ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ. СПЕЦИАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 69.059.1

Т.В. Золина, А.Р. Туснин*

*ГАОУ АО ВПО «АИСИ», *ФГБОУ ВПО «МГСУ»*

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА ВВЕДЕНИЕМ КОНСТРУКТИВНЫХ МЕР

Основной целью исследования является изыскание возможностей по обеспечению требуемой надежности одноэтажного промышленного здания, оснащенного крановым оборудованием. Разработан комплекс методик расчета, основная задача которого сводится к оценке остаточного ресурса в конкретный период эксплуатации здания при учете случайного характера совокупности возмущающих воздействий. Предложенные конструктивные меры призваны замедлить зафиксированные в расчетах темпы потери системой своей несущей способности и направлены на продление срока безопасной эксплуатации объекта.

Ключевые слова: промышленное здание, мостовые краны, надежность, конструктивные меры, остаточный ресурс, торцевая диафрагма, температурный шов.

В ходе эксплуатации здания происходит накопление дефектов, вызванных действием нагрузок техногенного [1—5] и внешнего характера [6, 7], что ведет к снижению несущей способности конструкций каркаса. Наиболее яркие очертания проблема обеспечения требуемой надежности производственного объекта приобретает в случае его перевооружения, предполагающего замену кранового технологического оборудования с увеличением его грузоподъемности [8—12]. Опыт показывает, что часть эксплуатационного ресурса таких зданий уже выработана. Несущие оборудование колонны и подкрановые балки претерпели значительные деформации, что повлекло снижение жесткостных свойств материалов [13, 14]. В то же время величина нагрузочного фактора за счет использования более тяжелого оборудования усиливается, поэтому основной целью настоящего исследования является изыскание возможностей по обеспечению требуемой надежности промышленного здания, оборудованного мостовыми кранами. В ходе исследования разработан комплекс методик расчета, основная задача которого сводится к оценке остаточного ресурса в конкретный период эксплуатации технической системы при учете случайного характера целой совокупности возмущающих воздействий [15—18]. Анализ результатов, полученных при последовательной реализации данных методик, позволяет отследить динамику изменений напряженно-деформированного состояния несущих конструкций объекта производственного назначения в процессе эксплуатации.

Подобное состояние несущих конструкций и мостовых кранов требует повышения жесткости каркасов промышленных зданий, для чего предлагается внедрение в практику строительства и реконструкции объектов производственного назначения целого ряда конструктивных мер. Они призваны снизить деформативность и улучшить эксплуатационные качества здания и крана. В качестве таких конструктивных мер предлагается [19, 20]:

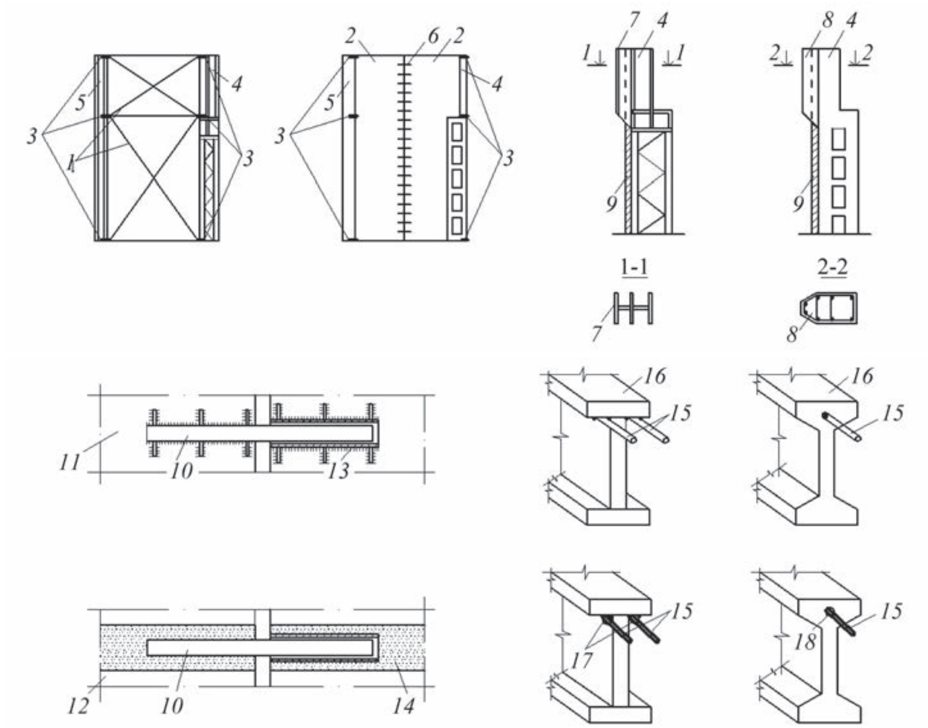
установка поперечных торцевых диафрагм жесткости;

