

ISSN 2311-8342



Всемирная ассоциация выставочной индустрии
Российский союз выставок и ярмарок
Торгово-промышленная Палата РФ



УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

2 0 1 7



Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов



Новокузнецк
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ВК «Кузбасская ярмарка»



Посвящается 400-летию города Новокузнецка

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№3 - 2017

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Мышляев Л.П.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н. Палеев Д.Ю.,
д.т.н., проф. Домрачев А.Н., д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2017. - № 3. – 484 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 6-9 июня 2017 г).

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-05-20150

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

3 – ОАО «Сибгипрошахт», г. Новосибирск, Россия	
МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПОДОБИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	278
¹ д.т.н. Евтушенко В.Ф., ² д.т.н. Бурков В.Н., ³ д.т.н. Мышляев Л.П., ³ Макаров Г.В.	
1 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
2 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия	
3 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ РЕЦИКЛОВ	281
¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Циряпкина А.В., ³ д.т.н. Бурков В.Н., ⁴ к.э.н. Ивушкин К.А.	
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
3 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия	
4 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия	
ОЦЕНИВАНИЕ ПОДОБИЯ ТИПОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК.....	285
¹ Макаров Г.В., ² к.э.н. Ивушкин К.А., ¹ д.т.н. Евтушенко В.Ф., ¹ д.т.н. Мышляев Л.П.	
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
2 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия	
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИДЕНТИФИКАЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ.....	288
¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Леонтьев И.А., ¹ к.т.н. Грачев В.В., ³ Васькин В.В., ¹ Раскин М.В., ³ Старченко Е.В.	
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
2 – ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово, Россия	
3 – ОФ «Матюшинская», г. Прокопьевск, Россия	
ПРОЦЕДУРА ИДЕНТИФИКАЦИИ НАТУРНЫХ СТРУКТУР ПУТЕМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ФРАКТАЛОВ	291
д.т.н. Мышляев Л.П., Циряпкина И.В., Саламатин А.С.	
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА ОГНЕСТОЙКОСТИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	295
¹ д.т.н. Каледин В.О., ² к.т.н. Каледин Вл.О.	
1 – Новокузнецкий институт-филиал ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Новокузнецк, Россия	
2 – АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», г. Хотьково, Россия	
МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ В АСИНХРОННОМ РЕЖИМЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ РУДНИЧНЫХ МАШИН	298
д.т.н. Островляничик В.Ю., Поползин И.Ю., к.т.н. Кубарев В.А., Маршев Д.А.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНЫМ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГОРНЫХ МАШИН В ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ.....	305
к.т.н. Иванов А.С., к.т.н. Пугачева Э.Е., Каланчин И.Ю.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДРОБИЛЬНОЙ ВАЛКОВОЙ МАШИНОЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	308
д.т.н. Никитин А.Г., к.т.н. Тагильцев-Галета К.В., Чайников К.А.	
Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк, Россия	
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОДНОВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ	311
д.т.н. Никитин А.Г., к.ф.-м.н. Лактионов С.А., Медведева К.С.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	

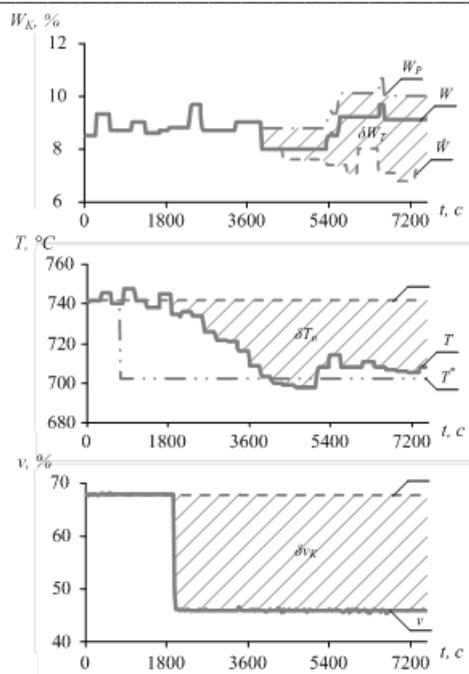


Рис. 3 Динамика натуральных W_K , T , v , прогнозируемых W_K и расчетных W_p значений

Вывод. Для определения коэффициентов влияния состояния предшествующих нагревательных элементов (температуры) на параметры модели последующих нагревательных элементов необходимо реализовать полный или дробный факторный эксперимент с нанесением, например, ступенчатых воздействий, охватывающих все варианты функционирования нагревательных элементов. При трех группах нагревательных элементов полный факторный эксперимент включает шестнадцать опытов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ по проекту №15-07-02231

Библиографический список

1. Емельянов С.В. Методы идентификации промышленных объектов в системах управления / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, А.С. Рыков и др. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2007. – 307 с.
2. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. / Под. ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
3. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления: Пер. с англ. / П. Эйкхофф. – М.: Мир, 1975. – 683 с.
4. Сазыкин Г.П. Сушка угольного концентрата горячей поверхностью / Г.П. Сазыкин, К.Н. Сывороткин, С.В. Белянин и др. // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов. Научный журнал. – Новокузнецк, 2016. - №2. – С. 286 – 287.
5. Гроп Д. Методы идентификации систем / Д. Гроп. – М.: Мир, 1979. – 302 с.

УДК 004.942

ПРОЦЕДУРА ИДЕНТИФИКАЦИИ НАТУРНЫХ СТРУКТУР ПУТЕМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ФРАКТАЛОВ

д.т.н. Мышляев Л.П., Циряпкина И.В., Саламатин А.С.

ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Рассмотрена постановка задачи идентификации изображений натуральных структур на основе механизма генерирования фрактальной структуры, подробно рассмотрена двухэтапная процедура идентификации, эффективность поисковой процедуры идентификации показана на модельном примере.

Ключевые слова: фрактальная структура, натурная структура, множество Жюлиа, метод Нелдера-Мида.

Ранее в работах [1, 2] были выявлены главные недостатки идентификации изображений натуральных структур известными фрактальными моделями

- слабая обоснованность в выборе фракталов;
- ограниченное количество возможных фрактальных моделей.

В работе [2] была выполнена постановка задачи идентификации натурной структуры путем генерирования фракталов, которая выглядит следующим образом.

Дано.

1. Механизм (алгоритм) формирования фракталов;
2. Натурные структуры материалов

$$St_i; i = \overline{1, I}, \quad (1)$$

где i – номер структуры; I – количество структур.

3. Критерий идентификации

$$Q_{i,l} = \sum_{m,n,l=1}^{M,N,L} |St_i(m,n) - Fr_k(p,q)|_{p,q} \min, \quad (2)$$

где St_i – i -ая натурная структура, Fr_k – k -ая фрактальная модель, m, n – количество точек на изображении натурной структуры, $m \in \overline{1, M^{max}}$, $n \in \overline{1, N^{max}}$.

Ограничение.

$M \in \overline{1, M^{max}}$, $N \in \overline{1, N^{max}}$, где M^{max} , N^{max} – размеры изображения натурной структуры.

Требуется.

1. Выбрать алгоритм генерирования фрактальной структуры.
2. Сформировать модельный фрактал таким образом, чтобы минимизировать критерий идентификации Q за счет варьирования начальными коэффициентами p и q .

Решение.

1. Для решения задачи выбран и реализован на языке С# алгоритм формирования фракталов «множество Жюлиа», который был представлен в виде системы комплексных уравнений [3].

$$\begin{cases} Z_{k+1} = (x_k + j \cdot y_k)^2 + C \\ C = p + j \cdot q \end{cases} \implies \begin{cases} x_{k+1} = x_k^2 - y_k^2 + p \\ y_{k+1} = 2 \cdot x_k \cdot y_k + q \end{cases} \quad (3)$$

где Z – переменная величина, k – номер итерации, x, y – координаты на комплексной плоскости, j – мнимая единица, C – параметр, $Z, C \in \mathbb{C}$, p и q – начальные коэффициенты (координаты) формирования фрактальной структуры, $p, q, x, y \in \mathbb{C}$.

При формировании фрактала, значения начальных коэффициентов p и q выбираются таким образом, что они принадлежат множеству Мандельброта или лежат вблизи его границ. Данное ограничение обосновано тем, что при выборе p и q далеко от нуля Z_k стремится к бесконечности, то есть итоговое изображение модельного фрактала превращается в «пыль».

