

О МЕТОДИКЕ ПОВЫШЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОБЪЕКТА ЭКОНОМИКИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЗДУШНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

А.В. Рыбаков¹, Е.В. Иванов¹, Д.С. Седов¹, Л.Е. Иванова²

¹ Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, г. Москва, РОССИЯ

² Уральский Учебно-спасательный центр Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, г. Озерск, РОССИЯ

Аннотация: В статье рассмотрен алгоритм методики, позволяющей на основе значений показателя защищенности осуществлять поиск рационального решения для защиты опасных производственных объектов от воздействия воздушной ударной волны обычных средств поражения. В основе используемой методики выбора рациональных конструктивных параметров лежит задача оптимизации показателя защищенности. Показана программная реализация методики.

Ключевые слова: средства поражения, защищенность, показатель защищенности, конструктивные параметры, воздушная ударная волна

ABOUT METHODS OF IMPROVING SAFETY OF THE FACILITY FROM THE IMPACT OF AIR SHOCK WAVE

Anatoly V. Rybakov¹, Evgeniy V. Ivanov¹, Dmitry S. Sedov¹, Lubov E. Ivanova²

¹ The Civil Defense Academy of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Moscow, RUSSIA

² Ural Training Rescue Center of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ozyorsk, RUSSIA

Abstract: In the article the algorithm of techniques based on the values of the safety level is to search for the rational solution for protection of hazardous production facilities from the effects of air shock waves of conventional weapons. The method of rational design parameters selection is based on the problem of protection index optimization. The program realization of the technique is shown.

Keywords: weapons, protection, safety level, structural parameters of the air shock wave

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Директивой Министра Российской Федерации МЧС России (от 22 июля 2013 года № 47-22-3) в конце 2013 года в составе ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России» была создана научно-исследовательская лаборатория. Одной из задач лаборатории является разработка моделей природных, техногенных и информационных процессов, направленных на пре-

дупреждение и снижение последствий чрезвычайных ситуаций [1].

Перспективным направлением деятельности лаборатории стало изучение процессов воздействия обычных средств поражения вероятного противника на объекты экономики, объекты жилой застройки и инфраструктуру городов.

Актуальность рассматриваемой тематики обусловлена необходимостью получения количественного критерия оценки последствий применения обычных средств поражения,

учитывающего как конструктивные особенности объекта воздействия, так и условия применения средств поражения. Позволяющего также давать качественную оценку степени повреждения объекта воздействия.

Кроме того существующие методики прогнозирования и оценки состояния объектов воздействия ударно-волновой нагрузки не позволяют оценить эффективность проводимых мероприятий по повышению защищенности объектов от воздушной ударной волны.

Как один из способов оценки эффективности мероприятий повышения защищенности объектов экономики, можно рассмотреть описываемый в [2, 3, 4] подход, основывающийся на оценке значений показателя защищенности.

Значение показателя защищенности находится исходя из геометрической интерпретации энергетических методов, предложенных группой Британский ученых, и базирующихся на результатах аппроксимации экспериментальных данных, полученных в ходе II мировой войны. Подробное изложение сути энергетических методов приведено в [5].

Значения показателя защищенности зависят от ряда факторов – характеристик конструктивных элементов, на которые непосредственно оказывается воздействие и параметров воздушной ударной волны.

Целью настоящей работы является описание алгоритма работы программы «The calculation of the coefficient of security», позволяющей осуществлять подготовку решений по повышению защищенности объекта экономики к воздействию воздушной ударной волны.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В качестве исходных параметров, влияющих на значения показателя защищенности, рассматриваются:

- количество базовых элементов (плита, колонна, балка, гибкая лента) и их конструктивные параметры (X – половина короткого пролета плиты (м), E – модуль Юнга (Па), h – полная толщина (м), σ_y –

предел текучести, напряжение (Па), ρ – плотность материала (кг/м³), A – площадь поперечного сечения балки (м²), b – ширина балки (м), I – момент инерции поперечного сечения (м⁴), L – длина балки (м); Z – модуль пластического сопротивления (м³), Φ_p , Φ_i , α_p , α_i , ψ_p , ψ_i – безразмерные коэффициенты.) [5];

- сценарий применения средств поражения (тип применяемого средства поражения, масса тротилового эквивалента взрывчатого вещества, расстояние от эпицентра взрыва до объекта воздействия, вид взрыва, тип подстилающей поверхности в случае контактного подрыва боеприпаса).

