

## Приложение 1.

### Расчет систем противодымной вентиляции.

Расчет выполнен в программе КВМ ДЫМ в соответствии с требованиями ВНИИПО



## Производственное объединение КЛИМАТВЕНТМАШ

Программа "КВМ-Дым" разработана на основании  
Методических рекомендаций к СП 7.13130.2013 (Расчётное определение  
основных параметров противодымной вентиляции зданий, ВНИИПО, 2013).  
Разработчик - ООО «Производственное объединение КВМ», 14.07/19.07.  
Программа предназначена для расчёта основных параметров противодымной вентиляции  
зданий различного назначения - жилых и общественных, производственных и складских, а также  
многофункциональных зданий и комплексов, закрытых подземных и надземных автостоянок.

### РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПРИТОЧНОЙ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

#### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

**Наименование проекта:** ПД1.1, ПД1.2 лифт пожарная опасность

**Вариант:** Подача воздуха в лифтовую шахту

**Условия:**

- Надземная лифтовая шахта.
- Лифтовая шахта центрального ядра надземной части.
- Выгороженный лифтовой холл на основном посадочном этаже.
- Выгороженные лифтовые холлы на вышележащих надземных этажах.

**Характеристики здания**

- Число надземных этажей:  $N_{нз} = 7$
- Отметка уровня второго этажа (от пола 1-го до пола 2-го):  $h_{(2)} = 4,50 \text{ м}$
- Высота вышележащих этажей (от пола до пола):  $\Delta h_{нз} = 3,00 \text{ м}$

**Характеристики лифтовой шахты**

- Нижний обслуживаемый этаж:  $N_{Эн} = 33$
- Верхний обслуживаемый этаж:  $N_{Эв} = 50$
- Площадь дверей лифтовой шахты:  $F_{дл} = 2,40 \text{ м}^2$
- Площадь дверей лифтовых холлов:  $F_{др} = 2,20 \text{ м}^2$
- Высота дверей лифтовой шахты:  $h_{дл} = 2,00 \text{ м}$
- Количество кабин лифтов в шахте:  $n = 1$
- Количество дверей каждого лифтового холла:  $m = 2$
- Площадь поперечного сечения кабины лифта по внешнему контуру ограждений:  $F_{lc} = 2,31 \text{ м}^2$
- Площадь поперечного сечения шахты лифта по внутреннему контуру ограждений:  $F_{ls} = 4,86 \text{ м}^2$
- Сопrotивление воздухопроницанию дверей лифтовой шахты:  $S_{дл} = 2300,00 \text{ м}^3/\text{кг}$
- Сопrotивление воздухопроницанию дверей лифтового холла:  $S_{др} = 4240,00 \text{ м}^3/\text{кг}$
- КМС проема дверей выгороженного лифтового холла на основном посадочном этаже:  $\xi_d = 2,44$
- КМС узла "кабина-шахта" при открытых дверях:  $\xi_l = 4,50$

**Параметры воздуха**

- Температура наружного воздуха:  $t_a = -25,00 \text{ }^\circ\text{C}$
- Температура воздуха в лифтовой шахте:  $t_l = 16,00 \text{ }^\circ\text{C}$
- Температура воздуха во внутренних помещениях:  $t_r = 20,00 \text{ }^\circ\text{C}$

**Система приточной противодымной вентиляции**

- Разность уровней воздухоприёмного устройства и верхнего оголовка ЛШ:  $h_{ос} = 2,50 \text{ м}$
- Потери давления в сети до верхнего оголовка ЛШ:  $P_{дл} = 330,00 \text{ Па}$
- Избыточное давление в надземной части ЛШ:  $P_{20н} = 20,00 \text{ Па}$

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. И дата

Инв. № подл.

ДБ/21-П-ИОС4.1.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
						Приложение 1. Расчет систем противодымной вентиляции	Стадия	Лист	Листов
							П	1	18
							ООО "Первый ДСК" г.Москва		
Разраб.		Корнеев		<i>[Подпись]</i>	11.21				
Проверил		Фролов		<i>[Подпись]</i>	11.21				
Н.контр.		Шипицын		<i>[Подпись]</i>	11.21				

**РАСЧЕТ**

$$T_a = t_a + 273,15 = 248,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_l = t_l + 273,15 = 289,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_r = t_r + 273,15 = 293,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

Плотность наружного воздуха

$$\rho_a = 353 / T_a = 1,42 \text{ кг/м}^3$$

Плотность воздуха в лифтовой шахте

$$\rho_l = 353 / T_l = 1,22 \text{ кг/м}^3$$

Плотность воздуха во внутренних помещениях

$$\rho_r = 353 / T_r = 1,20 \text{ кг/м}^3$$

Характеристика сопротивления дверей надземной части ЛШ

$$S_{dir} = S_{dl} / (n \cdot F_{dl})^2 + S_{dr} / (m \cdot F_{dr})^2 = 618,31 \text{ }^1/(\text{кг}\cdot\text{м})$$

Характеристика сопротивления дверей подземной части ЛШ

$$S_{dir} = S_{dl} / (n \cdot F_{dl})^2 + S_{dr} / (m \cdot F_{dr})^2 = 618,31 \text{ }^1/(\text{кг}\cdot\text{м})$$

Давление в надземной части лифтовой шахты

$$P_{l(2)} = P_{20H} - g \cdot (h_{(2)} + 0,5 \cdot h_d) \cdot (\rho_l - \rho_r) = 19,10 \text{ Па}$$

Расход воздуха в открытых проёмах шахты на 1-м этаже, поступающего сверху

$$G_{l(2)} = \{ 2 \cdot \rho_l \cdot [P_{20H} - g \cdot (h_{(2)} + 0,5 \cdot h_d) \cdot (\rho_l - \rho_r) + 0,5 \cdot g \cdot h_d \cdot (\rho_a - \rho_l)] / [\xi_l / (n \cdot F_{dl})^2 + (\xi_d + 1) / (m \cdot F_{dr})^2] \}^{1/2} = 8,10 \text{ кг/с}$$

**Расчётные зависимости давления и расхода воздуха на этажах**

Давление, Па

$$P_{l(i)} = P_{l(2)}; \quad P_{l(-n)} = P_{l(-1)}$$

Утечки через неплотности в верхней части ЛШ, кг/с

$$\Delta G_{l(i)} = \{ [P_{l(i)} + g \cdot (h_{(i)} + 0,5 \cdot h_d) \cdot (\rho_s - \rho_r)] / S_{lr(i)} \}^{1/2} = 0,00 \text{ кг/с}$$

