МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ДГТУ)

Факультет «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»

Кафедра «Производственная безопасность»

Ноксология

Методические указания

по выполнению контрольной работы
по дисциплине «Ноксология»

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2022

Введение

Настоящие методические указания разработаны на основе Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21.07.97 с изм. от 10.01.2003 г., ГОСТ Р 12.3.047 – 2002 “Пожарная безопасность технологических процессов” и содержат требования промышленной безопасности, предъявляемые при расчете и проектировании паровой завесы для технологической радиантно-конвекционной трубчатой печи с вертикальным движением газов.

1. Общие положения

Цель практической работы: приобретение студентами навыков расчета и выбора технологического оборудования с учетом требований производственной безопасности, овладение методикой расчета и подбора паровой завесы.

Трубчатая печь — источник зажигания горючих смесей, образующихся при авариях соседних аппаратов. Печи опасны не только возможностью возникновения пожара при повреждениях непосредственно в них самих. Они весьма опасны как возможные источники зажигания при авариях на соседних технологических аппаратах: образующиеся парогазовоздушные смеси входят в соприкосновение с высоконагретыми элементами печей. Происходит воспламенение парогазового облака. Пламя быстро распространяется по облаку к месту аварии.

Существует и другая возможность воспламенения парогазового облака. Оно может быть подсосано внутрь топки и там воспламениться. Пламя в результате обратного проскока может выйти из печи и распространиться до места аварии. Из-за медленного охлаждения (для охлаждения от 1000 до 250 ° С требуется от 3 до 6 ч, в зависимости от того, применяется принудительная вентиляция или естественная циркуляция)

печь остается источником зажигания даже при погасании форсунок (горелок).

По подсасываемой в печь горючей смеси происходит проскок пламени наружу при условии, когда скорость распространения пламени $w_{пл}$ будет больше скорости движения смеси $w_{см}$, т. е. $w_{пл} > w_{см.}$

Из этого следует, что для обратного проскока пламени наиболее благоприятные условия возникают при уменьшении скорости движения смеси. Такие условия создаются при снижении тяги в печи, т.е. при погасании форсунок (горелок), перекрытии задвижки борова, остановке дымососа.

Паровая защита технологических печей (рисунок 1) предусматривает:

- наружную паровую завесу для предотвращения проникновения к печам облака горючей парогазовоздушной смеси при аварии на соседней технологической установке;
- систему внутреннего пожаротушения для локализации и ликвидации пожара непосредственно в камере печи; наличие специальных устройств для продувки камер печи от горючих газов и паров перед розжигом и после остановки;
- эвакуацию продукта из змеевика;
- систему наружного паротушения с использованием переносных шлангов.

