

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 132212

**СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ
МОДУЛЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ
АТМОСФЕРИ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **11.02.2019.**

Заступник Міністра економічного
розвитку і торгівлі України

Ю.П. Бровченко



(21) Номер заявки: **u 2018 10197**

(22) Дата подання заявки: **12.10.2018**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **11.02.2019**

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **11.02.2019, Бюл. № 3**

(72) Винахідники:
Подгуренко Володимир Сергійович, UA,
Терехов Володимир Євгенович, UA,
Гетманець Олег Михайлович, UA,
Черепанов Антон Іванович, UA

(73) Власники:
Подгуренко Володимир Сергійович,
вул. Декабристів, 38/1, кв. 9, м. Миколаїв, 54017, UA,
Терехов Володимир Євгенович,
вул. Лазурна, 4-Г, кв. 32, м. Миколаїв, 54058, UA,
Гетманець Олег Михайлович,
пр. Незалежності, 5, кв. 139, м. Харків, 61058, UA,
Черепанов Антон Іванович,
вул. Адміральська, 28, кв. 66, м. Миколаїв, 540001, UA

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ МОДУЛЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб визначення вертикального розподілу модуля швидкості вітру в приземному шарі атмосфери за

допомогою ступеневої моделі: $V = V_0 \cdot \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^m$,

де V - шукана швидкість вітру на висоті Z над поверхнею землі; V_0 - швидкість вітру на висоті стандартного флюгера; Z_0 - висота флюгера над поверхнею землі; m - показник ступеневої залежності, який **відрізняється** тим, що одночасно з вимірюванням швидкості вітру V_0 на висоті розташування флюгера вимірюють температуру T_0 і атмосферний тиск P_0 на тій же самій висоті, а потім на підставі формули: $m = -0,00304 \cdot T_0 + 0,00023 \cdot P_0$ обчислюють значення показника ступеневої залежності m у відносних одиницях, надалі за відомою формулою ступеневої моделі встановлюють розподіл модуля швидкості вітру V за висотою Z ; при цьому з метою зменшення статистичної похибки вимірювання проводять якомога більше разів, а їх результати усереднюють.

Державне підприємство
«Український інститут інтелектуальної власності»
(Укрпатент)

Оригіналом цього документа є електронний документ з відповідними реквізитами, у тому числі з накладеним електронним цифровим підписом уповноваженої особи Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та сформованою позначкою часу.

Ідентифікатор електронного документа 3523060219.

Для отримання оригіналу документа необхідно:

1. Зайти до ІДС «Стан діловодства за заявками на винаходи та корисні моделі», яка розташована на сторінці <http://base.uipv.org/searchInvStat/>.
2. Виконати пошук за номером заявки.
3. У розділі «Документи Укрпатенту» поруч з реєстраційним номером документа натиснути кнопку «Завантажити оригінал» та ввести ідентифікатор електронного документа.

Ідентичний за документарною інформацією та реквізитами паперовий примірник цього документа містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Уповноважена особа Укрпатенту

І.Є. Матусевич

11.02.2019





МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **132212** (13) **U**
(51) МПК (2018.01)
G01P 5/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2018 10197	(72) Винахідник(и): Подгуренко Володимир Сергійович (UA), Терехов Володимир Євгенович (UA), Гетманець Олег Михайлович (UA), Черепанов Антон Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки: 12.10.2018	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.02.2019	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.02.2019, Бюл.№ 3	(73) Власник(и): Подгуренко Володимир Сергійович, вул. Декабристів, 38/1, кв. 9, м. Миколаїв, 54017 (UA), Терехов Володимир Євгенович, вул. Лазурна, 4-Г, кв. 32, м. Миколаїв, 54058 (UA), Гетманець Олег Михайлович, пр. Незалежності, 5, кв. 139, м. Харків, 61058 (UA), Черепанов Антон Іванович, вул. Адміральська, 28, кв. 66, м. Миколаїв, 540001 (UA)

