



Тема доклада: **«О комплексном показателе защищенности объектов промышленности»**

Докладчик: Иванов Евгений Вячеславович, адъюнкт научно-исследовательского центра ФГБВОУ ВО «АГЗ МЧС России»

Содокладчик: Рыбаков Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, доцент, начальник лаборатории (информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС) научно-исследовательского центра ФГБВОУ ВО «АГЗ МЧС России»

Актуальность работы

1. Одним из мероприятий обеспечения защиты населения при возникновении ЧС является: «Повышение уровня защищенности критически важных и потенциально-опасных объектов, обеспечение устойчивости их функционирования в ЧС».

Однако никакой меры, позволяющей проводить оценку уровня защищенности, в настоящее время нет !!!

2. Отсутствие в «Методике оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» дифференцированного подхода к оценке последствий воздействия поражающих факторов взрыва топливовоздушных смесей с учетом конструктивных особенностей объектов воздействия.

3. Возникшей необходимости нахождения показателя, определяющего степень защищенности опасных производственных объектов, как величины значение которой позволяют обосновать мероприятия по повышению защищенности.

Сущность энергетических методов

I - $\langle P \rangle > \langle P \rangle_{acc}$ и $\langle i \rangle > \langle i \rangle_{acc}$ разрушения конструктивного элемента будут значительными;

II - $\langle P \rangle < \langle P \rangle_{acc}$ и $\langle i \rangle > \langle i \rangle_{acc}$ будут не значительные разрушения конструктивного элемента вызванные импульсным воздействием;

III - $\langle P \rangle < \langle P \rangle_{acc}$ и $\langle i \rangle < \langle i \rangle_{acc}$ разрушений конструктивных элементов не будет;

IV - $\langle P \rangle > \langle P \rangle_{acc}$ и $\langle i \rangle < \langle i \rangle_{acc}$ будут незначительные разрушения конструктивного элемента вызванные действием избыточного давления.

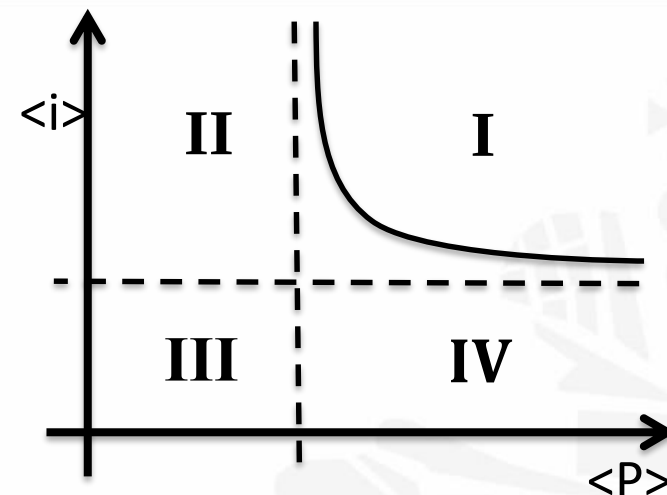


Рисунок 1 - $\langle P \rangle$ - $\langle i \rangle$ диаграмма

Базовый элемент	Безразмерное давление	Безразмерный Импульс
Плита	$\langle P \rangle = \frac{P X^2}{\Phi_P \sigma_y h^2}$	$\langle i \rangle = \frac{i \sqrt{E}}{\Phi_i \sigma_y \sqrt{\rho h}}$
Колонна	$\langle P \rangle = \frac{P A_1 L^2}{\alpha_P E I}$	$\langle i \rangle = \frac{i A_1 \sqrt{E} h}{\alpha_i \sigma_y \sqrt{m L I}}$
Балка	$\langle P \rangle = \frac{P b L^2}{\Psi_P \sigma_y Z b L^2}$	$\langle i \rangle = \frac{i b \sqrt{E I}}{\Psi_i \sigma_y Z \sqrt{\rho A}}$
Лента	$\langle P \rangle = \frac{P b L \sqrt{E}}{A \sigma_y \sqrt{\sigma_y^3}}$	$\langle i \rangle = \frac{i b \sqrt{E}}{A \sigma_y \sqrt{\rho b \sqrt{E}}}$

X – половина короткого пролета плиты, м;
 b – ширина нагруженной стороны сечения, м;
 E – модуль Юнга, Па;
 h – полная толщина, м;
 σ_y – предел текучести, напряжение, Па;
 ρ – плотность материала ленты, кг/м³;
 Φ_P и Φ_i – коэффициенты отражают влияние на реакцию плиты.
 A – площадь поперечного сечения балки, м²;
 b – ширина балки, м; h – толщина балки, м;
 E – модуль Юнга, Па;
 I – момент инерции поперечного сечения, м⁴;
 L – длина балки, м;
 Z – модуль пластического сопротивления, м³

Таблица 1 – формулы расчета $\langle P \rangle$ и $\langle i \rangle$

Показатель защищенности

Показатель защищенности - величина, характеризующая способность объекта в условиях воздействия ударно-волновых нагрузок противостоять угрозам с сохранением возможности выполнять свои основные функции и задачи.

