

Список литературы

1. Мангушев Р. А., Ершов А. В., Осокин А. И. Современные свайные технологии : учеб. пособие. М. : Изд-во АСВ, 2010. 239 с.
2. Штоль Т. М., Теличенко В. И., Феклин В. И. Технология возведения подземной части зданий и сооружений : учеб. пособие для вузов. Спец.: «Пром. и гражд. стр-во». М. : Стройиздат, 1990. 288 с.
3. Федоров В. С., Купчикова Н. В. Конструктивные решения свайных фундаментов с поверхностными и концевыми уширениями для структурно-неустойчивых оснований // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1. С. 88–91.
4. Купчикова Н. В. Исследование напряженно-деформированного состояния свайных фундаментов с концевыми и поверхностными уширениями в структурно-неустойчивых основаниях : дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 200 с. : ил.
5. Григорян А. А. Свайные фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах : учеб. пособие. М. : Стройиздат, 1984. 157с.
6. Луга А. А. Свайные работы : учеб. пособие. М. : Трансжелдориздат, 1947.
7. Есипов А. В. Взаимодействие микросвай с грунтовым основанием при усилении фундаментов : дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2002. 168 с. : ил.
8. Сапожников А. И. Модель и эффективные расчетные схемы грунтового полупространства // Изв. вузов. Сер.: Строительство. 1996. Вып. 4. С. 26–31.
9. Бондаренко В. М. Федоров В. С. Модели при решении технических задач // Перспективы развития строительного комплекса : материалы VIII Международной научно-практической конференции / ред. В. А. Гутман, Д. П. Ануфриев. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2014. С. 262–267.
10. Купчикова Н. В. Численные исследования работы системы «свайное основание – усиливающие элементы» методом конечных элементов // Строительство и реконструкция. 2013. № 6 (50). С. 28–36.
11. Бабенко В. А. Трубчатые микросваи с уширением в нижней части из втрамбованного жесткого материала. : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Днепропетровск, 1996. 24 с.
12. Новые строительные материалы и изделия. Региональные особенности производства : монография / Д. П. Ануфриев, Н. В. Купчикова, Н. А. Страхова [и др.] / Астраханский инженерно-строительный институт. М. : Изд-во АСВ, 2014. 200 с.
13. Способ устройства инъекционной сваи : пат. на изобретение № 2238366 Рос. Федерация: Е 02 D 5/34 / А. И. Полищук, О. В. Герасимов, А. А. Петухов, Ю. Б. Андриенко, С. С. Нуйкин ; заявл. 04.03.2003 ; опубл. 20.10.2004. Бюл. № 29.
14. Инъекционная свая : пат. на полезную модель № 87718 Рос. Федерация: Е 02Д 5/34 / А. И. Полищук, А. А. Тарасов, Р. В. Шалгинов ; заявл. 11.01.2009; опубл. 20.10.2009. Бюл. № 29.
15. Рытов С. А. Устройство буринъекционных свай с применением электроразрядной технологии в различных грунтовых условиях. : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 21 с.
16. Rytov S. A. New geotechnical technologies // Proceedings of the 15th European Young Geotechnical Engineers Conference. Dublin, Ireland. 11–14 September 2002. P. 311–315.
17. Lemanza W., Lesmana A. Deep soil improvement technique using combined deep mixing and jet grouting method // Proc. 17th Int. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Alexandria, Egypt, 5–9 October, 2009. P. 2439.

© Н. В. Купчикова

Ссылка для цитирования:

Купчикова Н. В. Методика деформационного расчета свай с концевыми уширениями в теории флюидообразования усиливающих элементов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2015. № 2 (12). С. 32–39.

