Санкт-Петербургский Университет МВД

Кафедра: Пожарная безопасность зданий

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

По дисциплине: Здания и сооружения и их поведение в условиях пожара

Тема: Проверка соответствия огнестойкости конструкций здания противопожарным требованиям СНиП и разработка технических решений по ее повышению

Разработал: Слушатель 3 курса заочного отделения

Ст. с-т. вн. сл. Пономаренко Д.А.

Специальность 330400

Зачетная книжка ВО-0011

Группа № 400, Вариант № 2

Санкт-Петербург 2003

Содержание

Введение

1. Исходные данные для расчета

2. Определение фактического предела огнестойкости фермы расчетным методом

2.1 Статическая часть

2.2 Теплотехническая часть

3. Проверка соответствия огнестойкости балки покрытия здания противопожарным требованиям СниП и разработка одного из опорных узлов и узла соединения элементов балки

Вывод

Используемая литература

Введение

Инженер пожарной безопасности при выполнении служебных обязанностей сталкивается с необходимостью проверить соответствие огнестойкости проектируемого, реконструируемого здания противопожарным требованиям строительных норм и правил. Причем, проверку он должен уметь выполнять, пользуясь не только справочными данными о фактических пределах огнестойкости строительных конструкций, но и с помощью расчетных методов. Кроме того, руководитель тушения пожара в процессе ликвидации пожаров в зданиях, для четкой и безопасной организации работы личного состава должен уметь прогнозировать оперативную обстановку, а для этого ему необходимо знать, как поведет себя та или иная конструкция в условиях пожара, а также должен уметь безошибочно определять наиболее « слабые » места в таких конструкциях.

Целью данного курсового проекта является проверка соответствия строительной стропильной фермы покрытия первого пожарного отсека здания требованиям пожарной безопасности и разработка предложений по ее огнезащите.

1. Исходные данные для расчета

Маркировка фермы: ФС 36 – 1,85В

Спецификация: 2.2.5

Геометрическая схема: 2.1.9

Длина здания: 144 м.

Ширина здания: 36 м.

Категория по пожарной опасности: В

Количество этажей: 8

Исследуемый узел: №23

Таблица исходных данных исследуемого узла

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение  элементов  фермы | Расчетное уси-  лие в элементах N,кН | Геометрическая длина элемента L,мм | Размер профиля поперечного сечения эл-та ,мм | Площадь поперечного сечения, А кв.см. | Марка стали | Нормативное значение предела текучести,МПа |
| Р2 | +406 | 4268 | L 90\*6 | 10.6 | Вст3пс6 | 245 |
| С1 | - 86 | 3080 | L70\*4,5 | 6.2 | Вст3пс6 | 245 |
| Р3 | - 303 | 4332 | L110\*8 | 17.2 | Вст3пс6 | 245 |
| Н1 | +584 | 5788 | L125\*8 | 19.7 | 14Г2 | 325 |
| Н2 | +768 | 6000 | L125\*8 | 19.7 | 14Г2 | 325 |

Сортамент прокатных стальных уголков

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элементы | Площадь, А  кв.см. | Радиусы инерции сечения, | |
| Ix | Iy |
| Р2 | 10.6 | 2.78 | 4.11 |
| С1 | 6.2 | 2.16 | 3.29 |
| Р3 | 17.2 | 3.39 | 4.95 |
| Н1 = Н2 | 19.7 | 3.87 | 5.53 |

Схема исследуемого узла

С1

Р2Р3

СП

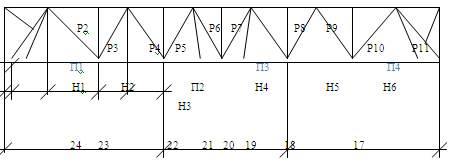
Н2

Н1

# Рис. 1

Геометрическая схема фермы ФС 30 – 1,85

3О24О35О46О57 О6 8 О7 9О810 О911 О1012 О11 13



3000 30003000

11800 12000 11800

Рис. 2

Определим требования к зданию и ферме покрытия по огнестойкости:

Требуемую степень огнестойкости определяют по отраслевой (межотраслевой) главе СниП, учитывающий назначение здания, в частности, для зданий производственного назначения по табл. 1 СниП 2.09.02-85 « Производственные здания » в зависимости от категории здания по пожарной опасности, этажности, площади этажа в пределах пожарного отсека. Зная требуемую степень огнестойкости здания по табл.1 СниП 2.01.02-85 « Противопожарные нормы » , определяем величины требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций Птр и допустимое значение предела распространения огня Lд .

