

Abstract – The paper presents the results of the installation of a radial rail track and a polar crane installed in the NPP reactor compartments.

Keywords: Protective containment, nuclear power, polar crane, rail track, installation.

УДК 725: 693.9: 69.058

Об использовании синтезированных допусков при оценке уровня безопасности промышленных каркасных зданий

Ю.И. Пимшин^{*}, Ю.В.Заяров^{*}, П.П. Лагутин^{}, М.С. Дежевой^{*}**

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

*^{**}Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону*

В работе рассмотрен вопрос определения параметров при обследовании каркасного здания и оценки его уровня безопасности. При этом предложено в качестве оцениваемой величины использовать «синтезированный» допуск на поперечную раму каркаса цеха. В качестве конечной характеристики технического состояния каркаса предложено использовать коэффициент безопасности, который определяется по величине предельного и текущего значения «синтезированного» допуска.

Ключевые слова: безопасность, техническое состояние, контроль, здание, сооружение, каркас, несущие строительные конструкции, оценка напряженно деформированного состояния.

Развитие любого государства связано с опережающим развитием его энергетической отрасли. В настоящее время в России утверждена распоряжением правительства РФ от 1 августа 2016 г. № 1634-р «Схема территориального планирования Российской Федерации в области энергетики». В рамках этого документа, в том числе, приведен перечень атомных электростанций, планируемых для размещения на территории РФ. Таким образом, сформулирована, в части атомной энергетики, ближайшая перспектива развития энергетического комплекса, при неприметном соблюдении всех ранее разработанных условий безопасности АЭС.

В данный комплекс, в том числе, включены работы по мониторингу и комплексному обследованию объектов АЭС как на стадии строительства, ввода в эксплуатацию, так и при их использовании в расчетном периоде, и кроме того включены работы по экспертизе промышленной безопасности с формулированием декларации промышленной безопасности при продлении срока их использования. Данные работы обязательны к выполнению на указанных этапах существования АЭС, на их основе делаются, во-первых, заключения о состоянии объектов, во-вторых, проектируются мероприятия на восстановление эксплуатационной пригодности, и, в-третьих, делается вывод о безопасной эксплуатации на ближайший расчетный период. Для данных комплексов работ имеются как общие их характеристики, так и особенные черты, и оценочные критерии.

Комплекс мониторинговых работ — это определение динамики параметров технического состояния объекта или его отдельных характеристик. При этом в зависимости от объема (количества) определяемых характеристик мониторинг может быть комплексным, когда оценивается динамика технического состояния объекта в целом и мониторинг

отдельных характеристик, например, осадки объекта (равномерной, неравномерной и т.д.), трещин объекта, распределение их по поверхностям и их динамические свойства (развитие, раскрытие и т.д.). В общем случае мониторинг осуществляется, начиная с момента возведения фундаментов объекта и завершается, в итоге реализации программы утилизации объекта. На всех этапах существования мониторинг реализуется по программе и в объёме согласно требований действующей нормативной документации.

Обследование — это определение технического состояния объекта путем сравнения его фактических характеристик с допустимыми параметрами. В зависимости от объема обследование может быть комплексным, когда выполняется диагностика максимально достижимого объема характеристик для данного исследуемого объекта, и техническое обследование, когда выполняется диагностика ограниченного или определенного вида характеристик для данного исследуемого объекта. Обследование выполняется, начиная с момента строительства и завершаясь перед его утилизацией. Обследование реализуется в порядке, объёме и, согласно методике изложенной в действующей нормативной документации.

Экспертиза промышленной безопасности – это определение технического состояния объекта с оценкой текущего уровня безопасной эксплуатации, с определением остаточного ресурса его эксплуатационных свойств и принятия решения о возможности использования данного объекта на расчетный ближайший пост период. Экспертиза промышленной безопасности проводится после техногенных или природных событий (воздействий на объект) направленных на снижение его эксплуатационной пригодности, или при достижении объекта нормативного срока эксплуатации. Экспертиза выполняется в порядке, объёме и согласно методики изложенной в действующей нормативной документации. В установленных законодательством случаях по итогам работ, для данного объекта, оформляется декларация промышленной безопасности.

