

УДК 621.873:551.557

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОСТОЇВ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНИХ КРАНІВ, СПРИЧИНЕНИХ СИЛЬНИМИ ВІТРАМИ

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

Анотація. Запропоновано методику визначення за метеорологічними даними ймовірного часу простоїв вантажопідіймальних кранів, зумовлених перевищенням розрахункової швидкості вітру для робочого режиму крана.

Ключові слова: вантажопідіймальні 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 LIFTING CRANE DOWNTIME CAUSED BY STRONG WINDS

**V. Pashynskiy, Professor, Doctor of Engineering Sciences, A. Voliuvach, student,
D. Kviatkovska, student, Kirovograd National Technical University**

Abstract. A procedure has been proposed to use meteorological data in order to determine probable lifting crane downtime that results from surplus rated wind speed for the crane operation mode.

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

Вступ

Ефективне використання кранового обладнання значною мірою залежить від простоїв, частина яких зумовлена несприятливими метеорологічними умовами. Для реального планування перевантажувальних робіт і процесів монтажу будівельних конструкцій необхідно знати тривалість ймовірних простоїв кранів, спричинених сильними вітрами в різних географічних районах. Дана робота є першим етапом досліджень, кінцева мета яких полягає в територіальному районуванні України

за тривалістю простоїв вантажопідіймальних кранів, спричинених великими швидкостями вітру.

Аналіз публікацій

Нормативними документами [1] та іншими встановлено розрахункові значення вітрового навантаження для експлуатаційного режиму роботи вантажопідіймальних кранів: баштових і самохідних стрілових – 125 Па, портових – 250 Па. Тим самим встановлено обмеження на можливість роботи кранів за

швидкостей вітру понад 14 м/с і 20 м/с відповідно. Значну увагу проблемі забезпечення роботи портових кранів за великих швидкостей вітру приділено в [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 виконано 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 із річним періодом нестационарності. Така ймовірнісна модель дає змогу визначати середню тривалість перевищення розрахункових значень швидкості вітру як протягом усього року, так і для кожного місяця окремо.

Мета і постановка задачі

Метою роботи є розроблення ймовірнісної методики прогнозування часу простоїв монтажних кранів, що експлуатуються в різних географічних районах, унаслідок 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 унаслідок 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 використано 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 у табл. 1.

Їх розміщено в різних географічних районах України, а тому дані відображають територіальну мінливість швидкостей вітру.

Таблиця 1. Характеристики швидкості вітру на метеостанціях України

Метеостанції	M , м/с	S , м/с	V ,	$T(14)$ год
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'єднано в 12 місячних гістограм, для кожної з яких за відомими формулами математичної статистики визначено 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 -го 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 виконано обробку річних гістограм розподілу, отриманих у результаті об'єднання усіх місячних розподілів за всі роки спостереження. Результати їх обробки, наведені в табл. 1, не враховують сезонної мінливості швидкості вітру, але характеризують вітровий режим даної місцевості в цілому. З табл. 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

Як приклад для попереднього аналізу за даними десяти обраних метеостанцій обчислено середні тривалості перевищень 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 за швидкістю вітру для метеостанції м. Кіровоград наведено в табл. 2, а на рис. 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	$T(14)$ год.
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

Відповідно до характеру сезонних змін швидкості вітру, який загалом узгоджується з даними [3, 4], тривалість ймовірних простоїв є зовсім незначною влітку і помітно зрос-

тає в зимові місяці. Сумарна річна тривалість простоїв складає 1,8 год.

