

УДК 622.817.001.2

UDC 622.817.001.2

05.00.00 Технические науки

Technical Sciences

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ В РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНЫХ ВЗРЫВОВ ТОПЛИВОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

INFORMATION SYSTEMS AND PROCESSES IN THE TASKS IMPLEMENTATION OF ASSESSING THE CONSEQUENCES OF THE FUEL MIXTURE EMERGENCY EXPLOSIONS

Орищенко Ирина Викторовна
кандидат технических наук
РИНЦ: SPIN-код: 1003-8910
Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде,
г.Зерноград, Ростовская область, Россия
OrishenkoIrina@mail.ru

Orishchenko Irina Victorovna
Candidate of Technical Sciences
RISC: SPIN-cord: 1003-8910
Azov-Black Sea Engineering Institute FSBE HE
«Don State Agrarian University», in Zernograd,
Zernograd, the Rostov region, Russia
OrishenkoIrina@mail.ru

Петренко Надежда Владимировна
кандидат технических наук
РИНЦ: SPIN-код: 5942-7170
Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, в г. Зернограде,
г.Зерноград, Ростовская область, Россия

Petrenko Nadezhda Vladimirovna
Candidate of Technical Sciences
RISC: SPIN-cord: 5942-7170
Azov-Black Sea Engineering Institute FSBE HE
«Don State Agrarian University», in Zernograd,
Zernograd, the Rostov region, Russia

Литвинов Владимир Николаевич
кандидат технических наук
РИНЦ: SPIN-код: 1021-5284
Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, в г. Зернограде,
г.Зерноград, Ростовская область, Россия

Litvinov Vladimir Nikolayevich
Candidate of Technical Sciences
RISC: SPIN-cord: 1021-5284
Azov-Black Sea Engineering Institute FSBE HE
«Don State Agrarian University», in Zernograd,
Zernograd, the Rostov region, Russia

Грачева Наталья Николаевна
кандидат технических наук
РИНЦ: SPIN-код: 4928-8945
Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, в г. Зернограде,
г.Зерноград, Ростовская область, Россия

Gracheva Natalia Nikolaevna
Candidate of Technical Sciences
RISC: SPIN-cord: 4928-8945
Azov-Black Sea Engineering Institute FSBE HE
«Don State Agrarian University», in Zernograd,
Zernograd, the Rostov region, Russia

Руденко Нелли Борисовна
кандидат технических наук
РИНЦ: SPIN-код: 4348-8168
Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, в г. Зернограде,
г.Зерноград, Ростовская область, Россия

Rudenko Nelly Borisovna
Candidate of Technical Sciences
RISC: SPIN-cord: 4348-8168
Azov-Black Sea Engineering Institute FSBE HE
«Don State Agrarian University», in Zernograd,
Zernograd, the Rostov region, Russia

В статье рассмотрены основные причины взрывов топливовоздушных смесей и поражающие факторы, такие как: воздушная ударная волна и осколочные поля. Взрывы осуществляются при помощи самых различных источников энергии. Масштабы последствий взрывов зависят от их мощности детонационной и среды, в которой они происходят. Радиусы зон поражения могут достигать до нескольких километров. Основными параметрами, характеризующими взрывчатые вещества, являются максимальное давление. По мере удаления от места взрыва максимальное давление и импульс уменьшаются, а время действия растёт. Приведена методика,

In the article, we have described the main causes of the fuel-air mixtures explosion and such affecting factors as air blast and fragmental fields. Explosions are performed using various sources of energy. The scale of the explosions consequences depends on their detonation power and the environment in which they occur. The range of the affected areas can reach several kilometers. The basic parameter that characterizes the explosives is the maximum pressure. Increasing distance from the explosion, the maximum pressure and pulse decrease and action duration increases. There is presented method, which is developed in Windows-based applications that allows investigate the dependence of the destruction