Находим:

Степень огнестойкости здания:

II ( СНиП 2.09.02-85 )

Птр = 0,25 ч ( СНиП 2.01.02-85 )

Lд = 0 м ( СНиП 2.01.02-85)

2. Определение фактического предела огнестойкости фермы расчетным методом

2.1 Статическая часть

Величину критической температуры (tcr) для каждого из элементов определяют из условия снижения прочности ( предела текучести ) стали до величины напряжения, возникающего в элементе от внешней ( нормативной, рабочей ) нагрузки. Кроме того, для сжатых элементов определяют и второе значение (tcr ) из условия снижения модуля упругости стали (Еs) до критической величины ( что приводит к недопустимому прогибу элемента ).

Числовые значения (tcr) определяют по экспериментальным данным о снижении коэффициента изменения предела текучести (Yr) стали от температуры нагрева по графику (рис. 2.2 методички ).

Величину коэффициента изменения предела текучести стали, соответствующую критической температуре нагрева растянутого элемента фермы, вычисляют по следующей формуле:

Yytcr = Nn / (A\*Ryn)

При расчете по потере устойчивости сжатых элементов пользуются формулой:

Ys = Nn\* I / pi\*En\*Jmin

Где I - расчетная длина элемента (принимается максимальная из условия гибкости элемента « в плоскости » и « из плоскости » фермы ), м.;

pi = 3.14;

En = 2.06\*10 – нормативное значение модуля

упругости, Па;

Jmin – минимальное значение момента инерции

поперечного сечения , см, можно

вычислить по формуле:

Jmin = Imin\*A2

где Imin – минимальное значение величины радиуса инерции поперечного сечения элемента;

А2 - площадь поперечного сечения элемента

Для элемента С1 – при сжатии:

Усилие, воспринимаемое элементом от нормативной нагрузки:

N-86

Nn = Yr = 1.2 = 71.66 кН

где Yr – усредненное значение коэффициента надежности, равный 1.2.

Определяем гибкость по формулам:

Lx / Ix , = Ly / Iy;

Lx = 0.8Ly = 0.8\*3080 = 2464 мм = 246.4 см.

Ly = 3080 мм. = 308.0 см.

Отсюда

= 246.4 / 2.16 = 114.074

= 308.0 / 3.29 = 93.61

Так как >40, то в знаменателе формулы расчета Ytcr следует учесть коэффициент продольного изгиба стержня =0.95;

Определяем величину коэффициента изменения предела текучести стали, соответствующей критической температуре нагрева сжатого элемента фермы:

А = 12.4 см.

Yt = Nn / A\*Ryn\* = 71.66\*10 / 12.4\*10\*245\*10\*0.95 = 0.24

Расчет потери устойчивости сжатого элемента:

Nn \* L71.66 \*10\* 3080\* 10

Ye = pi\*Еп\*Jmin = 3.14 \* 2.06\*10\*57.85 = 0.578

Jmin = Imin\*A2 = 2.16\*12.4 = 57.85 см

Где Jmin – минимальное значение момента инерции поперечного сечения элемента;

L – расчетная длина элемента;

Еп – нормативное значение модуля упругости.

Числовое значение tcr определяем по экспериментальным данным о снижении коэффициента предела текучести( Yt ) и модуля упругости ( Ye ) стали от температуры нагрева по графику на рис.2.2 методички:

по Yt 550 С

по Ye. 750 С

принимаем tcr= 550

### Раскос «Р2»

Определяем усилие, воспринимаемое элементом от нормативной нагрузки при растяжении:

Nn = N / Yf = 406 / 1.2 = 338.33 кН

Определяем величину коэффициента изменения предела текучести :

Yt = Nn / A\*Ryn = 338.33\*10/21.2\*10\*245\*10 = 0.65

По графику на рис. 2.2 методички определяем критическую температуру нагрева растянутого элемента «Р2»:

tсr = 450 С

Раскос «Р3» - при сжатии

Определяем усилие, воспринимаемое элементом по нормативной нагрузке:

Nn = N / Yf = -303/1.2 = 252.5 кН

Для сжатого элемента определяем гибкость:

Lx = 0.8Ly = 0.8\*4332 = 3465.6 мм. = 346.56 см.

Ly = 4332 мм. = 433.2 см.

Отсюда

= 346.65/ 3.39 = 102.25

= 433.2 / 4.95 = 87.51

Так как > 40, то в знаменателе формулы расчета Ytcr следует учесть коэффициент продольного изгиба элемента = 0.95

Определяем величину коэффициента изменения предела текучести стали, соответствующей критической температуре нагрева сжатого элемента фермы:

А = 34.4 см.