УДК 624.042.3:621.87

**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСА ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ
С КРАНОВЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ
ЕГО ОСТАТОЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА**

Т. В. Золина, Ш. А. Фейтуллаев

Астраханский инженерно-строительный институт

Для объективной оценки остаточного эксплуатационного ресурса промышленного здания необходим постоянный мониторинг технического состояния несущих конструкций его каркаса, так как с течением времени в нем накапливаются дефекты и повреждения несущих конструкций, их узловых сопряжений и кранового оборудования. Одной из причин этого является тот факт, что при проектировании каркасов не учитываются боковые силы, возникающие при движении мостового крана с перекосом, величина которых значительно превосходит горизонтальные силы от торможения крановых тележек. В работе приведены результаты экспериментальных исследований и теоретических расчетов облегченных каркасов промышленных зданий с мостовыми кранами небольшой грузоподъемности на различные крановые нагрузки с учетом их динамического характера, при этом доказывается актуальность учета боковых сил при расчете каркасов, что позволит проектировать последние более надежно, гарантируя при этом их долговечность и безопасную эксплуатацию.

Ключевые слова: *одноэтажное промышленное здание, мониторинг технического состояния несущих конструкций, динамические крановые нагрузки, остаточный эксплуатационный ресурс, надежность, долговечность, безопасная эксплуатация.*

JUSTIFICATION THE NECESSITY OF MONITORING TECHNICAL CONDITIONS OF THE CARCASS BEARING STRUCTURE OF INDUSTRIAL BUILDING WITH A CRANE EQUIPMENT FOR AN OBJECTIVE ASSESSMENT ITS RESIDUAL OPERATIONAL RESOURCE

T. V. Zolina, Sh. A. Feytullaev

Astrakhan Institute of Civil Engineering

An objective assessment of the residual service life of industrial building requires constant monitoring technical conditions of its frame bearing structures, as with time it accumulates defects and damages in supporting structures, components and interfaces of crane equipment. One reason for this is the fact that during the process of designing the frame the lateral forces are not taken into account which occurs when a bridge crane moves with a warp, which quantity exceeds the horizontal force from crane trucks braking. We present the results of experimental studies and theoretical calculations of lightweight carcasses of industrial buildings equipped with overhead cranes with small lifting capacity to different crane loads with their dynamic nature considering, thus we prove the relevance of lateral forces in calculating of carcasses that will allow project the recent ones more reliable with a guarantee of their durability and safe operation.

Key words: *single-storey industrial building, monitoring technical condition of bearing structures, dynamic crane loading, the residual operational resource, reliability, durability, safe operation.*

Эксплуатационный ресурс любого промышленного объекта напрямую связан с тем фактом, насколько интенсивно объект эксплуатировался, так как при превышении напряжениями, возникающими в несущих конструкциях, своих проектных значений в процессе эксплуатации конструкции каркаса могут достигнуть предельного состояния значительно раньше истечения ими нормативного срока службы. При этом безопасная эксплуатация промышленного объекта уже не может быть гарантирована. Наибольшее значение приобретает безопасная эксплуатация на существующих, давно построенных промышленных объектах, особенно с крановым оборудованием, так как именно в таких зданиях в процессе эксплуатации накапливаются скрытые и явные дефекты и повреждения несущих конструкций, их узловых сопряжений и кранового оборудования [1, 2]. Таких зданий в отечественной промышленности очень много, средний срок их службы превышает нормативный вдвое и более. Кроме того, статистика свидетельствует, что в последние годы число аварий на промышленных объектах возросло. Это является следствием значительного физического износа строительных конструкций, который в итоге приводит к предельному снижению несущей способности сооружения.

Вышесказанное свидетельствует о том, что для объективной оценки остаточного эксплуатационного ресурса несущих конструкций каркаса промышленного здания с крановым оборудованием и обеспечения в дальнейшем его безопасной эксплуатации необходим постоянный мониторинг технического состояния его несущих конструкций.

