

С. В. Сиротюк, В. М. Боярчук, В. П. Гальчак

**АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ.
ЕНЕРГІЯ ВІТРУ**

Навчальний посібник

**Видавництво «Магнолія 2006»
Львів 2025**

УДК 321/311/245
С 40

Автори:

С. В. Сиротюк, В. М. Боярчук, В. П. Гальчак

Рецензенти:

В. М. Головка, д. т. н., професор

(Інститут відновлюваної енергетики НАН України);

І. З. Щур, д. т. н., професор

(Національний університет "Львівська політехніка");

С. В. Мягкота, д. ф.-м. н., професор

(Львівський національний аграрний університет).

Рекомендовано до друку вченою радою

Львівського національного аграрного університету

Сиротюк С. В.

С 40 Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру : Навч. посіб. /
С. В. Сиротюк, В. М. Боярчук, В. П. Гальчак. – Львів : "Магнолія 2006",
2025. – 182 с.

У навчальному посібнику викладено основні питання, що стосуються природи і потенціалу вітрової енергії. Висвітлено питання взаємодії вітрового потоку з вітроприймальними засобами, перетворення кінетичної енергії вітру на електричну. Подано матеріал щодо розрахунку параметрів вітроелектричних установок, описано пристрої та схеми практичного використання вітрової енергії.

Для студентів інженерних факультетів вищих навчальних закладів III – IV рівнів акредитації, магістрів, аспірантів, наукових співробітників, інженерів та експлуатаційників обладнання вітроенергетики.

ISBN 978-617-574- 114-6

ББК 31.63я73

© С.В. Сиротюк, В.М. Боярчук,
В.П. Гальчак, 2025
© ПП "Магнолія 2006", 2025

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА	5
1. ПРИРОДА І ЕНЕРГЕТИКА ВІТРУ	7
1.1. Природа і класифікація вітрів	7
1.2. Кінетична енергія вітру	10
1.3. Оцінка швидкості вітру за його дією	11
1.4. Вітроенергетичні ресурси	15
1.5. Розвиток вітроенергетики в Україні	19
2. ПАРАМЕТРИ ШВИДКОСТІ ВІТРУ	23
2.1. Структура вітрового потоку	23
2.2. Вертикальний профіль вітрового потоку	28
2.3. Розподіл вітру за швидкостями	35
2.4. Розподіл вітрів за напрямками	45
3. ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНКИ	50
3.1. Вимірювання швидкості вітру	50
3.2. Побудова функції розподілу за результатами вимірювань	62
3.3. Оцінка розрахункової швидкості вітру	65
3.4. Використання довідкової бази даних	69
3.5. Репрезентативність результатів вимірювань швидкості вітру	72
4. ВІТРОПРИЙМАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ І ПРИСТРОЇ	77
4.1. Сила лобового тиску вітру	77
4.2. Взаємодія вітру з похилою поверхнею	81
4.3. Вирази для сил і моментів, що діють на лопать	85

4.4. Умови обтікання лопаті під час її обертання	89
4.5. Ротор горизонтально-осьової вітроенергетичної установки	93
4.6. Швидкохідність ротора	96
5. ТЕОРІЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОСЬОВОГО РОТОРА	100
5.1. Класична модель ідеального ротора	100
5.2. Імпульсний варіант класичної моделі ідеального ротора	106
5.3. Рівняння зв'язку для елемента реального ротора	109
5.4. Момент і потужність реального ротора	112
5.5. Потужність горизонтально-осьової вітроустановки	119
5.6. Режим роботи ротора вітроустановки	121
6. КЛАСИФІКАЦІЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК	127
6.1. Класифікація вітроенергетичних установок	127
6.2. Структурні схеми вітроенергетичних установок	138
6.3. Схеми вітроенергетичних систем	142
6.4. Способи регулювання вихідної потужності вітроелектричних установок	152
6.5. Параметричні ряди вітроенергетичних установок	154
7. ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ ТА РОЗРАХУНКИ	162
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	174

ПЕРЕДМОВА

Відновлювана енергетика і надалі залишається пріоритетним напрямом розвитку енергетики України. Свідченням цього є зростаюча динаміка спорудження об'єктів відновлюваної енергетики як промислового, так і домашнього використання. Амбітні плани її перспективного розвитку в Україні спонукають навчальні заклади запроваджувати низку навчальних дисциплін, які покликані надати знання та прищепити навички в цій галузі.

У Львівському національному аграрному університеті для студентів факультету механіки та енергетики читають декілька навчальних дисциплін, які стосуються галузі відновлюваної енергетики, зокрема "Відновлювані джерела енергії", "Проектування систем відновлюваної енергетики", "Монтаж та експлуатація обладнання відновлюваної енергетики". Метою вивчення цих дисциплін є набуття майбутніми фахівцями знань про наявні в Україні відновлювані джерела енергії, їх природний потенціал, технічні можливості, засоби та умови використання в народному господарстві, будівництві й побутовій сфері. Одним із розділів зазначених навчальних курсів є енергія вітру.

Навчальний посібник "Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру" є другим виданням із серії навчальних посібників, започаткованих на кафедрі енергетики Львівського національного аграрного університету.

Виходячи з мети навчального курсу, теоретичні викладки обмежено матеріалами, необхідними для розуміння й елементарного аналізу закономірностей природних потоків вітрової енергії та механізмів їх перетворення під час взаємодії з вітроприймальними засобами. Їх обсяг дає змогу виконувати розрахунки, необхідні для проектування, впровадження та експлуатації вітроелектричних установок (ВЕУ) малої потужності. Розробка посібника загалом була орієнтована на використання малої вітроенергетики,

зокрема для автономного енергозабезпечення сільськогосподарських та житлових об'єктів.

Прийнята у посібнику послідовність викладу покликана, на думку авторів, сформувати у читача цілісну картину проблеми використання вітрової енергії на практиці. Для поглибленого вивчення окремих питань варто звертатися до доступних першоджерел.

Автори цілком свідомі того, що в посібнику можливі окремі недоліки, упущення або неточності, які неминучі під час спроб власної інтерпретації окремих загальних положень. Тому наперед висловлюємо вдячність за можливі критичні зауваження й пропозиції, які буде враховано під час наступного доопрацювання посібника.

Автори

Навчальне видання

**Сиротюк Сергій Валерійович,
Боярчук Віталій Мефодійович,
Гальчак Володимир Петрович.**

**АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ.
ЕНЕРГІЯ ВІТРУ**

Навчальний посібник

Редактор Д. Б. Дончак
Коректор Л. Г. Лісович-Біла

Формат 60×84/16. Папір офс. Друк цифровий.
Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 11,37.

ПП «Магнолія 2006»
м. Львів-53, 79053, Україна, тел.+380503701957
e-mail: magnol06@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції:
серія ДК № 2534 від 21.06.2006 року,
видане Державним комітетом інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавництва «Магнолія 2006»