

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная программа «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» Постановление Правительства РФ №1715 от 13.11.2009 г.
2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений ФЗ №384-ФЗ от 30.12.2009 г.
3. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. ГОСТ 31937-2011. – Москва : МИТКС 2012. – 68 с.
4. Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций. РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012. – Москва : ОАО «Концерн Росэнергоатом» 2012. – 30 с.
5. Мониторинг строительных конструкций атомных станций. РД ЭО 1.1.2.99. 624-2011 Москва : ОАО «Концерн Росэнергоатом». – 2012. – 68 с.
6. Пат. № 2295118 С1 БИ №1 Магнитоупругий датчик. [Текст] / К.А. Землянский, А.А. Землянский Москва, 2007.
7. *Землянский, А.А.* Мониторинг и управление надежностью зданий и сооружений различного назначения [Текст] // А.А. Землянский // Промышленное и гражданское строительство. – Москва, 2004. – № 9. – С. 39.
8. *Forster F.Z.* fur Metallkunde. №43. 1952.
9. *Землянский, К.А.* Инновационная система активного мониторинга НДС несущих и ограждающих конструкций энергогенерирующих объектов [Текст] / К.А. Землянский, А.А. Землянский // Материалы X Межд. науч.-прак. конф. «Безопасность ядерной энергетики». – Волгоград : ВИТИ (филиал) НИЯУ МИФИ, 2014. – С.41-45.
10. *Землянский, К.А.* Инновационная система НДС несущих конструкций и силового оборудования гидротехнических сооружений [Текст] / К.А. Землянский, А.А. Землянский // Сб. статей. II Межд. науч.-прак. конф. Балаково : БИТИ (филиал) НИЯУ «МИФИ», 2016 – С. 81-90.

## Effective Increase of NPP Reliability by Introducing the Sixth Protective Barrier

**A.A.Zemlyansky<sup>1</sup>, K.A.Zemlyansky<sup>2</sup>, R.R.Sharipov<sup>3</sup>**

*Balakovo Engineering Technological Institute (branch) of the National Research Nuclear University MEPhI, Moscow*

<sup>1</sup>*zempl\_aa@mail.ru*

<sup>2</sup>*zeco.macos@gmail.com*

<sup>3</sup>*scharipovrustam140796@yandex.ru*

**Abstract** – The paper addresses the issue of effectively increasing the level of operational reliability of energy generating nuclear facilities on the example of NPPs with WWR-1000 reactors due to the introduction of the sixth protective barrier into the NPP reliability control system.

**Keywords:** protective barriers, reliability, magnetometric sensors, residual voltage.

УДК 621.874: 621.311.25

## Наладка ходовой части крана кругового действия На предприятии заказчика

**С.М. Бурдаков\*, А.Н. Гейдарова\*, А.С. Демиденко\*\*, И.Ю. Пимшин\*\***

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

*\*\*Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону*

В работе рассмотрены вопросы наладки кранов кругового действия на объекте заказчика. Показано, что определяющими характеристиками при наладке движения крана по окружности являются геометрические параметры ходовой части. При этом отмечено, что ремонтпригодная

геометрия моста и ходовой части крана соответствует не напряженному его состоянию. При этом подчеркнута, что в процессе наладки устраняются дефекты исключительно в ходовой части крана. В процессе наладки крана компенсируются ошибки, допущенные в процессе изготовления и монтажа. Отмечено, что сюда относятся все ошибки, допущенные как при изготовлении конструктивных элементов, так и допущенные непосредственно при их монтаже, а также ненормативные зазоры в подвижных частях крана, детерминирующие их люфты.

*Ключевые слова:* атомная электрическая станция, кран кругового действия, ходовая часть мостового крана, ходовое колесо, главный балансир, малый балансир, взаимный разворот ходовых колес.

С реализацией проекта АЭС с реактором ВВЭР-1000 началась история использования, в качестве одного из основных видов оборудования, кранов кругового действия. Данное подъемное сооружение устанавливается в реакторном отделении блоков атомных станций, оно предназначено на этапе монтажа оборудования для основных грузоподъемных и транспортных операций в гермообъёме. А на стадии эксплуатации, транспортирование чехлов со свежим топливом в реакторное отделение и удаление из него отработанного, в период текущих ППР, а также сопровождение механомонтажных работ по замене оборудования в зоне ограниченного доступа. В последующих проектах энергоблоков АЭС-2006 и АЭС ВВЭР-ТОИ продолжается использование кранов аналогичного вида для решения тех же задач.