**Приток в верхнюю часть лифтовой шахты**

Массовый расход воздуха

$$G_L = 8 \text{ кг/с}$$

Давление в оголовке ЛШ

$$P_L = 22 \text{ Па}$$

Объёмный расход вентилятора

$$L_v = 3600 \cdot G_L / \rho_a = 20488 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Давление вентилятора

$$P_v = (1,2 / \rho_a) \cdot [P_L + g \cdot h_{in} \cdot (\rho_a - \rho_l) + g \cdot h_{os} \cdot (\rho_a - \rho_r) + P_{dl}] = 349 \text{ Па}$$

**Расход и скорость воздуха в открытых проёмах на первом этаже**

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ДБ/21-П-ИОС4.1.	Лист
							2



www.cvm.ru

# Производственное объединение КЛИМАТВЕНТМАШ

Расход в открытом проёме лифтового холла 1-го этажа  
 $L_{холл1э} = 10244 \text{ м}^3/\text{ч}$

Скорость в открытом проёме лифтового холла 1-го этажа  
 $V_{холл1э} = 1,19 \text{ м/с}$

Расход в открытом проёме ЛШ 1-го этажа  
 $L_{лифт1э} = 20488 \text{ м}^3/\text{ч}$

Скорость в открытом проёме ЛШ 1-го этажа  
 $V_{лифт1э} = 2,37 \text{ м/с}$

Таблица 1. Давление и расходы воздуха на этажах

Этаж	h, м	P <sub>г</sub> , Па	P <sub>л</sub> , Па	ΔG, кг/с	G, кг/с
7	19,50	3,35	22,45		8,096
6	16,50	2,86	21,96		8,096
5	13,50	2,37	21,47		8,096
4	10,50	1,88	20,98		8,096
3	7,50	1,39	20,49		8,096
2	4,50	0,90	20,00		8,096
1	0,00	0,16			8,096

# КВМ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Программа "КВМ-Дым" разработана на основании  
 Методических рекомендаций к СП 7.13130.2013 (Расчётное определение  
 основных параметров противодымной вентиляции зданий, ВНИИПО, 2013).  
 Разработчик - ООО «Производственное объединение КВМ», 14.07/19.07.  
 Программа предназначена для расчёта основных параметров противодымной вентиляции  
 зданий различного назначения - жилых и общественных, производственных и складских, а также  
 multifunctionальных зданий и комплексов, закрытых подземных и надземных автостоянок.

**РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПРИТОЧНОЙ  
 ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Наименование проекта: ПД2.1, ПД2.2 лифт для пожарных подразделений

Вариант: Подача воздуха в лифтовую шахту

**Условия:**

- Надземная лифтовая шахта.
- Лифтовая шахта центрального ядра надземной части.
- Выгороженный лифтовой холл на основном посадочном этаже.
- Выгороженные лифтовые холлы на вышележащих надземных этажах.

**Характеристики здания**

- Число надземных этажей:  $N_{нз} = 7$
- Отметка уровня второго этажа (от пола 1-го до пола 2-го):  $h_{(2)} = 4,50 \text{ м}$
- Высота вышележащих этажей (от пола до пола):  $\Delta h_{нз} = 3,00 \text{ м}$

**Характеристики лифтовой шахты**

- Нижний обслуживаемый этаж:  $H_{Эн} = 33$
- Верхний обслуживаемый этаж:  $H_{Эв} = 50$
- Площадь дверей лифтовой шахты:  $F_{dl} = 2,80 \text{ м}^2$
- Площадь дверей лифтовых холлов:  $F_{др} = 2,40 \text{ м}^2$
- Высота дверей лифтовой шахты:  $h_{dl} = 2,00 \text{ м}$
- Количество кабин лифтов в шахте:  $n = 1$
- Количество дверей каждого лифтового холла:  $m = 2$
- Площадь поперечного сечения кабины лифта по внешнему контуру ограждений:  $F_{lc} = 2,31 \text{ м}^2$
- Площадь поперечного сечения шахты лифта по внутреннему контуру ограждений:  $F_{ls} = 4,86 \text{ м}^2$
- Сопротивление воздухопроницанию дверей лифтовой шахты:  $S_{dl} = 2300,00 \text{ м}^3/\text{кг}$
- Сопротивление воздухопроницанию дверей лифтового холла:  $S_{др} = 4240,00 \text{ м}^3/\text{кг}$
- КМС проема дверей выгороженного лифтового холла на основном посадочном этаже:  $\xi_{dl} = 2,44$
- КМС узла "кабина-шахта" при открытых дверях:  $\xi_l = 4,50$

**Параметры воздуха**

- Температура наружного воздуха:  $t_a = -25,00 \text{ °C}$
- Температура воздуха в лифтовой шахте:  $t_l = 16,00 \text{ °C}$
- Температура воздуха во внутренних помещениях:  $t_r = 20,00 \text{ °C}$

**Система приточной противодымной вентиляции**

- Разность уровней воздухоприёмного устройства и верхнего оголовка ЛШ:  $h_{ос} = 2,50 \text{ м}$
- Потери давления в сети до верхнего оголовка ЛШ:  $P_{dl} = 330,00 \text{ Па}$
- Избыточное давление в надземной части ЛШ:  $P_{20н} = 20,00 \text{ Па}$

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ДБ/21-П-ИОС4.1.	Лист
							4

**РАСЧЕТ**

$$T_a = t_a + 273,15 = 248,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_i = t + 273,15 = 289,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_r = t_r + 273,15 = 293,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

Плотность наружного воздуха

$$\rho_a = 353 / T_a = 1,42 \text{ кг/м}^3$$

Плотность воздуха в лифтовой шахте

$$\rho_i = 353 / T_i = 1,22 \text{ кг/м}^3$$

Плотность воздуха во внутренних помещениях

$$\rho_r = 353 / T_r = 1,20 \text{ кг/м}^3$$

Характеристика сопротивления дверей надземной части ЛШ

$$S_{air} = S_{dl} / (n \cdot F_{dl})^2 + S_{dr} / (m \cdot F_{dr})^2 = 477,40 \text{ }^1/(\text{кг}\cdot\text{м})$$

Характеристика сопротивления дверей подземной части ЛШ

$$S_{air} = S_{dl} / (n \cdot F_{dl})^2 + S_{dr} / (m \cdot F_{dr})^2 = 477,40 \text{ }^1/(\text{кг}\cdot\text{м})$$

Давление в надземной части лифтовой шахты

$$P_{(2)} = P_{20H} - g \cdot (h_{(2)} + 0,5 \cdot h_{dl}) \cdot (\rho_i - \rho_r) = 19,10 \text{ Па}$$

