

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Н.Н. Гусев, доктор технических наук, профессор.

ООО «НПФ «Лидинг», Санкт-Петербург.

С.Д. Прозоровская, кандидат педагогических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.В. Бажухин.

ООО «Промстандарт», Санкт-Петербург

Рассматривается современное состояние вопроса в области создания структурированных систем мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Проанализирована работоспособность систем и возможность повышения эффективности их работы при чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: структурированные системы мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений, средства контроля напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и грунтового основания

MONITORING OF TECHNICAL STATE OF BUILDING CONSTRUCTIONS AND SUBGRADE OF BUILDINGS AND STRUCTURES IN EMERGENCY SITUATIONS

N.N. Gusev. LLC «SPC «Liding», Saint-Petersburg.

S.D. Prozorovskaya. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.V. Bazhuchin. LLC «Promstandart», Saint-Petersburg

The article discusses the present state in the field of structured systems for monitoring and control of engineering systems of buildings and structures. Analyzed the performance of systems and the ability of improving their performance in emergency situations.

Keywords: structured system for monitoring and control of engineering systems of buildings and structures, controls the stress-strain state of the structures and subgrade

Система мониторинга инженерных (несущих) конструкций (СМИК) – подсистема структурированной системы мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС), созданная для контроля изменения состояния оснований, строительных конструкций зданий и сооружений, сооружений инженерной защиты, зон схода селей, оползней, лавин в зоне строительства и эксплуатации объекта мониторинга с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Одной из целей создания СМИК, наряду с предупреждением ЧС в целях недопущения потерь, ущерба здоровью людей, материального ущерба в условиях действия дестабилизирующих факторов, является информационная поддержка принятия решений органами повседневного управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) по предупреждению и ликвидации аварий, ЧС.

Согласно п. 4.9 ГОСТ 22.1.12–2005 [1], системами СМИС (и, в том числе СМИК) в обязательном порядке оснащаются строительные сооружения. Идея создания систем контроля изменения состояния оснований, строительных конструкций, сооружений впервые была реализована на гидротехнических сооружениях в 30-е гг. прошлого века. Основы теории и практики создания таких систем мониторинга (по терминологии гидротехников системы КИА – контрольно-измерительной аппаратуры) были заложены во Всероссийском научно-исследовательском институте гидротехники им. Б.Е. Веденеева, Научно-исследовательском секторе ГИДРОПРОЕКТ им. С.Я. Жука, Московском инженерно-строительном институте им. В.В. Куйбышева, Научно-исследовательском институте ВОДГЕО. Опыт гидротехников был успешно применен при контроле напряженно-деформированного состояния стартовых комплексов космодрома Байконур. Созданные на стартовых сооружениях системы мониторинга получили название систем ИДК (системы испытаний и долговременного контроля). Огромный вклад в теорию и практику систем ИДК внесла Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского [2]. Системы КИА, ИДК и подсистемы СМИК решают схожие задачи с помощью комплектов технических средств.

У гидротехников перечень технических и программных средств мониторинга за состоянием гидротехнических сооружений определен в нормативно-технической документации в зависимости от класса сооружения [3]. Состав комплектов аппаратурных средств ИДК закреплен в Ведомственных нормативных документах. ГОСТ 22.1.12–2005 [1] состав комплектов аппаратурных средств подсистем СМИК не регламентирует, давая его на откуп проектировщикам систем, и носит рекомендательный характер.

Территориальные и ведомственные строительные нормы [4–6] регламентируют включение в состав аппаратурных средств СМИК следующих средств контроля:

- геодезического контроля (осадки, крены, развороты);
- вибрационного контроля (параметры вибраций конструкций и сооружения в целом);
- тензометрического контроля (давление в основании фундаментов, напряжения в бетоне и арматуре).

Средства КИА и ИДК создавались с целью проведения натуральных исследований и контрольных наблюдений за напряженно-деформированным состоянием (НДС) и пространственной стабильностью конструкций в строительный и эксплуатационный периоды, для проверки правильности принятых проектных решений и последующего наблюдения за эксплуатационным состоянием сооружения, то есть не ориентировались на решение конкретной задачи мониторинга безопасности сооружения, тем более в аварийных ситуациях. С вводом в действие ГОСТа 22.1.12–2005 [1] проектировщики подсистем СМИК пошли по пути приспособления существующих первичных преобразователей и вторичной аппаратуры для решения задач в интересах МЧС России, то есть средства приспособлялись для решения задач, а не создавались специально для МЧС России.

Этим обстоятельством обусловлен существенный недостаток, присущий как системам КИА и ИДК, так и СМИК, а именно утрата или отсутствие информации о реакции строительных конструкций и сооружения в целом непосредственно во время аварии. Особенно этот недостаток проявляется при взрывных воздействиях.