увеличение жесткости колонны в ее надкрановой части;

устройство в температурном шве связующих стержней, располагаемых в уровнях покрытия и подкрановых балок.

Для достижения значительного эффекта в обеспечении поперечной жесткости данные элементы целесообразно использовать в совокупности. В этой системе конструктивных мер диск покрытия, приобретающий высокую горизонтальную жесткость, способен перенести часть нагрузки, действующей на поперечные рамы, на поперечные диафрагмы.

Одной из конструктивных мер для увеличения жесткости каркаса промышленного здания является введение дополнительных торцевых диафрагм жесткости. В качестве одного из вариантов они могут быть представлены стальными диагональными связями *1* (рис.), установка которых целесообразна во внешнем торце температурного блока.



Конструктивные средства увеличения пространственной жесткости одноэтажных промышленных зданий с мостовыми кранами

Конструктивные характеристики представленных связей аналогичны вертикальным сопряжениям между колоннами, установленными вдоль цеха. В случае железобетонных элементов в качестве аналога торцевых диафрагм, повышающих жесткостные характеристики конструкции, выступают стеновые панели *2*. Крепление диагональных элементов *1* и стеновых панелей *2* к колоннам исходного каркасного сооружения *4* и фахверку *5* торцевого ряда может быть осуществлено посредством использования закладных деталей *3*. При этом надежность такого крепления обеспечивается за счет выпуска арматуры *6*.

Для повышения жесткости колонны в надкрановой части предлагается:

в случае стальных конструкций — приваривание сборного или прокатного тавра *7*;

в железобетонном варианте — увеличение площади сечения колонны *8* с выведением дополнительных элементов за плоскость стеновых панелей *9*, в которых устроен специальный вырез.

Повышение жесткостных характеристик покрытия при его работе в своей плоскости может быть достигнуто за счет:

продольной раскладки плит в покрытии;

сваривания выпусков арматуры в швах между плитами;

установки шпонок;

качественного замоноличивания швов и поясов по поперечным фермам при продольной раскладке плит покрытия с укладыванием в пояса арматурных каркасов.

В температурных швах покрытия в качестве связующих элементов, предлагается использование металлических стержней *10*. Один конец каждого такого стержня жестко крепится к температурному блоку путем сваривания со стропильными конструкциями *11* либо замоноличиванием в швах покрытия *12* между железобетонными плитами. Внутрь трубки, приваренной к стропильным конструкциям смежного температурного блока *13* или замоноличенной между железобетонными плитами в швах покрытия *14*, пропускается другой конец стержня.

В ходе экспериментальных исследований установлено, что устройство температурного шва влияет на степень вовлечения в колебательный процесс каркаса здания. Натурные измерения показали:

если температурный шов выполнен с разрывом кровельного материала путем устройства фартука, то колебания пролетов с работающими кранами через шов почти не передаются;

если температурный шов перекрыт сплошным кровельным ковром даже, несмотря на то, что между несущими конструкциями каркаса достаточно большое расстояние, пролеты, расположенные за температурным швом, вовлекаются в колебательный процесс.