2. В виду того, что фрактал – многоэкстремальная поверхность, процедура поиска минимального критерия идентификации состояла из двух этапов.

1. Вычисление всех минимумом Q и выбор глобального (абсолютного) минимума за счет разбиения пространства поиска на отдельные области и определения значения Q в них;
2. Применение метода «Нелдера-Мида» [4] в областях глобальных минимумов.

Первый этап поиска минимального критерия идентификации.

1. Представление области поиска в виде прямоугольника с вершинам: $A(-2;1,5)$, $B(1; 1,5)$, $C(1; -1,5)$, $D(-2;-1,5)$.

2. Определение размера области разбиения пространства поиска. Например, можно разбить область поиска на квадраты со стороной 0,5 единиц, а можно задать квадраты со стороной 0, 1. Чем меньше сторона квадрата, тем на большее количество частей разделена изначальная область поиска и тем больше получаемое значение локальных минимумов, в области которых будет применяться метод «Нелдера-Мида».

Блок-схема алгоритма первого этапа идентификации представлена на рис. 1.

Блок 1. Ввод натурной структуры материала.

Блок 2. Разделение области возможных значений p и q на необходимое количество меньших областей поиска. Область возможных значений p и q представляет собой прямоугольник с координатами вершин $A(-2;1,5)$, $B(1; 1,5)$, $C(1; -1,5)$, $D(-2;-1,5)$.

Блок 3. Определение минимального значения критерия идентификации для каждой выделенной области методом покоординатного спуска. Задаем шаг идентификации. Причем размер шага идентификации задаем в зависимости от величины области поиска с целью уменьшения временных затрат.

Блок 4. Определение глобального минимума и близких к нему значений среди всех полученных значений минимумов.

Блок 5. Вывод искомым начальных коэффициентов для глобального минимума и близких к нему значений.

Второй этап поиска минимального критерия идентификации.

1. Выбор наименьших значений локальных минимумов среди полученных на первом этапе идентификации.

2. Применение метода «Нелдера-Мида» для областей выбранных значений.

3. Генерирование фрактала с начальными координатами p и q , полученных методом «Нелдера-Мида».

В алгоритме метода Нелдера- Мида предусмотрены следующие операции.

