

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОСТОЇВ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ, ВИКЛИКАНИХ СИЛЬНИМИ ВІТРАМИ

**В.А. Пашинський, професор, д.т.н., А.А. Волювач, Д.М. Квятковська, студентки,
Кіровоградський національний технічний університет**

Анотація. Запропонована методика визначення за метеорологічними даними ймовірного часу простоїв вантажопідйомних кранів, обумовлених перевищенням розрахункової швидкості вітру для робочого режиму крана.

Ключові слова: вантажопідйомні крани, швидкість вітру, простої за метеорологічними умовами.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОСТОЕВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ, ВЫЗВАННЫХ СИЛЬНЫМИ ВЕТРАМИ

**В.А. Пашинский, профессор, д.т.н., А.А. Волювач, Д.Н. Квятковская, студентки,
Кировоградский национальный технический университет**

Аннотация. Предложена методика определения по метеорологическим данным вероятного времени простоев грузоподъемных кранов, обусловленных превышением расчетной скорости ветра для рабочего режима крана.

Ключевые слова: грузоподъемные краны, скорость ветра, простои по метеорологическим условиям.

FORECAST OF ERECTING CRANES DOWNTIMES CAUSED BY STRONG WINDS

**V. Pashynskiy, Professor, Doctor of Technical Science, A.A. Voliuvach,
D.N. Kviatkovska, students, Kirovograd National Technical University**

Abstract. Procedure is provided for meteorological data determination of potential downtimes of erecting cranes due to exceed of wind rated speed for crane operation mode.

Key words: erecting cranes, wind speed, weather downtimes.

Вступ

Ефективне використання кранового обладнання значною мірою залежить від простоїв, частина яких зумовлюється несприятливими метеорологічними умовами. Для реального планування перевантажувальних робіт і процесів монтажу будівельних конструкцій необхідно знати тривалість ймовірних простоїв кранів, викликаних сильними вітрами в різних географічних районах. Дана робота є

першим етапом досліджень, кінцева мета яких полягає в територіальному районуванні України за тривалістю простоїв вантажопідйомних кранів, викликаних великими швидкостями вітру.

Аналіз публікацій

Нормативними документами [1] та іншими встановлені розрахункові значення вітрового навантаження для експлуатаційного режиму

роботи вантажопідійомних кранів: баштових і самохідних стрілових – 125 Па, портових – 250 Па. Тим самим встановлюються обмеження на можливість роботи кранів при швидкостях вітру понад 14 м/с і 20 м/с відповідно. Значна увага до проблеми забезпечення роботи портових кранів при великих швидкостях вітру в приділена [2] та інших статтях цього автора, але прогнозування ймовірності простоїв на основі аналізу метеорологічних даних в них не здійснювалося.

Дослідження вітрового режиму на території України виконані в роботах [3, 4], результати яких увійшли до норм навантажень на будівельні конструкції [5]. На підставі статистичного аналізу даних українських метеостанцій показано, що зміни вітрового тиску та швидкості вітру можуть бути подані у формі квазістаціонарних випадкових процесів з річним періодом нестационарності. Така ймовірнісна модель дає змогу визначити середню тривалість перевищення розрахункових значень швидкості вітру як протягом усього року, так і для кожного місяця окремо.

Мета й завдання роботи

Мета даної роботи полягає в розробленні ймовірнісної методики прогнозування часу простоїв монтажних кранів, що експлуатуються в різних географічних районах, у наслідок надмірно великих швидкостей вітру. Для досягнення поставленої мети необхідно:

- обрати метеостанції з різних кліматичних районів України та сформувати базу даних про швидкість вітру;
- виконати статистичну обробку даних про швидкості вітру на обраних метеостанціях і визначити тривалість простоїв у наслідок перевищення розрахункової швидкості вітру в кожному з місяців року;
- проаналізувати сезонну й територіальну мінливість тривалості простоїв;
- розробити пропозиції щодо узагальнення отриманих результатів.

Вихідні дані та їх статистична обробка

Для статистичного аналізу використанні результати 20-річних строкових метеорологічних спостережень за швидкістю вітру, опубліковані в щомісячниках [6] у формі гістограм розподілу (повторюваності швидкостей вітру за градаціями) для кожного з місяців спостереження. Для попереднього аналізу

обрано 10 метеостанцій, вказаних в таблиці 1. Вони розміщені в різних географічних районах України, а тому відображають територіальну мінливість швидкостей вітру.

