

Для цитирования: Емельянов М.В. Информационная технология проектирования систем мониторинга зданий и сооружений. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019; 46(1): 123-131. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-1-123-131

For citation: Emelianov M. V. The development of information technology of structural health monitoring systems. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46 (1): 123-131. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-1-123-131

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК: 004.02

DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-1-123-131

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Емельянов М.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),

129337, Москва, Ярославское ш., 26, Москва, Россия,

e-mail:emelianov@mgsu.ru

Резюме. Цель. Целью исследования является разработка информационной технологии проектирования систем мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений повышенной категории ответственности на основании исходных данных об объекте строительства и результатов инженерных изысканий. **Метод.** В статье рассматривается подход к формализации описания процедуры разработки проектов систем мониторинга зданий и сооружений, основанный на особенностях разработки СММК строительных сооружений, инженерном опыте проектирования данных систем. **Результат.** В статье представлены концептуальные основы разработанной информационной технологии, алгоритм определения режима мониторинга на основании сведений об объекте строительства, алгоритм работы макроса определения наиболее нагруженных узлов и элементов в комплексе конечно-элементного моделирования. Даны рекомендации по определению параметров контроля, состава измерительного оборудования. **Вывод.** Разработанные в процессе исследования концептуальные основы информационной технологии позволяют провести дальнейшую разработку алгоритмов и программ для автоматизированного анализа сведений об объекте и участке строительства с целью получения автоматическом режиме результатов, необходимых для разработки систем мониторинга зданий и сооружений повышенной категории ответственности.

Ключевые слова: объекты повышенной категории ответственности, мониторинг технического состояния, система мониторинга, информационная технология разработки систем мониторинга, алгоритм определения режима мониторинга, макрос определения наиболее нагруженных узлов и элементов

THE DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY OF STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEMS

Mikhail V. Emelianov

National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU),
26, Yaroslavskaya highway, Moscow 129337, Russia,
e-mail:emelianov@mgsu.ru

Abstract Objectives. The aim of the study is to develop information technology design systems for monitoring load-bearing structures of buildings and structures of a higher category of responsibility based on the initial data on the construction object and the results of engineering surveys. **Method.** The article discusses the approach to the formalization of the description of the procedure for developing projects for monitoring buildings and structures, based on the design features of the SMC building structures, the engineering experience of designing these systems. **Result.** The article presents the conceptual foundations of the developed information technology, the algorithm for determining the monitoring mode based on information about the construction object, the algorithm for the macro to determine the most loaded nodes and elements in the complex finite element modeling. Recommendations are given for determining the control parameters, the composition of the measuring equipment. **Conclusion.** The conceptual foundations of information technology developed in the course of the research allow for the further development of algorithms and programs for the automated analysis of information about the object and the construction site in order to obtain the automatic mode of the results necessary for developing monitoring systems for buildings and structures of a higher category of responsibility.

Keywords: objects of increased category of responsibility, technical condition monitoring, monitoring system, information technology of development of monitoring systems, algorithm for determining the monitoring mode, macro for determining the most loaded nodes and elements

Введение. Характерной чертой современного уровня строительного производства в России является увеличение количества и сложности возводимых уникальных, высотных, и большепролетных объектов.

Имевший место в последние годы в РФ и за рубежом ряд аварий объектов повышенного уровня ответственности предопределяет важность уделения вопросу предотвращения аварий на объектах строительства значительного внимания на государственном уровне в связи с возможными негативными последствиями: людскими, материальными и моральными потерями.

Накопленный опыт и научные исследования отечественных и зарубежных специалистов свидетельствуют о том, что на современном этапе наиболее эффективной системой контроля состояния несущих конструкций является организация системы мониторинга технического состояния объектов, в том числе автоматических систем мониторинга, функционирующих в непрерывном режиме.

В соответствии с ГОСТ Р 22.1.12-2005 [1], система мониторинга состояния несущих конструкций (СМИК) подлежит обязательной установке на потенциально опасных, особо опасных, технически сложных и уникальных объектах, количество которых ежегодно увеличивается.

Вопросам разработки СМИК посвящены многочисленные работы российских и зарубежных исследователей. Значительный вклад в разработку систем автоматического мониторинга зданий и сооружений внесли специалисты НИУ МГСУ [2-8], ООО «Центр исследований экстремальных ситуаций» [9], НПО «СОДИС» [10-12], ГУП МНИИТЭП [13-16], ИЦ «БАЗИС» [17, 18], ОАО «ЦНИИЭП жилища» [19], ООО НПП «Геотек» [20], ЗАО «Мониторинг Центр [26-

27], а также Горпинченко В.М.[21], Charles R Farrar [22], Joel van Cranenbroeck [23] и ряд других.