Расход воздуха в открытых проёмах шахты на 1-м этаже, поступающего сверху

$$G_{(2)} = \{ 2 \cdot \rho_i \cdot [P_{20H} - g \cdot (h_{(2)} + 0,5 \cdot h_{dl}) \cdot (\rho_i - \rho_r) + 0,5 \cdot g \cdot h_{dl} \cdot (\rho_a - \rho_i)] / [\xi_i / (n \cdot F_{dl})^2 + (\xi_d + 1) / (m \cdot F_{dr})^2] \}^{1/2} = 9,30 \text{ кг/с}$$

**Расчётные зависимости давления и расхода воздуха на этажах**

Давление, Па

$$P_{(i)} = P_{(2)}; \quad P_{(i-n)} = P_{(i)}$$

Утечки через неплотности в верхней части ЛШ, кг/с

$$\Delta G_{(i)} = \{ [P_{(i)} + g \cdot (h_{(i)} + 0,5 \cdot h_{dl}) \cdot (\rho_s - \rho_r)] / S_{r(i)} \}^{1/2} = 0,00 \text{ кг/с}$$

**Приток в верхнюю часть лифтовой шахты**

Массовый расход воздуха

$$G_L = 9 \text{ кг/с}$$

Давление в оголовке ЛШ

$$P_L = 22 \text{ Па}$$

Объёмный расход вентилятора

$$L_v = 3600 \cdot G_L / \rho_a = 23523 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Давление вентилятора

$$P_v = (1,2 / \rho_a) \cdot [P_L + g \cdot h_{in} \cdot (\rho_a - \rho_i) + g \cdot h_{os} \cdot (\rho_a - \rho_r) + P_{dl}] = 349 \text{ Па}$$

**Расход и скорость воздуха в открытых проёмах на первом этаже**

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Расход в открытом проёме лифтового холла 1-го этажа  
 $L_{холл1э} = 11761 \text{ м}^3/\text{ч}$

Скорость в открытом проёме лифтового холла 1-го этажа  
 $V_{холл1э} = 1,17 \text{ м/с}$

Расход в открытом проёме ЛШ 1-го этажа  
 $L_{лифт1э} = 23523 \text{ м}^3/\text{ч}$

Скорость в открытом проёме ЛШ 1-го этажа  
 $V_{лифт1э} = 2,33 \text{ м/с}$

Таблица 1. Давление и расходы воздуха на этажах

Этаж	h, м	P <sub>г</sub> , Па	P <sub>л</sub> , Па	ΔG, кг/с	G, кг/с
7	19,50	3,35	22,45		9,295
6	16,50	2,86	21,96		9,295
5	13,50	2,37	21,47		9,295
4	10,50	1,88	20,98		9,295
3	7,50	1,39	20,49		9,295
2	4,50	0,90	20,00		9,295
1	0,00	0,16			9,295

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ДБ/21-П-ИОС4.1.	
							Формат А4

Программа "КВМ-Дым" разработана на основании  
 Методических рекомендаций к СП 7.13130.2013 (Расчётное определение  
 основных параметров противодымной вентиляции зданий, ВНИИПО, 2013).  
 Разработчик - ООО «Производственное объединение КВМ», 14.07/19.07.  
 Программа предназначена для расчёта основных параметров противодымной вентиляции  
 зданий различного назначения - жилых и общественных, производственных и складских, а также  
 многофункциональных зданий и комплексов, закрываемых подземных и надземных автостоянок.

**РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПРИТОЧНОЙ  
 ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Наименование проекта: ПД3.1-ПД3.2 лестница тип Н2

Вариант: Подача воздуха в лестничную клетку надземной части

**Условия:**

- Лестничная клетка примыкает к наружной стене с окнами на каждом этаже.
- Лестничная клетка с обособленным наружным выходом.
- Первый этаж сообщается с лестничной клеткой через одинарную дверь.
- Позатажные выходы в лестничную клетку через одинарные двери.

**Характеристики здания**

- Число этажей:  $N_{нэ} = 7$
- Отметка уровня второго этажа:  $h_{(2)} = 4,50$  м
- Высота этажей (второго и выше):  $\Delta h_{нэ} = 3,00$  м
- Количество лестничных клеток:  $p = 1$

**Параметры воздуха**

- Массовый расход удаляемых продуктов горения:  $G_{sm} = 9,30$  кг/с
- Температура внутреннего воздуха:  $t_r = 18,00$  °C
- Температура наружного воздуха:  $t_a = -25,00$  °C
- Скорость ветра:  $v_a = 2,00$  м/с

**Кoeffициенты ветрового напора**

- Наветренная сторона:  $K_{vw} = 0,80$
- Заветренная сторона:  $K_{wo} = -0,60$

**Лестничная клетка**

- Без рассечек
- Площадь горизонтальной проекции маршей и площадок:  $F_s = 20,00$  м<sup>2</sup>
- Кoeffициент местного сопротивления маршей:  $\xi_s = 60,00$

**Наружный выход лестничной клетки**

- Площадь двери наружного выхода:  $F_{da} = 2,60$  м<sup>2</sup>
- Высота двери наружного выхода:  $h_{da} = 2,10$  м
- Количество последовательно расположенных дверей наружного выхода:  $n = 1$
- КМС проема дверей наружного выхода:  $\xi_d = 2,44$
- КМС тамбура наружного выхода (Z-образный):  $\xi_r = 4,00$

**Дверные проёмы позатажных выходов на лестничную клетку**

- Площадь каждого проёма:  $F_d = 2,60$  м<sup>2</sup>

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ДБ/21-П-ИОС4.1.	Лист
							7

Высота каждого проёма:  $h_d = 2,10$  м  
 Тип двери: **дымогазонепроницаемая**

Сопротивление воздухопроницанию закрытой двери  
 согласно техническим данным изготовителя:  $S_d = 3630,00$  м<sup>3</sup>/кг

**Оконные проёмы лестничной клетки**

Нормируемая воздухопроницаемость проёмов:  $G_H = 6,00$  кг/(м<sup>2</sup>·ч)  
 Площадь проёма на каждом этаже:  $F_w = 2,50$  м<sup>2</sup>

**Система приточной противодымной вентиляции**

Разность уровней воздухоприёмного устройства и верхнего оголовка ЛК:  $h_{01} = 1,00$  м  
 Потери давления в сети до верхнего оголовка ЛК:  $P_{ds} = 230,00$  Па

