

Міністерство освіти і науки України  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра електричних станцій та систем

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор з науково-педагогічної роботи по організації навчального процесу та його науково-методичного забезпечення



Васілевський О. М.

« 06 » 2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Планування експериментальних досліджень  
в електротехнічних комплексах та системах**

**рівень вищої освіти** третій (освітньо-науковий)  
**галузь знань** 14 – Електрична інженерія  
**спеціальність** 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
**освітня кваліфікація** Доктор філософії з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

2020 рік

Робоча програма навчальної дисципліни

«Планування експериментальних досліджень в електротехнічних комплексах та системах»

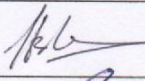
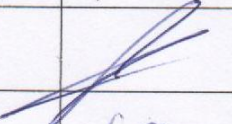

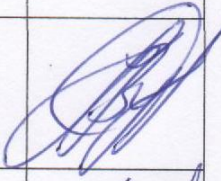
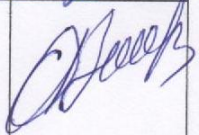
рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

галузь знань 14 – Електрична інженерія

спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

освітня кваліфікація Доктор філософії з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

2020. – 13 с.

	Посада Протокол засідання	ПІБ	Підпис
<b>Розроблено</b>	Професор кафедри ЕСЕЕМ	к.т.н., професор Рубаненко О. Є.	
<b>Схвалено</b>	Гарант освітньо-наукової програми	д.т.н., доцент Кулик В. В.	
	Зав. кафедри ЕСС засідання кафедри ЕСС (протокол № 11 від 21.04.2020 р.)	д.т.н., професор Лежнюк П. Д.	
	Директор ІнМАД засідання секції Науково-технічної ради ВНТУ (протокол № 2 від 25.05.2020 р.)	д.т.н., професор Грушко О. В.	
<b>Затверджено</b>	Голова методичної ради Методична рада ВНТУ (протокол № 12 від 18.06.2020 р.)	д.т.н., професор Васілевський О. М.	

© О.Є. Рубаненко, 2020.

© ВНТУ, 2020 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 14 Електрична інженерія	Обов'язкова (професійна)	
Модулів – 2	спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		2	2
Індивідуальне науково-дослідне завдання		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 90		2	2
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 3,0	Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	<b>Лекції</b>	
		32 год.	6 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		16 год.	6 год.
		<b>Лабораторні</b>	
		Курсовий проект	
		<b>Самостійна робота</b>	
		42 год.	78 год.
		Вид контролю: залік	

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 53 % - 47 %,

для заочної форми навчання – 13 % - 77 %

Мова навчання – українська.

## **2. Передумови для вивчення дисципліни**

Дисципліна «Планування експериментальних досліджень в електротехнічних комплексах та системах» базується на знаннях та уміннях, отриманих студентами під час вивчення дисциплін: «Математичне моделювання в наукових дослідженнях», «Філософсько-світоглядні засади сучасної науки й цивілізації», «Оптимізація функціонування та автоматизація електроенергетичних систем та електротехнічних комплексів» і створює передумови для написання дисертації. Вивчення дисципліни передбачає проведення власного наукового дослідження, планування, проведення, публікацію результатів експериментальних досліджень та апробацію результатів дослідження, підготовлення рукопису дисертації.

## **3. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета** викладання дисципліни полягає у формуванні компетентностей, необхідних для якісного планування, проведення та інтерпретації результатів експериментальних досліджень під час роботи над дисертацією для отримання наукового ступеня доктора філософії.

**Основне завдання** вивчення навчальної дисципліни полягає в тому, щоб оволодіти методами планування, проведення та інтерпретації результатів експериментальних досліджень.

### **Мета вивчення дисципліни:**

формування знань аспірантів про основні принципи планування експерименту, програмне забезпечення комп'ютерного та фізичного експерименту та його використання при визначенні оптимальних планів експерименту.

**Основне завдання** вивчення навчальної дисципліни полягає в формуванні у аспірантів системи компетентностей та навичок з планування, проведення, обробки та інтерпретації результатів експерименту, що забезпечать їм здатність до організації та проведення наукових досліджень; здатність до ефективної управлінської, інженерної та викладацької діяльності, що дозволяє вести дослідницьку експериментальну роботу прискореними темпами, які забезпечують прийняття рішень, близьких до оптимальних.