На стадии строительства объекта заказчика, ходовая часть и мост крана монтируются на рельсовом пути в период возведения оболочки, когда отсутствует ее купольная часть. Затем выполняется установка на мост грузоподъемных тележек, портала крана, и монтаж электрооборудования. После чего выполняют наладку крана [1-3]. Как правило, наладка крана выполняется на этапе, когда купольная часть оболочки закрыта и выполнено ее бетонирование. Наладку ходовой части крана выполняют исходя из нижеследующих теоретических положений.

В общем виде фактические геометрические характеристики крана в статическом состоянии можно описать уравнением (1) или (2):

$$F_{ki} = f_i^K(x_i, y_i, z_i)T_i, \quad (1)$$

или

$$F_{ki} = f_o^K(x_o, y_o, z_o) + f_m^K(\Delta x, \Delta y, \Delta z)_m + f_{def.}^K(\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i)_{def.}, \quad (2)$$

где  $f_o^K(x_o, y_o, z_o)$  – проектные геометрические характеристики крана;

$f_m^K(\Delta x, \Delta y, \Delta z)_m$  – геометрические ошибки положения элементов крана допущенные при его изготовлении и монтаже;

$f_{def.}^K(\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i)_{def.}$  – текущие деформационные геометрические характеристики крана.

При движении крана в том или ином направлении происходит изменение взаимного положения его частей, что детерминирует изменение напряжений в его элементах. Движение крана в одном направлении, сопряжено с возрастанием напряжений в ходовой части, от минимального - до максимальных величин, которые в предельном состоянии формируют усилие, направленное в сторону разгрузки, превышающее силу трения колеса о рельс, и тогда происходит проскальзывание колеса по рельсу, с частичной разгрузкой ходовой части. Если продолжать движение крана в том же направлении, вскоре опять произойдет проскальзывание колеса по рельсу. Такое состояние крана будем называть предельным. В случае изменения направления движения крана, вначале, будет происходить постепенная разгрузка ходовой части. Затем кран пройдет условно нулевое положение паразитных напряжений и, при продолжении движения, напряжения начнут возрастать, только их знак будет противоположным напряжениям, формировавшимся при первоначальном движении. В

итоге и в этом направлении движения сформируются условия проскальзывания колеса по рельсу. Таким образом, будет сформировано второе, условно противоположное предельное состояние крана. Из чего следует, что, в общем виде, фактические геометрические характеристики крана являются переменной функцией, зависящей от величины пройденного пути:

$$F_{ki} = f_o^k(x_o, y_o, z_o) + f_m^k(\Delta x, \Delta y, \Delta z)_m + \int_{L_0}^{L_i} \int_{L_0}^{L_i} f_{\text{деф.}^k}(\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i)_{\text{деф.}} dx \cdot dy. \quad (3)$$

где  $L_0, L_i$  – границы участка пути использования крана.

Разгруженное положение или положение, в котором паразитные напряжения в конструкциях крана минимальны, находится в середине отрезка пути при его движении из одного предельного состояния в условно противоположное. При этом отметим общее правило, что ремонтно-пригодная геометрия моста и ходовой части крана соответствует не напряженному его состоянию.

Как отмечалось выше, методика оценки технического состояния кранового оборудования базируется на правиле заключающейся в том, что ремонтно-пригодная геометрия моста и ходовой части крана соответствует не напряженному его состоянию, всякая другая – есть частная и характеризует его частное (оригинальное) состояние. То есть, не напряженное состояние крана характеризует условие, при котором деформации в его конструктивных элементах отсутствуют или минимальны (4):

$$f_{\text{деф.}^k}(\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i)_{\text{деф.}} = 0. \quad (4)$$

Тогда фактическая, ремонтно-пригодная геометрия крана, в общем виде, будет определяться формулой (5):

$$F_{ki} = f_o^k(x_o, y_o, z_o) + f_m^k(\Delta x, \Delta y, \Delta z)_m. \quad (5)$$

Ошибки, допущенные в процессе изготовления и монтажа крана, детерминируют дефекты его движения и могут быть выявлены, компенсированы или удалены в процессе наладки. При этом следует учитывать, то, что в процессе наладки дефекты движения крана могут быть исправлены исключительно его ходовой частью.

Предложенный способ определения не напряженного состояния крана, заключающийся в том, что на рельсовом пути производят определение предельных деформационных состояний крана (I и II). Данные предельные состояния соответствуют условию, которые в общем виде могут быть описаны вариантами формулы (6):

$$f_{\text{деф.}^k}(\delta x_n, \delta y_n, \delta z_n)_{\text{деф.}} = +T'_{\text{max}}, \quad f_{\text{деф.}^k}(\delta x_m, \delta y_m, \delta z_m)_{\text{деф.}} = -T''_{\text{min}}. \quad (6)$$

При этом знаки деформаций приняты условно.

Зафиксировав названные положения, определяется интервал (на подкрановом пути), на котором происходят основные изменения геометрии крана. Затем кран перемещают в центр данного отрезка, т.е. в положение условно «нулевое» (ненапряженное) состояние (III), см. рис. При данной постановке крана производят исследование его геометрии. Для надежности контроля геометрии крана, выше приведенную последовательность действий повторяют  $n$  раз (7):



# Adjusting of Polar Crane Running Gear at the Corporate Customer Site S.M. Burdakov<sup>1\*</sup>, A.N. Heydarova<sup>2\*</sup>, A.S. Demidenko<sup>3\*\*</sup>, I.Yu. Pimshin<sup>4\*\*</sup>

*\*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",  
Volgodonsk, Rostov region*

*\*\*Don State Technical University, Rostov-on-Don*

*<sup>1</sup>SMBurdakov@mephi.ru;*

*<sup>2</sup>VITIKafSP@mephi.ru;*

*<sup>3</sup>e-mail: aleksdem76@gmail.com*

*<sup>4</sup>ivan.pimschin@yandex.ru*

**Abstract** – The article discusses the issues of adjustment of polar cranes at the customer site. It shows that the defining characteristics when adjusting the movement of the crane around the circumference are the geometric parameters of the running gear. It is noted that the repair-fit geometry of the bridge and the running gear of the crane corresponds to its non-stressed state. It is emphasized that defects are eliminated exclusively in the running gear of the crane in the process of adjustment. Errors made in the process of manufacturing and installation are compensated during the crane adjustment. It is noted it refers to all errors made in the manufacture of structural elements as well as those made directly during their installation, and non-standard gaps in the moving parts of the crane determining their backlash.

*Ключевые слова:* nuclear power station, polar crane, running gear of bridge crane, running wheel, main balancer, small balancer, mutual turn of the running wheels.

УДК 528.541.8

## Поверка нивелиров на вертикальном компараторе

Ю.В. Заяров<sup>\*</sup>, Орехов М.И.<sup>\*</sup>, Д.М. Арсеньев<sup>\*\*</sup>

*\* Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ), Волгодонск, Ростовская обл.*

*\*\* Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону*

В работе рассмотрены вопросы исследования электронных и оптико-механических нивелиров. Приведено описание вертикального компаратора и методики его применения при исследовании нивелиров. Кроме этого предложен вариант универсального компаратора, совершенствующего возможности стационарного. При исследовании нивелиров определяются ошибки измерения превышений на заданных рабочих расстояниях, в том числе дано описание порядка определения ошибок недокомпенсации наклона нивелира и суммарной ошибки правильности хода фокусирующей линзы зрительной трубы и ошибок нанесения делений шкал реек для оптических, и шкал с Rab-кодowymi делениями для электронных нивелиров.

*Ключевые слова:* нивелир, отсчет, точность нивелирования, вертикальный компаратор, ошибка измерения, поправка

Характеризуя современное состояние измерительной техники необходимо отметить ее бурное развитие. Каждые пять, максимум десять лет происходит обновление средств измерений, с использованием в них новых физических способов, принципов измерений, средств микроэлектроники и программного обеспечения. Однако общей чертой для новой техники является ее дороговизна по сравнению с предшествующими поколениями. В том числе и поэтому, обновление техники несколько отстает от темпов ее развития. А производственные задачи ужесточаются в требованиях к точности контроля, своим чередом, без ориентации на трудности, сложности внедрения новой измерительной техники. В этих условиях, имеется ранее разработанный, с давних времён используемый, подход для повышения точности измерений – это исследование имеющейся техники, определение