разработанная в Windows-приложении, позволяющая исследовать зависимость уровня разрушений от расстояния и эпицентра взрыва. Алгоритмом работы приложения реализовано автоматическое заполнение поля «Молярная масса горючего вещества, г/моль» в зависимости от выбранного пользователем названия горючего вещества. После вычисления исходных данных пользователь переходит к расчету всех параметров и видит результаты расчета. По умолчанию результаты расчета представлены в табличном виде. Далее результаты расчета представлены с графическим представлением данных. Разработанный программный продукт может быть использован в учебном процессе при изучении дисциплин «Теория горения и взрыва», «Производственная безопасность» «Защита в чрезвычайных ситуациях», а также быть рекомендовано практическим работникам сферы безопасности труда, прогнозирования и оценки последствий техногенных аварий и катастроф, преподавателям дисциплин данного профиля

Ключевые слова: БЕЗОПАСНОСТЬ, ГОРЕНИЕ, ВЗРЫВ, ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНЫЕ СМЕСИ, АВАРИЯ, УДАРНАЯ ВОЛНА, УЩЕРБ

level on the distance and the explosion epicenter. Algorithm of application operation implements automatically filling of the "molar mass of combustible material, g/mol" field depending on the user's choice of the flammable substance name. After calculating the raw data, the user moves to the calculation of all the parameters and sees the results of the calculation. By default, the calculation results are presented in tabular form. Further, the results of calculation are presented with a graphical representation of data. The developed software can be used in the educational process at studying such disciplines as "Theory of burning and explosion", "The production safety", "Protection in emergency situations", and also be recommended to practical workers in the sphere of labor safety, prediction and assessment of the technological accidents and catastrophes consequences, teachers of this profile disciplines

Keywords: SAFETY, COMBUSTION, EXPLOSION, THE FUEL-AIR MIXTURE, ACCIDENT, SHOCK WAVE, DAMAGE

Обеспечение безопасности персонала и снижение материального ущерба от возможных чрезвычайных ситуаций является весьма актуальной задачей. Около 80% от числа всех техногенных чрезвычайных ситуаций приходится на долю пожаров и взрывов [1, 2].

В настоящее время специалисты противопожарной службы, выезжая на аварии, связанные с пожарами на производствах, достаточно часто сталкиваются с авариями, развитие которых происходит по схемам [3, 4]:

- а) загорание – массивированный пожар – взрыв;
- б) взрыв – массивированный пожар – вторичные взрывы.

Статистика аварий, представленная в таблице 1, позволяет количественно оценить процент аварий.

Таблица 1 – Статистика аварий

| Тип аварий | Процент аварий | Средний ущерб от аварии, млн \$ |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|
| Взрыв облаков горючей смеси | 34,7 | 59,1 |
| Взрыв | 25,3 | 33,6 |
| Пожар | 36,5 | 36,1 |

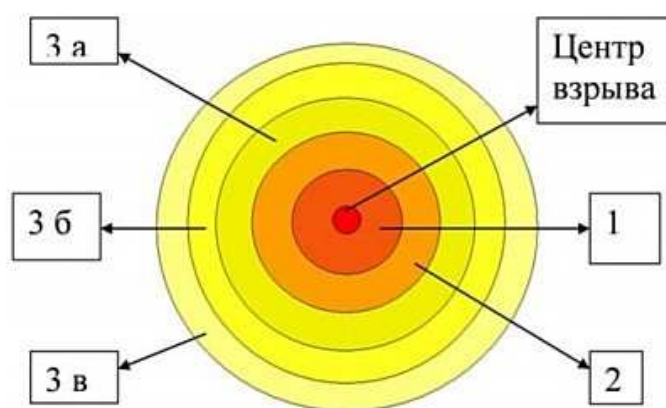
Из приведенных данных видно, что значительная доля аварий – это аварии типа: загорание (пожар) – взрыв (взрыв облака горючей смеси) или взрыв – массивованный пожар – взрыв.

