u> Висотні будівлі та споруди. Великопрогонові споруди. Динамічний гаситель коливань і об'єкт – як ланцюгова система. Варіанти розрахунків і комп'ютерного моделювання.	2
9	<u>Аналіз сучасних напрямків динаміки конструкцій і споруд.</u> Лінійні і нелінійні елементи комп'ютерних і математичних моделей, а також диференціальних рівнянь. Зміна структур моделей і систем рівнянь.	2

10	<u>Особливості розрахунку і заходи щодо підвищення стабільності і сейсмостійкості будівель і споруд.</u> Конструкції і моделі (сейсмоізоляційні пояси, фундаменти, діафрагми, в'язі, напівжорсткі вузли); впровадження в архітектурне проектування методів динамічного конструювання (МДК) і формоутворення (МДФ). Експериментальна динаміка конструкцій і споруд. Блок-схеми динамічних випробувань (натурних та лабораторних). Метод динамічної діагностики (МДД) і моніторинг технічного стану будівельних об'єктів. Зонінг територій. Паспортизація: сейсmodинамічна, віброекологічна і т.п.	2
11	<u>Огляд і переліки задач і доповідей по динаміці споруд на міжнародних конференціях.</u> Актуальні теми для наукових і дисертаційних робіт по динаміці споруд. Варіанти курсових завдань, що рекомендовані, наприклад, факультативно магістрантам на один чи два семестри по спецкурсу.	2
	<b>Разом</b>	<b>22</b>

### 6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	<u>Приклади динамічних розрахунків на власні коливання.</u> Балки, рами, фундаменти (під машини з динамічними навантаженнями) при простих моделях систем.	2
2	<u>Приклади розрахунків на вимушені коливання.</u> Відмінність динамічного коефіцієнта для моделей-осциляторів від епюр цих коефіцієнтів – для стрижневих систем з декількома ступенями вільності.	2
3	<u>Дослідження вільних коливань конструкцій</u> (на макетах будівель і споруд).	2
4	<u>Дослідження вимушених коливань конструкцій</u> (на макетах будівель і споруд).	2
	<b>Разом</b>	<b>8</b>

### 7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Вид роботи / Назва теми	Кількість годин
	Навчальним планом не передбачені.	

### 8. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ п/п	Вид роботи / Назва теми	Кількість годин
1	<b>підготовка до аудиторних занять</b>	20
2	<b>підготовка до контрольних заходів</b>	20
3	<b>опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях</b> Теми до самостійного опрацювання: 1) Аналіз динамічного розрахунку статично і кінематично невизначуваної рами 2) Розрахунки споруд на імпульсні впливи	20

	3)	Жорсткий і пружний удар по конструкції, що згинається	
	4)	Вібровимірвальна та реєструвальна апаратура	
		<b>Разом</b>	<b>60</b>

## 9. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Методом контролю знань студентів є письмовий контроль та усне опитування на практичних роботах, а також з лекційного матеріалу.

## 10. ПОРЯДОК ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

*Підсумкова оцінка* визначається як оцінка поточного контролю.

**Максимальна оцінка з поточного контролю (за змістовним модулем) – 100 балів.**

Оцінка поточного контролю складається із:

- оцінювання присутності студента на лекціях;
- оцінювання присутності студента на практичних заняттях;
- оцінювання контрольної роботи студента;
- оцінювання конспекту лекцій;
- оформлення та захист задач за темами практичних занять.

Оцінка змістового модуля складається із наступного:

- **відвідування** 1 лекційного чи 1 практичного заняття – 2 бали (всього **30** балів за відвідування 11-ми лекцій і 4-х практичних занять в змістовому модулі);

- **оцінювання конспекту лекцій** - максимально нараховується **10** балів:

- конспект неповний (законспектовано не всі лекції) – 1-7 балів;
- конспект повний (законспектовано всі лекції), але містить помилки, пов'язані з неуважною роботою на лекціях – 8-9 балів;
- конспект повний, якісно виконаний – **10** балів;

- оформлення та захист **задач** за темами практичних занять (максимально нараховується **40** балів):

- якщо задачі виконано правильно і студент може пояснити хід виконання вирішення задач – 28-40 балів (залежить від повноти усного пояснення ходу вирішення).
- якщо задачі виконано правильно, але студент не може пояснити хід вирішення задач – 14-27 балів;
- якщо задачі виконані частково, або є помилки – 0-13 балів;

Максимальна оцінка за виконання **контрольної роботи** – 20 балів. Всього питань для виконання контрольної роботи – 2.