### **Програмні результати вивчення дисципліни**

Згідно з **вимогами освітньо-наукової програми здобувачі повинні:**

ПР04. Знати і розуміти сучасні методи ведення науково-дослідної роботи, організації та планування експерименту, комп'ютеризованих методів дослідження та опрацювання результатів вимірювань.

ПР05. Знати і розуміти основні поняття теорії вимірювань, їх застосування на практиці та для комп'ютерного моделювання об'єктів та явищ.

ПР07. Уміти аналізувати інженерні продукти, процеси та системи за встановленими критеріями, обирати і застосовувати найбільш придатні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для проведення досліджень, інтерпретувати результати досліджень.

ПР08. Уміти виконувати постановку, формулювання і розв'язання завдань у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування з урахуванням важливості соціальних обмежень (суспільство, здоров'я і безпека, охорона довкілля, економіка, промисловість тощо).

ПР10. Уміти проектувати та розробляти інженерні продукти, процеси та системи автоматизованого виробництва, обирати і застосовувати методи комп'ютеризованих експериментальних досліджень.

ПР12. Володіти сучасними методами та розробленими методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів.

ПР13. Уміти організовувати і проводити технічні випробування інженерних продуктів.

ПР15. Володіти сучасними методами теоретичних та експериментальних досліджень з оцінювання точності отриманих результатів вимірювань

### **Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни.**

К05. Здатність виявляти та вирішувати науково-практичні проблеми, ставити та розв'язувати задачі дослідницького характеру, приймати обґрунтовані рішення та самостійно працювати над їх практичною реалізацією.

К06. Здатність застосувати сучасні інформаційні технології у науковій діяльності, знаходити та критично аналізувати інформацію з реферативних та повнотекстових, зокрема наукометричних баз даних.

ФК1. Здатність демонструвати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами та комплексами.

ФК5. Здатність застосовувати відповідні математичні методи, комп'ютерні технології, а також засади стандартизації та сертифікації для розв'язання завдань в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК7. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки з використанням комп'ютерного моделювання.

ФК9. Здатність впроваджувати новітні досягнення для проектування автоматизованого виробництва і автоматизованого розроблення або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК11. Здатність демонструвати розуміння технічних аспектів надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем.

ФК14. Здатність демонструвати обізнаність з питань надійності та ефективності функціонування електроенергетичних та електротехнічних систем з відновлюваними джерелами енергії, що зумовлені необхідністю забезпечення сталого розвитку.

### **Контрольні заходи**

Поточний та підсумковий контроль знань здобувачів проводиться шляхом фронтального, індивідуального чи комбінованого опитування під час практичного заняття, контрольних робіт, колоквиумів, тестування, заліку.

На позааудиторну роботу виносяться вивчення окремих проблем курсу, підготовка до практичних занять, колоквиумів, тестування, диференційованого заліку, виконання індивідуальних науково-дослідних завдань (підготовка доповідей на щорічну науково-теоретичну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ та інші науково-технічні конференції та семінари, підготовка наукових публікацій).

## **4. Програма навчальної дисципліни**

### **Інформаційний обсяг навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Загальні засади планування експерименту.**

Тема 1. **Вступ.** Мета та задачі курсу. Актуальність методів та засобів планування та проведення експерименту під час досліджень: параметрів електроенергетичних систем (ЕЕС) з відновлювальними джерелами енергії, електротехнічних комплексів з устаткуванням компенсації реактивної потужності, пристроїв контролю, діагностування та релейного захисту електричного обладнання.

Тема 2. **Вимірювання.** Невизначеність вимірів діагностичних параметрів та параметрів режимів ЕЕС. Стандартна невизначеність. Аналіз результатів повторних спостережень.

Тема 3. **Перевірка гіпотез.** Перевірка гіпотези про вид закону розподілу результатів спостережень. Методи перевірки гіпотез про вид закону розподілу, про стан електричного обладнання і т.п..