**РАСЧЕТ**

$T_a = t_a + 273,15 = 248,15$  °К  
 $T_r = t_r + 273,15 = 291,15$  °К

Плотность наружного воздуха  
 $\rho_a = 353 / T_a = 1,42$  кг/м<sup>3</sup>

Плотность воздуха в помещении  
 $\rho_r = 353 / T_r = 1,21$  кг/м<sup>3</sup>

Средняя температура воздуха в лестничной клетке  
 $t_s = (t_a + t_r) / 2 = -3,50$  °С

$T_s = t_s + 273,15 = 269,65$  °К

Плотность воздуха в лестничной клетке  
 $\rho_s = 353 / T_s = 1,31$  кг/м<sup>3</sup>

Ветровой напор в лестничной клетке  
 $P_{wind} = 0,25 \cdot (K_{WV} - K_{W0}) \cdot \rho_a \cdot v_a^2 = 1,99$  Па

**Нормированное сопротивление воздухопроницанию оконных проёмов согласно СНиП II 3-79**

Расчетная высота здания до уровня перекрытия верхнего этажа  
 $H_{зд} = h_{(2)} + \Delta h_{нэ} \cdot (N_{нэ} - 1) = 22,50$  м

Удельный вес наружного воздуха  
 $\gamma_a = 3463 / T_a = 13,96$  Н/м<sup>3</sup>

Удельный вес внутреннего воздуха  
 $\gamma_r = 3463 / T_r = 11,89$  Н/м<sup>3</sup>

Нормированная разность давлений воздуха  
 $\Delta p = 0,55 \cdot H_{зд} \cdot (\gamma_a - \gamma_r) + 0,03 \cdot \gamma_r \cdot v_a^2 = 26,93$  Па

Нормированное сопротивление воздухопроницанию  
 $R_n = (1 / G_H) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^{2/3} = 0,32$  м<sup>2</sup>·ч/кг, где  $\Delta p_0 = 10$  Па

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата



Давление на уровне двери ЛК 1-го этажа

$$P_{s(1)} = 20 + P_{wind} - 0,5 \cdot g \cdot h_d \cdot (\rho_s - \rho_r) = 21,00 \text{ Па}$$

Расход воздуха через наружный выход лестничной клетки

$$G_{sa} = \{2 \cdot \rho_s \cdot [20 + P_{wind} + 0,5 \cdot g \cdot h_{da} \cdot (\rho_a - \rho_s)] / [(n \cdot \xi_d + \xi_r + 1) / F_{da}^2]\}^{1/2} = 7,42 \text{ кг/с}$$

Количество лестничных клеток, принятое к расчёту

$$q = \max(p - 1; 1) = 1$$

Расход воздуха через открытый проём на этаже пожара

$$G_{s(2)} = G_{sm} / q = 9,30 \text{ кг/с}$$

Расход воздуха через открытый проём на этаже пожара, принятый к расчёту

$$G_{s(2)} = \max(G_{s(2)}; G_{sa}) = 9,30 \text{ кг/с}$$

### Расчётные зависимости давления и расхода воздуха на вышележащих этажах

Давление воздуха в лестничной клетке, Па

$$P_{s(i+1)} = P_{s(i)} + 0,5 \cdot \xi_s \cdot \rho_s \cdot v_{s(i)}^2$$

Утечки через неплотности дверных проёмов

$$\Delta G_{sd(i+1)} = F_{d(i+1)} / S_d^{1/2} \cdot [P_{s(i+1)} + g \cdot (h_{i+1}) + 0,5 \cdot h_{d(i+1)}) \cdot (\rho_s - \rho_r) - P_{wind}]^{1/2}$$

Утечки через неплотности оконных проёмов

$$\Delta G_{sw(i+1)} = (F_w / R_n / 3600) \cdot \{[P_{s(i+1)} + g \cdot (h_{i+1}) + 0,5 \cdot h_{d(i+1)}) \cdot (\rho_s - \rho_r)] / 10\}^{2/3}$$

Расход воздуха в лестничной клетке, кг/с

$$G_{s(i+1)} = G_{s(i)} + \Delta G_{s(i+1)}$$

Скорость воздуха в лестничной клетке, м/с

$$v_{s(i)} = G_{s(i)} / (\rho_s \cdot F_s)$$

Объёмный расход вентилятора, м<sup>3</sup>/ч

$$L_v = 3600 \cdot \Sigma G_s / \rho_a$$

Давление вентилятора, Па

$$P_{sv} = 1,2 \cdot [P_s + g \cdot h_{sN} \cdot (\rho_a - \rho_s) + g \cdot h_{oi} \cdot (\rho_a - \rho_r) + P_{ds}] / \rho_a$$

Таблица 1. Давление и расходы воздуха по этажам

Этаж	P, Па	$\Delta G_{двери}$	$\Delta G_{окна}$	G, кг/с	L <sub>v</sub> , м <sup>3</sup> /ч	P <sub>sv</sub> , Па
7	54,29	0,37	0,04	11,03	27918	319
6	47,82	0,34	0,03	10,63		
5	41,80	0,32	0,03	10,25		
4	36,18	0,29	0,03	9,91		
3	30,91	0,26	0,02	9,59		
2	25,95			9,30		
1	21,00			9,30		

Программа "КВМ-Дым" разработана на основании  
Методических рекомендаций к СП 7.13130.2013 (Расчётное определение  
основных параметров противодымной вентиляции зданий, ВНИИПО, 2013).  
Разработчик - ООО «Производственное объединение КВМ», 14.07/19.07.  
Программа предназначена для расчёта основных параметров противодымной вентиляции  
зданий различного назначения - жилых и общественных, производственных и складских, а также  
многофункциональных зданий и комплексов, закрытых подземных и надземных автостоянок.

**РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПРИТОЧНОЙ  
ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

**Наименование проекта:** ПД4.1-ПД4.4 зона безопасности МГН

**Вариант:** Подача воздуха в тамбур-шлюзы

**Условия:**

Подача воздуха в тамбур-шлюзы и лифтовые холлы при выходах из лифтов с режимом управления "перевозка пожарных подразделений".