На кожне питання контрольної роботи із зазначеної максимальної кількості балів нараховують:

- **10** – якщо відповідь є правильною та повною, з правильним розкриттям сутності питання, правильним без помилок викладанням матеріалу і необхідним рівнем його деталізації;
- **5-9** - якщо у відповіді правильно розкрито сутність питання, але у викладанні матеріалу мають місце не принципові помилки;
- **2-4** – якщо у відповіді розкрито сутність питання, але у викладанні матеріалу допущені принципові помилки;
- **1** – якщо у відповіді є принципові неточності при розкритті сутності питання;
- **0** - якщо у відповіді не розкрито сутність питання або повна відсутність відповіді.

### Порядок зарахування пропущених занять

Пропущені лекції або практичні заняття зараховуються шляхом самостійного опрацювання студентом лекцій або практичних занять (конспектування, розв'язання задачі, підготовка реферату, тощо) із наступним їх захистом за графіком консультацій викладача.

## 11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2006. – К.: Мінбуд України, 2006. – 75 с.
2. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2014. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 110 с.
3. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини і переміщення. Вимоги проектування.
4. Методичні вказівки до виконання дипломних робіт «Комп'ютерне моделювання задач динаміки споруд в програмному комплексі Mathcad» для студентів спеціальності 7,8.06010101 – «Промислове і цивільне будівництво» денної та заочної форм навчання / Кулябко В.В., Ярошенко Д.С. – Дніпропетровськ: ДВНЗ ПДАБА, 2013. – 45 с.
5. Редченко В. П. Динамічні випробування мостів, частина 1: загальні положення, спектральний аналіз, динамічні характеристики: монографія. – Дніпро: Видавництво «Пороги», 2016. – 216 с.
6. Редченко В. П. Динамічні випробування мостів, частина 2: вільні коливання, модальний контроль: монографія. – Дніпро: Видавництво «Пороги», 2017. – 216 с.
7. Казакевич М. И. Ветровая безопасность конструкций. Теория и практика: Моногр. – М.: типография «Август Борг», 2016. – 288 с.
8. Кулябко В.В. Динамика конструкций, зданий и сооружений. Часть 1. Статико-динамические модели для анализа свободных колебаний и взаимодействия сооружений с основаниями и подвижными нагрузками. – Запорожье, 2005. – 232 с.
9. Казакевич М.И. Введение в виброэкологию зданий и сооружений / М.И. Казакевич, В.В. Кулябко. – Днепропетровск, 1996. – 200 с.
10. Гордеев В. Н. Нагрузки на здания и сооружения / В. Н. Гордеев, А. И. Лантух-Лященко, М. А. Микитаренко, В. А. Пашинский, А. В. Перельмутер, С. Ф. Пичугин / Под общ. ред. А. В. Перельмутера. – К.: Сталь, 2005. – 500 с.
11. Перельмутер А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В.Перельмутер, В.И.Сливкер. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 736 с.
12. Перельмутер А.В., Кабанцев О.В. Анализ конструкций с изменяющейся расчетной схемой. – М.: Издательство СКАД СОФТ, изд. Дом АСВ, 2015. – 148 с.
13. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С.Городецкий, И.Д.Евзеров. – К.: Издательство «Факт», 2005. – 344 с.
14. Конспект лекций «Динамические расчеты строительных конструкций» по спецкурсу для магистрантов специальности 8.092104 «Промышленное и гражданское строительство» (вариант на русском языке). Часть 1,2. / Сост.: Кулябко В.В. – Макеевка: ДонНАСА, 2005. – 282 с.

