

Оценка эксплуатационной пригодности железобетонных подкрановых балок с аномальными повреждениями

*В.С. Бабалич, Ю.С. Вильгельм, В.Н. Власов, К.А. Сухин,
Д.Г. Кузнецов, К.Н. Сухина*

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В данной статье проведен анализ напряженно-деформированного состояния эксплуатируемых железобетонных преднапряженных подкрановых балок с целью выявления причин аномальных повреждений. Также была произведена оценка степени влияния выявленных повреждений на безопасность и эксплуатационную пригодность.

Ключевые слова: подкрановая балка, техническое состояние, эксплуатационная пригодность, дефект, долговечность, повреждение, обследование, дискретизация, напряженно-деформированное состояние.

Подкрановые конструкции в одноэтажных промышленных зданиях обеспечивают не только технологические процессы (перемещением грузов) реализуемые в зданиях, но и вносят определенный вклад в обеспечение пространственной жесткости и устойчивости каркасов этих зданий, поэтому эти конструкции в процессе эксплуатации находятся в сложном напряженно-деформированном состоянии (далее НДС).

Указанное обстоятельство делает весьма актуальной задачей - адекватные оценки технического состояния подкрановых конструкций. Аналогичная задача, перед авторами данной работы, была поставлена руководством промышленного предприятия в цехах, которого при проведении комплексного обследования крановых путей мостовых кранов были выявлены достаточно не характерные (аномальные) повреждения предварительно напряженных железобетонных подкрановых балок – продольные трещины в зоне сопряжения стенок и полок балок таврового сечения. Аномальность выявленных повреждений подтверждается отсутствием классификационных признаков таких повреждений в основном нормативном

документе по обследованию подкрановых путей (РД 10-138-97* Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин (в редакции 2003 г.).

В экспертируемом цехе смонтированы два мостовых крана грузоподъемностью 20/5 тс. Подкрановые конструкции реализованы сборными железобетонными предварительно напряженными балками по типовой серии КЭ-01-50 пролетом 6,0 м типа БКНБ 6-3.

Основными целями данного исследования являлись:

- установление причин, выявленных комплексным обследованием здания, повреждений железобетонных предварительно напряженных подкрановых балок;
- экспертно-расчетные оценки технического состояния элементов несущего каркаса и подкрановых балок, а также степени влияния выявленных повреждений на параметры механической безопасности и эксплуатационной пригодности подкрановых конструкций;
- разработка компенсационных мероприятий для восстановления нормируемых параметров эксплуатационных качеств подкрановых конструкций [1-4].

Для достижения поставленных целей на объекте произведено сплошное общее (органолептическими методами) обследование надземных несущих конструкций для:

- идентификации эксплуатируемых основных несущих конструкций;
- выявления визуально определяемых дефектов и повреждений строительных конструкций и экспертной оценки качества их изготовления, монтажа и эксплуатации;
- оценки реализованных конструктивных систем обследуемого объекта и расчетных схем основных несущих конструкций.

По разработанной, с учетом результатов общего обследования, программе детального (инструментального) обследования.

В рамках детального выборочного обследования надземных несущих конструкций зданий реализованы следующие работы:

- оценено фактическое пространственное положение основных строительных конструкций и реализация узлов их сопряжений. Проанализирована кинетика изменений пространственного положения подкрановых конструкций по результатам предыдущих обследований;

- экспериментально определены фактические прочностные характеристики бетона сборных железобетонных конструкций;

- экспериментально, с помощью электронного прогибомера, оценена упругая податливость опор наиболее поврежденных подкрановых балок.

Реализованными общим и детальным обследованиями не выявлено повреждений деформационной природы элементов каркаса, что свидетельствует о нормируемой работоспособности грунтов основания и фундаментов под колоннами несущего каркаса.

Значительных и критических дефектов и повреждений элементов каркаса, а также узлов их сопряжений, нарушений сплошности диска покрытия здания обследованиями, также не выявлено, что исключает повреждения подкрановых балок из-за повышенной деформативности элементов каркаса здания.