Аналогичное техническое решение предлагается к реализации и в уровне подкрановых балок. В данном варианте увеличение жесткости может быть достигнуто введением дополнительных связующих стержней *15*. С одной стороны каждый из них в случае стальной подкрановой балки *16* приваривается к ее верхней полке либо замоноличивается в верхней части при железобетонном исполнении балки *16*. Другой конец соответствующего стержня пропускается в трубку, приваренную *17* либо замоноличенную *18* в балке. В верхнем поясе железобетонной балки также имеется возможность замонолитить два стержня.

В здании благодаря увеличению жесткости надкрановой части колонны происходит передача дополнительных усилий на диск покрытия. Он при совместной реализации всего комплекса конструктивных мер также становится обладателем повышенной жесткости в своей плоскости, что, в свою очередь, ведет к перераспределению нагрузки от действия мостовых кранов на остальные колонны и торцевые диафрагмы.

Таким образом, усиление отдельных элементов каркаса позволяет перенести значительную часть крановой нагрузки на сопряженные конструкции, и тем самым повысить устойчивость промышленного здания к различного рода воздействиям. Кроме того, передача нагрузки от поперечной рамы, загруженной мостовым краном, через верхние концы соответствующих колонн на покрытие, а через него — другим колоннам и торцевым диафрагмам, провоцирует снижение изгибающего момента в заделке, что позволяет при проектировании уменьшить площадь сечения нижней их части.

Увеличение жесткости колонны в надкрановой ее части и установка соединяющих стержневых элементов в температурных швах дают дополнительный эффект. Он обусловлен более близким расположением мостового крана к покрытию, которому передается значительная часть усилий за счет увеличенного сечения в надкрановой части колонны. При таком перераспределении нагрузки стержневые элементы в температурных швах препятствуют относительному поперечному смещению и повороту температурных блоков друг относительно друга.

В здании с температурными блоками установка связующих стержней, в дополнение к вышерассмотренным конструктивным средствам, допускает при деформациях возможность перемещения одного температурного блока относительно другого вдоль здания и препятствует их относительному перемещению в поперечном направлении.

Предлагаемые конструкции просты в изготовлении и не требуют устройства отверстий, ослабляющих конструкции. Они могут быть выполнены не только в возводимых зданиях, но и в уже построенных при увеличении грузоподъемности их мостовых кранов. Связующие стержни препятствуют относительному поперечному смещению температурных блоков относительно друг друга, вовлекая тем самым в работу при действии нагрузок от торможения крановых тележек весь каркас.

Предлагаемые технические решения позволяют произвести реконструкцию здания с увеличением порога величины крановых нагрузок при незначительных затратах.

Однако не в каждом здании возможно совокупное использование всех конструктивных мер. Не всегда, особенно в стальных каркасах, есть температурные швы, где размещаются связующие стержни. В торцевых рамах встречаются ситуации, в которых размещение диафрагм жесткости невозможно из-за наличия широких выездных ворот. В уже функционирующих строениях возникают сложности с увеличением жесткости надкрановой части колонны.

В связи с вышеизложенным на примере нескольких промышленных зданий [20] дана оценка эффективности предлагаемых конструктивных мер для повышения жесткости каркасов. Обследованию подверглись промышленные здания со следующими параметрами:

шириной пролетов 30…36 м;

длиной 204…240 м;

с шагом поперечных рам 6…12 м;

уровнем головки рельса 10…12 м;

оборудованные мостовыми кранами грузоподъемностью 80…200 т и тяжелым режимом работы.

Несущая система зданий, попавших под обследование, определена:

каркасом, состоящим из покрытия в виде железобетонных плит по стропильным и связевым фермам;

стальными колоннами;

стальными подкрановыми конструкциями;

системой вертикальных связей по продольным рядам колонн;

шарнирным сопряжением ригеля с колонной;

гибким подвесом груза.

В качестве расчетной схемы зданий с характеристиками, удовлетворяющими поставленным условиям, принята пространственная система с жестким в своей плоскости покрытием [21]. За расчетные точки в данной системе приняты узлы пересечения колонн и тормозных конструкций в поперечной раме с мостовым краном. Центр масс покрытия совпадает с геометрическим центром, так как по распределению масс здания симметричны. В качестве связующих перемычек в зданиях с температурными швами предлагаются арматурные стержни. В качестве торцевых диафрагм жесткости предлагается установка стальных диагональных связей, аналогичных конструкциям вертикальных связей между колоннами по продольным рядам.