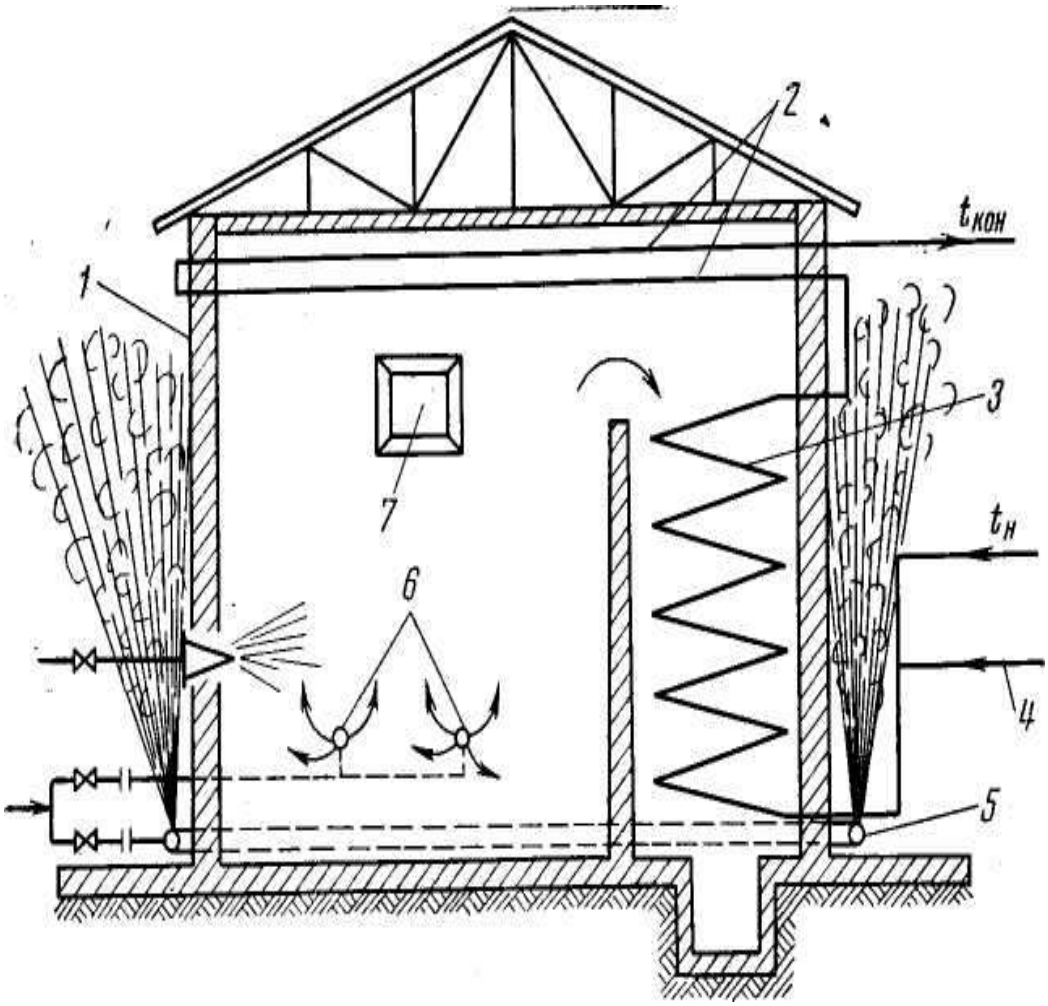

Рисунок 1 - Схема трубчатой печи с трубопроводами для паротушения и паровой завесы:

1 — корпус печи; 2 — радиантные трубы; 3 — конвекционные трубы;

4 — линия подачи водяного пара в змеевик (против ококсования);

5 — перфорированный трубопровод; 6 — система паротушения;

7 — предохранительный клапан шарнирно-откидного типа

Наружная паровая завеса может быть выполнена в двух вариантах:

- как непрерывная отражающая завеса для защиты одной, трех или четырех сторон отдельной печи или блока печей;
- как локальная флегматизирующая завеса для защиты отдельных зон или элементов печи, которые опасны как источники зажигания.

Противопожарная паровая завеса предназначена для предотвращения контакта горючих газовых смесей, образующихся при авариях на

предприятиях нефтехимической и газовой промышленности, с источниками зажигания (например, нагревательными печами). Завеса должна обладать достаточными плотностью и дальнобойностью, исключающими проскок горючей смеси в защищаемую зону объекта. Выполнение этих требований достигается оптимальной компоновкой конструкции устройства, воспроизводящего завесу, и расчетом параметров завесы. Метод включает только расчет устройства, воспроизводящего паровую завесу. Расчет магистрального паропровода проводится по общеизвестным методам.

Устройство для создания паровой завесы (рисунок 2) представляет собой кольцевой трубчатый коллектор, вдоль оси которого по всей верхней части просверлены отверстия одинакового диаметра на равном расстоянии друг от друга. Диаметр и длину коллектора, количество и диаметр отверстий определяют расчетом.

Коллектор располагается на металлических, бетонных или кирпичных опорах, высота которых должна быть не менее 0,2 м.

Расстояние от коллектора до защищаемого объекта определяют расчетом.

Коллектор должен иметь дренажные вентили для спуска конденсата или атмосферных осадков.