Для выяснения причин, выявленных повреждений с образованием горизонтальных трещин в зоне сопряжения стенки и полки железобетонных подкрановых балок, локальных разрушений свесов полок в зонах опирания балок на колонны и узлах крепления полок балок к колоннам для обеспечения их устойчивости при передаче горизонтальных нагрузок от торможения крана, было выполнено математическое моделирование напряженно-деформированного состояния подкрановых балок по многочисленным вариантам, в виде стержневой, плоской и пространственной систем.

Для количественной оценки характера изменений напряженно-деформированного состояния подкрановой балки, была отдельно смоделирована работа подкрановых балок. На первом этапе математического моделирования подкрановые балки описывались плоскими конечными элементами (КЭ), типа – оболочка. Такой анализ позволяет более наглядно определить перенапряженные зоны в теле балки. На рис. 1 представлена схема дискретизации балки на конечные элементы.

Загрузка: 1

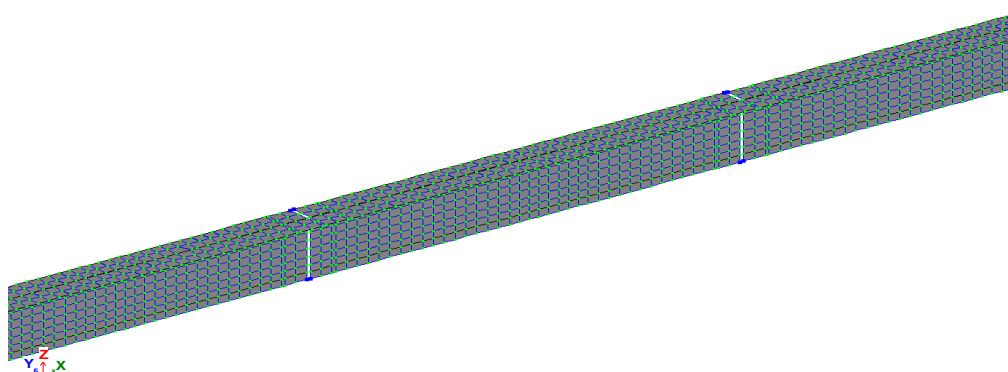


Рис. 1. Схема дискретизации балки на конечные элементы

На втором этапе математического моделирования рассматривались подкрановые балки, проиллюстрированные на рис. 2, которые описываются пространственными конечными элементами. Эти модели позволяют получить качественные картины распределения напряжений в теле балки.

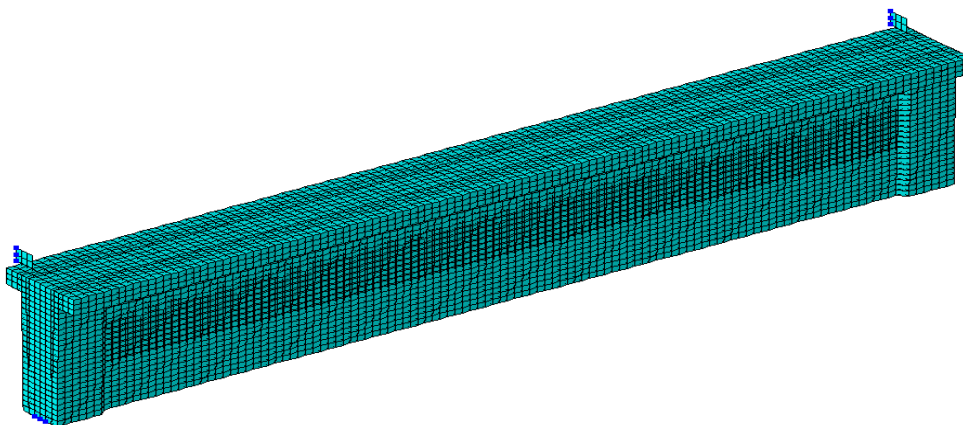


Рис. 2. –Схема дискретизации на конечные элементы

Математическим моделированием НДС подкрановых балок, с учетом сложившегося технологического режима их эксплуатации, фактического технического состояния, прочностных характеристик и реализованного качества их монтажа, не выявлены силовые факторы, которые могли привести к указанным повреждениям.

На рис.3 и рис.4 представлены основные результаты статического расчета подкрановой балки.

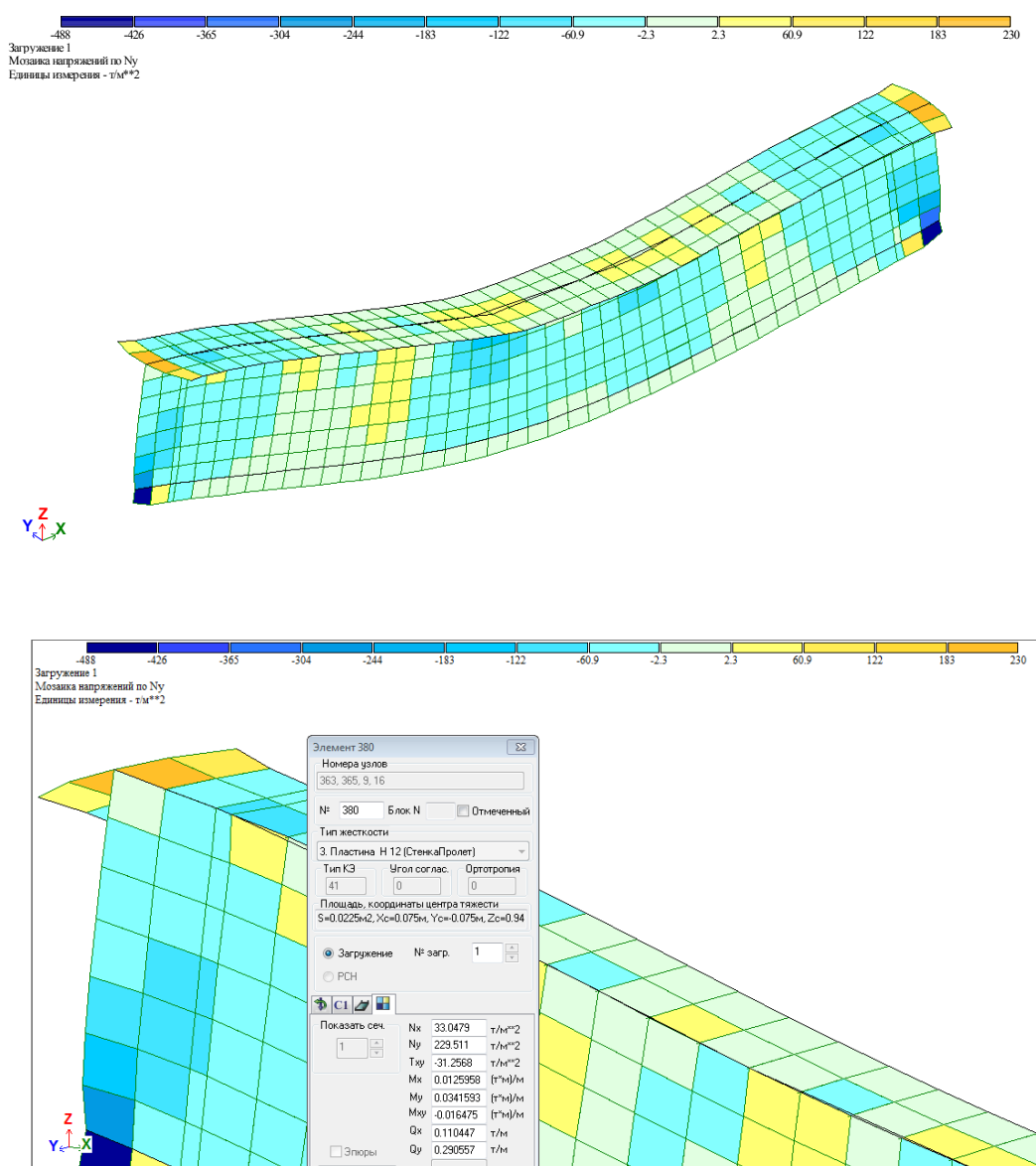


Рис. 3. – Изополя вертикальных напряжений (по глобальной оси Z)

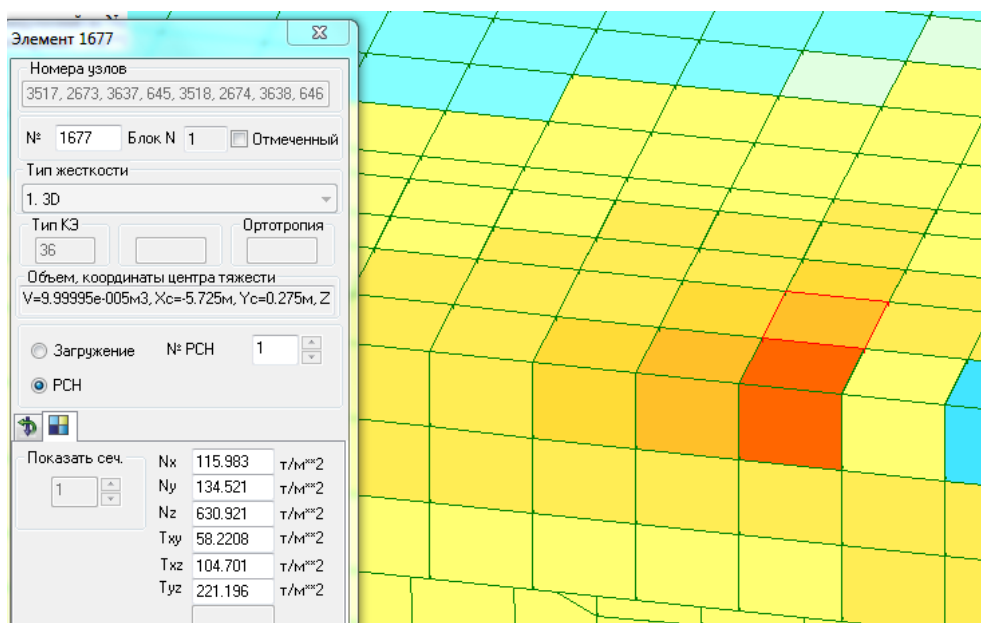
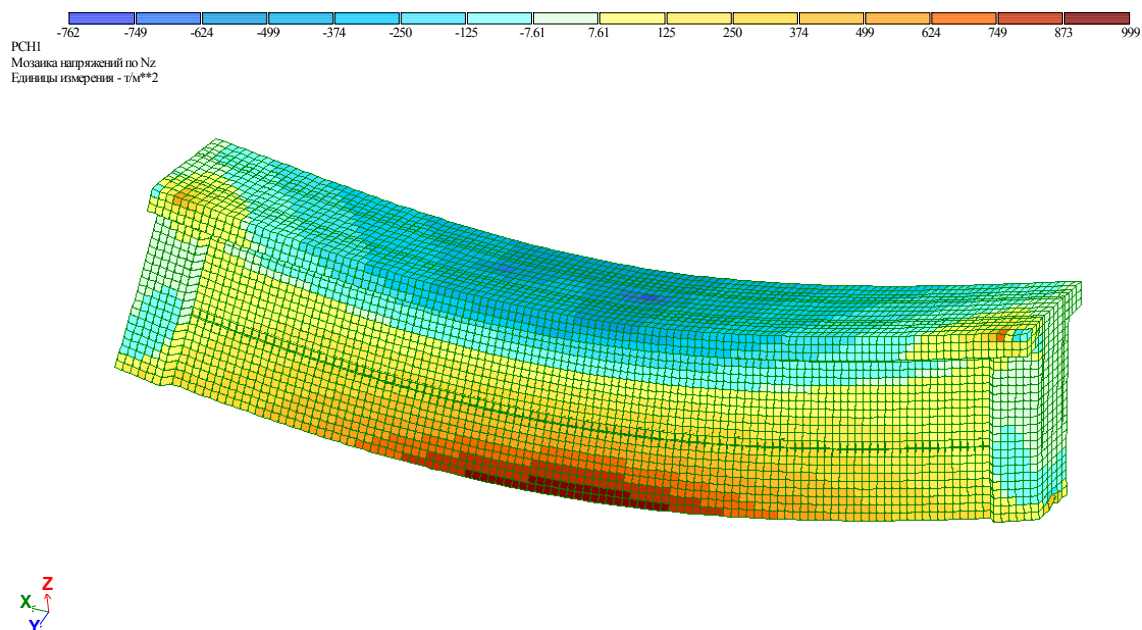


Рис. 4. – Изополя напряжений (по глобальной оси X)

Таким образом, анализ реализованных экспериментальных и расчетных оценок технического состояния подкрановых конструкций позволяет идентифицировать выявленные повреждения (продольные трещины в зоне со-

пряжения полки со стенкой) не как повреждение, а как технологический дефект при изготовлении преднапряженных конструкций. Такая констатация переклассификации указанного повреждения подтверждается многочисленными исследованиями аналогичных конструкций специалистами НИИЖБа [5].

На основании выше изложенного была промоделирована работа подкрановой балки при наличии на левой опоре сквозной трещины длиной $l=700$ мм в зоне сопряжения полки и стенки балки.

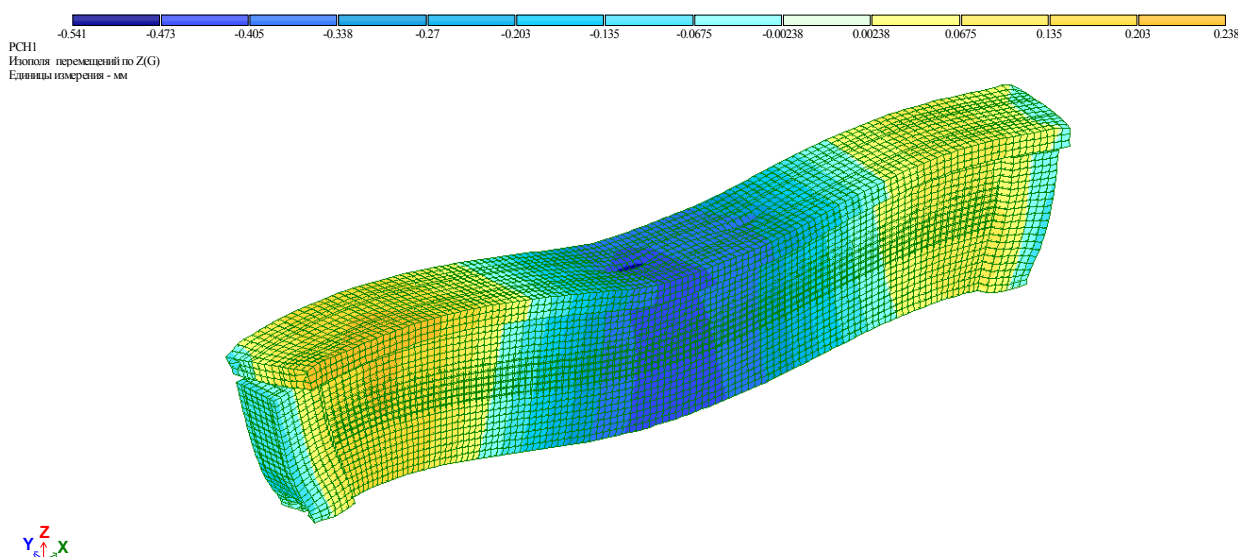


Рис.5. – Изополюса вертикальных перемещений балки (по направлению глобальной оси Z)

Результаты расчета балки с наличием трещины, представленные на рис. 5 и рис. 6, фиксируют незначительные изменения НДС в опорных зонах в области трещины. Но, кардинально эти изменения не влияют на распределение напряжений в остальной части балки.

