

## Лекция 5

### ТЕМА 2. ПРОТИВОВЗРЫВНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

#### 2.2. Расчет требуемой площади легкобрасываемых конструкций

На прошлой лекции мы с Вами рассмотрели наиболее важные вопросы, требующие внимания при решении основной задачи по взрывозащите зданий и сооружений - *это определение требуемой площади легкобрасываемых конструкций (ЛСК), исходя из допускаемой в помещении величины максимального избыточного давления, возникающего в аварийной ситуации при взрыве горючей смеси с учетом объема помещения, степени заполнения его горючей смесью, вида горючей смеси и концентрации горючего в ней, степени интенсификации процесса взрывного горения в помещении.* На этой лекции нам предстоит рассмотреть другую не менее важную задачу - конструктивные особенности ЛСК и основных конструкций взрывоопасных помещений. *Решение проблемы по выбору ЛСК сводится к тому, чтобы в результате проектирования зданий для взрывоопасных производств их конструктивные и компоновочные решения были такими, чтобы в случае взрыва, внутри помещения повреждения были минимальными.*

##### 2.2.1. Виды и принцип устройства легкобрасываемых конструкций

###### 2.2.1.1. Инженерные решения по устройству ЛСК

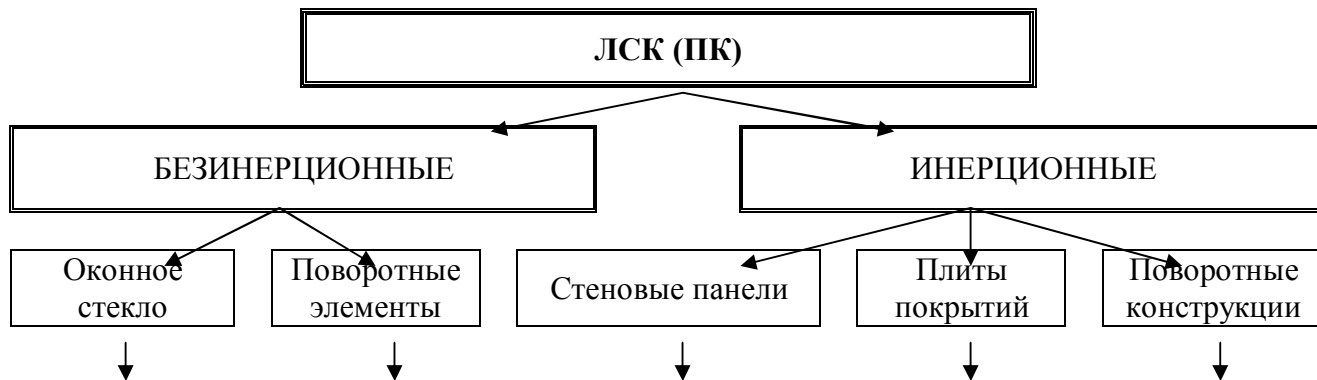
*Технические решения по защите зданий от взрыва сводятся к устройству в наружном ограждении здания проемов с заполнением легкоразрушающимися или легкоскрывающимися конструкциями.*

Проектирование легкобрасываемых наружных ограждающих конструкций (ЛСК) является единственным способом, применяемым в практике строительства для защиты зданий от взрыва внутри помещения.

В большинстве строительных норм зарубежных стран за основной показатель, характеризующий площадь ЛСК в ограждении конкретного здания, принят коэффициент сброса  $K_{сбр}$ , равный отношению площади ЛСК к объему взрывоопасного помещения.

$$K_{сбр} = \frac{F_{ЛСК}}{W_{пом}}$$

Согласно СНиП 2.09.02-85\* "Производственные здания" п. 2.42 площадь проемов должна составлять 0,05 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> объема, помещения при категории "А" и 3 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> объема помещения с взрывоопасными производствами категории "Б". *При этом к ЛСК, рекомендуемым для заполнения проемов, относятся: оконные переплеты, остекленные обычным стеклом, двери, распашные ворота, фонарные переплеты, конструкции из асбоцементных, алюминиевых и стальных листов с легким утеплителем, а также ЛСК с поверхностной плотностью не более 120 кг/м<sup>2</sup> покрытия.*



Вид остекления, толщина стекла, соотношение сторон, площадь остекления	Люки, фрамуги, двери	Панели из керамзито и ячеистого бетона. Трехслойные панели. Панели из профилированных листов	Крупноразмерные плиты. Мелкоразмерные плиты	Ворота распашные. Поворотные стеновые панели.
--	----------------------	--	---	---

Рис. 2.3. Виды легкосбрасываемых конструкций

#### 2.2.1.2. Применение остекления в качестве легкоразрушающихся или легкосбрасываемых элементов

Остекленные участки стен в настоящее время принято считать наиболее эффективной конструкцией для снижения избыточного давления при взрыве внутри помещения горючих смесей по сравнению с другими строительными конструкциями.