**Характеристики здания**

Отметка уровня второго этажа:  $h_{(2)} = 4,50$  м  
Число надземных этажей:  $N_{нз} = 7$   
Высота надземных этажей (второго и выше):  $\Delta h_{нз} = 3,00$  м  
Число подземных этажей:  $N_{пз} = 0$   
Высота подземных этажей:  $\Delta h_{пз} = 0,00$  м

**Параметры воздуха**

Температура наружного воздуха:  $t_a = -25,00$  °C  
Температура воздуха во внутренних помещениях:  $t_r = 18,00$  °C

**Параметры тамбур-шлюза**

Площадь двери тамбур-шлюза:  $F_{др} = 2,45$  м<sup>2</sup>  
Высота двери тамбур-шлюза:  $h_{др} = 2,00$  м  
Количество дверей тамбур-шлюза:  $m = 1$   
Скорость воздуха через одну открытую дверь тамбур-шлюза:  $v_r = 1,50$  м/с  
Характеристика удельного сопротивления воздухопроницанию дверей тамбур-шлюза:  $S_{др} = 3630,00$  м<sup>3</sup>/кг  
Площадь двери лифтовой шахты:  $F_{дл} = 2,80$  м<sup>2</sup>  
Количество дверей лифтовой шахты:  $n = 1$   
Характеристика удельного сопротивления воздухопроницанию дверей лифтовой шахты:  $S_{дл} = 1780,00$  м<sup>3</sup>/кг

**Система приточной противодымной вентиляции**

Разность уровней воздухоприёмного устройства и перекрытия верхнего этажа:  $h_{0в} = 1,00$  м  
Потери давления в сети воздухопроводов (для верхнего этажа):  $P_{св} = 470,00$  Па  
Удельные потери давления воздухопроводов вертикального участка:  $P_{нв} = 2,00$  Па/м

**РАСЧЕТ**

$T_a = t_a + 273,15 = 248,15$  °K

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ДБ/21-П-ИОС4.1.	Лист
							10

$$T_r = t_r + 273,15 = 291,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

Плотность наружного воздуха  
 $\rho_a = 353 / T_a = 1,42 \text{ кг/м}^3$

Плотность воздуха во внутренних помещениях  
 $\rho_r = 353 / T_r = 1,21 \text{ кг/м}^3$

Расход воздуха, подаваемого в тамбур-шлюз  
 $G_r = v_r \cdot \rho_a \cdot F_{dr} = 5,23 \text{ кг/с}$

**Расчётные зависимости давления воздуха на этажах**

Давление в тамбур-шлюзе надземной части  
 $P_{r(i)} = 20 - g \cdot (h_{(i)} + 0,5 \cdot h_{dr}) \cdot (\rho_a - \rho_r)$

Давление в тамбур-шлюзе подземной части  
 $P_{r(i)} = 20 + g \cdot (h_{(i)} - (h_{(i)} + 0,5 \cdot h_{dr})) \cdot (\rho_a - \rho_r)$

Напор вентилятора  
 $P_{sv} = 1,2 \cdot [P_r + g \cdot h_0 \cdot (\rho_a - \rho_r) + P_d + h_i \cdot P_h] / \rho_a$

**Система приточной противодымной вентиляции**

Объёмный расход воздуха  
 $L_v = 3600 \cdot G_r / \rho_a = 13230 \text{ м}^3/\text{ч}$

Напор вентилятора (для нижнего этажа)  
 $P_{sv} = 1,2 \cdot [P_r + g \cdot h_0 \cdot (\rho_a - \rho_r) + P_d + h_{нэ} \cdot P_h] / \rho_a = 446 \text{ Па}$

Давление, создаваемое вентилятором в помещении верхнего этажа  
 $P_{max} = 99 \text{ Па}$

**Таблица 1. Давление в защищаемых тамбур-шлюзах**

Этаж	$P_r$ , Па	$\Delta P$ , Па	$P_{sv}$ , Па	$P_r$ , Па
7	-22,25	470,00	379,45	99,19
6	-16,07	476,00	389,72	87,01
5	-9,88	482,00	400,00	74,82
4	-3,70	488,00	410,28	62,64
3	2,48	494,00	420,56	50,46
2	8,66	500,00	430,83	38,27
1	17,94	509,00	446,25	20,00

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Программа "КВМ-Дым" разработана на основании  
 Методических рекомендаций к СП 7.13130.2013 (Расчётное определение  
 основных параметров противодымной вентиляции зданий, ВНИИПО, 2013).  
 Разработчик - ООО «Производственное объединение КВМ», 14.07/19.07.  
 Программа предназначена для расчёта основных параметров противодымной вентиляции  
 зданий различного назначения - жилых и общественных, производственных и складских, а также  
 многофункциональных зданий и комплексов, закрытых подземных и надземных автостоянок.

**РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПРИТОЧНОЙ  
 ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Наименование проекта: ПД5.1 - ПД5.4 зона безопасности МГН

Вариант: Подача воздуха в тамбур-шлюзы

**Условия:**

Подача воздуха в тамбур-шлюзы и лифтовые холлы при выходах из лифтов с режимом управления  
 "перевозка пожарных подразделений".

**Характеристики здания**

Отметка уровня второго этажа:  $h_{(2)} = 4,20$  м  
 Число надземных этажей:  $N_{нз} = 2$   
 Высота надземных этажей (второго и выше):  $\Delta h_{нз} = 4,20$  м  
 Число подземных этажей:  $N_{пз} = 0$   
 Высота подземных этажей:  $\Delta h_{пз} = 0,00$  м

**Параметры воздуха**

Температура наружного воздуха:  $t_a = -25,00$  °С  
 Температура воздуха во внутренних помещениях:  $t_r = 18,00$  °С

**Параметры тамбур-шлюза**

Площадь двери тамбур-шлюза:  $F_{др} = 2,40$  м<sup>2</sup>  
 Высота двери тамбур-шлюза:  $h_{др} = 2,00$  м  
 Количество дверей тамбур-шлюза:  $m = 1$   
 Скорость воздуха через одну открытую дверь тамбур-шлюза:  $v_r = 0,17$  м/с  
 Характеристика удельного сопротивления воздухопроницанию дверей тамбур-шлюза:  $S_{др} = 3630,00$

м<sup>3</sup>/кг

Площадь двери лифтовой шахты:  $F_{дл} = 2,80$  м<sup>2</sup>  
 Количество дверей лифтовой шахты:  $n = 1$   
 Характеристика удельного сопротивления воздухопроницанию дверей лифтовой шахты:  $S_{дл} = 1780,00$

м<sup>3</sup>/кг

**Система приточной противодымной вентиляции**

Разность уровней воздухоприёмного устройства и перекрытия верхнего этажа:  $h_0 = 1,00$  м  
 Потери давления в сети воздуховодов (для верхнего этажа):  $P_d = 450,00$  Па  
 Удельные потери давления воздуховодов вертикального участка:  $P_h = 2,00$  Па/м

**РАСЧЕТ**

$T_a = t_a + 273,15 = 248,15$  °К

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ДБ/21-П-ИОС4.1.	Лист
							12

$$T_r = t_r + 273,15 = 291,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

Плотность наружного воздуха  
 $\rho_a = 353 / T_a = 1,42 \text{ кг/м}^3$

Плотность воздуха во внутренних помещениях  
 $\rho_r = 353 / T_r = 1,21 \text{ кг/м}^3$

