

УДК 624.042:621.86.01

**ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ МОСТОВИХ КРАНІВ – ШЛЯХ ДО
РЕСУРСООЕКОНОМІЧНОСТІ КАРКАСІВ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ**

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МОСТОВЫХ КРАНОВ – ПУТЬ К
РЕСУРСООЭКОНОМИЧНОСТИ КАРКАСОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ЗДАНИЙ**

**USING OF MODERN BRIDGE CRANES IS THE WAY OF RESOURCE
ECONOMY OF INDUSTRIAL BUILDING OSSATURES**

Пічугін С.Ф., д.т.н., проф., Дрімко Я.О., магістр (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

Пичугин С.Ф., д.т.н., проф., Дримко Я.А., магистр (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава)

Pichugin S.F., doctor of technical sciences, professor, Drymko Y.A., master (Poltava National Technical University named in honour Yuri Kondratyuk, v. Poltava)

Виконаний аналіз вагових характеристик мостових кранів, який виявив суттєве зниження навантажень на конструкції від сучасних закордонних кранів порівняно з вітчизняними кранами. Це відкриває перспективний напрямок підвищення ресурсоекономічності виробничих будівель, що проєктуються, та продовження безаварійної експлуатації існуючих промислових цехів.

Выполнен анализ весовых характеристик мостовых кранов, выявивший существенное снижение нагрузок на конструкции от современных зарубежных кранов по сравнению с отечественными кранами. Это открывает перспективное направление повышения ресурсоекономичности проектируемых производственных зданий и продолжения безаварийной эксплуатации существующих промышленных цехов.

The analysis of gravimetric characteristics of bridge cranes is executed, it exposed the substantial decline of loading on structures from modern foreign cranes as compared to native cranes. It opens perspective direction of increase of resource economy of the designed industrial buildings and continuation of accident-free exploitation of existent industrial workshops.

Ключові слова:

Промислові будівлі, мостові крани, кранові навантаження, підкранові балки.
Промышленные здания, мостовые краны, крановые нагрузки, подкрановые балки.

Industrial buildings, bridge cranes, crane loads, crane beams.

Вступ. Підйомно-транспортні машини – незамінний елемент будь-якої сфери економіки. Вони істотно збільшують продуктивність роботи і якість її виконання, економлячи при цьому людські ресурси. Технологічний процес більшості виробничих підприємств пов'язаний з необхідністю механізувати операції по вертикальному і горизонтальному транспортуванню вантажів з великим діапазоном ваги. Цю механізацію разом з іншими транспортними засобами здійснюють за допомогою мостових (опорних) кранів, що є спеціальними пристроями, що пересуваються з вантажами вздовж і поперек цехів. Мостові крани багато в чому визначають як об'ємно-планувальні, так і конструктивні рішення виробничих будівель. Обґрунтований вибір мостових кранів з урахуванням світових тенденцій їх розвитку відкриває можливості суттєвого підвищення ресурсоекономічності конструкцій промислових будівель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток каркасів виробничих будівель тісно пов'язаний з еволюцією мостових кранів, що детально просліджується у ряді робіт [1, 2]. Перефразовуючи знамениту формулу К. Маркса: "Революції – локомотиви історії", вважаємо за можливе стверджувати: "Мостові крани – локомотиви промислового розвитку". Починаючи з середини ХІХ сторіччя, мостові крани невпинно розвивалися, пройшовши шлях від дерев'яних підйомників до потужних кранів величезної вантажопідйомності [3, 4, 5]. В СРСР кранобудування розвивалося швидкими темпами і перетворилося на велику галузь важкого машинобудування із спеціалізованими заводами, що називається підйомно-транспортним машинобудуванням. У післявоєнні роки було налагоджено виробництво усіх необхідних для промисловості типів мостових, підвісних і металургійних кранів, частина з яких поставлялася в зарубіжні країни [6, 7, 8]. З розпадом СРСР на кранобудівних заводах, як і в усій радянській промисловості, пройшли процеси акціонування і приватизації. В результаті цього в 2000-і роки на території колишнього СРСР суттєво зменшилась кількість спеціалізованих підприємств і скоротився випуск на них мостових кранів [9].

Між тим за кордоном активно розвивається виробництво підйомно-транспортного обладнання для виробничих будівель. Назвемо тут лише деякі ведучі фірми, компанії-виробники і дистриб'ютори в цієї галузі.

