

**А3-877 РЕКОМЕНДАЦИИ по расчету отсосов от оборудования, выделяющего тепло и газы**

Москва 1983 САНТЕХПРОЕКТ

**Условные обозначения**

$a$  – длина прямоугольного источника вредных выделений, м;

$A$  – длина приемного отверстия отсоса, м;

$b$  – ширина прямоугольного источника вредных выделений, м;

$B$  – ширина (высота) приемного отверстия отсоса, м;

$B_1$  и  $B_2$  – расстояния между ближними и дальними краями, всасывающей щели нижнего отсоса от прямоугольного источника вредных выделений, м;

$h$  – высота источника, вредных выделений, м;

$r$  – радиус круглого в плане источника вредных выделений, м;

$r_3$  – эквивалентный радиус прямоугольного источника вредных выделений, м;

$X_0, Y_0$  – расстояния по горизонтали и вертикали между центрами источника вредных выделений и отсоса, м.

$F$  – теплоотдающая поверхность источника вредных выделений,  $m^2$ ;

$\bar{F}$  – отношение площади всасывающего отверстия к площади источника вредных выделений в плане;

$V_l$  – осевая скорость конвективной струи на расстоянии  $l$  от источника вредных выделений, м/с;

$V_B$  – скорость движения воздуха в помещении, м/с;

$t, t_B$  – температура нагретой поверхности и температура воздуха в помещении, °С;

$Q_g, Q_b, Q$  – соответственно конвективная теплоотдача горизонтальной, вертикальной поверхностей источника вредных выделений и общая конвективная теплоотдача, Вт;

$L$  – расход воздуха, удаляемого отсосом,  $m^3/ч$ ;

$L_{пред}$  – предельный (минимально возможный) расход воздуха удаляемого отсосом,  $m^3/ч$ ;

$L_B$  – производительность общеобменной вытяжки, приходящаяся на один отсос,  $m^3/ч$ ;

$L_l$  – расход воздуха в конвективной струе на уровне всасывания,  $m^3/ч$ ;

$K_{п}$  – коэффициент, учитывающий влияние скорости движения воздуха в помещении на требуемый расход воздуха, удаляемого отсосом;

$K_\eta$  - коэффициент, учитывающий влияние требуемой эффективности улавливания вредных выделений на расход воздуха, удаляемого отсосом;

$\eta = \frac{Z_{ул}}{Z_{ист}}$  - эффективность улавливания вредных выделений;

$\bar{Z}$  – относительная предельная концентрация;

Зист – производительность источника по газовым примесям, мг/с;

Зр – производительность рассредоточенных источников газовой примеси, приходящаяся на один отсос, мг/с;

Зул – количество примеси, уловленной в единицу времени отсосом, мг/с;

Зпред – концентрация примеси в воздухе, удаляемом отсосом при расходе воздуха, равном  $L_{пред}$ , мг/м<sup>3</sup>;

Зпр – концентрация примеси в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

ПДК – предельно допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

$\Delta Z_{пред}$  – предельная избыточная концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

M – расчетный безразмерный комплекс.

## ОСНОВНОЙ РАСЧЕТ

### Исходные данные для расчета

- Размеры источника вредных выделений
- Количество выделяемого конвективного тепла Q
- Скорость движения воздуха в помещении Vв
- Количество примеси выделяемой источником, Зист
- Приходящееся на один отсос количество примеси Зр, выделяющейся от рассредоточенных источников, не снабженных местными отсосами
- Приходящийся на один отсос расход воздуха, удаляемого общеобменной вытяжной вентиляцией (п.4.97-4.98 СНиП II-33-75), Lв

**Цель расчета – определение требуемой производительности отсоса**

### Форма конвективной струи над источником

Конвективная струя считается *компактной*, если она образуется над источником, имеющим в плане *круглую форму* или форму прямоугольника с соотношением сторон  $\frac{a}{b} \leq 2$

Плоская конвективная струя образуется над источником вытянутой формы  $\frac{a}{b} > 2$

### Участок разгона конвективной струи

Настоящие рекомендации предназначены для расчета отсосов, улавливающих конвективные струи в пределах участка разгона:

- для компактных струй  $l \leq 4r$  или  $l \leq 4r_3$

- для плоских струй  $l \leq 4b$

### Конвективная теплоотдача

Требуемая производительность местного отсоса, улавливающего конвективную струю, зависит от конвективной теплоотдачи его горизонтальной поверхности:

$$Q_{\Gamma} = 1,3KF_{\Gamma}\sqrt[3]{(t - t_{\text{в}})^4}$$

и теплоотдачи вертикальной поверхности

$$Q_{\text{в}} = KF_{\text{в}}\sqrt[3]{(t - t_{\text{в}})^4}$$

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	50	100	200	300	400	500	1000
K	1,63	1,58	1,53	1,45	1,4	1,35	1,18

При расчете отсосов от объемных источников используется суммарная теплоотдача

$$Q = Q_{\Gamma} + Q_{\text{в}}$$

### Учет требуемого коэффициента улавливания вредных выделений

Требуемая производительность отсоса любого типа определяется по формуле:

$$L = L_{\text{пред}} \cdot K_{\eta} \quad (4)$$

Значение  $L_{\text{пред}}$  - предельного, минимально возможного, расхода воздуха, удаляемого отсосом, определяется по методикам далее.

Коэффициент  $K_{\eta}$  определяется по графику на рисунке 1

На графике

$$M = \frac{Z_{\text{п}}}{Z_{\text{ист}}} \bar{Z} - \frac{L_{\text{в}}}{L_{\text{пред}}} \quad (5)$$

$K_\eta$  - определяет требуемую эффективность улавливания вредных выделений, для рассчитанного (базового) расхода воздуха на удаления конвективного тепла

Относительная предельная концентрация:

$$\bar{Z} = \frac{\Delta Z_{\text{пред}}}{\text{ПДК} - Z_{\text{пр}}}$$

Предельная избыточная концентрация:

$$\Delta Z_{\text{пред}} = Z_{\text{пред}} - Z_{\text{пр}} = \frac{3600 \cdot Z_{\text{ист}}}{L_{\text{пред}}}$$

Если источник выделяет одновременно и тепло и газы, то должно соблюдаться условия  $K_\eta \geq 1$ .

Если источник выделяет только тепло  $K_\eta = 1$

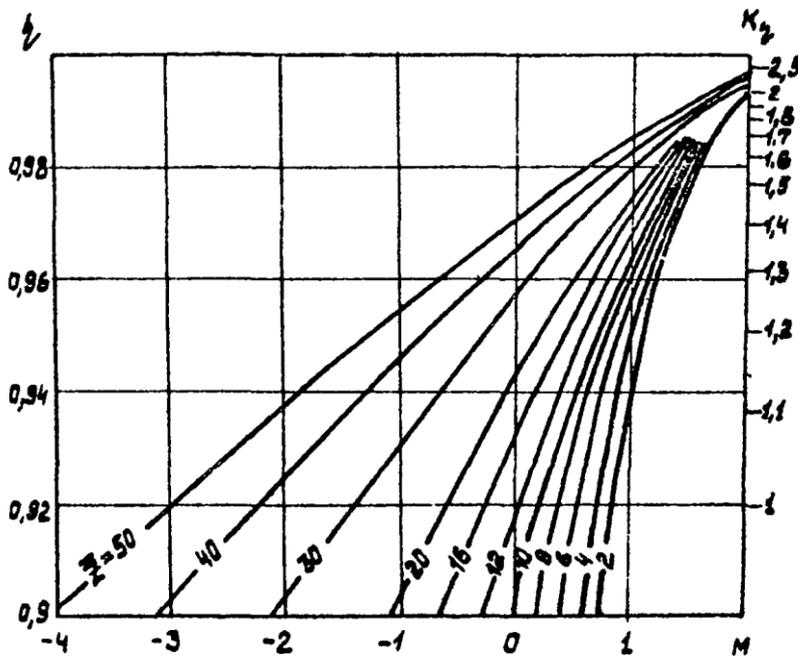


Рис.1. График для определения оптимальной эффективности действия отсоса

### РАСЧЕТ ВЕРХНИХ ОТСОСОВ (Зонтов)

#### Общая информация по вытяжным зонтам

Зонты используются для улавливания тепла от конвективных источников и увлекаемых конвективными струями вредных выделений, когда более полное укрытие источника невозможно по условиям производства.

