

О модели оценки устойчивости территории города к воздействию обычных средств поражения

**А. В. Рыбаков,
Е. В. Иванов,
Д. С. Седов,
Р. Е. Овсянников,**

Академия гражданской защиты
МЧС России,
г. Химки

Аннотация

В статье представлена схема модели оценки устойчивости городской инфраструктуры под воздействием поражающих средств. Произведен расчет сил и средств с использованием энергетического метода и решена транспортная задача.

Ключевые слова: показатель защищенности, ракетно-бомбовый удар, устойчивость территории города, транспортная задача, энергетический метод.

On the model for assessing the stability of the city's territory to the impact of conventional means of destruction

**A. V. Rybakov,
E. V. Ivanov,
D. S. Sedov,
R. E. Ovsyannikov,**
Civil Defence Academy
EMERCOM of Russia,
Khimki

Annotation

The article presents the scheme of the model of urban infrastructure sustainability assessment under the impact of damaging means. The calculation of forces and means using the energy method was made and the transport task was solved.

Keywords: index of security, missile and bomb strike, stability of the city territory, transport problem, energy method.

Содержание

Введение

1. Оценка устойчивости объектов строительства
2. Формирование группировки сил и средств
3. Решение транспортной задачи

Заключение

Литература

Введение

Рост числа жителей городов, и в особенности в крупных городах, а также сохраняющаяся вероятность развязывания вооруженных конфликтов диктуют необходимость разработки мероприятий по повышению оперативности ликвидации последствий в случае нанесения ракетно-бомбового удара.

Устойчивость муниципального образования (города) характеризуется способностью обеспечивать безопасное проживание людей при реализации опасностей, возникающих во время военных конфликтов или вследствие этих конфликтов. Одним из мероприятий по обеспечению устойчивости будет поддержание готовности структурных подразделений РСЧС к ликвидации последствий ракетно-бомбового удара.

Перед силами гражданской обороны в соответствии с Федеральным законом № 28 «О гражданской обороне» стоит задача по обеспечению устойчивости функционирования организаций, необходимых для выживания населения при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [1]. В соответствии с СП 165.1325800.2014 «Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне» инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне в совокупности с организационными мероприятиями составляют комплекс мероприятий, осуществляемых в целях решения задач гражданской обороны (далее — мероприятия по гражданской обороне) при проектировании, строительстве и эксплуатации в том числе и объектов городской застройки [2]. Перечень и объем инженерно-технических мероприятий по гражданской обороне могут планироваться только после проведения расчетов по наиболее возможным вариантам развития событий.

1. Оценка устойчивости объектов строительства

Основой для оценки устойчивости объектов современного строительства от воздушной ударной волны обычных средств поражения стали предложенные группой британских ученых базирующиеся на результатах экспериментальных данных

энергетические методы. В [3, 4] приводится подробный алгоритм решения задач по определению защищенности объектов строительства с помощью энергетических методов, там же говорится и о предельном упрощении и эмпирических формулах. С помощью энергетических методов оцениваются механизмы квазистатического приложения нагрузки (приведенное давление — $\langle P \rangle$) и импульсной нагрузки (приведенный импульс $\langle i \rangle$). Оценка защищенности зданий и сооружений базируется на оценке значений показателя защищенности, функционально зависимых от приведенного давления и импульса.

Под показателем защищенности понимается величина, позволяющая характеризовать способность объекта противостоять угрозам с сохранением возможности выполнять свои основные функции и задачи в условиях воздействия обычных средств поражения. Показатель защищенности определяется как отношение характеристик текущего состояния объекта к характеристикам его желаемого состояния — устойчивого функционирования объекта (нижняя левая четверть на рисунке). Применительно к $\langle P \rangle$, $\langle i \rangle$ — диаграмме (рис. 1) значения показателя могут быть найдены по соотношению площадей, представленных в формуле 1.