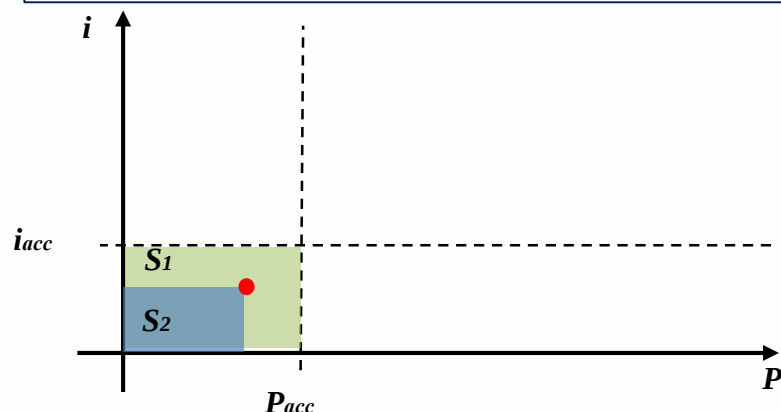


Рисунок 2 - $\langle P \rangle$ - $\langle i \rangle$ диаграмма с точкой характеризующей состояние элемента

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

Объект не разрушен, необходимости в проведении дополнительных мероприятий, повышающих его защищенность, нет

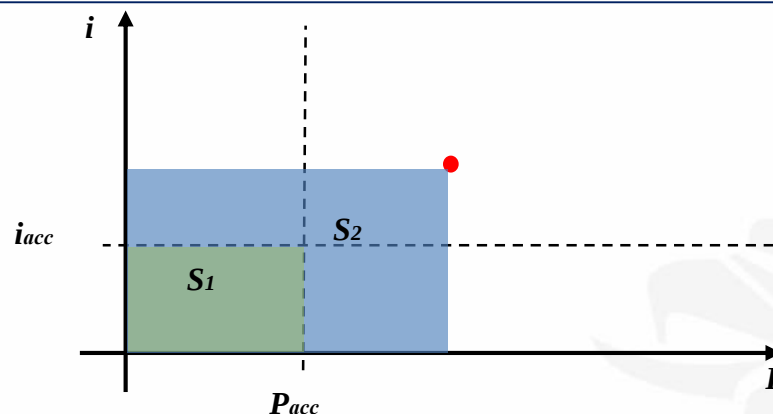
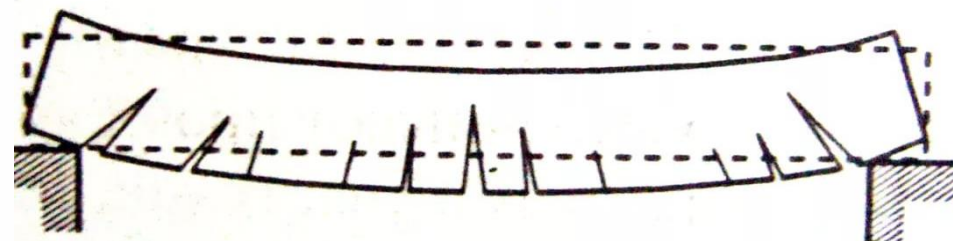
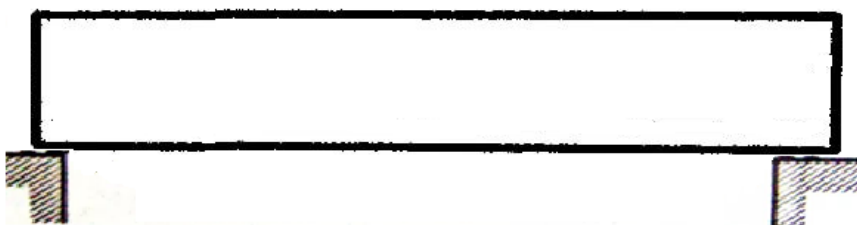


Рисунок 3 - $\langle P \rangle$ - $\langle i \rangle$ диаграмма с точкой характеризующей состояние элемента

$$k = \frac{S_1}{S_2} \leq 1 \quad (2)$$

Объект разрушен, необходимость в проведении дополнительных мероприятий, повышающих его защищенность, есть