Для компактных конвективных струй применяются круглые зонты

Для плоских конвективных струй от прямоугольных источников применяют зонты прямоугольной формы. Длинную сторону зонта определяют по формуле  $A = a + 0,24 \cdot l$

По расходу воздуха наиболее рациональные зонты имеют размеры в плане

$$R = 1,2r$$

$$B = 1,2b$$

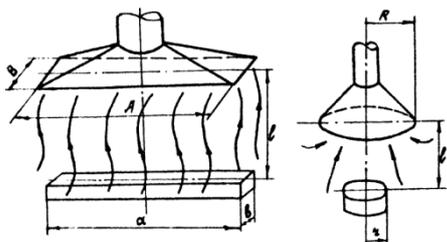


Рис.2. Схемы установки круглого и прямоугольного зонтов над компактными конвективными источниками вредных выделений и источниками вытянутой формы

Рекомендуемая форма зонта с кольцевым уступом и конической вставкой приведена на рисунке

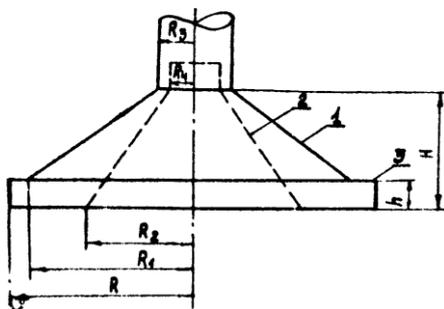


Рис.3. Рекомендуемая конструкция зонта.  
1 - корпус; 2 - коническая вставка;  
3 - кольцевой уступ

Внутри корпуса закреплена коническая вставка, а по периметру корпуса расположен кольцевой уступ. Коническая вставка обеспечивает неравномерность всасывания, соответствующую неравномерности профиля подтекающей струи. Действие спектра всасывания при этом сосредотачивается в центре течения, что увеличивает устойчивость струю по отношению к неорганизованным сносящим потокам.

Наличие кольцевого уступа позволяет при любом угле раскрытия зонта достичь эффекта всасывания практически по всей его площади, вихревые же зоны размещаются в самих уступах.

#### РАСЧЕТ

#### Относительная производительность зонта

В зависимости от относительного размера зонта -  $\bar{R} = \frac{R}{r}$  или  $\bar{B} = \frac{B}{b}$  - по графику на рис.4 находится относительная производительность отсоса  $\bar{L}$ .

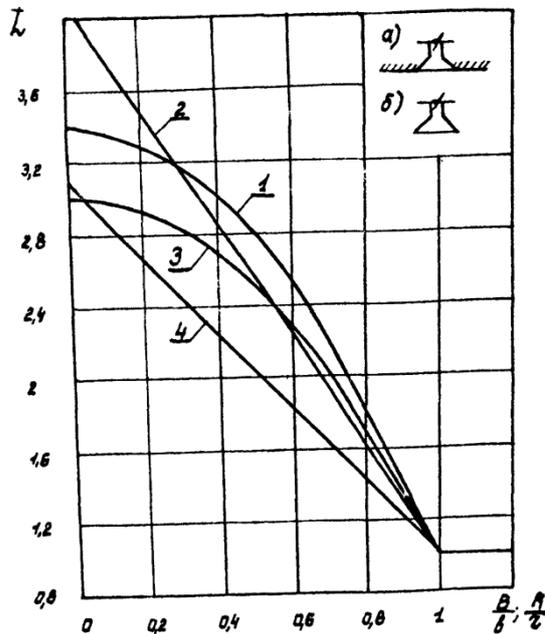


Рис.4. График для определения относительной производительности зонта  
 1,3 - круглый зонтик; 2,4 - зонтик прямоугольной формы;  
 На рис.4 линии 1 и 2 относятся к зонтикам, проектируемым по схеме а, линии 3 и 4 - по схеме б. Если зонтик имеет фланец шириной  $h_{\text{ф}} > \frac{b}{2}$  ( $h_{\text{ф}} > R$ ), то его следует принимать по конструктивной схеме а, при меньшей ширине фланца - по схеме б.

Примечание – график на рис.4 достаточно интересный и сложный, но если размер зонтика равен или больше размера источника, то относительная производительность зонтика в любом случае равна единице.

