

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В
ЕНЕРГЕТИЦІ ІМ. Г.Є. ПУХОВА**



**ХЛІ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА СПЕЦІАЛІСТІВ
ІНСТИТУТУ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В
ЕНЕРГЕТИЦІ ІМ. Г.Є. ПУХОВА НАН УКРАЇНИ**

ПРИСВЯЧЕНА ДНЮ НАУКИ В УКРАЇНІ



**Збірник матеріалів конференції
17 травня 2023 р.**

Київ – 2023

УДК 621.3 + 004 + 519.6 : 620.9

Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова НАН України
(протокол №3 від 20 квітня 2023 р.)

Організаційний комітет:
В.В. Мохор, В.О. Артемчук, А.В. Яцишин та ін.

Програмний комітет:
В.В. Мохор, В.О. Артемчук, О.О. Попов та ін.

Відповідальний за випуск:
В.О. Артемчук

Collection of materials of the XLI Scientific and technical conference of young scientists and specialists of G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, May 17, 2023 / PIMEE of NAS of Ukraine. - 2023. - 190 p.

Зб. матеріалів XLI Науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 17 травня 2023 р. / ПІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2023. – 190 с.

© Автори публікацій, 2023

© Інститут проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2023

ЗМІСТ

M. Chaikin

PROBLEMS AND PROSPECTS OF IMPLEMENTING ASSESSMENT OF THE LEVEL OF MATURITY OF CYBER SECURITY PROCESSES OF CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECTS OF THE ENERGY SECTOR OF UKRAINE IN ACCORDANCE WITH THE NIST CYBERSECURITY FRAMEWORK..... 8

D. Levkin

IMPROVEMENT OF THE CONTROLLING SYSTEM TO ENSURE ENERGY MANAGEMENT OF TECHNICAL SYSTEMS 12

I. Furtat, Yu. Furtat

METHODS FOR EXPERIMENTAL STUDIES OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES DURING DYEING OF TEXTILE MATERIALS 13

S. Grechko

VERIFYING MODELS WITH COQ..... 14

O. Dzhyhun, A. Onyskova

DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN UKRAINE..... 16

О.В. Лисак

АНАЛІЗ ЗМІН В КЛАСИФІКАЦІЇ ГЛИБОКИХ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ СИСТЕМ ЧЕРЕЗ ПОЯВУ НОВИХ РІШЕНЬ В СФЕРІ БУРІННЯ..... 18

В.В. Шкарупило, І.В. Блінов, В.В. Душеба

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВЕРИФІКАЦІЇ TLC ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ЕНЕРГЕТИКИ..... 21

Д.П. Сінько

ПАРАМЕТРИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПАРТИЦІОНУВАННЯ КІБЕРНЕТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ В ІНДУСТРІАЛЬНИХ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ 23

С.М. Дяченко, І.В. Голомолзін

МОДЕЛЮВАННЯ ЗІРНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО СОНОТРОДУ З ВІБРУЮЧОЮ ЄМНІСТЮ 25

М.В. Антонішин, В.В. Цуркан

ФОРМУВАННЯ СЦЕНАРІЇВ ТЕСТУВАННЯ УРАЗЛИВОСТЕЙ МОБІЛЬНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСТОСУНКІВ МЕТОДОМ ТОПОЛОГІЧНОГО СОРТУВАННЯ..... 28

Г.П. Костенко, О.В. Згуровець

ПЕРСПЕКТИВИ УЧАСТІ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ В РИНКУ ДОПОМІЖНИХ ПОСЛУГ..... 29

О.І. Клюзко

МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОРТФЕЛЮ ТА МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ КУПІВЛІ-ПРОДАЖУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ КОМПАНІЯМИ-ПОСТАЧАЛЬНИКАМИ 31

О.С. Потенко

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ БАЗ ДАНИХ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ... 34

Д.О. Манолук

ІНТУЇЦІЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ..... 35

Є.В. Болтов

ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ У НЕДЕТЕРМІНОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ НА ВБУДОВАНИХ СИСТЕМАХ..... 37

В.В. Ткаченко, С.Ф. Гончар

АКТУАЛЬНІСТЬ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ КІБЕРБЕЗПЕКИ ПРИ КАСКАДНИХ АВАРІЯХ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ 41

В.В. Ткаченко, С.Ф. Гончар

АНАЛІЗ РОЛІ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА НА СТАН ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ АСУ ТП 42

