



Рис. 4 – Трехмерная модель зерно-связка с изношенным зерном

Выводы. Трехмерная модель силового напряженного состояния в которой связка представлена в виде мостиков связи цилиндрической формы, а само зерно представлено в виде комбинированной формы позволит выполнить исследование напряженного состояния для конкретных условий процесса шлифования.

Список литературы: 1. *Островский В.И.* Теоретические основы процесса шлифования / *В.И. Островский.*-Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981.- 141 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Ostrovskij V.I.* Teoreticheskie osnovy processa shlifovaniya. - Leningrad: Izd-vo Leningr. un-ta, 1981.- 141 P.

Надійшла до редколегії 15.10.2014

УДК 621.874

С.О. ГУБСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ МОСТОВИХ КРАНІВ З РІЗНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ

Проведено порівняння впливу різних конструкцій механізму пересування мостових кранів на напружено-деформований стан їх металоконструкцій. Досліджено вітчизняну конструкцію механізму пересування крана на «вікатних» брусках Харківського заводу «ПТУ» та фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА». Ресурс металоконструкції останнього крана буде менш залежати від його механізму пересування завдяки конструктивним та технологічним рішенням в самому механізмі.

Ключові слова: мостовий кран, механізм пересування, металоконструкція, бруска, колесо, навантаження.

Вступ. На напружено-деформований стан (далі НДС) металоконструкцій

© С.О. Губський, 2014

мостових кранів суттєво впливають навантаження, що викликані силовою взаємодією колеса крана з підкрановою рейкою (система «колесо-рейка») [1]. Незначне збільшення кута перекосу кранових коліс веде до різкого збільшення бічних сил. В результаті досліджень Марквардта Г. Г. та Шефлера М. [2] встановлено, що при досягненні перекосу в $0,4^\circ$ бічні сили досягають максимального значення, тому боротьба повинна вестися в діапазоні $0\text{--}0,4^\circ$, причому має значення кожна сота і тисячна частка градуса. Ці дослідження були підтверджені Ємельяновим О. А. [3].

Аналіз останніх досліджень та літератури. Наразі існують різні конструктивні рішення механізмів пересування мостових кранів – вітчизняна, з механізмом пересування на «вікатних» буксах; фірми KETTEN та Demag (Німеччина); фірми KONE (Фінляндія) та інші.

Фірма KONE (Фінляндія) запропонувала варіант кріплення кранових коліс, що зображено на рис. 1 [4]

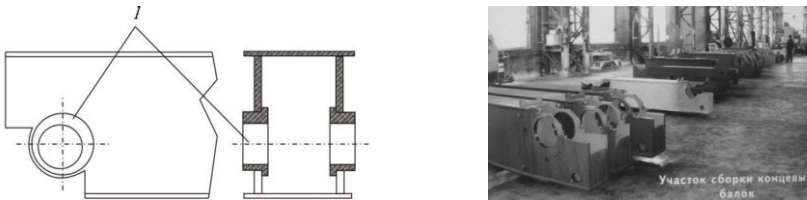


Рис. 1 – Конструкції кріплення кранових коліс, що запропоновано фірмою KONE (Фінляндія)

Ексцентричні втулки 1 (див. рис. 1) – є корпусами підшипників, які ставляться в розточені отвори у стінках. Поворотом втулок забезпечується точне позиціонування коліс, після чого втулки фіксуються болтами (кріплення не показано). Ця конструкція має суттєву перевагу в порівнянні з іншими конструкціями механізму пересування – в ній передбачено можливість регулювання установки колеса, якщо відбудеться деформації конструкції і ця установка колеса зміниться. В даній конструкції, не використовується зварювання при з'єднанні головних і кінцевих балок, а збірку проводиться на високоміцних болтах. Це дозволило уникнути порушення геометрії крана від теплових деформацій («поводки», неминуче виникали від застосування електродугового зварювання при монтажі).

Раніше було проведено дослідження впливу механізму пересування мостових кранів на ресурс металоконструкцій на основі магнітно-коерцитивного контролю [5]. Досліджувалися крани лише з механізмом пересування на «вікатних» буксах.

