

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра химической технологии древесины

М.И. Ведерникова

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

### РАСЧЕТ И ВЫБОР НАСОСОВ И ВЕНТИЛЯТОРОВ Часть 1

Руководство к курсовому и дипломному проектированию  
для студентов специальностей 2603, 2513

Екатеринбург  
2002

## ТРУБОПРОВОДЫ И АРМАТУРА

В химических производствах сеть коммуникаций для перемещения жидкостей и газов как внутри цеха, так и между цехами включает трубопроводы и газоходы [1-3].

**Трубы** соединяют посредством фланцев, сварки или резьбы. Плотность фланцевых соединений достигается посредством прокладок, которые зажимаются между фланцами болтами с гайками [2, с. 484]. Рекомендации по выбору прокладок приведены в табл. 1

Таблица 1

Выбор прокладок

| Конструкция прокладки   | Материал   | P, МПа | t, °C          |
|-------------------------|------------|--------|----------------|
| Плоская неметаллическая | Резина     | До 0,6 | От -30 до 100  |
|                         | Асбест     | До 1,6 | До 550         |
|                         | Паронит    | До 2,5 | От -200 до 400 |
|                         | Фторопласт | 2,5    | От -200 до 300 |

Трубы также соединяют на фланцах посредством разнообразных фасонных частей фитингов: колен, тройников, крестовин и др. По способу крепления фланцы делят на приварные плоские (наиболее распространенные), приварные встык, резьбовые, свободные на отбортовке [2, с. 400]. Присоединение трубопроводов к сосудам и аппаратам осуществляют с помощью фланцевых фитингов - это короткие куски труб с приваренными к ним фланцами [2, с. 431, 438, 477].

**Арматура.** Арматуру трубопроводов в зависимости от назначения подразделяют на запорную, регулирующую, предохранительную и специальную. **Запорная арматура** перекрывает трубопроводы в целях прекращения движения среды и открывает их для пропуски продукта. **Запорная арматура** подразделяется на приводную и автоматическую. По характеру работы затвора приводную запорную арматуру подразделяют на три типа: кран, вентиль и задвижка.

## ГАЗОХОДЫ, ЗАПОРНЫЕ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ ЗАСЛОНКИ

Газоходы необходимы для подвода газа или воздуха к аппаратам, к вентиляторам или дымососам. Конфигурация газоходов оказывает существенное влияние на расход электроэнергии, работоспособность и эффективность аппаратов (циклонов, сушилок, фильтров, вентиляторов и т.д.). Поэтому при проектировании следует избегать резких поворотов и изменений сечения газоходов, а также устройства длинных горизонтальных газоходов, в особенности при сильной запыленности газов, во избежание отло-

жения пыли в газоходах. При перемещениях по газоходам влажного газа с температурой, близкой к точке росы, газоходы надо теплоизолировать для устранения конденсации водяных паров и уменьшения коррозии.

**Конструкции газоходов.** Газоходы бывают *круглого и прямоугольного сечения*. Первые менее металлоемкие и более удобны в изготовлении. Трассы газоходов надо проектировать по возможности кратчайшими, с минимальным количеством фланцев, креплений и компенсаторов. Газоходы изготавливают из листовой стали толщиной 5 мм - для газоходов и 3 мм - для воздухопроводов. Круглые фланцы изготовляют: при  $D_v$  менее 500 мм - из листовой стали, при  $D_v = 500-1400$  мм - из полосовой и угловой стали. Газоходы между собой соединяют сваркой или фланцевыми соединениями. Фланцы соединяют с газоходами отбортовкой конца газохода или сваркой. Размеры газоходов и фланцев даны в табл. 2.

Таблица 2

Размеры элементов воздухопроводов круглого сечения

| Наружный диаметр, мм | Толщина листа, мм | Материал и размер фланцев       | Овальные отверстия под болты во фланцах |        | Размер болтов, мм |
|----------------------|-------------------|---------------------------------|---|--------|-------------------|
|                      |                   |                                 | число                                   | размер |                   |
| 100                  | 0,5               | Листовая сталь<br>$\delta=3$ мм | 4                                       | 7x10   | M6x20             |
| 110                  |                   |                                 | 4                                       |        |                   |
| 125                  |                   |                                 | 4                                       |        |                   |
| 140                  |                   |                                 | 6                                       |        |                   |
| 160                  |                   |                                 | 6                                       |        |                   |
| 180                  | 0,5               | Полосовая сталь<br>4x25 мм      | 6                                       | 7x10   | M6x10             |
| 200                  |                   |                                 | 6                                       |        |                   |
| 225                  |                   |                                 | 6                                       |        |                   |
| 250                  | 0,6               | Угловая сталь<br>25x25x3 мм     | 3                                       | 7x10   | M6x20             |
| 280                  |                   |                                 | 8                                       |        |                   |
| 315                  |                   |                                 | 8                                       |        |                   |
| 355                  |                   |                                 | 8                                       |        |                   |
| 400                  | 0,6               | Угловая сталь<br>25x25x4 мм     | 10                                      | 7x10   | M6x20             |
| 450                  | 0,6               |                                 | 10                                      |        |                   |
| 500                  | 0,7               |                                 | 10                                      |        |                   |
| 560                  | 0,7               |                                 | 10                                      |        |                   |
| 630                  | 0,7               |                                 | Угловая сталь<br>25x25x4 мм             |        |                   |
| 710                  |                   | 12                              |   |        |                   |
| 800                  |                   | 12                              |   |        |                   |
| 900                  | 1,0               | Угловая сталь<br>32x32x4 мм     | 16                                      | 10x15  | M8x25             |
| 1000                 |                   |                                 | 16                                      |        |                   |
| 1120                 | 1,0               | Угловая сталь<br>36x36x4 мм     | 18                                      | 12x18  | M10x30            |
| 1250                 |                   |                                 | 18                                      |        |                   |
| 1400                 |                   |                                 | 22                                      |        |                   |
| 1600                 |                   |                                 | 26                                      |        |                   |
| 1800                 | 1,4               | Угловая сталь<br>40x40x4 мм     | 18                                      | 12x18  | M10x30            |
| 2000                 |                   |                                 | 18                                      |        |                   |

Прокладочный материал, закладываемый между фланцами, следует применять в соответствии с данными табл. 3.

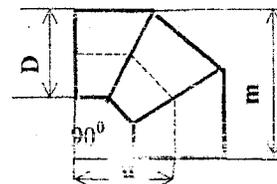
Таблица 3

Рекомендуемый прокладочный материал

| Диаметр газохода, мм          | Материал                         | Зазор между фланцами, мм |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| До 1500                       | Асбестовый картон толщиной 4 мм  | 3                        |
| До 1500 - 2000                | Асбестовый шнур диаметром 8 мм   | 5                        |
| Более 2500                    | Асбестовый шнур диаметром 10 мм  | 5                        |
| Газоход для холодного воздуха | Картон технический толщиной 4 мм | 3                        |

Сеть газоходов состоит из прямых участков, отводов (колен) и переходов. Размеры отводов и переходов круглого сечения приведены в табл. 4, 5.

Таблица 4



Размеры отводов круглого сечения с центральным углом 90°, мм

| Диаметр воздуха D | u   | m   | Диаметр воздуха D | u    | m    |
|-------------------|-----|-----|-------------------|------|------|
| 100               | 195 | 245 | 500               | 545  | 795  |
| 125               | 233 | 295 | 560               | 605  | 885  |
| 140               | 255 | 325 | 630               | 675  | 990  |
| 160               | 285 | 365 | 710               | 710  | 1065 |
| 180               | 315 | 405 | 800               | 800  | 1200 |
| 200               | 345 | 445 | 900               | 900  | 1350 |
| 225               | 383 | 495 | 1000              | 1000 | 1500 |
| 250               | 420 | 545 | 1120              | 1120 | 1680 |
| 280               | 465 | 605 | 1250              | 1250 | 1875 |
| 315               | 518 | 675 | 1400              | 1400 | 2100 |
| 355               | 400 | 578 | 1600              | 1600 | 2400 |
| 400               | 445 | 645 | 1800              | 1800 | 2700 |
| 450               | 495 | 720 | 2000              | 2000 | 3000 |

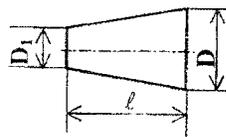


Таблица 5  
Размеры переходов круглого сечения, мм

| D   | D <sub>1</sub> | l   | D    | D <sub>1</sub> | l   |
|-----|----------------|-----|------|----------------|-----|
| 140 | 100            | 270 | 500  | 400            | 400 |
|     | 125            |     |      | 450            | 270 |
|     |                |     |      | 500            | 270 |
| 160 | 125            | 270 | 630  | 400            | 400 |
|     | 140            |     |      | 500            | 270 |
|     |                |     |      | 570            | 270 |
| 180 | 140            | 270 | 710  | 500            | 400 |
|     | 160            |     |      | 560            | 270 |
|     |                |     |      | 630            | 270 |
| 200 | 140            | 270 | 800  | 560            | 400 |
|     | 160            |     |      | 630            | 400 |
|     | 180            |     |      | 710            | 270 |
|     |                |     |      |                |     |
| 225 | 160            | 270 | 900  | 630            | 600 |
|     | 180            |     |      | 710            | 400 |
|     | 200            |     |      | 800            | 270 |
| 250 | 180            | 270 | 1000 | 800            | 400 |
|     | 200            |     |      | 800            | 270 |
|     | 225            |     |      |                |     |
| 280 | 200            | 270 | 1120 | 800            | 400 |
|     | 225            |     |      | 900            | 270 |
|     | 250            |     |      |                |     |
| 315 | 225            | 270 | 1250 | 900            | 600 |
|     | 250            |     |      | 1000           | 600 |
|     | 280            |     |      | 1120           | 270 |
| 356 | 250            | 270 | 1400 | 1000           | 800 |
|     | 280            |     |      | 1120           | 600 |
|     |                |     |      | 1250           | 270 |
| 400 | 280            | 270 | 1600 | 1250           | 600 |
|     | 315            |     |      | 1400           | 400 |
|     |                |     |      |                |     |
| 450 | 315            | 270 | 1800 | 1400           | 800 |
|     | 355            |     |      | 1600           | 400 |
|     | 400            |     |      |                |     |
| 500 | 355            | 270 | 2000 |                |     |
|     | 400            |     |      |                |     |
|     | 450            |     |      |                |     |

Запорные и регулирующие заслонки (клапаны). Для регулирования расхода газовых потоков и отключения аппаратов (сушилок, циклонов, фильтров и т.п.) применяют заслонки (клапаны). В табл. 6 показаны воздушные заслонки и их размеры.

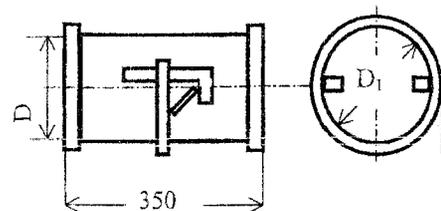


Таблица 6  
Размеры воздушных неутепленных заслонок круглого сечения с ручным приводом, мм

| D   | D <sub>1</sub> | Болты  |       | D    | D <sub>1</sub> | Болты  |       |
|-----|----------------|--------|-------|------|----------------|--------|-------|
|     |                | резьба | число |      |                | резьба | число |
| 200 | 230            | M6     | 6     | 560  | 590            | M8     | 12    |
| 225 | 255            |        |       | 630  | 660            |        |       |
| 250 | 280            |        |       | 710  | 740            |        |       |
|     |                |        |       | 800  | 830            |        |       |
| 280 | 310            | M6     | 8     | 900  | 940            | M8     | 16    |
| 315 | 345            |        |       | 1000 | 1040           |        |       |
| 355 | 385            |        |       |      |                |        |       |
| 400 | 430            |        |       |      |                |        |       |
| 450 | 480            | M6     | 10    |      |                |        |       |

### РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ДИАМЕТРА ТРУБОПРОВОДА

**Диаметр трубопровода.** Внутренний диаметр трубопровода рассчитывают из уравнения расхода (1), зная производительность и задавая скорость потока:  $V=Sw$ , где  $V$ - объемный расход (производительность) перекачиваемой жидкости, м<sup>3</sup>/с;  $S$  - поперечное сечение трубопровода, м<sup>2</sup>;  $S=0,785d^2$  для круглого сечения;  $w$  - скорость движения жидкости, м/с.