По расчетным оценкам, указанный дефект практически не снижает эксплуатационную пригодность подкрановых конструкций при обеспечении

постоянного мониторинга возможной кинетики развития данного дефекта [6-11].

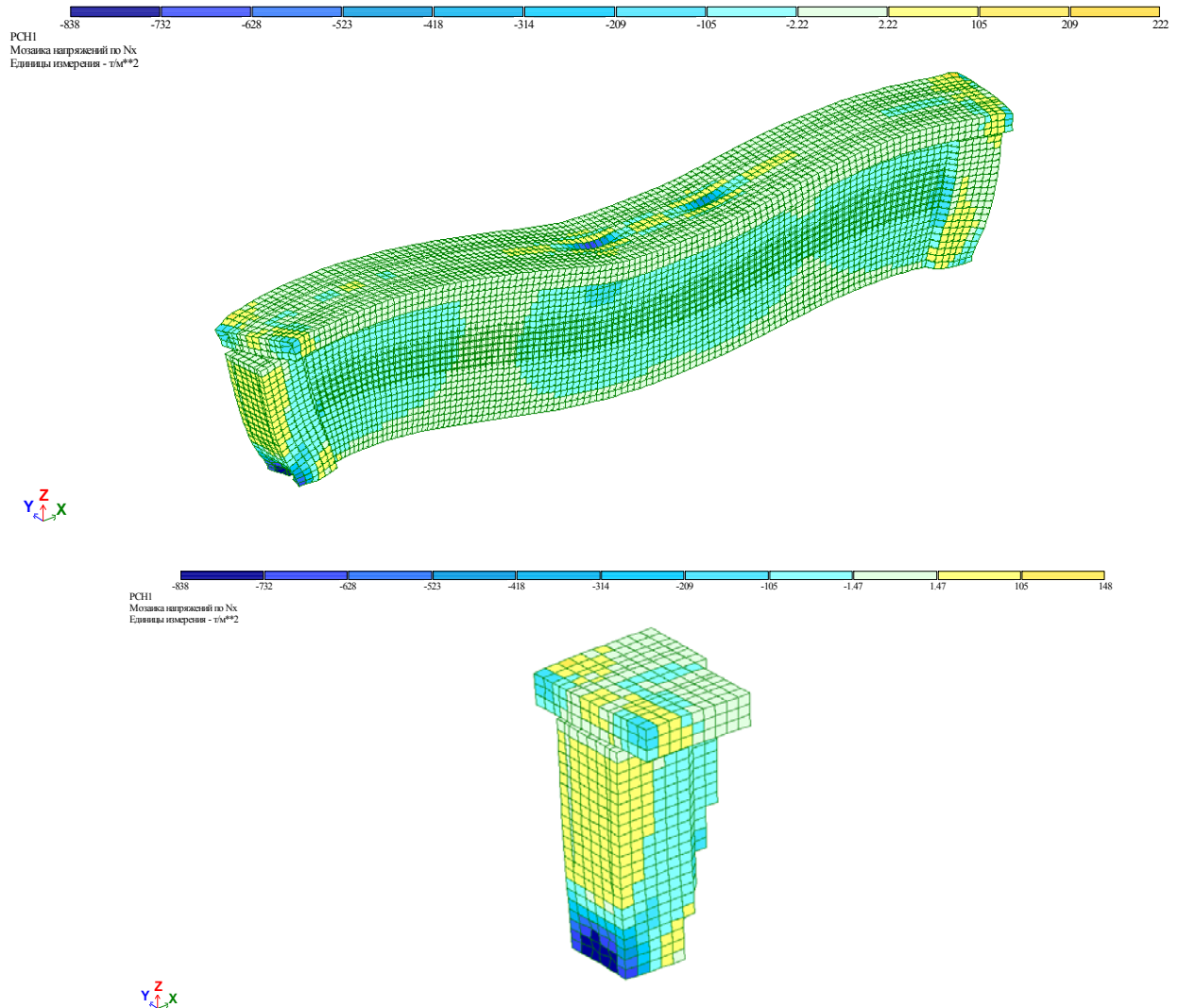


Рис.6. – Изополя вертикальных напряжений (по глобальной оси Z)

При комплексном обследовании крановых путей грузоподъемных машин необходимо обращать особое внимание на наличие в обследуемых конструкциях, аналогичных трещин, исследованных в данной работе, и при необходимости компенсировать указанный технологический дефект для обеспечения нормируемой долговечности эксплуатируемых подкрановых конструкций.



