

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРТНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ МОСТОВОГО КРАНА КМ-30, ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО НА ОБЪЕКТЕ ВЫВОДИМОГО ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС, ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

© 2018 Ю.И. Пимшин*, В.А. Наугольников*, С.М. Бурдаков*, И.Ю. Пимшин**

* Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл., Россия

** Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону, Ростовская обл., Россия

В работе определена оценка остаточного ресурса кранового оборудования АЭС на основе его комплексного обследования. Оценка остаточного ресурса выполняется с целью определения возможности и срока дальнейшей эксплуатации кранового оборудования АЭС. Расчеты выполнялись в соответствии с действующей нормативной документацией. По результатам экспертного метода оценки остаточного ресурса, может быть назначен остаточный срок эксплуатации исследуемого кранового оборудования не менее 5 лет.

Ключевые слова: крановое оборудование АЭС, цикл работы крана, коэффициент распределения нагрузок крана, характеристическое число, остаточный ресурс.

Поступила в редакцию: 23.05.2018

В результате технического диагностирования мостового крана, отработавшего нормативный срок эксплуатации и модернизированного в последние годы путем установки с помощью узлов крепления (см. рис.1, рис.2) двух талей на грузоподъемной тележке, был выполнен расчет пролетных балок крана с целью определения условия достаточности их прочности [1–10].

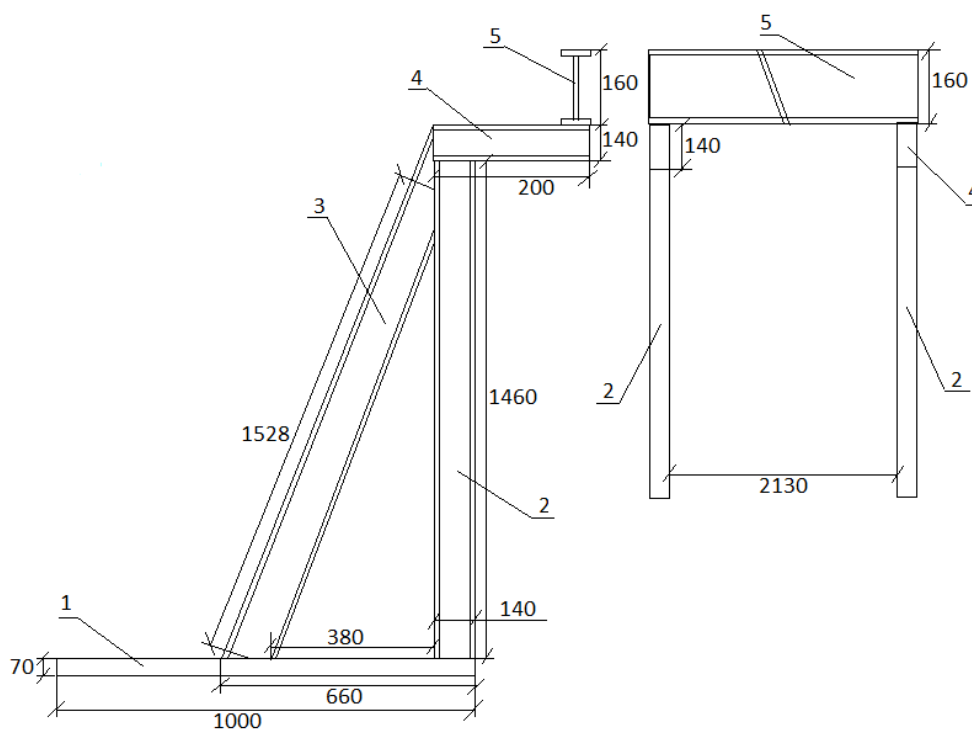


Рис. 1. – Обмерочный чертеж узла крепления тали г/п 3 т. зав. № xxxx

1 - support; 2 - rack; 3 - hinge; 4 - console; 5 - I-beam, guide rail]



1 - support; 2 - rack; 3 - hinge; 4 - console; 5 - I-beam, guide rail]

Основные характеристики исследуемого крана приведены в табл. №1.