- «Балканско ехо» (Болгарія) (електротельфери і талі вантажопідйомністю до 50 тс і висотою підйому до 120 м, мостові електричні одно-і двохбалкові крани вантажопідйомністю до 100 тс, гарантія на 36 місяців).

- «SWF Krantechnik» (Німеччина) (мостові крани вантажопідйомністю до 80 тс всіх груп режимів роботи, рейферні й магнітні).
- «OMIS» (Італія) (всі види мостових кранів, вантажопідйомністю до 50 тонн і прольотом до 28,5 метрів).
- «КСJ Конесранес» (Фінляндія) (мостові крани загального призначення та спеціальні). Компанія купила Запорозький завод «Запорозжкран», її фінансові внески забезпечили виробництво мостових кранів на цьому заводі.
- «American Crane & Hoist Corp» (США) (мостові та підвісні крани)
- «Material Handling Systems» (США) (повна лінійка підйомно-транспортного обладнання та послуг).
- «ADC» (Франція) (стандартні і спеціальні мостові крани).
- «Wenzhou Heli Construction Machinery» (Китай) (мостові та металургійні крани).

Деякі із цих фірм, користуючись ситуацією, що склалася, спрямувалися в країни СНД. В цих умовах важливо об'єктивно оцінити наслідки цієї «кранової експансії» для вітчизняного будівництва виробничих будівель

Мета дослідження: порівняльний аналіз вагових параметрів вітчизняних і закордонних мостових кранів та навантажень від них, зусиль у підкранових балках та відповідних перерізів підкранових балок.

Виклад основного матеріалу. У зв'язку з вищевикладеним, особливу увагу заслуговує концерн «Demag Cranes & Components» (Німеччина), що має майже двовікову історію. Він був заснований у 1819 році як фірма «Ludvig Stuchenholz company», яка у 1830 році виготовила перший мостовий кран і в 1840 році налагодила масове виробництво підйомних кранів у Німеччині. Помітним етапом в розвитку кранобудування став паровий мостовий кран з канатним приводом вантажопідйомністю 25 тс, побудований в 1873 році заводом вказаної фірми, який демонструвався в павільйоні Німеччини на Всесвітній виставці у Відні. Важливим етапом кранобудування став вихід першого каталогу типових кранів, виданого в 1893 році фірмою «Ludwig Stuckenholz». Каталог включав чотири частини, які охоплювали усі розроблені на той момент підйомні крани: машинобудівні, залізничні, ливарні і прокатні, крани для портів і причалів. Каталог був націлений на типізацію, передусім, промислового транспорту важких вантажів, таких як частини ливарного і ковальського устаткування, вузли кораблів, конструкцій мостів та ін. Каталог продемонстрував продукцію компанії, дав огляд розвитку підйомно-транспортного устаткування в Німеччині в 1890 -ті роки і започаткував складання подібних каталогів надалі. До кінця ХІХ століття каталоги рекламували досить широкий спектр електричних мостових кранів загального призначення вантажопідйомністю 3,0 – 75,0 тс прольотами 8,0 – 25,0 м [10].