Для всех групп работ общим является то, что всю информацию о состоянии объектов получают из анализа результатов визуальных или инструментальных обследований зданий и сооружений. При этом на сегодняшний день в общем случае определяются, в том числе, и геометрические характеристики.

При разработке программ по обследованию зданий и сооружений, исходя из особенностей их строительного решения, назначают для определения свойственные им геометрические характеристики, которые наиболее информатны для оценки технического состояния. Так при обследовании зданий каркасного типа, например, машинных залов блоков атомных станций, строительные конструкции которых по требованию нормативных документов диагностируются каждые четыре года, определяют:

- 1) Смещение осей основания колонны с осей здания – $u = \pm 10$ мм.
- 2) Фермы, при пролете l , относительный вертикальный прогиб - $f/L = l/300$.
- 3) Крен стальной колонны, при высоте колонны – $l - Q = l/50$.

4) Разность отметок верхнего торца смежных стальных колонн в ряду или в пролете - $\Delta s = \pm 10$ мм.

При возведении блоков АЭС, выполнение вышеприведенных требований, это обязательное условие обеспечения качества строительства. При выполнении исполнительных съёмов, данные характеристики строительных конструкций определяются, сравниваются с нормативно допустимыми, информация по ним наносится на составляемые схемы и предоставляются на проверку и сдачу данного этапа работ заказчику. Отметим, что описываемые характеристики обеспечиваются на стадии монтажа, причем для каждой строительной конструкции индивидуально. На стадии эксплуатации каркас машинного зала, его строительные конструкции работают во взаимосвязанной системе. Причем количество жестких связей по продольному и поперечному направлению цеха неодинаково. Так в продольном направлении машинного зала, колонны каркаса связаны между собой рамами с

наклонными связями в начале и конце каждого ряда. Кроме этого вдоль каждого ряда установлены балки подкранового пути для 15 тонного крана на отметке 23 м. и для 125 и 200 тонных кранов на отметке 28 м. В поперечном направлении, в каждой раме, колонны связаны лишь фермами перекрытия (рис. 1).

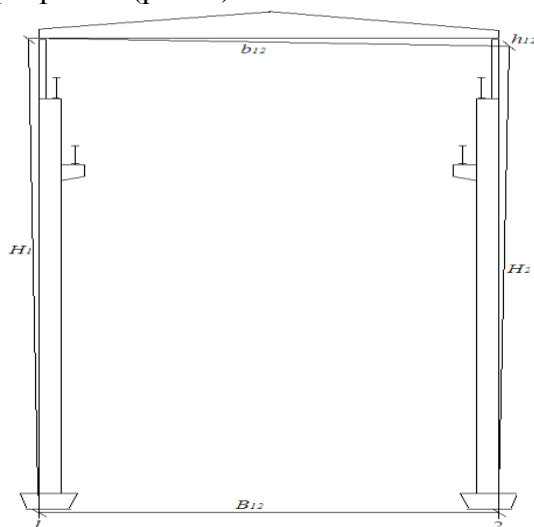


Рисунок 1 – Схема поперечной рамы машинного отделения

Анализируя возможное накопление деформаций в данном каркасе, отметим, что в продольном направлении изменение геометрических характеристик каркаса из-за включенных, вышеперечисленных, жестких связей – маловероятно, а в поперечной раме, накопление деформаций геометрических параметров, возможно и при выполнении диагностики необходимо наиболее тщательно выполнять контрольно-измерительные работы в этом сечении. При этом отметим, что на стадии эксплуатации каркаса, нормативные требования, предъявляемые на стадии его возведения, явно, не характеризуют его технического состояния. В силу того, что строительные конструкции поперечной рамы работают как единая система, то и характеристика оценивающая техническое обоснования должна быть единой и однозначной.