$$k = \frac{S_1}{S_2}. \quad (1)$$

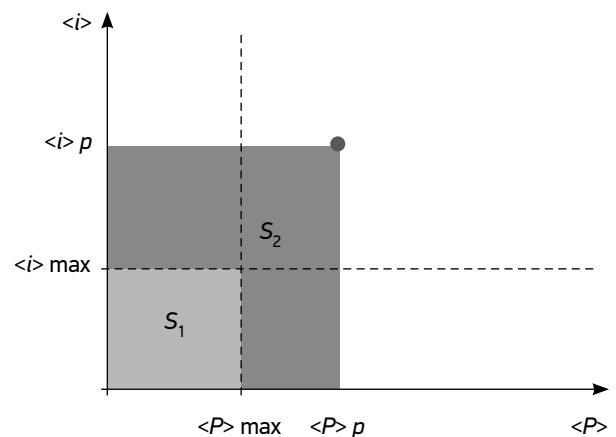


Рис. 1. Интерпретация формулы нахождения показателя защищенности

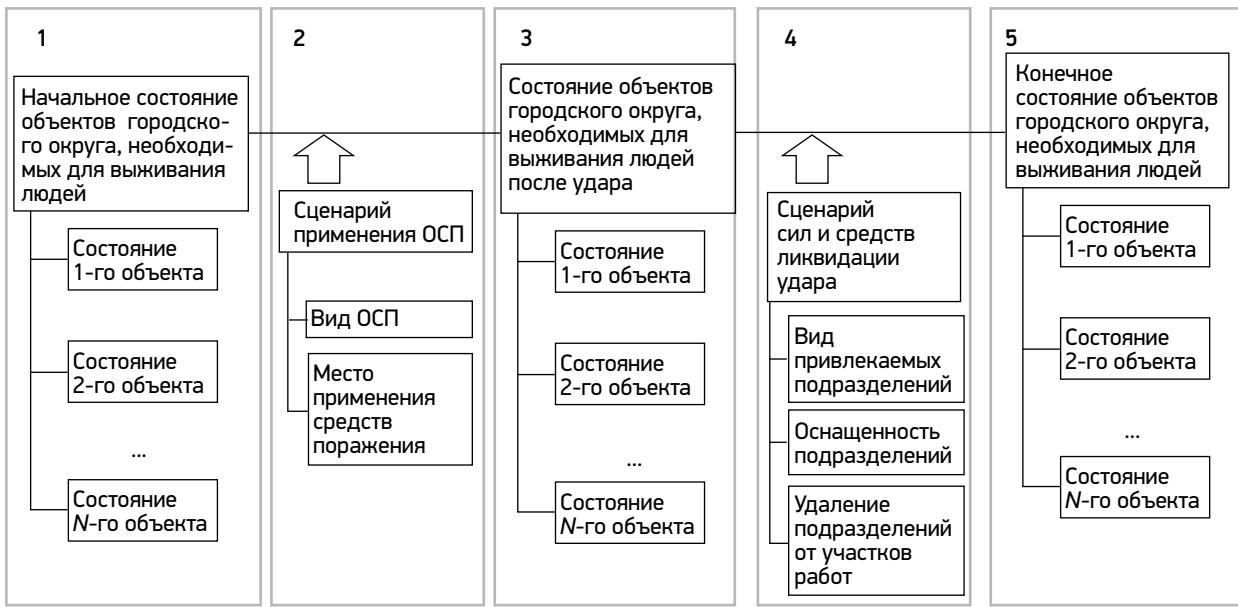


Рис. 2. Структурно-логическая схема модели оценки устойчивости территории города к воздействию обычных средств поражения

На основе предложенной методики оценки степени разрушения объектов строительства разработана структурно-логическая схема модели оценки устойчивости территории города к воздействию обычных средств поражения (рис. 2).

2. Формирование группировки сил и средств

На основе данной модели разработан алгоритм формирования оптимальной группировки сил и средств для ликвидации последствий ракетно-бомбового удара.

Алгоритм формирования оптимальной группировки сил и средств:

1. Определение сценария применения обычных средств поражения, расчет параметров ударно-волновой нагрузки.

2. Расчет показателя защищенностя объектов, городской застройки, подвергшихся ударно-волновой нагрузке, определение степени разрушения объектов застройки.

3. Определение объема работ по ликвидации последствий нанесения ракетно-бомбового удара.

4. Расчет потребного количества сил и средств для ликвидации последствий удара.

5. Расчет оптимального плана привлечения группировки РС ЧС.

Подробно рассмотрим операции, осуществляемые на каждом шаге.

1-й шаг — в качестве поражающего фактора, осуществляющего наибольший вклад в разрушение объектов современной городской застройки, рассмотрим воздушную ударную волну. Оценка последствий ее воздействия осуществляется на основе значений двух ее характеристик — избыточного давления и импульса. Расчет значений избыточного давления и импульса осуществляется по формулам 2, 3 и 4 [3]:

$$\bar{R} = \frac{R}{\sqrt[3]{C}}; \quad (2)$$

$$P = \frac{k_1}{R} + \frac{k_2}{\bar{R}} + \frac{k_3}{R}; \quad (3)$$

$$i = \frac{0,4 \cdot C^{2/3}}{R}, \quad (4)$$

где k_1, k_2, k_3 — коэффициенты, равные 0,084, 0,27, 0,7 соответственно;

P — избыточное давление (Па);

i — импульс (Па · с);

C — масса взрывчатого вещества (кг);

R — расстояние до эпицентра взрыва (м);

\bar{R} — приведенное расстояние.

В программном продукте необходимо ввести точку, соответствующую эпицентру взрыва, в окно поиска адреса и тип применяемого средства поражения (рис. 3).

2-й шаг — определение степени разрушения объектов застройки, которое осуществляется за счет нахождения для каждого объекта городской застройки, подвергшегося воздействию, показателя защищенности. Подход к нахождению значений показателя защищенности изложен в [3] и базируется на энергетических методах. Пример расчета работы конструкции под действием ударно-волновой нагрузки представлен на рис. 4 (шкала значе-

ний величин деформаций приведена в правом углу рисунка).

Соотнеся значения показателя защищенности объекта городской застройки со шкалой защищенности, получаем степень его разрушения в соответствии с критериями ГОСТ Р 42.2.01-2014 «Гражданская оборона. Оценка состояния потенциально опасных объектов, объектов гражданской обороны и безопасности в условиях воздействия поражающих факторов обычных средств поражения». В программе сведения о конструктивных параметрах объектов загружены в виде библиотеки.

3-й шаг — определение объема работ по ликвидации последствий нанесения ракетно-бомбового удара осуществляется на основании методик, изло-