Геометрические параметры пролетных балок определенные в процессе исследования крана приведены в табл. №2.

Для оценки соответствия фактических технических характеристик крана зав. №xxx, рег. №xxx, нормативным требованиям провели расчет прочностных характеристик мостовых пролетных балок крана с учетом дополнительно смонтированного оборудования.

Мост крана выполнен из двух стальных пролетных и двух концевых балок. Пролетные балки изготовлены в виде сварных конструкций коробчатого сечения см. рис. 2.

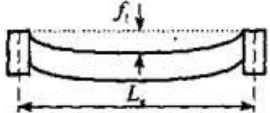
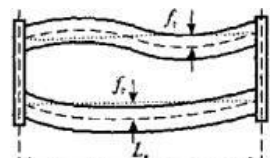
Таблица 1. – Основные характеристики крана мостового электрического КМ-30/5/3/2 [The main characteristics of КМ-30/5/3/2 bridge electric crane]

Выписка из паспорта

Кран мостовой электрический КМ-30/5/3/2, Зав. №xxx, Рег. №xxxx

1	Тип крана	Кран мостовой электрический КМ-30/5/3/2
2	Грузоподъемность, т	30/5/3/2
3	Высота подъема груза м.	30/30/12/18
4	Пролет крана (если пролет изменялся, то в скобках указать первоначальный), м	29
5	Группа классификации (режим работы) крана паспортная по ГОСТ или ИСО	легкий (A1)
6	Скорости механизмов, м/с.:	
	передвижения крана	
	-максимальная м/мин	48,5
	-минимальная м/мин	
	передвижения грузоподъемной тележки	
	-максимальная м/мин	22,0
	-минимальная м/мин	
7	Скорость подъема м/с основного крюка нормальная вспомогательного крюка нормальная	2,08 12,75/8,0/8,0
8	Тип металлоконструкции крана (коробчатого сечения, сварная, ферменная, клепаная и т.д.)	коробчатого сечения
9	Масса крана в рабочем состоянии, т	57.431
10	Максимальная нагрузка на колесо крана при работе, кН	354
11	Паспортные данные о нижнем и верхнем пределах температур рабочего состояния крана	+15 ⁰ С +30 ⁰ С
12	Паспортные данные о нижнем и верхнем пределах температур нерабочего состояния крана	±40 ⁰ С
12	Завод-изготовитель	Днепропетровский механический завод г. Запорожье
13	Дата изготовления	1964 г.
14	Заводской номер	xxx
15	Регистрационный номер	xxx
16	Дата ввода в эксплуатацию	1965 г.
17	Дата последнего технического освидетельствования	xxxxxx
18	Дата последнего обследования крана	xxxxxx

Таблица 2. – Величины предельно допустимых остаточных деформаций металлоконструкций [Values of maximum permissible residual deformations of metal structures]

Вид остаточной деформации	Графическое представление деформации	Предельно допустимая величина остаточной деформации
Отрицательный остаточный прогиб каждой из главных балок (тележка без груза у тупикового упора)		а) $f_1 \leq 0,0022L_k$ эксплуатация крана допускается до следующего очередного обследования; б) $0,0022L_k < f_1 \leq 0,0035L_k$ эксплуатация крана допускается на срок не более 1 года или до достижения металлоконструкцией прогиба предельной величины, при условии выполнения контрольных замеров f_1 не реже 1 раза в 4 мес.;
Изогнутость главных балок в плане		д) $f_1 \leq 0,002L_k$ эксплуатация крана допускается до следующего обследования, если кривизна балок не сопровождается нарушением допуска на сужение / уширение колеи рельсового пути грузовой тележки