### Осевая скорость конвективной струи на уровне всасывания

Для компактных струй

$$V_l = 0,043 \sqrt[3]{Q \frac{l}{r^2}}$$

Для плоских струй

$$V_l = 0,039 \sqrt[3]{Q \left(\frac{l}{b}\right)^{0,38}}$$

**Расход воздуха в конвективной струе на уровне всасывания**

- для компактной струи

$$L_l = 3780 \cdot r^2 \cdot V_l$$

- для плоской струи

$$L_l = 1800 \cdot a \cdot b \cdot V_l \quad (9)$$

Для компактной конвективной струи от прямоугольного источника  $r_3 = 0,564\sqrt{a \cdot b}$

**Коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в рабочей зоне**

По графику на рис.5 определяют коэффициент  $K_n$

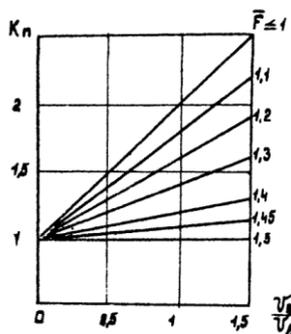


Рис.5. График для определения коэффициента  $K_n$

$\bar{F}$  – отношение площади всасывающего отверстия к площади источника вредных выделений в плане;

**Предельный расход**

$$L_{\text{пред}} = L_l \cdot \bar{L} \cdot K_n$$

Далее рассчитывается коэффициент для учета удаления вредных примесей

**Относительная предельная избыточная концентрация и предельная концентрация**

Предельная избыточная концентрация:

$$\Delta Z_{\text{пред}} = Z_{\text{пред}} - Z_{\text{пр}} = \frac{3600 \cdot Z_{\text{ист}}}{L_{\text{пред}}}$$

Относительная предельная концентрация:

$$\bar{Z} = \frac{\Delta Z_{\text{пред}}}{\text{ПДК} - Z_{\text{пр}}}$$

**Комплекс М**

$$M = \frac{Z_{\text{р}}}{Z_{\text{ист}}} \bar{Z} - \frac{L_{\text{в}}}{L_{\text{пред}}}$$

**Оптимальное значение эффективности улавливания и значения коэффициента эффективности улавливания**

Определяют по графику на рисунке 1

$K_{\eta}$  –

**Требуемая производительность зонта**

$$L = L_{\text{пред}} \cdot K_{\eta}$$

### ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

#### **Пример 1**

Круглый зонт установлен над круглым конвективным источником

$r=0,6$  м

$Q=4400$  Вт (конвективное тепло)

Высота установки  $l=1$  м

Скорость движения воздуха в помещении  $V_{\text{в}}=0,3$  м/с

#### **Решение**

# Определяем осевую скорость конвективной струи на уровне всасывания

$$V_l = 0,043 \sqrt[3]{Q \frac{l}{r^2}} = 0,043 \sqrt[3]{4400 \frac{1}{0,6^2}} = 0,98 \text{ м/с}$$

# Вычисляем расход воздуха в конвективной струе на уровне всасывания

$$L_l = 3780 \cdot r^2 \cdot V_l = 3780 \cdot 0,6^2 \cdot 0,98 = 1333$$

# Размер вытяжного зонта (т.к. не задан, принимаем оптимальный)

Согласно рекомендациям принимаем  $R=1,2 \cdot r=1,2 \cdot 0,6=0,72$  м.

# Относительная производительность вытяжного зонта

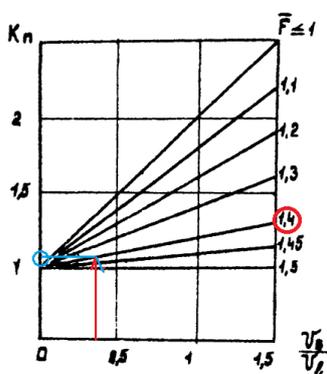
По графику рис.4  $\bar{L} = 1$  - т.к. площадь зонта в плане больше чем площадь источника со всех сторон

# Коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в рабочей зоне

По графику 5

$$\bar{F} = \left(\frac{R}{r}\right)^2 = \left(\frac{0,72}{0,6}\right)^2 = 1,44 \quad u \quad \frac{V_B}{V_L} = \frac{0,3}{0,98} = 0,31$$

$$K_{\Pi} = 1,1$$



# Предельный расход воздуха вытяжного зонта составит:

$$L_{\text{пред}} = L_l \cdot \bar{L} \cdot K_{\Pi} = 1333 \cdot 1 \cdot 1.1 = 1466 \text{ м}^3/\text{ч}$$

# Требуемая производительность зонта:

$$L = L_{\text{пред}} \cdot K_{\eta} = 1466 \cdot 1 = 1466 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$K_{\eta} = 1$  т.к. по условиям вредных примесей не выделяется

р.с. для информации – скорость воздуха в сечении зонта = 1 м/с !!