Мета статті. Провести порівняння впливу різних конструкцій механізму пересування мостових кранів на напружено-деформований стан їх металоконструкцій.

Постановка проблеми. Виробничі допуски установки ходових кранових коліс VDI 3571 в два рази жорсткіші за вітчизняні ДСТ 27584-88. Дослідженнями К. І. Смальчевського та А. С. Смальчевського, встановлено, що тільки в 20 % кранів, виготовлених на вітчизняних заводах, точність установки відповідає нормативним документам. Це є наслідком застарілого та недосконалого устаткування, недоліків конструкції механізму пересування мостового крана [6].

Матеріали досліджень. Для дослідження НДС металоконструкцій мостових кранів можливо використовувати аналітичні, числові та інші методи розрахунку. Підтвердити ці розрахунки можливо експериментально, наприклад, магнітно-коерцитивним методом НК, тензометричним методом НК.

Розрахунок НДС металоконструкції кранів числовим методом можна виконати за допомогою МКЕ. Це дозволяє проводити розрахунки металоконструкцій кранів з різними видами навантаження та зі складною конфігурацією елементів. При цьому є можливість врахування нелінійності (фізичної, геометричної). Тому для подальших розрахунків будуть використовуватися числові методи.

Проведений розгляд різних конструкцій механізму пересування мостового крана дозволив зробити висновок, що найбільше недоліків має конструкція механізму пересування вітчизняних мостових кранів на «вікатних» буксах, а найменше – конструкція фірми KONE (Фінляндія) [7]. Тому для подальших досліджень було обрано два крана мостових електричних загального призначення вантажопідйомністю 32 т кожен, прогін 22,5 м, важкого режиму роботи, один - виробництва Харківського заводу «ПТУ» (матеріал – сталь 09Г2С12, ГОСТ 19281-89) з механізмом пересування на «вікатних» буксах, інший - виробництва фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА» (матеріал – сталь S355J2G3, EN10025).

Для визначення впливу різних конструктивних рішень механізмів пересування досліджуваних мостових кранів на НДС їх металоконструкції розрахунок проводився для характерного технологічного циклу (ХТЦ) роботи крана: підйом вантажу в крайньому положенні біля кінцевої балки, переміщення крана, переміщення вантажного візка в інше крайнє положення та опускання вантажу. Загалом цей ХТЦ було розділено на дев'ять розрахункових випадків.

Побудовані трьохмірні моделі мостових кранів в масштабі 1:1 (див. рис. 2). Для моделювання використовувалися елементи оболонкового типу. Модель спрощена в порівнянні із реальним об'єктом: відсутні механізми, галереї, кронштейни для кріплення механізмів та інші допоміжні елементи металоконструкції.

В розрахункових випадках ХТЦ враховувалися такі складові: власна вага конструкції, вантажного візка, вантажу; швидкість підйому вантажу та пересування крана; прискорення при пересуванні крана та вільного падіння; динамічні коефіцієнти, що виникають при «відриві» від основи і завершенні

підйому вантажу; коефіцієнт поштовхів для крана та візка, які враховують вертикальне навантаження, що виникає при пересуванні крана (візка) внаслідок наїзду його на нерівності підкранової (підвізкової) колії; інерційні (горизонтальні) навантаження, що виникають при русі крана (в т.ч. від відхилення вантажних канатів при розгоні (гальмуванні) крана (візка) [8]).

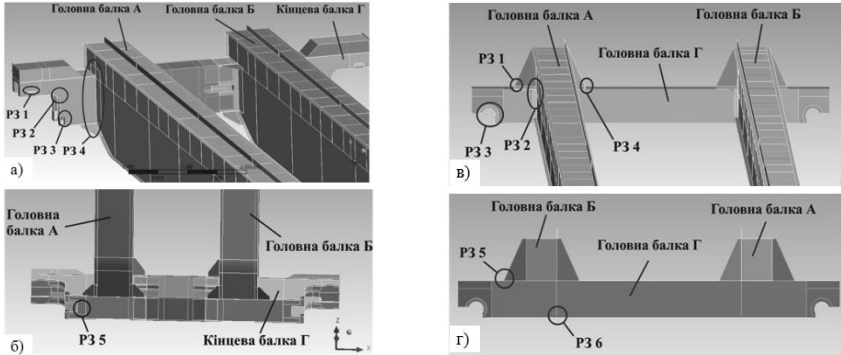


Рис. 2 – Трьохмірні моделі мостових кранів в масштабі 1:1 (P3.1...P3.6 – розрахункові зони): а, б – кран з механізмом пересування на «викатник» буксах (виробництва ХЗ «ПТУ»); в, г - кран виробництва фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА»