Вдоль оси коллектора устанавливают жесткое газонепроницаемое ограждение (листовое железо или кирпичная стена) для предотвращения проскока горючей смеси между отдельными струями в начальном участке завесы. Верхняя кромка ограждения должна быть на 0,4 — 0,6 м выше коллектора. Расстояние между коллектором и ограждением определяют расчетом. Проемы в ограждениях должны быть постоянно закрыты плотными дверями.

Траектория струи завесы должна превышать защищаемую зону. Высоту завесы над защищаемой зоной определяют расчетом. Для высоких

объектов завеса может быть выполнена многосекционной в вертикальном направлении.

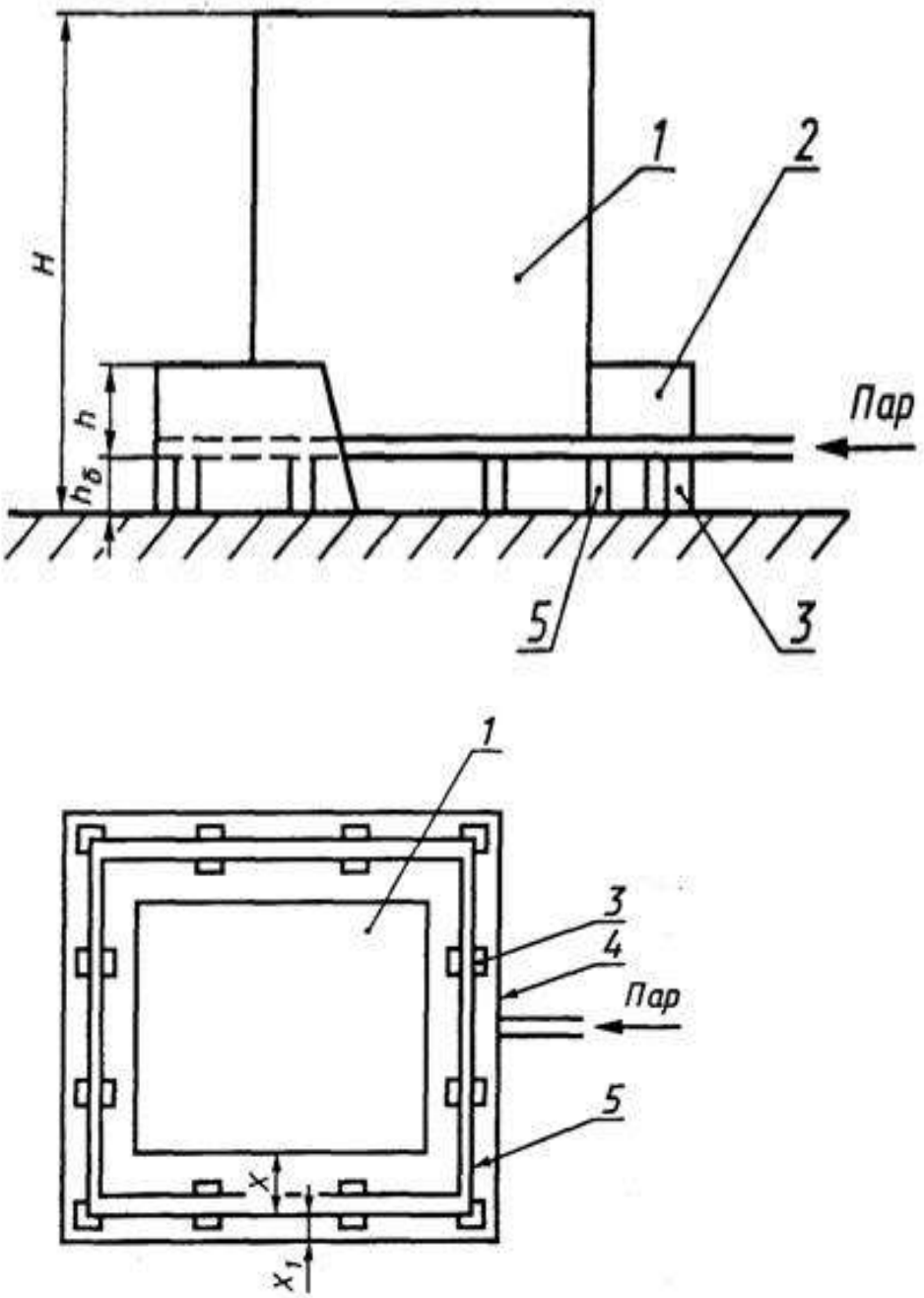

Рисунок 2 — Схема устройства для создания паровой завесы:
1 — защищаемый объект; 2 — ограждение; 3 — опора коллектора; 4 —коллектор; 5 — дренажный вентиль; h — высота верхней кромки ограждения над коллектором; $h_б$ — высота опоры; X— расстояние от коллектора до защищаемой стороны объекта; X_1 — расстояние от ограждения до коллектора

Для обеспечения равномерной раздачи пара по длине коллектора необходимо, чтобы отношение суммарной площади отверстий к площади поперечного сечения коллектора было меньше или равно 0,3.

Температуру воздуха при расчете принимают равной средней для наиболее холодного (зимнего) периода времени, характерного данному географическому району.

Скорость ветра при расчете принимается равной средней скорости для наиболее ветренного периода, характерного данному географическому району.

Для создания паровой завесы применяется перфорированный паропровод с отверстиями, позволяющими выпускать струи пара под углом 45° к соответствующей горизонтали. Если высота защищаемой зоны более 10 м, завеса устраивается из двух ярусов.

Пуск паровой завесы может осуществляться автоматически (с помощью стационарно установленных сигнализаторов) и вручную (из операторной или аппаратного двора).

Трубчатые печи оборудуют стационарной системой паротушения.