Литература

1. Кудзис А.П. Оценка надежности железобетонных конструкций. Вильнюс.: Мокслас. 1985. 156 с.
 2. Бойко М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение. 1975. 334 с.
 3. Бабалич В.С., Вильгельм Ю.С., Власов В.Н. и др. К опыту введения в эксплуатацию приостановленных строительством объектов // Вестник ВолгГАСУ. 2016. ч.1. №44. С. 4-11.
 4. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1994. 288 с.
 5. Новожилов Л.А. Повышение несущей способности железобетонных подкрановых балок. М.: стройиздат, 1974. 32 с.
 6. Пшеничкина В.А., Бабалич В.С., Сухин К.А. и др. Вероятностный метод оценки остаточного ресурса железобетонных ферм промышленных зданий // International Review of Civil Engineering. 2016. №. 6. С. 158-163.
 7. Сухина К.Н., Пшеничкина В.А. Вероятностный анализ ресурса конструкций покрытия промышленного здания с учетом случайного характера снеговой нагрузки // Инженерный вестник Дона. 2015. №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2015/3397/.
 8. Маилян Л.Р., Языев Б.М., Аваков А.А. и др. Устойчивость железобетонной арки при ползучести // Инженерный вестник Дона. 2015. №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2015/3378/.
 9. Лыжненко К.Ю., Кубасов А.Ю., Маилян Д.Р. К вопросу восстановления экспериментальной надежности железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2017. №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4422/.
-

10. Raizer V.D. Theory of Reliability in Structural Desing. – Journal of Applied Mechanics Reviews, USA, 2004. – Vol.57. – Nol. – pp. 1-21.
11. Raizer V.D. Reliability of Structures. Analysis and Applications, Backbone Publishing Company. – New York, USA, 2009. – 146 p.

References

1. Kudzis A.P. Ocenka nadezhnosti zhelezobetonnyh konstrukciy [Evaluation of the reliability of reinforced concrete structures]. Vilnius: Mokslas, 1985. 156 p.
2. Boyko M.D. Diagnostika povrezhdeniy i metody vosstanovleniya ekspluatatsionnyh kachestv zdaniy [Diagnostics of damages and methods of restoration of operational qualities of buildings]. L.: Stroyizdat, Leningradskoe otdelenie. 1975. 334 p.
3. Babalich V.S., Vilgelm U. S., Vlasov V.N. Vestnik VolgGASU. 2016. №44 (1). pp. 4-11.
4. Shpete G. Nadezhnost' nesushhih stroitel'nyh konstrukcij. [Reliability bearing structures]. M.: Strojizdat, 1994. p 288.
5. Novozhilov L. A. Povishenie nesyshei sposobnosti zhelezobetonnyh podkranovih balok [Increasing the bearing capacity of reinforced concrete crane girders.]. M.: stroiizdat, 1974.32 p.
6. Pshenichkina V.A., Babalich V.S., Suhin K.A. International Review of Civil Engineering. 2016. №. 6. pp. 158-163.
7. Suhina K.N., Pshenichkina V.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2015/3397/.
8. Mailyan L.R., Yaziev B.M., Avakov A.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2015/3378/.
9. Lyzhnenko K.U., Kubasov A.U., Mailyan D.R. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4422/.
10. Raizer V.D. Journal of Applied Mechanics Reviews, USA, 2004. Vol.57. Nol. pp 1-21.



11. Raizer V.D. [Reliability of Structures. Analysis and Applications, Backbone Publishing Company]. New York, USA, 2009. 146 p