

УДК 004.002

Оценка изменения параметров геотехнической системы на основе обработки тензорезистивных сенсоров

Дорофеев Н.В.

В работе приводятся результаты проверки алгоритма коррекции индивидуальной модели геотехнической системы местного уровня на основе данных тензорезистивных датчиков. По результатам мониторинга трехэтажного здания было локализовано место и причина развития деструктивных процессов в конструкции сооружения. Так же в статье приводится алгоритм коррекции модели и рассматриваются основные проблемы организации геотехнического мониторинга.

Ключевые слова: геотехнический, мониторинг, система, моделирование.

Введение

Строительные сооружения за время своей эксплуатации подвергаются воздействию негативных факторов, которые при определенных условиях приводят к частичному или полному разрушению сооружения [1-3]. Одни негативные факторы «уходят» от внимания инженеров на стадии проектирования, другие начинают проявляться при нарушении технологий строительства или правил эксплуатации [4]. Во всех подобных случаях срок эксплуатации сооружений сокращается, для поддержания сооружения требуются дополнительные финансовые средства, увеличивается риск возникновения аварий и катастроф технического характера [5, 6].

Качество прогноза изменения технического состояния отдельного инженерно-технического сооружения и всей геотехнической системы напрямую зависит от адекватности применяемых моделей [7-9], а также полноты (по количественному составу и пространственному распределению точек измерения) и достоверности измеряемых и вычисляемых параметров контролируемого участка геотехнической системы [10-12]. Обеспечить контроль всех распределенных в пространстве параметров невозможно из-за технико-экономических ограничений [13], что создает дополнительные проблемы даже при наличии моделей с допустимой степенью адекватности. Для повышения надежности прогнозных оценок в условиях, указанных выше проблем применяют различные методы комплексирования разнородных данных, вероятностные подходы и косвенные методы оценки параметров [14, 15].

Целью данной работы является практическая проверка алгоритма коррекции индивидуальной модели геотехнической системы местного уровня на основе данных тензорезистивных датчиков.

Алгоритм коррекции

Перечень измеряемых параметров в условиях технико-экономических ограничений определяется на основе нейронной сети, которая оптимизирует набор измеряемых параметров с учетом имеющихся ограничений, их значимости и категории опасности геотехнической системы. В качестве алгоритма отбора используются встроенные алгоритмы с оценкой значений величины *p-value* [15]. На основании имеющейся модели с учетом технической документации проекта инженерно-технического сооружения определяются диапазоны допустимых изменений модельных параметров. При увеличении скорости приближения измеряемых параметров к допустимым границам (1), изменении тренда или спектрального состава осуществляется пересмотр набора параметров или коррекция модели.

$$\begin{cases} Me * 100 / Hi < \Delta_H \\ Me * 100 / Lo > \Delta_L \end{cases}, \quad (1)$$

где *Me* – текущее значение измеряемого параметра; *Hi*, *Lo* – верхняя и нижняя граница допустимого диапазона соответственно; Δ_H , Δ_L – процент от допустимого значения верхней и нижней границы соответственно, который определяет опасность достижения значения измеряемого параметра критического значения.

Практическая проверка

Оценка необходимости коррекции модели геотехнического объекта выполнялась на примере одного из корпусов Муромского института Владимирского государственного университета с обработкой данных (рис. 1), накопленных с 2016 года.



Рис. 1. – Объект исследования



Рис. 2. – Деформации здания

Решение о пересмотре контролируемых параметров и дополнительном анализе геотехнической модели было принято после отклонения значения напряжения (рис. 3) на выходах у одной из групп тензорезистивных датчиков (рис. 4) в одной из основных точек контроля от первоначального значения на 0,2%. Моделирование (рис. 5) подтвердило негативное влияние чрезмерного увлажнения в ходе