### Допоміжна

1. Рекомендации по проектированию зданий с сейсмоизолирующим скользящим поясом и динамическими гасителями колебаний / ЦНИИСК им. Кучеренко, НИИОСП им. Герсеванова. – М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 1985. - 55 с.
2. Окамото Ш. Сейсмостойкость инженерных сооружений: Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1980. – 342 с.
3. Корчинский И.Л. Сейсмостойкое строительство зданий / И.Л. Корчинский, Л.А. Бородин, А.Б. Гроссман и др. Учеб. пособие для вузов. – М.: «Выш. школа», 1971. – 320 с.
4. Руководство по проектированию одноэтажных и многоэтажных производственных зданий со стальным каркасом в сейсмических районах. – М.: Стройиздат, 1977. – 107 с. (Центр. Научно-исслед. и проектно-эксперим. ин-т пром. зданий и сооружений).



5. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. школа, 1983. – 304 с.

6. Коренев Б.Г. Динамические гасители колебаний: Теория и технические приложения / Б.Г.Коренев, Л.М. Резников – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1988. – 304 с.

7. Коренев Б.Г. Справочник по динамике сооружений / Б.Г. Коренев, И.М. Рабинович. – М.: Стройиздат, 1972. – 511 с.

8. Динамический расчет специальных инженерных сооружений и конструкций: Справочник проектировщика/Под ред. Б.Г.Коренева, А.Ф.Смирнова.- М.: Стройиздат,1986. – 461 с.

9. Динамический расчет зданий и сооружений (Справочник проектировщика) / М.Ф. Барштейн, В.А. Ильичев, Б.Г. Коренев и др.; Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984. – 303 с.

10. Рекомендации по виброзащите несущих конструкций производственных зданий / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М., 1988. – 217 с.

11. Клаф Р. Динамика сооружений / Клаф Р., Пензиен Дж., пер. с англ. – Стройиздат, 1979. – 320 с.

12. Киселев В.А. Строительная механика: Спец. курс. Динамика и устойчивость сооружений. Учебник для вузов. – 3-е изд., испр. и лоп. – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.

13. Абовский Н.П. Регулирование. Синтез. Оптимизация. Избранные задачи по строительной механике и теории упругости: Учеб. пособие для вузов / Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский, В.И. Савченков и др., 3-е изд., переработ. и доп. – М.: Строиздат, 1993. – 456 с.

14. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний: Учебное пособие / Я.Г. Пановко– М.: Наука. Глав. редакция физико-математической литературы, 1980. – 272 с.

15. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уивер, пер. с англ. Л.Г. Корнейчука – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.

## 12. INTERNET - РЕСУРСИ

Бесіди проф.Кулябко В.В. про динаміку споруд на **Youtube** із зазначенням теми і часу:

1) <http://okmm.nmu.org.ua/ua/CITEPTMTI2018.php#.W3wRrMJn2po> (дві вступні бесіди про динаміку і гурток);

2) <https://www.youtube.com/watch?v=X6MLfqaEKrI> (знайомство з динамікою споруд і кінематичний аналіз, 17 хв.);

3) <https://www.youtube.com/watch?v=xyCYLxsOhhY> (кінематичний аналіз, статика, напруження – терміни 42 хв.);

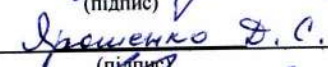
4) <https://www.youtube.com/watch?v=uEgwQe1RlBl> (сучасні проблеми і перспективи динаміки споруд, 33 хв.);

5) <https://www.youtube.com/watch?v=vU5CypTTaBQ> (перехід від статички до динаміки, 50 хв.);

6) <https://www.youtube.com/watch?v=TGwz2Mkfalg> (основні поняття лінійної теорії коливаний, 33 хв.);

7) [https://www.youtube.com/watch?v=CLN\\_urAu-TY](https://www.youtube.com/watch?v=CLN_urAu-TY) (дискретні динамічні моделі, 30 хв.)

Розробники:  (В. В. Кулябко)  
(підпис)

 (Д. С. Ярошенко)  
(підпис)

Гарант освітньої програми  (Т. Д. Нікіфорова)  
(підпис)