Сравнительный анализ полученных результатов до и после введения конструктивных мер показал:

1. Устройство связующих стержней в температурном шве приводит к уменьшению смещений:

в уровне подкрановых балок на 11…22 %;

уровне покрытия на 30…68 %, причем большие значения наблюдались в зданиях с мостовыми кранами большей грузоподъемности. Такое уменьшение смещений влечет:

рост значений изгибающих моментов в надкрановой части колонн на 9…11 %,

снижение величин моментов в подкрановой части на 7…11 %.

2. Установка торцевых диафрагм жесткости приводит к уменьшению смещений:

в уровне подкрановых балок на 3…6 %;

уровне покрытия на 4…9 %;

причем большие значения также имеют место в зданиях с мостовыми кранами большей грузоподъемности. Полученное уменьшение приводит:

к росту значений изгибающих моментов в надкрановой части колонн на 3…5 %;

снижению величин моментов в подкрановой части на 3…6 %.

При большой высоте подкрановой части колонны указанные изменения смещений позволяют сэкономить в целом по каркасу значительные объемы стали.

Таким образом, конструктивные меры, введенные в реально существующие промышленные здания, позволяют:

переоборудовать здание мостовыми кранами большей грузоподъемности, что бывает необходимо при реконструкции производства;

запроектировать промышленные здания, оборудованные мостовыми кранами, более жесткими, экономичными и с улучшенными эксплуатационными качествами.

Библиографический список

1. *Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф.* Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / под общ. ред. А.В. Перельмутера. М. : Изд-во АСВ, 2007. 482 с.

2. *Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф.* Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / под общ. ред. А.В. Перельмутера. 3-е изд., перераб. М. : Изд-во АСВ, 2011. 528 с.

3. *Bolotin V.V.* Stochastic models of fracture with applications to the reliability theory // Structural safety and reliability / Eds. T. Moan, M. Shinozuka. Amsterdam, Oxford, New York : Elsevier, 1981. Pp. 31—56.

4. *Ditlevsen O.* Reliability against defect generated fracture // Journal of Structural Mechanics. 1981. Vol. 9. No. 2. Pp. 115—137.

5. *Blockley D.I.* Reliability theory — incorporating gross errors // Structural safety and reliability / Eds. T. Moan, M. Shinozuka. Amsterdam, Oxford, New York : Elsevier, 1981. Pp. 259—282.

6. *Пшеничкина В.А., Белоусов А.С., Кулешова А.Н., Чураков А.А.* Надежность зданий как пространственных составных систем при сейсмических воздействиях. Волгоград : ВолгГАСУ, 2010. 180 с.

7. *Lin Y.K., Shih T.Y.* Column response to horizontal and vertical earthquakes // Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE. 1980. Vol. 106. No. EM-6. Pp. 1099—1109.

8. *Райзер В.Д.* Теория надежности в строительном проектировании : монография. М. : Изд-во АСВ, 1998. 304 с.

9. *Holicky M., Ostlund L.* Vagueness of Serviceability Requirements // Proceeding of the International Conference «Design and Assessment of Building Structures». Vol. 2. Prague, 1996. Pp. 81—89.

10. *Hoef N.P.* Risk and safety considerations at different project phases // Safety, risk and reliability — trends in engineering. International Conference. Malta. 2001. Pp. 1—8.

11. *Тамразян А.Г.* Оценка риска и надежности несущих конструкций и ключевых элементов — необходимое условие безопасности зданий и сооружений // Вестник НИЦ «Строительство». 2009. № 1. С. 160—171.

12. *Тамразян А.Г.* Расчет элементов конструкций при заданной надежности и нормальном распределении нагрузки и несущей способности // Вестник МГСУ. 2012. № 10. С. 109—115.

13. *Болотин В.В.* Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М. : Машиностроение, 1984. 312 с.