А.В. Яцишин, В.О. Ковач, М.Л. Миронцов, М.М. Дівізінюк, Т.О. Шевченко

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ РІЗНИХ КРАЇН СВІТУ 43

О.О. Попов, С.І. Скуратівський, А.О. Запорожець, О.В. Фаррахов,

Є.В. Пилипчук, В.О. Куценко, І.Д. Мартинюк, Є.Б. Краснов, О.М. Коваленко
ПРО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ РОЗПОДІЛУ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ 47

О.О. Попов, С.В. Купріяничук, А.В. Яцишин, О.В. Фаррахов, Є.В. Пилипчук

АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ДОСВІДУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ВИСОКОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ, ЩО МІСТЯТЬ ЯДЕРНІ МАТЕРІАЛИ..... 49

Є.В. Пилипчук, В.О. Ковач, В.О. Куценко, Є.Б. Краснов

ПРО ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ GD-ВМІСНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ «SAFE BY DESIGN» ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД НЕЙТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ..... 55

О.О. Попов, В.О. Артемчук, Т.М. Яцишин, О.О. Вовк, С.П. Тараненко,

А.М. Лагойко, А.П. Сулима
ПРО ДЕЯКІ ПИТАННЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ХІМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ 59

С.Я. Гільгурт, О.Г. Кіслов, В.М. Попова

АПАРАТНЕ ПРИСКОРЕННЯ ВИЯВЛЕННЯ АТАК НА ЦИФРОВІ ПІДСТАНЦІЇ..... 63

А.М. Давиденко, С.Я. Гільгурт, О.С. Потенко, О.Г.Кіслов

ПОВОДЖЕННЯ З ПОРОДЖУВАЛЬНИМИ МАТРИЦЯМИ ЗАВАДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ..... 66

А.М. Примушко

КОНКУРЕНТНЕ УКЛАДАННЯ ТА ВИКОНАННЯ УМОВ СМАРТ КОНТРАКТІВ ПРЕДСТАВЛЕНИХ У ВИГЛЯДІ ВИСОКОРІВНЕВИХ ФУНКЦІЙ ПЕРЕХОДУ МІЖ СТАНАМИ КОНТРАКТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕНОТАЦІЙНОЇ СЕМАНТИКИ..... 69

О.А. Кравчук

РОЗПОДІЛЕНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ АВТОНОМНОГО РОЮ 73

Я.П. Лукашевич

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ОБ'ЄКТІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ПРИЄДНАННЯ ДО МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ..... 76

В.В. Сичова, Г.С. Белоха

ЗАСТОСУВАННЯ АНСАМБЛІВ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕБАЛАНСІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ОЕС УКРАЇНИ 82

М.О. Александров

ГРУПОВА СИНХРОНИЗАЦІЯ ДЕРЕВОПОДІБНИХ МАШИН ПАРНОСТІ 85

І.М. Корнієнко, О.О. Кузнєцова, Л.С. Ястремська, М.М. Барановський

ЄВРОПЕЙСЬКІ ПІДХОДИ БІОКОНВЕРСІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ У ДИГЕСТАТ ТА БІОВОДЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ БІОТЕХНОЛОГІЙ . 88

Р.І. Драгунцов

ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ЗАГРОЗ КІБЕРБЕЗПЕЦІ У ЗВ'ЯЗКУ З МАСОВИМИ ВІДКЛЮЧЕННЯМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ПОТЕНЦІЙНІ ЗАХОДИ ПРОТИДІЇ 91

П.В. Шиманюк

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОЧІКУВАНИХ ЗНАЧЕНЬ ВТРАТ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ..... 94

О.О. Бакалинський, Д.В. Пахольченко, Д.О. Нагорний

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ (РІВНЯ) КРИТИЧНОСТІ КІБЕРІНЦИДЕНТУ/КІБЕРАТАКИ 97

В.С. Подгуренко, О.М. Гетманець, В.Є. Терехов

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕЖІ МАКСИМАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК У ЗАДАНИХ ВІТРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ 101

А.О. Нікітенко

НАБОРИ ДАНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ ВТОРГНЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ..... 104

А.О. Лєпатєєв

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ ТРЕНАЖЕРНИХ ЗАНЯТЬ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНОГО АНАЛІЗУ 107

В.В. Аскеров, О.С. Засорнов

ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ДАНИМИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ 110

О.В. Александрова

СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛІ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПІДХОДУ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖІ 113

О.А. Владимирський, В.О. Артемчук, В.А. Дюков

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ ВИГОРОДКИ РЕАКТОРІВ ВВЕР-1000 116

О.А. Владимирський, І.А. Владимирський, В.В. Папазов, Г.В. Анфімова

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ ГАЗОВИХ КОТЛІВ 118

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕЖІ МАКСИМАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК У ЗАДАНИХ ВІТРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ

Оцінка ефективності роботи вітроелектричної установки (ВЕУ) проводиться з метою виявлення таких значень її основних параметрів, які дозволяють виробляти максимально можливу кількість електроенергії із мінімальними капіталовкладеннями в заданих вітрокліматичних умовах. Ефективність роботи ВЕУ (ККД ВЕУ) $\eta_{\text{ВЕУ}}$ визначається співвідношенням потужності генерування ВЕУ $P_{\text{ВЕУ}}$ до відповідної кінетичної потужності вітрового потоку (ВП) $P_{\text{ВП}}$, що діє на площину її вітроколеса (ВК) A [3, 4].