Следует подчеркнуть, что в промышленных зданиях, оборудованных мостовыми кранами, наибольшее воздействие на напряженно-деформированное состояние колонн как основных несущих конструкций каркаса оказывают мостовые краны. В процессе работы краны поднимают грузы разной величины и перемещают их

по цеху; при этом они передают на подкрановые балки и колонны вертикальные и горизонтальные нагрузки, характер которых обоснованно принято считать случайным [3, 4]. Также следует помнить и о случайном характере изменения прочностных параметров материала конструкций и условий эксплуатации во времени, некоторой погрешности проводимых измерений в зависимости от используемого оборудования и т. д. При этом изменение во времени различных параметров конструкций, условий их работы и действующих нагрузок может фиксироваться в отдельных, зачастую разделенных по времени точках наблюдения. Как следствие, в промышленных зданиях с мостовыми кранами бывает очень трудно получить объективные данные по мониторингу технического состояния их несущих конструкций, так как в подобных зданиях практически всегда имеется весьма ограниченная информация о силовых воздействиях кранов на несущие конструкции и об изменении прочностных параметров материала конструкций во времени.

Учитывая вышесказанное, следует признать актуальность методов оценки остаточного эксплуатационного ресурса несущих конструкций промышленных зданий, которые базируются на программно-расчетных комплексах, позволяющих максимально полно использовать ограниченные данные мониторинга для выявления особенностей изменения во времени напряженно-деформированного состояния и процессов износа строительных конструкций, что приводит к значительному снижению несущей способности сооружения.

Согласно принятой в практике методике для определения времени достижения промышленным объектом своего предельного состояния, в ходе проведения постоянного мониторинга осуществляется визуальный осмотр конструкций с целью приблизительной оценки изменений их технического состояния и дальнейшего измерения динамических параметров объ-

екта. Критичной является ситуация, если в результате мониторинга выясняется, что динамические характеристики здания отличаются более чем на 10 % от значений, полученных в предыдущем обследовании. В этом случае техническое состояние несущих конструкций такого здания должно быть обязательно внепланово оценено [5].

При проведении расчетов по восприятию несущими конструкциями каркасов промышленных зданий вертикальных крановых нагрузок, передаваемых через колеса крана на подкрановые балки, а с них – на колонны, проблем не возникает. Они базируются на основе вероятностной модели, учитывающей особенности данных нагрузок [3, 6]. В отношении горизонтальных поперечных крановых нагрузок в действующем Своде правил 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» зафиксирован двоякий подход к их учету: при расчете поперечных рам нормы предлагают учитывать нагрузку, возникающую от торможения крановой тележки; при расчете подкрановых балок и их креплений к колоннам в зданиях, оборудованных кранами с определенным режимом работы, предлагается учитывать так называемые боковые силы, возникающие при движении мостового крана с перекосом и направленные поперек кранового пути. Такое движение мостового крана объясняется нарушением равенства между тяговыми усилиями приводных колес и силами сопротивления соответствующих сторон крана. Из-за этого возникают силы перекоса, приводящие к вращательному и поперечному движению крана в пределах зазоров между ребордами колес и головками рельсов, а при контакте реборд с рельсами – боковые силы как поперечные реакции рельсового пути [7]. Причем в исследованиях, проводимых специалистами-крановиками, зафиксировано, что рихтовка крановых путей снижает возможность контакта реборд ходовых колес с рельсами лишь при движении мостового крана без перекоса. На практике такое движение при работе крана почти не встречается, а от состояния рельсовых путей зависят лишь различные случаи ограничения перекоса – ребордами ходовых колес, расположенными на одной стороне или по диагонали крана.

Тем не менее результаты многочисленных экспериментальных исследований, проведенных авторами и другими исследователями [4, 8], доказывают, что боковые силы вовлекают в колебательный процесс весь каркас. Исследования, представленные авторами в [8], касались промышленных зданий, оборудованных мостовыми кранами относительно большой грузоподъемности – 30...100 т. В этих исследованиях было выявлено значительное влияние боковых

сил, возникающих при движении крана с перекосом, на напряженно-деформированное состояние колонн зданий и рекомендовано учитывать эти силы в расчетных сочетаниях нагрузок при проектировании каркасов промышленных зданий [9].