Чем больше скорость, тем меньше требуемый диаметр трубопровода, т.е. меньше стоимость трубопровода, его монтажа и ремонта. Однако с увеличением скорости растут потери напора в трубопроводе  $H=(1+\lambda L/d+\sum\zeta)w^2/2g$ , что приводит к увеличению перепада давления  $\Delta P=H\rho g$ , необходимого для перемещения жидкости, и, следовательно, к росту затрат энергии на ее перемещение. Оптимальный диаметр трубопровода (газохода), при котором суммарные затраты на перемещение жидкости (газа) минимальны, следует находить путем технико-экономических расчетов. На практике можно исходить из следующих значений скоростей (табл. 7), обеспечивающих близкий к оптимальному диаметр трубопровода.

Таблица 7

## Скорости жидкостей и газов

| Перекачиваемая среда                     | Скорость, м/с |
|--|---------------|
| <b>Жидкости</b>                          |               |
| При движении самотеком:                  |               |
| вязкие                                   | 0,1 - 0,5     |
| маловязкие                               | 0,5 - 1,0     |
| отвод конденсата                         | 0,5 - 0,75    |
| При перекачивании насосами:              |               |
| во всасывающем трубопроводе              | 0,8 - 2,0     |
| в нагнетательных трубопроводах           | 1,5 - 3,0     |
| для мазута                               | 0,1 - 0,8     |
| <b>Газы</b>                              |               |
| При естественной тяге                    | 2 - 4         |
| При небольшом давлении (от вентиляторов) | 4 - 15        |
| При больших давлениях (от компрессоров)  | 15 - 25       |
| <b>Пары</b>                              |               |
| Перегретые                               | 30 - 50       |
| Насыщенный при давлении, Па:             |               |
| Больше $10^5$                            | 15 - 25       |
| $(1 - 0,5) \cdot 10^5$                   | 20 - 40       |
| $(5 - 2) \cdot 10^4$                     | 40 - 60       |
| $(2 - 0,5) \cdot 10^4$                   | 60 - 75       |

После расчета диаметра трубопровода необходимо выбрать материал трубопровода в соответствии со свойствами перекачиваемой среды и по ГОСТ 301-44 (табл.8) выбрать ближайший диаметр трубопровода.

Таблица 8

Трубы стальные бесшовные (углеродистые и легированные)  
ГОСТ 301-44

| Наружный диаметр, мм | Толщина стенки, мм |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|----------------------|--------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|                      | 0,5                | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 |   |
| 5                    | -                  | -    | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | - |
| 6                    | 0,5                | 0,75 | 1,0 | 1,5 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | - |
| 8                    | 0,5                | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | - |
| 10                   | 0,5                | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | - |
| 12                   | 0,5                | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | -   | -   | -   | -   | - |
| 14                   | 0,5                | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | -   | -   | -   | -   | - |
| 16                   | 1,0                | 1,5  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | - |
| 18                   | 1,0                | 1,5  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | - |
| 20                   | 1,0                | 1,5  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | - |
| 22                   | 1,0                | 1,5  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | -   | -   | -   | -   | - |
| 24                   | 1,0                | 1,5  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | -   | -   | -   | -   | - |
| 26                   | 1,0                | 1,5  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | -   | -   | -   | - |

Окончание табл. 8

| Наружный диаметр, мм | Толщина стенки, мм |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                      | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 28                   | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,0 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | -   |
| 30                   | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 32                   | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 33                   | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 35                   | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 38                   | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 40                   | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 42                   | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 44,5                 | 1,0                | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 48                   | 1                  | 1,5 | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   |
| 51                   | 1,5                | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   |
| 54                   | 1,5                | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   |
| 57                   | 1,5                | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   |
| 60                   | 1,5                | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   |
| 63,5                 | 1,5                | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   |
| 70                   | 1,5                | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   |
| 76                   | -                  | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   |
| 83                   | -                  | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   |
| 89                   | 2                  | 2,5 | 3   | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   |
| 95                   | 4                  | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | -   |
| 102                  | 4                  | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 108                  | 4                  | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 114                  | 4                  | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 127                  | 4                  | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 133                  | 4                  | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 140                  | 4                  | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 146                  | 4,5                | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 152                  | 4,5                | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 159                  | 4,5                | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 168                  | 4,5                | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 194                  | 4,5                | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 219                  | 4,5                | 5   | 5,5 | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 245                  | 6                  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | -   | -   |
| 273                  | 7                  | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | -   | -   | -   |
| 299                  | 8                  | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | -   | -   |
| 325                  | 8                  | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  |
| 351                  | 8                  | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  |
| 377                  | 8                  | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  |
| 426                  | 9                  | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  |

Диаметр газохода также определяют из уравнения расхода:

$$V_1 = Sw = 0,785D^2w, \quad (1)$$

где  $V_1$  - объемный расход газа при рабочих условиях, т.е. при температуре  $t$  и влагосодержании газа  $x$ .

$$V_1 = L(1+x)/\rho_t, \quad (2)$$

где  $L$  - расход газа, кг/с ( $L$  определяют из теплового баланса);  $\rho_t$  - плотность влажного газа, кг/м<sup>3</sup>;  $w$  - скорость газа в газоходе, м/с (принимают по табл. 9).

Таблица 9

Скорость газа в газоходах

| Наименование   | w, м/с  | Наименование            | w, м/с  |
|----------------|---------|-------------------------|---------|
| В воздуховодах | 8 - 12  | В газоходах на входе в: |         |
| В газоходах:   |         | группу циклонов НИИОГаз | 12 - 15 |
| холодного газа | 10 - 12 | рукавный фильтр         | 12 - 14 |
| горячего газа  | 2 - 3   | пенный аппарат          | 12 - 14 |
|                |         | Электрофильтр           | 12 - 14 |

### Расчет толщины тепловой изоляции

Оборудование и трубопроводы требуют изоляции, если температура нагретых поверхностей превышает 45°C, а трубопроводов - 60°C.

**Цели нанесения теплоизоляции:** поддержать заданный температурный режим в аппарате; исключить потери тепла в окружающую среду и создать нормальные санитарно-гигиенические условия работы обслуживающему персоналу.

**Требования, предъявляемые при выборе изоляции:** малая теплопроводность; небольшая теплоемкость; невысокая стоимость; легкость нанесения на трубы, малая масса и долговечность.

Выбор материала теплоизоляции проводят по данным табл. 10.

Таблица 10

Свойства теплоизоляции

| Материал            | Предельная температура применения, °С | Теплопроводность, Вт/(м·К) |
|---------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Асбест пушистый     | 700                                   | 0,13                       |
| Войлок строительный | 90                                    | 0,465                      |
| Асбозурит           | 200 - 300                             | 0,16                       |
| Совелит             | 400 - 450                             | 0,09                       |
| Шлаковая вата       | 750                                   | 0,058                      |
| Диатомит молотый    | 800                                   | 0,091                      |
| Зеолит (вермикулит) | 900 - 1000                            | 0,072                      |

### Толщина теплоизоляции.

Толщину тепловой изоляции  $\delta_u$  (рис. 1\*) находят из равенства удельных тепловых потоков через слой изоляции  $(\lambda_u/\delta_u)(t_{cm1}-t_{cm2})$  и от поверхности изоляции в окружающую среду  $\alpha_2(t_{cm2}-t_{cp2})$ , т.е.  $(\lambda_u/\delta_u)(t_{cm1}-t_{cm2}) = \alpha_2(t_{cm2}-t_{cp2})$ . (3)

Схема теплопередачи

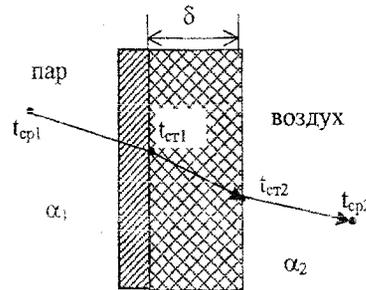


Рис. 1.

Материал тепловой изоляции и коэффициент теплопроводности  $\lambda_u$  принимают по табл. 10.

Температуру изоляции со стороны аппарата (паропровода, газохода)  $t_{cm1}$  принимают равной температуре среды в аппарате  $t_{cp1}$ , т.к. термическое сопротивление стенки аппарата (трубы) незначительно по сравнению с термическим сопротивлением слоя изоляции.

Температуру изоляции со стороны окружающей среды (воздуха) принимают:

$t_{cm2} = 35-40^\circ\text{C}$  для аппаратов, работающих в закрытых помещениях;

$t_{cm2} = 0-10^\circ\text{C}$  для аппаратов, работающих на открытом воздухе в зимнее время.

Температуру воздуха принимают:

$t_{cp2} = 20^\circ\text{C}$  в закрытом помещении; на открытом воздухе  $t_{cp2}$  принимают равной средней температуре самого холодного месяца [1, с. 538, табл. XL].

Коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности изоляции в окружающую среду, Вт/(м<sup>2</sup>·К):  $\alpha_2 = 9,3 + 0,058t_{cm2}$ . (4)

### КОМПЕНСАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ УДЛИНЕНИЙ

Все трубопроводы подвержены температурным колебаниям в зависимости от состояния изоляции. В результате возникающих тепловых напряжений в жестко закрепленных трубопроводах происходит разрыв (при охлаждении) или выпучивание (при нагреве) труб и отрыв фланцев. Поэтому на трубопроводах (при передаче по ним пара, горючих жидкостей) предусматривают специальные компенсирующие элементы.

\* Рисунки оформлены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к курсовому и дипломному проектированию.

**Компенсаторы трубопроводов.** Наиболее распространены компенсаторы, согнутые из труб (сталь, медь, алюминий, винипласт). Такие компенсаторы выполняют П-образными, реже лирообразными. Компенсаторы устанавливают на горизонтальном участке трубопровода между двумя «мертвыми» точками (опорами) в горизонтальной плоскости.

**Компенсаторы газоходов.** На всех газоходах, по которым подают газ с температурой выше 70°C, следует предусматривать компенсаторы температурных удлинений. Компенсаторы также устанавливают на газоходах перед дымососом или вентилятором (независимо от температуры газа) в непосредственной близости от последних во избежание передачи усилий на механизмы и вибраций от механизмов на газоходы. Наибольшее применение получили линзовые компенсаторы. Значение необходимой компенсации удлинения газохода, м, определяют по уравнению

$$l = 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot t_{ст} \cdot L, \quad (5)$$

где  $12,5 \cdot 10^{-6}$  - коэффициент объемного расширения стали,  $K^{-1}$ ;  $t_{ст}$  - температура стенки газохода, °C (при наличии теплоизоляции принимают равной температуре газа);  $L$  - длина газохода, м.