Обозначим набор конструктивных параметров базового элемента за

$$X = \{x_1, x_2 \dots x_n\}.$$

При этом количество параметров, которые мы можем варьировать ограничено, как правило, двумя-тремя.

В сценарии применения средств поражения конечными характеристиками представляющими для нас интерес являются значения параметров воздушной ударной волны: избыточное давление (P , Па) и импульс (i , Па·с), определяемые исходя из предлагаемого сценария применения средств поражения по формулам представленным в [6].

По изложенной в [3] методике осуществляется расчет значений показателя защищенности и делается вывод о степени разрушения базового элемента.

Степень разрушения базовых элементов здания, сооружения определяется путем соотношения полученных значений показателя защищенности со шкалой оценки значений показателя защищенности, пример построения которой, приведен в [3].

В зависимости от отнесения базовых элементов к той или иной степени разрушения на основании СП 165.1325800.2014 Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне делается вывод о степени разрушения всего рассматриваемого объекта.

Повышение защищенности объекта воздействия ударно волновой нагрузки достигается за счет реализации мероприятий по повышению показателя защищенности, за счет изменения набора конструктивных параметров базового элемента X .

Автоматизация указанного поиска осуществлена в ходе разработки сотрудниками лаборатории информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС программы «The calculation of the coefficient of security» (далее в тексте программа). При этом программой решается следующая задача:

Для заданного сценария применения обычных средств поражения, из исходных данных базовых элементов необходимо среди изменяемых параметров X выбрать значения таких, которые доставляют максимум функции защищенности, т.е. повышают защищенность объекта экономики:

$$k=f(X, P, i) \rightarrow max \quad (1)$$

При ограничениях и допущениях:

[illegible]

[illegible]

$$c_{x_1} + c_{x_2} + \dots + c_{x_i} + c_{y_1} + c_{y_2} \leq c_{max}$$

Где $x_{i \max}$ – максимальные значения изменяемых параметров; $x_{i \min}$ – минимальные значения изменяемых параметров; c_{xi} , c_{yj} – денежные затраты при оптимизации изменяемых параметров; $c_{\max}$ – ограничения финансирования мероприятий повышения защищенности.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

В общем виде алгоритм повышения защищенности объекта, реализованный в программе схематично показан на рис. 1.

В качестве примера расчета рассмотрим одноэтажный опасный производственный объект, представленный на рис. 2.

Ранее в работе [3] данный объект уже рассматривался, соответственно значения характеристик базовых элементов принимаем равными уже рассмотренным.

В программе осуществлялся ряд последовательных операций:

1. Запуск программы;
2. Выбор количества базовых элементов, составляющих объект воздействия (рис. 3).
3. Выбор средства поражения, либо ввод тротилового эквивалента взрыва (рис. 4).
4. Выбор типа подстилающей поверхности, на которой происходит взрыв и удаления объекта от эпицентра взрыва (рис. 5).
5. Формирование ограничений по финансовым ресурсам и стоимостей изменения конструктивного параметра (рис. 6).
6. Определение конструктивных параметров базовых элементов (рис. 7).
7. Расчет значений показателя защищенности для базовых элементов (рис. 8).
8. Расчет рациональных значений конструктивных характеристик для базовых элементов (рис. 9).

В качестве применяемого метода решения задачи нелинейного программирования в программе реализован метод обобщенного приведенного градиента, основанный на сокращении размерности задачи с помощью представления всех переменных через множество независимых переменных.

Метод обобщенного приведенного градиента заключается в последовательном выполнении следующих операций:

1. Преобразование ограничений (2) из неравенств в равенства путем ввода базисных переменных.