Однако в последние годы в некоторых областях промышленности достаточно широкое распространение получили здания, имеющие облегченные каркасы и оборудованные мостовыми кранами небольшой грузоподъемности, отличительной особенностью которых является использование для конструирования элементов каркаса гнутых профилей. Поэтому было бы полезным выяснить, каково влияние боковых сил на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций в подобных зданиях.

Для выявления необходимости учета боковых сил при расчете облегченных каркасов с мостовыми кранами небольшой грузоподъемности были проведены экспериментальные исследования колебаний, возникающих при работе мостового крана, в производственном цехе ПСК «Строитель Астрахани».

Исследуемое здание представляет собой двухпролетный цех с размерами в плане 48x114 м: пролеты по 24 м, шаг поперечных рам 6 м, отметка уровня головки рельса 8,45 м, высота подкрановой части колонны 8,23 м, надкрановой части – 2,10 м. В каждом пролете расположено по четыре крана грузоподъемностью 5 и 3,2 т. Здание не имеет температурных швов. Колонны, подкрановые стойки и балки выполнены из гнутых профилей, ригели – сварные двутавры, панели стен и покрытия – типа «сэндвич».

Элементы каркаса здания имеют следующие жесткостные характеристики: подкрановая часть крайней колонны, $EJ_n^{kp} = 279048 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$, надкрановая часть крайней колонны $EJ_b^{kp} = 66381 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$; подкрановая часть средней колонны $EJ_b^{cp} = 436992 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$; надкрановая часть средней колонны $EJ_b^{cp} = 72156 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$.

В проведенных экспериментальных исследованиях для записи колебаний каркасов использовались вибродатчики (ВД) марки С5С с индукционным преобразователем, принцип действия которых следующий: корпус ВД, установленного на тормозных площадках и покрытии здания, следует за его движением; маятниковая подвеска прибора стремится остаться в покое; движение индукционной катушки, которая укрепена на основании корпуса ВД, относительно магнита, укрепленного на маятниковой подвеске, создает из-за изменения магнитного потока через катушку на выходе прибора электродвижущую силу. Вырабатываемая электродвижущая сила пропорциональна скорости из-

менения магнитного потока и при однородном магнитном поле – скорости колебательного движения здания.

Для регистрации колебаний использовался цифровой осциллограф марки AOS 5304, предназначенный для регистрации быстропротекающих процессов. Рабочие диапазоны частот осциллографа и собственных колебаний маятниковой подвески ВД соответствуют спектру измеряемых колебаний, а амплитудный диапазон ВД – наибольшим ожидаемым амплитудам перемещения объекта.

При проведении исследований применялась непосредственная калибровка ВД на вибростоле, в результате которой были получены экспериментальные зависимости скорости колебательного движения вибростола от амплитуды электрического сигнала, передаваемого ВД, при изменении частоты вынужденных колебаний вибростола. Для статистической обработки результатов калибровки был проведен регрессионный анализ, в результате которого получены полиномиальные уравнения регрессии. В дальнейшем была проведена проверка соответствия выбранного полинома экспериментальным данным. В итоге были скоррелированы амплитудно-частотные характеристики ВД.

В процессе экспериментальных исследований ВД размещались на тормозных площадках около колонн и на покрытии здания. Применялось несколько схем расстановки ВД, позволивших выявить формы изгиба колонн, осевой линии покрытия, распространенность колебаний по длине подкрановой балки, совместность колебаний противоположных рядов колонн при работе мостового крана и т. д. В ходе испытаний ВД фиксировали поперечные колебания, возникающие в каркасах при работе мостовых кранов в различных режимах – при движении кранов, их торможении и торможении тележек.