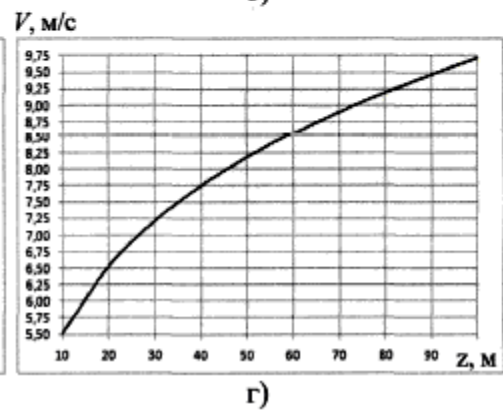
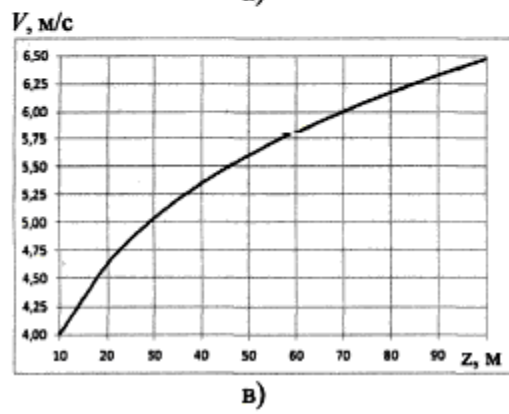
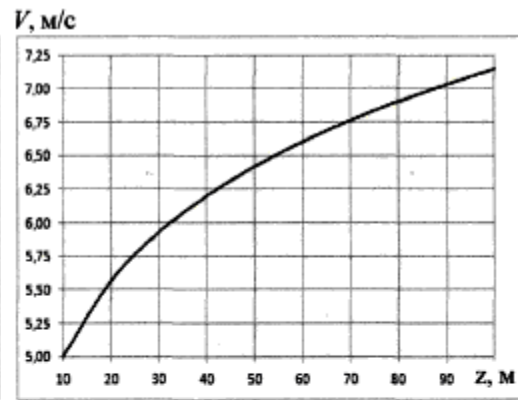
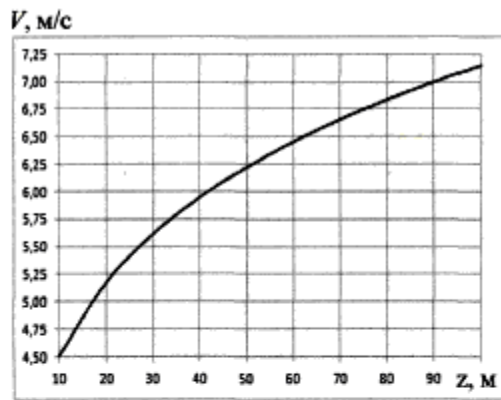
(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ МОДУЛЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ

(57) Реферат:

Спосіб визначення вертикального розподілу модуля швидкості вітру в приземному шарі атмосфери за допомогою ступеневої моделі:

$$V = V_0 \cdot \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^m$$
, де V - шукана швидкість вітру на висоті Z над поверхнею землі; V_0 - швидкість вітру на висоті стандартного флюгера; Z_0 - висота флюгера над поверхнею землі; m - показник ступеневої залежності. Одночасно з вимірюванням швидкості вітру V_0 на висоті розташування флюгера вимірюють температуру T_0 і атмосферний тиск P_0 на тій ж самій висоті. Потім на підставі формули: $m = -0,00304 \cdot T_0 + 0,00023 \cdot P_0$ обчислюють значення показника ступеневої залежності m у відносних одиницях. Надалі за відомою формулою ступеневої моделі встановлюють розподіл модуля швидкості вітру V за висотою z . При цьому з метою зменшення статистичної похибки вимірювання проводять якомога більше разів, а їх результати усереднюють.