## Пример 2

В дополнение к Примеру 1, вместе с теплом выделяется окись углерода (ПДК = 20 мг/м<sup>3</sup>) в количестве 80 мг/с. Рассредоточенные источники, выделяющие окись углерода и общеобменная вентиляция отсутствуют (M=0).

## Решение

# Из примера 1

$$L_{\text{пред}} = L_l \cdot \bar{L} \cdot K_{\Pi} = 1333 \cdot 1 \cdot 1.1 = 1466 \text{ м}^3/\text{ч}$$

# Избыточная предельная концентрация примеси

$$Z_{ист} = 80 \text{ мг/с}$$

$$\Delta Z_{пред} = Z_{пред} - Z_{пр} = \frac{3600 \cdot Z_{ист}}{L_{пред}} = \frac{3600 \cdot 80}{1466} = 195 \text{ мг/м}^3$$

# Относительная предельная концентрация

Считаем что в приточном воздухе содержание оксида углерода равно нулю.

$$Z_{пр} = 0$$

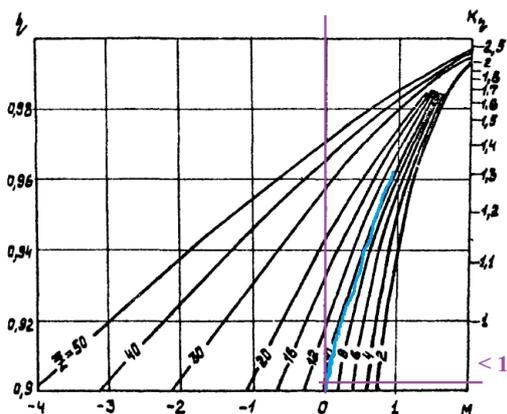
$$\bar{Z} = \frac{\Delta Z_{пред}}{ПДК - Z_{пр}} = \frac{195}{20 - 0} = 9,75$$

# Коэффициент требуемой эффективности улавливания примесей

По графику рас.1 при  $M=0$  и  $\bar{Z} = 9,75$  находим что  $K_{\eta} < 1$ .

# Требуемая производительность зонта равна полученной в примере 1, т.к. принимается что  $K_{\eta} = 1$

$$L = L_{пред} \cdot K_{\eta} = 1466 \cdot 1 = 1466 \text{ м}^3/\text{ч}$$



### Пример 3

Определить требуемую производительность Зонта  $A=1,4$  м,  $B=0,6$  м, установленного на высоте  $l=0,9$  м над конвективным источником длиной  $a=1,4$  м и шириной  $b=0,8$  м.

Конвективная теплоотдача источника составляет  $Q=1000$  Вт.

Скорость движения воздуха в помещении  $V_l=0,4$  м/с

### Решение

# Плоская конвективная струя

Скорость воздуха на входе в зонт

$$V_l = 0,039 \sqrt[3]{Q} \left(\frac{l}{b}\right)^{0,38} = 0,039 \cdot \sqrt[3]{1000} \left(\frac{0,9}{0,8}\right)^{0,38} = 0,4 \text{ м/с}$$

# Расход воздуха в конвективной струе

$$L_l = 1800 \cdot a \cdot b \cdot V_l = 1800 \cdot 1,4 \cdot 0,8 \cdot 0,4 = 810 \text{ м}^3/\text{ч}$$

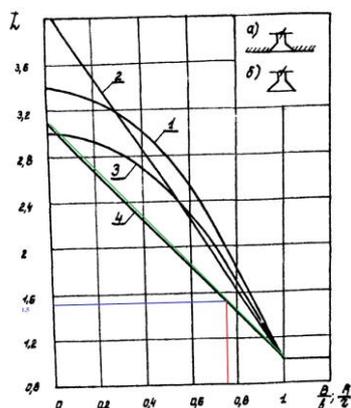
# Относительная производительность вытяжного зонта

По графику рис.4

При

$$\bar{B} = \frac{B}{b} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75$$

$$\bar{L} = 1,5$$

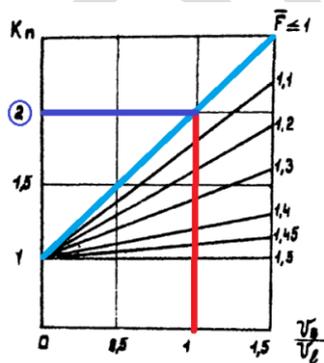


# Коэффициент  $K_n$  - коэффициент, учитывающий влияние скорости движения воздуха

По графику рис.5

$$\bar{F} = \frac{1,4 \cdot 0,6}{1,4 \cdot 0,8} = 0,75 \text{ и } \frac{V_B}{V_l} = \frac{0,4}{0,4} = 1$$

$$K_n = 2$$



# Предельный расход

$$L_{\text{пред}} = L_l \cdot \bar{L} \cdot K_n = 810 \cdot 1,5 \cdot 2 = 2430 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Комментарий – высокая подвижность воздуха в поведении и заниженный размер зонта требуют существенного увеличения расхода.