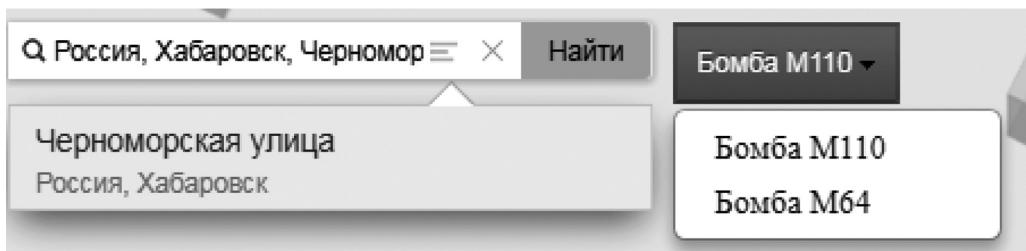


Рис. 3. Пример ввода параметров ОСП и точки нанесения удара

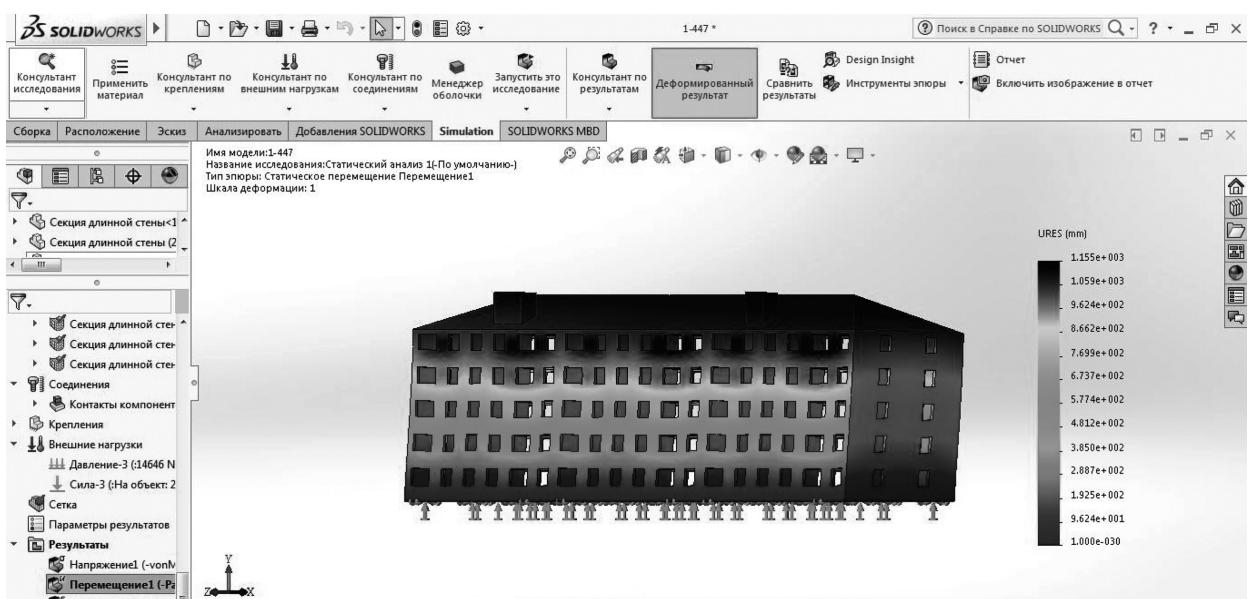


Рис. 4. Пример работы здания под действием ударно-волновой нагрузки



Рис. 5. Отображение степени разрушения объектов в рабочем окне программы

Объемы завалов на 100 м³ строительного объема здания, м³

Таблица 1

Тип здания	Промышленные здания					Жилые здания	
	одноэт. легкого типа	одноэт. среднего типа	одноэт. тяжелого типа	многоэт.	смешан. типа	бескаркасн. кирпичн.	каркасн. панельн.
Объем завала	14	16	20	21	22	36	42

женных в [5]. Для определения объема завалов, образовавшихся в результате обрушения конструкций зданий и сооружений, используются данные табл. 1.

На рис. 6 изображено окно программы с результатами расчета объемов завалов.

4-й шаг — потребное количество сил и средств для ликвидации последствий удара также вычисляется по методике, изложенной в [5]. В методике приведен расчет по ряду привлекаемых специалистов, таких как:

1. Спасатели.
2. Пожарные.
3. Медицинские работники.
4. Сотрудники охраны правопорядка.
5. Работники КЭС.

На 5-м шаге в целях обеспечения рационального порядка привлечения сил РСЧС предлагается решить задачу оптимизации на основе транспортной задачи.