**Эффективность остекления как легкосбрасываемых элементов зависит во многом от геометрических размеров стекла и схемы его заделки.**

От толщины стекла зависит минимальная площадь стекла:

Таблица 2.2.

$\sigma_{ст}, \text{мм}$	min площадь листа стекла, $\text{м}^2$
3	0,8
4	1
5	1,5

С увеличением толщины оконного остекления используемого в качестве ЛСК увеличивается и величина давления необходимого для вскрытия такой конструкции.

Таблица 2.3.

$\sigma_{ст}, \text{мм}$	$P^{ст}, \text{кгс/м}^2$ , при площади 1-го листа стекла, $\text{м}^2$				
	0,8	1	1,2	1,5	2
3	350	250	200	180	110
4	-	380	300	230	180
5	-	-	-	380	310

Не менее важным показателем является, и соотношение сторон стекла (a:b).

a:b	1:1	1:1,33	1:1,5	1:1,75	1:2	1:3
Соотношение сторон листа стекла	1	1,04	1,08	1,16	1,25	1,38

$$P_{ст(1:1,75)} = 1,16 \cdot P_{ст(1:1)}$$

**При одинарном остеклении воздействие взрыва, разрушающее оконное стекло, принимается с коэффициентом 0,85 от значений для двойного остекления**

$$P_{ст}^{одинар.} = 0,85 \cdot P_{ст}^{двойн.}$$

Для уменьшения давления, при котором разрушается оконное стекло рекомендуется проводить надрезку стекол. Установление, что надрезка стекол приводит к снижению несущей способности стекол от 1,5 до 4,2 раза (показать рекомендуемые схемы надрезки стекол).

При необходимости применения стекол толщиной более 4 мм следует предусматривать ослабленное их крепление с применением кляммер, работающих на изгиб или алюминиевых гвоздей, работающих на срез.

При применении двойного остекления (любого размера стекла и любой толщины) панели устанавливаются с выполнением ослабленного крепления, т.е. такие конструкции которые работают как ЛСК.

Разработаны 4 варианта крепления легкосбрасываемого оконного заполнения:

- разрыв болта, с ослабленной шейкой
- разрушение ломающегося элемента
- отгиб концов стальной шпильки
- выдергивание шурупов из деревянной бобышки.

**ВЫВОД:** Основными показателями, влияющими на устройство ЛСК в качестве оконного остекления являются: нормирование  $\min$  площади оконного стекла и  $\max$  его толщины.

### 2.2.1.3. Поворотные ЛСК

В тех случаях, когда площадь остекления менее  $0,8 \text{ м}^2$  резко возрастает разрушающее давление, иногда оно превышает допустимое давление на строительные конструкции, тогда для таких оконных переплетов предусматривают поворотные конструкции (шарниры, петли).

**В зависимости от расположения оси вращения поворотные элементы остекления подразделяются:**

- а) верхнеподвесные -  $0,12 \times 10^5$  Па. с замком,  $0,28 \times 10^5$  Па;
- б) нижнеподвесные;
- г) среднеподвесные.

Кроме этого, строительными нормами рекомендуется применение в качестве ЛОК дверей (1,1-1,8 кПа), распашных ворот (3,5-0,95 кПа.) и открывающихся оконных переплетов. Однако, не определены требования к закреплению и запиранию таких устройств, массе поворотных конструкций, площади вскрываемых элементов.

На основании обобщенных данных по экспериментам, и анализа последствий аварий было установлено, что при достаточной площади остекленных поверхностей (ЛСК) при взрыве внутри помещения разрушения были незначительные. При этом давление на основные строительные конструкции здания ограничивались величиной не превышающей 3,5 кПа, поэтому принимают, и что нагрузка на поворотные конструкции в процессе открывания не должна превышать 3,5 кПа.

**Таким образом, основными параметрами для поворотных конструкций является - схема опирания и предельно допустимое давление на эти конструкции.**

### 2.2.1.4. Стеновые легкосбрасываемые элементы

Основным видом стеновых ограждений промышленных зданий в настоящее время являются облегченные ограждающие конструкции. В одноэтажных зданиях применение легкосбрасываемых стеновых ограждений в некоторых случаях позволяет отказаться от устройства легкосбрасываемых элементов в покрытии.