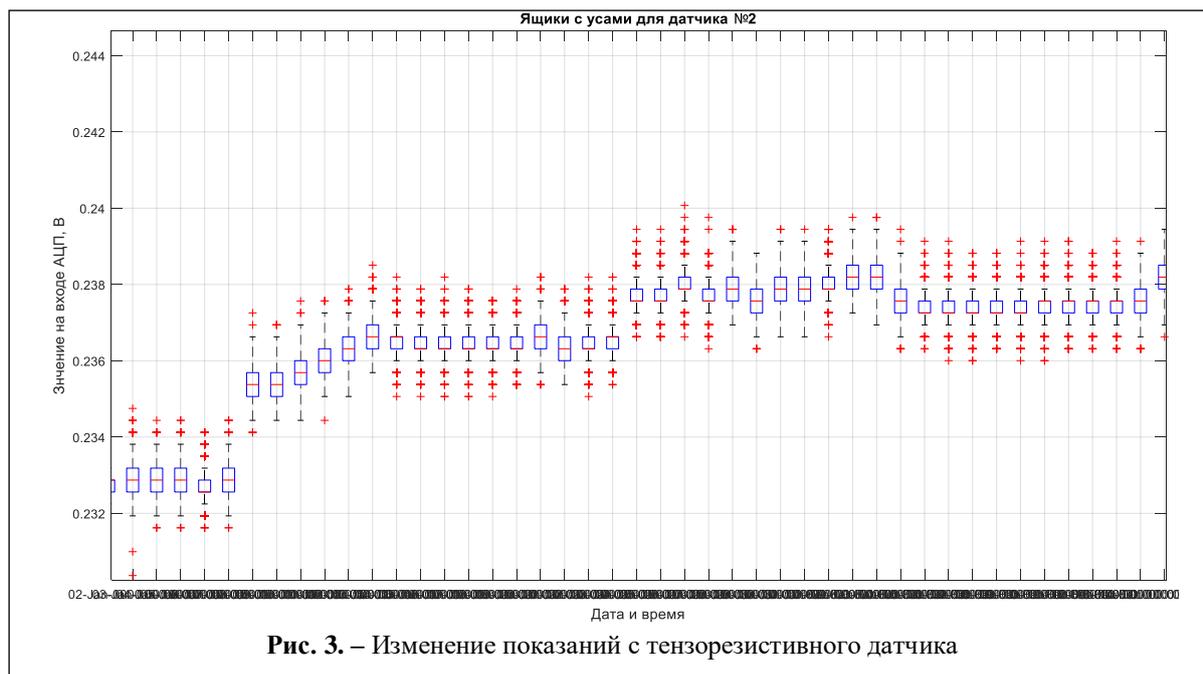
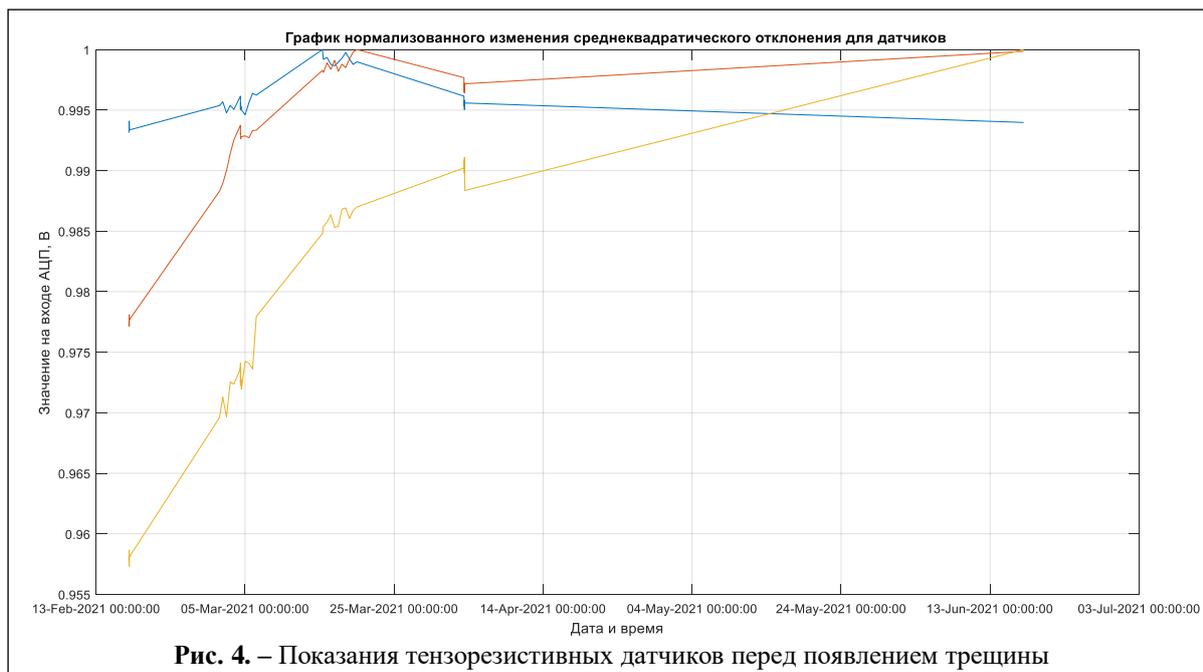


Рис. 3. – Изменение показаний с тензорезистивного датчика

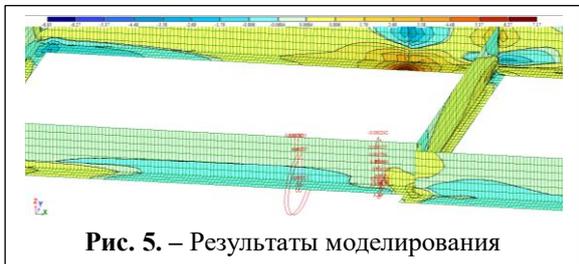
В ходе исследований было обнаружено перераспределение внутренних напряжений в отдельных элементах конструкции, а в результате избыточных напряжений в них образовались трещины в капитальной стене и внутренних перегородках здания (рис. 2).