Таблиця 1 Характеристики швидкості вітру на метеостанціях України

Метеостанції	M м/с	S м/с	V	T(14) години
Бердянськ	4,23	2,33	0,550	7,8
Кіровоград	3,97	2,21	0,555	1,8
Київ	2,38	1,81	0,761	0,9
Луганськ	2,78	2,44	0,878	22,3
Луцьк	3,62	2,39	0,561	4,8
Одеса	3,61	2,25	0,624	8,4
Ужгород	2,49	1,94	0,779	2,2
Харків	4,02	2,41	0,600	7,8
Чернівці	3,98	2,72	0,684	36,2
Ялта	2,08	2,09	0,998	12,6

Гістограми розподілу, що відносяться до однойменних місяців різних років, об'єднані в 12 місячних гістограм, для кожної з яких за відомими формулами математичної статистики визначені середнє значення, стандарт і коефіцієнт варіації. З досліджень [4, 5] та інших відомо, що розподіл ординати випадкового процесу швидкості вітру добре описується законом Вейбулла з інтегральною функцією розподілу:

$$F(x) = 1 - \exp(-\beta x^\alpha), \quad (1)$$

Параметр α закону розподілу (1) визначається, як корінь трансцендентного рівняння:

$$\Gamma(1+2/\alpha) = (V^2 + 1) [\Gamma(1+1/\alpha)]^2, \quad (2)$$

а параметр β дорівнює:

$$\beta = [\Gamma(1+1/\alpha)/M]^\alpha. \quad (3)$$

У формулах (2) і (3) через M і V позначені середнє значення й коефіцієнт варіації швидкості вітру, отримані в результаті статистичної обробки гістограми розподілу.

З урахуванням інтегральної функції розподілу (1) та тривалості i -того місяця T_i тривалість простоїв крана внаслідок перевищення розрахункової швидкості вітру x дорівнює:

$$T(x) = T_i [1 - F(x)] = T_i \exp(-\beta x^\alpha). \quad (4)$$

Таким же чином виконана обробка річних гістограм розподілу, отриманих у результаті об'єднання усіх місячних розподілів за всі роки спостереження. Результати їх обробки, наведені в таблиці 1, не враховують сезонну мінливість швидкості вітру, але характеризують вітровий режим даної місцевості в цілому. З таблиці 1 видно, що середні значення M і стандарти S швидкості вітру досить сильно змінюються по території України, а коефіцієнти варіації V не перевищують одиниці.

Якісний аналіз результатів

В якості прикладу для попереднього аналізу за даними десяти обраних метеостанцій обчисленні середні тривалості перевишень швидкості вітру $x=14$ м/с. Ця швидкість відповідає розрахунковому значенню для робочого режиму баштових і самохідних стрілових кранів, що використовуються при зведенні будівельних об'єктів. Підстановка до формули (4) тривалості місяців T_i у годинах, параметрів α і β , що відповідають кожному з місяців року, та значення розрахункової швидкості вітру $x=14$ м/с забезпечує отримання середнього часу ймовірних простоїв кранів $T(14)$ у годинах на місяць.

Результати статистичної обробки даних по швидкості вітру для метеостанції м. Кіровоград наведені в таблиці 2, а на рисунку 1 зображено річний хід тривалості ймовірних простоїв кранів у метеорологічних умовах Кіровограда.

Таблиця 2 Характеристики швидкості вітру на метеостанції Кіровоград

Місяці року	M м/с	S м/с	V	T(14) години
1	4,28	2,29	0,536	0,26
2	4,49	2,24	0,499	0,14
3	4,36	2,27	0,521	0,21
4	4,26	2,21	0,519	0,13
5	3,81	2,21	0,580	0,19
6	3,48	2,08	0,598	0,09
7	3,43	1,95	0,568	0,02
8	3,43	2,01	0,588	0,05
9	3,67	2,03	0,553	0,04
10	3,89	2,14	0,550	0,10
11	4,22	2,22	0,526	0,14
12	4,46	2,37	0,531	0,42

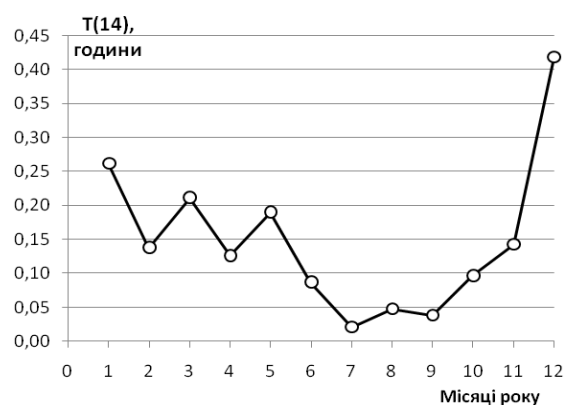


Рис. 1. Ймовірні тривалості простоїв в умовах м. Кіровоград

Відповідно до характеру сезонних змін швидкості вітру, який загалом узгоджується з даними [3, 4], тривалість ймовірних простоїв є зовсім незначною влітку і помітно зростає в зимові місяці. Сумарна річна тривалість простоїв складає 1,8 години.

Подібний характер сезонних змін тривалості ймовірних простоїв спостерігається також у метеорологічних умовах інших місцевостей. Значення сумарної протягом року ймовірної тривалості простоїв кранів $T(14)$ наведені в останній колонці таблиці 1. Звертає на себе увагу значний розкид по території України (від 0,9 год. для м. Київ до 36,2 год. для м. Чернівці). Це спонукає до більш глибокого аналізу територіальної мінливості величин ймовірних простоїв кранів та розроблення методів узагальнення й територіального районування дослідженої величини.