2. Расчетная часть

Условие задачи. Рассчитать параметры паровой завесы для технологической трубчатой печи (радиантно-конвекционной с вертикальным движением газов). Коллектор завесы удобно расположить на бетонных опорах высотой $h_б$, м, а высоту верхней кромки ограждения над коллектором завесы принимают равной h, м.

Данные. При определения показателей паровой завесы, были использованы следующие исходные данные (таблица 1).

Рассчитывают следующие величины.

1. Расстояние *X*, м, от коллектора завесы до защищаемого объекта

$$X=0{,}25H, \qquad (1)$$

где H — высота защищаемой зоны объекта, м (таблица 1).

2. Длина коллектора $L_{кол}$, м

$$L_{кол} = P + 8X, \qquad (2)$$

где *P* — периметр защищаемого объекта, м (таблица 1).

3. Удельный расход пара из отверстий коллектора $\rho_0 W_0$, кг/(м^2 · с)

$$\rho_0 W_0 = \sqrt{2 \cdot \frac{K}{K-1} \cdot \frac{p_1}{V_1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{2/K} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(K+1)/K}\right]}, \qquad (3)$$

где ρ_0 — плотность пара, кг/м^3;

W_0 — скорость выхода пара, м/с;

p_1 — давление пара в коллекторе, Па (таблица 1);

V_1 — удельный объем пара в коллекторе, м^3/кг (таблица 1);

p_2 — атмосферное давление, Па, равное 10^5 Па;

K — показатель адиабаты пара (для перегретого пара принять *K* = 1,3, для насыщенного пара *K* = 1,135).

4. Диаметр отверстий на коллекторе d_0, м

$$d_0 = \left(\frac{\rho_в W_в}{\rho_0 W_0}\right)^{1,5} \frac{H^{1,5}}{X^{0,5}}, \qquad (4)$$

где $\rho_в$ — плотность воздуха, кг/м^3 (таблица 1);

$W_в$ — скорость ветра, м/с (таблица 1).

5. Если по условиям расчета задается диаметр отверстий, то следует определить номинальную высоту завесы $H_з$, м

$$H_з = X^{0,333} d_0^{0,667} \frac{\rho_в W_в}{\rho_0 W_0}. \quad (5)$$

6. Расстояния между отверстиями *l*, м

$$l = \frac{h}{2,0}, \quad (6)$$

где *h* — высота верхней кромки ограждения над коллектором, м (табл. 1).