Определение степени защищенности объекта

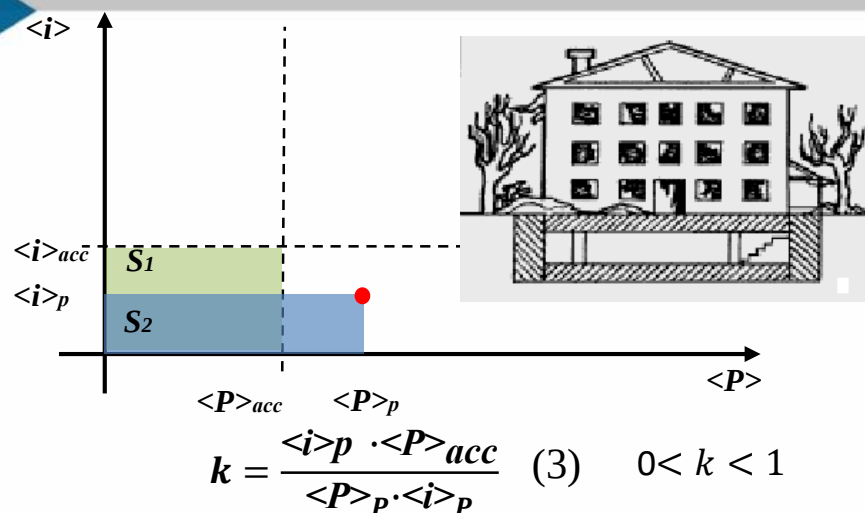


Рисунок 4 - <P>-<i> диаграмма с точкой характеризующей состояние объекта как сильно разрушенного

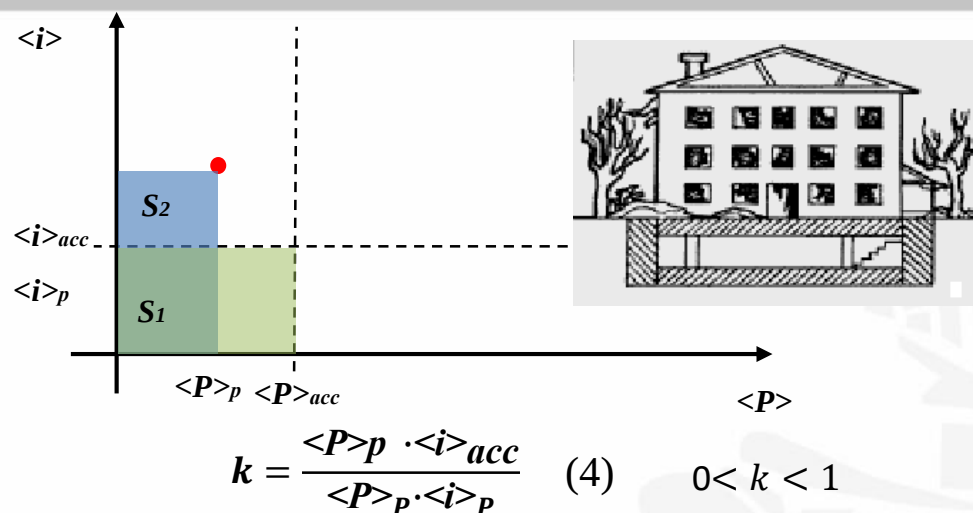


Рисунок 5 - <P>-<i> диаграмма с точкой характеризующей состояние объекта как сильно разрушенного

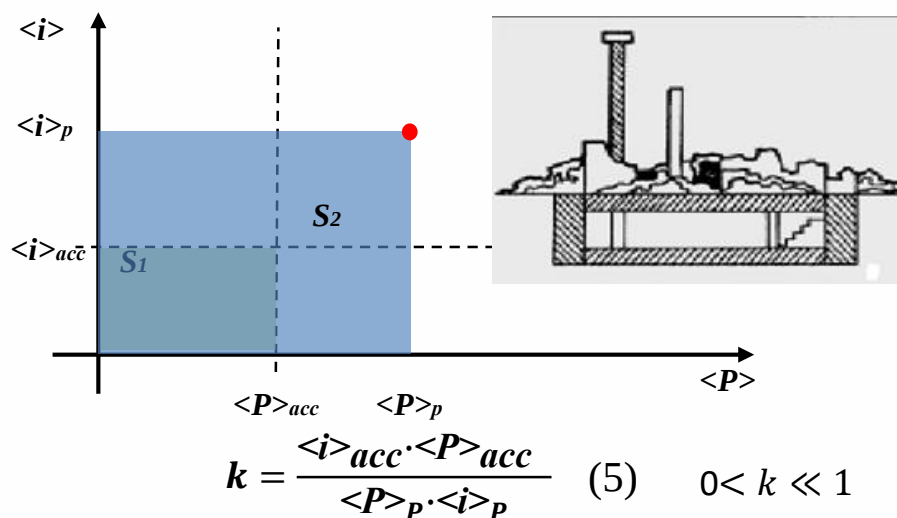


Рисунок 6 - <P>-<i> диаграмма с точкой характеризующей состояние объекта как полностью разрушенного