Как отмечалось выше, одной из целей создания СМИК является информационная поддержка принятия решений органами повседневного управления РСЧС по предупреждению и ликвидации аварий, ЧС. Для принятия обоснованного решения по ликвидации аварии необходимо знать параметры состояния строительных конструкций и грунтовых оснований зданий и сооружений непосредственно в процессе аварии.

В случае возникновения аварии, сопровождающейся динамическими воздействиями или высокими температурами, как правило, вторичная аппаратура, источники питания и кабельная сеть выходят из строя. Достаточно утратить свою работоспособность хотя бы одному из перечисленных компонентов СМИК, как получение информации от нее прекращается и возобновляется только после проведения ремонтно-восстановительных работ на объекте, на что уходит порой несколько месяцев или лет, причем, как показывает практика, системы мониторинга восстанавливаются в последнюю очередь. Наиболее живучими элементами системы мониторинга являются первичные преобразователи, так как они защищены слоем бетона или грунта.

Непосредственно после аварии, уже на стадии проведения аварийно-спасательных работ и оценки степени повреждения сооружений, остро встает вопрос выявления причин аварии и оценки значений фактических нагрузок, действовавших на сооружения, параметров напряженно деформированного состояния конструкций и грунтового основания в момент аварии. Обоснованная оценка срока безопасной эксплуатации здания или сооружения после аварии возможна только на основе анализа значений нагрузок, действовавших на сооружение, и вызванных ими изменений в напряженно-деформированном состоянии несущих и ограждающих конструкций, а также в их пространственном положении. Наиболее ценной является информация о реакции сооружения именно в момент аварии. Однако, как уже отмечалось, как правило, в момент возникновения аварии система мониторинга утрачивает свою работоспособность.

Определяющим параметром при оценке остаточного эксплуатационного ресурса сооружения является максимальные и минимальные значения напряженно-деформированного состояния конструкций за время действия динамической нагрузки во время аварии, которые как раз остаются незарегистрированными.

Со всей очевидностью встает вопрос создания аппаратурных средств в составе СМИК, которые бы обеспечивали регистрацию и сохранение параметров сооружения непосредственно в момент аварии или как минимум максимальных и минимальных значений этих параметров.

В целях устранения указанного недостатка подсистем СМИК предложено [2] в качестве первичных преобразователей использовать датчики с механическим запоминанием максимальных (P_{max}) и минимальных (P_{min}) значений измеряемого параметра напряженно-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений, то есть гарантированно получать значения P_{max} и P_{min} независимо от состояния источников питания в момент аварии.

Измеряемый (контролируемый) параметр напряженно-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений (P) имеет некоторые максимально и минимально допустимые (предельные) значения соответственно $P^+_{пред.}$ и $P^-_{пред.}$ (рис. 1), а за все время эксплуатации здания в штатном режиме максимальные и минимальные значения измеряемого параметра достигали соответственно значений P^l_{max} до P^l_{min} .

Тогда в штатном режиме эксплуатации здания или сооружения (на интервале времени $t < t_1$) должны выполняться условия:

$$P^+_{пред.} > P > P^-_{пред.} ;$$

$$P^+_{пред.} > P^l_{max} ;$$

$$P^-_{пред.} > P^l_{min} .$$

При возникновении аварии (момент t_1) на сооружение начинает действовать динамическая нагрузка, вызывающая изменение измеряемого параметра на интервале времени $t_1 - t_2$ в диапазоне значений от P^2_{max} до P^2_{min} .

В момент времени $t > t_1$ все элементы системы мониторинга, кроме датчиков, утрачивают свою работоспособность.

Далее на интервале времени $t > t_2$ действие динамической нагрузки прекращается, хотя некоторое изменение в напряженно-деформированном состоянии и пространственном положении конструкций сооружения могут продолжаться.

К моменту времени t_3 в результате проведения ремонтных работ работоспособность системы мониторинга восстановлена. При использовании традиционных датчиков система мониторинга после восстановления ее работоспособности может показать, что значение контролируемого параметра P лежит в пределах $P^{+}_{пред.} > P > P^{-}_{пред.}$ (рис. 2) и конструкция находится в работоспособном состоянии. Однако на интервале времени $t_1 - t_3$ информация отсутствует, в то время как реально под действием динамической нагрузки во время аварии значения контролируемого параметра P превысили значения $P^{+}_{пред.}$ и $P^{-}_{пред.}$ и достигали значений P^2_{max} и P^2_{min} .

Следовательно, для получения достоверных значений измеряемого параметра напряженно-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений при аварийных ситуациях в качестве первичных преобразователей необходимо использовать датчики с механическим запоминанием максимальных (P_{max}) и минимальных (P_{min}) значений измеряемого параметра в момент аварии с обеспечением возможности регистрации текущего значения измеряемого параметра после восстановления работоспособности системы мониторинга (рис. 1, 2).