В результаті розрахунку НДС металоконструкцій кранів МКЕ при дев'яти розрахункових випадках були встановлені наступні елементи (розрахункові зони (далі P3)) з підвищеним рівнем напружень та досить великим розмахом напружень ($\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$) – див. рис. 2, таблиця 1

Таблиця 1 – Напруження (МПа) в найбільш навантажених елементах металоконструкцій досліджуваних кранів (розрахункових зонах) при різних розрахункових випадках

Розрахунковий випадок навантаження	Напруження в розрахункових зонах, МПа (кран ХЗ «ПТУ»/кран «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА»)					
	P3.1	P3.2	P3.3	P3.4	P3.5	P3.6
I	10,4/12,0	12,8/11,1	12,0/4,3	14,2/14,5	3,8/20,0	/20,0
II	41,2/38,1	44,8/33,5	36,4/15,0	46,7/62,0	15,0/69,9	/71,0
III	33,0/35,0	35,0/32,0	30,0/13,0	36,2/54,0	11,9/61,0	/61,0
IV	35,0/43,0	42,1/32,9	35,2/8,9	46,3/52,9	16,2/72,0	/70,0
V	54,2/35,9	46,0/40,0	41,9/18,2	44,0/75,0	15,2/74,0	/61,2
VI	52,0/7,2	54,0/61,9	47,0/47,0	55,0/74,0	54,2/40,2	/93,8
VII	22,8/15,2	25,0/27,0	25,1/34,2	25,6/7,0	31,0/16,3	/45,0
VIII	15,0/13,8	17,4/12,5	12,0/4,8	17,0/13,1	6,1/15,0	/21,3
IX	16,0/16,0	18,0/14,0	14,0/5,4	19,0/13,4	5,5/16,3	/24,5

Як видно з таблиці 1 найбільш небезпечні розрахункові зони:

- РЗ 5 - кран ХЗ «ПТУ»;
- РЗ 6 - кран фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА».

Межа витривалості (на базі $N_0=2 \cdot 10^6$ циклів) для найбільш навантажених елементів металокопструкцій кранів (розрахункових зон, див. рис. 2) наведено в таблиці 2

Таблиця 2 – Межа витривалості (на базі $N_0=2 \cdot 10^6$ циклів, МПа) для найбільш навантажених елементів металокопструкцій досліджуваних кранів (розрахункових зонах)

	Межа витривалості (МПа) в розрахунковій зоні (кран ХЗ «ПТУ» / кран фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА»)										
	РЗ 1		РЗ 2		РЗ 3		РЗ 4		РЗ 5		РЗ 6
Базова межа витривалості σ_{1KB} , МПа (табл. 5.3.1 [26])	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Товщина елемента розрахункової зони, мм	10	10	10	8	10	50	10	10	14	10	10
Межа витривалості σ_{1K} , МПа	86	86	86	90	86	62	86	86	81	86	86

Схематизацію зміни напружень в розрахункових зонах при різних розрахункових випадках було виконано методом «потоків дощу» [9] (див. рис. 3)

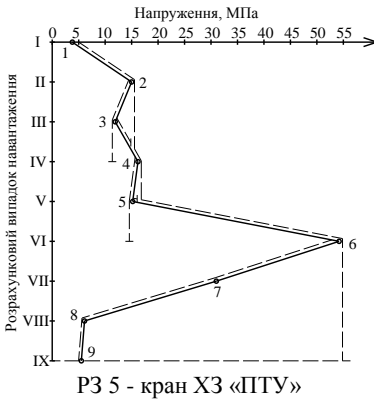


Рис. 3 – Схематизація зміни напружень в найбільш небезпечних розрахункових зонах при різних розрахункових випадках навантаження МК кранів методом «потоків дощу»