Як відомо, повторюваність швидкості вітру v протягом року підкорюється ймовірнісному закону і добре описується диференціальною функцією розподілу Вейбула – Гніденка (ДРВГ) $f(v)$. Тоді найефективнішою ВЕУ у заданих вітрокліматичних умовах буде ВЕУ з найбільшим показником середньорічного ККД:

$$\eta_{\text{ВЕУ}} = \frac{W}{S}, \quad (1)$$

де W – середньорічна використана потужність (СВП) ВЕУ, S – середньорічна потужність ВП. СВП визначається на основі даних вітрового потенціалу $f(v)$ та кривої потужності (КП) ВЕУ. Нехтуючи зміною густини повітря протягом року, середньорічна потужність ВП S залежить від $f(v)$ та діаметру ВК D .

Попереднім дослідженням [2] було встановлено, що КП ВЕУ добре описуються інтегральним розподілом Вейбула-Гніденка (ІРВГ). Виходячи із існуючої бази даних [1], були визначені параметри ІРВГ b_t та c_t для 115-ти типів ВЕУ з типорозмірами в діапазоні номінальної встановленої потужності P : $0,85 \text{ МВт} \leq P \leq 8,0 \text{ МВт}$ та діаметрів ВК D : $52 \text{ м} \leq D \leq 168 \text{ м}$.

На основі проведеного регресійного аналізу одержана наступна системи рівнянь регресії для параметрів і через основні типорозміри ВЕУ P і D :

$$\begin{cases} b_t = 12,036 + 0,954 \cdot P - 0,0547 \cdot D & (R^2 = 0,917; \delta_{\text{сер}} = 1,3 \%), \\ c_t = c_{\text{cp}} = 4,360 & (\delta_{\text{сер}} = 2,9 \%), \end{cases} \quad (2)$$

де R^2 – коефіцієнт детермінації, $\delta_{\text{сер}}$ – середня відносна похибка регресії.

В роботі [2] доведена визначальна роль значення коефіцієнта використання встановленої потужності ВЕУ (КВВП) визначається головним чином відношенням $k = (b_w/b_t)^{c_t}$ де b_w – параметр масштабу ДРВГ та згідно рівняння:

$$\text{КВВП} = 1 - \int_0^{\infty} e^{-ky^p} e^{-y} dy = 1 - I, \quad (3)$$

де $y = (v/b_w)^{c_w}$; $k = (b_w/b_t)^{c_t}$ та $p = c_t/c_w$, c_w – параметр форми ДРВГ.

Так як згідно (2) $c_t = \text{const}$, скориставшись властивостями логарифму перейдемо від k до змінної $x = b_w / b_t$. Застосовуючи рівняння регресії (3) у випадку слабого ($b_w = 6$ м/с), помірного ($b_w = 8$ м/с) та сильного ($b_w = 10$ м/с) вітрів та двох крайніх значень параметра форми ДРВГ для швидкості вітру $c_w = 2,1$ і $c_w = 2,5$ було отримано 660 значень параметра x та КВВП. За отриманими результатами була побудована логарифмічна регресія вигляду:

$$\text{КВВП} = -0,705 \cdot \ln(x) + 0,461. \quad (4)$$

Так як $W = \text{КВВП} \cdot P$, то з урахуванням (4) та (2), одержимо наступне рівняння регресії для СВП W :

$$W = P \cdot \left[-0,705 \cdot \ln \left(\frac{12,036 + 0,954 \cdot P - 0,0547 \cdot D}{b_w} \right) + 0,461 \right]. \quad (5)$$

Побудовані на основі рівняння (5) криві СВП показані при різних значеннях діаметра ВК D (показані в метрах поблизу кожної кривої) для випадку слабких, помірних та сильних вітрів на рис. 1.