Если температурное удлинение значительное, то по всей длине газохода устанавливают два или более компенсаторов. В табл. 11 приведены размеры компенсаторов круглого сечения, а на рис. 2 указаны размеры линзовых компенсаторов.

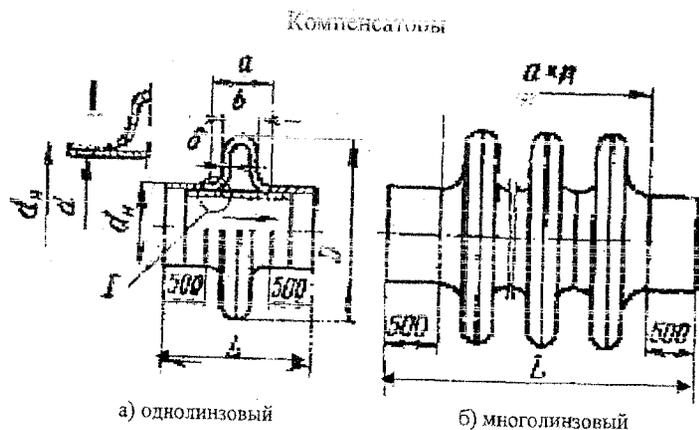


Рис. 2

Таблица 11

Компенсаторы на газоходах круглого сечения

| d, мм | d <sub>n</sub> , мм | D, мм | b, мм | d, мм | a, мм | b, мм |
|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 200   | 219                 | 580   | 2,5   | 214   | 140   | 73    |
| 250   | 273                 | 620   | 2,5   | 268   | 140   | 73    |
| 300   | 325                 | 670   | 2,5   | 320   | 140   | 73    |
| 350   | 377                 | 780   | 2,5   | 372   | 140   | 73    |
| 400   | 426                 | 830   | 2,5   | 421   | 140   | 73    |
| 500   | 529                 | 930   | 2,5   | 524   | 140   | 72    |
| 600   | 630                 | 1025  | 2,5   | 625   | 140   | 72    |
| 700   | 720                 | 1120  | 2,5   | 715   | 160   | 83    |
| 800   | 820                 | 1220  | 2,5   | 815   | 160   | 83    |
| 900   | 920                 | 1320  | 3,0   | 914   | 160   | 83    |
| 1000  | 1020                | 1420  | 3,0   | 1014  | 180   | 93    |
| 1100  | 1120                | 1520  | 3,0   | 1114  | 180   | 93    |
| 1200  | 1220                | 1620  | 3,0   | 1214  | 180   | 93    |
| 1400  | 1420                | 1820  | 3,0   | 1414  | 180   | 93    |
| 1500  | 1520                | 1920  | 3,0   | 1514  | 200   | 103   |
| 1600  | 1620                | 2020  | 3,0   | 1614  | 200   | 103   |
| 1800  | 1820                | 2220  | 3,0   | 1814  | 200   | 103   |
| 2000  | 2020                | 2420  | 3,0   | 2014  | 240   | 123   |
| 2200  | 2220                | 2620  | 3,0   | 2214  | 240   | 123   |
| 2400  | 2420                | 2820  | 3,0   | 2414  | 240   | 123   |

### Расчет гидравлического сопротивления сети

Гидравлическое сопротивление измеряют величиной разности давлений  $\Delta P$ . Полное давление, необходимое для преодоления насосом (вентилятором) всех гидравлических сопротивлений сети (включающих трубопровод и аппаратуру) при изотермическом течении потока, складывается из следующих величин:

$$\Sigma \Delta P = \Sigma \Delta P_f + \Sigma \Delta P_{ан} + \Delta P_{под} + \Delta P_{доп} + \Delta P_{ск} \quad (6)$$

Давление, необходимое для создания скорости потока на выходе из трубопровода, Па:  $\Delta P_{ск} = \rho w^2 / 2$ , (7)

где  $\rho$  - плотность жидкости (газа),  $кг/м^3$ ;  $w$  - скорость потока, м/с.

Гидравлическое сопротивление на каждом  $i$ -м участке трубопровода, Па:

$$\Delta P_i = \Delta P_{тр} + \Delta P_{мс} \quad (8)$$

Давление, необходимое для преодоления трения в прямой трубе, Па:

$$\Delta P_{тр} = \lambda L / d_o (\rho w^2 / 2). \quad (9)$$

Длину трубопровода  $L$  принимают конструктивно, м.

Значения коэффициента трения  $\lambda$  для труб круглого сечения находят по рис. 1.5 [1, с. 22] или по формулам:

$$\text{ламинарное течение } (Re \leq 2300): \lambda = 64 / Re; \quad (10)$$

Таблица 13

## Коэффициенты местных сопротивлений для газоходов

| Местные сопротивления   | Коэффициент местных сопротивлений |
|---|-----------------------------------|
| Вход в трубу<br>при острой входной кромке                       | 0,5                               |
| при острой входной кромке и выступе трубы внутрь аппарата       | 1,0                               |
| Выход из трубы в сосуд большего объема                          | 1,0                               |
| Плавное закругление (отвод) при угле $\alpha=90^\circ$ и $R>3d$ | 0,14 (рис. 3)                     |
| Залызка параллельная:<br>при степени открытия $h/d=0,5$         | 2,8 (рис. 4)                      |
| при полном открытии   | 0,1                               |
| Внезапное расширение  | Рис. 5                            |
| Внезапное сужение   | Рис. 5                            |
| Колено (без закругления), $\alpha=90^\circ$                     | 1,1 - 1,3                         |
| Кран:<br>при угле открытия $\alpha=30^\circ - 40^\circ$         | 5-17                              |
| при полном открытии   | 0,2                               |
| Вентиль:<br>нормальный  | 4,5 - 5,5                         |
| прямоугольный с наклонным шпинделем                             | 0,8 - 1,6                         |
| Компенсатор лирообразный при диаметре, мм: 50                   | 1,7                               |
| 500   | 2,5                               |

Таблица 14

## Коэффициенты местных сопротивлений в тройниках

| Местные сопротивления           | Отношение расходов $V_{отв}/V_{обт.}$ |      |       |       |      |      |      |
|---------------------------------|---------------------------------------|------|-------|-------|------|------|------|
|                                 | 0,0                                   | 0,2  | 0,4   | 0,6   | 0,8  | 1,0  |      |
| Тройник собирающий (рис. 6)     | Коэффициент местных сопротивлений     |      |       |       |      |      |      |
|                                 | $\xi_{отв.}$                          | -1,2 | -0,4  | 0,08  | 0,47 | 0,72 | 0,01 |
|                                 | $\xi_{м.}$                            | 0,04 | 0,17  | 0,30  | 0,41 | 1,51 | 0,60 |
| Тройник распределяющий (рис. 6) | $\xi_{отв.}$                          | 0,95 | 0,88  | 0,89  | 0,95 | 1,10 | 1,28 |
|                                 | $\xi_{м.}$                            | 0,04 | -0,08 | -0,05 | 0,07 | 0,21 | 0,35 |

турбулентное течение ( $10^5 \geq Re \geq 2300$ ):

для гладких труб (стеклянные, медные, свинцовые)  $\lambda=0,316/Re^{0,25}$  (11)

для шероховатых труб (стальные, чугунные)  $\lambda$  находят по рис. 1.5 [1, с.22] по  $Re$  и по  $d, e$ ,

где  $d_e$  - эквивалентный диаметр, м [1, формула (1.24)];

$e$  - средняя высота выступов шероховатой стенки:

$e=0,1-0,2$  мм для стальных новых труб;

$e=0,3-0,5$  мм для чугунных новых труб;

$e=0,8-2,0$  мм для загрязненных новых труб;

$e=1-6$  мм для кирпичных каналов.

Значения шероховатостей приведены в табл. XII [1, с. 519].

Давление, расходуемое на преодоление местных сопротивлений

(повороты, краны, вентили, сужения, расширения, диафрагмы и т.п.), Па:

$$\Delta P_{м.с.} = \sum \zeta (\rho w^2 / 2), \quad (12)$$

где  $\zeta$  - коэффициент местного сопротивления, табл. 12-14.

Таблица 12

## Коэффициенты местных сопротивлений для газоходов

| Местные сопротивление   | Коэффициенты местных сопротивлений |
|---|------------------------------------|
| Выход из газохода в атмосферу с зонтом  | 1,3                                |
| Выход из газохода в атмосферу:<br>при $Re \leq 2300$<br>при $Re \geq 10000$ :   | 2                                  |
| длинная труба   | 1,06                               |
| короткая труба  | 1,13                               |
| Приточная шахта (для забора воздуха)  | 2,5                                |
| Отвод (колени) при $\alpha=90^\circ$  | 0,39                               |
| Заслонка (открыта на 80 %)  | 1,54                               |
| Конфузор (сужающийся переход - вход газа в вентилятор)  | 0,21                               |
| Диффузор (расширяющийся переход - выход газа из вентилятора)  | 0,21                               |
| Тройник равного сечения:<br> разделение потока   | 1                                  |
|  слияние потоков                                 | 1,5                                |
| Диафрагма при $m=0,6$ , где $m=(d_0/D)^2$ , а $d_0$ - диаметр отверстия,<br>$D$ - диаметр газохода, м (см. табл. XIII [1, с. 520]). | 2                                  |

Отвод

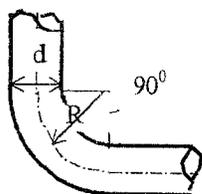


Рис.3

Степень открытия задвижки

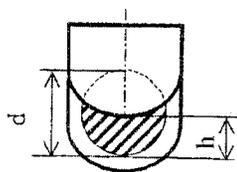


Рис.4

Коэффициенты местных сопротивлений при внезапном расширении и сжатии (сужении) труб

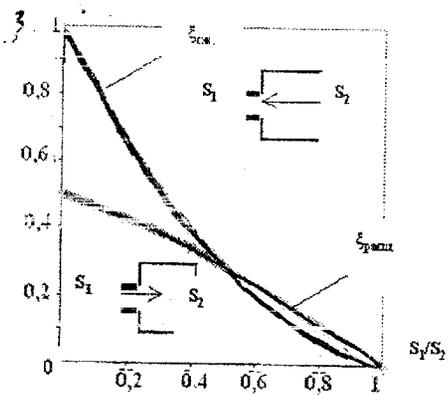
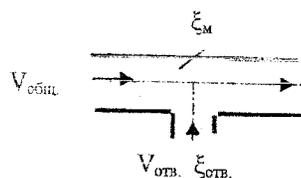


Рис.5

Собирающий тройник



Распределительный тройник

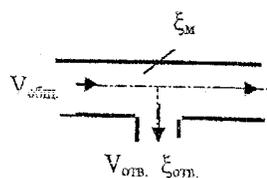


Рис.6

Методы расчета гидравлического сопротивления аппаратов (сушилки, циклона, фильтра, теплообменника, калорифера и т.д.), установленных в сети, например:  $\sum \Delta P_{\text{апп}} = \Delta P_c + \Delta P_{\text{ц}} + \Delta P_{\text{ф}}$ , где  $\Delta P_c$ ,  $\Delta P_{\text{ц}}$ ,  $\Delta P_{\text{ф}}$  – сопротивления сушилки, циклона, фильтра, соответственно приведены далее.

