

ВЗРЫВ ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

К. С. Карсеко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель Н. В. Водополова

Цель данной программы состоит в автоматизации расчета избыточного давления, развиваемого при сгорании газопаровоздушных смесей в помещении. Особенно велика вероятность взрыва ГПВС на объектах нефтехимической и химической промышленности, где хранятся и используются значительные объемы горючих газов (ГГ) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ). Именно поэтому учет возможности возникновения избыточного давления для таких предприятий наиболее важен.

Избыточное давление Δp , кПа, для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, рассчитывают по формуле

$$\Delta p = (p_{\max} - p_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г,п}}} \frac{100}{C_{\text{ст}}} \frac{1}{K_{\text{н}}},$$

где p_{\max} – максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газозоодушнoй или парозоодушнoй смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным (при отсутствии данных допускается принимать p_{\max} равным 900 кПа); p_0 – начальное атмосферное давление, кПа (пользователю предоставляется два варианта ввода начального давления – в мм рт. ст. или в кПа); m – масса горючего газа (ГГ) или паров легковоопламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение, кг; Z – коэффициент участия горючего при сгорании газопарозоодушнoй смеси, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения; $V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м³ (в программу вводится общий объем помещения, а далее из расчета, что 20 % объема занимает технологическое оборудование, $V_{\text{св}}$ находится по формуле $V_{\text{св}} = 0,8V$); $\rho_{\text{г,п}}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг/м³, вычисляемая по формуле

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0 (1 + 0,00367t_p)},$$

где M – молярная масса, кг/моль; V_0 – мольный объем, равный 22,4 м³/кмоль; t_p – расчетная температура, °С.

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С; $C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (об.), вычисляемая по формуле

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84\beta},$$

где $\beta = n_{\text{с}} + \frac{n_{\text{н}}}{4} + \frac{n_{\text{о}}}{2}$ – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания; $n_{\text{с}}$, $n_{\text{н}}$, $n_{\text{о}}$ – число атомов С, Н, О в молекуле горючего соответственно.

При отсутствии нужного вида горючего предусмотрена отдельная форма для расчета стехиометрического коэффициента кислорода в реакции сгорания, молярной массы горючего и стехиометрической концентрации газа или пара (Информация о некоторых горючих газах).

Расчет Δp , кПа, для индивидуальных веществ, а также для смесей может быть выполнен по формуле

$$\Delta p = \frac{m H_T p_0 Z}{V_{св} \rho_v C_p T_0} \cdot \frac{1}{K_n},$$

где m – расчетная масса взвешенной в объеме помещения горючей пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации, кг; H_T – теплота сгорания, Дж/кг; p_0 – начальное атмосферное давление, кПа (пользователю предоставляется два варианта ввода начального давления – в мм рт. ст. или в кПа); Z – доля участия взвешенной горючей пыли при сгорании пылевоздушной смеси. Значение Z рассчитывают вручную по формуле $Z = 0,5 F$, где F – массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозоль становится взрывобезопасной, т. е. неспособной распространять пламя. В отсутствие возможности получения сведений для расчета Z допускается принимать $Z = 0,5$; $V_{св}$ – свободный объем помещения, м³ (в программу вводится общий объем помещения, а далее из расчета, что 20 % объема занимает технологическое оборудование, $V_{св}$ находится по формуле $V_{св} = 0,8V$); ρ_v – плотность воздуха при начальной температуре T_0 , кг/м³ (рассчитывается автоматически); C_p – теплоемкость воздуха, Дж/кг · К (допускается принимать равной $1,01 \cdot 10^3$ Дж/кг · К); T_0 – начальная температура воздуха, К (пользователю предоставляется два варианта ввода начальной температуры воздуха – в К или в °С); K_n – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения (допускается принимать K_n равным трем).

7' Расчет избыточного давления для индивидуальных веществ и смесей

Атмосферное давление: 760
 мм рт. ст.
 кПа

Температура воздуха: 293
 К
 С

Масса паров, вышедших в помещение, кг: 1
 Теплота сгорания, МДж/кг: 30
 Объем помещения, м3: 1000
 Теплоемкость воздуха Дж/кг·К: 1010
 Коэффициент К: 3
 Доля участия взвешенной горючей пыли при сгорании пылевоздушной смеси: 0,5

Вычисления

Масса паров, вышедших в помещение, кг:
 Теплота сгорания, Дж/кг:
 Атмосферное давление, кПа:
 Свободный объем помещения, м3:
 Плотность воздуха до взрыва кг/м3:
 Теплоемкость воздуха Дж/кг·К:
 Начальная температура, К:
 Коэффициент К:
 Избыточное давление = кПа

Расчет Величины избыточных давлений, вызывающие различные степени разрушения зданий и оборудования Закрыть

Оценить степени разрушения зданий и сооружений объекта и жилого массива можно при нажатии на кнопку «Величины избыточных давлений, вызывающие различные степени разрушения зданий и оборудования».

7' Величины избыточных давлений, вызывающие различные степени разрушения зданий и оборудования

Наименование элементов объекта	слабое разрушение, кПа	среднее разрушение, кПа	сильное разрушение, кПа
Здание с металлическим или железобетонным каркасом	20-30	30-40	40-60
Многоэтажные ж/б здания с большой площадью остекления	8-20	20-40	40-90
Тепловые электростанции	15-25	25-35	35-45
Многоэтажные кирпичные дома	8-15	15-25	25-35
Остекление зданий	1,1-1,5	1,5-2	2,0-3,0
Крановое оборудование	20-30	30-40	40-60
Станочное оборудование	10-20	20-60	60-70
Контрольно-измерительное оборудование	5-10	10-20	20-30

Закрыть