Взрывной процесс (взрыв) – это очень быстрое физическое или химическое превращение системы, сопровождающееся переходом большого количества потенциальной энергии в тепловую энергию и механическую работу.

Основные поражающие факторы взрыва [5]:

- воздушная ударная волна,
- осколочные поля.

Зоны действия взрыва представлены на рисунке 1.



Зона 1 – зона действия детонационной волны; Зона 2 – зона действия продуктов взрыва; Зона III (а, б, в) – зона действия воздушной ударной волны:

3 а – сильных разрушений, 3 б – средних разрушений,

3 в – слабых разрушений

Рисунок 1 – Зоны действия взрыва

Масштабы последствий взрывов зависят от их мощности детонационной и среды, в которой они происходят. Радиусы зон поражения могут достигать до нескольких километров. Различают три зоны действия взрыва [4, 5].

Зона 1 – действие детонационной волны. Для нее характерно интенсивное дробящее действие, в результате которого конструкции разрушаются на отдельные фрагменты, разлетающиеся с большими скоростями от центра взрыва.

Зона 2 – действие продуктов взрыва. В ней происходит полное разрушение зданий и сооружений под действием расширяющихся продуктов взрыва. На внешней границе этой зоны образующаяся ударная волна отрывается от продуктов взрыва и движется самостоятельно от центра взрыва. Истощив свою энергию, продукты взрыва, расширившись до плотности, соответствующей атмосферному давлению, не производят больше разрушительного действия.

Зона 3 – действие воздушной ударной волны. Эта зона включает три подзоны: 3 а – сильных разрушений, 3 б – средних разрушений, 3 в – слабых разрушений. На внешней границе зоны 3 ударная волна вырождается в звуковую, слышимую на значительных расстояниях.

Если скорость процесса взрыва постоянная и максимальна при данных условиях, то такой случай взрыва называют детонацией.

Скорость детонации взрывчатых веществ различна и достигает больших значений.

Детонация возникает на определенной стадии взрывного процесса во времени и ее скорость V зависит от давления P (рис. 2).

Взрывы могут осуществляться при помощи самых различных источников энергии. Они подразделяются в зависимости от природы происхождения, агрегатного состояния среды, условий, вызывающих возникновение взрыва. В зависимости от источника энергии взрывы можно классифици-

ровать на:

- физические взрывы;
- химические взрывы.

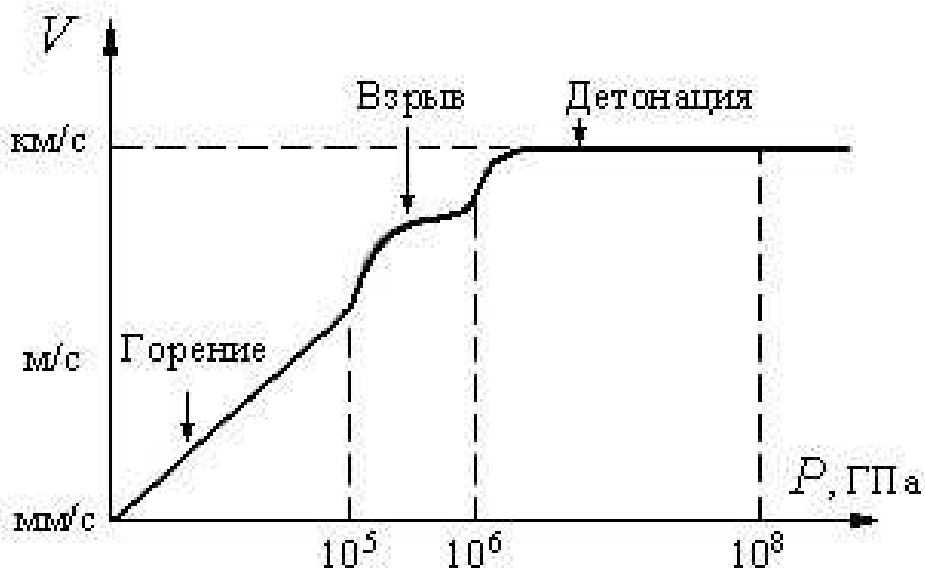


Рисунок 2 – Скорость взрывного превращения и давление при взрыве

Основные виды физических и химических взрывов представлены на рисунке 3.