Результаты экспериментальных исследований по рассматриваемому зданию подтвердили ранее проведенные исследования по другим зданиям [8]: было зафиксировано, что под воздействием боковых сил каркас промышленного здания вовлекается в колебательный процесс, причем амплитуды колебаний от этих сил в 4,25 раза превышают амплитуды колебаний, возникающих при торможении крановой тележки. А если учесть тот факт, что боковые силы $T_{б.с.}$ по величине значительно превосходят тормозную силу $T_{кр.}$, возникающую при работе крановых тележек ($T_{б.с.}=7,08$ кН, $T_{кр.}=1,9$ кН), то необходимость учета боковых сил при расчете каркасов промышленных зданий становится очевидной.

Кроме того, анализ результатов экспериментальных исследований показал превышение фактических горизонтальных смещений, фиксируемых в элементах поперечных рам под действием боковых сил, в сравнении с соответствующими расчетными значениями на 8–12 %. Объясняется это тем, что боковые силы, не учтенные расчетом при проектировании здания, приводят по прошествии определенного периода эксплуатации к снижению горизонтальной жесткости каркаса. Данное явление было подтверждено ранее проведенными экспериментальными исследованиями на одном и том же объекте с интервалом в 10 лет – было зафиксировано увеличение горизонтальных смещений колонн каркаса в уровне подкрановых балок от действующих крановых нагрузок на 18...23 % в расчетных точках, где производились замеры [10].

В связи с этим предлагается определять величину фактической боковой силы путем сравнения полученных в результате проведенных экспериментальных исследований смещений отдельных расчетных точек каркаса с результатами расчета здания на расчетные боковые силы [3] и получения так называемого коэффициента модуляции, вводимого к значению расчетной боковой силы. Затем, на основании повторных экспериментальных исследований, проведенных по прошествии некоторого срока эксплуатации, формируется так называемая «обратная матрица жесткости», которая позволяет определить увеличение смещений расчетных точек вследствие снижения горизонтальной жесткости каркаса в процессе эксплуатации [11].

Совместно с пространственным расчетом на динамические крановые нагрузки был произведен расчет плоской рамы исследуемого объекта на статическое действие данных нагрузок, прикладываемых к поперечной раме здания. На рис. 1–2 представлены результаты расчета, анализируя которые, можно увидеть, что значения изгибающих моментов, определенные по пространственной расчетной схеме с учетом динамического характера крановых нагрузок, в сравнении с расчетом по плоской расчетной схеме без учета динамического характера:

- в надкрановой части колонны больше: в 4,1 и 4,7 раза в крайней и средней колоннах, соответственно, при $T_{кр.}$; в 2,0 и 2,3 раза в крайней и средней колоннах, соответственно, при $T_{б.с.}$;
- в подкрановой части изгибающий момент оказался меньше: в 2,6 и 3,1 раза в крайней и средней колоннах соответственно при $T_{кр.}$; в 3,4 и 3,8 раза в крайней и средней колоннах соответственно при $T_{б.с.}$.

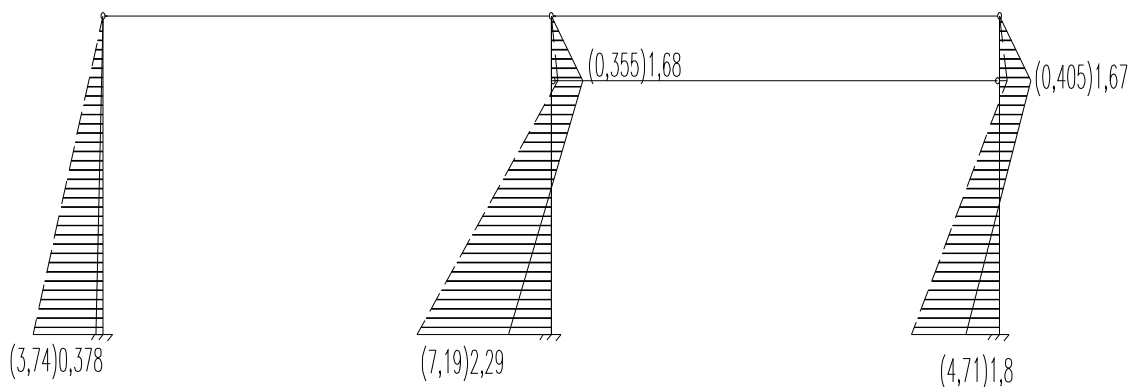


Рис. 1. Эпюры изгибающих моментов (кН·м), возникающих в поперечной раме от действия $T_{кр}$, с учетом динамического характера тормозной нагрузки по пространственной расчетной схеме и по плоской расчетной схеме (значения даны в скобках)

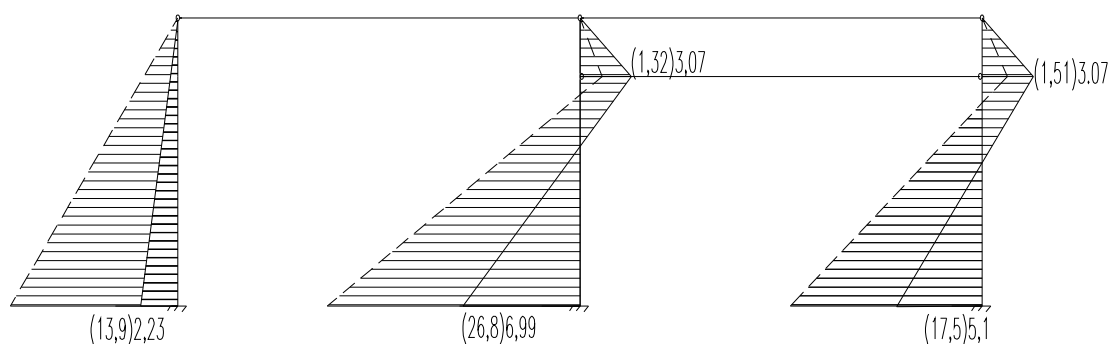


Рис. 2. Эпюры изгибающих моментов (кН·м), возникающих в поперечной раме от действия $T_{бо}$, с учетом динамического характера боковой силы по пространственной расчетной схеме и по плоской расчетной схеме (значения даны в скобках)

Следует отметить, что изгибающие моменты, возникающие в колоннах при восприятии боковой силы, значительно больше, чем при действии торможения крановой тележки:

- в надкрановой части крайней и средней колонн больше в 1,8 раза;
- в подкрановой части крайней колонны больше в 2,8 раза, а в средней колонне больше в 3,0 раза.

Анализ полученных результатов доказывает, что боковые силы, вызванные движением мостового крана с перекосом, оказывают существенное влияние на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций каркаса, и их необходимо учитывать как обязательную составляющую в величине обобщенной нагрузки при формировании сочетаний нагрузок для проведения последующей оценки остаточного эксплуатационного ресурса и определения необходимости технического ремонта.

На основании экспериментальных и теоретических исследований разработана методика вероятностного расчета промышленных зданий с крановым оборудованием с целью определения их работоспособности и оценки возникновения возможных рисков при их эксплуатации

[12]. Предлагаемые авторами алгоритм реализуется в программно-расчетном комплексе DINCIB-new [13, 14], который позволяет автоматизировать расчет промышленного здания на основе вероятностной модели с целью анализа прочности, устойчивости и надежности конструкций каркаса при восприятии различных нагрузок. Реализация методики позволит получить конкретные результаты по каждому отдельно взятому объекту на разных этапах его эксплуатации и, следовательно, провести анализ работоспособности конструктивных элементов здания и сделать прогноз на будущие периоды.