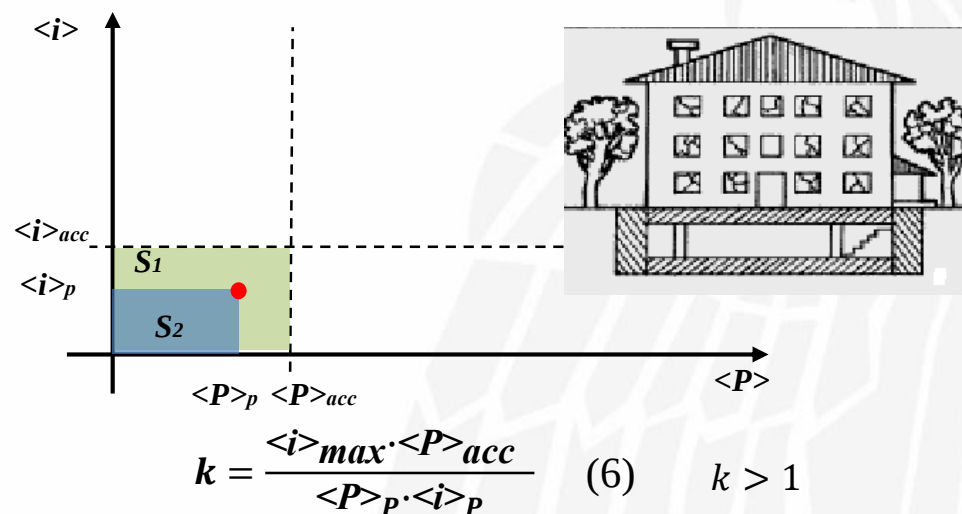


Рисунок 7 - <P>-<i> диаграмма с точкой характеризующей состояние объекта как слабо разрушенного