UA 132212 U



Корисна модель належить до галузі метеорології і стосується визначення вертикального розподілу модуля швидкості вітру в приземному шарі атмосфери за даними метеорологічних досліджень та може бути використана для оцінки вітроенергетичного потенціалу окремих територій при проектуванні та побудові на них вітрових електростанцій (ВЕС). Слід відзначити, що завдання оцінки середніх швидкостей вітру на довільних висотах в місцях можливого розташування ВЕС, де метеорологічні спостереження, як правило, попередньо не проводилися, є досить складним.

Давно відомий спосіб [1] оцінки швидкості вітру V на певній висоті z над поверхнею землі за даними приземних вимірювань швидкості вітру V_0 на стандартній висоті z_0 розташування флюгера за допомогою ступеневої моделі:

$$V = V_0 \cdot \left(\frac{z}{z_0} \right)^m, \quad (1)$$

де m - показник ступеневої залежності. Відомий спосіб [1] широко використовується у всьому світі і має певні переваги щодо інших способів. Але до сих пір основною проблемою його застосування є пошук явної залежності показника ступеневої моделі m від метеопараметрів під час проведення досліджень та характеристик місцевості. Розбіжності в оцінках значень цього показника знаходяться в діапазоні від $1/7 \approx 0,143$ [2, 3] до 0,340 і вище [2].

Найбільш близьким технічним рішенням до корисної моделі, що пропонується, є спосіб визначення аналітичного зв'язку між параметрами m і V_0 ступеневої моделі [4]. Цей зв'язок, згідно відомого способу [4], має наступний вигляд:

$$m = 0,744 \cdot e^{-0,27 \cdot V_0}, \quad (2)$$

де V_0 - середня місячна швидкість вітру на висоті розташування флюгера z_0 . Тобто, виконують ряд вимірювань швидкості вітру на висоті z_0 протягом місяця, далі результати усереднюють та одержують значення V_0 і на підставі формули (2) визначають параметр m . Потім за допомогою відомої формули (1) знаходять вертикальний розподіл модуля швидкості вітру в приземному шарі атмосфери. Але відомий спосіб [4] не враховує залежність параметра m від стану атмосфери під час проведення вимірювань, а саме від температури повітря, атмосферного тиску, вологості повітря та ін. До того ж відомо, що параметр m має певну залежність від сезонів року. Саме тому в теплий період року відносна похибка запропонованої формули (2) підвищується від 6 % до 15-20 % [4].

Тому задачею корисної моделі, що пропонується, є розробка способу визначення вертикального розподілу модуля швидкості вітру в приземному шарі атмосфери з урахуванням метеоумов під час проведення вимірювань.

Поставлена задача вирішується шляхом одночасного вимірювання значень швидкості вітру V_0 на висоті розташування флюгера z_0 та температури T_0 і атмосферного тиску P_0 на тій ж самій висоті і застосуванні розробленого рівняння регресії для залежності показника ступеневої моделі m від T_0 і P_0 .

Спосіб визначення вертикального розподілу модуля швидкості вітру в приземному шарі атмосфери за допомогою ступеневої моделі:

де V - шукана швидкість вітру на висоті z над поверхнею землі; V_0 - швидкість вітру на висоті стандартного флюгера; z_0 - висота флюгера над поверхнею землі; m - показник ступеневої залежності, згідно з запропонованою корисною моделлю, одночасно з вимірюванням швидкості вітру V_0 на висоті розташування флюгера вимірюють температуру T_0 і атмосферний тиск P_0 на тій ж самій висоті, а потім на підставі формули: $m = -0,00304 \cdot T_0 + 0,00023 \cdot P_0$ обчислюють значення показника ступеневої залежності m у відносних одиницях, надалі за відомою формулою ступеневої моделі встановлюють розподіл модуля швидкості вітру V за висотою z ; при цьому з метою зменшення статистичної похибки вимірювання проводять якомога більше разів, а їх результати усереднюють.