Расход воздуха, подаваемого в тамбур-шлюз  
 $G_r = V_r \cdot \rho_a \cdot F_{dr} = 0,58 \text{ кг/с}$

**Расчётные зависимости давления воздуха на этажах**

Давление в тамбур-шлюзе надземной части  
 $P_{r(i)} = 20 - g \cdot (h_{(i)} + 0,5 \cdot h_{dr}) \cdot (\rho_a - \rho_r)$

Давление в тамбур-шлюзе подземной части  
 $P_{r(i)} = 20 + g \cdot (h_{(N_{пз})} - (h_{(i)} + 0,5 \cdot h_{dr})) \cdot (\rho_a - \rho_r)$

Напор вентилятора  
 $P_{sv} = 1,2 \cdot [P_r + g \cdot h_0 \cdot (\rho_a - \rho_r) + P_d + h_i \cdot P_h] / \rho_a$

**Система приточной противодымной вентиляции**

Объёмный расход воздуха  
 $L_v = 3600 \cdot G_r / \rho_a = 1469 \text{ м}^3/\text{ч}$

Напор вентилятора (для нижнего этажа)  
 $P_{sv} = 1,2 \cdot [P_r + g \cdot h_0 \cdot (\rho_a - \rho_r) + P_d + h_{нэ} \cdot P_h] / \rho_a = 404 \text{ Па}$

Давление, создаваемое вентилятором в помещении верхнего этажа  
 $P_{max} = 37 \text{ Па}$

**Таблица 1. Давление в защищаемых тамбур-шлюзах**

Этаж	$P_r$ , Па	$\Delta P$ , Па	$P_{sv}$ , Па	$P_r$ , Па
2	9,28	450,00	389,18	37,06
1	17,94	458,40	403,56	20,00

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Программа "КВМ-Дым" разработана на основании Методических рекомендаций к СП 7.13130.2013 (Расчётное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий, ВНИИПО, 2013).  
Разработчик - ООО «Производственное объединение КВМ», 14.07/19.07.  
Программа предназначена для расчёта основных параметров противодымной вентиляции зданий различного назначения - жилых и общественных, производственных и складских, а также многофункциональных зданий и комплексов, закрытых подземных и надземных автостоянок.

## РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЫТЯЖНОЙ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Наименование проекта: Дымоудаление ВД1.1-ВД1.4 компенсация ПД6.1-ПД6.4

Вариант: Удаление дыма из вестибюлей, холлов, коридоров, торговых моллов, атриумов и т.п., смежных с горящим помещением

Тип здания: Общественное

Размеры помещения, а x b x h: 5 x 4 x 4 м

Размеры проемов, В<sub>i</sub> x Н<sub>i</sub>:  
1 x 2,1 м

Горючие вещества:

Мебель; дерево + облицовка

m<sub>i</sub> = 1100 кг Q<sub>ни</sub> = 14,4 МДж/кг Ψ<sub>i</sub> = 0,0135 кг/м<sup>2</sup>/с

Окрашенные полы, стены; дерево + краска РХО (0.9+0.1)

m<sub>i</sub> = 1000 кг Q<sub>ни</sub> = 14,1 МДж/кг Ψ<sub>i</sub> = 0,0145 кг/м<sup>2</sup>/с

Температура воздуха в помещении, t<sub>r</sub>: 20 °С

Теплота сгорания дерева, Q<sub>нд</sub>: 13,8 МДж/кг (константа)

Коэффициент, k<sub>см</sub>: 1,2

Длина коридора, l<sub>c</sub>: 36 м

Площадь коридора, A<sub>c</sub>: 93 м<sup>2</sup>

Площадь двери при выходе из коридора, A<sub>d</sub>: 2 м<sup>2</sup>

Высота двери, Н<sub>d</sub>: 2 м

Высота потолка коридора, h<sub>к</sub>: 3 м

Высота незадымляемой зоны, Н<sub>нз</sub>: 1,5 м

Предельная толщина дымового слоя, Н<sub>см</sub> = (h<sub>к</sub> - Н<sub>нз</sub>): 1,5 м

Отметка первого обслуживаемого этажа, h<sub>1</sub>: 4,5 м

1

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ДБ/21-П-ИОС4.1.

Лист

14

Температура наружного воздуха, тн: 26 °С

Скорость ветра, Vв: 2 м/с

Участки сети вытяжной противодымной вентиляции (всего 8)

Участок 1:

Клапан 900 x 500 мм, Сечение 0,342 м<sup>2</sup>  
 Горизонтальный участок  
 F<sub>ВВ</sub> = 0,45 м<sup>2</sup>, L<sub>ВВ</sub> = 0,1 м, Z<sub>ВВ</sub> = 2, Бетон  
 Вертикальный участок  
 F<sub>Ш</sub> = 0,72 м<sup>2</sup>, L<sub>Ш</sub> = 4,5 м, Z<sub>Ш</sub> = 2, Бетон

Участок 2:

Клапан 900 x 500 мм, Сечение 0,342 м<sup>2</sup>  
 Горизонтальный участок  
 F<sub>ВВ</sub> = 0,45 м<sup>2</sup>, L<sub>ВВ</sub> = 0,1 м, Бетон  
 Вертикальный участок  
 F<sub>Ш</sub> = 0,72 м<sup>2</sup>, L<sub>Ш</sub> = 3 м, Z<sub>Ш</sub> = 2, Бетон

Участок 3:

Клапан 900 x 500 мм, Сечение 0,342 м<sup>2</sup>  
 Горизонтальный участок  
 F<sub>ВВ</sub> = 0,45 м<sup>2</sup>, L<sub>ВВ</sub> = 0,1 м, Бетон  
 Вертикальный участок  
 F<sub>Ш</sub> = 0,72 м<sup>2</sup>, L<sub>Ш</sub> = 3 м, Z<sub>Ш</sub> = 2, Бетон

Участок 4:

Клапан 900 x 500 мм, Сечение 0,342 м<sup>2</sup>  
 Горизонтальный участок  
 F<sub>ВВ</sub> = 0,45 м<sup>2</sup>, L<sub>ВВ</sub> = 0,1 м, Бетон  
 Вертикальный участок  
 F<sub>Ш</sub> = 0,72 м<sup>2</sup>, L<sub>Ш</sub> = 3 м, Z<sub>Ш</sub> = 2, Бетон

Участок 5:

Клапан 900 x 500 мм, Сечение 0,342 м<sup>2</sup>  
 Горизонтальный участок  
 F<sub>ВВ</sub> = 0,45 м<sup>2</sup>, L<sub>ВВ</sub> = 0,1 м, Бетон  
 Вертикальный участок  
 F<sub>Ш</sub> = 0,72 м<sup>2</sup>, L<sub>Ш</sub> = 3 м, Z<sub>Ш</sub> = 2, Бетон

Участок 6:

Клапан 900 x 500 мм, Сечение 0,342 м<sup>2</sup>  
 Горизонтальный участок  
 F<sub>ВВ</sub> = 0,45 м<sup>2</sup>, L<sub>ВВ</sub> = 0,1 м, Бетон  
 Вертикальный участок  
 F<sub>Ш</sub> = 0,72 м<sup>2</sup>, L<sub>Ш</sub> = 3 м, Z<sub>Ш</sub> = 2, Бетон

Участок 7:

Клапан 900 x 500 мм, Сечение 0,342 м<sup>2</sup>  
 Горизонтальный участок  
 F<sub>ВВ</sub> = 0,45 м<sup>2</sup>, L<sub>ВВ</sub> = 0,1 м, Бетон  
 Вертикальный участок  
 F<sub>Ш</sub> = 0,72 м<sup>2</sup>, L<sub>Ш</sub> = 3 м, Z<sub>Ш</sub> = 2, Бетон

Участок 8:

Горизонтальный участок  
 F<sub>ВВ</sub> = 0,36 м<sup>2</sup>, L<sub>ВВ</sub> = 8 м, Z<sub>ВВ</sub> = 7, Металл  
 Вертикальный участок  
 F<sub>Ш</sub> = 0,72 м<sup>2</sup>, L<sub>Ш</sub> = 1 м, Z<sub>Ш</sub> = 8, Металл

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

**РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ**

**Площадь пола**

$$F_f = a \cdot b = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}^2$$

**Объем помещения**

$$V = a \cdot b \cdot h = 5 \cdot 4 \cdot 4 = 80 \text{ м}^3$$

**Площадь ограждающих конструкций**

$$F_w = 6 \cdot V^{2/3} = 6 \cdot 80^{2/3} = 111,39 \text{ м}^2$$

**Суммарная площадь проемов**

$$A_0 = \sum A_i = \sum (B_i \cdot H_i) = 2,1 \text{ м}^2$$

**Проемность помещения (объем < 1000 м³)**

$$П = \sum (A_i \cdot H_i^{1/2}) / V^{2/3} = 0,1639 \text{ м}^{1/2}$$

**Суммарная масса горючих веществ**

$$m_0 = \sum m_i = 2100 \text{ кг}$$

**Суммарная низшая теплота сгорания**

$$Q_n = \sum (m_i \cdot Q_{ни}) = 29940 \text{ МДж}$$

**Средняя низшая теплота сгорания**

$$Q_{нсп} = Q_n / \sum m_i = 29940 / 2100 = 14,25 \text{ МДж/кг}$$

**Необходимое удельное количество воздуха**

$$V_0 = 0,263 \cdot Q_{нсп} = 0,263 \cdot 14,25 = 3,74 \text{ м}^3/\text{кг}$$

**Температура воздуха в помещении**

$$T_r = t_a + 273 = 20 + 273 = 293 \text{ °K}$$

**Удельная пожарная нагрузка в помещении, приведенная к площади пола**

$$g_0 = Q_n / (Q_{нд} \cdot F_f) = 29940 / (13,8 \cdot 20) = 108,47 \text{ кг/м}^2$$

**Удельная пожарная нагрузка в помещении, приведенная к площади ограждений**

$$g_k = Q_n / (Q_{нд} \cdot (F_w - A_0)) = 29940 / (13,8 \cdot (111,39 - 2,1)) = 19,85 \text{ кг/м}^2$$

**Критическая пожарная нагрузка в помещении**

$$g_{кр} = 4500 \cdot П^3 / (1 + 500 \cdot П^3) + V^{1/3} / (6 \cdot V_0) = 4500 \cdot 0,16^3 / (1 + 500 \cdot 0,16^3) + 80^{1/3} / (6 \cdot 3,74) = 6,38 \text{ кг/м}^2$$

**Пожарная нагрузка, приведенная к площади ограждений, выше критической**

=> пожар, регулируемый вентиляцией

**Максимальная среднеобъемная температура**

$$T_{max} = T_r + 940 \cdot \exp(0,0047 \cdot g_0 - 0,141) = 293 + 940 \cdot \exp(0,0047 \cdot 108,47 - 0,141) = 1652 \text{ °K}$$

**Температура в потоке газов, поступающих из горящего помещения**

$$T_0 = 0,8 \cdot T_{max} = 0,8 \cdot 1652 = 1322 \text{ °K}$$

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата



**Средняя температура дымового слоя в коридоре**

$$T_{sm} = T_r + 1,22 \cdot (T_0 - T_r) \cdot (2 \cdot h_{sm} + A_c / l_c) / l_c \cdot (1 - \exp(-0,58 \cdot l_c / (2 \cdot h_{sm} + A_c / l_c))) =$$

$$293 + 1,22 \cdot (1322 - 293) \cdot (2 \cdot 1,5 + 93 / 36) / 36 \cdot (1 - \exp(-0,58 \cdot 36 / (2 \cdot 1,5 + 93 / 36))) = 483 \text{ °K}$$

**Массовый расход продуктов горения, удаляемых из коридора**

$$G_{пг} = k_{sm} \cdot A_d \cdot H_d^{1/2} = 1,2 \cdot 2 \cdot 2^{1/2} = 3,39 \text{ кг/с}$$

**Средняя плотность продуктов горения, удаляемых из коридора**

$$\rho_{пг} = 353 / T_{sm} = 353 / 483 = 0,73 \text{ кг/м}^3$$

**Объемный расход продуктов горения, удаляемых из коридора**

$$L_{пг} = G_{пг} / \rho_{пг} \cdot 3600 = 3,39 / 0,73 \cdot 3600 = 16720 \text{ м}^3/\text{час}$$

**Температура наружного воздуха**

$$T_H = t_H + 273 = 299 \text{ °K}$$

**Температура внутреннего воздуха до начала пожара**

$$T_B = T_r = 293 \text{ °K}$$

**Плотность наружного воздуха**

$$\rho_H = 353 / T_H = 1,18 \text{ кг/м}^3$$

**Плотность внутреннего воздуха до начала пожара**

$$\rho_B = 353 / T_B = 1,20 \text{ кг/м}^3$$

**Температура приточного воздуха**

$$T_{п} = (T_H + T_B) / 2 = 296 \text{ °K}$$

**Плотность приточного воздуха**

$$\rho_{п} = 353 / T_{п} = 1,19 \text{ кг/м}^3$$

**Участки сети вытяжной противодымной вентиляции (всего 8)**

**Участок 1:**

**Потери давления трения горизонтального участка**

$$\Delta R_{вв} = 0,5 \cdot \rho_{пг} \cdot V_{вв}^2 \cdot (\lambda_{вв} \cdot L_{вв} / D_{эвв} + Z_{вв}) =$$

$$0,5 \cdot 0,73 \cdot 10,33^2 \cdot (0,02 \cdot 0,1 / 0,64 + 2) = 78,21 \text{ Па}$$

