**Расчет требуемой площади предохранительных конструкций пр**

Дефлаграционные взрывы (горение) в атмосфере с дозвуковой скоростью распространения пламени характеризуются тем, что фронт пламени является «проницаемым поршнем», создающим при движении впереди себя волну сжатия.

Избыточное давление рф в волне сжатия постепенно увеличивается от фронта волны к фронту пламени. Максимальные значения избыточного давления и скоростного напора достигаются перед фронтом пламени, позади которого образуется огненный шар с высокой температурой излучения (1800÷25000С).

Дефлаграционные взрывы создают волну сжатия, переходящую на дальних расстояниях в слабую ударную волну.

Дефлаграционное взрывное горение в полузамкнутом объёме (внутренний взрыв) характеризуется одинаковым давлением в каждой точке объёма в данный момент времени.

Дефлаграционные взрывы являются наиболее распространенными аварийными взрывами и по частоте возникновения значительно превосходят другие типы взрывов.

Снижение интенсивности взрывного воздействия при внутреннем взрыве обеспечивается путем уменьшения избыточного давления внутри взрывоопасного помещения.

Уменьшение избыточного давления достигается применением предохранительных конструкций (устройств аварийного сброса давления).

Предохранительные конструкции классифицируют по принципу срабатывания: они могут быть легкосбрасывемыми (двери, стеновые панели, панели покрытий и т.п.), легкоразрушающимися (остекление окон, дверей) и

легкооткрывающимися (окна, двери, а также специальные устройства: клапаны, люки, крышки, дефлекторы и т.п.).

Предохранительные конструкции классифицируют также по скорости

срабатывания (по инерционности): безынерционные и инерционные. В качестве безынерционных предохранительных конструкций могут использоваться: остекление проемов, поворотные элементы оконных и дверных проемов и т.п. В качестве инерционных предохранительных конструкций могут использоваться: стеновые панели, облегченные панели покрытий, а также специальные элементы, запроектированные на определенное давление срабатывания.

Система сброса давления должна иметь, как правило, минимальное давление срабатывания и малую инерционность.

Однако при этом следует учитывать, что при раннем срабатывании системы выбрасывается значительно большее количество горючей смеси. Если это приводит к опасности, то следует применить систему с большей инерционностью.

Отношение линейных размеров здания или помещения, оборудованных

системами сброса давления для снижения его до безопасного значения, не должно превышать 10.

Легкосбрасываемые элементы следует закреплять для исключения эффекта «снаряда» в момент взрыва.

Если в качестве предохранительной конструкции, снижающей взрывные нагрузки до приемлемого безопасного для несущих конструкций уровня, используется остекление, то при проектировании рекомендуется учитывать следующее.

Остекление никогда не разрушается мгновенно. Это происходит постепенно по мере возрастания нагрузки. В первую очередь разрушаются стекла, имеющие различного рода дефекты. При малых нагрузках разрушается только часть остекления, наиболее близко расположенная к центру взрыва.

Для эффективной защиты несущих конструкций следует применять стекла с большими пролетами и площадями.

Лучшую защиту дает одинарное остекление и затем – двойное. Разрушение остекления имеет вероятностный характер и подчинено распределению Вейбулла.

В проекте следует учитывать опасность для людей от разлетающихся осколков стекла или других деталей конструкции.

Предохранительные конструкции следует располагать вблизи возможных источников возгорания, если они известны, или в зонах высокого давления.

Их срабатывание не должно вызывать угрозу для людей или воспламенение других материалов.

Последствия выбросов пламени, которые появляются при взрыве из разгрузочных отверстий, должны учитываться при проектировании. Они не должны приводить ни к вредным влияниям на окружающую среду, ни к передаче взрыва на другие взрывоопасные сектора (участки) помещения (здания).

Поэтому отверстия для сброса давления должны в максимальной степени быть направлены в свободную сторону.

Тип пыли обычно представляют параметром материала KSt, который характеризует поведение при взрыве в замкнутом объеме. Значение KSt можно определить экспериментально стандартными методами для каждого типа пыли.

KSt — индекс дефлаграции облака пыли;

pstat – статическое давление, которое активизирует предохранительные конструкции (устройства сброса давления) при медленном возрастании давления;

pBem – давление, соответствующее расчетной прочности конструкции

pred,max – ожидаемое максимально пониженное давление в замкнутой конструкции с предохранительными конструкциями (устройствами сброса давления).

1 бар равен 105 Па

Конструктивные решения: Здание проектируется с железобетонным каркасом. Давление, соответствующее минимальной расчетной прочности конструкций (которые должны остаться неповрежденными при аварии), pBem = 15 кН/м2 . Предохранительные конструкции имеют статическое давление активации не более pstat = 12 кН/м2;

коэффициент эффективности допускается принять равным 1.