Для пояснення запропонованого способу застосуємо результати власних досліджень, які були проведені на метеопосту "Іванівка" в Очаківському районі Миколаївської області ВАТ "Ветропарк Очаківський" в період з 15.08.2011 р. по 16.08.2012 р. (усього 8605 годин досліджень). Швидкість вітру вимірювали за допомогою анемометрів одночасно на висотах 50 м, 80 м, 100 м та 101,5 м. Температуру та вологість повітря вимірювали на висоті 100 м, а атмосферний тиск на висотах від 8 до 10 м.

Середні сезонні значення швидкості вітру V_{cp} (м/с) на різних висотах та середні значення метеопараметрів: температури T_{cp} (°C), атмосферного тиску P_{cp} (Па) і вологості повітря H_{cp} (%) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Середні значення швидкості вітру та метеопараметрів у різні сезони року

Сезон	Швидкість вітру V_{cp} (м/с) на висоті z :				Метеопараметри		
	50 м	80 м	100 м	101,5 м	$T_{cp}, ^\circ C$	P_{cp}, Pa	$H_{cp}, \%$
Весна	6,41	6,96	7,30	7,32	12,12	1009,08	71,19
Літо	6,36	6,84	7,15	7,00	24,58	1009,09	56,10
Осінь	5,78	6,27	6,71	6,74	11,01	1017,09	67,87
Зима	7,10	7,89	8,33	8,37	-1,12	1014,23	92,02

5

За даними цієї таблиці методом найменших квадратів за допомогою інструменту "Пошук рішення" ППП MS Excel-2010 були розраховані параметри ступеневої моделі (1) V_0 та m для різних сезонів. При цьому значення V_0 були приведені до міжнародного стандарту висоти флюгера $Z_0 = 10$ м. Результати представлені в таблиці 2. Тут також наведені відповідні значення коефіцієнтів детермінації моделі (1) з урахуванням одержаних значень параметрів.

10

Таблиця 2

Результати розрахунків параметрів ступеневої моделі (1)

Сезон	m	$V_0, M/C$	R^2	Метеопараметри		
				$T_{cp}, ^\circ C$	P_{cp}, Pa	$H_{cp}, \%$
Весна	0,188	4,73	0,998	12,12	1009,08	71,19
Літо	0,152	4,99	0,958	24,58	1009,09	56,10
Осінь	0,218	4,04	0,980	11,01	1017,09	67,87
Зима	0,230	4,91	0,999	-1,12	1014,23	92,02

Дані таблиці 2 свідчать про те, що значення показника ступеневої моделі m суттєво змінюється від сезону до сезону. Виникає завдання побудови регресійної моделі для залежності m від метеопараметрів, які є характерними для кожного сезону. Оскільки основних метеопараметрів - три, а сезонів усього чотири, то існує проблема відбору найбільш інформаційних параметрів (змінних). Для цього за даними таблиці 2 була побудована кореляційна матриця, яка наведена в таблиці 3.

15

Таблиця 3

Кореляційна матриця

	m	T_{cp}	P_{cp}	H_{cp}
m	1			
T_{cp}	-0,926	1		
P_{cp}	0,820	-0,564	1	
H_{cp}	0,828	-0,976	0,415	1

20

Кореляційна матриця свідчить про те, що між показником ступеневої моделі m та температурою повітря існує дуже сильний від'ємний кореляційний зв'язок (-0,926); при цьому сильний додатний зв'язок існує також між показником m та атмосферним тиском (0,820) і вологістю повітря (0,828). Але ще більша від'ємна кореляція має місце між температурою та вологістю повітря (-0,976). Це говорить про тісний лінійний зв'язок між цими параметрами, що призводить до сильної мультиколінеарності. Тому один з них можна відкинути із регресійної моделі. Була відкинута вологість, бо показник m має більший коефіцієнт кореляції з температурою (-0,926 проти 0,828).