Результаты контроля

№ балки	$f_1(\text{мм})$	$0,002L_k(\text{мм})$	$f_1 \leq 0,002L_k$
1	-8	± 58	выполняется
2	-3	± 58	выполняется
	$f_1(\text{мм})$	$0,0022L_k(\text{мм})$	$f_1 \leq 0,0022L_k$
1	+4	$\pm 63,8$	выполняется
2	-30	$\pm 63,8$	выполняется

Расчет пролетных балок моста производили на статическую прочность. При этом расчетная схема для пролетной балки представляет собой однопролетную с шарнирным опиранием балку см. рис.3. Кроме нагрузки от грузоподъемной тележки в виде двух сил $2N$, на пролетную балку действует распределенная постоянная нагрузка от веса самой балки q_6 и лежащего на ней подкранового рельса $q_{\text{рельс}}$. Расчетное напряжение в сечении пролетной балки моста сформируется при расположении тележки в середине пролета. Для обеспечения прочности пролетной балки должно выполняться нижеследующее условие

$$\sigma_p = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq \sigma_n; \quad (1)$$

где $[\sigma]_n$ – допускаемое напряжение для стали; для легкого режима работы $[\sigma]_n = 170$, Н/мм²;

$M_{\max}$ – максимальный изгибающий момент, Н·мм;

W_x – момент сопротивления сечения относительно оси X, мм³.

Максимальный расчетный изгибающий момент действующий в середине пролетной балки, определяется

$$M_{\max} = q_{\text{рельс}} \cdot \omega + q_6 \cdot \omega + 2 \cdot N \cdot y;$$

где $q_{\text{рельс}}$, $q_{\text{б}}$ – расчетное значение распределенной нагрузки соответственно от веса рельса и балки, кг/м;

ω – площадь треугольной линии влияния опорного давления R , м².

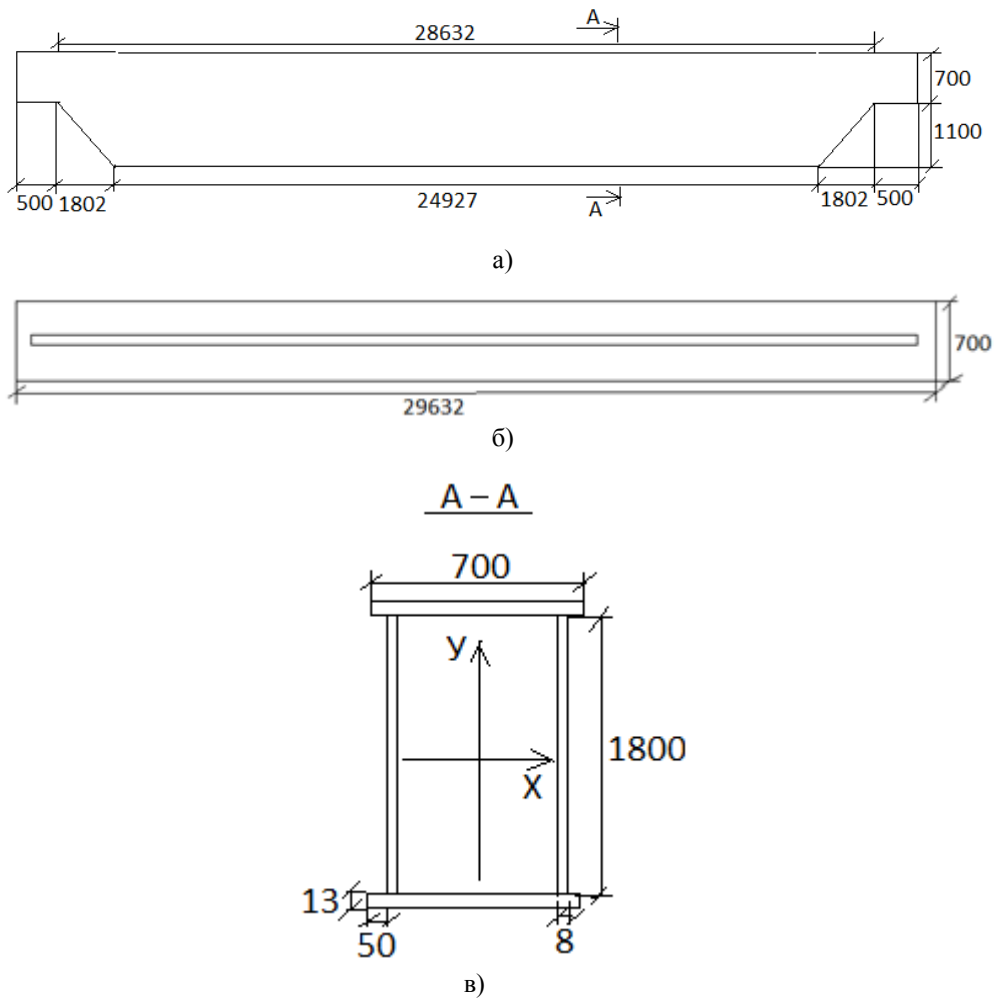


Рис. 2. – Схема балки и ее сечение [The beam scheme and its section]

Расчетные значения распределенной нагрузки вычисляется:

$$q_{\text{рельс}} = m_{\text{рельс}} \cdot \gamma_{\text{пост}};$$

$$q_{\text{б}} = m_{\text{б}} \cdot \gamma_{\text{пост}};$$

где $m_{\text{рельс}}$, $m_{\text{б}}$ – вес одного погонного метра рельса и пролетной балки;

$\gamma_{\text{пост}}$ – коэффициент надежности по нагрузке.

По ГОСТ 4121-96, $m_{\text{рельс}}=46.10$ кг/м. Расчетная величина одного метра массы пролетной балки $m_{\text{б}} = 368.95$ кг/м. Согласно СНиП2.01.07-85*, $\gamma_{\text{пост}} = 1.05$.

$$q_{\text{рельс}} = 46.10 \cdot 1.05 = 48.405 \text{ кг/м};$$

$$q_{\text{б}} = 368.95 \cdot 1.05 = 387.398 \text{ кг/м}.$$

Площадь треугольной линии влияния опорного давления R

$$\omega = \frac{L_{\text{б}}^2}{8}; \quad \omega = 105.125 \text{ м}^2.$$

Для вычисления расчетных усилий N на пролетную крановую балку

$$2 \cdot N = 0.5 \cdot (G_{\text{тел}} + G_{\text{гр}});$$

где $G_{\text{тел}}$ – масса тележки с учетом дополнительно смонтированного оборудования, кг;

$G_{\text{гр}}$ – максимальная масса груза поднимаемого краном, кг.

$$2 \cdot N = 0.5 \cdot (14603 + 30000) = 22301,5 \text{ кг}$$

При этом $y=6.55$ м.

$$M_{\text{max}} = 48.405 \cdot 105.125 + 387.398 \cdot 105.125 + 22301,5 \cdot 6.55 = 191888,6153 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

Момент сопротивления определяется:

$$W_x = \frac{2 \cdot J_x}{H}, \text{ мм}^3,$$

где $J_x = J_{x1} + J_{x2}$ – момент инерции всего сечения, мм⁴;

$$J_{x1} = 2 \cdot \frac{B \cdot \delta^3}{12} + \frac{B \cdot \delta \cdot H + \delta^2}{4} - \text{момент инерции горизонтальных поясов, мм}^4;$$

$$J_{x2} = 2 \cdot \frac{\delta \cdot H^3}{12} - \text{момент инерции вертикальных стенок, мм}^4.$$

$$W_x = 3.1154 \cdot 10^7 \text{ мм}^3.$$

$$\sigma_p = 191888,6153 \cdot 10^3 / 3.1154 \cdot 10^7 = 6,1593 \text{ кг/мм}^2; \quad \sigma_p = 60,40 \text{ Н/мм}^2.$$

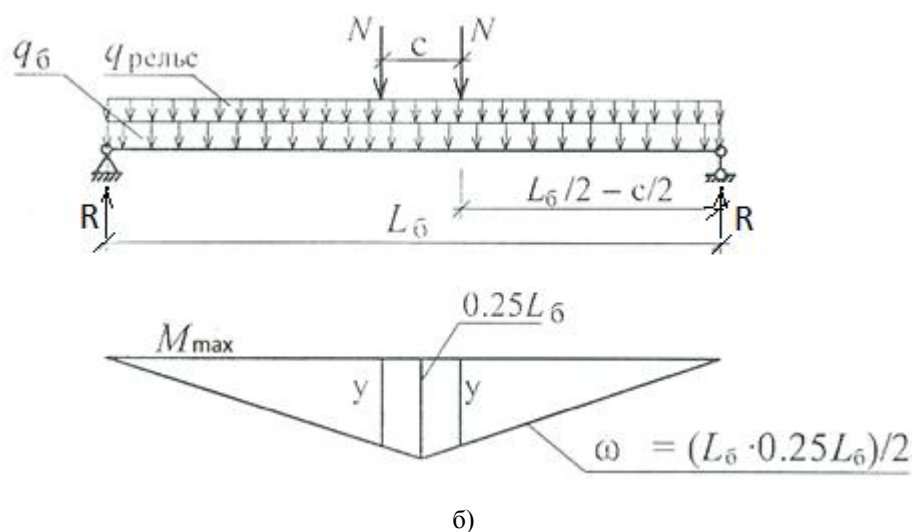
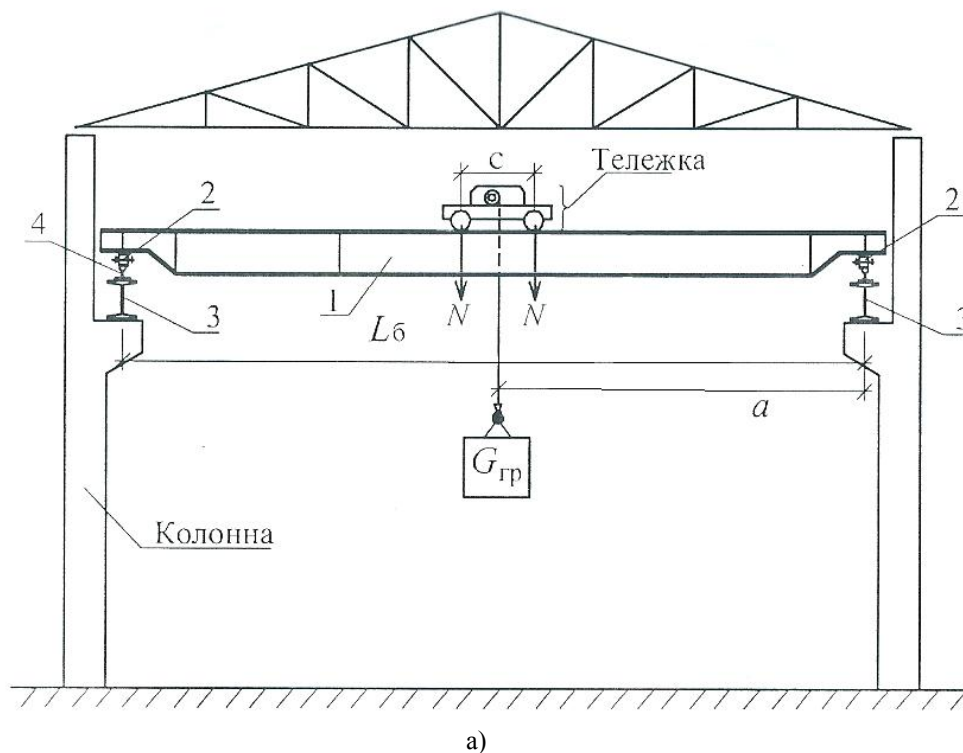


Рис. 3. – Схема мостового крана к проверочному расчету пролетной балки.

а – общая схема размещения крана; б – расчетная схема для определения максимального изгибающего момента в пролетной балке;

1 - пролетная балка крана; 2 - ходовая часть крана; 3 - подкрановая балка; 4 - крановый рельс [Scheme of the bridge crane for the span beam verification calculation. a - general crane layout; b - the design scheme for determining the maximum bending moment in the span beam; 1 - crane span; 2 - crane running gear; 3 - crane beam; 4 - crane rail]

Заключение по результатам расчета пролетных балок моста на статическую прочность: в конструкции крана изменилась, в результате модернизации, масса грузоподъемной тележки, на которую дополнительно было смонтировано оборудование массой 1111 кг. Данное конструктивное изменение не привело к утере прочности пролетных балок. Кран может эксплуатироваться без каких-либо дополнительных ограничений далее, с соблюдением его условий и правил эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПБ 03-517-02 Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов [Текст]. – [Б.м., б.г.].
2. РД 10-08-92 Инструкция по надзору за изготовлением, ремонтом и монтажом подъемных сооружений (с изменениями №1, утвержденными Госгортехнадзором России 09.01.98 г.) [Текст]. – [Б.м., б.г.].
3. РД 0:48:0075.01.05 Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации надземных крановых путей (справочное издание) [Текст]. – [Б.м., б.г.].
4. Пимшин, Ю.И. и др. Движение мостовых кранов, имеющих конические колёса [Электронный ресурс] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольнов, И.Ю. Пимшин // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №4/2. – Режим доступа: URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1384 – 20.04.2018.
5. Пимшин, Ю.И. и др. Общие принципы технической диагностики мостовых кранов [Электронный ресурс] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольнов, И.Ю. Пимшин // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №4/2. – Режим доступа: URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1385 – 20.04.2018.
6. Пимшин, Ю.И. и др. Оценка геометрических характеристик ходовой части мостовых кранов [Текст] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольнов, И.Ю. Пимшин // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2010. – Специальный выпуск. – С. 128–130.
7. Пимшин, Ю.И. и др. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостовых кранов: Пат. № 2382347 С1. Оpubл. 20.02.2010, Бюл. № 8. [Текст] / Ю.И. Пимшин, И.Ю. Пимшин, В.А. Наугольнов. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостовых кранов радиального действия: Пат. № 2384831 С1. Оpubл. 20.03.2010, Бюл. № 8.
9. Пимшин, Ю.И. и др. Способ диагностики геометрических параметров ходовой части мостового крана кругового действия: Пат. № 2425348 G01M 17/06 B66C13/16. Оpubл. 27.07.2011, Бюл. №21. [Текст] / Ю.И. Пимшин, В.А. Наугольнов, И.Ю. Пимшин.
10. Malet J., Maquaire O., Calais E. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France). *Geomorphology*, 2002, Vol. 43, №1, pp. 33–54.

REFERENCES

- [1] PB 03-517-02 Obshhie pravila promyshlennoj bezopasnosti dlja organizacij, osushhestvljajushhih dejatel'nost v oblasti promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh objektov [General Rules of Industrial Safety for Organizations Carrying out Activities in the Field of Industrial Safety of Hazardous Production Facilities]. (in Russian)
- [2] RD 10-08-92 Instrukcija po nadzoru za izgotovleniem, remontom i montazhom podjemnyh sooruzhenij (s izmenenijami №1, utverzhdennymi Gosgortehnadzorom Rossii 09.01.1998 [Instructions for the Manufacture Supervision, Repair and Installation of Lifting Structures (as amended by No. 1, approved by the Gosgortehnadzor of Russia)]. (in Russian)
- [3] RD 0:48:0075.01.05 Rekomendacii po ustrojstvu i bezopasnoj jekspluatacii nadzemnyh kranovyh putej (spravochnoe izdanie) [Recommendations for the Installation and Safe Operation of Elevated Crane Tracks (reference publication)]. (in Russian)
- [4] Pimshin Ju.I., Naugolnov V.A., Pimshin I.Ju. Dvizhenie mostovyh kranov, imejushhih konicheskie koljosa [The Motion of Bridge Cranes Having Tapered Wheels]. *Inzhenernyj vestnik Dona* [The Engineer Messenger of the Don], 2012, №4/2, Available at: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1384 (in Russian)
- [5] Pimshin Ju.I., Naugolnov V.A., Pimshin I.Ju. Obshhie principy tehnicheckoj diagnostiki mostovyh kranov [General Principles of Overhead Crane Technical Diagnostics]. *Inzhenernyj vestnik Dona* [The Engineer Messenger of the Don], 2012, №4/2, Available at: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1385 (in Russian)
- [6] Pimshin Ju.I., Naugolnov V.A., Pimshin I.Ju. Ocenka geometricheskih harakteristik hodovoj chasti mostovyh kranov [Estimation of Geometric Characteristics of Overhead Crane Running Gear]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Tehnicheskie nauki* [News of Higher Educational Institutions. North-Caucasian Region. Technical Science], 2010, Specialnyj vypusk [Special issue], pp. 128–130. (in Russian)
- [7] Pimshin Ju.I., Pimshin I.Ju., Naugolnov V.A. Sposob diagnostiki geometricheskih parametrov hodovoj chasti mostovyh kranov. Patent №2382347 S1. Opublikovano 20.02.2010, Bulletin №8 [Method for Diagnosing the

Geometric Parameters of the Traveling Part of Overhead Cranes: Pat. No. 2382347 C1. Pub. 20.02.2010, Bul. № 8.]. (in Russian)

- [8] Pimshin Ju.I., Naugolnov V.A., Pimshin I.Ju. Sposob diagnostiki geometricheskikh parametrov hodovoj chasti mostovogo krana krugovogo dejstvija. Patent №2425348 G01M 17/06 B66C13/16. Opublikovano 27.07.2011, Bulletin №21 [Method for Diagnosing the Geometric Parameters of the Running Gear of Bridge Crane of Circular Action: Pat. No. 2425348 G01M 17/06 B66C13 / 16. Pub. 07/27/2011, Bul. №21.]. (in Russian)
- [9] Malet J., Maquaire O., Calais E. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France). *Geomorphology*, 2002, Vol. 43, №1, pp. 33–54. (in English)

The Results of the Expert Examination of the KM-30 Bridge Crane Operated at the Facility Decommissioned at the Novovoronezh NPP by the Results of its Technical Diagnosis

Yu.I. Pimshin*¹, V.A. Naugolnov*, S.M. Burdakov*², I.Yu. Pimshin³**

** Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”,
Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

¹ e-mail: yipimshin@mephi.ru

ORCID: 0000-0001-6610-8725

WoS ResearcherID: J-6791-2017

² e-mail: SMBurdakov@mephi.ru

ORCID iD: 0000-0002-8599-6008

WoS ResearcherID: F-6903-2017

*** Don State Technical University*

Gagarin square 1, Rostov-on-Don, Russia, 344000

³ e-mail: geodez@aanet.ru

Abstract – The work gives the assessment of a residual resource of the NPP crane equipment on the basis of its comprehensive examination. The assessment of a residual resource is carried out to define the opportunity and term of the NPP crane equipment further operation. Calculations are made according to the existing standard documentation. The residual operation term of the studied crane equipment can be appointed not less than 5 years by results of an expert method of a residual resource assessment.

Keywords: NPP crane equipment, crane operation cycle, distribution coefficient of crane loadings, characteristic number, residual resource.