Условно можно подразделить стеновые ЛСК на 3 вида (рис. 2.4.):

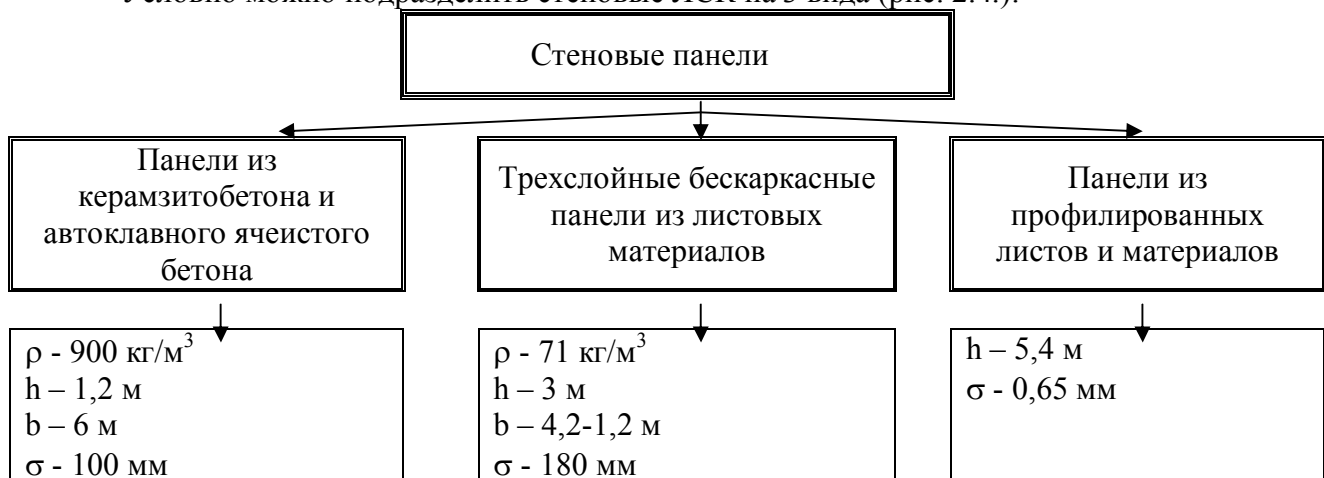


Рис. 6.4. Виды стеновых легкосбрасываемых конструкций

**В конструкции легкосбрасываемых стеновых панелей большое значение имеет техническое решение деталей, обеспечивающих сбрасываемость панелей при наименьшей взрывной нагрузке.**

Детали креплений для легкобрасываемых панелей разработаны при откосе стен от наружной грани колонны на 70 мм. Откос стен позволяет приблизить крепление к торцам панели, что обеспечивает сокращение площади излома. Системы креплений рассчитываются на излом внутреннего слоя панелей на участках креплений при действии взрывной нагрузки. **Существует более 10 вариантов креплений стеновых ЛСК**, среди них два наиболее распространенных:

а) схема крепления стеновой ЛСК при помощи анкера с ослабленной шейкой.

1. колонна;
2. уголок;
3. стеновая ЛСК;
4. анкер с ослабленной шейкой с диаметром 18-8 мм.

б) схема крепления стеновой ЛСК при помощи деревянной бобышки (вставки):

1. стеновая ЛСК;
2. деревянная вставка.

**Вывод:** Основным параметром при котором достигается успешная работа стеновых ЛСК - легкоразрушаемая схема крепления ЛСК.

#### 2.1.1.5. Легкобрасываемые панели покрытий

Анализ конструктивных решений легких покрытий для зданий взрывоопасных производств показывает, что в настоящее время применяется в основном два вида легкобрасываемых покрытий.

1. По основным несущим конструкциям покрытий, фермам и балкам укладываются железобетонные плиты с отверстиями (серия 1.465-7, 1.465.3) длиной 12 и 6 м, шириной 3 и 1,5 м.

$$\frac{ПЛА - II - 1}{3 \times 12}$$

Площадь отверстий, раскрываемых при взрыве, а также их количество зависят от размеров плит и способа укладки, она характеризуется коэффициентом проемности.

$$K_{np} = \frac{F_{np}}{F_{пл}}$$

где:  $F_{np}$  - площадь проемов;  
 $F_{пл}$  - площадь плиты.