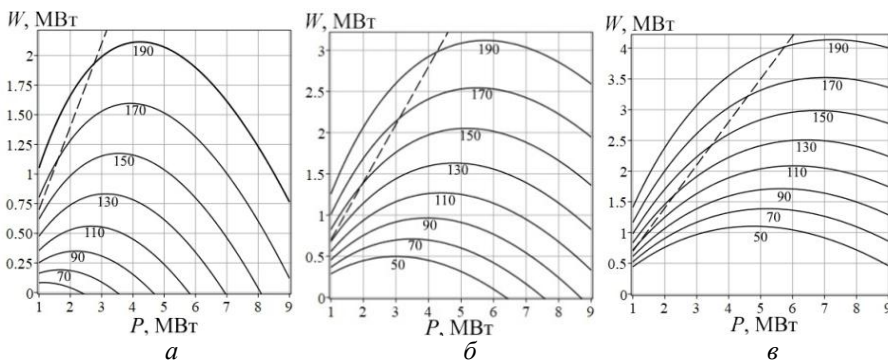


Рис. 1. Залежність СВП від номінальної потужності P та діаметра ВК D при:
а) $b_w = 6$ м/с; б) $b_w = 8$ м/с; в) $b_w = 10$ м/с

Задача оптимізації потребує знаходження локального екстремуму (максимуму) функції двох змінних $W(P, D)$. З першої необхідної умови існування екстремуму витікає рівняння:

$$\frac{\partial W}{\partial P} = -0,705 \cdot \ln \left(\frac{12,036 + 0,954 \cdot P - 0,0547 \cdot D}{b_w} \right) + 0,461 - \frac{0,673 \cdot P}{12,036 + 0,954 \cdot P - 0,0547 \cdot D} = 0. \quad (6)$$

Рівняння (6) дозволяє визначити оптимальне значення одного з трьох параметрів за відомих двох інших, наприклад, за допомогою інструменту «Пошук рішення» програми MS Excel. Обмеживши діапазон D до: $80 \text{ м} \leq D \leq 160 \text{ м}$, який повністю охоплює всі промислові ВЕУ вітропарків України, та знайшовши оптимальні значення P_0 за різних D та b_w , отримаємо наступне рівняння множинної лінійної регресії:

$$P_0 = 0,0204 \cdot D + 0,8324 \cdot b_w - 4,5651 \quad (R^2 = 0,998; \delta_{\text{ср}} = 1,4 \%) \quad (7)$$

На рис. 2 представлені графіки залежності (6) між оптимальною НВП ВЕУ P_0 і діаметром ВК D , а також параметром масштабу b_w (показані над відповідними кривими в одиницях м/с), за яких ВЕУ досягає максимальної технічної ефективності.

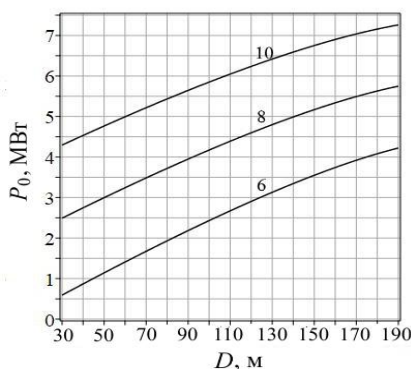


Рис. 2. Зв'язок між оптимальною НВП ВЕУ P_0 і D при різних значеннях b_w

- [1] База даних сайту <https://en.wind-turbine-models.com>.
- [2] Метод оцінювання коефіцієнта використання встановленої потужності вітрової електричної установки / В.С. Подгуренко, О.М. Гетманець, В.Є. Терехов // Електронне моделювання. – 2021. – Т. 43. – № 2. – с. 37 – 51.
- [3] Півняк Г., Шкрабець Ф. Основи вітроенергетики: підручник. М-во освіти і науки України, Нац. гірн.ун-т. Д.: НГУ, 2015. 335 с.
- [4] Blackwood M. (2016). Maximum Efficiency of a Wind Turbine. Undergraduate Journal of Mathematical Modeling: One + Two, Vol. 6: Iss. 2, Article 2. Available at: <http://scholarcommons.usf.edu/ujmm/vol6/iss2/2>

**XLI
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА СПЕЦІАЛІСТІВ
ІНСТИТУТУ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В
ЕНЕРГЕТИЦІ ІМ. Г.Є. ПУХОВА НАН УКРАЇНИ**

ПРИСВЯЧЕНА ДНЮ НАУКИ В УКРАЇНІ

Збірник матеріалів конференції
17 травня 2023 р.

Collection of materials of the XLI Scientific and technical conference of young scientists and specialists of G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, May 17, 2023 / PIMEE of NAS of Ukraine. - 2023. - 190 p.

Зб. матеріалів XLI Науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 17 травня 2023 р. / ПІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2023. – 190 с.

Інформаційна підтримка:



[Сторінка конференції на
сайті Інституту](#)

[Telegram канал
РМВ НАН України](#)