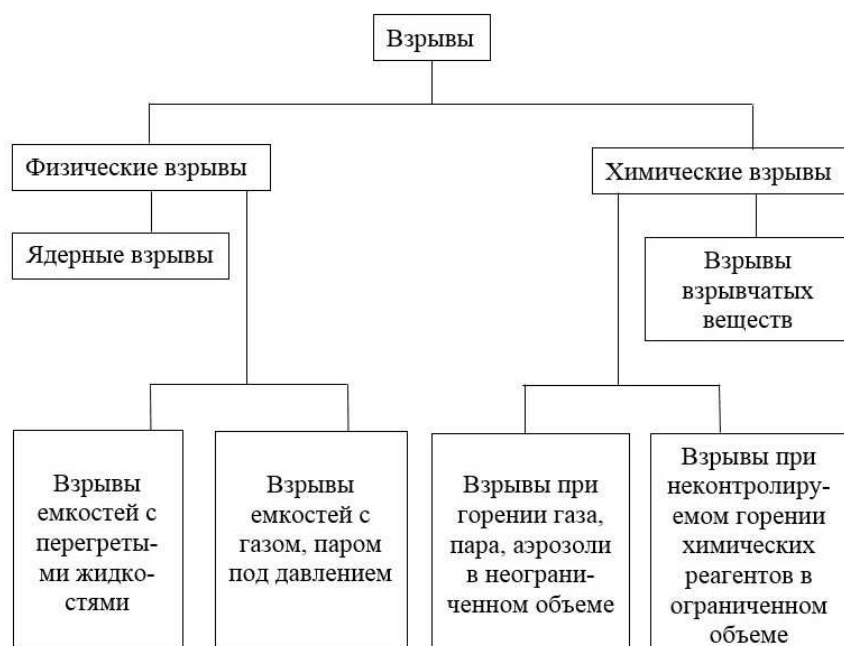


Рисунок 3 – Основные виды физических и химических взрывов

К **химическим взрывам** относятся процессы быстрого химического превращения вещества, проявляющиеся горением и характеризующиеся выделением тепловой энергии за короткий промежуток времени и в таком объеме, что образуются волны давления, распространяющиеся от источника взрыва.

Химические превращения происходят в результате следующих реакций [4]:

- разложения;
- окислительно-восстановительных;
- поляризации, изомеризации и конденсации.

К **физическим взрывам** относятся процессы, приводящие к возникновению внутреннего давления, которое превышает предельно допустимые значения для оборудования.

К физическим относятся взрывы [5]:

- сосудов, работающих под давлением;
- оборудования из-за увеличения давления внутри него выше нормы;
- электрические;
- за счет энергии фазового перехода «жидкость – кристалл», а также физическая детонация.

Продукты взрыва, сжатые давлением, расширяются до тех пор, пока давление в них не станет таким, как давление окружающей среды. Практически на момент выравнивания давления заканчивается разрушающее и поражающее действие непосредственно продуктов взрыва.

Под воздействием высокого давления газов, образовавшихся при взрыве, окружающая очаг взрыва среда испытывает сжатие и приобретает большую скорость. Движение передаётся от одного слоя к другому, так что область, охваченная взрывом, быстро расширяется. Скачкообразное изменение состояния вещества на фронте взрыва, называется ударной волной,

распространяется со сверхзвуковой скоростью.

Основными параметрами, характеризующими взрывчатые вещества, являются максимальное давление. По мере удаления от места взрыва максимальное давление и импульс уменьшаются, а время действия растёт (рис. 4).