14. *Moan T., Holand I.* Risk assessment of offshore structures: experience and principles // Structural safety and reliability / Eds. T. Moan, M. Shinozuka. Amsterdam, Oxford, New York : Elsevier, 1981. Pp. 803—820.

15. *Золина Т.В.* Сводный алгоритм расчета промышленного объекта на действующие нагрузки с оценкой остаточного ресурса // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 6. С. 3—5.

16. *Brown C.B.* Entropy constructed probabilities. // Journal of Engineering Mechanical, ASCE. 1980. Vol. 106. No. EM-4. Pp. 633—640.

17. *Tichy M.* In the reliability measure // Struct/Safety. 1988. Vol. 5. Pp. 227—235.

18. *Лычев А.С.* Вероятностные методы расчета строительных элементов и систем. М. : Изд-во АСВ, 1995. 143 с.

19. Пат. № 2401364 РФ, МПК E04B001/00. Конструктивные средства увеличения пространственной жесткости одноэтажных промышленных зданий с мостовыми кранами / Т.В. Золина, А.И. Сапожников ; патентообладатель ГАОУ АО ВПО «АИСИ». № 2008130209/03 ; заявл. 27.01.2010 ; опубл. 10.10.2010. Бюл. № 28. 7 с.

20. *Золина Т.В.* Обеспечение безопасной эксплуатации промышленных зданий с крановым оборудованием // Модернизация регионов России: инвестиции в инновации: материалы IV Междунар. науч. практ. конф. (15 октября 2010 г.). Астрахань : Изд. Сорокин Р.В., 2010. С. 16—18.

21. *Золина Т.В., Садчиков П.Н.* Концептуальная схема исследования напряженно-деформированного состояния промышленного здания // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 33 (52). С. 47—50.

Поступила в редакцию в мае 2015 г.

Об авторах: **Золина Татьяна Владимировна** — кандидат технических наук, профессор, первый проректор, **Астраханский инженерно-строительный институт (ГАОУ АО ВПО «АИСИ»)**, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18, zolinatv@yandex.ru;

Туснин Александр Романович — доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлических конструкций, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, valeksol@mail.ru.

Для цитирования: *Золина Т.В., Туснин А.Р.* Увеличение срока эксплуатации промышленного объекта введением конструктивных мер // Вестник МГСУ. 2015. № 6. С. 41—49.

T.V. Zolina, A.R. Tusnin

EXTENDING INDUSTRIAL OBJECTS' LIFE BY INTRODUCTION CONSTRUCTIVE MEASURES

An accumulation of defects caused by the action of the loads both man-made and external leads to a decrease in the carrying capacity of the carcass structure during operation of industrial buildings. Most notably this problem manifests itself in the buildings equipped with crane equipment. During operation the columns and crane girders obtain significant deformation, and this entails a reduction in structural stiffness characteristics. At the same time a load factor is enhanced when using heavier equipment. Therefore, the main purpose of this study is to identify the opportunities to ensure the reliability required for an industrial building equipped with overhead cranes. The study has developed a complex of calculation methods, the main task of which is to estimate the residual resource of a specific period of technical system operation, taking into account the random nature of a whole set of disturbances. The analysis of the results obtained by the consistent implementation of these techniques allows tracking the dynamics of changes in the stress-strain state of load-bearing structures of industrial objects in operation.

In order to solve the problem of providing rigidity frames and improve the reliability of their safe operation the authors propose constructive measures to slow the rate recorded in the calculation of the bearing capacity loss of the system. For this aim we suggest setting the end face transverse stiffening diaphragms, increasing the rigidity of the column above the crane, arranging some connecting rods in the temperature seam, located in the levels of coating and under crane beams. These measures should be used together, which allows achieving a significant effect in providing transverse rigidity. The coating disk with a sufficiently high horizontal rigidity is able to transfer a portion of the

load acting on the transverse frames on transverse end faces of the diaphragm. The binder rods prevent relative lateral displacement of the temperature blocks relative to each other, thereby they put the entire frame under the action of horizontal crane loads into operation. Increasing the stiffness of the column above the crane allows transferring a significant part of the effort to the coating when the bridge crane has close proximity to the coating.

