

зовании в работе предлагаемого метода, что в свою очередь приводит к снижению временных затрат и рационализации труда.

Литература

1. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/.
2. Рязанов В.А. Основы теории управления. Курс лекций. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 43 с.
3. Бюджетный Кодекс Российской Федерации http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19702/.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Цюрисов Д.Н., Колосков В.Ю.
E-mail: koloskov@nuczu.edu.ua

Национальный университет гражданской защиты Украины

Представлены результаты имитационного моделирования функционирования системы управления безопасностью на полигонах по захоронению твердых бытовых отходов. Предложена усовершенствованная модель системы управления безопасностью во время пожара на полигонах хранения твердых бытовых отходов с учетом возможности возникновения комбинаций разнообразных чрезвычайных ситуаций. Определены условия прочности элементов противопожарной конструкции под воздействием пожара, которые учитывают поведение конструкции материалов в динамике смены режима пожаротушения.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, полигон, оползень, пожар, система управления безопасностью, имитационная модель.

SIMULATION MODELLING OF THE SAFETY MANAGEMENT SYSTEM AT SOLID HOUSEHOLD WASTES LANDFILLS

Tsyurysov D.N., Koloskov V.Yu.

Results of imitation modelling of functioning of the safety management system at solid household wastes landfills are represented. Improved model of safety management system during fire at solid household wastes landfills taking into account the possibility of different extreme situations combination occur-

rence. Strength conditions for anti-landslide construction elements during fire are defined.

Key words: solid household wastes, landfill, landslide, fire, safety management system, simulation model.

Сегодня во всем мире как никогда остро стоит проблема обеспечения безопасности на территории мест захоронения твердых бытовых отходов (ТБО), в том числе при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) на них. Большую опасность для жизни и здоровья людей при подобных событиях создают совокупные факторы разноплановых ЧС, которые действуют на участках открытых территорий. Анализ ЧС техногенного и природного характера на полигонах хранения отходов показал наличие взаимосвязи между источниками экологической опасности и факторами риска ЧС [1]. К примеру, на полигонах и свалках различного назначения в большом количестве происходят оползни и обвалы больших масс отходов и загрязненных грунтов, последствия которых в отдельных случаях являются катастрофическими, подтверждением чему служит целый ряд ЧС: в 2016 году в г. Гватемала, Республика Гватемала (4 погибших); в 2016 году в г. Шенжен, Китай (69 погибших); в 2011 году в г. Багио, Филиппины (5 погибших); в 2000 году в г. Кесон-Сити, Филиппины (218 погибших). Предупредить возникновение таких ЧС позволяет возведение противооползневых сооружений, однако при их проектировании практически не уделяется внимание вопросам, связанным с изменением прочностных характеристик применяемых материалов в зависимости от факторов среды, в том числе от температуры. Недостатки такого подхода продемонстрировала ЧС на полигоне ТБО в пос. Грибовичи Львовской области, Украина, на котором в результате возникшего пожара и последующего применения средств пожаротушения произошел катастрофический оползень отходов, приведший к гибели 4 человек, в том числе 3 сотрудников Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям.

Повышение уровня безопасности спасателей может быть достигнуто путем разработки новых и усовершенствования уже существующих моделей системы управления безопасностью аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий ЧС на территории полигонов по захоронению ТБО, в том числе, пожаров. В предыдущих работах авторов была представлена имитационная модель системы управления безопасностью аварийно-спасательных работ во время пожара [2], которая стала основой для усовершенствования системы управления безопасностью на полигонах ТБО. В работе было проведено исследование влияния факторов пожара на полигоне ТБО на прочностные свойства материалов элементов противооползневых конструкций, результаты которого позволили создать инте-

грированную модель их напряженно-деформированного состояния во время пожара, являющуюся в достаточной степени универсальной для большинства случаев возникновения пожаров на таких объектах.