Взрывчатые вещества обладают свойством подобия. Расстояние, на котором волна имеет заданную интенсивность, связано с энергией взрыва q соотношением:

$$r \sim \sqrt[3]{q} \quad (1)$$

Однако из-за возникновения и распространения ударных волн разрушающее действие взрыва может передаваться через окружающую среду на расстояния, много превышающие те, на которых еще могут действовать непосредственно продукты взрыва.

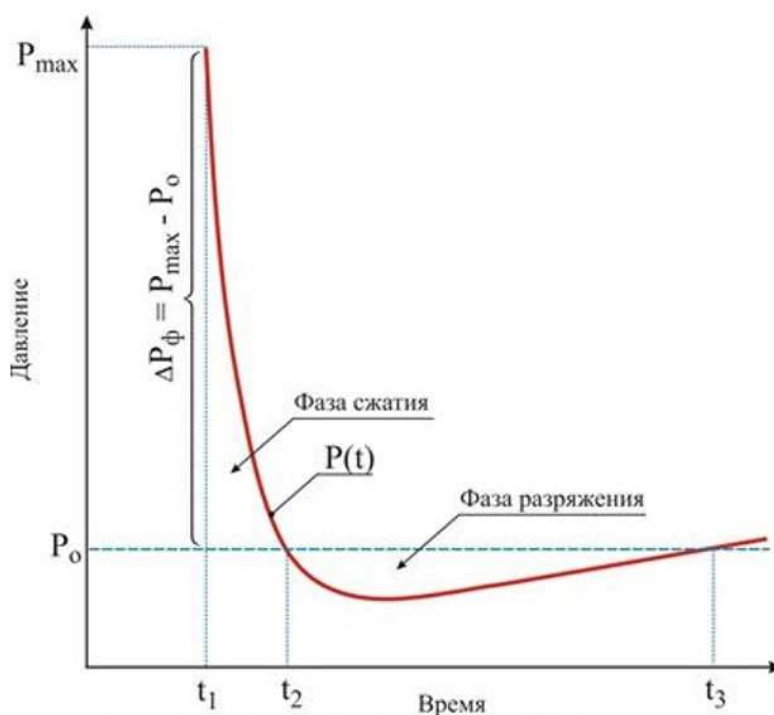


Рисунок 4 – Изменение давления в фиксированной точке на местности в зависимости от времени

Основным параметром, который определяет разрушающее и поража-

ющее действие ударных волн, является избыточное давление на фронте ударной волны [5, 6, 7]:

$$\Delta p = p_{\Phi} - p_0, \quad (2)$$

где Δp – избыточное давление на фронте ударной волны;

p_{Φ} – давление на фронте ударной волны;

p_0 – атмосферное давление.

В некоторых случаях при оценке разрушающего действия ударных волн приходится учитывать величину удельного импульса области сжатия:

$$(3)$$

где J – удельный импульс области сжатия;

$\Delta p(\tau)$ – изменение избыточного давления во времени за фронтом ударной волны;

τ_+ – время действия избыточного давления.

Избыточное давление на фронте ударной волны, равное $0,12 \cdot 0,2$ Па, принято считать безопасным для человека.

Давление порядка $(0,12-0,2)10^5$ Па может нанести зданиям и сооружениям легкие повреждения, например, разрушить остекление, сорвать частично кровлю.

Безопасное расстояние по действию воздушной ударной волны можно рассчитать по формуле

$$(4)$$

где r – безопасное расстояние по действию воздушной ударной волны взрыва, м;

Q – тротильный эквивалент взрыва.

На основе методики [1] разработано Windows-приложение, позволяющее исследовать зависимость уровня разрушений от расстояния от эпицентра взрыва.

После запуска приложения появляется диалоговое окно, в котором

пользователю предлагается ввести исходные данные к расчету (рис. 5) [8, 9]:

- название горючего вещества (выбор из списка);
- масса горючего вещества в облаке ТВС, кг;
- средняя концентрация горючего вещества в облаке ТВС, кг;
- тип облака ТВС (выбор из списка: газовая; гетерогенная);
- класс окружающего пространства (выбор из списка: 1; 2; 3; 4);
- расстояние от эпицентра взрыва, м;
- стехиометрический коэффициент перед горючим веществом;
- молярная масса горючего вещества, г/моль.