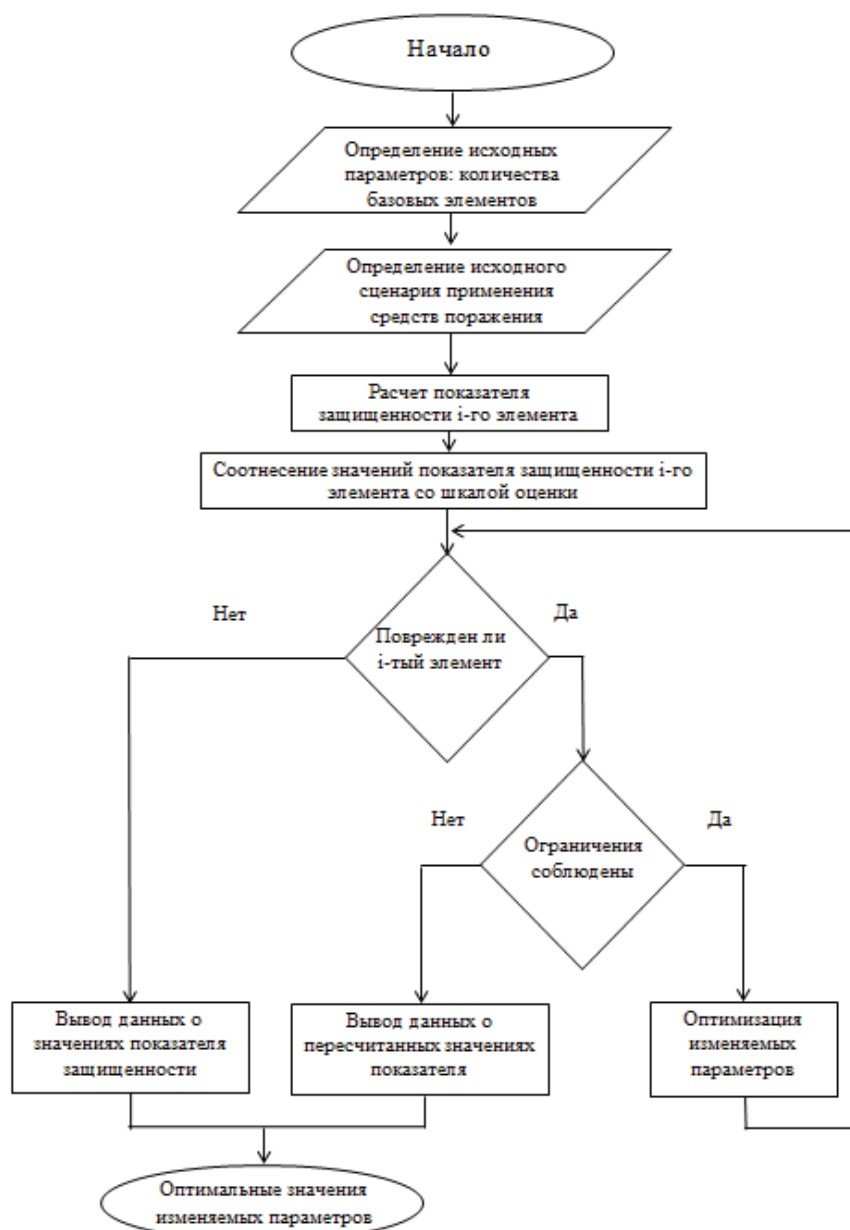


Рисунок 1. Алгоритм повышения защищенности, реализованный в «The calculation of the coefficient of security».