За основу при создании модели была взята общая расчетная модель напряженно-деформированного состояния элементов конструкций из углеродистых сплавов, изложенная в стандартах системы Еврокод [3-4]. Ее основным недостатком является невозможность использования методов функционального анализа при моделировании поведения материала в условиях сложных термосиловых нагрузок, поскольку коэффициенты, позволяющие рассчитать значения физико-механических характеристик материалов, заданы лишь для некоторых значений температур T с шагом 100°C . Для промежуточных значений T стандартами предлагается использовать линейную аппроксимацию по смежным точкам, что не дает достаточной точности описания. Наиболее удобным для построения формализованных функциональных зависимостей напряжения от деформации и температуры представляется метод полиномиальной аппроксимации. В представленной работе указанным методом были получены зависимости для модуля упругости E , а также пределов пропорциональности $\sigma_{\text{пц}}$ и текучести σ_T материала от температуры T в виде

$$\begin{aligned} E(T) &= E_{20} \cdot k_E(T); \\ \sigma_{\text{пц}}(T) &= \sigma_{T20} \cdot k_{\text{пц}}(T); \\ \sigma_T(T) &= \sigma_{T20} \cdot k_T(T), \end{aligned}$$

где $k_E(T)$, $k_{\text{пц}}(T)$, $k_T(T)$ – аппроксимирующие зависимости соответствующих коэффициентов модели Еврокод [3-4], E_{20} и σ_{T20} – значения модуля упругости и предела текучести, определенных для материала при нормальных условиях ($T=20^\circ\text{C}$).

Применение указанного подхода для углеродистых сталей позволило построить в формализованном виде интегральную модель термосилового напряженно-деформированного состояния материала в следующем виде

$$\sigma(\varepsilon, T) = \begin{cases} \varepsilon \cdot E_{20} \cdot k_E(T), & \text{при } 0 \leq \varepsilon \leq \frac{\sigma_{T20}}{E_{20}} \cdot \frac{k_{\text{пц}}(T)}{k_E(T)}; \\ \left(\sigma_{T20} \cdot k_{\text{пц}}(T) - c(T) + \right. \\ \quad \left. + \frac{b(T)}{a(T)} \left[a^2(T) - (0,02 - \varepsilon)^2 \right]^{0,5} \right), & \text{при } \frac{\sigma_{T20}}{E_{20}} \cdot \frac{k_{\text{пц}}(T)}{k_E(T)} \leq \varepsilon \leq 0,02; \\ \sigma_{T20} \cdot k_T(T), & \text{при } 0,02 \leq \varepsilon \leq 0,15; \\ \sigma_{T20} \cdot k_T(T) \cdot \left[1 - \frac{\varepsilon - 0,15}{0,05} \right], & \text{при } 0,15 < \varepsilon < 0,2; \\ 0, & \text{при } \varepsilon = 0,2, \end{cases}$$

где зависимости коэффициентов исходной модели $a(T)$, $b(T)$, $c(T)$ от температуры после преобразований могут быть представлены в следующем виде

$$\begin{cases} a(T) = \sqrt{\left(0,02 - \frac{\sigma_{T20}}{E_{20}} \cdot \frac{k_{\text{пл}}(T)}{k_E(T)}\right) \cdot \left(0,02 - \frac{\sigma_{T20}}{E_{20}} \cdot \frac{k_{\text{пл}}(T)}{k_E(T)} + \frac{c(T)}{E_{20} \cdot k_E(T)}\right)}; \\ b(T) = \sqrt{c(T) \cdot (0,02 \cdot E_{20} \cdot k_E(T) - \sigma_{T20} \cdot k_{\text{пл}}(T)) + c^2(T)}; \\ c(T) = \frac{\sigma_{T20}^2 \cdot (k_T(T) - k_{\text{пл}}(T))^2}{(0,02 \cdot E_{20} \cdot k_E(T) - \sigma_{T20} \cdot k_{\text{пл}}(T)) - 2 \cdot \sigma_{T20} \cdot (k_T(T) - k_{\text{пл}}(T))}. \end{cases}$$

Для практического применения представленной модели необходимо задать такие параметры, как модуль упругости E_{20} и предел текучести σ_{T20} при нормальных условиях. Для проверки предложенной модели были использованы исходные данные для конструкционной стали СтЗсп, которая используется для изготовления арматуры в железобетонных конструкциях. Результаты моделирования представлены на рис. 1.