Предлагаем для оценки технического состояния каркаса использовать «синтезированные» допуски. Которые могут быть рассчитаны с использованием известной теории размерных цепей. При этом необходимо сформулировать правило знаков, положительное направление характеризует увеличение размеров объекта, отрицательное направление – уменьшение размеров. Так для поперечной рамы имеем (1):

$$\Delta_i = B_{12} + H_1 \cdot \sin(J_1) + H_2 \cdot \sin(J_2) - b_{12} \quad (1)$$

где Δ_i – значение замыкающего звена;

B_{12} – поперечное межосевое плановое расстояние между колоннами;

H_1, H_2 – высоты колонн;

J_1, J_2 – крены колонн;

b_{12} – продольный размер фермы каркаса.

Применяя правила «min-max» расчета размерных цепей, используя нормативные допустимые параметры, получим, что «синтезированный» допуск на устойчивое положение фермы в поперечной раме каркаса равен $\Delta_{\text{доп}}$. При этом, предельную величину, того же допуска получим (2):

$$\Delta_{\text{пред}} = \gamma \cdot \Delta_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где $\Delta_{\text{пред}}$ – предельная величина «синтезированного» допуска;
 γ – коэффициент запаса.

Согласно нормативным требованиям для каркасного здания принимается $\gamma = 1.5$. При этом коэффициент безопасности K , оценивающий техническое состояние каркаса здания, например, машзала блока АЭС вычисляется по формуле (3):

$$K = \frac{\Delta_{\text{пред}} - \Delta_i}{\Delta_{\text{пред}}} \quad (3)$$

Выполним анализ формулы (3), исходя из требований, при $\Delta_i = 0$, тогда $K_i=1$, что полностью соответствует условию безопасности, или нормативному техническому состоянию. А если $\Delta_i = \Delta_{\text{дон}}$, например, при $\gamma=1.5$ тогда $K_{\text{дон}}=0.33$, следовательно при данном коэффициенте надежности $0.33 \leq K_i < 1$, т.е. обеспечивается условие соответствия объекта работоспособному техническому состоянию. В случае $\Delta_{\text{пред}} > \Delta_i > \Delta_{\text{дон}}$ тогда $0 < K_i < 0.33$, т.е. обеспечивается условие соответствия объекта ограниченно-работоспособному техническому состоянию, а когда $\Delta_i \geq \Delta_{\text{пред}}$ то $K_i \leq 0$ условие аварийного состояния объекта.

Таким образом, при необходимости оценки уровня безопасности каркасного здания, может быть реализована предлагаемая методика. И кроме этого, реализация данной методики, позволяет определять уровень безопасности, на всех этапах существования объекта, в том числе и на этапах, завершения работ по восстановлению эксплуатационной пригодности строительных конструкций объектов. То есть оценивать уровень безопасности, который планируется достичь, путем реализации проектируемых ремонтно-восстановительных работ, а следовательно, вести управление уровнем безопасности эксплуатируемого строительного объекта, например, каркасного здания машинного зала блока АЭС.

The Use of Synthesized Tolerances in Safety Level Assessing of Industrial Frame Buildings

Yu.I. Pimshin^{1*}, Yu.V. Zayarov^{2*}, P.P. Lagutin^{3**}, M.S. Dejevoj^{*}

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

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

¹YIPpimshin@mephi.ru

²YVZayarov@mehpi.ru

³paul.geodat@gmail.com

Abstract – The paper considers the issue of determining the parameters during the inspection of a frame building and assessing its safety level. It is proposed to use the "synthesized" tolerance for the transverse frame of the workshop frame as an estimated magnitude. As a final characteristic of the framework technical state it is proposed to use the safety factor which is determined by the magnitude of the limiting and current value of the "synthesized" tolerance.

Keywords: safety, technical condition, monitoring, building, structure, frame, supporting building structures, assessment of the stress-strain state.