Приведення асиметричних циклів напруження до еквівалентних симетричних здійснювали відповідно до вимог [9]

$$\sigma_{\text{пр.л}} = \begin{cases} \sigma_{aj} + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m, & \sigma_m > 0 \\ \sigma_{aj} < 0 \end{cases}, \quad (1)$$

де $\sigma_{\text{пр.л}}$ – амплітуда приведенного симетричного циклу напружень, МПа;
 σ_{aj} – амплітуда асиметричного циклу напружень, МПа;
 σ_m – середнє значення напружень циклу, МПа;
 ψ_{σ} – коефіцієнт чутливості сталі до асиметрії циклу.

Також був розглянутий найбільш несприятливий випадок навантаження металоконструкції мостових кранів з механізмом пересування на «вкатних» буксах (ХЗ «ПТУ») та виробництва фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА», що може трапитися з ними в динаміці їх руху (див. рис. 4):

- проводяться динамічних випробуваннях згідно НПАОП 0.00-1.01-07 [10] (перевантаження 1,1 номінальної вантажопідйомності);

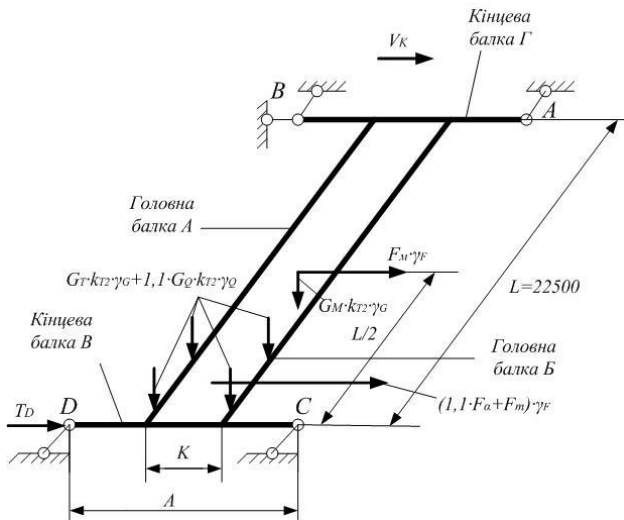


Рис. 4 – Схема для числового розрахунку НДС МКЕ МК мостових кранів з механізмом пересування на «вкатних» буксах (ХЗ «ПТУ») та виробництва фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА» при перекосі: G_M , G_T , G_Q , H – вага моста, візка, вантажу відповідно; V_K , м/с – швидкість пересування крана; K , мм – коля візка; L , мм – прогін крана; A , мм – коля крана; k_{T2} – коефіцієнт поштовхів при русі крана; F_n , F_m , F_a , H – горизонтальні сили інерції від відхилення вантажних канатів, від кранового візка, від моста крана відповідно; γ_G , γ_Q , γ_F – коефіцієнти перевантаження для відповідних навантажень; T_D , H – перекісне навантаження

- візок крана знаходиться в крайньому правому положенні (біля кінцевої балки В);

- при переміщенні крана відбулося «заклинення» одного приводного блока механізму пересування крана, що знаходиться на кінцевій балці Г

При даному випадку навантаження виникає перекісне навантаження T_D , що направлене вздовж руху крана та діє зі сторони справного приводного блоку

$$T_D = \max \left\{ \begin{array}{l} M_{кр.дв.} \cdot \frac{\omega_H}{V_H} \\ \frac{R_{C+D}}{2} \cdot \psi \end{array} \right. , \quad (2)$$

де $M_{кр.дв.}$ – критичний момент двигуна, Н·м;

ω_H – кутова швидкість двигуна, 1/с;

V_H – швидкість пересування крана, м/с;

ψ – коефіцієнт зчеплення приводних коліс з підкрановою рейкою;

R_{C+D} – реакція в опорах кінцевої балки зі сторони справного привода, Н.