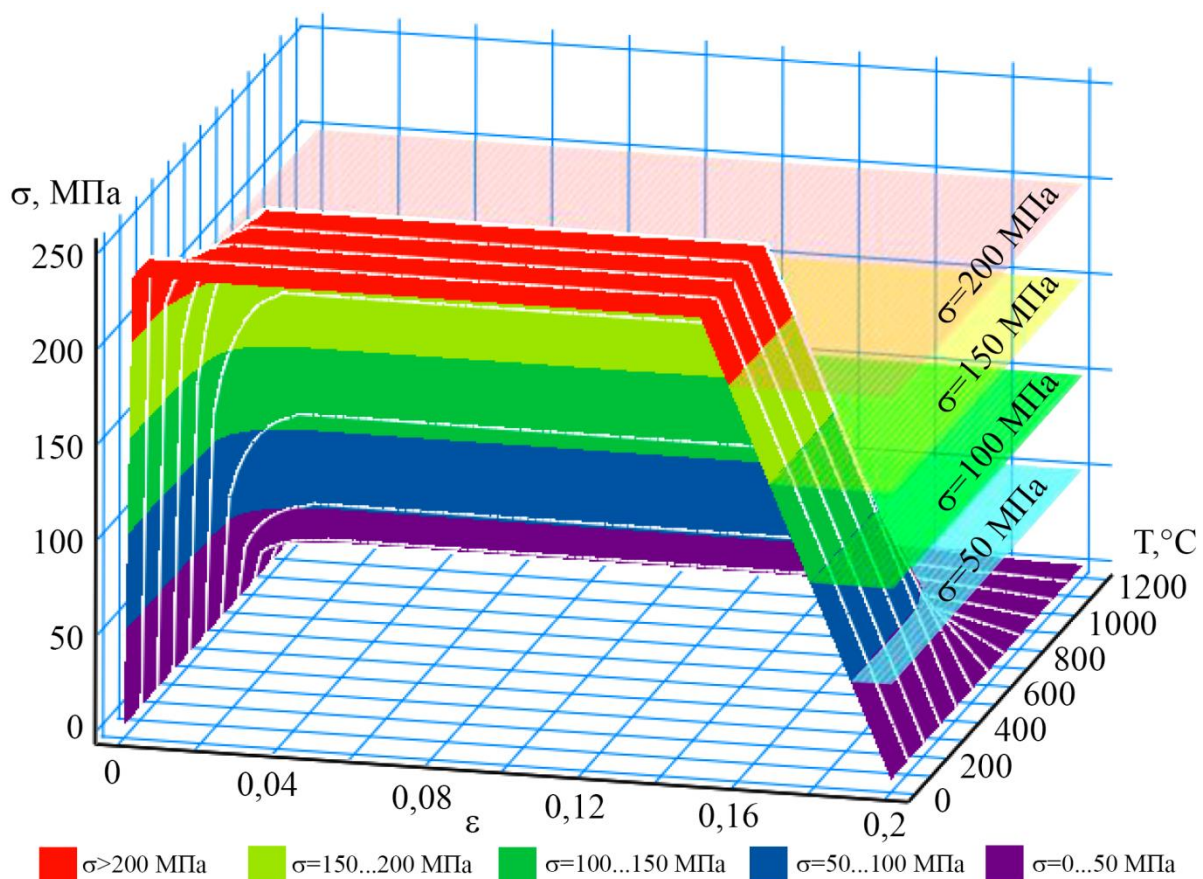


Рис. 1. Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния, материал – сталь СтЗсп