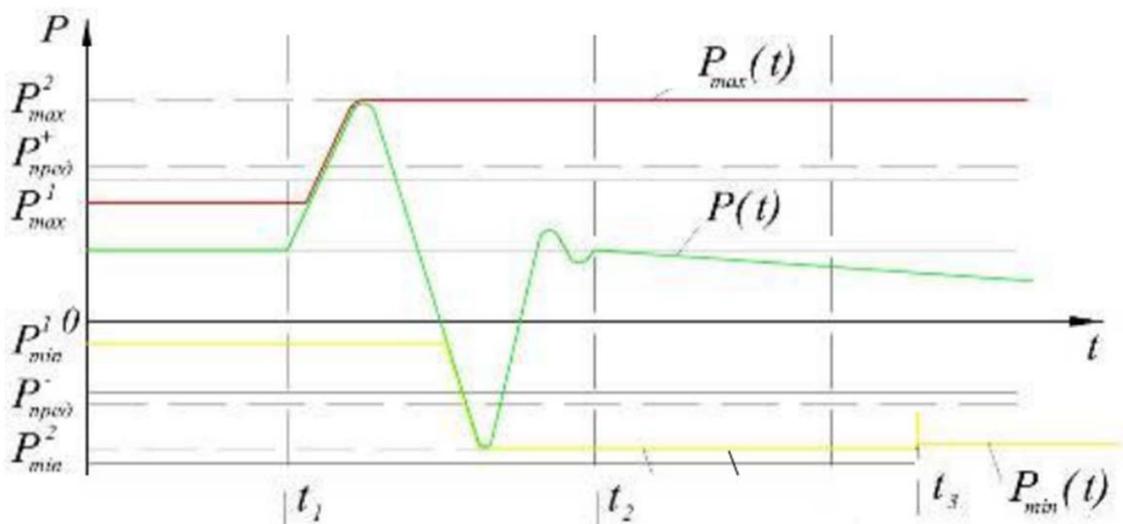


Рис. 1. График изменения измеряемого параметра

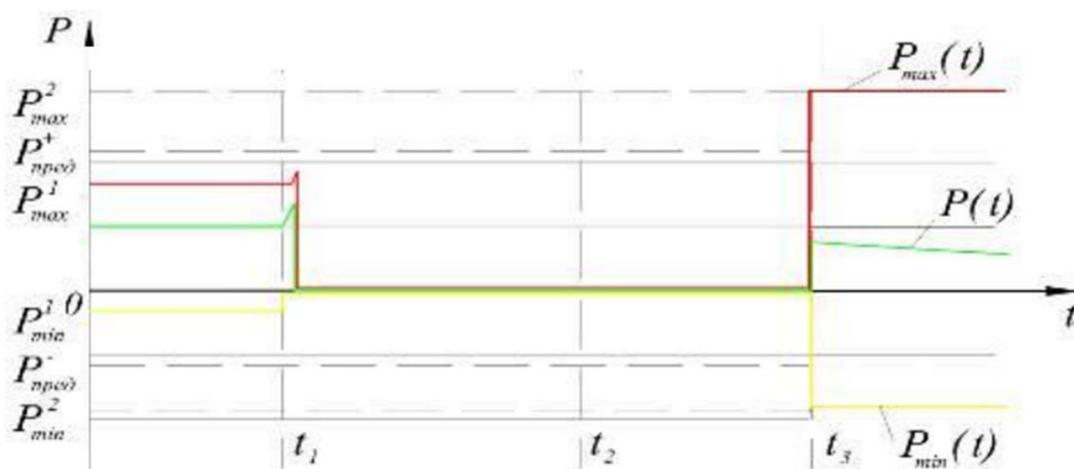


Рис. 2. График изменения значений измеряемого параметра на «выходе» датчика

Технический уровень разработки подтверждается авторским свидетельством на изобретение № 1418582 [7].

Литература

1. ГОСТ 22.1.12–2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. М.: Изд-во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2005. 14 с.

2. Гусев Н.Н. Безопасность России // Безопасность строительного комплекса. М.: МГОФ «Знание», 2012. С. 798.

3. Строительные нормы и правила: СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения: нормативно-технический материал. М.: Изд-во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2005. 44 с.

4. ТСН 31-332-2006. Жилые и общественные высотные здания. М.: Изд-во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2005. 14 с.

5. МРДС 02-08 Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных. М.: Изд-во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2008. 63 с.

6. МГСН 4.19-2005 Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий комплексов в городе Москве. М.: Изд-во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2008. 33 с.

7. Струнный датчик: пат. 1418582 СССР: МКИ⁴ G01L 1/10 / Гусев Н.Н., Бобровников А.М. № 4178597/24-10; заявл. 06.11.86; опубл. 23.08.88, Бюл. № 31 (72). С. 2.

8. Гусев Н.Н. Адаптация существующих систем мониторинга безопасности зданий и сооружений опасных производственных объектов и гидротехнических сооружений к работе в аварийных ситуациях / Н.Н. Гусев // XXI век: Человек. Общество. Наука: сб. научных статей. СПб.: Военная академия связи. СЗФ ВНИИ МВД России, 2007. С. 24–27.