25

Далі застосували інструмент "Регресія" з пакета "Аналіз даних" ППП MS Excel-2010 та одержали наступне рівняння лінійної множинної регресії:

30

$$m = -0,00303 \cdot T_{\text{cp}} + 0,00023 \cdot P_{\text{cp}} \quad (3)$$

Це рівняння свідчить про те, що збільшення температури на 1 °C призводить до зменшення показника ступеневої моделі m на 0,00303 відносних одиниць, а збільшення атмосферного тиску на 1 Па - до збільшення цього показника на 0,00023 відносних одиниць. Взагалі це рівняння є значущим за Фішером на рівні значущості $p < 0,05$, а його коефіцієнти є значущими за Стьюдентом на такому ж самому рівні. Стандартна помилка рівняння (3) становить 0,015 одиниць, а максимальна відносна похибка не перевищує 6 %.

Таким чином, виконуючи вимірювання значень температури повітря T_0 та атмосферного тиску P_0 на висоті розташування флюгера z_0 , можна визначити показник m , а потім, вимірявши швидкість вітру V_0 на тій ж самій висоті, за допомогою відомої формули (1) ступеневої моделі встановити вертикальний розподіл модуля швидкості вітру.

Приклади конкретної реалізації

В усіх наведених прикладах вважали, що флюгер розміщують на міжнародному стандарті висоти $z_0=10$ м, а поблизу нього розташовують термометр та барометр.

Вертикальний розподіл модуля швидкості вітру наведений на кресленні, де а) приклад 1 - весна; б) приклад 2 - літо; в) приклад 3 - осінь; г) приклад 4 - зима.

Приклад 1. Весна. Були виміряні наступні значення: $V_0=4,5$ м/с; $T_0=10^\circ\text{C}$; $P_0=1005$ Па. Згідно формули (3) маємо: $m=-0,00303 \cdot 10 + 0,00023 \cdot 1005 = 0,201$.

Підставляючи значення $V_0=4,5$ м/с та $m=0,201$ до формули (1), маємо наступну формулу для вертикального розподілу модуля швидкості вітру в м/с:

$$V = 4,5 \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,201}$$

, де висота z вимірюється в метрах. На кресленні а) наведено відповідний розподіл,

Приклад 2. Літо. Були виміряні значення: $V_0=5,0$ м/с; $T_0=25^\circ\text{C}$; $P_0=1007$ Па. Згідно з формулою (3): $m=-0,00303 \cdot 25 + 0,00023 \cdot 1007 = 0,155$.

Підставляючи значення $V_0=5,0$ м/с та $m=0,155$ до формули (1), маємо формулу для вертикального розподілу модуля швидкості вітру в м/с:

$$V = 5,0 \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,155}$$

, де висота z вимірюється в метрах. На кресленні б) наведено відповідний розподіл.

Приклад 3. Осінь. Були виміряні значення: $V_0=4,0$ м/с; $T_0=8^\circ\text{C}$; $P_0=1012$ Па. Згідно з формулою (3): $m=-0,00303 \cdot 8 + 0,00023 \cdot 1012 = 0,209$.

Підставляючи значення $V_0=4,0$ м/с та $m=0,209$ до формули (1), маємо формулу для вертикального розподілу модуля швидкості вітру в м/с:

$$V = 4,0 \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,209}$$

, де висота z вимірюється в метрах. На кресленні в) наведено відповідний розподіл.

Приклад 4. Зима. Були виміряні значення: $V_0=5,5$ м/с; $T_0=-5^\circ\text{C}$; $P_0=1010$ Па. Згідно з формулою (3): $m=-0,00303 \cdot 5 + 0,00023 \cdot 1010 = 0,247$.

Підставляючи значення $V_0=5,5$ м/с та $m=0,247$ до формули (1), маємо формулу для вертикального розподілу модуля швидкості вітру в м/с:

$$V = 5,5 \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,247}$$

, де висота z вимірюється в метрах. На кресленні г) наведено відповідний розподіл.