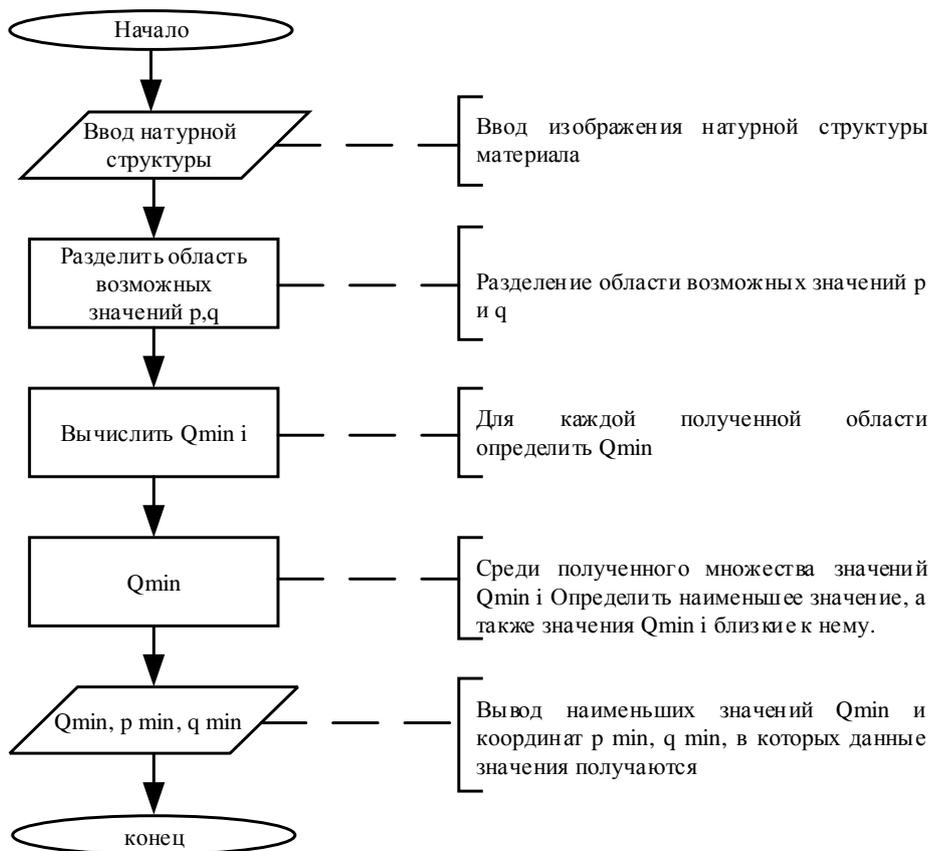


Рис. 1 - Блок-схема процедуры поиска локальных минимумов

Блок 1. Ввод начальных координат симплекса P_1 , P_2 и P_3 в соответствующие поля программы. Начальные данные по умолчанию $P_1(x; y) = (-1,5; 0)$, $P_2(x; y) = B(0,5; 0,5)$ и $P_3(x; y) = C(0,5; -0,5)$, при необходимости их можно изменить.

Блок 2. Формирование фрактала с начальными коэффициентами, равными координатам симплекса, вычисление критерия идентификации.

Блок 3. Среди полученных значений критерия идентификации Q определение наибольшего Q_{max} , среднего $Q_{среднее}$ и наименьшего Q_{min} значения.

Блок 4. Вычисление координаты центра тяжести $P_0(x; y)$ между $Q_{среднее}$ и Q_{min} . Построение модельного фрактала в полученной точке и вычисление критерия идентификации Q_0 .

Блок 5. Вычисление координаты точки P_r , отразив точку со значением Q_{max} относительно P_0 . Вычисление критерия идентификации Q_r в P_r .

Блок 6. Сравнение значений Q_{min} и Q_r .

Блок 7. Если $Q_{min} > Q_r$, произвести операцию растяжения точки Q_r по направлению из точки Q_o в точку Q_r , тем самым получить точку P_e . Вычислить критерий идентификации Q_e в точке P_e .

Блок 8. Сравнение значений Q_{min} и Q_e .

Блок 9. Если $Q_e < Q_{min}$, то присвоить точке P_{max} значения координат точки P_e ,

Блок 10. Если $Q_e > Q_{min}$, то присвоить значение координат точки с P_r точке P_{max} и затем переходим к блоку 19.

Блок 11. Если $Q_r > Q_{min}$, то сравнить Q_r и $Q_{srednee}$. Если $Q_r < Q_{srednee}$, то вернуться к 10 блоку.

Блок 12. Если $Q_r > Q_{srednee}$, то сравнить Q_r и Q_{max} .

Блок 13. Если $Q_r < Q_{max}$, то присвоить координаты точки P_r точке P_{max} и сделать $Q_{max} = Q_r$.

Блок 14. Если $Q_r > Q_{max}$, то выполнить операцию сжатия и найти координаты точки сжатия P_c , вычислить Q_c .

Блок 15. Сравнение Q_c и Q_{max} .

Блок 16. Если $Q_c > Q_{max}$, то уменьшить расстояние от точек P_{max} , $P_{srednee}$ до точки P_{min} вдвое, то есть вычислить координаты нового симплекса.

Блок 17. Вычисление значений критериев идентификации при новых начальных условиях.

Блок 18. Если $Q_c < Q_{max}$, то значения координат точки P_c присвоить точке P_{max} .

Блок 19. Проверка на сходимость. Если сходимость достигнута, то выводим минимальное значение критерия идентификации и координаты точки, в которой оно получается. Если сходимость не достигнута, то перейти к выполнению блока 1.

Проверка сходимости основана на том, чтобы стандартное отклонение (n-1)-го значения функции было меньше некоторого малого заданного значения ϵ , в данном случае это заданная погрешность расчетов ΔQ . В этом случае вычисляется

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{k+1} (f_i - \bar{f})^2 / (k + 1), \quad (4)$$

где функция f_i – значение критерия идентификации в вершине симплекса; \bar{f} – среднее арифметическое значение критерия идентификации на i-ом шаге.

Данная поисковая процедура была реализована на языке C# и проверена на модельном примере, суть которого следующая.