Тема 4. **Критерії адекватності.** Критерій  $\chi^2$  Пірсона. Складений критерій.

Тема 5. **Обробка результатів експериментів.** Обробка результатів кількох серій вимірювань. Вимірювання не випадкових величин та їх реалізацій.

Тема 6. **Повний факторний експеримент та дробовий факторний експеримент.**

Тема 7. **Нерівнокількісні спостереження.** Розрахункові формули для сум.

Тема 8. **Випробування при підвищених і граничних навантаженнях.**

**Змістовий модуль 2. Методи планування та обробки результатів експерименту.**

Тема 9. **Метод контрольних меж.** Призначення методу контрольних меж. Рівноточні вимірювання постійної величини.

Тема 10. **Метод статистичної обробки результатів вимірювань під час контролю якості продукції.** Статистичний контроль якості продукції.

Тема 11. **Метод та техніка контрольних карт.** Форма контрольної карти типу "середнє-розмах".

Тема 12. **Метод дисперсійного аналізу результатів експерименту.**

Тема 13. **Метод факторний аналіз.** Однофакторний дисперсійний аналіз. Припущення, на яких базується дисперсійний аналіз. Ідея дисперсійного аналізу. Розкладання сум квадратів. Оцінка дисперсій. Оцінка впливу фактора.

Тема 14. **Багатофакторний дисперсійний аналіз.** Розкладання сум квадратів. Оцінка дисперсій. Оцінка впливу факторів. Розрахункові формули для сум.

Тема 15. **Багатофакторний експеримент.**

## 5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.с.		л	п	лаб	інд	с.р.с.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
<b><i>Змістовий модуль 1. Теоретичні засади планування експерименту.</i></b>												
Тема 1. <b>Вступ.</b> Мета та задачі курсу. Актуальність методів та засобів планування та проведення експерименту.	5	2	1	0	0	2	4	1	0	0	0	3
Тема 2. <b>Вимірювання.</b> Невизначеність вимірів. Стандартна невизначеність. Аналіз результатів повторних спостережень.	5	2	1	0	0	2	3	0	0	0	0	3
Тема 3. <b>Перевірка гіпотез.</b> Перевірка гіпотези про вид закону розподілу результатів спостережень. Методи перевірки гіпотез про вид закону розподілу.	5	2	1	0	0	2	3	0	0	0	0	3
Тема 4. <b>Критерії адекватності.</b> Критерій $\chi^2$ Пірсона. Складений критерій.	5	2	1	0	0	2	3	0	0	0	0	3
Тема 5. <b>Обробка результатів експериментів.</b> Обробка результатів кількох серій вимірювань. Вимірювання не випадкових величин та їх реалізацій.	5	2	1	0	0	2	3	0	0	0	0	3
Тема 6. <b>Повний</b> факторний експеримент та дробовий факторний експеримент.	5	2	1	0	0	2	3	0	0	0	0	3
Тема 7. <b>Нерівнокількісні спостереження.</b> Розрахункові формули для сум.	5	2	1	0	0	2	3	0	0	0	0	3
Тема 8. <b>Випробування</b> при підвищених і граничних навантаженнях.	5	2	1	0	0	2	3	0	0	0	0	3
<b>Разом за модулем 1</b>	<b>40</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24</b>



