ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
(назва факультету)

КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ І ФІЗИКИ
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра
другого (магістерського) рівня вищої освіти
(рівень вищої освіти)

на тему Математичне моделювання вітрового потенціалу та визначення продуктивності вітроенергетичної установки на підставі принципу максимуму ентропії

Виконав: студент 2 курсу, групи 6ЕЛ
спеціальності 141. Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії
(назва ОПП)

Путінцева К.К.
(прізвище та ініціали)

Керівник Степанчиков Д.М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент
(прізвище та ініціали)

Херсон - 2020 р.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему: “Математичне моделювання вітрового потенціалу та визначення продуктивності вітроенергетичної установки на підставі принципу максимуму ентропії” включає в собі пояснювальну записку. Пояснювальна записка містить 96 сторінок формату А4, 15 рисунків, 26 таблиць, 28 використаних джерел, 11 слайдів електронної презентації, 3 додатки.

Ключові слова: вітроенергетика, принцип максимуму ентропії, функція розподілу, імовірнісні характеристики вітру.

Дана кваліфікаційна робота присвячена вдосконаленню методів оцінки імовірнісних характеристик вітру та дослідженню впливу мінливості вітру на продуктивність вітроелектричних установок в умовах реального вітрополя. Показано, що для випадків, коли розподіл швидкості вітру по градаціях має нетиповий для відкритих місцевостей характер точності функції Вейбула буває недостатньо. В роботі розвинуто альтернативний підхід до вирішення задач опису функції розподілу швидкості вітру з використанням принципу максимуму ентропії. Доведено, що використання методу максимуму ентропії значно краще, ніж за розподілом Вейбула, моделює фактичний розподіл швидкості вітру і є більш придатним для прогнозування виробітку енергії сучасними вітроенергетичними установками. Показано, що процес визначення функції розподілу швидкості вітру не може бути повністю автоматизований, треба брати до уваги фізичну відповідність отриманих результатів реальній моделі.

У розділі «Економічна частина» отримано фінансову оцінку передбачуваних витрат та одержуваного ефективного результату, оцінено прибутковість проекту і економічну доцільність його впровадження.

У розділі «Охорона праці» розглянуто питання виробничої санітарії, гігієни праці та техніки безпеки при роботі на сучасних обчислювальних машинах.

ЗМІСТ

	стор.
Скорочення та умовні познаки	5
Вступ	6
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	8
1.1 Фізичні основи використання енергії вітру	8
1.1.1 Імовірнісна природа та характеристики вітру	8
1.1.2 Перетворення кінетичної енергії вітру вітроустановкою та способи її передачі	10
1.1.3 Вітровий енергетичний потенціал України	12
1.2 Огляд статистичних методів визначення вітрового потенціалу	15
1.2.1 Двопараметрична функція Вейбула	16
1.2.2 Модифікований трипараметричний розподіл Вейбула	17
1.2.3 Гама-розподіл	18
1.2.4 Логнормальний розподіл	19
1.2.5 Обернений розподіл Гауса	20
1.2.6 Принцип максимуму ентропії	20
1.3 Огляд математичних моделей функцій потужності сучасних ВЕУ	22
1.3.1 Логістична функція	23
1.3.2 Модель Гомпертца	24
1.3.3 Сигмоїд-функція	24
1.3.4 Модель Менделя-Мерцера-Флодіна	25
1.3.5 Модель Ричардса	26
1.4 Висновки	26
2. МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА	28
2.1 Методика застосування принципу максимуму ентропії для опису функції розподілу швидкості вітру	28

2.1.1 Метод множників Лагранжа. Моментні функції 28
2.1.2 Визначення множників Лагранжа за допомогою пакету Curve Fitting системи Matlab 30
2.1.3 Вибір функції розподілу на основі багатокритеріального аналізу 33
2.1.4 Моделювання розподілу потужності вітру 36
2.2 Методика математичного моделювання характеристики потужності ВЕУ 37
2.3 Методика розрахунку продуктивності ВЕУ в умовах реального вітрополя 39
2.4 Висновки 40
3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА 41
3.1 Алгоритм проведення дослідження 41
3.2 Розрахунки параметрів та дослідження функцій розподілу швидкості вітру на основі принципу максимуму ентропії 42
3.2.1 Експериментальний розподіл швидкостей вітру 42
3.2.2 Розрахунок множників Лагранжа та оцінка точності функцій розподілу для різних наборів моментних функцій 43
3.2.3 Вибір оптимальної функції розподілу 47
3.3 Порівняльний аналіз методу максимуму ентропії та інших розподілів 53
3.4 Моделювання питомої потужності вітрового потоку 56
3.5 Визначення продуктивності вітроенергетичної установки та вітроенергетичного потенціалу місцевості 59
3.5.1 Паспортна характеристика потужності вітроенергетичної установки 59
3.5.2 Математичного моделювання характеристики потужності вітроенергетичної установки 60

3.5.3 Визначення продуктивності вітроенергетичної установки на підставі отриманих функцій розподілу 62
3.5.4 Визначення вітроенергетичного потенціалу місцевості на підставі отриманих функцій розподілу 64
3.6 Висновки 67
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 68
4.1 Методична частина 68
4.2 Розрахунок економічних показників програмного комплексу 72
4.3 Висновки 75
5 ОХОРОНА ПРАЦІ 76
5.1 Роль освітлення на робочому місці 76
5.2 Метод коефіцієнту використання світлового потоку 77
5.3 Техніко-економічний розрахунок освітлення виробничих приміщень 80
5.4 Визначення економічної ефективності поліпшення умов праці за інтегральним показником працездатності 81
5.5 Висновки 83
ВИСНОВКИ 84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 86
ДОДАТОК А Паспортні дані ВЕУ ALSTOM ECO 3.0MW 90
ДОДАТОК Б Довідникова інформація з охорони праці 91
ДОДАТОК В Апробація результатів дослідження 92