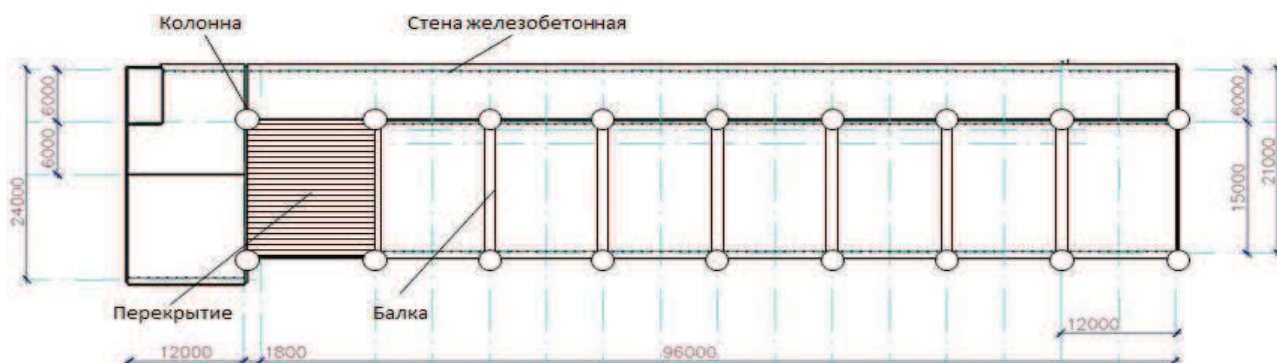


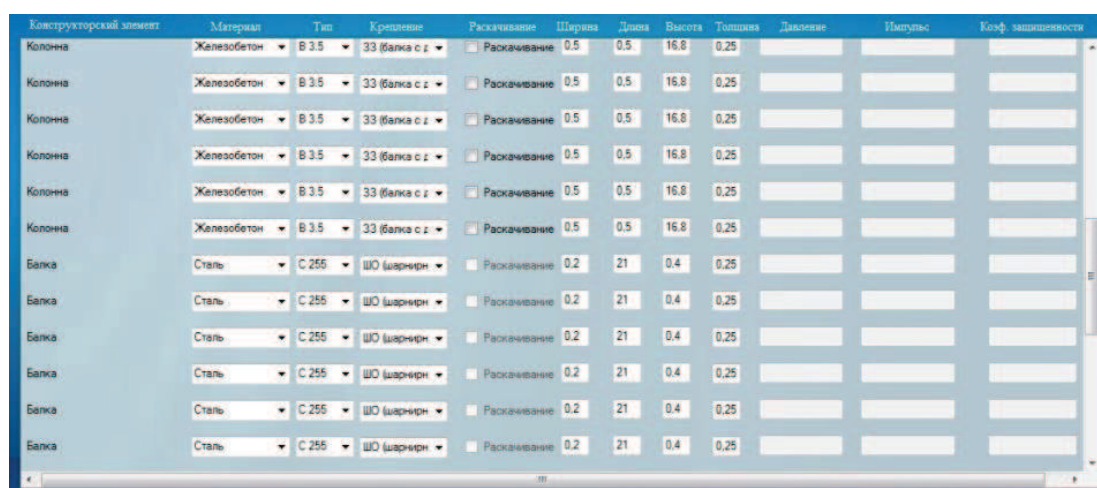
Рисунок 2. Схема опасного производственного объекта.

Рисунок 3. Рабочее окно программы с количеством базовых элементов.

Рисунок 4. Рабочее окно программы с выбором средства поражения.

Рисунок 5. Рабочее окно программы с графой выбора расстояния до эпицентра взрыва.

Рисунки 6. Рабочее окно программы с графами стоимости изменения конструктивных параметров и финансовых ограничений.