Исходные данные

Название горючего вещества:

Масса горючего вещества в облаке ТВС, кг:

Средняя концентрация горючего вещества в облаке ТВС, г/м.куб.:

Тип облака ТВС:

Класс окружающего пространства:

Расстояние от эпицентра взрыва, м:

Стехиометрический коэффициент перед горючим веществом:

Молярная масса горючего вещества, г/моль:

ВЫЧИСЛИТЬ

Рисунок 5 – Интерфейс приложения при запуске

Алгоритмом работы приложения реализовано автоматическое заполнение поля «Молярная масса горючего вещества, г/моль» в зависимости от выбранного пользователем названия горючего вещества.

После ввода исходных данных пользователь нажимает на кнопку «Вычислить», что приводит к расчету всех параметров и открытию окна «Результаты расчета» (рис. 6). По умолчанию результаты расчета пред-

ставлены в табличном виде (активна вкладка «Таблица»). Для просмотра результатов расчета в графическом виде необходимо перейти на вкладку «Графики» (рис. 7) [10, 11].

| Расстояние от эпицентра, м | Полные и сильные разрушения, % | Средние разрушения, % | Слабые разрушения, % | Гибель людей от баротравмы, % | Разрыв барабанных перепонок, % |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 12 | 91 | 100 | 100 | 0 | 88 |
| 13 | 88 | 99 | 100 | 0 | 82 |
| 14 | 84 | 98 | 100 | 0 | 75 |
| 15 | 80 | 97 | 99 | 0 | 67 |
| 16 | 76 | 96 | 99 | 0 | 60 |
| 17 | 72 | 95 | 98 | 0 | 52 |
| 18 | 67 | 94 | 98 | 0 | 45 |
| 19 | 63 | 92 | 98 | 0 | 39 |
| 20 | 58 | 91 | 98 | 0 | 33 |
| 21 | 54 | 89 | 97 | 0 | 28 |
| 22 | 50 | 87 | 97 | 0 | 24 |
| 23 | 46 | 85 | 96 | 0 | 20 |
| 24 | 42 | 82 | 96 | 0 | 17 |
| 25 | 39 | 80 | 96 | 0 | 14 |
| 26 | 36 | 78 | 95 | 0 | 12 |

Рисунок 6 – Диалогового окна «Результаты расчета» с табличным представлением данных