Yt = Nn /A\*Ryn\* = 252.5\*10/34.4\*10\*245\*10\*0.95=0.31

Расчет потери устойчивости сжатого элемента:

Nn \* L 252.5\*10\*4332\*10

Ye = pi\*En\*Jmin = 3.14\*2.06\*10\*395.32 = 0.59

Jmin = Imin\*A2 = 3.39\*34.4 = 395.32 см.

Числовое значение tcr определяем по экспериментальным данным о снижении коэффициента изменения предела текучести ( Yt ) и модуля упругости ( Ye ) стали от температуры нагрева по графику на рис. 2.2 методички:

по Yt 610 C

Принимаем tcr = 610 C

Панель нижнего пояса «Н1» - при растяжении

Определим усилие, воспринимаемое элементом по нормативной нагрузке при растяжении:

Nn = N / Yf = 584 / 1.2 = 486.66 кН

Определяем величину коэффициента изменения предела текучести стали для растянутого элемента:

Yt = Nn / A\*Ryn = 486.66\*10/ 39.4\*10\*325\*10= 0.38

По графику на рис. 2.2 методички определяем критическую температуру нагрева растянутого элемента «Н1»:

tcr = 580 C

Панель нижнего пояса «Н2» - при растяжении

Определим усилие, воспринимаемое элементом по нормативной нагрузке при растяжении:

Nn = N / Yf = 768 / 1.2 = 640 кН

Определяем величину коэффициента изменения предела текучести стали для растянутого элемента:

Yt = Nn / A\*Ryn = 640\*10 / 39.4\*10\*325\*10 = 0.49

По графику на рис. 2.2. методички определяем критическую температуру нагрева растянутого элемента «Н2»:

tcr = 550 C

2.2 Теплотехническая часть

Для произведения расчета теплотехнической части курсового проекта сначала определяют толщину профиля, приведенную к толщине пластины по следующей формуле:

пр = A / U ,

где пр – толщина профиля, приведенная к толщине пластины, мм

А - площадь поперечного сечения профиля, мм

U - длина обогреваемого периметра профиля, мм

Элементы ферм, в том числе и таврового сечения, составленные из уголков, в условиях пожара обогреваются со всех сторон. Поэтому для одного уголка обогреваемый периметр его сечения может быть принят равным U = 4bf : где bf – ширина полки уголка, мм.

Определив величины (пр) для каждого стержня с помощью номограммы на рис. 3, строят графики изменения температуры их нагрева. Затем, зная величину критической температуры для каждого стержня определяют значения времени прогрева до tcr, т.е. утраты их несущей способности. По полученным результатам определяют фактический предел огнестойкости фермы ( ПФ ). Предел огнестойкости фермы определяют по минимальному значению времени утраты несущей способности наиболее слабого элемента фермы.

Для элемента С1

U = 4\*bf = 4\*70 = 280 мм

np= A / U = 1240 / 280 = 4.43 мм

Для элемента Р2

U = 4\*bf = 4\*90 = 360 мм

пр= А / U = 2120 / 360 = 5.88 мм

#### Для элемента Р3

U = 4\*bf = 4\*110 = 440 мм

пр= А / U = 3440 / 440 = 7.82 мм

#### Для элементов Н1, Н2

U = 4\*bf = 4\*125 = 500 мм

пр = А / U = 3940 / 500 = 7.88 мм

График изменения температуры нагрева незащищенных стальных пластин различной толщины от времени нагрева при стандартном температурном режиме пожара

t C

900

800

700

600

500

400

300

200

100

T, мин

10 20304050

Рис. 3

По графику на рис.3 определяем время прогрева каждого стержня до утраты несущей способности конструкции:

Для элемента Р2:П = 08 мин.

Для элемента С1:П = 13 мин.

Для элемента Р3:П = 20 мин.

Для элемента Н1:П = 18 мин.

Для элемента Н2:П = 17 мин.

На основании полученных результатов строим график изменения температуры стандартного пожара и стержней заданного узла фермы от времени пожара.

t, С

740

680P3

620

560С1

P2H1

500 H2

440

380

320

260

200

140

80

20

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

Так как Пф.мин = 8 мин. < Птр = 15 мин., то необходимо применить огнезащиту.

Выбор и основание огнезащиты

Определяющим является элемент Р2, имеющий минимальное время прогрева Пф= 8 мин. и минимальную критическую температуру tcr=450 С.