Дано.

1. а) фрактальная структура с начальными коэффициентами $p=0, q=1$ (рис. 2а);

б) фрактальная структура с начальными коэффициентами $p=0, q=0,7$ (рис. 2б)

а)



б)



Рис. 2 – Фрактал: а) с начальными коэффициентами $p_n = 0, q_n = 1$; б) с начальными коэффициентами $p=0, q=0,7$

2. Механизм (алгоритм) формирования модельных фрактальных структур (3).

3. Двухэтапная поисковая процедура.

4. Заданная погрешность расчетов $\Delta Q=0,2$.

5. *Ограничение.* $M \in \overline{1, M^{max}}, N \in \overline{1, N^{max}}$, где M^{max}, N^{max} – размеры изображения модельной структуры.

Требуется.

1. Идентифицировать заданные фрактальные структуры а и б.

Результаты решения.

Для структуры 2а оптимальные значения критерия Q получены при значениях коэффициентов p и q равных заданным. Для структуры 2б оптимальные значения критерия Q получены при значениях коэффициентов p и q равных исходным с заданной точностью ΔQ . Причем, конечные оценки коэффициентов были найдены после многократного применения поискового метода из разных областей поиска.

Вывод. По результатам модельных исследований сделан вывод об эффективности предложенного метода идентификации и возможности его применения для идентификации натуральных структур.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ по проекту №15-07-02231

Библиографический список

1. Мышляев Л.П. Разработка процедуры идентификации структур материалов на основе формирования фракталов / Л.П. Мышляев, И.В. Циряпкина // Тр. X всерос. науч.- практ. конф. «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве». – Новокузнецк, 2015. – С. 149-152.
2. Мышляев Л.П. Идентификатор структур на основе замкнутых динамических систем. / Л.П. Мышляев, И.В. Циряпкина, А.В. Циряпкина // Труды XXIII межд. науч.-практ. конф. «Научно-емкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов». – Новокузнецк, 2016. – С. 279-281.
3. Пайтген Х.О. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. / Х.О. Пайтген, П.Х. Рихтер: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 176 с.
4. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: пер. с англ. - Л. Льюнг. – М.: Наука, 1991. – 432 с.

УДК 539.3: 004.432

СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА ОГНЕСТОЙКОСТИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

¹ д.т.н. Каледин В.О., ² к.т.н. Каледин Вл.О.

1 – Новокузнецкий институт-филиал ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Новокузнецк, Россия

2 – АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», г. Хотьково, Россия

Аннотация. Рассматривается автоматизация программирования вычислительного эксперимента на основе визуального представления алгоритмов функционально-объектными схемами. Приводятся примеры использования при решении задач огнестойкости подземных сооружений.

Ключевые слова: вычислительный эксперимент, огнестойкость.

Участившиеся в последнее время случаи аварийных разрушений зданий и сооружений в связи с нерасчетными воздействиями и намеренным причинением вреда делают актуальной задачу оперативного и достаточно достоверного прогноза разрушения в аварийных режимах, необходимого для выработки мер по предотвращению последствий техногенных катастроф и террористической деятельности. Эта задача осложняется многочисленностью факторов, определяющих разрушение, и необходимостью совместного рассмотрения многих взаимообусловленных процессов для описания термомеханического поведения несущих конструкций при авариях, связанных с их огневом поражением.

В настоящее время имеются хорошо разработанные методики математического моделирования термомеханического поведения различных элементов строительной конструкции (колонн, балок, плоских рам) при огневом воздействии [1–4]. Однако до сих пор отсутствуют достаточно развитые методы и пакеты программ для моделирования процессов и параметров деградации системной статической и динамической несущей способности строительной конструкции подземных сооружений в целом при локальном огневом поражении [5].

Конструирование вычислительных алгоритмов решения подобных связанных и сопряжённых задач представляет собой самостоятельную проблему, решение которой затруднено высокой трудоёмкостью программирования, отладки и верификации кода.

Научное издание

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Компьютерная верстка Л.Д. Павловой

Подписано в печать 25.05.2017 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 28,8 Уч.-изд. л. 30,4 Тираж 1000 экз. Заказ 295

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Издательский центр СибГИУ