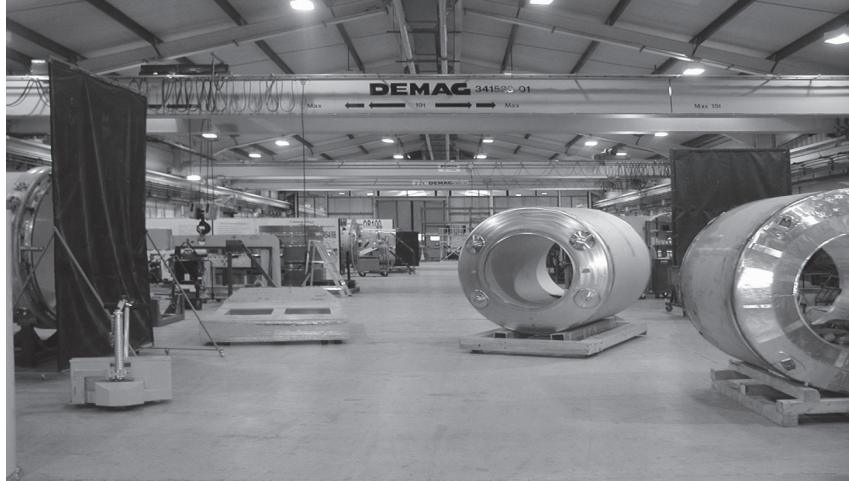


Рис. 1. Виробничий цех, оснащений мостовими кранами фірми Demag

На теперішній час «Demag Cranes & Components» (сучасна назва корпорації, яку було отримано в 2001 році) – визнаний лідер в області конструювання і виробництва різноманітного вантажопідйомного обладнання, у тому числі однобалкових і двохбалкових мостових кранів, маніпуляторних кранів, консольних і настінних кранів. Сьогодні назва «Demag» є синонімом високої німецької якості, прогресивної техніки і бездоганного сервісу [11]. Користуючись сучасною ситуацією, знаменитий німецький концерн спрямував у країни СНД, відкрив представництва в Росії, Україні та ін. і активно завойовує крановий ринок СНД. Слід зазначити, що фірма «Demag» – не новачок в радянській промисловості: вона активно брала участь в процесі індустріалізації СРСР. Наприклад, провідні цехи Магнітогорського металургійного комбінату, побудовані в 30-і роки XX ст., оснащені мостовими кранами цієї фірми, чому був свідком один з авторів статті.

Для розгляду були вибрані мостові крани ЗККЕ загального призначення фірми Demag вантажопідйомністю 50 – 500 кН з висотою підйому така 12 м, основні вагові характеристики яких наведені в табл. 3 [12]. Для порівняльного аналізу були розглянуті мостові крани середнього режиму роботи за ГОСТ 3332-54 [7] (табл. 1), якими обладнані всі післявоєнні виробничі будівлі, більшість з яких експлуатуються по теперішній час. Були прийняті до відому також параметри більш сучасних мостових кранів за ГОСТ 25711-83 [8] (табл. 2), дію якого актуалізовано 1.12.2013 р.

Пояснення до таблиць 1 – 3: Q – вантажопідйомність кранів; n_0 – кількість колес крана; L – проліт будівлі, відповідний проліт кранів $L_{cr}=28,5$ м; B – ширина крана; K – база крана (відстань між колесами); G_B – вага візка;

$G_{кр}$ – вага крана; F_{max}^n – максимальний вертикальний тиск колеса; F_{min}^n – мінімальний вертикальний тиск колеса; H_k – максимальна бічна сила на колесі крана, яка визначалася згідно ДБН В.1.1-2:2006 [13].

Як видно з таблиць, градація вантажопідйомностей кранів за ГОСТ 25711-83 і Demag дещо відрізняється від ГОСТ 3332-54: 160 кН замість 150 кН, 320 кН замість 300 кН. Крім того, вітчизняні мостові крани, на відміну від Demag, при вантажопідйомності 200 кН і вище виконуються з двома крюками – основним і допоміжним. Всі вітчизняні крани у вказаному діапазоні виконуються чотириколісними, крани Demag – чотириколісні для $Q = 50 - 200$ кН, восьмиколісні для $Q = 320$ і 500 кН. Крани Demag більш компактні, мають меншу базу $K = 4,0 - 5,0$ м і ширину $B = 4,7 - 6,1$ м (вітчизняні крани мають базу $K = 5,0 - 5,6$ м і ширину $B = 6,0 - 6,86$ м).

Таблиця 1
Основні характеристики радянських кранів (ГОСТ 3332-54)

№	Q, кН	n_0	L, м	B, м	K, м	G_B , кН	$G_{кр}$, кН	F_{max}^n , кН	F_{min}^n , кН	H_k , кН
1	50	4	30	6,5	5,0	22	312	115	66	20,32
2	100	4	30	6,3	5,0	40	348	170	54	37,88
3	150	4	30	6,3	5,0	70	435	220	72,5	48,55
4	200/50	4	30	6,3	5,0	85	465	255	77,5	57,45
5	300/50	4	30	6,3	5,1	120	620	345	115	75,09
6	500/100	4	30	6,76	5,5	180	780	510	130	113,18

Таблиця 2
Основні характеристики кранів країн СНД (ГОСТ 25711-83)

№	Q, кН	n_0	L, м	B, м	K, м	G_B , кН	$G_{кр}$, кН	F_{max}^n , кН	F_{min}^n , кН	H_k , кН
1	50	4	30	6,0	5,0	20	195	75	47,5	12,2
2	100	4	30	6,0	5,0	24	210	105	50,0	19,9
3	160	4	30	6,2	5,0	37	285	170	52,5	37,1
4	200/50	4	30	6,2	5,0	63	332	200	66,0	42,9
5	320/50	4	30	6,3	5,1	87	410	280	85,0	60,7
6	500/125	4	30	6,86	5,6	135	595	415	132,5	84,6