7. Количество отверстий n, шт.

$$n = \frac{L_{кол}}{l} + 1. \quad (7)$$

8. Диаметр коллектора $D_{кол}$, м

$$D_{кол} = 1,83 d_0 \sqrt{n}. \quad (8)$$

9. Расход пара $G_п$, кг/с:

$$G_п = 0,785 \varphi d_0^2 n \rho_0 W_0, \quad (9)$$

где φ — коэффициент расхода пара через отверстие (φ принимается от 0,6 до 0,8).

10. Общая высота ограждения $h_{огр}$, м:

$$h_{огр} = h + h_б, \quad (10)$$

где $h_б$ — высота опоры коллектора, м (табл. 1).

11. Расстояние от ограждения до коллектора X_1, м:

$$X_1 = 0{,}25h. \quad (11)$$

12. Длина ограждения $L_{огр}$, м:

$$L_{огр} = L_{кол} + 8X_1. \quad (12)$$

Указанный порядок расчета проводят после ориентировочного выбора значений давления пара и диаметра отверстий в коллекторе по таблице 2 с уточнением значения высоты паровой завесы $H_з$.

В вертикальной графе даны значения давления пара, в горизонтальной - диаметры отверстий, а в пересечении горизонтальных и вертикальных граф - высоты паровых завес (высота защищаемых зон) в метрах.

Таблица 2 составлена для скоростей ветра 2, 3, 4 и 6 м/с. При больших скоростях ветра указанные величины следует принимать такими же, что и для 6 м/с. Также с помощью таблицы 2 можно оценить необходимое значение давления пара и соответствующий ему диаметр отверстий для обеспечения требуемой высоты завесы (высоты защищаемого объекта).

Для одного и того же давления пара высота завесы будет тем больше, чем больше диаметр отверстий. Однако с увеличением диаметра будет увеличиваться расход пара. Следует подбирать давление пара и диаметр отверстий таким образом, чтобы были обеспечены требуемая высота завесы и наиболее экономичный отбор пара. Диаметр отверстий следует принимать наименьшим из возможного (но не менее 3 мм) для каждого давления пара.

Таблица 1 – **Исходные данные**

	№ вариантов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Давление пара в коллекторе завесы p_1, Па	$10x10^5$	$12x10^5$	$9x10^5$	$8x10^5$	$6x10^5$	$13x10^5$	$11x10^5$	$10x10^5$
Удельный объем пара в коллекторе завесы V_1, $м^3/кг$	0,2							
Скорость ветра, $w_в$, м/с	2	3	4	6	2	9	5	8
Плотность $\rho_в$, $кг/м^3$, (температура $t_в$, °С) воздуха	1,36 (-15)							
Высота печи, H, м	2,5	5	6	7	3	4	3,5	6,5
Размеры печи, м	3x5	5x4	5x3,3	4x2,8	6x3,2	4x4	5x3,2	7x3
Высота верхней кромки ограждения над коллектором, h, м	0,5	0,7	0,4	0,45	0,6	0,35	0,7	0,5
Высота опоры коллектора, $h_б$, м	0,2	0,3	0,2	0,25	0,3	0,1	0,2	0,3

3. Рекомендации

В целях профилактики в производственном помещении, на участке расположения трубчатых печей необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- между печами, расположенными на открытых площадках, с открытыми пожаровзрывоопасными установками размещать закрытые здания с неопасной технологией. Эти здания являются своеобразными защитными экранами;
- делать разрывы между печами и соседними аппаратами (установками) по расчету, но не менее установленных нормами;
- защищать теплоизоляцией высоконагретые наружные элементы печи**,** чтобы их температура не превышала 80% наименьшей температуры самовоспламенения веществ, применяемых в соседних аппаратах;
- устраивать паровые завесы для изоляции печи от парогазового облака в случае аварии соседних аппаратов.

4. Рекомендации

В целях профилактики в производственном помещении, на участке расположения трубчатых печей необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- между печами, расположенными на открытых площадках, с открытыми пожаровзрывоопасными установками размещать закрытые здания с неопасной технологией. Эти здания являются своеобразными защитными экранами;
- делать разрывы между печами и соседними аппаратами (установками) по расчету, но не менее установленных нормами;

- защищать теплоизоляцией высоконагретые наружные элементы печи**,** чтобы их температура не превышала 80% наименьшей температуры самовоспламенения веществ, применяемых в соседних аппаратах;
- устраивать паровые завесы для изоляции печи от парогазового облака в случае аварии соседних аппаратов.