# Требуемая производительность зонта

$K_\eta = 1$ , т.к. вредные выделения отсутствуют

$$L = L_{\text{пред}} \cdot K_\eta = 2430 \cdot 1 = 2430 \text{ м}^3/\text{ч}$$

#### Пример 4

В дополнение к Примеру 3, вместе с теплом выделяется окись азота (ПДК = 5 мг/м<sup>3</sup>) в количестве 40 мг/с.

Рассредоточенные источники, выделяющие 4 мг/с.

Общеобменная вытяжка составляет  $500 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,14 \text{ м}^3/\text{с}$

Решение

# Предельная производительность отсоса из примера 3

$$L_{\text{пред}} = L_l \cdot \bar{L} \cdot K_\Pi = 810 \cdot 1,5 \cdot 2 = 2430 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} = 0,675 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

# Предельная избыточная концентрация примеси

$$Z_{\text{ист}} = 40 \text{ мг/с}$$

$$\Delta Z_{\text{пред}} = Z_{\text{пред}} - Z_{\text{пр}} = \frac{3600 \cdot Z_{\text{ист}}}{L_{\text{пред}}} = \frac{3600 \cdot 40}{2430} = 59 \text{ мг/м}^3$$

# Относительная предельная концентрация

$$Z_{\text{пр}} = 0$$

$$\bar{Z} = \frac{\Delta Z_{\text{пред}}}{\text{ПДК} - Z_{\text{пр}}} = \frac{59}{5 - 0} = 11,8$$

# Величина безразмерного комплекса М (учет общеобменной вентиляции)

$$M = \frac{Z_{\text{р}}}{Z_{\text{ист}}} \bar{Z} - \frac{L_{\text{в}}}{L_{\text{пред}}} = \frac{4}{40} \cdot 11,8 - \frac{0,14}{0,675} = 0,974$$

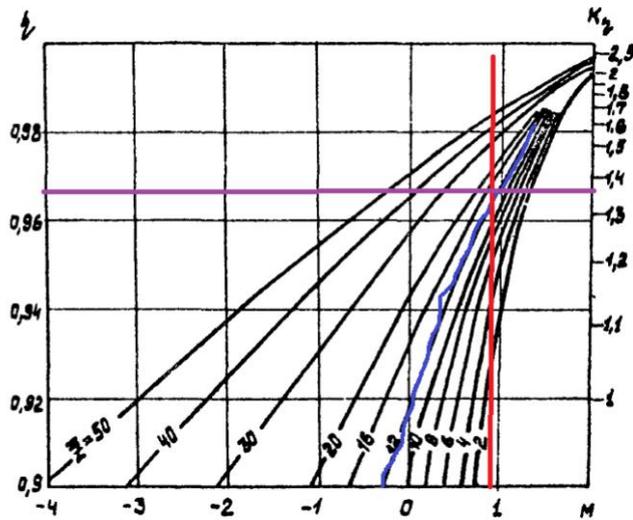
Примечание: непонятно почему авторы решили пересчитать расходы воздуха в м<sup>3</sup>/с, т.к. на результат это не влияет, а все расчеты идут в м<sup>3</sup>/ч.

# Определяем коэффициент требуемой эффективности и эффективность улавливания

По рис.1

$$\eta = \frac{Z_{\text{ул}}}{Z_{\text{ист}}} = 0,967 - \text{эффективность улавливания вредных выделений};$$

$K_{\eta} = 1,36$  - коэффициент, учитывающий влияние требуемой эффективности улавливания вредных выделений на расход воздуха, удаляемого отсосом;



# Требуемая производительность зонта

$$L = L_{\text{пред}} \cdot K_{\eta} = 2430 \cdot 1,36 = 3305 \text{ м}^3/\text{ч}$$

p.s. далее в методике приведены расчеты бокового и нижнего отсосов, вот это уровень! Я не нашел ни одной ошибки/опечатки.