Численный эксперимент для построения шкалы защищенности

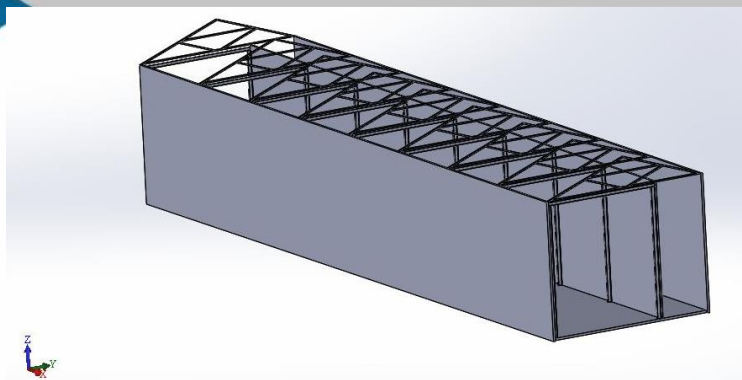


Рисунок 8 – Построение модели ОПО

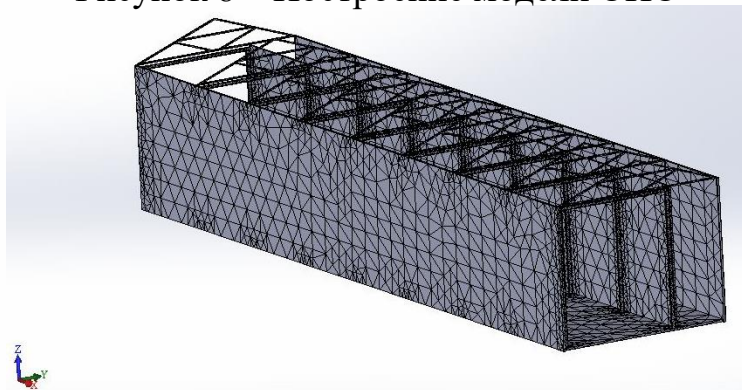


Рисунок 9 – Разбивка модели ОПО на конечные элементы

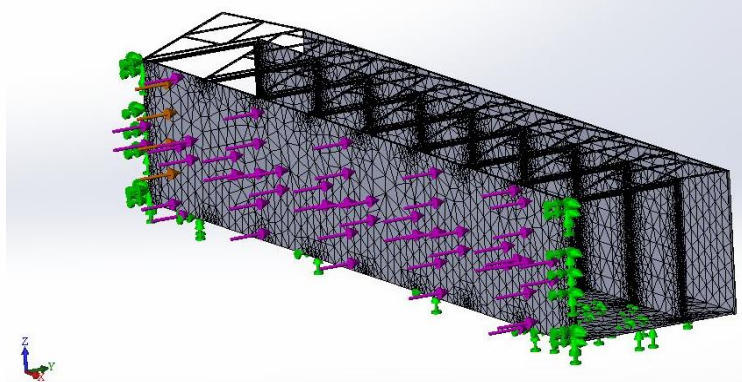


Рисунок 10 – Точки приложения нагрузки и соединения

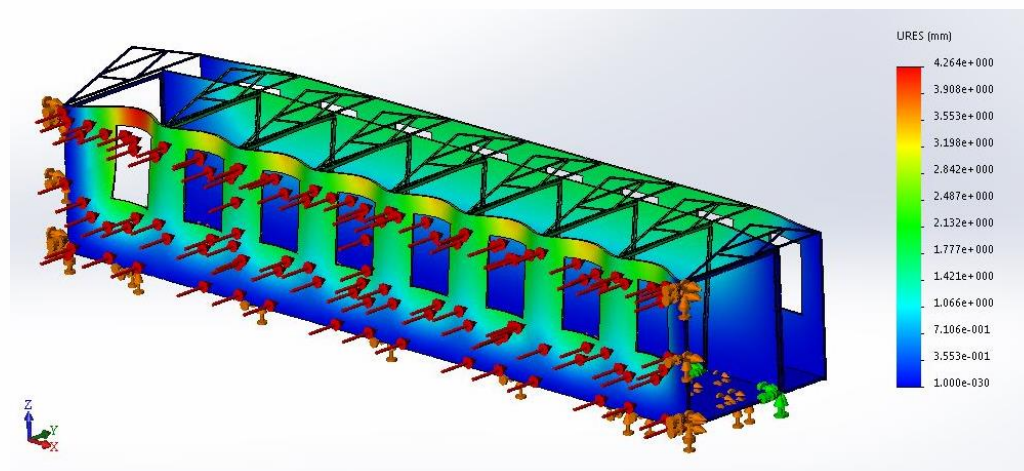
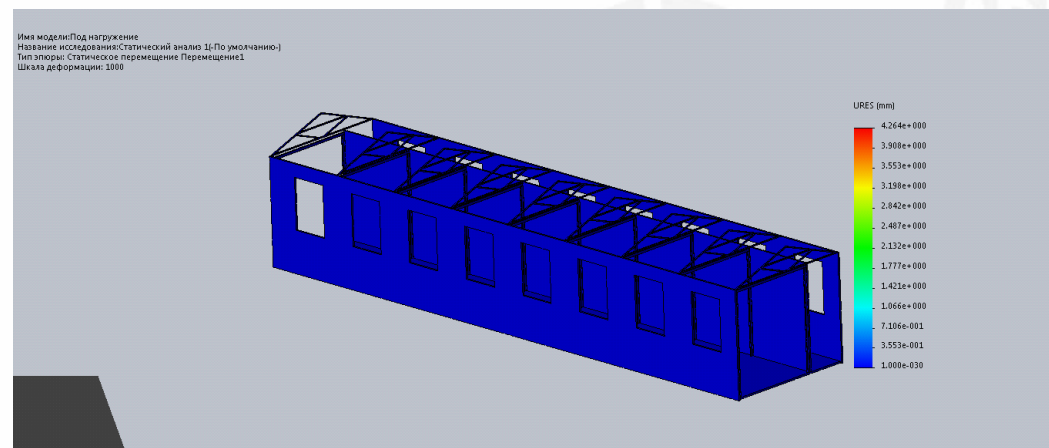


Рисунок 11 – Пример расчета деформаций



Видео 1 – Пример расчета деформаций

Таблица 2 - значения деформаций, полученных в численном эксперименте и соответствующие им значения показателя защищенности

	Значения параметра ударно-волновой нагрузки (Р, Па/и, Па·с)							
	P_1/i_1	P_2/i_2	P_3/i_3	P_4/i_4	P_5/i_5	P_6/i_6	...	P_n/i_n
Значения деформации (δ, м)	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	...	δ_n
Значения показателя защищенности	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	...	k_n
Степень разрушения	акуст. волны	слабая	средняя		сильная	полная		