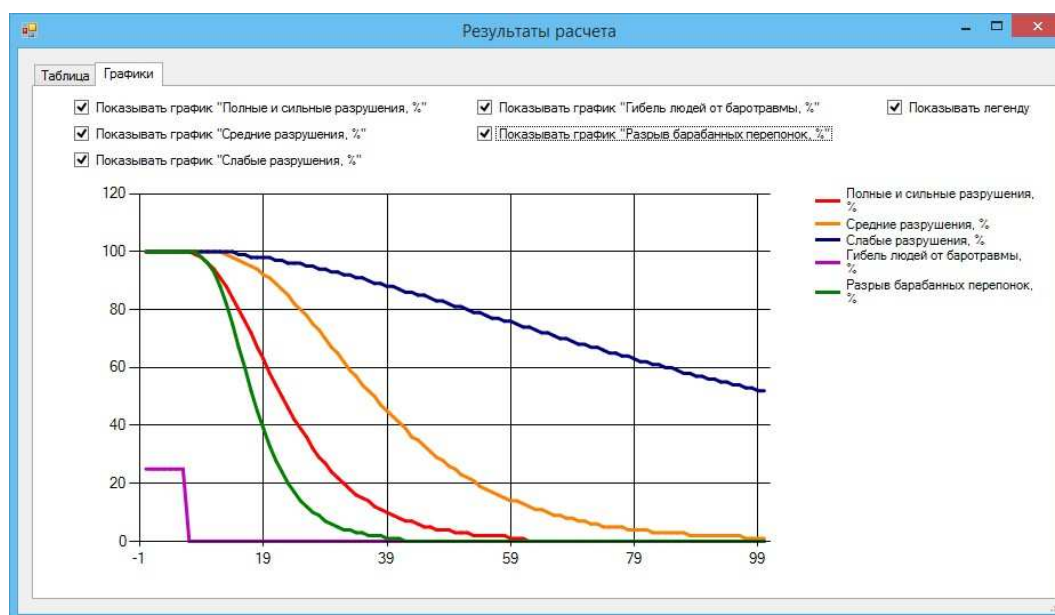


Рисунок 7 – Диалоговое окна «Результаты расчета» с графическим

представлением данных

Разработанный программный продукт может быть использован в учебном процессе при изучении дисциплин «Теория горения и взрыва», «Производственная безопасность» «Защита в чрезвычайных ситуациях», а также быть рекомендовано практическим работникам сферы безопасности труда, прогнозирования и оценки последствий техногенных аварий и катастроф, преподавателям дисциплин данного профиля.

Литература

1. Поражающие факторы ядерного взрыва [Электронный ресурс]. – URL: http://knowledge.allbest.ru/war/2c0b65635a2bc78a4d53a88421216d37_0.html.
2. Балаганский, И.А. Природные и техногенные катастрофы: учебное пособие [Электронный ресурс] / И.А. Балаганский. – Новосибирск, 2003. – 55 с. – URL: http://geo.tsu.ru/faculty/structure/chair/geography/Magist/catastrophies_5043.pdf.
3. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (с изменениями и дополнениями). РД 03-409-01 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_93563.html.
4. Липкович, И.Э. Теория горения и взрыва: учебное пособие для практических занятий / И.Э. Липкович, Н.В. Петренко, И.В. Орищенко. – Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2014. – 121 с.
5. Кукин, П.П. Теория горения и взрыва: учебное пособие / П.П. Кукин, В.В. Юшин, С.Г. Емельянов. – Москва: Изд-во Юрайт, 2012. – 435 с.
6. Свид. 2015610932 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Оценка последствий аварийных взрывов тепловоздушных смесей / Н.Н. Грачева, Н.Б. Руденко, И.В. Орищенко, В.Н. Литвинов, Н.В. Петренко, И.Э. Липкович; заявители и правообладатели Н.Н. Грачева, Н.Б. Руденко, И.В. Орищенко, В.Н. Литвинов, Н.В. Петренко, И.Э. Липкович (RU). – №2014662548; заявл. 27.11.2014; опубл. 20.02.2015, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с. Стиллмен, Э. Изучаем С# / Э. Стиллмен, Дж. Грин. – СПб: Питер, 2012.
7. Компьютерная модель оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей / И.В. Орищенко, Н.Н. Грачева, Н.Б. Руденко и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №02(106). С. 301 – 312. – IDA [article ID]: 1061502019. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/19.pdf>, 0,75 у.п.л.
8. Структурное моделирование систем / Б.А. Карташов, В.Н. Литвинов, И.К. Винников, Е.В. Беннова // Инновационные технологии и технические средства в животноводстве: Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «Инновационные технологии для АПК России» (14-15 мая 2008 г., г.Зерноград). – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2008. – 379 с. – С. 121-129
9. База данных – основа программных продуктов / В.Н. Литвинов, О.Б. Забродина // Сельский механизатор. - 2008. - №4. – С. 39

10. Литвинов, В.Н. Современное компьютерное программирование: лабораторный практикум / В.Н. Литвинов, Н.Б. Руденко, Н.Н. Грачева. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 164 с.

11. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливовоздушных смесей: учебное пособие для практических занятий / И.Э. Липоквич, Н.В. Петренко, И.В. Орищенко, Н.Н. Грачева, Н.Б. Руденко. – Зерноград: РИО ФГБОУ ВПО ДГАУ АЧИИ, 2015. – 34 с.