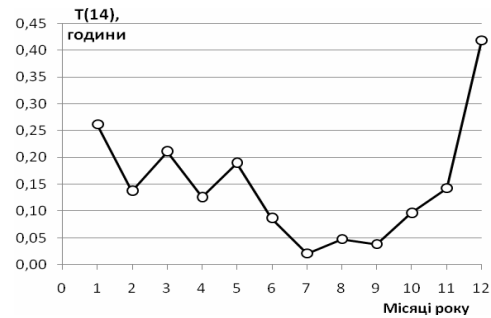


Рис. 1. Ймовірні тривалості простоїв в умовах м. Кіровоград

Подібний характер сезонних змін тривалості ймовірних простоїв спостерігається також у метеорологічних умовах інших місцевостей. Значення сумарної ймовірної тривалості простоїв кранів протягом року $T(14)$ наведені в останній колонці табл. 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

Статистичну обробку даних та обчислення за формулою (4) для кожного з місяців року виконано за даними усіх метеостанцій, перелічених в табл. 1. Річні зміни часу ймовірних простоїв $T(14)$ для усіх метеостанцій відображено на рис. 2.

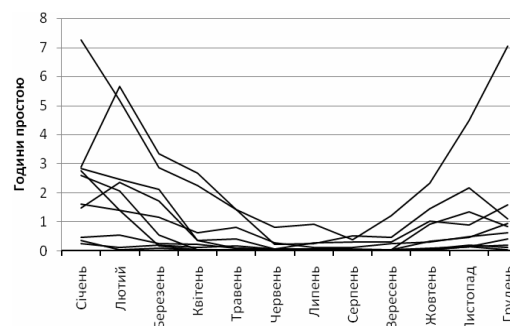


Рис. 2. Ймовірні тривалості простоїв в умовах метеостанцій України

З рисунка видно, що характер річних змін величини $T(14)$ є однаковою для усіх географічних районів, але вони мають дуже великий розкид по території України. Подібність

наведених залежностей від місяця року для різних метеостанцій нашо́вхує 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.

З метою обґрунтування можливості узагальнення залежностей з рис. 2 зроблено спробу пронормувати ці залежності за аналогією 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 $T_n(14)$ зображено на рис. 3. Взаємний розкид нормованих залежностей є значно меншим (середньорічний коефіцієнт варіації зменшився до 0,64, порівняно з 1,30 для рис. 2), але занадто великим для можливості їх простого осереднення.

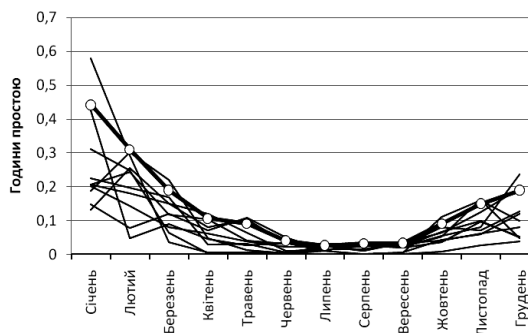


Рис. 3. Нормовані значення ймовірної тривалості простоїв

Одним з можливих варіантів вирішення цієї проблеми є встановлення узагальненої залежності $T_0(14)$ за верхньою межею фактичних нормованих залежностей для усіх метеостанцій. На рис. 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, що 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 $T_0(14)$, а також розробити карту територіального районування України за сумарною річною тривалістю простоїв. Це дозволить визначити 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 і пронормувати тривалості ймовірних простоїв вантажопідіймальних кранів, що зумовлено 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: автореф. дис... на соискание учен. степени д-ра техн. наук: 05.22.19 «Эксплуатация водного транспорта, судовождение» / В.А. Подобед. – М.: 2007. – 46 с.
3. Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України / В.А. Пашинський. – К.: УкрНДІпроектстальконструкція, 1999. – 185 с.
4. Деркач Т.М. Розрахункові значення вітрового навантаження для території України / Т.М. Деркач, В.А. Пашинський // Коммунальное хозяйство городов: Республиканский межведомственный научно-технический сборник. – К.: Техника. – 2001. – Вып. 27. – 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. Метеорологический ежемесячник. – Вып. 10. – Ч. II. – Л.: Гидрометеоздат, 1961–1991.

Рецензент: О.В. Полярус, професор, д.т.н., ХНАДУ/

Стаття надійшла до редакції 27 червня 2012 р.