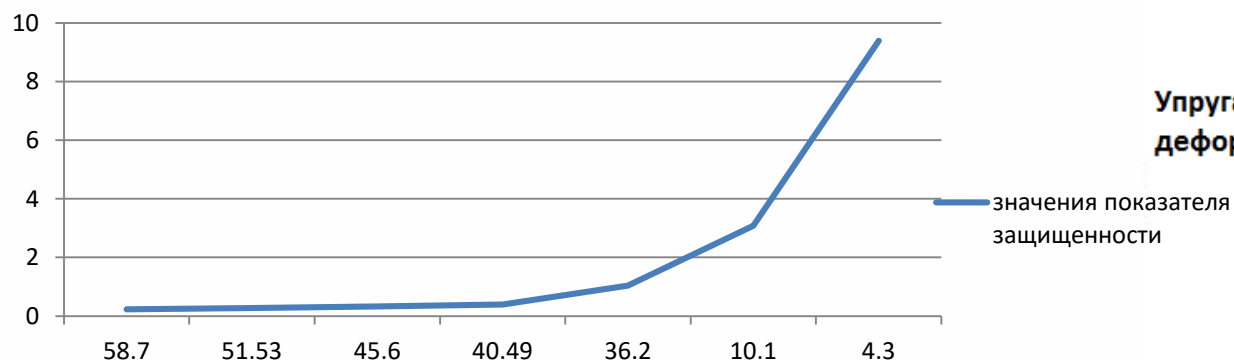


Рисунок 13 – График зависимости показателя защищенности от величин деформаций