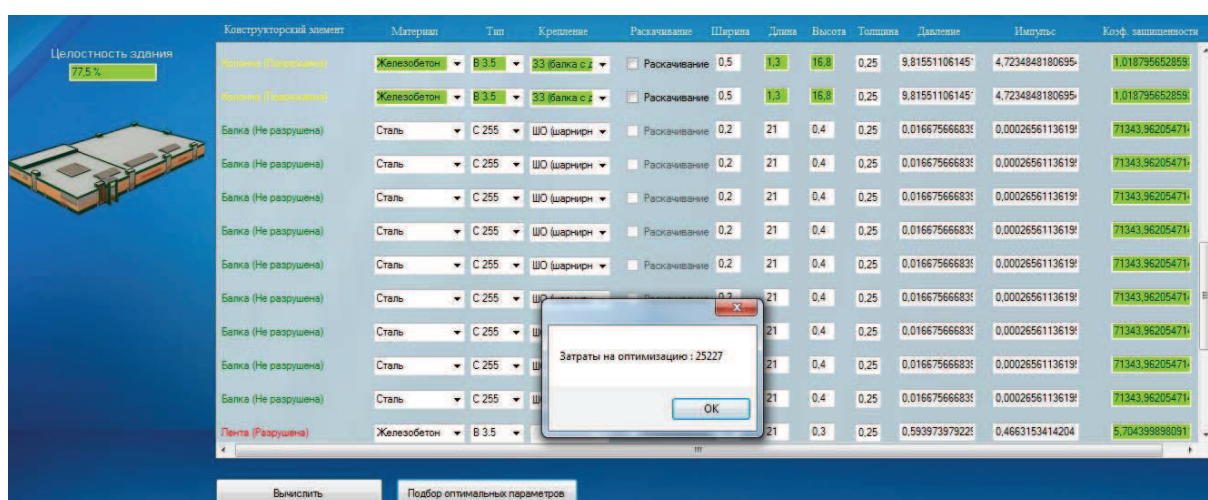
Конструктивный элемент	Материал	Тип	Крепление	Раскачивание	Ширина	Длина	Высота	Толщина	Давление	Импульс	Коэф. защищенности
Колонна	Железобетон	B 3.5	33 (балка с г.)	Раскачивание	0.5	0.5	16.8	0.25			
Колонна	Железобетон	B 3.5	33 (балка с г.)	Раскачивание	0.5	0.5	16.8	0.25			
Колонна	Железобетон	B 3.5	33 (балка с г.)	Раскачивание	0.5	0.5	16.8	0.25			
Колонна	Железобетон	B 3.5	33 (балка с г.)	Раскачивание	0.5	0.5	16.8	0.25			
Колонна	Железобетон	B 3.5	33 (балка с г.)	Раскачивание	0.5	0.5	16.8	0.25			
Балка	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25			
Балка	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25			
Балка	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25			
Балка	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25			
Балка	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25			

Рисунок 7. Рабочее окно программы с заданными характеристиками базовых элементов.



Конструктивный элемент	Материал	Тип	Крепление	Раскачивание	Ширина	Длина	Высота	Толщина	Давление	Импульс	Коэф. защищенности
Колонна (Разрушена)	Железобетон	B 3.5	33 (балка с г.)	Раскачивание	0.5	0.5	16.8	0.25	15.8270360217	4.7234848180695	1.65183042015
Колонна (Разрушена)	Железобетон	B 3.5	33 (балка с г.)	Раскачивание	0.5	0.5	16.8	0.25	15.8270360217	4.7234848180695	1.65183042015
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Лента (Разрушена)	Железобетон	B 3.5		Раскачивание	1.8	21	0.3	0.25	0.59397397922	0.4663153414204	5.704399898091

Рисунок 8. Рабочее окно программы с рассчитанными значениями показателя защищенности базовых элементов.



Конструктивный элемент	Материал	Тип	Крепление	Раскачивание	Ширина	Длина	Высота	Толщина	Давление	Импульс	Коэф. защищенности
Колонна (Разрушена)	Железобетон	B 3.5	33 (балка с г.)	Раскачивание	0.5	1.3	16.8	0.25	9.81551106145	4.7234848180695	1.018795652859
Колонна (Разрушена)	Железобетон	B 3.5	33 (балка с г.)	Раскачивание	0.5	1.3	16.8	0.25	9.81551106145	4.7234848180695	1.018795652859
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	C 255	ШО (шарнир)	Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0.01667566683	0.0002656113619	71343.96205471
Лента (Разрушена)	Железобетон	B 3.5		Раскачивание	1.8	21	0.3	0.25	0.59397397922	0.4663153414204	5.704399898091

Рисунок 9. Рабочее окно программы с рассчитанными рациональными значениями характеристик базовых элементов.

2. Разделение переменных на 2 группы: базисные переменные x_B и независимые переменные x_N .
3. Нахождение значений градиента в начальной точке (исходные значения конструктивных характеристик базового элемента):

$$\nabla k(x_k) = \left(\frac{\partial k}{\partial x_1}, \frac{\partial k}{\partial x_2} \dots \frac{\partial k}{\partial x_k} \right) \quad (3)$$

4. Нахождение значений приведенного градиента:

$$r^T = \nabla k(x_k)^T - \nabla_B k(x_k)^T B^{-1} A \quad (4)$$

где $\nabla_B k(x_k)$ – градиент функции по базисным переменным; A – матрица порядка $m \times n$ где m – число строк, а n – число переменных в ограничениях 2; B – неособенная матрица порядка $m \times m$.