Результати досліджень. В результаті приведення асиметричних циклів напруження до еквівалентних симетричних в розрахункових зонах металоконструкцій досліджуваних кранів (крани ХЗ «ПТУ», кран фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА») при експлуатаційному навантаженні отримані результати – таблиця 3 та 4

Таблиця 3 – Результати схематизації по методу «потоків дощу» для найбільш небезпечної розрахункової зони 5 (кран з механізмом пересування на «вкатних» буксах виробництва Харківського заводу «ПТУ»)

№ шляху «потоків»	1-2-4-6	2-3	3-2	4-5	5-4	6-7-8-9
σ_{min} , МПа	3,8	11,9	11,9	15,2	15,2	5,5
σ_{max} , МПа	15,2	15,0	15,0	16,2	16,2	54,2
σ_{d_2} , МПа	11,4	3,1	3,1	1,0	1,0	48,7
σ_{m_2} , МПа	9,5	13,5	13,5	15,7	15,7	29,9
$\sigma_{np,j}$, МПа	12,4	4,6	4,6	2,7	2,7	51,9

Як видно з вище наведених таблиць 3 та 4 отримані амплітуди напружень приведених симетричних циклів для всіх розрахункових зон задовольняють умову

$$\sigma_{пр,j} < \sigma_{1к} \quad (3)$$

тобто, у всіх розрахункових зонах діють напруження, що не проводять до накопичення ушкоджень і металоконструкції досліджуваних кранів при експлуатаційному навантаженні мають необмежену довговічність [4].

Найбільш небезпечним вузлом є РЗ 5 (кран Харківського заводу «Підйомно-транспортного устаткування») та РЗ 6 (кран фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА») (див. рис. 2).

Таблиця 4 – Результати схематизації по методу «потоків дощу» для найбільш небезпечної розрахункової зони 6 (кран виробництва фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА»)

№ шляху «потокую»	1-2-6	2-3	3-4-2	4-5	5-4	6-7-8	8-9
σ_{min} , МПа	20,0	61,0	61,0	61,2	61,2	21,3	21,3
σ_{max} , МПа	93,8	71,0	71,0	70,0	70,0	93,8	24,5
σ_{a_2} , МПа	73,8	10,0	10,0	8,8	8,8	72,5	3,2
σ_m , МПа	56,9	66,0	66,0	65,6	65,6	57,6	22,9
$\sigma_{np,j}$, МПа	80,6	17,9	17,9	16,7	16,7	79,4	5,9

Результати моделювання (розрахунку) МКЕ напружено-деформованого стану металоконструкцій досліджуваних мостових кранів (крани виробництва ХЗ «ПТУ» та фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА») при перекісних навантаженнях – див. рис. 5

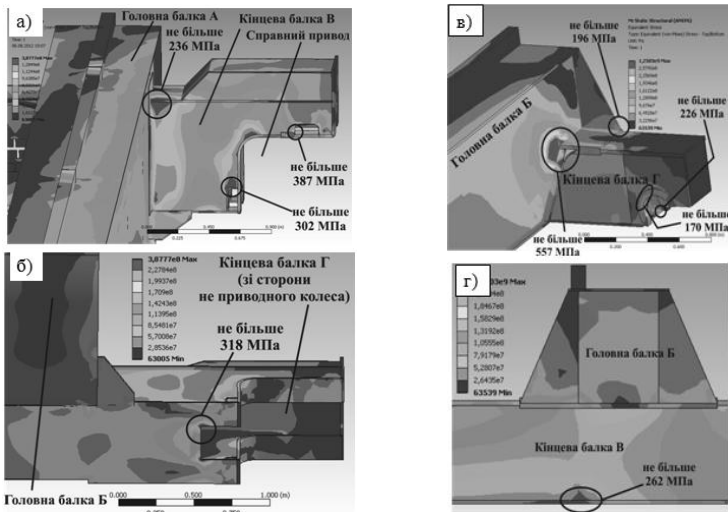


Рис. 5 – Розподілення напружень (еквівалентні напруження за Мізесом): а, б – кран з механізмом пересування на «вікатних» буксах (ХЗ «ПТУ»); в, г – кран виробництва фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА»

Як видно з рис. 5, в досліджуваних мостових кранах при їх русі внаслідок перекісних навантажень можливе виникнення складного НДС їх металоконструкцій з великим рівнем напружень (що перевищують межу

плинності): в кінцевих балках в зоні кранового колеса (кран виробництва ХЗ «ПТУ», див. рис. 5 а, б); в зоні кріплення головних балок з кінцевими балками (кран виробництва фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА», див. рис. 5 в, г). Це може призвести до швидкого тріщиноутворення (кран ХЗ «ПТУ») та до руйнування конструкції (кран фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА»).