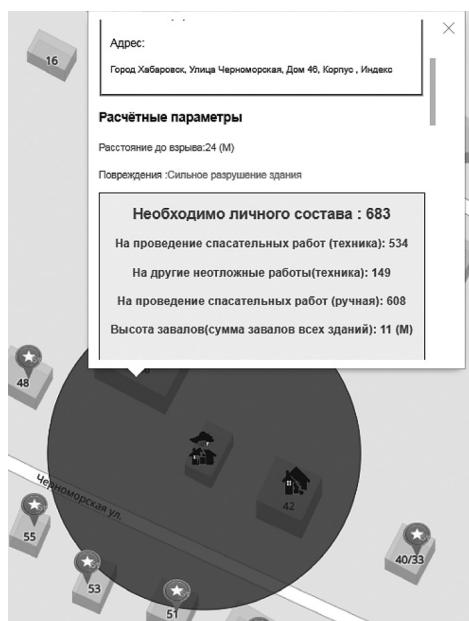


Рис. 6. Отображение объема работ в рабочем окне программы

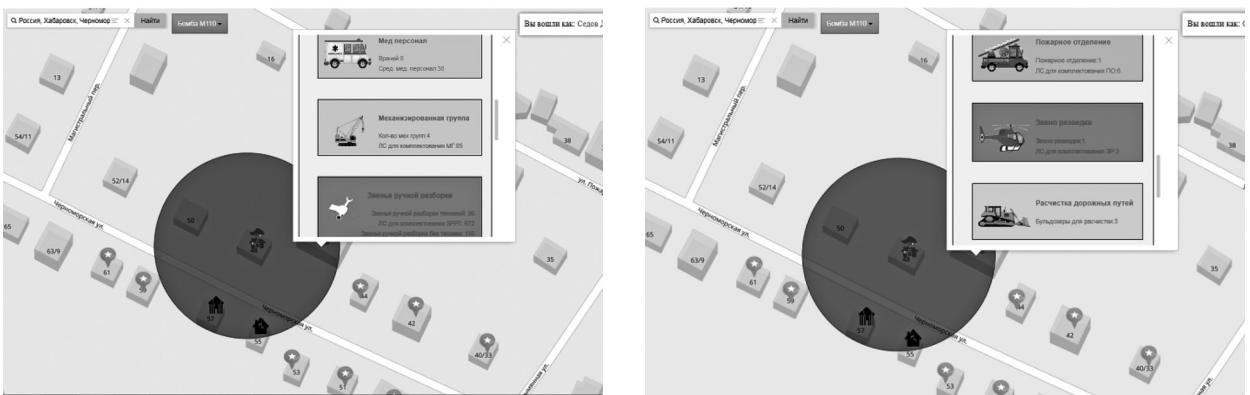


Рис. 7, 8. Отображение потребного количества сил и средств на ликвидацию последствий удара

3. Решение транспортной задачи

Для каждой указанной специальности, названной выше, на шаге 4 формируется матрица следующего вида (табл. 2).

В качестве информации, отображаемой в ячейках таблицы, будет выступать время прибытия на участок ведения работ. Заполнение ячеек осуществляется с учетом эшелонирования сил и средств и необходимости предусмотреть резерв.

В качестве примера расчета рассмотрим решение практической задачи.

По г. Н-ску был нанесен ракетно-бомбовый удар (ул. Первая, д. 12, ул. Вторая, д. 3, ул. Третья, д. 23). В результате оценки обстановки и проведения оперативных расчетов была определена потребность в спасателях по участкам работ:

1-й участок — 45 чел.;

2-й участок — 30 чел.;

3-й участок — 50 чел.

В качестве органов, комплектующих группировку РСЧС спасателями, рассмотрим четыре пожарные части и два аварийно-спасательных формирований:

1 ПЧ — 35 чел.;

2 ПЧ — 40 чел.;

3 ПЧ — 50 чел.;

4 ПЧ — 30 чел.;

1 АСФ — 20 чел.;

2 АСФ — 20 чел.

Время прибытия на участки работ представлено в табл. 3.

Решение транспортной задачи представлено в табл. 4 и 5.

Таким образом, решив транспортную задачу по всем необходимым для ликвидации последствий удара специалистам, определим потребное количество сил и средств от каждой организации, входящей в подсистему РСЧС.

Матрица, необходимая для решения транспортной задачи

Таблица 2

Подразделения, привлекаемые к ликвидации последствий удара	Район выполнения работ				
	уч. 1	уч. 2	...	уч. п	Всего л/с
1-е подразделение					
2-е подразделение					
...					
m-е подразделение					
Потребность для решения задач					

Пример заполнения матрицы решения транспортной задачи

Таблица 3

Подразделения, привлекаемые к ликвидации последствий удара	Район выполнения работ			
	уч. 1	уч. 2	уч. 3	Всего л/с
1 ПЧ (осн./деж.)	20/10	30/15	20/10	30/5
2 ПЧ (осн./деж.)	60/40	20/10	30/15	30/10
3 ПЧ (осн./деж.)	50/30	45/25	20/10	40/10
4 ПЧ (осн./деж.)	30/15	30/15	45/25	25/5
1 АСФ (осн./деж.)	45/25	45/25	30/15	20/0
2 АСФ (осн./деж.)	20/10	30/15	45/25	20/0
Потребность для решения задач	45	30	50	

Решение задачи о распределении спасателей дежурных сил

Таблица 4

Подразделения, привлекаемые к ликвидации последствий удара	Район выполнения работ			
	уч. 1	уч. 2	уч. 3	Всего л/с
1 ПЧ	5	0	0	5
2 ПЧ	0	10	0	10
3 ПЧ	0	0	10	10
4 ПЧ	5	0	0	5
Потребность для решения задач	45	30	50	