<b>Модуль 2</b>												
<b>Змістовий модуль 2. Методи планування експерименту.</b>												
Тема 9. <b>Метод контрольних меж.</b> Призначення методу контрольних меж. Рівноточні вимірювання постійної величини.	6	2	1			3	4	0	0	0	0	4
Тема 10. <b>Метод статистичної обробки результатів вимірювань під час контролю якості продукції.</b> Статистичний контроль якості продукції.	6	2	1			3	4	0	0	0	0	4
Тема 11. <b>Метод та техніка контрольних карт.</b> Форма контрольної карти типу "середнє-розмах".	7	2	1			4	12	1	1			10
Тема 12. <b>Метод дисперсійного аналізу результатів експерименту.</b>	6	2	1			3	4	0	0	0	0	4
Тема 13. <b>Метод факторний аналіз.</b> Однофакторний дисперсійний аналіз. Припущення, на яких базується дисперсійний аналіз. Ідея дисперсійного аналізу. Розкладання сум квадратів. Оцінка дисперсій. Оцінка впливу фактора.	7	2	1			4	12	1	1			10
Тема 14. <b>Багатофакторний дисперсійний аналіз.</b> Розкладання сум квадратів. Оцінка дисперсій. Оцінка впливу факторів. Розрахункові формули для сум.	7	2	1			4	13	2	2			10
Тема 15. <b>Багатофакторний експеримент.</b>	11	4	2			5	16	2	2			12
Разом за модулем 2	<b>50</b>	<b>16</b>	<b>8</b>			<b>26</b>	<b>65</b>	<b>5</b>	<b>6</b>			<b>54</b>
Усього годин	<b>90</b>	<b>32</b>	<b>16</b>			<b>42</b>	<b>90</b>	<b>6</b>	<b>6</b>			<b>78</b>

## 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи обробки результатів експерименту. Метод контрольних меж.	4
2	Метод однофакторного дисперсійного аналізу результатів експерименту.	4
3	Метод багатфакторного аналізу результатів експерименту.	4
4	Методи оптимізації кількості експериментів. D-оптимальні експериментальні плани.	4
	<b>Всього</b>	<b>16</b>

## 7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Характеристика методів експериментальних досліджень	2
2	Методи емпіричного дослідження	2
3	Теорія експерименту.	2
4	Стратегія побудови математичної моделі.	2
5	Планування експерименту	2
6	Основні етапи планування та проведення експерименту	2
7	Схема «чорного ящика» об'єкту досліджень	2
8	Повний факторний експеримент. Прийняття рішень перед плануванням експерименту	2
9	Властивості факторів:	2
10	Складання плану експерименту	2
11	Планування експерименту	2
12	Експериментальний план	2
13	Проведення експерименту	2
14	Аналіз експерименту	2
15	Властивості факторів ПФЕ. Властивості плану	2
16	Статистична обробка результатів експерименту	2
17	Апостеріорний аналіз	2
18	Планування експерименту другого порядку. Центральне композиційне планування.	2
19	Порядок побудови матриці планів експерименту методом центрального композиційного планування	2
20	Види матриць плану для ЦКП	2
21	Статистичний аналіз результатів експерименту ЦКП	1
22	Апостеріорний аналіз одержаного рівняння	1
	<b>Всього</b>	<b>42</b>

## 8. Індивідуальні завдання

За рішенням кафедри студенти готують реферати з окремих тем та доповіді на щорічну науково-теоретичну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ.

## 9. Методи навчання

Лекція, проблемна лекція, демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання, практичні роботи, підготовка рефератів, доповідей науково-дослідного характеру, зокрема, на щорічну науково-технічну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ.

## 10. Методи контролю

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань здобувачів під час лекційних і практичних занять, тестування, колоквіумів, захисту контрольної роботи (для здобувачів заочної форми навчання), залік.

## 11. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Таблиця 1 – Вид контролю – залік

Поточне тестування та самостійна робота						Сума
Модуль 1			Модуль 2			100
Тема 1	...	Тема 8	Тема 9	...	Тема 15	
50			50			

Таблиця 2 - Кількість і зміст модулів

Модуль	Кредити	Лекції (год.)	Практичні заняття (семінари) (год.)	Контрольна робота	Колоквіуми
I	2,0	16	8	1	1
II	2,0	16	8	1	1

Таблиця 3 – Оцінювання знань, умінь та навичок здобувачів з окремих видів роботи та в цілому по модулях (в балах)

Вид роботи	Модуль I	Модуль II
	1	2
1. Індивідуальні завдання	10	10
2. Контрольні роботи	10	10
3. Активність під час занять	10	10
4. Колоквіум	20	20
Всього	50	50

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
75-81	<b>C</b>		
64-74	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 12. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