Для недопущення виникнення суттєвих перекісних навантажень (можуть спричинити руйнування конструкції) в металокопструкції крана виробництва фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА» встановлюється більш досконалі прилади безпеки [11, 12]. Що, унеможливило виникнення великих перекісних навантажень при його русі (лише при поломці приладів безпеки).

Висновки. В результаті проведеного дослідження напружено-деформованого стану металокопструкцій мостових кранів різних виробників встановлено, що металокопструкція крана мостового виробництва ХЗ ПТУ має більший (на 15-25 %) розрахунковий запас міцності, але внаслідок конструктивних та технологічних недоліків ресурс її на практиці менший (на 10-15 %), ніж металокопструкції крана фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА».

Список літератури. 1. Григоров О. В. Вплив механізму пересування мостового крана на ресурс металокопструкції / О. В. Григоров, С. О. Губський // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Харьков : ХНАДУ, 2012. – №57. – С. 296-299. **2.** M. Scheffler Abhängigkeit der Seiteträfte an Kranen von der Schragstellung der Lauftradachsen / M. Scheffler, H. Marquardt // Hebezeuge und Fördermittel. – August 1969. – 9 Jahrgang – Heft 8. **3.** Емельянов, О. А. Усталостные повреждения сварных крановых мостов / О. А. Емельянов, В. П. Шепотко, В. Ю. Пихота, С. В. Лубенец, А. Т. Буренко // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2001. – №1. – С. 13–18. **4.** Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно–транспортных машин: Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с. **5.** Григоров О. В. Вплив механізму пересування мостового крана на ресурс металокопструкції / О. В. Григоров, С. О. Губський // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Харьков : ХНАДУ, 2012. – №57. – С. 296-299. **6.** Григоров, О. В. Вантажопідйомні машини / О. В. Григоров, Н. О. Петренко. – Харків: НТУ «ХПБ», 2006. – 304 с. **7.** Григоров О. В. Вплив параметрів механізму пересування мостового крана на напружено-деформований стан його металокопструкції / О. В. Григоров, С. О. Губський // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : XIX міжнародна науково-практична конференція, 01–03 червня 2011 р. : тези доповідей ч. I. – Харків, 2011. – С. 99. **8.** Губський С. О. Спрощення розрахунків для оцінки та прогнозування технічного стану металокопструкцій кранів / С. О. Губський, А. О. Окунь // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПБ», 2013. – №54. – С.106-110. **9.** ГОСТ 25.101–83. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статического представления результатов. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 21 с. **10.** НПАОП 0.00–1.01–07. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – Изд-во «Форт», 2007. – 256 с. **11.** Регуляторьскоросты DynA <http://www.konecraneP.com.Ua/equipment/dyna.html>. **12.** Современные системы управления крановыми приводами KONECRANES (<http://www.konecraneP.com.ua/issue/16.pdf>).

Bibliography (transliterated): 1. Hryhorov O. V., Gubskiy S.O. Vplyv mekhanizmu peresuvannya mostovoho kрана na resurs metalokonstruktсийi. Vestnyk Khar'kovskoho natsyonal'noho avtomobyl'no-dorozhnoho unyversyteta. – Kharkov: KhNADU, 2012. – No57. – P. 296-299. **2.** Scheffler M., Marquardt H. Abhängigkeit der Seiteträfte an Kranen von der Schragstellung der Lauftradachsen. Hebezeuge und Fördermittel. – August 1969. – 9 Jahrgang – Heft 8. **3.** Emel'janov, O. A., Shepotko V.P., Pihota V. Ju., Lubenec P.V., Burenko A. T. Ustalostnye povrezhdenija svarnyh kранovyh