5. Выводы

Следует привести техническую характеристику подобранной завесы по существующим показателям.

Таблица 2 — **Изменение высоты завесы в зависимости от диаметра отверстий и давления пара**

P_1	d_0, мм							
10^5Па	3	4	5	6	7	8	9	10
				$W_в$ = 2м/с				
3	3,30	4,05	4,7	5,3	5,9	6,5	7,0	7,5
4	4,00	4,80	5,5	6,3	7,0	7,6	8,2	8,7
5	4,50	5,40	6,3	7,2	7,9	8,7	9,3	10,0
6	4,85	5,80	6,7	7,7	8,5	9,3	10,0	—
7	5,25	6,30	7,3	8,3	9,2	10,0	—	—
8	5,50	6,60	7,6	8,7	9,5	—	—	—
9	5,75	7,00	8,0	9,2	10,0	—	—	—
10	6,15	7,40	8,5	9,8	—	—	—	—
12	6,70	8,00	9,3	11,0	—	—	—	—
14	7,10	8,50	10,0	—	—	—	—	—
16	7,50	9,00	—	—	—	—	—	—
				$W_в$ = 3 м/с				
4	2,60	3,20	3,70	4,20	4,60	5,0	5,5	5,80
5	3,00	3,60	4,15	4,80	5,25	5,7	6,2	6,60
6	3,20	3,90	4,50	5,15	5,70	6,2	6,7	7,15
7	3,50	4,20	4,85	5,50	6,10	6,7	7,2	7,70
8	3,65	4,40	5,20	5,80	6,40	7,0	7,6	8,10
10	4,10	5,00	5,70	6,50	7,20	7,9	8,5	9,10
12	4,40	5,40	6,20	7,00	7,80	8,5	9,2	9,80
16	5,00	6,00	6,90	7,80	8,70	9,5	10,3	—
				$W_в$ = 4 м/с				
4	—	2,40	2,80	3,1	3,50	3,8	4,1	4,4
5	—	2,80	3,10	3,5	3,90	4,3	4,6	5,0
6	2,42	2,92	3,36	3,8	4,25	4,6	5,0	5,4
7	2,60	3,16	3,60	4,1	4,60	5,0	5,4	5,8
8	2,70	3,30	3,80	4,3	4,80	5,2	5,6	6,0
9	2,90	3,45	4,00	4,5	5,00	5,5	5,9	6,3
10	3,10	3,74	4,30	4,9	5,40	5,9	6,4	6,8
12	3,30	4,10	4,70	5,1	5,90	6,4	6,9	7,4
15	3,60	4,40	5,00	5,7	6,30	6,9	7,4	8,0
				$W_в$ = 6 м/с				
4	—	—	1,84	2,10	2,30	2,54	2,75	2,90
6	—	1,95	2,25	2,57	2,82	3,10	3,34	3,60
8	—	2,20	2,52	2,90	3,20	3,50	3,80	4,00
10	2,10	2,50	2,85	3,16	3,60	4,00	4,30	4,60
12	2,20	2,65	3,06	3,40	3,85	4,20	4,60	4,90
15	2,42	2,90	3,86	3,82	4,25	4,60	.5,00	5,35

Рекомендуемая литература

1. Горячев С.А., Клубань В.С. Задачник по курсу «Пожарная профилактика технологических процессов». – М.: ВИПТШ МВД России, 1996.

2. ГОСТ Р 12.3.047 – 98*(2002) Пожарная безопасность технологических процессов.

3. ГОСТ 12.1.044—89*(1999) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: в 2 т./под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко. М.:Химия, 1990.

5. СНиП 31-03-2001. Производственные здания.

6. СНиП 21 – 01 – 97*(2002) Пожарная безопасность зданий и сооружений.