Размеры прямоугольного здания 42\*19,8\*12м.

Для случая взрыва от пыли кокса имеем KS = 14600кН/м2∙ м/с, pmax = 820 кН/м2.

Решение 1

Определяем геометрический объем помещения:

V = L1 × L2 × L3 = 19,8 × 12,0 × 42 = 9979,2 м3

где

L1 = h = 12 м – усредненная высота помещения,

L3 = 48 м – максимальный размер помещения.

Проверяем ограничения:

а) 0,1 м3 < V= 99979,2 м3 < 10 000 м3; ограничение выполняется;

б) L3/DE = 2,41 > 2; **ограничение не выполняется;**

здесь DE = 2 × (L1 × L2 / π)0,5 = 2 × (12 × 19,8 / 3,14)0,5 = 17,4 м;

в) pstat = 10 кН/м2 < 100 кН/м2; ограничение выполняется;

г) 10 кН/м2 < pBem = 15 кН/м2 < 200 кН/м2; ограничение выполняется;

д) 500 кН/м2 < pmax = 820 кН/м2 < 1000 кН/м2

при 1000 кН/м2 • м/с < KSt = 14600 кН/м2• м/с <30000 кН/м2• м/с;

ограничение выполняется;

так как L3/DE>2, следует учитывать увеличение площади предохранительных конструкций.

Вычисляем площадь предохранительных конструкций:

 A = (4,485×10-8×pmax× KSt× pBem-0,569+0,027×(pstat – 10)× pBem-0,5) × V0,753 = = (4,485× 10-8 × 820× 14600× 15-0,569 + 0,027×(10-10) × 15-0,5)×9979,20,753 = 118,0 м2

Находим увеличение площади предохранительных конструкций:

∆АН = А × (–4,305 × lg(pBem) + 9,368) × lg(L3/DE) =

= 118,0 × (–4,305 × lg(15) + 9,368) × lg(2,41) = 194,1 м2.

Общая требуемая площадь предохранительных конструкций:

A = A + ∆АН = 118,0 + 194,1 = 312,1 м2.

Решение 2

(по альтернативной методике)

Определяем параметры, требуемые для расчета:

а) pred,max = 0,12 бар (несколько ниже, чем pBem в решении 1);

б) KSt = 120 бар • м/с;

в) константа C = 0,026 бар0,5 для 100 бар∙м/с < KSt ≤ 200 бар∙м/с;

г) площадь внутренней поверхности помещения

Аs = 2 × 12 × (19,8+42) + 2 × 19,8 × 42 = 3146,4 м2;

Вычисляем площадь предохранительных конструкций:

A = C × As × (pred,max)-0,5 = 0,026 × 3146,4 × (0,13)-0,5 = 226,9 м2.

Пример 2

Требуется определить площадь предохранительных конструкций бункера, изображенного на Рисунке 1



Назначение бункера - хранение зерна при нормальных температурно- влажностных условиях.

Сыпучий материал является взрывоопасным.

Геометрические размеры приняты по технологическому заданию на проектирование:

- высота части бункера с вертикальными стенами (ствола бункера) hwc = 7,2 м;

- размер стороны поперечного сечения а = b = 4,80 м;

- толщина стенки бункера г = 260 мм;

- воронка пирамидальная;

- наибольший угол наклона стенки воронки относительно вертикальной оси бункера β = 45о.

5.5.2.4 Конструктивные решения:

- материал стен бункера - железобетон; предполагаемое максимальное пониженное давление в бункере со сработавшими предохранительными конструкциями р pred,max=10 кН/м2;

- предохранительные конструкции - в виде створок, имеющих статическое давление активации не более pstat =9 кН/м2; коэффициент эффективности допускается принять равным 1.

Решение 1

Определяем геометрические параметры бункера

- объем

V = 7,2 х 4,8 х 4,8 + 1/3 х 4,8 х 4,8 х 2,7 = 186,6 м3;

- высота

Н = 7,2 + 2,7 = 9,9 м.

ПРИМЕЧАНИЕ Понятие высоты не определено. Здесь принята полная высота с учетом воронки (см., например, NFPA 68:2007).

- диаметр

D = a = b = 4,8 м.

ПРИМЕЧАНИЕ Понятие диаметра для бункеров с прямоугольным сечением не определено. Здесь принят гидравлический диаметр по формуле D = 4×A / P,

где A – площадь сечения, P – периметр.

Назначаем параметры материала, хранящегося в бункере:

- максимальное давление пыли pmax принимаем по Таблице Г.1 равным 900 кН/м2;

- индекс дефлаграции облака пыли KSt принимаем по Таблице Г.1 равным 12000 кН/м2 • м/с

Литература

НТП РК 01.01-7.1-2013 Воздействия на несущие конструкции часть 1-7. общие воздействия. аварийные воздействия (К СН РК EN 1991-1-7:2006/2011). Астана, 2015, КазНИИСА, 352с.

Условия для расчета задачи 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Размеры прямоугольного здания,** **L1 × L2 × L3, м** | **pBem кН/м2** | **Тип пыли** |
| 1 | 19,8 × 12,0 × 39  | 11 | Картофельная мука |
| 2 | 19,8 × 12,0 × 39,6  | 11,6 | Кокс |
| 3 | 19,8 × 12,0 × 40,2  | 12,2 | Целлюлозная пульпа |
| 4 | 19,8 × 12,0 × 40,8  | 12,8 | Пробка |
| 5 | 19,8 × 12,0 × 41,4 | 13,4 | Полиэтилен |
| 6 | 19,5 × 12,0 × 42,6  | 14,0 | Эпоксидная смола |
| 7 | 15 × 13,5 × 39  | 11 | Полипропилен |
| 8 | 15 × 13,5 × 39,6  | 11,6 | Поливинилхлорид |
| 9 | 15 × 13,5 × 40,2  | 12,2 | Кукуруза, также дробленая |
| 10 | 15 × 13,5 × 40,8  | 12,8 | Зерно |
| 11 | 15 × 13,5 × 41,4  | 13,4 | Каменный уголь |
| 12 | 15 × 13,5 × 42,0  | 14,0 | Ржаная мука,  |
| 13 | 15 × 13,5 × 42,6  | 11 | пшеничная мука |
| 14 | 15 × 13,5 × 43,2  | 11,6 | Сахар |
| 15 | 15 × 13,5 × 43,8  | 12,2 | Картофельная мука |
| 16 | 15 × 13,5 × 44,4  | 12,8 | Кокс |
| 17 | 15 × 13,5 × 45,0  | 13,4 | Целлюлозная пульпа |
| 18 | 15 × 13,5 × 45,6  | 14,0 | Пробка |
| 19 | 15 × 13,5 × 46,2  | 11 | Полиэтилен |
| 20 | 15 × 13,5 × 46,8  | 11,6 | Эпоксидная смола |
| 21 | 15 × 13,5 × 47,4  | 12,2 | Полипропилен |
| 22 | 15 × 13,5 × 48  | 12,8 | Поливинилхлорид |
| 23 | 15 × 13,5 × 48,6  | 13,4 | Кукуруза, также дробленая |
| 24 | 15 × 13,5 × 49,2  | 14,0 | Зерно |
| 25 | 12 × 13,5 × 39  | 11 | Каменный уголь |
| 26 | 12 × 14,4 × 39,6  | 11,6 | Ржаная мука,  |
| 27 | 12 × 14,4 × 40,2  | 12,2 | пшеничная мука |
| 28 | 12 × 14,4 × 40,8  | 12,8 | Сахар |
| 29 | 12 × 14,4 × 41,4  | 13,4 | Эпоксидная смола |
| 30 | 12 × 14,4 × 42,0  | 14,0 | Полипропилен |

Таблица - Значения Kstи pmaxдля пыли

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Тип пыли** | **Kst, кН/м2 • м/с** | **Pmax, кН/м2** |
| Алюминиевый порошок | 11000 | 1300 |
| Зола | 3500 | 190 |
| Ячмень | 8300 | 770 |
| Картофельная мука | 11500 | 880 |
| Кокс | 14600 | 820 |
| Целлюлозная пульпа | 6200 | 990 |
| Пробка | 20200 | 960 |
| Тапиока (крупа) | 6200 | 940 |
| Уголь древесный активированный | 1400 | 770 |
| Аскорбиновая кислота | 11100 | 900 |
| Ацетат кальция | 900 — 2100 | 520-650 |
| Декстрин | 10600 | 880 |
| Лактоза | 8100 | 770 |
| Полиэтилен | 15600 | 800 |
| Эпоксидная смола | 12900 | 790 |
| Полипропилен | 10100 | 840 |
| Поливинилхлорид | 4600 — 9800 | 760-830 |
| Бурый уголь | 18 000 | 430 |
| Целлюлоза | 27 000 | 970 |
| Кофе | 9000 | 900 |
| Кукуруза, также дробленая | 12 000 | 940-1030 |
| Кукурузный крахмал | 21 000 | 1000 |
| Зерно | 13 000 | 900 |
| Молочный порошок | 16 000 | 900 |
| Каменный уголь | 13 000 | 920 |
| Бумага | 6000 | 900 |
| Красящие вещества (пигменты) | 29 000 | 1000 |
| Резина | 14 000 | 850 |
| Ржаная мука, пшеничная мука | 10 000 | 920 |
| Соевая мука | 12 000 | 900 |
| Сахар | 15 000 | 900 |
| Стиральный порошок | 27 000 | 900 |
| Древесина, древесная мука | 22 000 | 1000 |