Анализ инженерной практики показывает, что в настоящее время систем автоматизации разработки проектов СМИК в РФ в настоящее время не существует.

Автоматизация проектирования СМИК зданий и сооружений повышенной категории ответственности на основании исходных данных об объекте строительства и результатов целенаправленных инженерных изысканий позволит сократить сроки разработки системы за счет оптимизации процесса проектирования.

Постановка задачи. Для автоматизации разработки проектов СМИК необходимо разработать информационную технологию сбора анализа данных об объекте и результатах инженерных изысканий, позволяющую пользователю получить рекомендации по режиму мониторинга, составу измерительного оборудования и местам его установки.

Методы исследования. На основании изученных опыта разработки СМИК и методов автоматизации [24] установлено, что наиболее эффективным способом автоматизации разработки СМИК является разработка программных блоков сбора и анализа данных, функционирующих на следующих основных этапах производства работ по созданию СМИК:

- сбор данных об объекте и участке строительства;
- определение режима мониторинга;
- определение моделей опасности - моделей перехода строительных объектов в ограниченно работоспособное или в аварийное состояние вследствие развития природных и техногенных процессов, приводящих к опасному ненормативному изменению напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований;
- формирование перечня особо ответственных узлов и конструкций, подлежащих контролю с применением процедуры мониторинга;
- определение перечня контролируемых при мониторинге параметров, диапазонов значений, соответствующих различным режимам эксплуатации;
- определение оптимального состава измерительного оборудования и мест его установки,
- и позволяющих пользователю на основании сведений об объекте и результатов инженерных изысканий получить рекомендации по режиму мониторинга, основным моделям опасности, составу и расположению измерительного оборудования.

Логическая последовательность работы блоков объединена в информационную технологию разработки систем мониторинга зданий и сооружений.

Разработка информационной технологии требует решения следующих задач:

- создание опросных листов для сбора и последующего анализа исходных данных об объекте и результатах инженерных изысканий;
- создание блока анализа данных об объекте и результатах инженерных изысканий;
- формирование баз данных:
- режимов мониторинга;
- выводов о моделях опасности;
- состава измерительного оборудования.
- разработка формы представления результата.

Сбор данных об объекте и участке строительства следует производить в электронном виде в форме опросных листов. При этом объем данных должен быть достаточным для составления экспертной оценки: о назначении и конструктивных особенностях объекта; о характеристиках площадки строительства.

Для определения режима мониторинга в автоматическом режиме был разработан алгоритм анализа сведений об объекте и положений действующих нормативных документов (рис. 1), результатом работы которого является вывод о режиме мониторинга со ссылкой на нормативную документацию.