### Особенности расчета $\sum \Delta P$ при подборе вентилятора

**Избыточное давление**, которое должен обеспечить вентилятор для преодоления гидравлического сопротивления сети так же, как и для насоса, рассчитывают по уравнению (6). Если вентилятор подает газ, отличающийся от окружающего воздуха по плотности, то рассчитывают потерю давления на подъем газа:  $\Delta P_{\text{под}} = H_r g (\rho_v - \rho_d)$ , (15)

где  $\rho_v$ ,  $\rho_d$  – плотность газа и воздуха,  $\text{кг/м}^3$ ;  $H_r$  – разность высот точек всасывания и нагнетания, геометрическая высота [1, рис.2.1].

Характеристики подбора вентиляторов составлены для воздуха плотностью  $\rho_v = 1,2 \text{ кг/м}^3$ , т.е. при  $t = 20^\circ\text{C}$ . При подаче горячего воздуха или газа с другой плотностью давление изменяется, поэтому рассчитывают приведенное сопротивление (давление):  $\Delta P_{\text{пр}} = \sum \Delta P (273+t)/273 (P_0/P)$ , (16)

где  $t$  – температура газа, проходящего через вентилятор,  $^\circ\text{C}$ ;

$P_0$ ,  $P$  – давление атмосферного воздуха и газа, проходящего через вентилятор, Па ( $P_0 = 10^5 \text{ Па}$ );  $P = P_0 + \sum \Delta P$ .

### Гидравлическое сопротивление на сложных участках трубопроводов (газоходов)

В технологических схемах движение жидкостей и газов осуществляется по сложной схеме. Так, для установок, состоящих из нескольких параллельно работающих аппаратов (фильтров, выпарных аппаратов и т.д.), к которым подводится поток от общего коллектора или из которых отводится поток в общий коллектор (рис.7), важно обеспечить равномерное распределение потока по всем аппаратам.

Схема коллектора с симметричным подводом или отводом потока

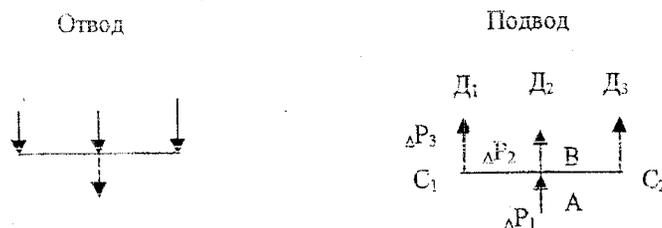


Рис.7

Давление, необходимое для подъема жидкости или для преодоления гидростатического давления, Па:  $\Delta P_{\text{под}} = \rho g H$ , (13)

где  $H$  – высота подъема жидкости, м;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ .

Дополнительное давление:  $\Delta P_{\text{доп}} = P_2 - P_1$ , (14)

$\Delta P_{\text{доп}}$  – это разность давлений в пространстве нагнетания ( $P_2$ ) и в пространстве всасывания ( $P_1$ ).  $\Delta P_{\text{доп}}$  учитывают, например, при распылении жидкости в сушилке, в скруббере, в топке или при подаче жидкости в аппарат, в котором давление выше атмосферного ( $P_2$ ).

Гидравлическое сопротивление рукавных фильтров

| Материал                            | Запыленность газов, г/м <sup>3</sup> | $\Delta P_{\text{ткань}}$ , Па | Область применения   |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|
| Шерстяные и синтетические ткани     | (20 - 40)<br>(0,02 - 0,04)           | 700 -<br>1300                  | Очистка технологических и вентиляционных газов                     |
| Синтетические ткани (гладкие)       | (20 - 40)<br>(0,02 - 0,04)           | 1000 -<br>1700                 | Очистка технологических и вентиляционных газов                     |
| Стеклоткани                         | (20 - 40)<br>(0,02 - 0,04)           | 1200 -<br>2000                 | Очистка газов с температурой до 350 °С и повышенной агрессивностью |
| Нетканые материалы (фетры, войлоки) | (5 - 10)<br>(0,01 - 0,02)            | 1500 -<br>2000                 | Очистка газов с невысокой запыленностью и легко удаляемой пылью    |

\*Числитель - на входе, знаменатель - на выходе.

Симметричный подвод или отвод потока резко улучшает степень равномерности распределения скоростей (расходов) по ответвлениям. При этом чем больше количество подводящих или отводящих отверстий, тем выше равномерность.

#### Расчет гидравлического сопротивления сложной сети

Допустим, что потери давления на участке АВ (см. рис. 7) равны величине  $\Delta P_1$ , на участке  $BC_1 - \Delta P_2$  и на участке  $C_1D_1 - \Delta P_3$ .

При симметричном разделении потоков можно считать, что сопротивление на участках  $BC_1$  и  $BC_2$  равны, на участках  $C_1D_1$ ,  $C_2B$  и  $C_2D_2$  также равны, кроме этого, соответственно равны их диаметры и длины участков. Тогда сумма потерь давления сети будет равна:

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3, \quad (17)$$

т.е. расчет сопротивления достаточно провести только на участках АВ,  $BC_1$  и  $C_1D_1$ .

#### РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АППАРАТОВ

Такие расчеты приведены в следующей литературе.

Аппараты с пористыми и зернистыми слоями и насадками (осадки на фильтрах, гранулы катализаторов и сорбентов, насадки в абсорбционных и ректификационных колоннах, в скрубберах) - [1, с.27; 4, с.226; 2, с.17].

Пленочные аппараты - [2, с.37].

Тарельчатые колонные аппараты - [1, с. 27; 4, с.228].

Кожухотрубчатые теплообменники - [1, с. 26; 4 с.102].

Пластинчатые теплоуловители - [5].

Циклоны - [4, с. 296; 6; 8, с.483].

Сушилки кипящего слоя - [1, с.105; 2, с.310; 4, с.300; 6].

Пневматические трубы - сушилки - [7; 8, с.451].

Рукавные фильтры - табл.15.

#### Гидравлическое сопротивление калориферов:

$\Delta P = 0,23 m (w_p)^{1,7} g$  - для калориферов КФС;

$\Delta P = 0,28 m (w_p)^{1,7} g$  - для калориферов КФБ;

$\Delta P = 0,37 m (w_p)^{1,85} g$  - для калориферов КФСО;

$\Delta P = 0,45 m (w_p)^{1,85} g$  - для калориферов КФБО,

где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  - ускорение силы тяжести,  $m$  - число последовательно включенных калориферов, шт.;  $w_p$  - допустимая массовая скорость воздуха принимается в пределах 7-10 кг/(м<sup>2</sup>с).

#### Гидравлическое сопротивление сушильного барабана:

$$\Delta P_c = \Delta P_c (1 + K \bar{Y}), \quad (18)$$

где  $\Delta P_c$  - сопротивление сушильного барабана с учетом транспортирования материала вдоль барабана, Па;  $\bar{Y}$  - относительная массовая концентрация материала в барабане, кг материала/кг газа.

$$\bar{Y} = (G_H + G_K) / 2L_2(1 + x_{cp}), \quad (19)$$

где  $x_{cp} = (x_1 + x_2) / 2$  - среднее влагосодержание сушильного агента, кг влаги/кг газа, а  $x_1$  и  $x_2$  - влагосодержание газа на входе и выходе из сушилки;  $G_H, G_K$  - производительность сушилки по влажному и высушенному материалу, кг материала/с;  $L_2$  - расход сушильного агента, кг газа/с;

$K$  - опытный коэффициент;  $K=1,4$  для древесной стружки, опила;

$\Delta P_6$  - сопротивление барабана без учета транспортировки материала, Па:

$$\Delta P_6 = \lambda_6 (L_6 / D_3) (w_{cp}^2 \rho_{cp} / 2), \quad (20)$$

где  $\lambda_6$  - коэффициент трения [1, с.22],  $\lambda_6$  определяют по  $Re = (w_{cp} D_3 \rho_{cp}) / \mu_{cp}$ ;

$L_6$  - длина барабана, м;  $\mu_{cp}$  - динамическая вязкость газа, Па·с;

$D_3$  - эквивалентный диаметр барабана:

$$D_3 = \pi D_5 \phi / (\pi + z) - \text{для секторной насадки}; \quad (21)$$

$$D_3 = D_6 \sqrt{\phi} - \text{для других конструкций насадки},$$

где  $D_6$  - диаметр барабана, м;  $\phi$  - относительно свободное сечение барабана:

$\phi = 1 - \Psi$ , где  $\Psi$  - коэффициент заполнения барабана,  $\Psi = 0,1-0,25$ ;

$z$  - число секторов в барабане;  $z = L_6 / D_6$ ;

$w_{cp}$  - средняя скорость парагаза в барабане, м/с;



## Насосы

**Центробежные насосы.** В химических производствах наиболее распространены центробежные насосы. Технические характеристики *центробежных консольных насосов* общего назначения для воды типа К и КМ приведены в табл.16.

Таблица 16

**Технические характеристики центробежных насосов**

| Марка  | V, м <sup>3</sup> /ч | H, м | n, с <sup>-1</sup> | Электродвигатель |        |
|--|----------------------|------|--------------------|------------------|--------|
|  |                      |      |                    | тип              | N, кВт |
| Консольные насосы общего назначения для воды |                      |      |                    |                  |        |
| К 8/18                                       | 8                    | 18   | 48,3               | 4A80A2           | 1,5    |
| КМ 20/18a                                    | 17                   | 15   | 48,3               | 4AX80A2          | 1,5    |
| К 20/18                                      | 20                   | 18   | 48,3               | 4A80B2           | 2,2    |
| К 20/30                                      | 20                   | 30   | 48,3               | 4A100S2          | 4,0    |
| К 45/30                                      | 45                   | 30   | 48,3               | 4A112M2          | 7,5    |
| КМ 80-50-200                                 | 50                   | 50   | 48,3               | 4A160S2          | 15,0   |
| К 90/20                                      | 90                   | 20   | 48,3               | 4A112M2          | 7,5    |
| К 90/35                                      | 90                   | 35   | 48,3               | 4A160S2          | 15,0   |
| КМ 90/55a                                    | 90                   | 43   | 48,3               | 4A160M2          | 18,5   |
| КМ 100-65-200                                | 100                  | 50   | 48,3               | 4A180M2          | 30,0   |
| К 160/30                                     | 160                  | 30   | 60                 | 4A160M4          | 15,0   |
| КМ 150-125-315                               | 200                  | 32   | 60                 | 4A180M4          | 30,0   |
| К 290/18                                     | 290                  | 18   | 60                 | 4A180S4          | 22,0   |
| К 290/30                                     | 290                  | 30   | 60                 | 4A200M4          | 37,0   |

*Насосы типа X* (табл.17) коррозионно-стойкие, перекачивают агрессивные жидкости, не имеющие включений, кроме дымящих и испаряющихся. Каждый насос может быть изготовлен с тремя различными диаметрами рабочего колеса, что соответствует трем значениям напора в области оптимального η.

Технические характеристики *центробежных питательных многоступенчатых насосов типа ПЭ* для перекачки воды, имеющей температуру не более 165°C и не содержащей твердых частиц, приведены в [2, с.39, табл.2].

*Центробежные насосы для взвешенных веществ типа НФ* (фекальные насосы) предназначены для подачи фекальных и других волокнистых и загрязненных жидкостей при температуре до 100°C. Технические характеристики этих насосов приведены в табл.18.

*Поршневые насосы* применяются при перекачивании высоковязких жидкостей, а также огне- и взрывоопасных жидкостей (паровые насосы) [3, рис. III-10, с.144].

*Вакуум-насосы* предназначены откачивать воздух или газ из емкостей с давлением ниже атмосферного и, сжимая его, выталкивать в атмо-

сферу. В химической промышленности широко применяются водокольцевые вакуум-насосы (КВН, РМК, ВВН) для создания разрежения в пределах 40-80% [3]. Технические характеристики вакуум-насосов приведены в табл.19.

**Роторные насосы** - насосы объемного типа: подача осуществляется вследствие вытеснения жидкости рабочими органами насоса, аналогично поршневому насосу. Роторные насосы применяют для перекачки чистых масел, нефтепродуктов и других масел с температурой не выше 80°C. К роторным насосам относятся шестеренчатые и винтовые насосы.

**Винтовые насосы** - это агрегаты, состоящие из насоса и электродвигателя, смонтированных на общей плите. Технические характеристики роторных насосов приведены в табл.20.

Обозначения винтовых насосов, например ЭМН-10/1: Э - электро, М - масляный, Н - насос, 10/1; 3/1; 5/1; 11/1 - электродвигатели переменного тока. Электродвигатель: МАФ-82-71/4 - вертикально-фланцевый морского исполнения переменного тока.

Таблица 17

**Технические характеристики центробежных насосов**

| Марка  | V, м <sup>3</sup> /с  | H, м | n, с <sup>-1</sup> | η <sub>н</sub> | Электродвигатель |                      |                 |
|--------|-----------------------|------|--------------------|----------------|------------------|----------------------|-----------------|
|        |                       |      |                    |                | тип              | N <sub>н</sub> , кВт | η <sub>дв</sub> |
|        |                       |      |                    |                |                  |                      |                 |
| X8/18  | 2,4·10 <sup>-3</sup>  | 11,3 | 48,3               | 0,40           | АОЛ-12-2         | 1,1                  | -               |
|        |                       | 14,8 |                    |                | АО2-31-2         | 3                    | -               |
|        |                       | 18   |                    |                | BAO-31-2         | 3                    | 0,82            |
| X8/30  | 2,4·10 <sup>-3</sup>  | 17,7 | 48,3               | 0,50           | АО2-32-2         | 4                    | -               |
|        |                       | 24   |                    |                | BAO-32-2         | 4                    | 0,83            |
|        |                       | 30   |                    |                | АО2-31-2         | 3                    | -               |
| X20/18 | 5,5·10 <sup>-3</sup>  | 10,5 | 48,3               | 0,60           | BAO-31-2         | 3                    | 0,82            |
|        |                       | 13,8 |                    |                | АО2-41-2         | 5,5                  | 0,87            |
|        |                       | 18   |                    |                | BAO-41-2         | 5,5                  | 0,84            |
| X20/31 | 5,5·10 <sup>-3</sup>  | 18   | 48,3               | 0,55           | АО2-52-2         | 13                   | 0,89            |
|        |                       | 25   |                    |                | BAO-52-2         | 13                   | 0,87            |
|        |                       | 31   |                    |                | АО2-51-2         | 10                   | 0,88            |
| X20/53 | 5,5·10 <sup>-3</sup>  | 34,4 | 48,3               | 0,50           | BAO-52-2         | 13                   | 0,87            |
|        |                       | 44   |                    |                | АО2-51-2         | 10                   | 0,88            |
|        |                       | 53   |                    |                | BAO-51-2         | 10                   | 0,87            |
| X45/21 | 1,25·10 <sup>-2</sup> | 13,5 | 48,3               | 0,60           | АО2-52-2         | 13                   | 0,89            |
|        |                       | 17,3 |                    |                | BAO-52-2         | 13                   | 0,87            |
|        |                       | 21   |                    |                | BAO-51-2         | 10                   | 0,87            |
| X45/31 | 1,25·10 <sup>-2</sup> | 19,8 | 48,3               | 0,60           | BAO-52-2         | 13                   | 0,89            |
|        |                       | 25   |                    |                | BAO-51-2         | 10                   | 0,87            |
|        |                       | 31   |                    |                | BAO-52-2         | 13                   | 0,87            |

Окончание табл. 17

| Марка               | V, м <sup>3</sup> /с                       | H, м | n, с <sup>-1</sup> | η <sub>п</sub> | Электродвигатель |                       |                 |   |
|---------------------|--|------|--------------------|----------------|------------------|-----------------------|-----------------|---|
|                     |  |      |                    |                | тип              | N <sub>дв</sub> , кВт | η <sub>дв</sub> |   |
| X45/54              | 1,25·10 <sup>-2</sup>                      | 32,6 | 48,3               | 0,60           | АО2-62-2         | 17                    | 0,88            |   |
|                     |  | 42   |                    |                | АО2-71-2         | 22                    | 0,88            |   |
|                     |  | 54   |                    |                | АО2-72-2         | 30                    | 0,89            |   |
| X90/19              | 2,5·10 <sup>-2</sup>                       | 13   | 48,3               | 0,70           | АО2-51-2         | 10                    | 0,88            |   |
|                     |  | 16   |                    |                | АО2-52-2         | 13                    | 0,89            |   |
|                     |  | 19   |                    |                | АО2-62-2         | 17                    | 0,88            |   |
| X90/33              | 2,5·10 <sup>-2</sup>                       | 25   | 48,3               | 0,70           | АО2-62-2         | 17                    | 0,88            |   |
|                     |  | 29,2 |                    |                | АО2-71-2         | 22                    | 0,90            |   |
|                     |  | 33   |                    |                | АО2-72-2         | 30                    | 0,90            |   |
| X90/49              | 2,5·10 <sup>-2</sup>                       | 31,4 | 48,3               | 0,70           | АО2-71-2         | 22                    | 0,88            |   |
|                     |  | 40   |                    |                | АО2-72-2         | 30                    | 0,89            |   |
|                     |  | 49   |                    |                | АО2-81-2         | 40                    | -               |   |
| X90/85              | 2,5·10 <sup>-2</sup>                       | 56   | 48,3               | 0,65           | АО2-81-2         | 40                    | -               |   |
|                     |  | 70   |                    |                | АО2-82-2         | 55                    | -               |   |
|                     |  | 85   |                    |                | АО2-91-2         | 75                    | 0,89            |   |
| X160/29/2           | 4,5·10 <sup>-2</sup>                       | 20   | 48,3               | 0,65           | ВАО-72-2         | 30                    | 0,89            |   |
|                     |  | 24   |                    |                | АО2-72-2         | 30                    | 0,89            |   |
|                     |  | 29   |                    |                | АО2-81-2         | 40                    | -               |   |
| X160/49/2           | 4,5·10 <sup>-2</sup>                       | 33   | 48,3               | 0,75           | АО2-81-2         | 40                    | -               |   |
|                     |  | 40,6 |                    |                | АО2-82-2         | 55                    | -               |   |
|                     |  | 49   |                    |                | АО2-91-2         | 75                    | 0,89            |   |
| X160/29<br>x 280/29 | 4,5·10 <sup>-2</sup><br>2·10 <sup>-2</sup> | 29   | 24,15              | 0,60           | АО2-81-4         | 40                    | -               |   |
|                     |  | 21   | 24,15              | 0,78           | АО2-81-4         | 40                    | -               |   |
|                     |  | 25   | -                  | -              | АО2-82-4         | 55                    | -               |   |
|                     |  | 29   | -                  | -              | АО2-91-4         | 75                    | 0,92            |   |
| X280/42             | 8·10 <sup>-2</sup>                         | 29,6 | 24,15              | 0,70           | АО2-91-4         | 75                    | 0,92            |   |
|                     |  | 35   |                    |                | -                | -                     | -               | - |
|                     |  | 42   |                    |                | АО2-92-4         | 100                   | 0,93            |   |
| X280/72             | 8·10 <sup>-2</sup>                         | 51   | 24,15              | 0,70           | АО-101-4         | 125                   | 0,91            |   |
|                     |  | 62   |                    |                | АО-102-4         | 160                   | 0,92            |   |
|                     |  | 72   |                    |                | АО-103-4         | 200                   | 0,93            |   |
| X500/25             | 1,5·10 <sup>-1</sup>                       | 19   | 16                 | 0,80           | АО2-91-6         | 55                    | 0,92            |   |
|                     |  | 22   |                    |                | -                | -                     | -               | - |
|                     |  | 25   |                    |                | АО2-92-6         | 75                    | -               |   |
| X500/37             | 1,5·10 <sup>-1</sup>                       | 25   | 16                 | 0,70           | АО-102-6         | 125                   | 0,92            |   |
|                     |  | 31,2 |                    |                | -                | -                     | -               | - |
|                     |  | 37   |                    |                | АО-103-6         | 160                   | 0,93            |   |

Таблица 18

**Технические характеристики фекальных насосов**

| Марка | V, м <sup>3</sup> /ч | H, м | n, с <sup>-1</sup> | N, кВт | η <sub>п</sub> , % |    |
|-------|----------------------|------|--------------------|--------|--------------------|----|
| 2½ НФ | 43                   | 37   | 49                 | 10     | 50                 |    |
|       | 43                   | 42   |                    | 14     | 50                 |    |
|       | 43                   | 50   |                    | 20     | 47                 |    |
|       | 72                   | 33   |                    | 14     | 59                 |    |
|       | 72                   | 39   |                    | 20     | 60                 |    |
|       | 72                   | 47   |                    | 20     | 59                 |    |
|       | 108                  | 26   |                    | 20     | 56                 |    |
|       | 108                  | 34   |                    | 20     | 64                 |    |
|       | 108                  | 42   |                    | 20     | 61                 |    |
|       | 36                   | 9,8  |                    | 24,17  | 2,8                | 43 |
|       | 72                   | 6,5  |                    | 24,17  | 4,5                | 39 |
|       | 4НФ                  | 108  |                    | 26     | 24,17              | 20 |
| 180   |                      | 23   | 24,17              | 20     | 56                 |    |
| 72    |                      | 11   | 16,25              | 7      | 49                 |    |
| 6НФ   | 101                  | 10   | 16,25              | 7      | 56                 |    |
|       | 252                  | 24   | 16,25              | 40     | 59                 |    |
|       | 360                  | 23   |                    | 55     | 63                 |    |
| 504   | 20                   | 55   |                    | 59     |                    |    |
| 8НФ   | 432                  | 120  | 35                 | 100    | 59                 |    |
|       | 576                  | 160  | 34                 | 100    | 62                 |    |
|       | 864                  | 240  | 29                 | 130    | 60                 |    |

Таблица 19

**Технические характеристики вакуум - насосов типа ВВН**

| Марка    | Остаточное давление, кПа | Производительность, V·10 <sup>2</sup> , м <sup>3</sup> /с | Мощность на валу, кВт |
|----------|--------------------------|---|-----------------------|
| ВВН-0,75 | 14,6                     | 1,2   | 1,3                   |
| ВВН-1,5  | 14,6                     | 2,5   | 2,1                   |
| ВВН-3    | 10                       | 5,0   | 6,5                   |
| ВВН-6    | 5                        | 10  | 12,5                  |
| ВВН-12   | 3                        | 20  | 20                    |
| ВВН-25   | 2                        | 41,6  | 48                    |
| ВВН-50   | 2                        | 83,3  | 94                    |

Таблица 20

## Технические характеристики роторных насосов

| Марка                       | V,<br>м <sup>3</sup> /ч | Давление<br>нагнетания<br>P, кПа | Высота<br>всасывания<br>H <sub>вс.</sub> , м | n,<br>с <sup>-1</sup> | η,<br>% | Электродвигатель      |           |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------------------|--|-----------------------|---------|-----------------------|-----------|
|                             |                         |                                  |  |                       |         | тип                   | N,<br>кВт |
| <b>Шестеренчатые насосы</b> |                         |                                  |  |                       |         |                       |           |
| PЗ-3 <sup>а</sup>           | 1,1                     | 1450                             | 5  | 0,4                   | 45      | ЭнпН-8 <sub>м/1</sub> | 2,8       |
| PЗ-4,5 <sup>а</sup>         | 3,3                     | 330                              | 3  | 0,4                   | 38      | ЭнпН-8 <sub>м/1</sub> | 1,7       |
| PЗ-7,5                      | 5,0                     | 330                              | 3  | 0,4                   | 42      | ЭнпН-8 <sub>м/1</sub> | 2,8       |
| PЗ-30 <sup>а</sup>          | 18                      | 360                              | 6,5  | 0,3                   | 55      | ЭнпН-8 <sub>м/1</sub> | 4,5       |
| PЗ-60                       | 38                      | 280                              | 7  | 0,27                  | 38      | ЭнпН-8 <sub>м/1</sub> | 9,5       |
| <b>Винтовые насосы</b>      |                         |                                  |  |                       |         |                       |           |
| ЭМН-10/1                    | 12                      | 1000                             | 5  | 0,8                   | 55      | МР-42-2-В3            | 6         |
| ЭМН-11/1                    | 45                      | 800                              | 5  | 0,4                   | 55      | МАФ-82-71/1           | 20        |
| ЭМН-3/1                     | 50                      | 400                              | 6  | 0,4                   | 55      | МАФ-82-62/4           | 13        |
| ЭМН-5/1                     | 90                      | 400                              | 6  | 0,4                   | 55      | МАФ-82-71/4           | 20        |

## ВЫБОР ВЕНТИЛЯТОРОВ И ДЫМОСОСОВ

Вентиляторами называют компрессорные машины, применяемые для перемещения больших количеств различных газов при избыточном давлении не более 15 кПа. По конструкции вентиляторы делятся на осевые и центробежные.

Компрессоры — машины, предназначенные для перемещения и сжатия газов до избыточного давления более 0,2 МПа. По принципу действия компрессоры делятся на поршневые, центробежные и ротационные. В зависимости от давления нагнетания компрессоры подразделяются на три группы: низкого давления (0,2-1,0 МПа); среднего давления (1-10 МПа); высокого давления (10-300 МПа). По развиваемой производительности различают малые компрессоры (до 0,015 м<sup>3</sup>/с) и средние компрессоры (выше 1,5 м<sup>3</sup>/с).

К основным параметрам работы вентилятора относятся: производительность V, м<sup>3</sup>/с; создаваемое давление ΔP, Па, или напор H, м. ст. ж., затрачиваемая мощность N, кВт, и коэффициент полезного действия η, %.

При выборе вентиляторов следует исходить из заданных величин: производительности, давления (гидравлического сопротивления сети), содержания в воздухе пыли, температуры газа и т.п. Вентилятор подбирают по техническим характеристикам: по заданным значениям производительности и давления (напора) в области максимального значения КПД (не ниже 0,6 - 0,7).

## Осевые вентиляторы

Осевые вентиляторы целесообразно применять для подачи больших объемов воздуха (10 - 50 тыс. м<sup>3</sup>/ч), при небольших давлениях (60 - 500 Па) и содержании пыли (10 - 100 мг/м<sup>3</sup>).

Осевые вентиляторы серии 06-300 предназначены для перемещения воздуха или взрывоопасных газозоодушных смесей с температурой до 40°С, не вызывающих коррозию и не содержащих пыли и липких веществ. Технические данные этих вентиляторов приведены на рис.10.

Осевые вентиляторы серии СВМ выпускаются во взрывобезопасном исполнении и применяются для проветривания больших промышленных зданий. Для увеличения напора вентиляторы могут быть включены последовательно по два и более. Технические характеристики этих вентиляторов приведены в табл.21.

Таблица 21

## Основные параметры вентиляторов серии СВМ-М

| Параметры            | Типоразмеры |           |           |
|----------------------|-------------|-----------|-----------|
|                      | СВМ-4       | СВМ-5М    | СВМ-6М    |
| Число ступеней       | 1           | 1         | 1         |
| n, с <sup>-1</sup>   | 48          | 49,16     | 49,16     |
| V, м <sup>3</sup> /с | 1,08-2,15   | 1,85-3,82 | 3,17-7    |
| ΔP, Па               | 400-850     | 700-1680  | 1200-2450 |
| N, кВт               | 2,2         | 6,5       | 14        |

Осевые вентиляторы серии МЦ предназначены для приточно-вытяжной вентиляции. Технические характеристики этих вентиляторов приведены в табл.22.

Крупные осевые шахтные вентиляторы ЦАГИ серии ВОК и ВОКД (соответственно одноступенчатые и двухступенчатые) подают до 1350 тыс. м<sup>3</sup>/ч воздуха. У этих вентиляторов благодаря снижению скорости вращения рабочего колеса, значительно снижается уровень шума при работе. Технические характеристики осевых вентиляторов ВОК и ВОКД даны в табл.23.





Основные размеры центробежного вентилятора

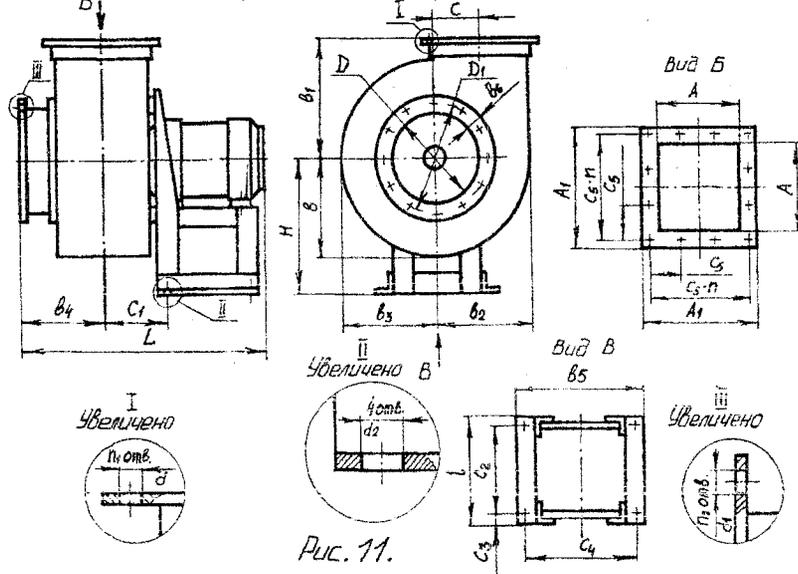


Рис. 11.

Характеристики вентилятора ВВД № 8

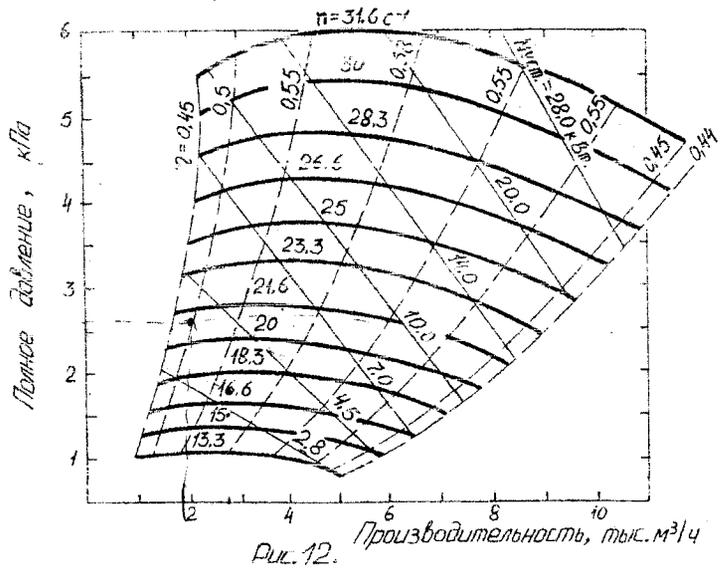


Рис. 12.

Характеристики вентилятора ВВД № 9

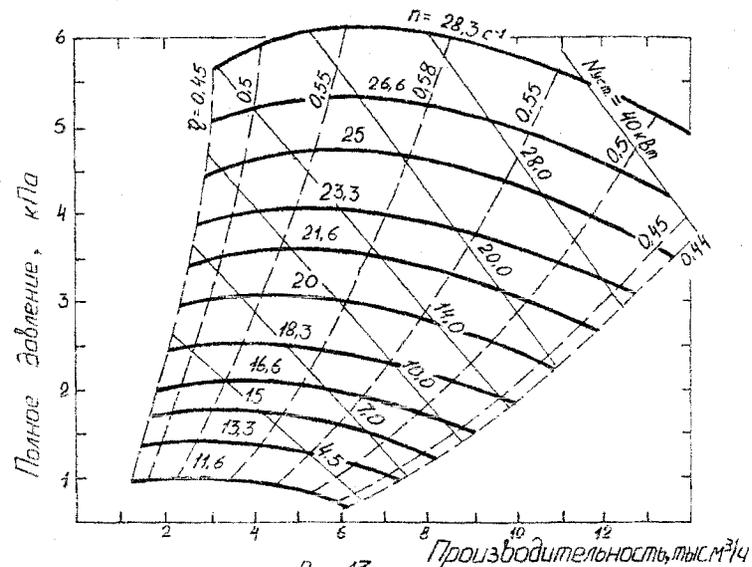


Рис. 13.

Характеристики вентилятора ВВД № 11

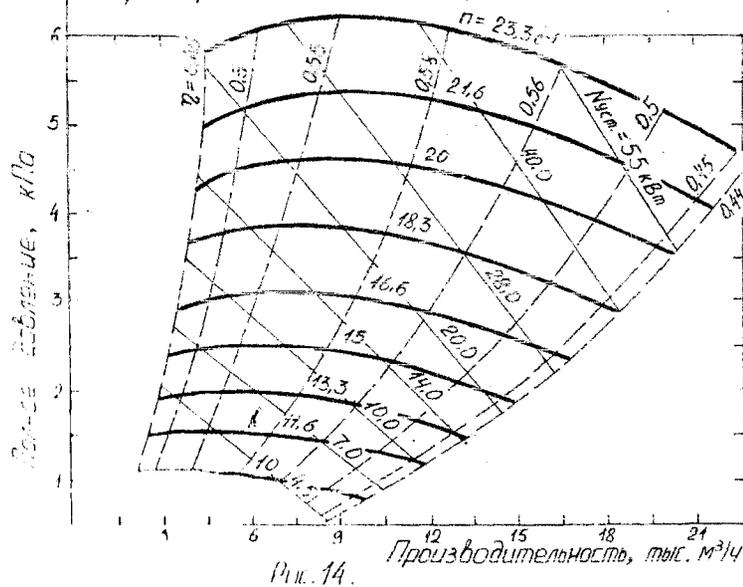


Рис. 14.