Таблиця 3

Основні характеристики кранів фірми Demag

№	Q, кН	n ₀	L, м	B, м	K, м	G _B , кН	G _{кр} , кН	F ⁿ _{max} , кН	F ⁿ _{min} , кН	H _к , кН
1	50	4	30	4,7	4,0	7,37	134	59,10	32,90	11,68
2	100	4	30	4,7	4,0	9,46	172	93,10	43,00	20,00
3	160	4	30	4,7	4,0	19,75	194	129,60	47,30	31,84
4	200	4	30	4,8	4,0	26,6	216	161,25	52,16	39,45
5	320	8	30	5,4	4,3	26,5	238	109,38	30,05	26,72
6	500	8	30	6,1	5,0	34,15	330	164,86	42,57	37,4

Порівняння вагових характеристик мостових кранів, наведене в табл. 4, показує, що розвиток конструкцій мостових кранів йде у напрямку зменшення їхньої власної ваги: у порівнянні з ГОСТ 25711-83 більш сучасні крани за ГОСТ 25711-83 легші на 24 – 30 %, візки – легші на 9 – 47 %. Ця різниця значно відчутніша для кранів Demag: мости легші на 50 – 62 % і особливо візки – легші на 66 – 91 %. Відповідно суттєво зменшуються навантаження на колеса: ГОСТ 25711-83 – вертикальні на 19 – 38 %, горизонтальні – на 19 – 40 %; Demag – вертикальні на 35 – 49 %, горизонтальні – 29 – 48 %.

Таблиця 4

Відносні вагові характеристики і навантаження кранів, %
(у порівнянні із кранами за ГОСТ 3332-54)

Q, кН	Вагові характеристики				Навантаження на колесо			
	Вага крана G _{кр}		Вага візка G _B		Вертикальне F ⁿ _{max}		Горизонтальне H _к	
	ГОСТ 25711-83	Фірма Demag	ГОСТ 25711-83	Фірма Demag	ГОСТ 25711-83	Фірма Demag	ГОСТ 25711-83	Фірма Demag
50	62,5	42,3	91,0	33,5	65,2	50,6	60,0	56,6
100	60,3	49,4	60,0	23,7	61,8	54,8	52,5	52,2
150	65,5	44,6	52,9	28,2	77,3	58,9	76,4	65,5
200	71,3	46,5	74,1	31,3	78,4	63,2	74,7	68,6
300	66,1	38,4	72,5	22,1	81,2	63,4*	80,8	71,2*
500	76,3	42,3	75,0	19,0	81,4	64,7*	74,7	66,1*

Примітка. Навантаження, позначені *, визначені для пар колес

Таке суттєве зменшення навантажень від сучасних мостових кранів у порівнянні з кранами попередніх років відкриває, зокрема, можливість у випадках недостатньої несучої здатності та надійності конструкцій існуючих промислових будівель старого проектування продовжити їхню безаварійну експлуатацію за допомогою заміни важких старих мостових кранів на відносно легкі сучасні мостові крани, наприклад, відомої фірми Demag.

Таблиця 5
Порівняння розрахункових зусиль у підкрановій балці

	Q, кН	M _x ,		M _y ,		Q _A		Q _T	
		кНм	%	кНм	%	кН	%	кН	%
1	50	670,45	64,5	68,90	60,4	258,75	54,4	27,03	57,8
		432,14		41,59		140,66		15,62	
2	100	991,10	68,7	128,44	51,0	382,5	57,9	50,89	48,3
		680,74		65,52		221,58		24,60	
3	150	1282,6	73,9	164,62	55,4	495,00	62,3	64,60	52,9
		947,63		91,20		308,45		34,20	
4	200	1486,7	79,3	194,80	58,3	573,75	66,9	76,50	55,6
		1179,1		113,48		383,78		42,61	

Примітка. Для кожного крану в чисельнику вказано значення за ГОСТ 3332-54, в знаменнику – значення за Demag, поруч – відношення першого до другого у відсотках

Таблиця 6.
Порівняння перерізів підкранових балок (проліт 12 м)