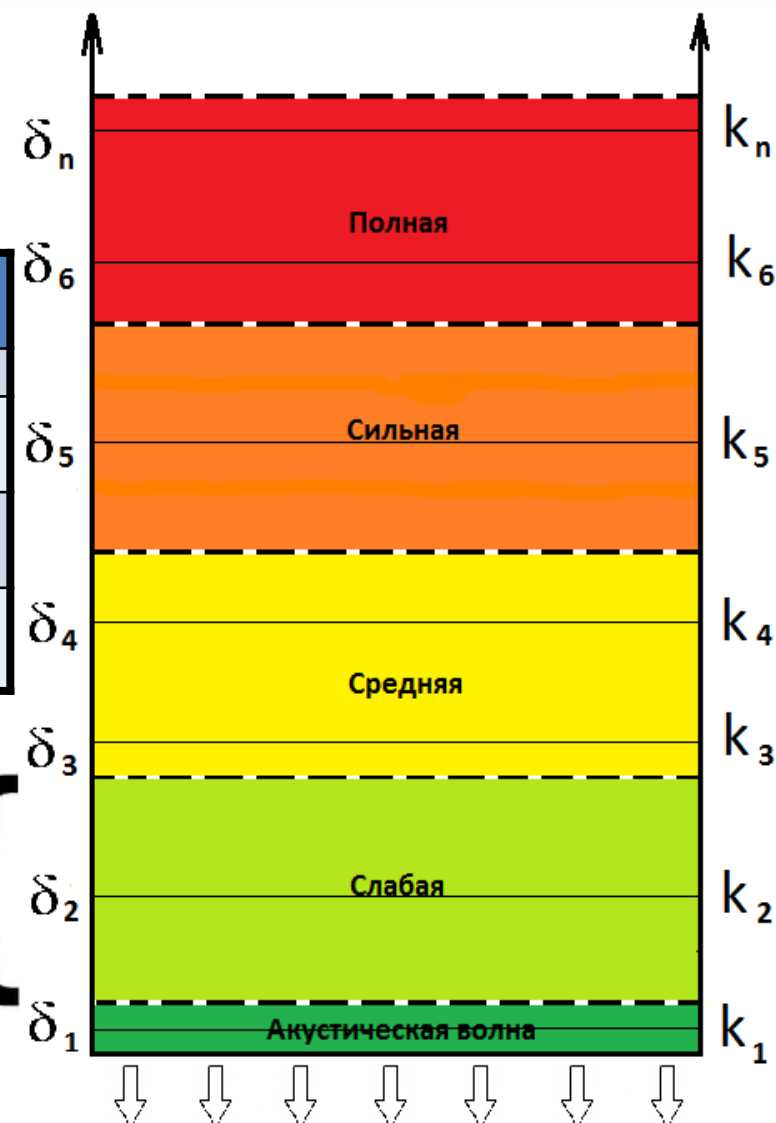
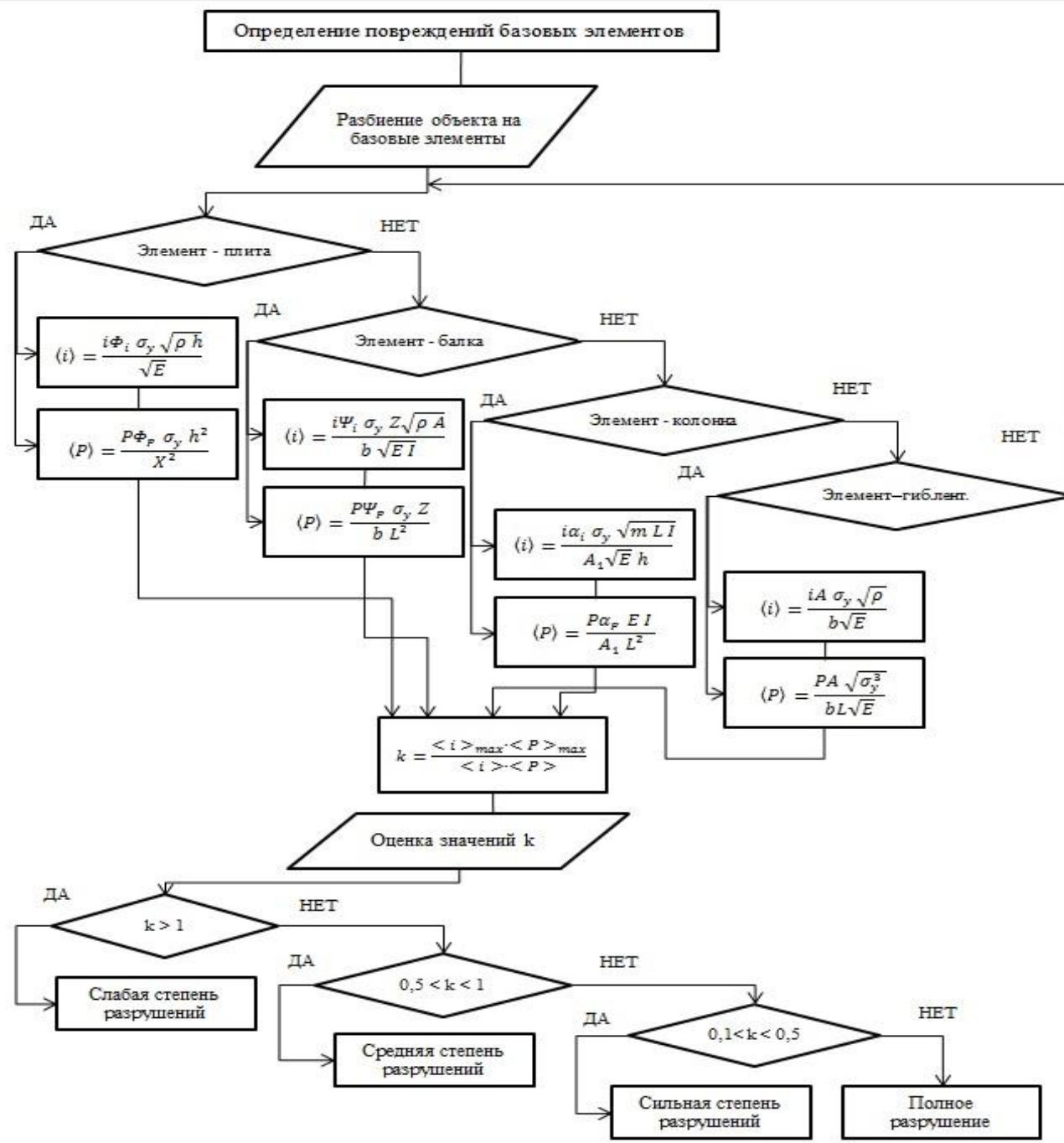
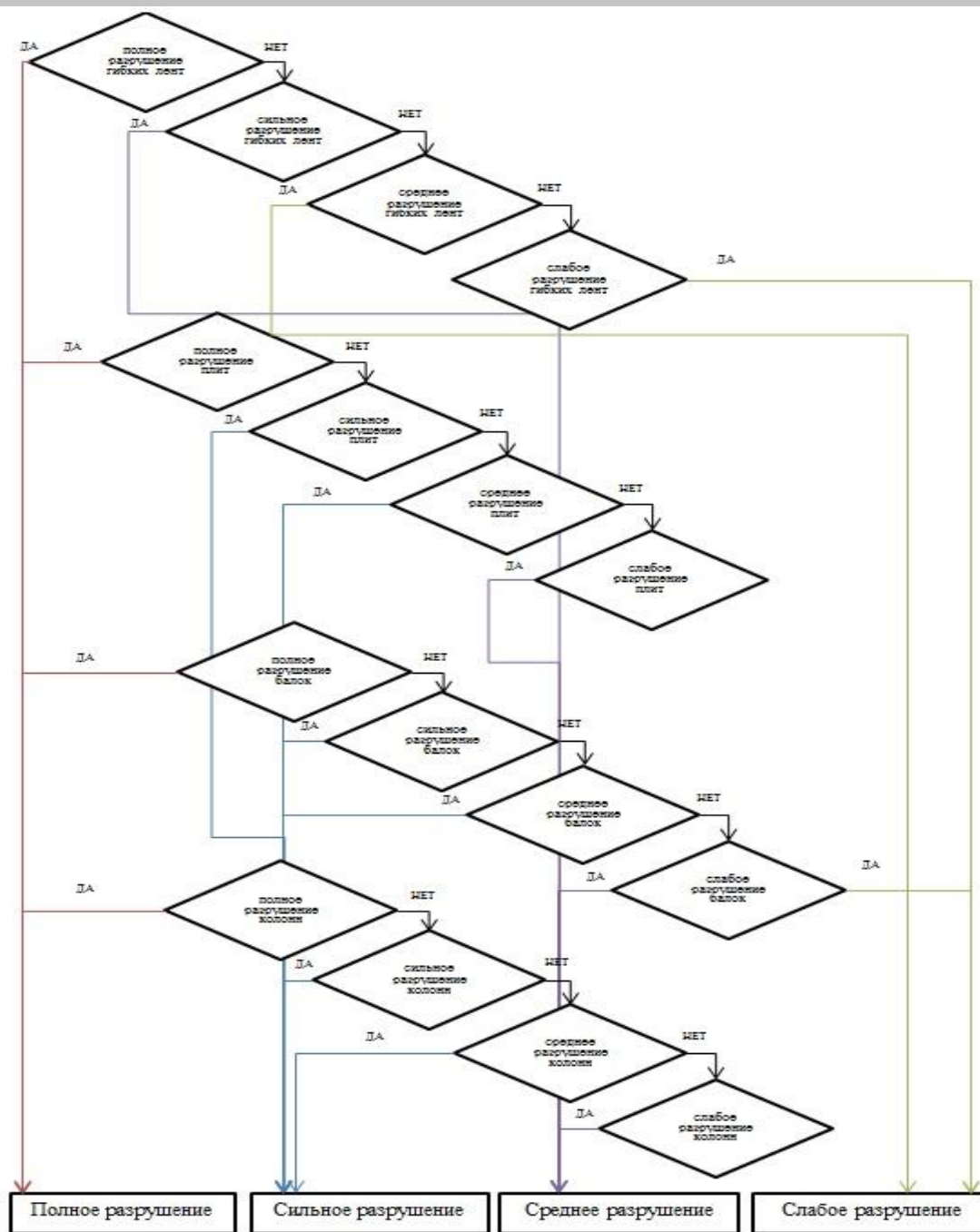