5. Нахождение вектора направления спуска при оптимизации:

$$d_k = \begin{cases} -r, & \text{если } r \leq 0 \\ -X \cdot r, & \text{если } r > 0 \end{cases} \quad (5)$$

6. Нахождение значения размера шага оптимизации $\lambda_{\max}$:

$$\lambda_{l+1} = \min_{1 \leq l \leq n} \left\{ -\frac{x_{lk}}{d_{lk}} : d_{lk} < 0 \right\} \quad (6)$$

7. Определение следующей точки и значения целевой функции в точке:

$$x_{k+1} = x_k - \lambda_{k+1} d_k \quad (7)$$

$$k = f(x_{k+1}) \quad (8)$$

8. В случае если точка является точкой Куна Такера – то найдено максимальное значение целевой функции при заданных ограничениях, если нет, то итерации повторяются с 6 шага [7].

При этом, исходя из рассчитанных рациональных конструктивных параметров, программой осуществляется подбор мероприя-

тий по их реализации (выбор класса арматуры, марки бетона и т.п.).

Программа по анализу степени разрушения опасно-производственных объектов «The calculation of the coefficient of security» разработана в среде Visual Studio 2017 на языке C#.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе показан пример реализации алгоритма поиска рационального решения для защиты опасных производственных объектов от воздействия воздушной ударной волны обычных средств поражения, основанного на использовании показателя защищенности.

Приведен пример программы - «The calculation of the coefficient of security», реализующий указанный алгоритм. Одним из достоинств реализуемого алгоритма является учет сценариев применения различных средств поражения, который позволит осуществлять выбор значений конструктивных параметров, основываясь на анализе применения средств поражения иностранными государствами. Кроме того, существует возможность определять стоимость проведения мероприятий по изменению конструктивных параметров базовых элементов и решения задачи повышения защищенности при ограничении финансовых ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Директива Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий №47-22-3 от 22 июля 2013 года.
2. Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Савинов А.М., Геккель И.Я. О подходе к определению показателя защищенности зданий и сооружений опасного производственного объекта. // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, 2017, №2, с. 33-40.