Проведение последовательных обследований несущих конструкций в одном и том же промышленном здании на протяжении периода его эксплуатации позволит спрогнозировать динамику изменения напряженно-деформированного состояния элементов каркаса с учетом накопленных дефектов, возникших в процессе эксплуатации. Своевременность проведения ремонтных работ по восстановлению поврежденных в процессе эксплуатации конструктивных элементов способна привести к значительному продлению срока дальнейшей эксплуатации объекта в целом.

Список литературы

1. Комплексное обследование в части технического диагностирования надземного кранового пути мостового крана: дизельного, тепловозного, экипажного и электромашинного цехов АТРЗ – 2006 г.; главного корпуса завода металлоконструкций ООО УСК «Стройкомплекс» – 2006 г.; судокорпусного цеха ОАО ССЗ «Красные Баррикады» – 2009 г. Астрахань : ООО НПП «Подъемные сооружения» (лицензия ГГТН РФ на проведение экспертизы № 00-ДЭ-000877 (К) от 17.03.2003 г.).
2. Золина Т. В. Перекосное движение крана как одна из причин накопления дефектов и повреждений несущих конструкций каркаса промышленного здания // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 2. С. 18–25.
3. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В. Н. Гордеев, А. И. Лантух-Лященко, В. А. Пашинский, А. В. Перельмутер, С. Ф. Пичугин ; под общ. ред. А. В. Перельмутера. 3-е изд., перераб. М. : АСВ, 2011. 528 с.
4. Барштейн М. Ф., Зубков А. Н. Исследование поперечных сил, возникающих при движении мостового крана // Динамика сооружений. М. : Стройиздат, 1968. С. 4–31.
5. Золина Т. В., Туснин А.Р. Обоснование необходимости учета боковых сил, возникающих при крановых воздействиях на каркас здания // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 5. С. 17–23.
6. Золина Т. В. Вероятностный расчет одноэтажного промышленного здания, оборудованного мостовым краном, с учетом пространственной работы его каркаса // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. Волгоград, 2012. № 28 (47). С. 7–13.
7. Лобов Н. А. Динамика грузоподъемных кранов. М. : Машиностроение, 1987. 160 с.
8. Золина Т. В. Проблемы реконструкции промышленных зданий при увеличении технологических нагрузок // Изв. ЖКА. Городское хозяйство и экология. 1997. № 4. С. 54–60.
9. Золина Т. В. Обоснование выбора расчетного сочетания нагрузок при оценке несущей способности строительных конструкций каркасов промышленных зданий с мостовыми кранами в процессе их эксплуатации // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-техн. журнал / АИСИ. Астрахань: ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2014. № 3 (9). С. 13–20.
10. Золина Т. В. Вычисление крановых нагрузок, определяющих несущую способность каркаса промышленного здания, при оценке его работоспособности // Научный потенциал регионов на службу модернизации. 2013. № 3 (6). Т. 1. С. 14–17.
11. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Моделирование изменений матрицы жесткости промышленного здания в процессе его эксплуатации // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 19–20.
12. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Методика оценки остаточного ресурса эксплуатации промышленного здания, оснащенного мостовыми кранами // Вестник ВолгГАСУ. Сер. Строительство и архитектура. 2013. № 33 (52). С. 51–57.
13. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Автоматизированная система расчета промышленного здания на крановые и сейсмические нагрузки // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 14–16.
14. Программа «DINCIB-new» : свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2014613866 (дата государственной регистрации в Реестре программ 09 апреля 2014 г., РОСПАТЕНТ) / Т. В. Золина, П. Н. Садчиков.

© Т. В. Золина, Ш. А. Фейтуллаев

Ссылка для цитирования:

Золина Т. В., Фейтуллаев Ш. А. Обоснование необходимости мониторинга технического состояния несущих конструкций каркаса промышленного здания с крановым оборудованием для объективной оценки его остаточного эксплуатационного ресурса // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2015. № 2 (12). С. 39–44.