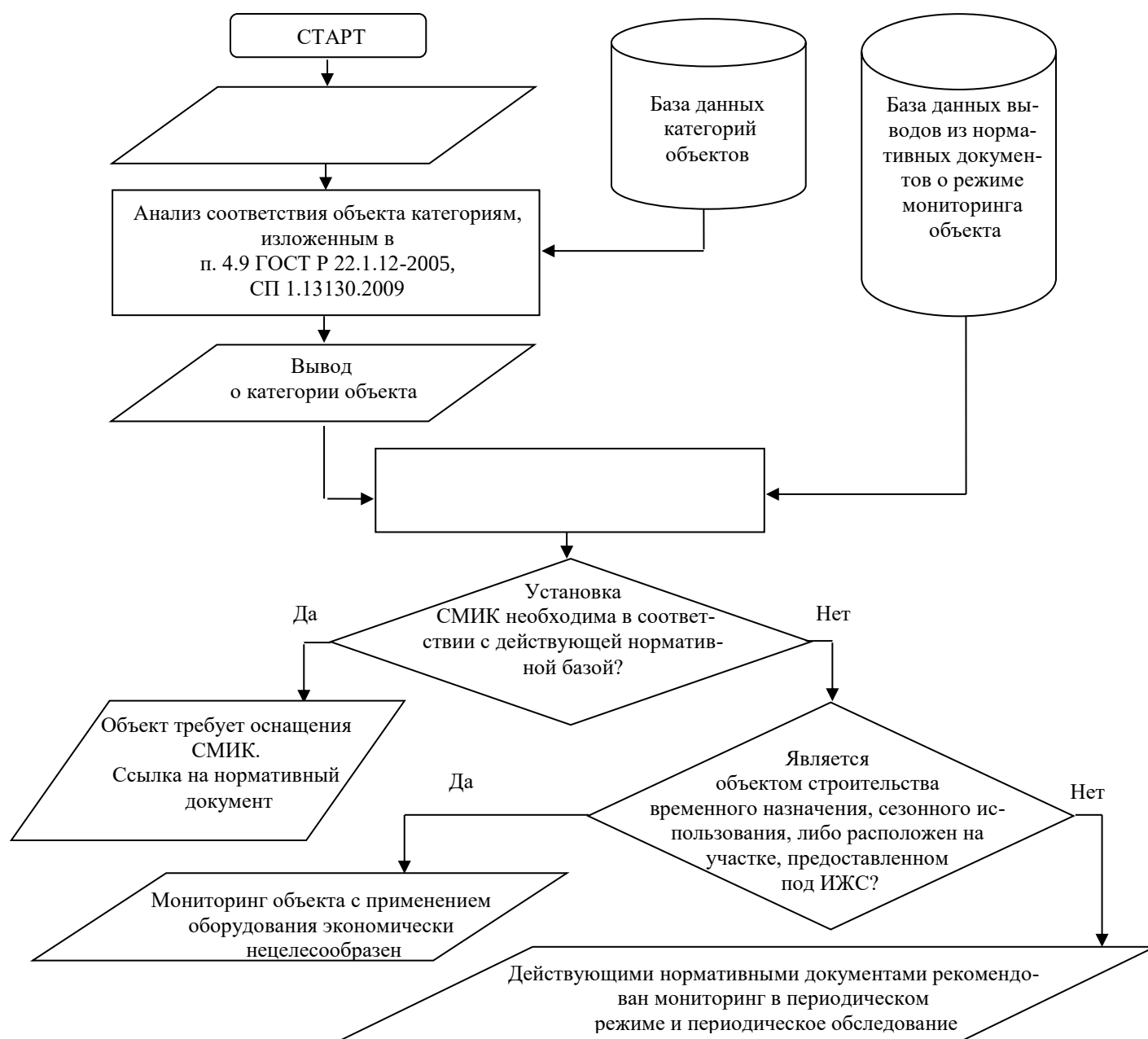


Рис.1. Алгоритм определения режима мониторинга на основании сведений об объекте строительства

Fig.1. Algorithm for determining the monitoring mode based on information about the construction object

Результатом работы макроса является схема расположения узлов и элементов модели с напряжениями и перемещениями, значения которых составляют установленный процент от допускаемых максимальных значений. Применение данного макроса позволяет в автоматическом режиме определить наиболее нагруженные зоны элементов конструкции, что необходимо для определения параметров контроля, требований к точности измерительного оборудования.