Шляхи узагальнення результатів

Статистична обробка даних та обчислення, за формулою (4) для кожного з місяців року виконані за даними усіх метеостанцій, перелічених в таблиці 1. Річні зміни часу ймовірних простоїв $T(14)$ для усіх метеостанцій відображені на рисунку 2. З рисунка видно, що характер річних змін величини $T(14)$ є однаковим для усіх географічних районів, але вони мають дуже великий розкид по території України. Подібність наведених залежностей від місяця року для різних метеостанцій наштовхує на думку про можливість їх узагальнення й територіального районування за способом, подібним до розробленої та використаної в дослідженнях [3] процедури територіального районування атмосферних навантажень на будівельні конструкції.

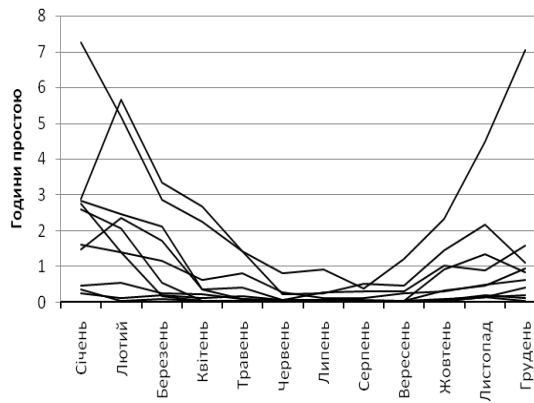


Рис. 2. Ймовірні тривалості простоїв в умовах метеостанцій України

З метою обґрунтування можливості узагальнення залежностей з рисунка 2 зроблена спроба пронормувати ці залежності по аналогії з [3]. Значення $T(14)$ для кожного з місяців року поділені на сумарну тривалість простоїв протягом року в умовах відповідної метеостанції. Отримані таким чином нормовані залежності $T_n(14)$ зображені на рисунку 3. Взаємний розкид нормованих залежностей є значно меншим (середньорічний коефіцієнт варіації зменшився до 0,64 порівняно з 1,30 для рисунка 2), але занадто великим для можливості їх простого осереднення.

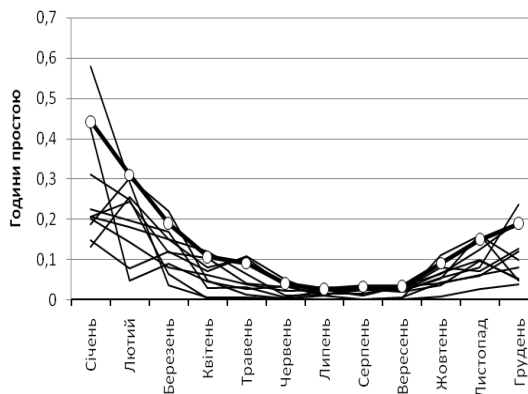


Рис. 3. Нормовані значення ймовірної тривалості простоїв

Одним з можливих варіантів вирішення цієї проблеми є встановлення узагальненої залежності $T_0(14)$ за верхньою межею фактичних нормованих залежностей для усіх метеостанцій. На рисунку 3 жирною лінією з маркерами зображені річні зміни ймовірного часу простоїв кранів $T_0(14)$, встановлені із забезпеченістю 0,9. Це означає, що в 90% випадків реальні простої будуть меншими, і тим самим забезпечує запас надійності при плануванні монтажних робіт.

Для практичного використання необхідно виконати статистичну обробку даних для повної мережі метеостанцій України, за її результатами отримати більш точну узагальнену залежність $T_0(14)$, також розробити карту територіального районування України за сумарною річною тривалістю простоїв. Це дозволить визначати ймовірну тривалість простоїв крана в заданому географічному районі та певному місяці року шляхом множення сумарної річної тривалості простоїв з карти районування на загальне по усій території нормоване значення $T_0(14)$ для відповідного місяця року. З метою уточнення результатів доцільно також відшукати більш ефективний спосіб нормування залежностей $T(14)$, отриманих за даними метеостанцій.

Висновки

Запропонований підхід дає змогу визначити й пронормувати тривалості ймовірних простоїв вантажопідйомних кранів, обумовлені перевищенням розрахункової швидкості вітру в експлуатаційному режимі крана. Подальші дослідження слід спрямувати на аналіз метеорологічних даних для повної мережі метеостанцій України.

Література

1. ВСН 274-88. Правила техніки безпеки при експлуатації стрелових самоходних кранов.
2. Подобед В. А. Повышение эффективности использования портовых кранов при ветровых нагрузках: Автореферат дис... д. т. н: 05.22.19 / М.- 2007.- 46 с.
3. Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України.- К.: УкрНДПроектстальконструкція, 1999.- 185 с.
4. Деркач Т.М., Пашинський В.А. Розрахункові значення вітрового навантаження для території України. // Коммунальное хозяйство городов: Республиканский межведомственный научно-технический сборник.- Вып. 27.- К.: Техника.- 2001.- с. 189-195.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.- К.: Мінбуд України, 2007.
6. Метеорологічний ежемесичник. Часть II, Выпуск 10. – Л.: Гидрометеопиздат, 1961-1991.