Решение задачи о распределении основных сил

Таблица 5

Подразделения, привлекаемые к ликвидации последствий удара	Район выполнения работ			
	уч. 1	уч. 2	уч. 3	Всего л/с
1 ПЧ	30	0	0	30
2 ПЧ	0	20	0	30
3 ПЧ	0	0	40	40
4 ПЧ	0	0	0	25
1 АСФ	0	0	0	20
2 АСФ	5	0	0	20
Потребность для решения задач	35	20	40	

Заключение

В работе представлена структурно-логическая схема модели оценки устойчивости территории города к воздействию обычных средств поражения. Показана реализация данной структуры в программном продукте, позволяющем на основе оценки значений показателя защищенности объ-

ектов современной городской застройки осуществлять расчет потребного количества сил и средств для проведения работ по ликвидации последствий нанесения ракетно-бомбового удара. Показано одно из направлений формирования рационального состава группировки, участвующей в ликвидации последствий удара.

Литература [References]

1. Федеральный закон от 12.02.1998 № 28-ФЗ «О гражданской обороне»: [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «Гарант» URL: <http://base.garant.ru/178160/1/> (Дата обращения: 11.02.2018). [Federal law “On civil defense” № 28-FZ of 12.02.1998 (ed. of 30.12. 2015).]
2. Свод правил СП 165.1325800.2014 «Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне» (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 12.11.2014 № 705/пр): [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «Кодекс» URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118578> (Дата обращения: 11.12.2017). [Set of rules SP 165.1325800.2014 Engineering and technical measures for civil defense.]
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 гос. ун-та. 2017. № 3. С. 344—352. [Rybakov A.V., Ivanov E.V., Sedov D.S., Ovsyannikov R.E. About the approach to determining the indicator and constructing the scale of evaluating the protection of a dangerous production object. DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-03-344-352 // Nauchno-tehnicheskii vestnik Brianskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. № 3. P. 344—352.]
4. Кочетков К.Е., Котляревский В.А., Забегаев А.В. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий // Под редакцией Кочеткова К.Е., Котляревского В.А., Забегаева А.В. М.: Ассоциация строительных вузов. 1996. 383 с. [Kochetkov K.E., Kotlyarevsky V.A., Zabegaev A.V. Accidents and catastrophes. Prevention and elimination of consequences. M.: Association of construction Universities. 1996. 383 p.].
5. Наставление по организации и технологии ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при чрезвычайных ситуациях. Ч. 2. Организация и технологии ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при землетрясениях. М.: ВНИИ ГОЧС, 2000. 204 с. [Instruction on the organization and technology of emergency rescue and other emergency operations in emergency situations. Part 2. Organization and technology of emergency rescue and other urgent work in earthquakes / M.: VNII GOCHS. 2000. 204 p.].

Сведения об авторах

Рыбаков Анатолий Валерьевич: доктор технических наук, доцент, начальник лаборатории информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

Область научных интересов:

Количество публикаций: 41

Контактная информация:

Адрес: Московская обл., г. Химки, Соколовская ул., д. 1

Тел.: +7 (929) 631-34-95

E-mail: anatoll_rubakov@mail.ru

Иванов Евгений Вячеславович: адъюнкт научно-исследовательского центра ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

Область научных интересов: обеспечение промышленной, химической и радиационной безопасности

Количество публикаций: 11

Контактная информация:

Адрес: Московская обл., г. Химки, Соколовская ул., д. 1

Тел.: +7 (982) 104-24-66

E-mail: linia-zhizni@yandex.ru

Седов Дмитрий Сергеевич: оператор лаборатории информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

Область научных интересов: автоматизация технологических процессов и производств

Количество публикаций: 1

Контактная информация:

Адрес: Московская обл., г. Химки, Соколовская ул., д. 1

Тел.: +7 (903) 209-46-85

E-mail: agzsedov@yandex.ru

Овсянников Роман Евгеньевич: оператор лаборатории информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

Область научных интересов: наземные транспортно-технологические средства, трехмерное твердотельное моделирование, расчет устойчивости строительных конструкций методом трехмерного анализа данных

Количество публикаций: 2

Контактная информация:

Адрес: Московская обл., г. Химки, Соколовская ул., д. 1

Тел.: +7 (985) 968-22-75

E-mail: re.ovsy@gmail.com