Таблица 27

Технические характеристики пылевых центробежных вентиляторов  
типа ЦП7 - 40

| № вентилятора | V, тыс. м <sup>3</sup> /ч | ΔP, кПа | n, с <sup>-1</sup> | η           | Электродвигатель |             |          |    |
|---------------|---------------------------|---------|--------------------|-------------|------------------|-------------|----------|----|
|               |                           |         |                    |             | тип              | N, кВт      |          |    |
| № 5           | 9                         | 3       | 43,3               | 0,5 - 0,565 | A02 71-2         | 22          |          |    |
|               | 3,2                       | 3,8     | 43,3               |             | A02 52-2         | 13          |          |    |
|               | 8,5                       | 2,5     | 40                 |             | A02 62-2         | 17          |          |    |
|               | 3,1                       | 3,25    | 40                 |             | A02 51-2         | 10          |          |    |
|               | 7,8                       | 2,15    | 36,6               |             | A02 52-2         | 13          |          |    |
|               | 2,9                       | 2,7     | 36,6               |             | A02 42-2         | 7,5         |          |    |
|               | 7,2                       | 1,75    | 33,3               |             | A02 51-2         | 10          |          |    |
|               | 2,6                       | 2,25    | 33,3               |             | A02 41-2         | 5,5         |          |    |
|               | 6,4                       | 1,45    | 30                 |             | A02 42-2         | 7,5         |          |    |
|               | 2,3                       | 1,8     | 30                 |             | A02 41-2         | 5,5         |          |    |
| № 6           | 14,7                      | 3,15    | 35,3               | 0,5 - 0,565 | A02 81-4         | 40          |          |    |
|               | 7                         | 3,85    | 35,3               |             | A02 71-4         | 22          |          |    |
|               | 14                        | 2,8     | 33,3               |             | A02 72-4         | 30          |          |    |
|               | 6,7                       | 3,4     | 33,3               |             | A02 62-4         | 17          |          |    |
|               | 12,5                      | 2,25    | 30                 |             | A02 71-4         | 22          |          |    |
|               | 6,1                       | 2,8     | 30                 |             | A02 61-4         | 13          |          |    |
|               | 11,2                      | 1,75    | 26,6               |             | A02 62-4         | 17          |          |    |
|               | 5,4                       | 2,2     | 26,6               |             | A02 52-4         | 10          |          |    |
|               | 9,8                       | 1,35    | 23,3               |             | A02 52-4         | 10          |          |    |
|               | 4,8                       | 1,7     | 23,3               |             | A02 51-4         | 7,5         |          |    |
|               | 8,3                       | 1       | 20                 |             | A02 51-4         | 7,5         |          |    |
|               | 4                         | 1,25    | 20                 |             | A02 42-4         | 5,5         |          |    |
|               | № 8                       | 23,5    | 3,3                |             | 28,3             | 0,5 - 0,565 | A02 82-4 | 55 |
|               |                           | 9       | 4                  |             | 28,3             |             | A02 81-4 | 40 |
| 23            |                           | 2,9     | 26,6               | A02 81-4    | 40               |             |          |    |
| 8,5           |                           | 3,7     | 26,6               | A02 72-4    | 30               |             |          |    |
| 22            |                           | 2,6     | 25                 | A02 51-4    | 40               |             |          |    |
| 7,7           |                           | 3,25    | 25                 | A02 72-4    | 30               |             |          |    |
| 20            |                           | 2,25    | 23,3               | A02 72-4    | 30               |             |          |    |
| 7,4           |                           | 2,85    | 23,3               | A02 71-4    | 22               |             |          |    |
| 18,5          |                           | 2       | 21,6               | A02 72-4    | 30               |             |          |    |
| 7             |                           | 2,45    | 21,6               | A02 62-4    | 17               |             |          |    |
| 17,5          |                           | 1,65    | 20                 | A02 71-4    | 22               |             |          |    |
| 6,5           |                           | 2,1     | 20                 | A02 62-4    | 17               |             |          |    |
| 16            |                           | 1,4     | 18,3               | A02 62-4    | 17               |             |          |    |
| 6             |                           | 1,75    | 18,3               | A02 61-4    | 13               |             |          |    |
| 14            |                           | 1,15    | 16,6               | A02 61-4    | 13               |             |          |    |

Вентиляторы центробежные искрозащищенного исполнения Ц4-70 и Ц4-76 изготавливают из алюминиевых сплавов, применяют для перемещения газопаровоздушной смеси, не вызывающей коррозии, не содержащей взрывчатых веществ и взрывоопасной пыли, с температурой не более 50<sup>0</sup>С. Сводный график для подбора вентиляторов Ц4-70 и Ц4-76 приведен на рис. 15. В обозначении над линией буква А указывает вентилятор Ц4-70, буква Б - Ц4-76; цифры - номер вентилятора, диаметр колеса в процентах от номинального; после дефиса - тип исполнения. Например, А2,5 100-2 - центробежный вентилятор Ц4-70 N2,5; диаметр рабочего колеса 100% от номинального; исполнение 2.

**Дутьевые вентиляторы.** Технические характеристики дутьевых вентиляторов ВДН приведены в табл. 28. Эти вентиляторы в основном предназначены для подачи воздуха в топку, а также в системы пылеулавливания.

Таблица 28

**Технические характеристики дутьевых вентиляторов ВДН**

| Тип машины | n, с <sup>-1</sup> | Параметры на режиме максимального КПД при t=30 <sup>0</sup> С |        |        |
|------------|--------------------|---|--------|--------|
|            |                    | V, тыс. м <sup>3</sup> /ч                                     | ΔP, Па | N, кВт |
| ВДН-8      | 12,5               | 4,8   | 600    | 1,0    |
|            | 16,6               | 6,3   | 1060   | 2,4    |
|            | 25                 | 9,0   | 2500   | 7,7    |
| ВДН-9      | 12,5               | 7,0   | 760    | 1,8    |
|            | 16,6               | 9,5   | 1320   | 4,3    |
|            | 25                 | 14,0  | 3000   | 13,5   |
| ВДН-10     | 12,5               | 9,5   | 940    | 3,2    |
|            | 16,6               | 13,0  | 1640   | 7,2    |
|            | 25                 | 18,0  | 3800   | 22,3   |
| ВДН-11,2   | 12,5               | 14,0  | 1180   | 5,5    |
|            | 16,6               | 18,0  | 2070   | 12,8   |
|            | 25                 | 25,0  | 4800   | 41     |
| ВДН-12,5   | 12,5               | 18,5  | 1480   | 9,5    |
|            | 16,6               | 25,0  | 2580   | 22     |
|            | 25                 | 35,0  | 6000   | 72     |
| ВДН-15     | 16,6               | 54  | 3200   | 60     |
| ВДН-17     | 16,6               | 60  | 4800   | 90     |

Вентиляторы горячего дутья ВГДН отличаются от вентиляторов ВДН тем, что конструктивные особенности позволяют применять их при температуре газов до 400<sup>0</sup>С. Технические характеристики вентиляторов ВГДН даны в табл. 29.

**Дымососы типа ДН** допускают длительную работу при температуре до 250<sup>0</sup>С. Технические характеристики дымососов даны в табл. 30.

Сводный график характеристик вентиляторов Ц4-70 и Ц4-76

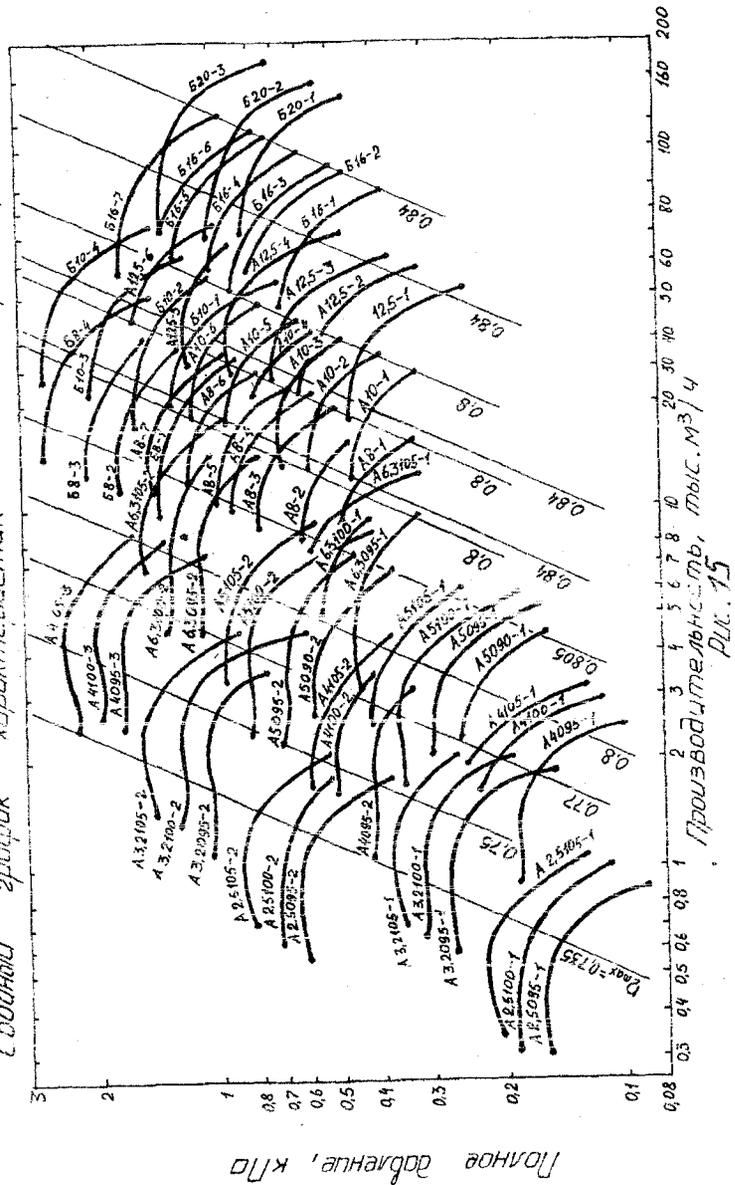


Таблица 29

Технические характеристики дутьевых вентиляторов ВДН и ВД

| Тип машины | n, с <sup>-1</sup> | V, тыс. м <sup>3</sup> /ч | ΔP, Па    | η    | N, кВт  |
|------------|--------------------|---------------------------|-----------|------|---------|
| ВДН-18-П   | 12,5/16,6          | 130/170                   | 2300/3900 | 0,83 | 95/200  |
| ВДН-18-Пу  | 12,5/16,6          | 85/115                    | 2100/3650 | 0,82 | 65/140  |
| ВДН-20-П   | 12,5/16,6          | 175/225                   | 2800/4700 | 0,83 | 160/360 |
| ВДН-20-Пу  | 12,5/16,6          | 125/165                   | 2600/4500 | 0,82 | 110/255 |
| ВДН-22-П   | 9,8/12,6           | 190/210                   | 2100/3300 | 0,85 | 115/230 |
| ВДН-24-П   | 9,8/12,6           | 210/275                   | 2250/3550 | 0,85 | 180/355 |
| ВДН-26-П   | 9,8/12,6           | 280/350                   | 2950/4650 | 0,85 | 260/530 |
| ВДН-28-Пу  | 9,8/12,6           | 240/300                   | 3600/5500 | 0,85 | 350/700 |