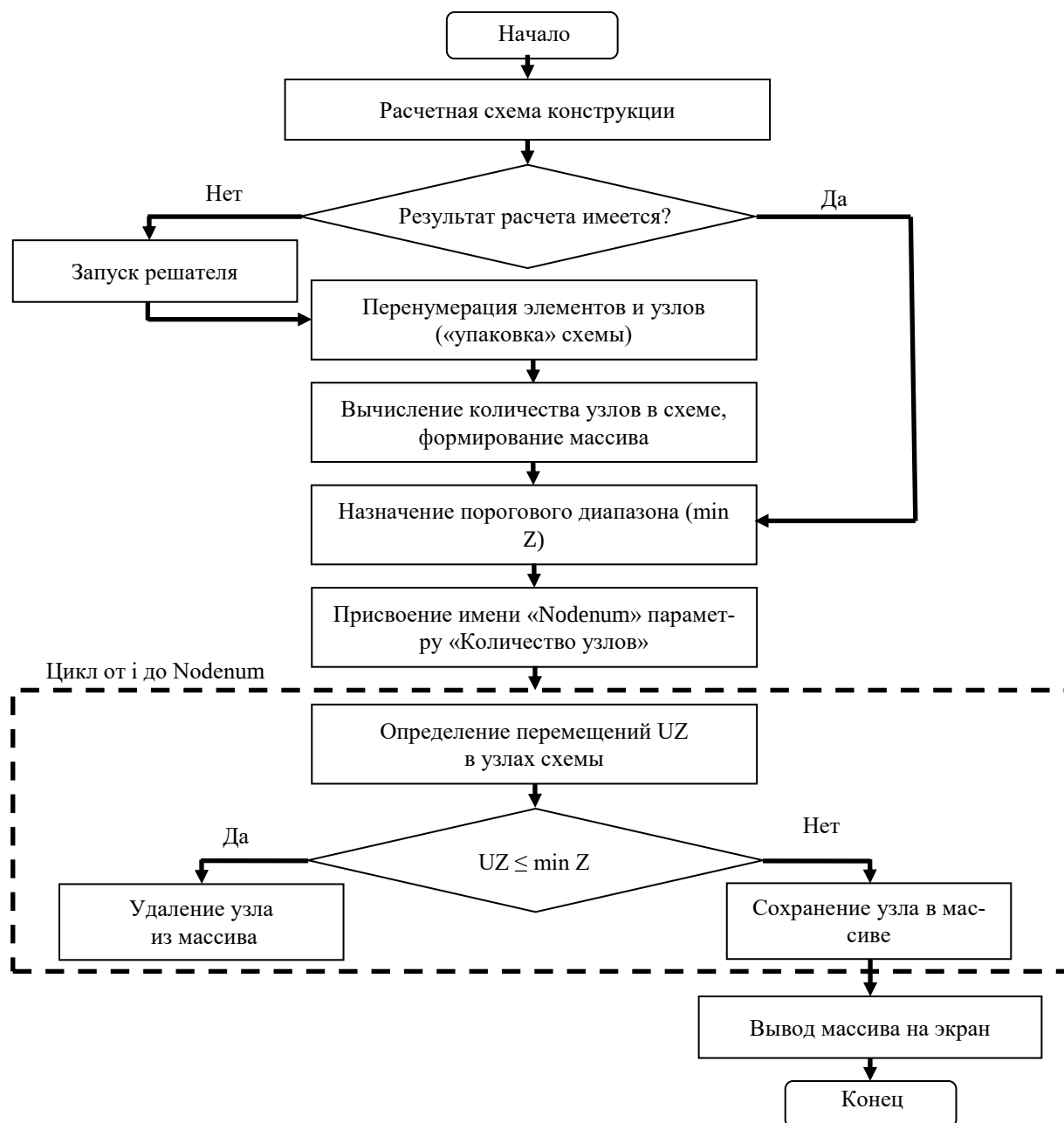


Рис.2. Алгоритм работы макроса определения наиболее нагруженных узлов и элементов

Fig.2. Algorithm of macro definition of the most loaded nodes and elements

Обсуждение результатов. Основные параметры контроля зданий и сооружений следует определять на основании анализа моделей опасности и факторов, оказывающих существенное влияние на несущие конструкции, с применением МКЭ-моделирования.

Основными критериями выбора средств контроля для включения в состав системы мониторинга несущих конструкций является соответствие средств измерения следующим требованиям:

- достоверности измерений;
- получения фактических значений измеряемых величин с заданной точностью при минимальных временных и материальных затратах (фактических, истинных и т.д....);
- наличия возможности осуществления сбора, объединения и обработки информации, полученной от различных средств измерений в составе системы мониторинга.

На основании проведенного анализа различных технологий мониторинга и инженерного опыта по разработке проектов СММК определено, что для получения наиболее полной картины

работы несущих конструкций объекта под нагрузкой, необходимо комплексное применение следующих видов контроля:

- пространственного положения объекта;
- напряженно-деформированного состояния фундамента и надземной части;
- состояния грунтового массива в основании объекта и в зоне влияния на окружающую застройку;
- модальных параметров (собственных частот и форм колебаний) сооружения.

Состав измерительного оборудования СМИК следует представить в виде двух перечней определяемых на основании анализа:

- а) основных моделей опасности;
- б) сведений об объекте и участке строительства.

При этом, перечень измерительного оборудования для контроля параметров, определенных на основании основных моделей опасности, будет одинаковым для всех объектов данного типа (например, высотных зданий). Состав измерительного оборудования для контроля параметров, определенных на основании сведений об объекте и участке строительства, будет определяться конструктивными особенностями конкретного объекта строительства и результатами инженерных изысканий, произведенных на площадке строительства.