mostov. Tehnicheskaja diagnostika i ne razrushajushij kontrol'. – 2001. – No1. – P. 13–18. **4.** Sokolov P. A. Metallicheskie konstrukcii podNoemno–transportnyh mashin: Uchebnoe posobie. – SPb.: Politehnika, 2005. – 423 P. **5.** Hryhorov O. V., Gubskiy S.O. Vplyv mekhanizmu peresuvannya mostovoho krana na resurs metalokonstruktsiyi. Vestnyk Khar'kovskoho natsyonal'noho avtomobyl'no-dorozhnoho unyversyteta. – Kharkov : KhNADU, 2012. – No57. – P. 296-299. **6.** Hryhorov, O. V., Petrenko N. O. Vantazhopidyomni mashyny. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2006. – 304 P. **7.** Hryhorov O. V., Gubskiy S.O. Vplyv parametriv mekhanizmu peresuvannya mostovoho krana na napruzhenno–deformovany stan yoho metalokonstruktsiyi. Informatsiyi tekhnolohiyi: nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya : XIX mizhnarodna naukovо–praktychna konferentsiya, 01–03 chervnya 2011 r. : tezy dopovidey ch. I. – Kharkiv, 2011. – P. 99. **8.** Gubskiy S. O., Okun' A. O. Sproshchennya rozrakhunkiv dlya otsinky ta prohnozuvannya tekhnichnoho stanu metalokonstruktsiyi kraniv. Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho unyversytetu «Kharkivskyy politekhnichnyy instytut». – Kharkiv : NTU «KhPI», 2013. – No54. – P.106-110. **9.** GOST 25.101–83. Metody shematizatsii sluchajnyh processov nagruzenija jelementov mashin i konstrukcij i staticheskogo predstavljenija rezul'tatov. – Moscow: Izd–vo standartov, 1983. – 21 P. **10.** NPAOP 0.00–1.01–07. Pravila ustrojstva i bezopasnoj jekspluatsacii gruzopodNoemnyh kranov. – Izd–vo «Fort», 2007. – 256 P. **11.** Reguljatory skorosti DynA (<http://www.konecraneP.com.ua/equipment/dyna.html>). **12.** Sovremennye sistemy upravlenija kranovymi privodami KONECRANES (<http://www.konecraneP.com.ua/issue/16.pdf>).

Поступила (received) 02.10.2014

УДК 621.9

Д.О. МІНЕНКО, канд. техн. наук, ст. викл., СумДУ, Суми;
В.О. ІВАНОВ, канд. техн. наук, доц., СумДУ, Суми;
І.Г. ГОНЧАРЕНКО, студент, СумДУ, Суми

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВІТРЯНО-ПЛАЗМОВОГО РІЗАННЯ ТОНКОЛИСТОВОГО МЕТАЛУ

Розглянуто основні критерії забезпечення якості повітряно-плазмової різки сталі. Запропоновано залежність для визначення режимів повітряно-плазмової різки тонколистового металу за умов забезпечення необхідної якості розрізу та максимальної продуктивності обробки з урахуванням оптимального співвідношення продуктивності плазмової різки з трудомісткістю подальшої механічної обробки. Нведені залежності формування величини хвилястості та висоти ґрата від швидкості переміщення плазмотрону.

Ключові слова: ефективність, повітряно-плазмове різання, швидкість переміщення, товщина металу, сила струму, ґрат, якість.

Вступ. Одним із перспективніших напрямків у області різання металу є повітряно-плазмове різання, яке забезпечує високу продуктивність обробки та якість поверхонь деталей. Європейський стандарт якості ENISO 9013 «Термічне різання» містить вимоги щодо геометричних параметрів виробів і допуски на розміри, стосовно матеріалів, які можуть бути оброблені методами термічного різання. Для плазменого різання для товщини металу 1–150 мм, стандарт виділяє наступні параметри якості: нерівність та кутовий

© Д.О. Міненко, В.О. Іванов, І.Г. Гончаренко, 2014