Таблица 30

Технические характеристики дымососов и вентиляторов горячего дутья

| Типоразмер машины | n, с <sup>-1</sup> | Параметры на режиме максимального КПД (η = 0,55) |        |        |                  |
|-------------------|--------------------|--|--------|--------|------------------|
|                   |                    | V, тыс. м <sup>3</sup> /ч                        | ΔP, Па | N, кВт | t <sup>0</sup> C |
| Дымососы          |                    |  |        |        |                  |
| ДН-9              | 12,5               | 6,8  | 500    | 1,2    | 200              |
|                   | 16,6               | 9,5  | 850    | 2,7    |                  |
|                   | 25                 | 14,0   | 1900   | 9,1    |                  |
| ДН-10             | 12,5               | 9,3  | 620    | 2,0    | 200              |
|                   | 16,6               | 15,0   | 1050   | 4,3    |                  |
| ДН-11,2           | 12,5               | 13,5   | 770    | 3,5    | 200              |
|                   | 16,6               | 17,6   | 1320   | 8,2    |                  |
| ДН-12,5           | 12,5               | 18,5   | 960    | 6      | 200              |
|                   | 16,6               | 24,2   | 1540   | 14     |                  |
| ДН-15             | 12,5               | 35,0   | 3800   | 45,0   | 200              |
|                   | 16,6               | 59   | 2300   | 40     |                  |
| ДН-17             | 16,6               | 76   | 3000   | 73     | 200              |
| ДН-17             | 12,5               | 57   | 1700   | 31     | 200              |
| ДН-19             | 16,6               | 105  | 4800   | 172    | 100              |
|                   | 12,5               | 79   | 2700   | 72     |                  |
|                   | 10                 | 63   | 1730   | 38     |                  |
| ДН-21             | 16,6               | 144  | 5800   | 276    | 100              |
|                   | 12,5               | 110  | 3300   | 124    |                  |
|                   | 10                 | 90   | 2120   | 65     |                  |
| ДН-22, ДН-22ГМ    | 12,5               | 144  | 3400   | 172    | 100              |
| ДН-24, ДН-24ГМ    | 12,5               | 185  | 4000   | 262    | 100              |
| ДН-26, ДН-26ГМ    | 12,5               | 237  | 4700   | 395    | 100              |
|                   | 10                 | 190  | 3000   | 210    |                  |

| Типоразмер машины              | n, с <sup>-1</sup> | Параметры на режиме максимального КПД ( $\eta = 0,55$ ) |                 |        |                  |
|--------------------------------|--------------------|---|-----------------|--------|------------------|
|                                |                    | V, тыс.м <sup>3</sup> /ч                                | $\Delta P$ , Па | N, кВт | t <sup>o</sup> C |
| ДН-22Х 2-0,62                  | 12,5               | 285   | 3400            | 349    | 100              |
| ДН-22Х 2-0,62ГМ                | 10                 | 230   | 2190            | 183    |                  |
| ДН-24Х 2-0,62                  | 12,5               | 370   | 4000            | 525    | 100              |
| ДН-24Х 2-0,62ГМ                |                    |   |                 |        |                  |
| ДН-26Х 2-0,62                  | 12,5               | 475   | 4700            | 790    | 100              |
| ДН-26Х 2-0,62ГМ                |                    |   |                 |        |                  |
| Вентиляторы горячего дутья     |                    |   |                 |        |                  |
| ВГДН-11,2                      | 25                 | 30  | 1930            | 20     |                  |
| ВГДН-12,5                      | 25                 | 42  | 2400            | 34,2   |                  |
| ВГДН-15                        | 25                 | 68  | 3800            | 85     |                  |
| ВГДН-17                        | 16,6               | 68  | 2100            | 50     | 200              |
| ВГДН-19                        | 16,6               | 106   | 2720            | 98     |                  |
| ВГДН-21                        | 16,6               | 144   | 3320            | 162    |                  |
| Дымососы для агрессивных газов |                    |   |                 |        |                  |
| ДН-11,2НЖ                      | 25                 | 30  | 1930            | 30     |                  |
| ДН-12,5НЖ                      | 25                 | 42  | 2400            | 34,2   |                  |
| ДН-15НЖ                        | 25                 | 68  | 3800            | 85     |                  |
| ДН-17НЖ                        | 16,6               | 68  | 2100            | 50     | 200              |
| ДН-19НЖ                        | 16,6               | 106   | 2720            | 98     |                  |

Газодувки. Турбогазодувки (З. рис. IV-12, IV-13, с.176) по принципу действия не отличаются от центробежных насосов, но вследствие сжатия газа в ряде последовательно соединенных лопастных колес (ступеней) достигают значительно более высоких давлений. Технические характеристики газодувки ланы в табл.31.

Таблица 31

## Технические характеристики газодувок

| Марка       | V, м <sup>3</sup> /с | $\Delta P$ , Па | n, с <sup>-1</sup> | Электродвигатель |        |             |
|-------------|----------------------|-----------------|--------------------|------------------|--------|-------------|
|             |                      |                 |                    | тип              | N, кВт | $\eta_{дв}$ |
| ТВ-25-1,1   | 0,833                | 10 000          | 48,3               | АО2-71-2         | 22     | 0,88        |
| ТВ-100-1,12 | 1,67                 | 12 000          | 48,3               | АО2-81-2         | 40     | -           |
| ТВ-150-1,12 | 2,50                 | 12 000          | 48,3               | АО2-82-2         | 55     | -           |
| ТВ-200-1,12 | 3,33                 | 12 000          | 48,3               | АО2-91-2         | 75     | 0,89        |
| ТВ-250-1,12 | 4,16                 | 12 000          | 49,3               | АО2-92-2         | 100    | 0,91        |
| ТВ-350-1,06 | 5,86                 | 6 000           | 48,3               | АО2-82-2         | 55     | -           |
| ТВ-450-1,08 | 7,50                 | 8 000           | 49,5               | А2 92-2          | 125    | 0,94        |
| ТВ-500-1,08 | 8,33                 | 8 000           | 50,0               | ВАО-315S-2       | 132    | -           |
| ТВ-600-1,1  | 10,0                 | 10 000          | 49,4               | А3-315М-2        | 200    | -           |
| РГН-1200А   | 0,167                | 30 000          | 16,7               | АО2-62-6         | 13     | -           |
| 2А-34       | 0,630                | 80 000          | 25,0               | 4А250-S443       | 75     | -           |
| ТВ-42-1,4   | 1,0                  | 40 000          | 48,3               | АО2-82-2         | 55     | -           |

| Марка       | V, м <sup>3</sup> /с | $\Delta P$ , Па | n, с <sup>-1</sup> | Электродвигатель |        |             |
|-------------|----------------------|-----------------|--------------------|------------------|--------|-------------|
|             |                      |                 |                    | тип              | N, кВт | $\eta_{дв}$ |
| ТВ-50-1,6   | 1,0                  | 60 000          | 49,3               | АО2-92-2         | 100    | -           |
| ТВ-80-1,2   | 1,67                 | 20 000          | 48,3               | АО2-82-2         | 55     | -           |
| ТГ-170-1,1  | 2,86                 | 28 000          | 49,3               | АО2-92-2         | 100    | -           |
| ТГ-300-1,18 | 5,0                  | 18 000          | 50,0               | ВАО-315М-2       | 160    | -           |

## РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

## Требования к выбору электродвигателей

Выбор исполнений и типов электродвигателей зависит от технологических данных, требования привода и характеристик окружающих их сред. Наибольшее применение имеют асинхронные электродвигатели единой серии АО 2. На базе этих электродвигателей изготавливаются электродвигатели единой серии ВАО во взрывозащитном исполнении. По взрывозащите они могут быть в исполнении В1Г, В2Г, В3Г, В1А, В2Б, где В - взрывонепроницаемое; а А, Б, Г, Д - группа взрывоопасной смеси (табл.32).

Таблица 32

| Группа | Температура самовоспламенения смеси, °С |
|--------|---|
| А      | Более 450                               |
| Б      | 300-450                                 |
| Г      | 175-300                                 |
| Д      | 120-175                                 |

Уровень электрозащиты электродвигателей:

2 - повышенной надежности против взрыва;

1 - взрывобезопасное;

0 - особо взрывобезопасное.

Другие обозначения электродвигателей: S - специальный вид взрывозащиты; O - масляное заполнение оболочки; МНГ: М - маслonaполнение исполнение; Н - пыленепроницаемое присоединительное устройство; НОГ: Н - исполнение повышенной надежности против взрыва; O - указывает на отсутствие других взрывозащищенных элементов.

## Расчет мощности, потребляемой электродвигателем насоса

Полезная мощность насоса, кВт:  $N_n = V \Sigma \Delta P / 1000 = V H \rho g / 1000$ . (25)

Мощность электродвигателя, кВт:  $N_d = N_n / \eta_n \eta_{пер}$ . (26)

где  $\eta_n$  - КПД насоса,  $\eta_n = 0,6$  - для центробежных насосов.

$\eta_{пер}$  - КПД передачи,  $\eta_{пер} = 1$  - для центробежных и осевых насосов, т.к. вал электродвигателя непосредственно соединен с валом насоса.

Двигатель к насосу устанавливается большей мощности с запасом на возможные перегрузки:  $N_{уст} = \beta N_d$ . (27)

Коэффициент запаса  $\beta$  берется в зависимости от величины  $N_{тн}$ :

| $N_{тн}$ , кВт | <1    | 1-5     | 5-50     | >50 |
|----------------|-------|---------|----------|-----|
| ...            | 2-1,5 | 1,5-1,2 | 1,2-1,15 | 1,1 |

По установочной мощности  $N_{уст}$  и требованиям к выбору электродвигателям по табл. 16, 17 подбираем электродвигатель к насосу.

## Расчет мощности, потребляемой электродвигателем вентилятора

Мощность электродвигателя, кВт:  $N_3 = V_T \Delta P_{\text{пр}} / 1000 \eta$ ,

где  $\eta = \eta_p \eta_m \eta_r$  - КПД вентилятора и привода;

$\eta_m$  - КПД, учитывающий потери на трение в подшипниках;  $\eta_m = 0,96 - 0,97$ ;

$\eta_r$  - КПД, учитывающий потери в клиноременной передаче;  $\eta_r = 0,9 - 0,95$ ;

$\eta_p$  - КПД вентилятора принимается по характеристике вентилятора.

Установочная мощность электродвигателя:  $N_{\text{уст}} = \beta N_3$

В табл.33 приведена величина коэффициента запаса мощности  $\beta$  в зависимости от расчетной мощности.

Таблица 33

| Тип вентилятора | Коэффициент запаса мощности $\beta$ |         |       |       |         |
|-----------------|-------------------------------------|---------|-------|-------|---------|
|                 | Расчетная мощность, $N_3$ , кВт     |         |       |       |         |
|                 | Менее 0,5                           | 0,5 - 1 | 1 - 2 | 2 - 5 | Более 5 |
| Центробежный    | 1,5                                 | 1,3     | 1,2   | 1,15  | 1,1     |
| Осевой          | 1,2                                 | 1,15    | 1,1   | 1,05  | 1,05    |

По  $N_{\text{уст}}$  и требованиям, изложенным выше, по табл. 27, 31 выбирают электродвигатель и записывают его характеристику.

### Список литературы

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1987. 576 с.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия, 1991. 496 с.
3. Касацкий А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 745 с.
4. Иоффе И.Д. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1991. 352 с.
5. Орлов В.П., Кожевников Н.П. Расчет вентиляции сушильной части бумаго- и картоноделательных машин. Свердловск, 1990. 44 с.
6. Ведерников М.И. Расчет циклов НИИГ аз. Свердловск, 1980. 37 с.
7. Орлов В.П., Кожевников Н.П., Расчет сушилок для сушки измельченной древесины. Свердловск, 1985. 92 с.
8. Справочник химика / Под ред. Никольского Б.Н. Т.5. М.: Химия, 1966. 974 с.

### Содержание

|   |  |
|---|--|
| Трубопроводы и арматура.....                        |  |
| Газоходы, запорные и регулирующие заслонки.....     |  |
| Расчет оптимального диаметра трубопровода.....      |  |
| Компенсация тепловых удлинений.....                 |  |
| Расчет гидравлического сопротивления аппаратов..... |  |
| Выбор насоса.....                                   |  |
| Выбор вентиляторов и дымососов.....                 |  |
| Расчет и выбор электродвигателей.....               |  |
| Список литературы.....                              |  |