оттепели на повышение напряжений в элементах конструкции [16].



Заключение

Не смотря на положительные результаты исследования, следует отметить, что при отборе информативных параметров с применением нейросетевых технологий важную роль играют априорные сведения и особенности геотехнической системы. Так же одной из последующих задач стоит определение наилучшей структуры нейронной сети, которая позволила бы описать целый класс геотехнических систем. Для решения этой задачи необходимо накопление информации по различным геотехническим системам.



Литература

1. Gryaznova E. Ensuring safe operation of building and structures // XXII International scientific conference: construction the formation of living environment. – 2019. – Vol. 97, P. 1-8;
2. X. Yang and etc. Research of geologic hazards real-time monitoring and early warning // 2014 Sixth International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. – 2014. –P. 480-483;

3. AlHamaydeh M., Elayyan L. Impact of diverse seismic hazard estimates on design and performance of Steel Plate Shear Walls buildings in Dubai, UAE // 7th International Conference on Modeling, Simulation, and Applied Optimization. – 2017, P. 1-4;

4. Иванова А.В., Соловьева Т.А., Бугакова Т.Ю. Геотехнический мониторинг – основа жизненного цикла зданий и сооружений // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2019. – № 1/6. – С. 214-220;

5. J. Zhang and etc. The work flow and operational model for geotechnical investigation based on BIM // IEEE Access. – 2016. – Vol. 4. – P. 7500-7508;

6. Feng S., Liu J. Deformation monitoring and control of geotechnical engineering based on intelligent optimal algorithms // 11th Int. Conf. on Meas. Tech. and Mechatronics Automation, pp. 341-344, 2019.

7. Namdar. Forecasting the bearing capacity of the mixed soil using artificial neural network // Fratture ed Integrita Strutturale. – 2020. – Vol. 53. – P. 285-294;

8. B. Thiebes and etc. Integration of a limit-equilibrium model into a landslide early warning system // Landslides. – 2014. – Vol. 11. – P. 859-875;

9. Hu ZG., Shan W. Analysis of the groundwater resource pollution of coal-fired power plants and its impact on geotechnical engineering properties by numerical simulation technology // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sci. – 2020. – Vol. 450. – P. 1-11;

10. Reidmuller G., Schubert W. Tunnelling in fault zones – innovative approaches // Pacific Rocks 2000: Rock Around the Rim. – 2000. – P. 113-124;

11. HQ. Yang and etc. Research and application of low density roof support technology of rapid excavation for coal roadway // Geotechnical and Geological Engineerign. – 2020. – Vol. 38. – P. 389-401;

12. Zhang ZM. Achievements and problems of geotechnical engineering investigation in China // J. of

Zhejiang University-Sci A. – 2011. – Vol. 12. – P. 87-102;

13. Дорофеев Н.В., Панькина Е.С., Греченева А.В., Романов Р.В. Обработка технико-экономической информации в системе геотехнического мониторинга // Экономика. Информатика. 2020. Т. 47. № 3. С. 638-647;

14. Dorofeev N.V. and etc. Algorithm for predicting of the transition of a key point of geodynamic control to the risk zone // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sci. – 2020. – Vol. 548(5). – P. 1-5;

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МД-1800.2020.8

Поступила 21 октября 2021 г.

The work provides the results of checking the algorithm for correction of an individual model of a local geotechnical system based on the data of tenzorestine sensors. As a result of the monitoring of a three-story building, the place and reason for the development of destructive processes in the design of the structure were localized. The article also provides an algorithm for the correction of the model and the main problems of the organization of geotechnical monitoring are considered.

Key words: geotechnical, monitoring, system, modeling.

Дорофеев Николай Викторович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: dorofeevvn@yandex.ru

Адрес: 602264, г. Муром, ул. Орловская, 23.

15. Dorofeev N.V. and etc. The selection of parameters and control points in the geotechnical monitoring system // IOP Conf. Series: Materials Sci. and Engin. – 2020. – Vol. 873(1). – P. 1-8;

16. Панькина Е.С., Дорофеев Н.В., Греченева А.В. Контроль образования деструктивных процессов в системе геотехнического мониторинга // Южно-Сибирский научный вестник. 2021. № 5 (39). С. 43-50.