Рівень компетентності	За націон. шкалою	За шкалою ЕКТС	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий) «5»	відмінно	A	Виставляється, якщо при відповіді на питання виявлено всебічні, систематизовані, глибокі знання матеріалу, який виноситься на контроль, уміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, знання основної і додаткової літератури, передбаченої програмою на рівні творчого використання.
III Достатній (конструктивний) «4»	добре	B	Повні знання з питань і задач, що стоять перед студентом. Уміння викладати основні ідеї. Вміння професійно відстоювати свою точку зору. Припускаються несуттєві неточності у викладенні матеріалу та у відповідях.
		C	Достатньо повні знання з поставлених питань і задач. Вміння викладати основні ідеї. Здатність самостійно застосовувати вивчений матеріал на рівні різних ситуацій, наводити окремі власні приклади на підтвердження власних тверджень. Вміння доводити правильність своїх рішень. Несуттєві неточності у відповідях та деякі нерациональності при вирішенні поставлених завдань.
II Середній (репродуктивний) «3»	задовільно	D	Студент може відтворити значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання та розуміння основних положень, може аналізувати матеріал, робити висновки. Пояснення неповні, нелаконічні, не завжди точні. Відповіді на питання неповні, містять неточності, при вирішенні поставлених завдань застосовуються не найраціональніші рішення.
		E	Задовільні знання програмного матеріалу на рівні вищому за початковий. При відповіді на запитання виникають труднощі у деяких положеннях, відповіді не повні, завдання вирішуються нерационально.
I Низький «2»	незадовільно з можливістю повторного складання	FX	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання дає неправильні відповіді (40-60%). Самостійно не може сформулювати алгоритм рішення поставлених завдань. Рішення не раціональні та неефективні.
	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (60-100%). Самостійно, не може сформулювати алгоритм вирішення завдання.

### 13. Рекомендована література

#### Основна

1. Петрук В.Г., Володарський Є.Т. та Мокін В.Б. Основи науково-дослідної роботи: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. 144 с.  
URL : <http://petrukvk.vk.vntu.edu.ua/file/e59ae34d2d2aaff1e37df46857c94509.pdf>
2. Матвійчук В.А., Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є. Технології наукових досліджень: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2015. 190 с.  
URL : <http://repository.vsau.org/getfile.php/25586.pdf>
3. Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є., Лук'яненко Ю.В. Основи теорії планування експерименту. Лабораторний практикум. Вінниця: ВНТУ, 2006. 167 с.
4. Rubanenko O.Y., Rubanenko O.O., Hryshchuk M.O. Planning of the experiment for the defining of the technical state of the transformer by using amplitude-frequency characteristic. *Przegląd elektrotechniczny*. 2020. No 3. P. 119–124.  
URL : <http://pe.org.pl/articles/2020/3/27.pdf>

#### Допоміжна

5. Семенюк Е.П., Мельник В.П. Філософія сучасної науки і техніки. Львів: Світ, 2006. 152 с.
6. Шейко В.О., Кушнарєнко М.В. Організація та методика науково-дослідної роботи. Київ: Техніка, 2002. 362 с.
7. Журахівський А.В., Варецький Ю.О. Бахор З.М. Основи наукових досліджень та технічної творчості: навчальний посібник. Видавництво Приазовського Державного технічного університету. 2010. 138 с.
8. Шидловський А.К., Стогній Б.С. та ін. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень. Київ: Українські енциклопедичні знання, 2004. 468 с.
9. Горбунов О.Д. Інженерний експеримент: конспект лекцій. м. Кам'янське: ДДТУ, 2016. 42с.
10. Грищук М. О., Рубаненко О. О., Рубаненко О. Є. Планування технічного обслуговування силових трансформаторів для отримання результатів їх частотних характеристик. *Світлотехніка та енергетика*. 2019. № 56. С. 92–98.
11. Зажигает Л.С., Кишьян А.А., Романиков Ю.И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. М.: Атомиздат, 1978. 232 с.
12. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: Питер, 2003. 736 с.
13. Хамханов К.М. Основы теории планирования эксперимента: методическое пособие. Улан-Уде: ВСГУТУ, 2001. 50 с.

#### Інформаційні ресурси

Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт].

Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>

Енергетика: [сайт]. Режим доступу: <http://LEONARDO.ENERGY.ORG/>

<http://any-book.org/download/68591.html/>

<http://window.edu.ru/resource/262/75262/>