Определим толщину стальной пластины:

кр = f / 2 = 6 / 2 = 3 мм.

По графикам 2.2.1., 2.2.2., 2.2.3. определяем предел огнестойкости защищенной конструкции. Данные занесены в таблицу 3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вид огнезащиты | Толщина слоя, мм | Пфз,мин | Пф, мин | К |
| 1 | ОФП | 20 | 40 | 8 | 5 |
| 2 | ОВПФ-1 | 8 | 53 | 8 | 6.62 |
| 3 | ОВП-2 | 12 | 58 | 8 | 7.25 |
| 4 | ЦПЩ | 20 | 30 | 8 | 3.75 |
| 5 | ГПШ | 20 | 60 | 8 | 7.5 |
| 6 | ЦП-СШ | 20 | 39 | 8 | 4.87 |

### ОФП – огнезащитное фосфатное покрытие

### ОВПФ-1- огнезащитное вспучивающее покрытие фосфатное

### ОВП-2 – огнезащитное вспучивающее покрытие

ЦПШ – цементо-перлитовая штукатурка

### ГПШ – гипсоперлитовая штукатурка

ЦП-СШ – цементо-песчаная штукатурка

Определяем фактический предел огнестойкости незащищенной и защищаемой конструкций в соответствии со СНиП 11-2-80: Пф = ч., Пфз = ч

3. Проверка соответствия огнестойкости балки покрытия здания противопожарным требованиям СНиП и разработка конструктивных решений, обеспечивающих огнезащиту балки, одного из опорных узлов и узла соединения элементов связей

Исходные данные:

Расчетный пролет балки, L, м 15

Шаг балки, аg, м 6

Размер сечения балки, h bb, 1010 160 мм

Полная расчетная нагрузка на балку, q, кПа 2.1

Сорт древесины - 1

Количество сторон обогрева при пожаре - 3

Номера узлов опирания балок и крепления элементов связей 2;4

Длина балки, на которой произошло обрушение связей, lpc, м 6

Назначение второго отсека здания – склад крепежных деталей в сгораемой упаковке

Площадь второго пожарного отсека здания, S, м 3800

Требуемый предел огнестойкости Птр = 0.75 ч

Здание категории

Площадь этажа

Требуемая степень огнестойкости

Допустимый предел распространения огня

Решение:

Определим погонную равномерно распределенную нормативную нагрузку, действующую на балку, по формуле:

qn = q \* aб / Yt = 2.1\*6/ 1.2 = 10.5 кН/м

Изгибающий момент в середине пролета балки от нормативной нагрузки определяем по формуле:

Мn = qn\*L/ 8 = 295.3 кН\*м

Момент от нормативной нагрузки на расстоянии lpc от середины пролета балки:

Mlpc = qn/2(L/2 – lpc)\*( L/2 + lpc) = 10.5/2(15/2 – 6)(15/2 + 6) =

= 106.3 кН\*м

Максимальные касательные напряжения в рассматриваемой балке при ее загружении равномерно распределенной нагрузкой, имеющих место в опорных сечениях конструкции от действия поперечной силы:

Qn = qn \* L / 2 = 10.5 \* 15/ 2 = 78.7 кН

Определяем предел огнестойкости из условия потери прочности от действия нормативных напряжений:

Пф = T30 + Tcr

T30 = 5 мин

Тcr = Zcr/ V, где V- принимаем 0.7 мм/мин по таб. 3.2

Определим значение коэффициента nw3:

nw3 = Mn / W\*Rfw = 295.3\*10/ 0.027\*29\*10 = 0.37

W = bб \* h / 6 = 0.16\*1.01/6 = 0.027 м

Rfw = 29 МПа по табл. 3.3 стр.38

Определяем значение параметров (Zcr/bb ) для отношения размеров поперечного сечения балки до пожара h/bб = 6.3:

Zcr = 0.052bb = 0.052\*160 = 8.32 мм, так как точка пересечения на графике (1) рис. 3.1. значения параметров nw3 и Zcr/h находятся ниже сплошной линии.

Таким образом находим значение фактического предела огнестойкости из условия потери прочности от действия нормальных напряжений:

Пф = 5 + 8.32/0.7 = 16.8 мин 0.28 ч.

Определяем предел огнестойкости по касательным напряжениям

Определим значение коэффициента na3:

Na3 = 3\*Qn/2\*bb\*h\*Rfgs = 3\*78.7\*10/2\*1.01\*0.16\*1.2\*10 = 0.61

Где Rfgs = 1.2 МПа по табл. 3.3.