Оптимальной средой для реализации разработанной информационной технологии являются программы управления базами данных, в частности, MS Access – удобная многофункциональная платформа разработки решений для управления базами данных, основными достоинствами которой являются широкие возможности по хранению и поиску данных, представлению информации в удобном виде и автоматизации выполнения повторяющихся задач.

Для эффективного конечно-элементного моделирования необходимо использовать расчетный комплекс, который должен удовлетворять следующим требованиям:

- должен быть верифицирован, способен решать задачи с учетом геометрической и физической нелинейности, а также иметь возможность использования языка программирования для автоматизации построения и корректировки расчетных схем;
- должен иметь возможность решения задач проектирования и расчета строительных конструкций;
- иметь возможность экспорта конечно-элементной модели в другие МКЭ системы для контроля полученных решений.

Реализация разработанной информационной технологии осуществлена в ходе работ по разработке проекта системы мониторинга строительных конструкций (на стадии эксплуатации) на строящемся объекте «Павильон атомной энергии на ВДНХ».

Вывод. Приведенные выше основные положения разработанной информационной технологии позволили разработать программное обеспечение для эффективного анализа данных об объекте строительства и результатах инженерных изысканий с целью автоматизации разработки проектов СМИК для типовых категорий объектов строительства.

Актуальной задачей в данной сфере является дальнейшее совершенствование решений по автоматизации разработки проектов СМИК для высотных зданий и большепролетных зданий и сооружений I (повышенного) уровня ответственности, в силу роста темпов строительства объектов данных типов.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 22.1.12-2005 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. М., 2005.
2. Мониторинг технического состояния ответственных сооружений с использованием современных геодезических методов измерений и численного анализа методом конечных элементов / А.В. Коргин, М.А. Захарченко, В.А. Ермаков // Мониторинг. Наука и безопасность – 2011 - №3. С.58-63.
3. Динамический мониторинг конструкций декоративного навеса и пешеходного моста в аэропорту Шереметьево-3/ А.В. Коргин, Г.Э. Шаблинский, Е.Ю. Сергеевцев, Д.А. Зубков // Вестн. Моск. гос. строит. ун-та. – 2011. – №4. – С.222-228.

4. Создание экспериментальной системы GPS мониторинга высотного здания при ветровом воздействии / А.В. Коргин, М.А. Захарченко // Вестн. Моск. гос. строит. ун-та. – 2011. – №11. – С.200-205.
5. Программная составляющая автоматизированной системы дистанционного мониторинга / Коргин А.В., Ермаков В.А., Зейд Килани Л.З., Смирнов В.А., Красочкин А.Г., Романец В.А. Научное обозрение -2015. -№ 20 - 2015. С.191-198
6. Сушеев, С.П. Мониторинг технического состояния несущих конструкций высотного здания / С.П. Сушеев, В.В. Самарин, И.А. Адаменко, В.Н. Сотин Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сборник научных трудов, выпуск 8. - Москва. - 2009, 580 с. С. 15-26.
7. 10. Шахрамьян А.М. Технологические и методические основы построения систем мониторинга несущих конструкций высотных и уникальных объектов // [Электронный документ] / Предотвращение аварий зданий и сооружений. - 2009 (<http://pamag.ru/prensa/tech-construct>)
8. Шахрамьян, А.М. Научно-технологические основы и практика создания систем мониторинга деформационного состояния несущих конструкций высотных и уникальных объектов // Современные системы и средства комплексной безопасности и противопожарной защиты объектов строительства. Информационный сборник. М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2009. 224 с., С. 94-97.
9. Шахрамьян, А.М. Опыт использования автоматизированных систем мониторинга деформационного состояния несущих конструкций на Олимпийских объектах Сочи-2014 / А.М. Шахрамьян, Ю.А. Колотовичев // Вестник МГСУ. - 2015. - № 12. С. 92-105.
10. Гурьев, В.В. Обеспечение безопасности работы несущих конструкций высотных зданий / В.В. Гурьев, В.М. Дорофеев // Промышленное и гражданское строительство. - М., 2004. - № 12.
11. Гурьев, В.В. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений [Электронный ресурс] / В.В. Гурьев, В.М. Дорофеев // URL: <http://stroyprofile.com/archive/1738> (дата обращения 22.01.2019)
12. Дорофеев, В.М. Методика определения периода и логарифмического декремента основного тона собственных колебаний зданий и сооружений / В.М. Дорофеев, И.И. Булыкин, Н.В. Назьмов // Промышленное и гражданское строительство. М., 2006. - № 4. - С. 28-29
13. Гурьев, В.В. О мониторинге технического состояния несущих конструкций высотных зданий и широкопролетных сооружений / В.В. Гурьев, В.М. Дорофеев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2006. - № 7. - С. 68-69.
14. Патент РФ № 2413193 Способ мониторинга безопасности несущих конструкций, конструктивных элементов зданий и сооружений и система для его осуществления Патентообладатели: Волков Олег Сергеевич (RU), Клецин Владимир Иванович (RU)
15. Методика мониторинга состояния несущих конструкций зданий и сооружений. Общие положения и требования. Негосударственное образовательное учреждение «Учебно - консультационный центр «БАЗИС». Москва, 2008. Методика аттестована Правительственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности, протокол от 18 марта 2009 г. № 3.
16. Николаев, С.В. Опыт проектирования и эксплуатации схем мониторинга конструкций и оснований высотных зданий / С.В. Николаев, В.М. Острцов, Л.Б. Гендельман, А.Б. Вознюк, Н.К. Капустян, В.В. Сухин и др. // URL: <http://www.gpiko.ru/ru/Main/ContentPage/doclad> (дата обращения 22.01.2019)
17. Болдырев, Г.Г. Системы мониторинга строительных конструкций зданий и сооружений / Г.Г. Болдырев, Д.Н. Валеев, А.А. Живаев, П.В. Нестеров // Жилищное строительство. - 2010. - № 10. - С.38-44
18. Горпинченко, В.М., Егоров В.И. Мониторинг эксплуатационной пригодности особо ответственных, сложных и уникальных сооружений / В.М. Горпинченко, В.И. Егоров // Промышленное и гражданское строительство. - 2004. - № 10. - С.39-41
19. Farrar, C.R. Historical Overview of Structural Health Monitoring. Lecture Notes on Structural Health Monitoring using Statistical Pattern Recognition / C.R. Farrar. - Los Alamos: NM, 2001. – 150 p.
20. Джоел ван Крейненброк (Joel van Cranenbroeck) Технологии ГНСС позволяют людям знать все точно / Джоел ван Крейненброк // Геопрофи. - 2007. - № 3. - С. 6-8
21. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 336 с. (Сер. Информатика в техническом университете).

References:

1. GOST R 22.1.12-2005 Bezopasnost v chrezvichainykh situatsiyakh. Strukturirovannaya sistema monitoringa i upravleniya ingenernimi sistemami zdaniy i soorygeniy. Obschie trebovaniya. [Safety in emergencies. Structured system for monitoring and control of building / construction engineering equipment. General requirements. (in Russ.)]
2. Korgin A.V., Zakharchenko M.A., Ermakov V.A. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya otvetstvennykh soorygeniy s ispol'zovaniem sovremennykh geodezicheskikh metodov izmereniy i chislennogo analiza metodom konechnykh elementov. Monitoring. Nauka I bezopasnost'. – 2011 - №3. с.58-63. [Korgin A.V., Zakharchenko M.A., Ermakov V.A. Monitoring of the technical condition of critical structures using modern geodetic measurement methods and numerical analysis by finite element method. // Monitoring. Science and security-2011 - №3. P. 58-63. (in Russ.)]
3. Korgin A.V., Shablinskiy G.E., Sergeevtsev E.Yu., Zubkov D.A. Dinamicheskii monitoring konstruktsiy dekorativnogo navesa i peshekhodnogo mosta v aeroportu Sheremet'ev-3. Vestnik MGSU. – 2011. –№ 4. – с.222-228. [Korgin

- A.V., Shablinskiy G.E., Sergeevtsev E.Yu., Zubkov D.A. Dynamic monitoring of structures decorative shed and footbridge at the airport Sheremetyevo-3. // Vestnik MGSU. - 2011. - №4. - P. 222-228. (in Russ.)]
4. Korgin A.V., Zakharchenko M.A. Sozdaniye eksperimental'noy sistemu GPS monitoring visotnogo zdaniya pri vetrovom vozdeystvii. Vestnik MGSU. - 2011. - №8. - c.200-205. [Korgin A.V., Zakharchenko M.A. Creation of experimental GPS-system for monitoring tall-building response to wind load. // Vestnik MGSU. - 2011. - №11. - P.200-205. (in Russ.)]
5. Korgin A.V., Ermakov V.A., Zeid Kilani L.Z., Smirnov V.A., Krasochkin A.G. Romanets V.A. Programmaya sostavlyayushchaya avtomatizirovannoy sistemy distantionnogo monitoringa. Nauchnoe obozreniye. . - 2015. - № 20. - c.191-198. [Korgin A.V., Ermakov V.A., Zeid Kilani L.Z., Smirnov V.A., Krasochkin A.G. Romanets V.A. Software component of the automated remote monitoring system // Scientific review - 2015. - № 20. - P.191-198. (in Russ.)]
6. Suscheev S.P., Samarin V.V., Adamenko I.A., Sotin V.N. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya nesuschikh konstruktivnykh visotnogo zdaniya. Predotvrascheniye avariyn zdaniy i sooruzheniy. Sbornik nauchnykh trudov, vipusk 8. - Moskva. - 2009, 580 p., c. 15-26. [Suscheev S.P., Samarin V.V., Adamenko I.A., Sotin V.N. Monitoring of technical condition of bearing structures of high-rise building // Prevention of accidents of buildings and structures: Collection of scientific papers, issue 8. - Moscow. - 2009, 580 p., P. 15-26. (in Russ.)]
7. Shakhraman'yan A.M. Tekhnologicheskie i metodicheskie osnovy postroeniya system monitoringa nesuschikh konstruktivnykh visotnykh i unikal'nykh ob'ektov. [Elektronnyi resurs] URL <http://pamag.ru/prensa/tech-construct> (data obrachsheniya 20.01.2019) [Shakhraman'yan A.M. Technological and methodical bases of construction of systems of monitoring of the bearing designs of high-rise and unique objects. [Electronic resource] URL: <http://pamag.ru/prensa/tech-construct> (access date 20.01.2019) (in Russ.)]
8. Shakhraman'yan A.M. Nauchno-tekhnologicheskiye osnovy i praktika sozdaniya system monitoring deformatsionnogo sostoyaniya nesuschikh konstruktivnykh visotnykh i unikal'nykh ob'ektov. Sovremennyye sistemy i sredstva kompleksnoi bezopasnosti i protivopozharnoi zashchity ob'ektovstroitel'stva. // Informatsionnyy sbornik GUP «ITTS Moskomarkhitektury», 2009. 224 p., p. 94-97. [Shakhraman'yan A.M. Scientific and technological bases and practice of creation of systems of monitoring of the deformation state of bearing structures of high-rise and unique objects // Modern systems and means of complex safety and fire protection of construction objects. Information collection. M.: GUP "ITC of Moscomarchitecture", 2009. 224 p., Pp. 94-97. (in Russ.)]
9. Shakhraman'yan A.M., Kolotovich Yu.A. Opit ispol'zovaniya avtomatizirovannykh system monitoringa deformatsionnogo sostoyaniya nesuschikh konstruktivnykh na Olimpiiskikh ob'ektakh Sochi-2014. // Vestnik MGSU. - 2015. - № 12. p. 92-105. [Shakhraman'yan A.M., Kolotovich Yu.A. Experience of using automated monitoring systems of the strain state of bearing structures on the Olympic objects Sochi-2014. // Vestnik MGSU. - 2015. - № 12. P. 92-105. (in Russ.)]
10. Gur'ev V.V., Dorofeev V.M. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzheniy. [Elektronnyi resurs] URL: <http://stroyprofile.com/archive/1738> (data obrachsheniya 20.01.2019) [Gur'ev V.V., Dorofeev V.M. Monitoring of technical condition of buildings and structures. [Electronic resource] URL: <http://stroyprofile.com/archive/1738> (access date 20.01.2019) (in Russ.)]
11. Dorofeev V.M., Bulykin I.I., Naz'mov N.V. Metodika opredeleniya perioda i logarifmicheskogo dekrementa osnovnogo tipa sobstvennykh kolebaniy zdaniy i sooruzheniy. // Promushlennoe i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2006. - № 4. - C. 28-29. [Dorofeev V.M., Bulykin I.I., Naz'mov N.V. Methods of determining the period and the logarithmic decrement of the basic tone of the natural oscillations of buildings and structures // Industrial and civil engineering. M., 2006. № 4. P. 28-29. (in Russ.)]
12. Gur'ev V.V., Dorofeev V.M. O monitoringe tekhnicheskogo sostoyaniya nesuschikh konstruktivnykh visotnykh zdaniy i shirikoproletnykh sooruzheniy. // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. - 2006.- № 7.- p. 68-69. [Gur'ev V.V., Dorofeev V.M. About monitoring of technical condition of bearing structures of high-rise buildings and wide-span structures // Building materials, equipment, technologies of the XXI century.- 2006.- № 7.- P. 68-69. . (in Russ.)]
13. Volkov O.S., Kletsin V.I. Sposob monitoringa bezopasnosti nesuschikh konstruktivnykh elementov zdaniy i sooruzheniy i sistema ego osuschestvleniya. Patent RU № 2413193 MPK G01M 7/00 Opubl. 27.02.2011 Buyl. № 6 [Volkov O.S., Kletsin V.I. Method to monitor safety of bearing structures, structural elements of buildings and structures and system for its realization Patent RU № 2413193 MPK G01M 7/00. Publ. 27.02.2011. Bul. № 6 (in Russ.)]
14. Metodika monitoringa sostoyaniya nesuschikh konstruktivnykh. Obschie polozheniya i trebovaniya. // Negosudarstvennoye obrazovatel'noe uchrezhdeniye "Uchebno-konsultatsionnyi tsentr «BAZIS» Moskva. 2008. 36 c. [Methods of monitoring the state of load-bearing structures of buildings and structures. General provisions and requirements. // Non-governmental educational institution "training and consulting center "BASIS". Moscow, 2008. 36 p. (in Russ.)]
15. Nikolaev S.V., Ostretsov V.M., Gendel'man L.B., Kapustyan N.K., Sukhin V.V. Opit proektirovaniya i ekspluatatsii skhem monitoringa konstruktivnykh i osnovaniy visotnykh zdaniy. [Elektronnyi resurs] URL: <http://www.gpiko.ru/ru/Main/ContentPage/doclad> (data obrachsheniya 20.01.2019) [Nikolaev S.V., Ostretsov V.M., Gendel'man L.B., Kapustyan N.K., Sukhin V.V. Experience in design and operation of monitoring schemes of structures and bases of high-rise buildings [Electronic resource] URL: <http://www.gpiko.ru/ru/Main/ContentPage/doclad> (access date 20.01.2019) (in Russ.)]