The proposed constructions are easy to manufacture and do not require the device holes, which weaken the structure. They can be made not only while erecting the buildings, but also in the already constructed ones by increasing the carrying capacity of the overhead cranes. In this paper we evaluate the effectiveness of the proposed measures to improve the structural rigidity of frameworks on the example of several industrial buildings. The comparative analysis of the results obtained before and after the introduction of affirmative action has shown that their arrangement reduces the horizontal displacements of the frame, in the level of crane girders, and the level of coating, with a larger effect observed in the buildings with heavy-duty overhead cranes. This reduction of displacement involves the growth of bending moments values in above the crane column part and the reduction of the magnitude moments in the under crane part. At the great height under the crane portion of the column in most buildings these changes can save generally significant amounts of steel for the framework.

Thus, the proposed technical solutions are aimed not only at extending the safe operation of industrial buildings, but also have a positive effect in case of re-production associated with an increase in the lifting capacity of crane equipment, with little financial cost.

Key words: industrial building, bridge cranes, reliability, constructive measures, residual resource, face diaphragm, expansion joint.

References

1. Gordeev V.N., Lantukh-Lyashchenko A.I., Pashinskiy V.A., Perel'muter A.V., Pichugin S.F. *Nagruzki i vozdeystviya na zdaniya i sooruzheniya* [Loads and Effects on Buildings and Structures]. Moscow, ASV Publ., 2007, 482 p. (In Russian)

2. Gordeev V.N., Lantukh-Lyashchenko A.I., Pashinskiy V.A., Perel'muter A.V., Pichugin S.F. *Nagruzki i vozdeystviya na zdaniya i sooruzheniya* [Loads and Effects on Buildings and Structures]. Moscow, 3rd edition, ASV Publ., 2011, 528 p. (In Russian)

3. Bolotin V.V. Stochastic Models of Fracture with Applications to the Reliability Theory. Structural Safety and Reliability. Amsterdam, Oxford, New York, Elsevier, 1981, pp. 31—56.

4. Ditlevsen O. Reliability against Defect Generated Fracture. Journal of Structural Mechanics. 1981, vol. 9, no. 2, pp. 115—137. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/03601218108907379.

5. Blockley D.I. Reliability Theory — Incorporating Gross Errors. Structural Safety and Reliability. Eds. T. Moan, M. Shinozuka. Amsterdam, Oxford, New York, Elsevier, 1981, pp. 259—282.

6. Pshenichkina V.A., Belousov A.S., Kuleshova A.N., Churakov A.A. *Nadezhnost' zdaniy kak prostranstvennykh sostavnykh sistem pri seysmicheskikh vozdeystviyakh* [Reliability of Buildings as Spatial Composite Systems under Seismic Actions]. Volgograd, VolgGASU Publ., 2010, 180 p. (In Russian)

7. Lin Y.K., Shih T.Y. Column Response to Horizontal and Vertical Earthquakes. Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE. 1980, vol. 106, no. EM-6, pp. 1099—1109.

8. Rayzer V.D. *Teoriya nadezhnosti v stroitel'nom proektirovanii : monografiya* [Reliability Theory in Construction Design: Monograph]. Moscow, ASV Publ., 1998, 304 p. (In Russian)

9. Holicky M., Ostlund L. Vagueness of Serviceability Requirements. Proceeding of the International Conference “Design and Assessment of Building Structures”. Vol. 2. Prague, 1996, pp. 81—89.

10. Hoef N.P. Risk and Safety Considerations at Different Project Phases. Safety, Risk and Reliability — Trends in Engineering. International Conference, Malta. 2001, pp. 1—8.