References

1. Porazhajushhie faktory jadernogo vzryva [Jelektronnyj resurs]. – URL: http://knowledge.allbest.ru/war/2c0b65635a2bc78a4d53a88421216d37_0.html.

2. Balaganskij, I.A. Prirodnye i tehnogennye katastrofy: uchebnoe posobie [Jelektronnyj resurs] / I.A. Balaganskij. – Novosibirsk, 2003. – 55 s. – URL: http://geo.tsu.ru/faculty/structure/chair/geography/Magist/catastrophies_5043.pdf.

3. Metodika ocenki posledstvij avarijnyh vzryvov toplivno-vozdushnyh smesej (s izmenenijami i dopolnenijami). RD 03-409-01 [Jelektronnyj resurs]. – URL: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_93563.html.

4. Lipkovich, I.Je. Teorija gorenija i vzryva: uchebnoe posobie dlja prakticheskikh zanjatij / I.Je. Lipkovich, N.V. Petrenko, I.V. Orishhenko. – Zernograd: FGBOU VPO AChGAA, 2014. – 121 s.

5. Kukin, P.P. Teorija gorenija i vzryva: uchebnoe posobie / P.P. Kukin, V.V. Jushin, S.G. Emel'janov. – Moskva: Izd-vo Jurajt, 2012. – 435 s.

6. Svid. 2015610932 Rossijskaja Federacija. Svidetel'stvo ob oficial'noj re-gistracii programmy dlja JeVM. Ocenka posledstvij avarijnyh vzryvov teplovoz-dushnyh smesej / N.N. Gracheva, N.B. Rudenko, I.V. Orishhenko, V.N. Litvinov, N.V. Petrenko, I.Je. Lipkovich; zajaviteli i pravoobladateli N.N. Gracheva, N.B. Rudenko, I.V. Orishhenko, V.N. Litvinov, N.V. Petrenko, I.Je. Lipkovich (RU). – №2014662548; zajavl. 27.11.2014; opubl. 20.02.2015, Reestr programm dlja JeVM. – 1 s. Stillmen, Je. Izuchaem C# / Je. Stillmen, Dzh. Grin. – SPb: Piter, 2012.

7. Komp'juternaja model' ocenki posledstvij avarijnyh vzryvov toplivno-vozdushnyh smesej / I.V. Orishhenko, N.N. Gracheva, N.B. Rudenko i dr. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №02(106). S. 301 – 312. – IDA [article ID]: 1061502019. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/19.pdf>, 0,75 u.p.l.

8. Strukturnoe modelirovanie sistem / B.A. Kartashov, V.N. Litvinov, I.K. Vinnikov, E.V. Benova // Innovacionnye tehnologii i tehnicheckie sredstva v zhivot-novodstve: Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheckoj konferencii «Innovacionnye tehnologii dlja APK Rossii» (14-15 maja 2008 g., g.Zernograd). – Zernograd: VNIP-TIMJeSH, 2008. – 379 s. – S. 121-129

9. Baza dannyh – osnova programmnyh produktov / V.N. Litvinov, O.B. Zabrodina // Sel'skij mehanizator. - 2008. - №4. – С. 39

10. Litvinov, V.N. Sovremennoe komp'juternoe programmirovanie: laboratornyj praktikum / V.N. Litvinov, N.B. Rudenko, N.N. Gracheva. – Zernograd: Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VPO DGAU, 2015. – 164 s.

11. Metodika ocenki posledstvij avarijnyh vzryvov toplivovozdushnyh smesej: uchebnoe posobie dlja prakticheskikh zanjatij / I.Je. Lipokvich, N.V. Petrenko, I.V. Orishhenko, N.N. Gracheva, N.B. Rudenko. – Zernograd: RIO FBGOU VPO DGAU AChII, 2015. – 34 s.