Таким чином, запропонований спосіб визначення вертикального розподілу модуля швидкості вітру в приземному шарі атмосфери за допомогою ступеневої моделі дозволяє:

1. Надійно за даними вимірювань лише температури повітря та атмосферного тиску встановлювати значення показника ступеневої моделі з абсолютною похибкою до 6 % незалежно від сезону року.

2. З урахуванням виміряного значення швидкості вітру на висоті стандартного флюгера та одержаного значення показника ступеневої моделі розраховувати вертикальний розподіл модуля швидкості вітру.

3. За своєю простотою проводити вимірювання швидко і багаторазово.

4. Для реалізації способу використовувати лише стандартне недороге обладнання.

Джерела інформації:

1. Hellmann A.H. Ober die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre (2 Mitt). Met. Zs., 1917, bd. 34. h 3. pp. 140.

2. Ветроэнергетика: Новейшие разработки (под ред. Я.И. Шефтера. Пер. с англ.). - М.: Энергоатомиздат, 1982. - 272 с.

3. Заварина М.В. Расчеты скорости ветра на высотах нижнего слоя атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 162 с.

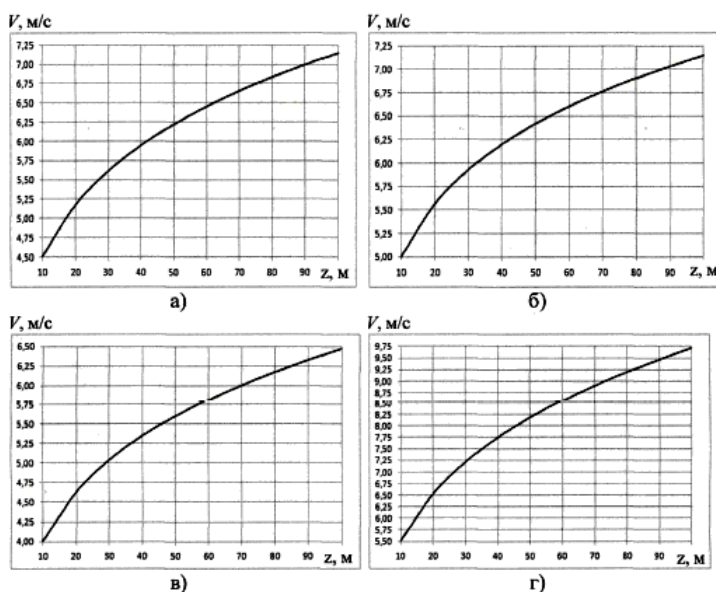
4. Рыхлов А.Б. Оценка параметров законов изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на юго-востоке европейской части России для решения задач ветроэнергетики / Известия Саратовского университета, 2011. Т. II. Сер. Науки о Земле, вып. 2, с. 28-34.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Спосіб визначення вертикального розподілу модуля швидкості вітру в приземному шарі атмосфери за допомогою ступеневої моделі:

$$V = V_0 \cdot \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^m$$

де V - шукана швидкість вітру на висоті Z над поверхнею землі; V_0 - швидкість вітру на висоті стандартного флюгера; Z_0 - висота флюгера над поверхнею землі; m - показник ступеневої залежності, який **відрізняється** тим, що одночасно з вимірюванням швидкості вітру V_0 на висоті розташування флюгера вимірюють температуру T_0 і атмосферний тиск P_0 на тій же самій висоті, а потім на підставі формули: $m = -0,00304 \cdot T_0 + 0,00023 \cdot P_0$ обчислюють значення показника ступеневої залежності m у відносних одиницях, надалі за відомою формулою ступеневої моделі встановлюють розподіл модуля швидкості вітру V за висотою z ; при цьому з метою зменшення статистичної похибки вимірювання проводять якомога більше разів, а їх результати усереднюють.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601