Рисунок 12 – Шкала для оценки степени повреждений по значениям показателя защищенности

Алгоритм работы программы «The calculation of the coefficient of security»



Алгоритм работы программы «The calculation of the coefficient of security»



Рабочий интерфейс программы

«The calculation of the coefficient of security»

Конструкторский элемент	Материал	Тип	Крепление	Раскачивание	Ширина	Длина	Высота	Толщина	Давление	Импульс	Коэф. защищенности
Колонна	Железобетон	В 3.5	33 (балка с д	☐ Раскачивание	0,5	0,5	16,8	0,25			
Колонна	Железобетон	В 3.5	33 (балка с д	☐ Раскачивание	0,5	0,5	16,8	0,25			
Колонна	Железобетон	В 3.5	33 (балка с д	☐ Раскачивание	0,5	0,5	16,8	0,25			
Колонна	Железобетон	В 3.5	33 (балка с д	☐ Раскачивание	0,5	0,5	16,8	0,25			
Колонна	Железобетон	В 3.5	33 (балка с д	☐ Раскачивание	0,5	0,5	16,8	0,25			
Колонна	Железобетон	В 3.5	33 (балка с д	☐ Раскачивание	0,5	0,5	16,8	0,25			
Балка	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0,2	21	0,4	0,25			
Балка	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0,2	21	0,4	0,25			
Балка	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0,2	21	0,4	0,25			
Балка	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0,2	21	0,4	0,25			
Балка	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0,2	21	0,4	0,25			
Балка	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0,2	21	0,4	0,25			

Рисунок 14 – ввод характеристик базовых элементов

Целостность здания

77,5 %

Конструкторский элемент	Материал	Тип	Крепление	Раскачивание	Ширина	Длина	Высота	Толщина	Давление	Импульс	Коэф. защищенности
Колонна (Повреждена)	Железобетон	В 3.5	33 (балка с д	☐ Раскачивание	0.5	0.5	16.8	0.25	15,8270360217	4,7234848180695	0.631830242015
Колонна (Повреждена)	Железобетон	В 3.5	33 (балка с д	☐ Раскачивание	0.5	0.5	16.8	0.25	15,8270360217	4,7234848180695	0.631830242015
Балка (Не разрушена)	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0,01667566683	0,0002656113619	71343,96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0,01667566683	0,0002656113619	71343,96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0,01667566683	0,0002656113619	71343,96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0,01667566683	0,0002656113619	71343,96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0,01667566683	0,0002656113619	71343,96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0,01667566683	0,0002656113619	71343,96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0,01667566683	0,0002656113619	71343,96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0,01667566683	0,0002656113619	71343,96205471
Балка (Не разрушена)	Сталь	С 255	ШО (шарнирн	☐ Раскачивание	0.2	21	0.4	0.25	0,01667566683	0,0002656113619	71343,96205471
Лента (Разрушена)	Железобетон	В 3.5		☐ Раскачивание	1.8	21	0.3	0.25	0.59397397922	0.4663153414204	5.704399898091

Вычислить

Подбор оптимальных параметров

Рисунок 15 – найденные значения показателей защищенности элементов

Выводы:

В ходе проведения работы были получены следующие результаты:

- обоснован показатель защищенности опасного производственного объекта, базирующийся на основе энергетических методов;
- составлена шкала оценки качественного состояния объектов ударно-волнового воздействия по известным значениям показателя защищенности;
- предложена методика оценки состояния объектов строительства, подвергшихся ударно-волновой нагрузке;
- показана программная реализация подхода оценки состояния объекта к действию воздушной ударной волны.



АКАДЕМИЯ
ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
МЧС РОССИИ

Благодарю за внимание!

Рыбаков А.В.

Тел: 8-929-631-34-95

E-mail: anatoll_rubakov@mail.ru

Иванов Е.В.

Тел: 8-951-126-49-41

E-mail: linia-zhizni@yandex.ru