11. Tamrazyan A.G. Otsenka riska i nadezhnosti nesushchikh konstruktsiy i klyuchevykh elementov — neobkhodimoe uslovie bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy [Risk and Reliability Assessment of Structures and Key Elements — A Necessary Condition for the Safety of Buildings and Structures]. *Vestnik NITs «Stroitel'stvo»* [Proceedings of the Research Center of Construction]. 2009, no. 1, pp. 160—171. (In Russian)

12. Tamrazyan A.G. Raschet elementov konstruktsiy pri zadannoy nadezhnosti i normal'nom raspredelenii nagruzki i nesushchey sposobnosti [Design of Structural Elements in the Event of the Preset Reliability, Regular Load and Bearing Capacity Distribution]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 10, pp. 109—115. (In Russian)

13. Bolotin V.V. *Prognozirovanie resursa mashin i konstruktsiy* [Resource Projections of Machines and Structures]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1984, 312 p. (In Russian)

14. Moan T., Holand I. Risk Assessment of Offshore Structures: Experience and Principles. Structural Safety and Reliability. Eds. T. Moan, M. Shinozuka. Amsterdam, Oxford, New York, Elsevier, 1981, pp. 803—820.

15. Zolina T.V. Svodnyy algoritm rascheta promyshlennogo ob"ekta na deystvuyushchie nagruzki s otsenkoy ostatochnogo resursa [Synthesis Algorithm for Calculating the Existing Load on an Industrial Facility with the Assessment of Residual Life]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2014, no. 6, pp. 3—5. (In Russian)

16. Brown C.B. Entropy Constructed Probabilities. Journal of Engineering Mechanics, ASCE. 1980, vol. 106, no. EM-4, pp. 633—640.

17. Tichy M. On the Reliability Measure. Struct/Safety. 1988, vol. 5, pp. 227—235.

18. Lychev A.S. *Veroyatnostnye metody rascheta stroitel'nykh elementov i system* [Probabilistic Methods for Design of Construction Components and Systems]. Moscow, ASV Publ., 1995, 143 p. (In Russian)

19. Zolina T.V., Sapozhnikov A.I. *Patent № 2401364 RF, MPK E04B001/00. Konstruktivnye sredstva uvelicheniya prostranstvennoy zhestkosti odnoetazhnykh promyshlennykh zdaniy s mostovymi kranami* [Russian Patent no. 2401364 RF, MPK E04B001/00/ Constructive Means of Increasing the Spatial Rigidity of Single-Storey Industrial Buildings with Overhead Cranes]. № 2008130209/03 ; zayavl. 27.01.2010 ; opubl. 10.10.2010. Byul. № 28 [No. 2008130209/03 ; appl. 27.01.2010 ; publ. 10.10.2010, bulletin no. 28]. Patent holder GAOU AO VPO «AISI». 7 p. (In Russian)

20. Zolina T.V. Obespechenie bezopasnoy ekspluatatsii promyshlennykh zdaniy s kranovym oborudovaniem [Providing Safe Operation of Industrial Buildings with Crane Equipment]. *Modernizatsiya regionov Rossii: investitsii v innovatsii: materialy IV Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii (15 oktyabrya 2010 g.)* [Modernization of the Russian Regions: Investments into Innovations. Proceedings of the 4th International Science and Practice Conference (October 15, 2010)]. Astrakhan, Sorokin R.V. Publ., 2010, pp. 16—18. (In Russian)

21. Zolina T.V., Sadchikov P.N. Kontseptual'naya skhema issledovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya promyshlennogo zdaniya [Conceptual Scheme for Investigating the Stress-Strain State of an Industrial Building]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Proceedings of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture]. 2013, no. 33 (52), pp. 47—50. (In Russian)

About the authors: **Zolina Tat'yana Vladimirovna** — Candidate of Technical Sciences, Professor, First Vice-rector, **Astrakhan Institute of Civil Engineering (AICE)**, 18 Tatishcheva str., Astrakhan, 414000, Russian Federation; zolinatv@yandex.ru;

Tusnin Aleksandr Romanovich — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, chair, Department of Metal Structures, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; valeksol@mail.ru.

For citation: Zolina T.V., Tusnin A.R. Uvelichenie sroka ekspluatatsii promyshlennogo ob"ekta vvedeniem konstruktivnykh mer [Extending Industrial Objects' Life by Introduction Constructive Measures]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 6, pp. 41—49. (In Russian)