16. Boldurev G.G., Valeev D.N., Zhivaev A.A., Nesterov N.P. Sistemi monitoringa stroitel'nykh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy. // Zhilishchnoe stroitel'stvo. - 2010. - № 10. - с.38-44. [Boldurev G.G., Valeev D.N., Zhivaev A.A., Nesterov N.P. Monitoring systems of building structures of buildings and structures // Housing construction. - 2010. № 10. P. 38-44. (in Russ.)]
17. Gorpichenko V.M., Egorov V.I. Monitoring ekspluatatsionnoy prigodnosti osobo otvetstvennykh, slzhnykh i unikal'nykh sooruzheniy. // Promushlennoe i grazhdanskoye stroitel'stvo. - 2004.- № 10. – p.39-41. [Gorpichenko V.M., Egorov V.I. Monitoring of operational suitability of especially responsible, complex and unique structures // Industrial and civil engineering. 2004. № 10. pp. 39-41. (in Russ.)]
18. Farrar, C.R. Historical Overview of Structural Health Monitoring. Lecture Notes on Structural Health Monitoring using Statistical Pattern Recognition / C.R. Farrar. - Los Alamos: NM, 2001. 150 p.
19. Joel van Cranenbroeck Tekhnologii GNSS pozvoliauyut lyudam znat' vse tochno. Geoprofi. - 2007. - №3. - с. 6-8. [Joel van Cranenbroeck GNSS technology allow people know exactly what // Geoprofi. 2007. № 3. pp. 6-8. (in Russ.)]
20. Norenkov I.P. Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya. 2 izdaniye pererab. i dop. M. Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2002. - 336 с. (Ser. Informatika v tekhnicheskoy universitete). [Norenkov I.P. Fundamentals of computer-aided design: Studies. for universities. 2-e Izd., Rev. and extra - M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 2002. 336 p. (Ser. Computer science at the technical University). (in Russ.)]

Сведения об авторе:

Емельянов Михаил Валерьевич - научный сотрудник

Information about the author:

Mikhail V. Emelianov- Scientific Researcher

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 14.02.2019.

Принята в печать 22.03.2019.

Conflict of interest.

The author declare no conflict of interest.

Received 14.02.2019.

Accepted for publication 22.03.2019.