Найдем предельную глубину обугливания:

Для отношения

h/bb = 6.3 и Zcr/h = 0.030 (рис. 3.1 прил.3)

Zcr = 0.030\*h = 0.030\*1010 = 30.3 мм

Таким образом, Пф = 5 + 30.3/0.7 = 48.2 мин 0.8 ч.

Определяем (Пф) балки из условия потери устойчивости ее плоской фермы (деформирования балки).

Находим граничные значения глубины обугливания:

Z1 = 10V = 10\*0.7 = 7 мм

Zi = 0.25bb = 0.25\*160 = 40 мм

В пределах Z1 и Zi произвольно задаемся значениями глубины обугливания:

Z2 = 10 мм. , Z3 = 15 мм. , Z4 = 25 мм.

Для отношений: Находим по графикам на рис. 3.1.

h/ bb = 6.3значения коэффициентов nw3

Z1/h = 7 / 1010= 0.006nw3 (1) = 0.37

Z2/h = 10/ 1010 = 0.009nw3 (2) = 0.40

Z3/h = 15/ 1010 = 0.014 nw3 (3) = 0.43

Z4/h = 25/ 1010 = 0.024 nw3 (4) = 0.44

Z5/h = 40/ 1010 = 0.039 nw3 (5) = 0.49

Определяем значения коэффициентов fm1 - fm5:

mi = 140\*( bb – 2Zi )/ lpc\*(h – kZi ) \* Kfф \* Kfmni

где Кrф - коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке lpc.

При lpc<0.5L Krф = 1.75 – 0.75df = 1.75 – 0.75\*0.36 = 1.48

Где df = Mlpc/ Mn = 106.3/ 295.3 = 0.36

К = 1 – трехстороннее обогревание

Кfmni = 1

fm1 = 140\*(16 --2\*0.7)/ 600\*(101-0.7)\*1.48 = 0.73

fm2 = 140\*(16 – 2\*1.0)/ 600\*(101-1.0)\*1.48 = 0.67

fm3 = 140\*(16 --2\*1.5)/ 600\*(101-1.5)\*1.48 = 0.58

fm4 = 140\*(16 – 2\*2.5)/ 600\*(101-2.5)\*1.48 = 0.42

fm5 = 140\*(16 – 2\*4.0)/ 600\*(101-4.0)\*1.48 = 0.22

Определяем напряжения Gfw1 – Gfw5 в расчетном поперечном сечении балки по формуле:

Gfwi = Mlpc/ fmi\*W\*nwi

Gfm1 = 106.3/ 0.73\*0.027\*0.37 = 14.5 МПа

Gfm2 = 106.3/ 0.67\*0.027\*0.40 = 14.6 МПа

Gfm3 = 106.3/ 0.58\*0.027\*0.43 = 15.7 МПа

Gfm4 = 106.3/ 0.42\*0.027\*0.44 = 21.3 МПа

Gfm5 = 106.3/ 0.22\*0.027\*0.49 = 36.5 МПа

Строим график зависимости напряжения, возникающего в балке от внешней нагрузки, от глубины ее обугливания

Gfwi, МПа

40

30 Rfw=29

20

10

Zcr=34

Zi, мм

10 20 30 40

При Rfw = 29 МПа находим предельную глубину обугливания cr=34 мм, с достижением которой наступает предельное состояние конструкции по огнестойкости из условия потери устойчивости ее плоской формы.

Определяем предел огнестойкости балки по потере устойчивости ее плоской формы ( деформирования ):

Пф = Т30 + Тcr = 5 + 34/ 0.7 = 53 мин = 0.8 ч.

Вывод

Фактическим пределом огнестойкости балки является минимальное значение Пф, которое наступает в результате разрушения балки на опорах от действия нормальных напряжений, т.е. Пф = 0.28 ч. Так как фактический предел огнестойкости меньше требуемого (Птр = 0.75 ч.), то необходимо предусмотреть конструктивное решение для его повышения. В данном случае наиболее целесообразным конструктивным решением является защита балки гипсокартонными листами, толщина которого выбирается в зависимости от требуемого предела огнестойкости и равна 2 14 мм.(Пф=0.7).

Используемая литература

1. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по дисциплине « Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре » С-Пб; С-ПбВПТШ МВД РФ, 1997
2. СНиП 2.01.02 – 85 « Противопожарные нормы »
3. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и группам возгораемости материалов (к СНиП 11 – 8 - 80), М: Стройиздат,1985.
4. СНиП 2.11.01 – 85 « Складские помещения »
5. СНиП 2.09.02 – 85 « Производственные здания »