№	Q, кН	Нор- ми	Елементи перерізу балок, мм		Площа перерізу, см ²	Еконо- мія, %
			Стінка	Полиці		
1	50	ГОСТ	– 1000×6	2 – 300×7	102,0	27,5
		Demag	– 1000×5	2 – 200×6	74,0	
2	100	ГОСТ	– 1000×6	2 – 300×12	132,0	22,7
		Demag	– 1000×6	2 – 300×7	102,0	
3	150	ГОСТ	– 1200×7	2 – 300×12	156,0	19,2
		Demag	– 1000×6	2 – 300×11	126,0	
4	200	ГОСТ	– 1200×8	2 – 330×12	175,2	17,8
		Demag	– 1200×7	2 – 300×10	144,0	

Для оцінки наслідків обладнання промислових будівель мостовими кранами фірми Demag були виконані розрахунки зусиль від них у підкранових балках прольотом 12 м для кранів вантажопідйомністю 50 – 200

кН, результати яких ілюструються табл. 5 [14]. Згинальні моменти і поперечні сили визначалися від вертикальних навантажень двох зближених кранів, від горизонтальних навантажень (бічних сил) – від одного крана, як регламентується ДБН В.1.1-2:2006 [13]. Як видно з табл. 5, моменти у вертикальній площині зменшилися на 20 – 35 %, поперечні сили – на 33 – 45% у порівнянні з зусиллями від навантажень від кранів за ГОСТ 3332-54 [7]. У горизонтальному напрямі різниця складає: для моментів 40 – 42 %, для поперечних сил – 42 – 52 %.

Очевидно, що при обладнанні промислової будівлі сучасними кранами фірми Demag можна досягти суттєвого полегшення несучих конструкцій. Згідно з результатами попередніх розрахунків, вміщених в табл. 6, для підкранових балок воно може скласти 17,8 – 27,7 %. Для колон одноповерхових виробничих будівель можна спрогнозувати економію в 10 – 15 %.

Висновки. Аналіз вагових характеристик мостових кранів виявив суттєве зниження навантажень на конструкції від сучасних закордонних кранів порівняно з вітчизняними кранами. Це відкриває перспективний напрямок підвищення ресурсоекономічності виробничих будівель, що проектуються, та продовження безаварійної експлуатації існуючих промислових цехів.

1. Перельмутер А.В. Очерки по истории металлических конструкций – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 192 с. 2. Стрелецкий Н.С., Гениев А.Н. Основы металлических конструкций. – М.: ОНТИ, 1935. – 954 с. 3. Пичугин С.Ф., Дримко Я.А. Развитие краностроения – определяющий фактор эволюции промышленных зданий // Соврем. стр. конструкции из металла и древесины: Сб. науч. тр. № 18. – ОГАСА, Одесса: ООО «Внешрекламсервис», 2014. – С. 141 – 153. 4. Kurrer K.-E. The Hystory of the Theory of Structures. – Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften. GmbH & CoKG, Berlin, Germany. – 848 p. 5. Wikipedia, the free encyclopedia [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://en.wikipedia.org>. 6. Богинский К.С., Зотов Ф.С., Николаевский Г.М. Мостовые и металлургические краны. – М.: Машиностроение, 1970. – 300 с. 7. ГОСТ 3332-54. Краны мостовые электрические общего назначения грузоподъемностью от 5 до 50 тонн. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 8 с. 8. ГОСТ 25711-83. Краны мостовые электрические общего назначения грузоподъемностью от 5 до 50 тонн. – М.: Госстандарт СССР, 1983. – 20 с., 1974. – 8 с. 9. Пичугин С.Ф. Крановые нагрузки на строительные конструкции: Монография. – Полтава: ООО «АСМИ», 2014. – 504 с. 10. Справочная книга для архитекторов, механиков и студентов («НÜТТЕ»). Часть I. Шестое издание. – М.: Т-во СКОРОПЕЧ. А.А. Левенсонъ, 1905. – 1283 с. 11. Журнал компании «Демаг» «Cranevision» [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.cranevision.com. 12. Demag дизайнер [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cranedesigner.demagcranes.com>. 13. ДБН В.1.1-2:2006. Система обеспечения надежности и безопасности строительных объектов. Нагрузки и воздействия / Минстрой Украины. – К.: Изд-во «Сталь», 2006.– 59 с. 14. Дримко Я.О. Порівняльний аналіз аналіз силових впливів мостових кранів на конструкції виробничих будівель: Магістерська кваліфікаційна робота. – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – 146 с.