Плиты шириной 3 м с прямоугольными отверстиями устанавливаются на участках легкобрасываемой кровли вплотную друг к другу. Плиты шириной 1,5 м укладываются с промежутком 1,5 м.

Поверх плит ПЛ укладывают асбоцементную фанеру усиленного профиля. На асбоцементных листы укладывают теплоизоляцию, поверх которой делают цементную стяжку в 1 см, а затем настилают водоизоляционный ковер.

Наглядно это можно представить на следующей схеме:

- 1 - сплошные ж/б плиты
- 2 - плиты ПЛ
- 3 - асбоцементные листы
- 4 - теплоизоляция
- 5 - цементно-песчаная стяжка
- 6 - водоизоляционный ковер
- 7 - защитный слой
- 8 - раскрывные швы.

**Общим недостатком легкобрасываемых покрытий является наличие сплошного ковра мягкой кровли по основанию.**

При сплошном слое кровли, на который в процессе эксплуатации настилали новые слои с промазкой битумом, резко увеличивает избыточное давление, необходимое для вскрытия таких конструкций при взрыве.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что наличие ковра мягкой кровли в большей степени влияют на развитие взрывных нагрузок, чем масса. ЛСК.

**Потому при конструировании легкобрасываемых покрытий предусматривают раскрывные швы, разрезающие цементный ковер и цементную стяжку.** Площадь кровли между швами определяется расчетом.

Таблица 2.4.

Экспериментальные данные

Ширина нахлестки, см	Количество слоев рубероида	Максимальное давление в опытной камере при наличии мягкой кровли, кПа
5	1	8,5
	2	10
	3	11,8
10	1	10,5
	2	12,5
	3	15
20	1	18,5
	2	31,5
	3	51,8

Схема устройства, раскрывающегося шва.

Основные элементы:

1. Плита ПЛ;
2. Асбоцементные волнистые листы;
4. Теплоизоляция;
5. Водоизоляционный ковер;
6. Защитный слой;
9. Асбоцементные угловые детали;
10. Нащельник из оцинкованной стали.

В соответствии требованиями норм **масса легкобрасываемых элементов в покрытии с учетом постоянных и временных нагрузок должна быть не более  $120 \text{ кг/м}^2$ .**

Временная нагрузка - снеговая нагрузка, которая в III и IV. климатическом районе может достигать  $70 \text{ кг/м}^2$ , что в свою очередь существенно снижает область применения ЛСК.

**Поэтому в таких районах чаще используют второй вариант легкобрасываемых покрытий - когда покрытие устраивается по металлическим или железобетонным перегородкам, уложенным с шагом 3 или 1,5 м.**

В качестве плит покрытия используют панели, выполненные из эффективных материалов (плита Шермана; лотковая плита; плита АС; плита АП плита типа "сендвич"; трехслойная плита без утеплителя: плита ПАК).

Рассмотрим устройство некоторых из них:

**Асбоцементная плита (АП)**

1. асбоцементный профильный лист;
2. бобышка;
3. минеральный войлок.

Сопрягают асбоцементные плиты по продольным сторонам внахлестку, заделывая швы мастикой, к прогонам плиты крепят клямерами. По плитам устраивают рулонную или мастичную кровлю. При применении рулонной кровли необходимо предусматривать расшивные швы.

**Легкость и отсутствие кровли из рулонных материалов позволяют эффективно использовать для участков легкобрасываемых покрытий из аммоминово - пластмассовых панелей состоящих:**

1. Алюминиевых листов.
2. Теплоизоляция.
3. Минеральный войлок (стык в нахлестку).

Широко применяются в промышленном строительстве покрытия по профилированному настилу при соответствующем креплении к прогонам:

1. Металлический профилированный настил.
2. Прогон.
3. Крепежное устройство.

Для легкобрасываемой кровли рекомендуется профилированный настил, предусматривать из аммониевых волнистых листов имеющих меньшую массу по сравнению с остальными.

**Вывод:** основные параметры, которые должны учитываться при проектировании для горизонтальных ЛСК - ограничение массы их и площади ковра мягкой кровли.

**ВЫВОД:** В зависимости от задач, входящих в защиту здания от взрыва строительными методами, как приведенные конструктивные решения, так и любые другие, должны соответствовать по своей конструкции, массе площади элемента, схеме опирания, площади ковра мягкой кровли и другим параметрам, нагрузке, при которой обеспечивается не разрушаемость самого слабого элемента или технического устройства.