Использование предложенной математической модели напряженно-деформированного состояния металлического элемента противооползневой конструкции под воздействием сложной термосиловой нагрузки дает возможность перейти к рассмотрению поведения элементов этих конструкций у трехмерном пространстве «температура-деформация-напряжение», что поможет решать различные задачи анализа поведения элементов конструкции, в частности определять зоны равных нагрузок, кривые эквинапряженных состояний по значению напряжения $\sigma = \text{const}$, что дает возможность определять безопасные режимы нагружения элементов в процессе ЧС, а также их разгрузки без разрушения в процессе ликвидации последствий ЧС в виде управляющих зависимостей между деформацией и температурой.

Конечным результатом применения построенной интегральной модели напряженно-деформированного состояния позволило формализовать в обобщенном виде критерии прочности элементов противооползневой конструкции с учетом изменений в физико-механических характеристиках материалов при нагреве, а также неравномерности нагрева элементов в различных сечениях. Для некоторого момента времени t критериальные параметры предлагается определять по следующим обобщенным формулам:

$$\begin{cases} K_1 : \chi_1(t) = \max \frac{\sigma(z,t)}{[\sigma](z,t)}; \\ K_2 : \chi_2(t) = \max \frac{\tau(z,t)}{[\tau](z,t)}; \end{cases}$$

где z – координата некоторого исследуемого поперечного сечения элемента конструкции; $\sigma(z,t)$, $\tau(z,t)$ – нормальные и касательные напряжения соответственно в этом сечении в момент времени t ; $[\sigma](z,t)$, $[\tau](z,t)$ – предельные допустимые значения напряжений в этом сечении в момент времени t , определенные с учетом их зависимости от температуры.

Предложенная формализация условий прочности элемента является наиболее полной, поскольку дает возможность анализировать поведение противооползневой конструкции при сложном температурном режиме и переменной нагрузке на отдельные ее участки в процессе протекания самой ЧС, а также при выполнении работ по ликвидации ее последствий на территории полигона по захоронению ТБО.

Литература

1. С.О. Вамболь, В.В. Вамболь, В.Ю. Колосков, Ю.Ф. Деркач. Прогнозування рівня безпеки несанкціонованого сміттєзвалища з використанням імітаційного моделювання // Екологічна безпека. 2016. № 2/2016(22). С. 51-58.
2. Е.В. Луговая, Д.Н. Цюрисов, В.Ю. Колосков. Имитационное моделирование системы управления безопасностью аварийно-спасательных работ во время пожара //

Материалы V международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2016». М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 267-271.

3. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 «Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість».

4. ДСТУ-Н Б EN 1994-1-2:2012 «Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість».

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ WEB-СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Чупакова А.О., Гудин С.В., Белкин К.А.

E-mail: bazarovaann@gmail.com, sergey.gudin@firerisks.ru

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

В работе представлен процесс разработки информационных web-систем для управления пожарной безопасностью производственных объектов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, поиск, производственный объект.

DEVELOPMENT OF WEB-BASED INFORMATION SYSTEMS FOR THE FIRE SAFETY OF INDUSTRIAL FACILITIES MANAGEMENT

Chupakova A.O., Gudin S.V., Belkin K.A.

It is proposed to apply a software module for determining categories in displacements, buildings, outdoor facilities for explosion and fire hazardous production facilities.

Key words: fire safety, search, production facility.

В связи с огромным материальным ущербом от пожаров на производственных объектах и отсутствием программных модулей по подбору мероприятий, направленных на повышении пожаровзрывобезопасности таких объектов, остается актуальным вопрос о создании систем поддержки принятия решений. Предпосылкой к этому так же является увлечение мощностей современных информационных систем, которые на данном