3. **Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Седов Д.С., Овсянников Р.Е.** О подходе к определению показателя и построение шкалы оценки защищенности опасного производственного объекта. // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2017, №3, с. 344-352.
 4. **Мухин В.И., Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Панин Г.В.** О методике оценки состояния потенциально опасных объектов при воздействии воздушной ударной волной от обычных средств поражения. // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, 2017, №1, с. 7-15.
 5. **Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П.** и др. Взрывные явления. Оценка и последствия: В 2-х книгах. – М.: Мир, 1986. – 319 с.
 6. **Кочетков К.Е., Котляревский В.А., Забегаетов А.В.** Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. – М.: АСВ, 1996. – 383 с.
 7. **Базара М., Шетти К.** Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. Технологический институт Атланта. Джорджия. – М.: Мир, 1982. – 583 с.
- REFERENCES**
1. Federatsii po Delam Grazhdanskoy Oborony, Chrezvychaynym Situatsiyam i Likvidatsii Posledstviy Stikhiynykh Bedstviy №47-22-3 ot 22 iyulya 2013 goda [Directive of the Ministry of the Russian Federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters No. 47-22-3 from 22 July 2013].
 2. **Rybakov A.V., Ivanov E.V., Savinov A.M., Naekel I.J.** O Podkhode k Opredele niyu Pokazatelya Zashchishchennost Zdaniy i Sooruzheniy Opasnogo Proizvodstvennogo Obyekta [On the Approach to the Determination of the Value of the Security of Buildings and Constructions of Hazardous Industrial Objects]. // Nauchnyye i obrazovatelnyye problemy grazhdanskoy zashchity, 2017, No. 2, pp. 33-40.
 3. **Rybakov A.V., Ivanov E.V., Sedov D.S., Ovsyannikov R.E.** O Podkhode k Opredele niyu Pokazatelya i Postroyeniye Shkaly Otsenki Zashchishchennosti Opasnogo Pro izvodstvennogo Obyekta [On the Approach to the Definition of the Indicator and the Determination of the Scale of Assessment of Hazardous Production Facilities]. // Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudar-stvennogo universiteta, 2017, No. 3, pp. S344-352.
 4. **Mukhin V.I., Rybakov A.V., Ivanov E.V., Panin V.G.** O Metodi ke Otsenki Sostoyani ya Potentsialno Opasnykh Obyektov pri Vozdeystvii Vozdushnoy Udarnoy Volnoy ot Obychnykh Sredstv Porazheniya [About the Method of Evaluating the Condition of Potentially dangerous Objects Under the Influence of the Air Shock Wave from a Conventional Means of Destruction]. // Nauchnyye i obrazovatelnyye problemy grazhdanskoy zashchity, 2017, No. 1, pp. 7-15.
 5. **Baker W., Cox P., Westin P.** Vzryvnyye Yavleniya. Otsenka i Posledstviya [Explosive phenomena. Assessment and Implications]. In two books. Moscow, Mir, 1986, 319 pages.
 6. **Kochetkov K.E., Kotlyarevsky V.A., Zabegaev A.V.** Avarii i Katastrofy. Preduprezhdeniye i Likvidatsiya Posledstviy [Accidents and Disasters. Warning and Disaster]. Moscow, ASV, 1996, 383 pages.
 7. **Bazaar, M., Shetty K.** Nelineynoye Programirovaniye. Teoriya i Algoritmy. Tekhnologicheskii Institut Atlanta. Dzhordzhiya [Nonlinear Programming. Theory and Algorithms. Atlanta Institute of technology. Georgia]. Moscow, Mir, 1982, 583 pages.

Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, доцент, начальник лаборатории Информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС Академии гражданской защиты МЧС России; Россия, Московская область, г.о. Химки, мкр. Новогорск; тел. +7(498)699-07-28; E-mail: anatoll_rubakov@mail.ru

Иванов Евгений Вячеславович, адъюнкт научно-исследовательского центра Академии гражданской защиты МЧС России; Россия, Московская область, г.о. Химки, мкр. Новогорск; Тел. +7(951)126-49-41; E-mail: linia-zhizni@yandex.ru

Седов Дмитрий Сергеевич оператор лаборатории Информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС Академии гражданской защиты МЧС России; Россия, Московская область, г.о. Химки, мкр. Новогорск; тел.:+7(903)209-46-85; e-mail: agzsedov@yandex.ru

Иванова Любовь Евгеньевна, начальник химико-радиометрической лаборатории ФГКУ «Уральский УСЦ МЧС России»; Россия, Челябинская обл., г.о. Озерск, п. Новогорный; тел. +7(925)679-75-78.

Anatoly V. Ribakov, Dr.Sc., Associate Professor; Head of the Laboratory of Informational Support of the Population and Information Support Technologies of the Emergency Situations Academy of the Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of Russia; Russia, Moscow region, the city of. Khimki, md. Novogorsk; phone: +7(498)699-07-28; E-mail: anatoll_rubakov@mail.ru

Evgeniy V. Ivanov, Adjunct of the Research Center of the Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of Russia; Russia, Moscow region, the city of. Khimki, md. Novogorsk; phone +7(951)126-49-41; E-mail: linia-zhizni@yandex.ru

Dmitry S. Sedov, operator of the Laboratory of Information Support of the Population and Information Support Technologies of the Emergency Situations Academy of the Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of Russia; Russia, Moscow region, the city of. Khimki, md. Novogorsk; phone +7(903)209-46-85; E-mail: agzsedov@yandex.ru

Lubov E. Ivanova, Head of the Chemical and Radiometric Laboratory of the FGUU "Ural Center of the Ministry of Emergency Measures of Russia"; Russia, Chelyabinsk region. Ozersk, Novorny settlement; phone +7(925)679-75-78.