**Потери давления трения вертикального участка**

$$\Delta R_{ш} = 0,5 \cdot \rho_{пг} \cdot V_{ш}^2 \cdot (\lambda_{ш} \cdot L_{ш} / D_{эш} + Z_{ш}) =$$

$$0,5 \cdot 0,73 \cdot 6,45^2 \cdot (0,02 \cdot 4,5 / 0,84 + 2) = 32,28 \text{ Па}$$

**Участок 2:**

**Потери давления трения вертикального участка**

$$\Delta R_{ш} = 0,5 \cdot \rho_{пг} \cdot V_{ш}^2 \cdot (\lambda_{ш} \cdot L_{ш} / D_{эш} + Z_{ш}) =$$

$$0,5 \cdot 0,73 \cdot 6,52^2 \cdot (0,02 \cdot 3 / 0,84 + 2) = 32,60 \text{ Па}$$

**Участок 3:**

**Потери давления трения вертикального участка**

$$\Delta R_{ш} = 0,5 \cdot \rho_{пг} \cdot V_{ш}^2 \cdot (\lambda_{ш} \cdot L_{ш} / D_{эш} + Z_{ш}) =$$

$$0,5 \cdot 0,74 \cdot 6,60^2 \cdot (0,02 \cdot 3 / 0,84 + 2) = 33,58 \text{ Па}$$

**Участок 4:**

**Потери давления трения вертикального участка**

$$\Delta R_{ш} = 0,5 \cdot \rho_{пг} \cdot V_{ш}^2 \cdot (\lambda_{ш} \cdot L_{ш} / D_{эш} + Z_{ш}) =$$

Инд. № подл.	Взам. инв. №	
		Подп. и дата

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

$$0,5 \cdot 0,74 \cdot 6,67^2 \cdot (0,02 \cdot 3 / 0,84 + 2) = 34,62 \text{ Па}$$

Участок 5:

Потери давления трения вертикального участка

$$\Delta P_{\text{ш}} = 0,5 \cdot \rho_{\text{пг}} \cdot V_{\text{ш}}^2 \cdot (\lambda_{\text{ш}} \cdot L_{\text{ш}} / D_{\text{эш}} + Z_{\text{ш}}) =$$

$$0,5 \cdot 0,75 \cdot 6,76^2 \cdot (0,02 \cdot 3 / 0,84 + 2) = 35,73 \text{ Па}$$

Участок 6:

Потери давления трения вертикального участка

$$\Delta P_{\text{ш}} = 0,5 \cdot \rho_{\text{пг}} \cdot V_{\text{ш}}^2 \cdot (\lambda_{\text{ш}} \cdot L_{\text{ш}} / D_{\text{эш}} + Z_{\text{ш}}) =$$

$$0,5 \cdot 0,75 \cdot 6,84^2 \cdot (0,02 \cdot 3 / 0,84 + 2) = 36,91 \text{ Па}$$

Участок 7:

Потери давления трения вертикального участка

$$\Delta P_{\text{ш}} = 0,5 \cdot \rho_{\text{пг}} \cdot V_{\text{ш}}^2 \cdot (\lambda_{\text{ш}} \cdot L_{\text{ш}} / D_{\text{эш}} + Z_{\text{ш}}) =$$

$$0,5 \cdot 0,76 \cdot 6,93^2 \cdot (0,02 \cdot 3 / 0,84 + 2) = 38,15 \text{ Па}$$

Участок 8:

Потери давления в горизонтальном воздуховоде от шахты до вентилятора

$$\Delta P_{\text{сети}} = 0,5 \cdot \rho_{\text{пг}} \cdot V_{\text{вв}}^2 \cdot (\lambda_{\text{вв}} \cdot L_{\text{вв}} / D_{\text{эвв}} + Z_{\text{вв}}) =$$

$$0,5 \cdot 0,76 \cdot 13,90^2 \cdot (0,01 \cdot 8 / 0,6 + 7) = 533,47 \text{ Па}$$

Потери давления трения вертикального участка

$$\Delta P_{\text{ш}} = 0,5 \cdot \rho_{\text{пг}} \cdot V_{\text{ш}}^2 \cdot (\lambda_{\text{ш}} \cdot L_{\text{ш}} / D_{\text{эш}} + Z_{\text{ш}}) =$$

$$0,5 \cdot 0,76 \cdot 6,95^2 \cdot (0,01 \cdot 1 / 0,84 + 8) = 148,20 \text{ Па}$$

Давление вертикального участка выброса

$$P_{\text{выбр}} = P_{\text{нн.в}} + g \cdot h_{\text{выбр}} \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{л}}) = 5,17 + 9,807 \cdot 28 \cdot (0,76 - 1,19) = -112 \text{ Па}$$

Давление вентилятора

$$P_{\text{вент}} = |P_{\text{шн}} - P_{\text{выбр}}| + \Delta P_{\text{сети}} = |-507,70 - -112,25| + 533,47 = 929 \text{ Па}$$

Массовый расход продуктов горения

$$G_{\text{ш}} = 3,828225 \text{ кг/с}$$

Объемный расход продуктов горения

$$L_{\text{вент}} = G_{\text{ш}} / \rho_{\text{н}} \cdot 3600 = 3,828225 / 0,76 \cdot 3600 = 18017 \text{ м}^3/\text{час}$$

Температура продуктов горения

$$t^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273 = 189^{\circ}\text{C}$$

Компенсирующая подача воздуха

$$G_{\text{а}} = G_{\text{ш}} / (1 - n) = 3,828225 / (1 + 0,3) = 2,944788 \text{ кг/с}$$

Плотность наружного воздуха при  $t = 20^{\circ}\text{C}$

$$\rho_{\text{н}} = 353 / (20 + 273) = 1,20 \text{ кг/м}^3$$

Объемный расход воздуха при  $t = 20^{\circ}\text{C}$

$$L_{\text{а}} = G_{\text{а}} / \rho_{\text{н}} \cdot 3600 = 2,944788 / 1,20 \cdot 3600 = 8799 \text{ м}^3/\text{час}$$

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата