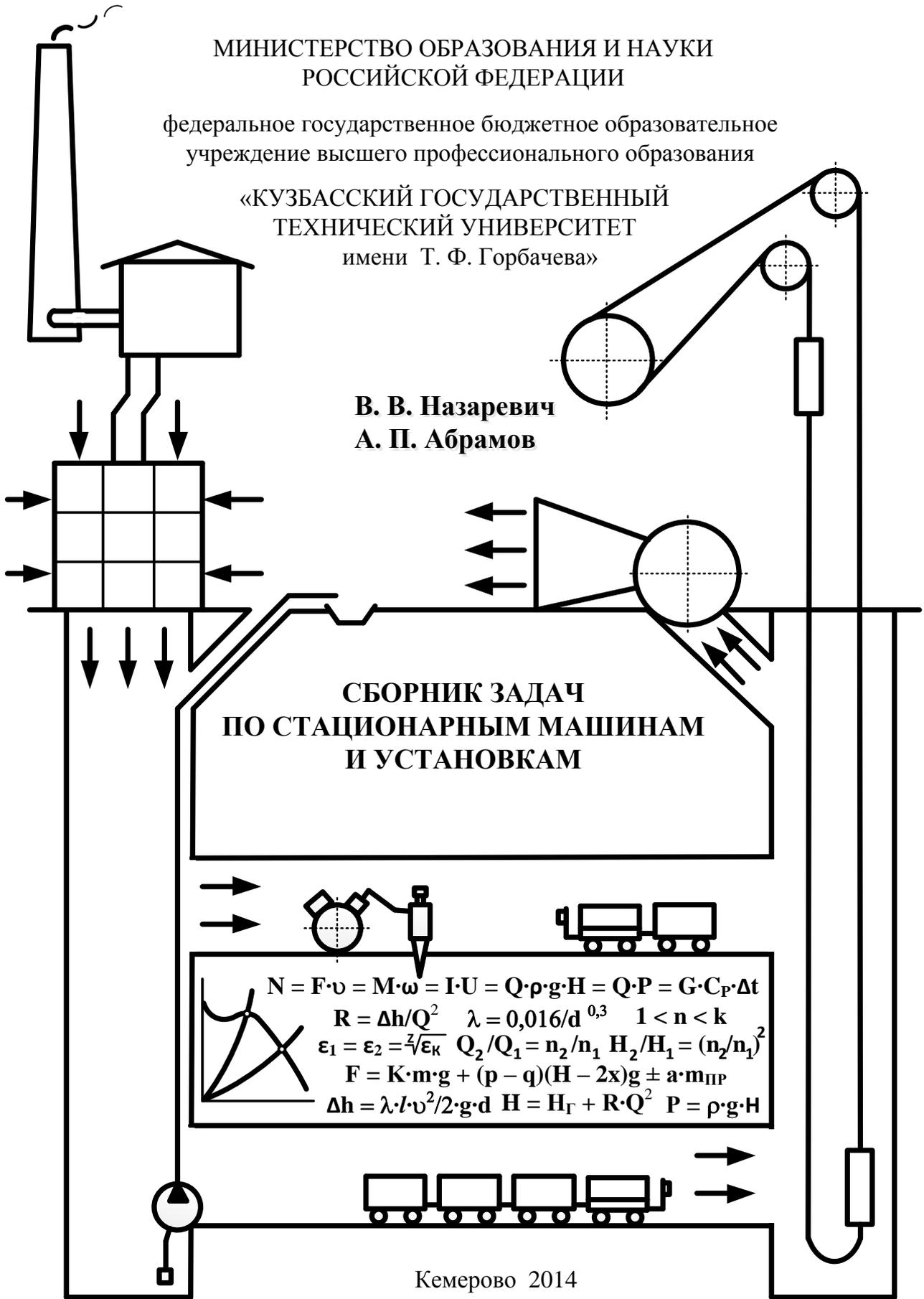


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования

«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени Т. Ф. Горбачева»

В. В. Назаревич  
А. П. Абрамов



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования

«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени Т. Ф. Горбачева»

**В. В. Назаревич**  
**А. П. Абрамов**

**СБОРНИК ЗАДАЧ  
ПО СТАЦИОНАРНЫМ МАШИНАМ  
И УСТАНОВКАМ**

Кемерово 2014

УДК 621.63; 621.65; 621.51; 622.673.1

Рецензенты:

Кафедра прикладной механики ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности»

Главный научный сотрудник Института вычислительных технологий (Кемеровский филиал) СО РАН, профессор, доктор технических наук, действительный член Академии горных наук, почетный профессор Кузбасса А. Б. Логов

Назаревич В. В. Сборник задач по стационарным машинам и установкам / В. В. Назаревич, А. П. Абрамов ; Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2014. – 144 с.  
ISBN 978-5-89070-988-2

Включены задачи по основным разделам дисциплины «Стационарные машины»: общая теория турбомашин, водоотливные, вентиляторные, компрессорные, калориферные и подъемные установки.

Рекомендуется преподавателям вузов для проведения аудиторных практических занятий, для аттестации на экзаменах и зачетах и студентам специальности 130400.65, специализации 130409.65 «Горные машины и оборудование», для закрепления теоретических знаний при самостоятельной работе по дисциплине «Стационарные машины».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева.

УДК 621.63; 621.65; 621.51; 622.673.1

© Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2014

ISBN 978-5-89070-988-2

© Назаревич В. В., Абрамов А. П., 2014

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге помещены задачи, которые направлены на формирование у студентов технических вузов знаний, умений и навыков в области стационарных машин и установок, необходимых для их будущей инженерной деятельности на горных предприятиях и на предприятиях промышленных отраслей производства.

Сборник содержит 496 задач по расчету и выбору машин и элементов, входящих в состав водоотливных, вентиляторных, компрессорных, калориферных и подъемных установок горных предприятий, а также по определению основных параметров этих машин и установок.

Авторы рассчитывают, что эти задачи будут предлагаться студентам для решения во время аудиторных практических занятий, для аттестации на экзаменах и зачетах, а также использоваться студентами всех форм обучения для закрепления теоретических знаний при самостоятельной работе по дисциплинам «Стационарные машины», «Стационарные машины и установки», «Водоснабжение и водоотведение», «Стационарные установки», «Шахтные подъемные установки».

Задачи различны по содержанию и трудности решения и поэтому могут быть использованы на разных этапах изучения дисциплины и обучения студентов.

Все задачи снабжены ответами, а в отдельных случаях краткими пояснениями и рекомендациями для решения.

Это учебное издание является переизданием сборника «Задачи и упражнения по стационарным машинам и установкам», который был подготовлен в 1984 году творческим коллективом кафедры горной механики Кузбасского политехнического института в составе И. С. Фрейдлица, В. В. Назаревича, В. М. Ворончихина и В. Н. Бизенкова.

Авторы и коллектив кафедры горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева с благодарностью и пониманием примут все отзывы и замечания по сборнику задач.

## 1. ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ТУРБОМАШИН

### 1.1. Подобие турбомашин

1. Определить коэффициент производительности рабочего колеса насоса диаметром 0,5 м, если оно вращается с частотой 2975 об/мин.

2. Определить коэффициент напора центробежного рабочего колеса диаметром 0,5 м, если его частота вращения 2975 об/мин.

3. Определить коэффициент мощности центробежного рабочего колеса диаметром 0,5 м, если его вращать с частотой 2975 об/мин, а плотность жидкости  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

4. Определить удельную быстроходность центробежного рабочего колеса диаметром 0,5 м, если оно вращается с частотой 2975 об/мин и транспортирует воду плотностью  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

5. Как изменится удельная быстроходность центробежного рабочего колеса диаметром 0,5 м при частоте его вращения 2975 об/мин, если плотность жидкости изменится с  $1000 \text{ кг/м}^3$  до  $1,2 \text{ кг/м}^3$  (вязкость жидкости остается неизменной).

6. На типовой напорно-расходной характеристике серии подобных турбомашин имеется точка с коэффициентом производительности 0,2 и коэффициентом напора 0,1. Определить координаты данной точки на индивидуальной напорно-расходной характеристике некоторой турбомашины из этой серии, если радиус рабочего колеса 2 м, частота вращения  $9,8 \text{ с}^{-1}$ , плотность рабочего тела  $1,22 \text{ кг/м}^3$ .

7. Область использования серии подобных вентиляторов на типовой напорно-расходной характеристике ограничена значениями коэффициента производительности от 0,1 до 0,4. Установить границы области промышленного использования для вентилятора с радиусом рабочего колеса 2 м и частотой вращения  $9,8 \text{ с}^{-1}$ .

8. При создании серии подобных вентиляторов изготовлена базовая машина с радиусом рабочего колеса 0,42 м, частотой вращения  $49 \text{ с}^{-1}$ . Испытания вентилятора с этим колесом произвели при плотности воздуха  $1,22 \text{ кг/м}^3$ . Его напорно-расходная характеристика приведена на рис. 1. Рассчитать и построить типовую (безразмерную) напорно-расходную характеристику серии вентиляторов.

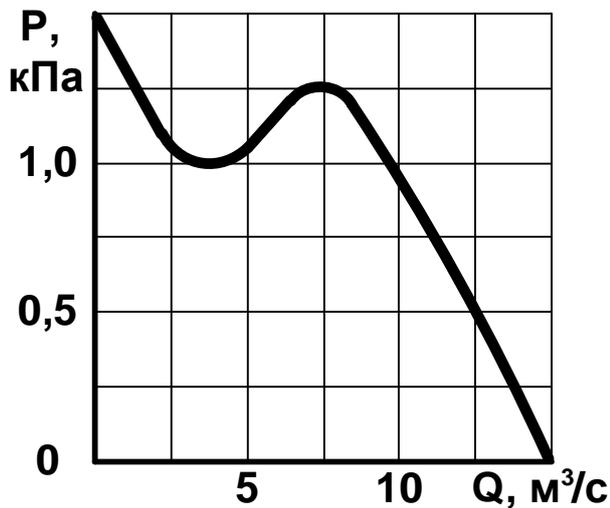


Рис. 1

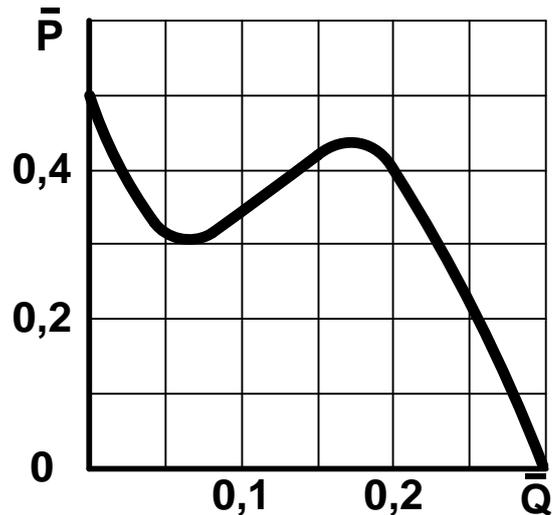


Рис. 2

9. В соответствии с типовой напорно-расходной характеристикой серии подобных турбомашин, приведенной на рис. 2, рассчитать индивидуальную напорно-расходную характеристику машины с радиусом рабочего колеса 2,0 м и частотой вращения  $8,1 \text{ с}^{-1}$  для газа с плотностью  $1,22 \text{ кг/м}^3$ .

10. Центробежный насос подает воду в горизонтальный трубопровод (с напорно-расходной характеристикой – параболой вида  $y = a \cdot x^2$ ). Как изменится режим работы насоса при увеличении частоты вращения двигателя в 2 раза?

11. Центробежный вентилятор работает с производительностью  $90 \text{ м}^3/\text{с}$  и статическим давлением 2,30 кПа на внешнюю сеть без естественной тяги. Как должна быть изменена мощность двигателя вентилятора при увеличении частоты вращения последнего на 20 %? Статический коэффициент полезного действия вентилятора 0,62 принять неизменным.

12. При регулировании режима работы вентилятора изменением частоты вращения производительность его увеличилась в 1,5 раза. Как изменилось давление и мощность вентилятора (естественную тягу во внешней сети не учитывать)?

13. Центробежный насос ЦНС-850 с 4 колесами включен во внешнюю сеть с геометрической высотой подачи воды 400 м. При полном напряжении в электрической сети производительность насоса  $800 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Оценить работу насоса при падении напряжения в сети на 10 %.

14. На рис. 3 приведена напорно-расходная характеристика центробежного вентилятора для частоты вращения  $12,5 \text{ с}^{-1}$ . Построить индивидуальные характеристики вентилятора для частоты вращения  $8,3 \text{ с}^{-1}$  и  $16,6 \text{ с}^{-1}$ .

15. Центробежный вентилятор с напорно-расходной характеристикой  $P = 80 - 0,5 \cdot Q - 0,010 \cdot Q^2$  включен в сеть с напорно-расходной характеристикой  $P = 0,029 \cdot Q^2$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ; даПа). Каким станет режим работы вентилятора при увеличении частоты вращения рабочего колеса с  $10 \text{ с}^{-1}$  до  $12,5 \text{ с}^{-1}$ ?

16. На рис. 4 представлена напорно-расходная характеристика модельной турбомашины, у которой частота вращения рабочего колеса равна  $1000 \text{ об/мин}$ , диаметр –  $1 \text{ м}$ . Машина испытывалась на воде с плотностью  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Рассчитать и построить напорно-расходные характеристики: а – для частот вращения  $12,5 \text{ с}^{-1}$  и  $25 \text{ с}^{-1}$ ; б – для диаметров рабочего колеса  $0,5 \text{ м}$  и  $2 \text{ м}$ ; в – для плотности текущего  $500 \text{ кг/м}^3$  и  $2000 \text{ кг/м}^3$ .

Принять во внимание, что при изменении диаметра рабочего колеса подобие турбомашин сохраняется.

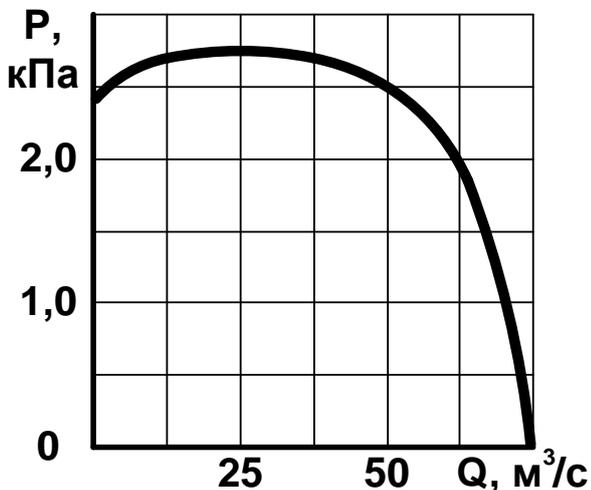


Рис. 3

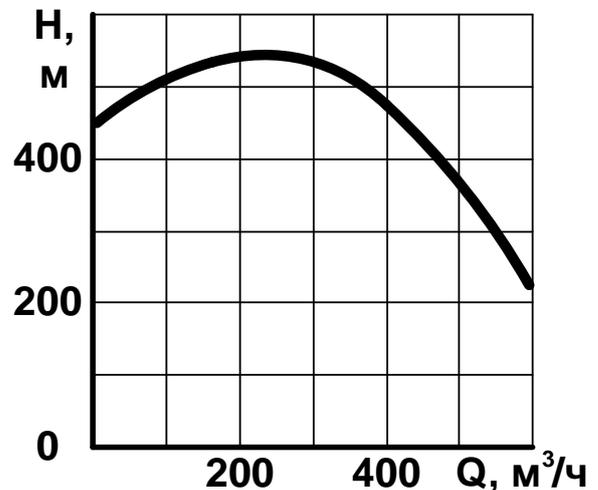


Рис. 4

17. Вентилятор ВОД-30М2 ( $600 \text{ об/мин}$ ) проветривает шахту нагнетательным способом. Зимой плотность воздуха, проходящего через вентилятор, может возрасти на  $20 \%$ . Определить, как изменятся при этом режим работы вентилятора и мощность двигателя, если летом производительность вентилятора составила  $150 \text{ м}^3/\text{с}$ , давление –  $2,3 \text{ кПа}$ , КПД –  $0,72$ . Естественная тяга практически отсутствует.

18. На рис. 5 приведена зависимость мощности турбомашины от производительности при частоте вращения  $12,5 \text{ с}^{-1}$ . Рассчитать и построить кривые мощности для частот вращения  $16,6 \text{ с}^{-1}$  и  $10 \text{ с}^{-1}$ .

19. На рис. 6 дана напорно-расходная характеристика турбомашины. Рассчитать и построить напорно-расходные характеристики для случаев повышения и уменьшения плотности жидкости в 1,5 раза.

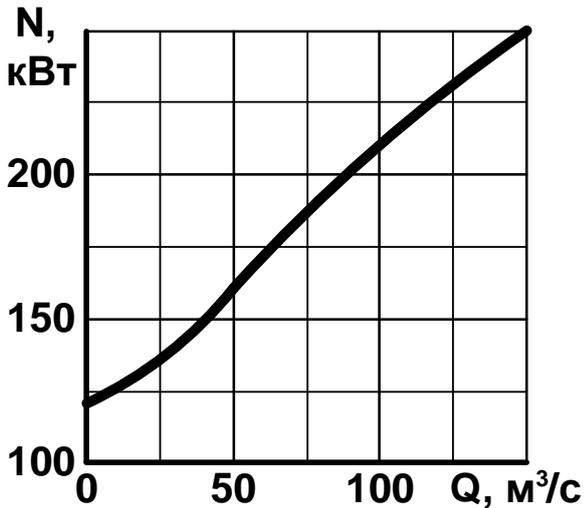


Рис. 5

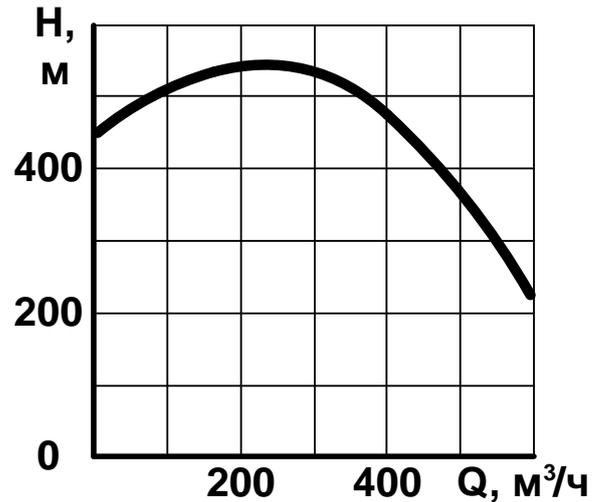


Рис. 6

20. Вентилятор ВЦД-47,5УМ включен в вентиляционную сеть с эквивалентным отверстием площадью  $7,1 \text{ м}^2$  и положительной естественной тягой  $1,0 \text{ кПа}$ . Лопатки направляющего аппарата установлены к оси рабочего колеса под углом  $0^\circ$ . Определить производительность, давление и мощность вентилятора при частотах вращения  $5,4 \text{ с}^{-1}$  и  $8,1 \text{ с}^{-1}$ .

21. Вентилятор ВЦД-31,5М2 без естественной тяги работает при частоте вращения  $600 \text{ об/мин}$  с максимальным КПД. Определить рабочие параметры установки при снижении напряжения в электрической сети на  $10 \%$  и отрицательной естественной тяге  $1,0 \text{ кПа}$ .

22. Вентилятор ВЦД-31,5М2 работает на сеть по условиям задачи 21. Определить расход воздуха при остановке вентилятора и наличии положительной естественной тяги  $1,0 \text{ кПа}$ .

23. Вентилятор ВЦД-31,5М2 работает на сеть по условиям задачи 21. Определить расход воздуха при остановке вентилятора, если величина отрицательной естественной тяги  $0,5 \text{ кПа}$ .

## 1.2. Общая напорно-расходная характеристика совместно работающих турбомашин

24. Даны 2 насоса с напорно-расходными характеристиками, приведенными на рис. 7. Изобразить схемы включения насосов и построить суммарную характеристику при последовательном и параллельном включении на общий трубопровод, если они установлены рядом друг с другом.

25. Даны 2 насоса с напорно-расходными характеристиками, приведенными на рис. 8. Изобразить схемы соединения и построить общие характеристики этих насосов при последовательном и параллельном включении на общую внешнюю сеть, если насос с большим напором значительно удален от начального сечения общей сети и имеет индивидуальный трубопровод с характеристикой – см. на рис. 9.

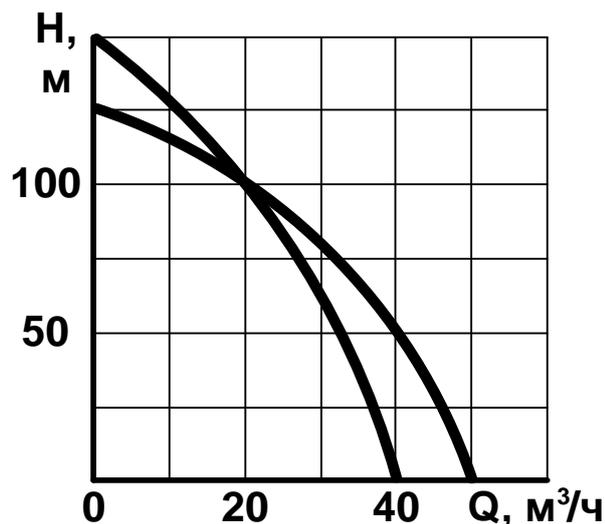


Рис. 7

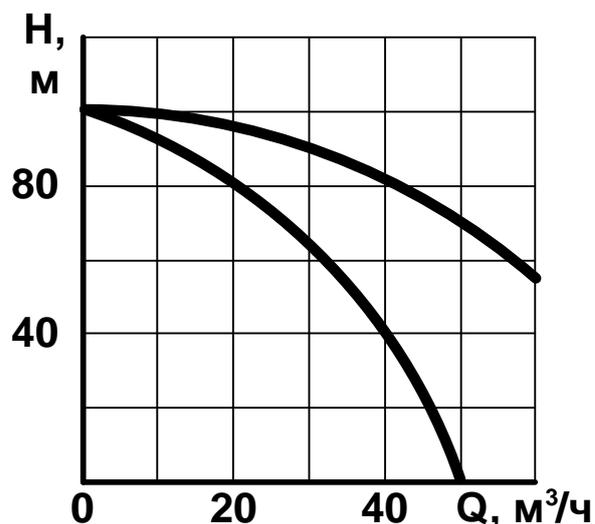


Рис. 8

26. Напорно-расходная характеристика насоса задана массивом  $Q/H$ : 0/475; 100/520; 200/530; 300/520; 400/470; 500/380; 600/230. Изобразить схемы включения и построить общие напорно-расходные характеристики двух насосов при последовательном и параллельном их включении на общий трубопровод, если они установлены рядом.

27. Напорно-расходная характеристика одного насоса задана массивом  $Q/H$ : 0/475; 100/520; 200/530; 300/520; 400/470; 500/380; 600/230. Характеристика второго насоса задана уравнением  $H = 500 + 0,585 \cdot Q - 0,00155 \cdot Q^2$ . Построить совместную характеристику этих насосов, включенных последовательно.

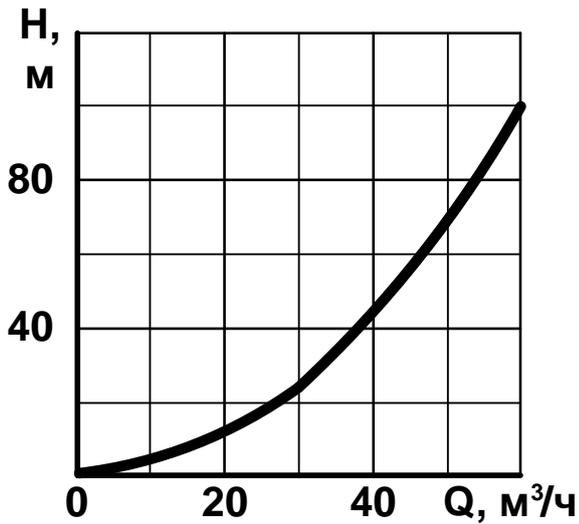


Рис. 9

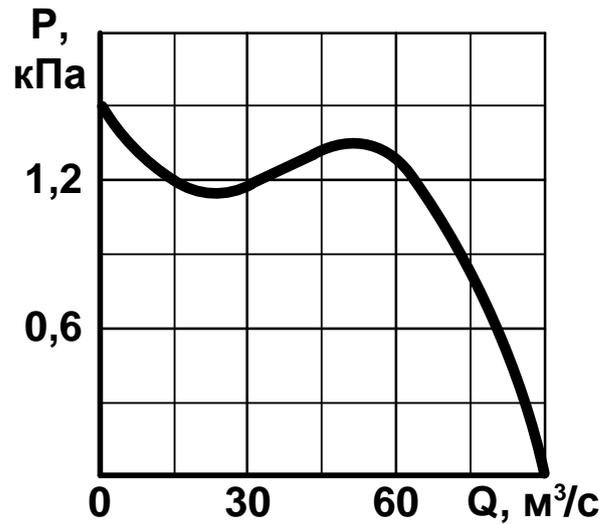


Рис. 10

28. На рис. 10 дана общая напорно-расходная характеристика одинаковых турбомашин, соединенных последовательно. Построить напорно-расходные характеристики каждой из этих машин.

29. На рис. 11 приведена общая напорно-расходная характеристика двух одинаковых турбомашин, соединенных параллельно. Построить напорно-расходные характеристики каждой из этих машин.

30. Путем совместного включения турбомашин необходимо получить общую напорно-расходную характеристику, показанную на рис. 12. Построить напорно-расходные характеристики турбомашин, обеспечивающих выполнение поставленной задачи при включении:  
а – последовательно; б – параллельно.

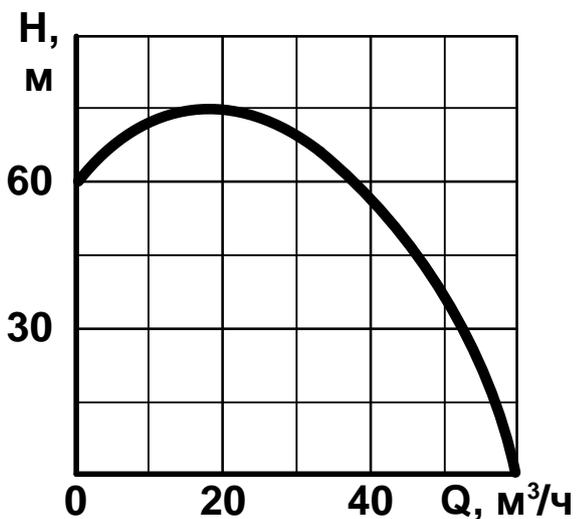


Рис. 11

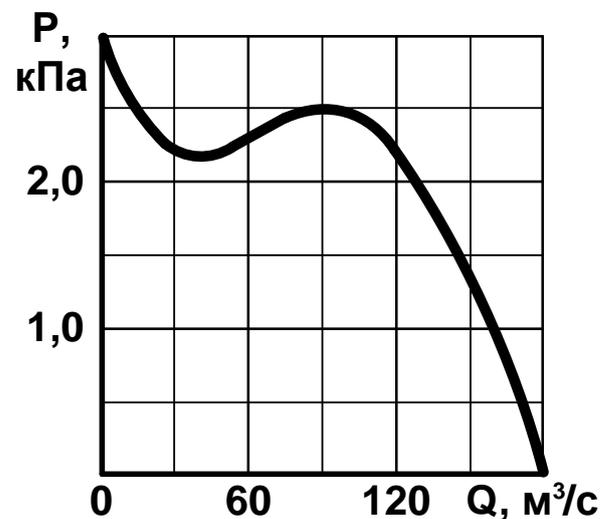


Рис. 12

### 1.3. Внешняя сеть

31. Внешняя сеть вентилятора состоит из двух последовательно соединенных участков. Построить характеристики внешней сети и ее участков, если постоянные, характеризующие сопротивления этих участков, равны  $0,06 \text{ Нс}^2 \text{ м}^{-8}$  и  $0,03 \text{ Нс}^2 \text{ м}^{-8}$ , и определить постоянную, характеризующую сопротивление внешней сети, двумя способами.

32. Внешняя сеть вентилятора состоит из двух параллельно соединенных ветвей. Построить напорно-расходные характеристики внешней сети и ее ветвей, если постоянные, характеризующие сопротивление ветвей, равны  $0,240 \text{ Н}\cdot\text{с}^2 \text{ м}^{-8}$  и  $0,360 \text{ Н}\cdot\text{с}^2 \text{ м}^{-8}$ . Определить также двумя способами постоянную, которая характеризует сопротивление внешней сети.

33. На рис. 13 даны напорно-расходные характеристики трубопроводов. Построить напорно-расходную характеристику внешней сети насоса, если трубопроводы соединены параллельно. Задачу решить графическим и расчетным методами.

34. По общей характеристике сети по условиям задачи 31 оценить соответствие нормам потери напора в трубопроводах при производительности установки  $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

35. Вентилятор нагнетает воздух в ствол шахты, а часть его выталкивается сразу в атмосферу через неплотности. Напорно-расходные характеристики шахтной сети и сети утечек воздуха приведены на рис. 14. Построить характеристику внешней сети вентилятора.

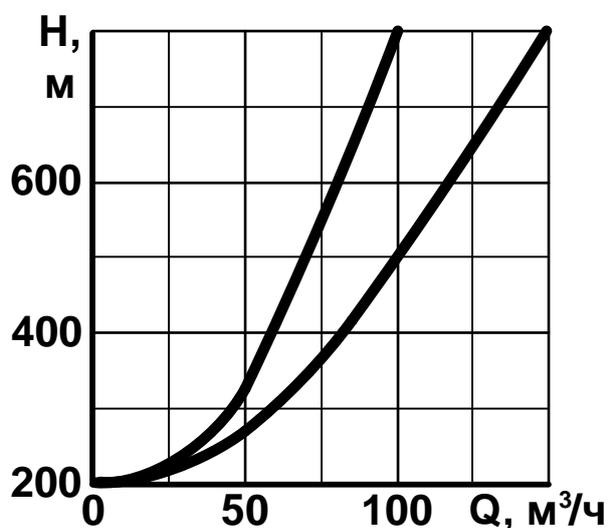


Рис. 13

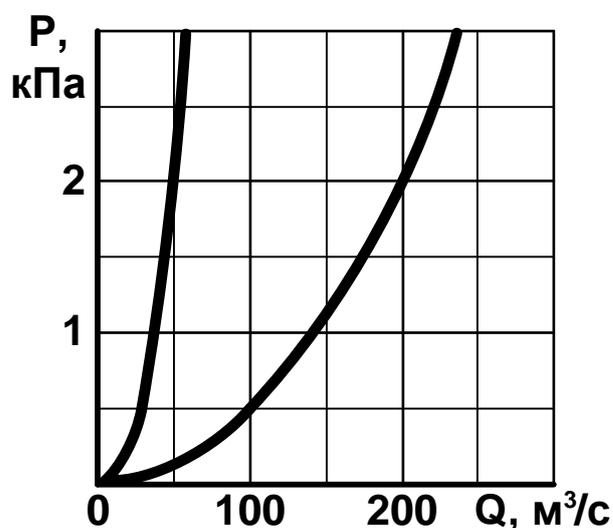


Рис. 14

36. На рис. 13 даны напорно-расходные характеристики двух трубопроводов. В установку добавили еще один трубопровод меньшего сечения. Построить напорно-расходную характеристику внешней сети насоса, если все трубопроводы соединены параллельно.

37. На рис. 13 даны напорно-расходные характеристики двух трубопроводов. Трубопровод меньшего сечения заменили новым с диаметром в 2 раза большим. Построить характеристику внешней сети насоса, если трубопроводы соединены параллельно.

38. Установка главного проветривания шахты состоит из рабочего и резервного вентиляторов, воздухопроводов и переключающих устройств. На рис. 15 приведены напорно-расходные характеристики вентилятора, всасывающего воздуховода и воздуховода резервного вентилятора, через который имеет место рециркуляция всасываемого шахтного воздуха. Построить напорно-расходную характеристику вентиляционной установки.

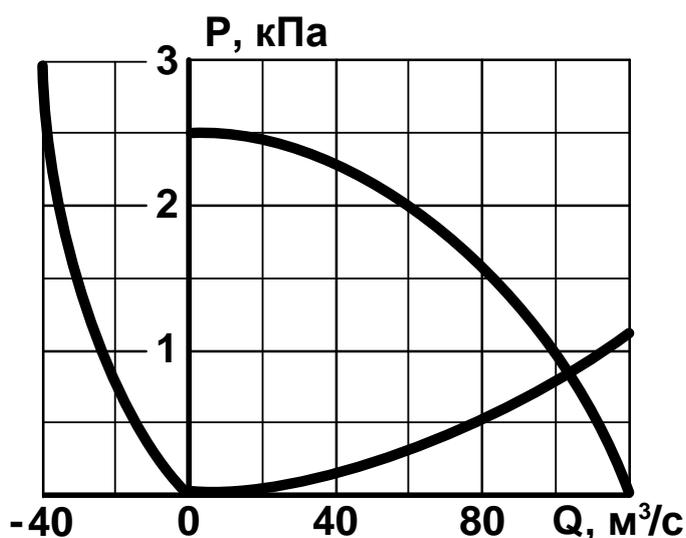


Рис. 15

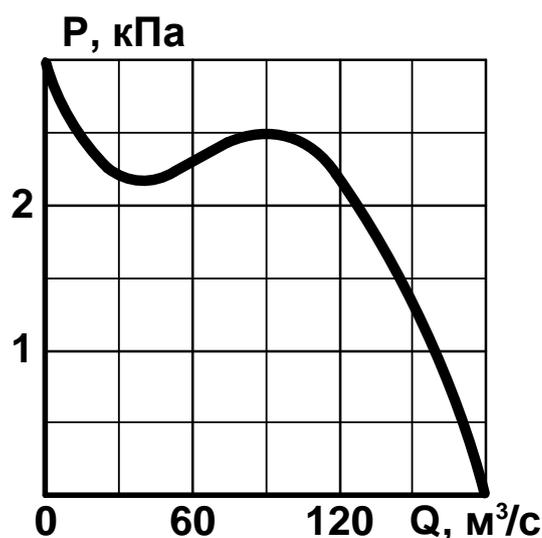


Рис. 16

39. Вентилятор имеет характеристику (рис. 16) и работает с противодавлением  $0,50$  кПа и производительностью  $150$   $m^3/c$ . Записать уравнение и построить характеристику внешней сети.

40. При откачке шахтной воды по трубопроводу с расходом  $100$   $m^3/ч$  и геометрической высотой подачи  $300$  м насос развивает напор  $330$  м. Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику трубопровода.

41. Нарисовать схему установки, записать уравнение и построить напорно-расходную характеристику трубопровода насоса, который установлен с нулевой высотой всасывания, если при остановленном насосе манометр показывает давление 1,58 МПа, а при работе с производительностью  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  показания манометра и вакуумметра соответственно составили 1,84 МПа, 0,04 МПа.

42. Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику трубопровода шахтной водоотливной установки, если геометрическая высота подачи насоса равна 400 м, а постоянная, характеризующая сопротивление трубопровода, составляет  $0,001 \text{ ч}^2 \text{ м}^{-5}$ .

43. Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику водоотливного трубопровода, если потеря напора в нем при расходе  $200 \text{ м}^3/\text{ч}$  составляет 40 м. Геометрическая высота подачи насоса равна 300 м.

44. Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику внешней сети насоса, если геометрическая высота нагнетания и всасывания равны 245 м и 5 м, а постоянная, которая характеризует сопротивление внешней сети, составляет  $0,005 \text{ ч}^2 \text{ м}^{-5}$ .

45. Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику трубопровода водоотливной установки, если расстояние между горизонтальными осями насоса и сливного отверстия трубопровода 385 м, при этом ось насоса расположена ниже уровня воды в водосборнике на 25 м. Постоянная трубопровода, которая характеризует его сопротивление, равна  $0,002 \text{ ч}^2 \text{ м}^{-5}$ .

46. Насос откачивает воду из небольшого углубления в почве горизонтального штрека на расстояние 400 м. Производительность насоса  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ , внутренний диаметр трубопровода 70 мм, сумма коэффициентов местных сопротивлений равна 12,4. Составить уравнение характеристики трубопровода, определить напор насоса.

47. Вентилятор проветривает шахту глубиной 600 м, плотность воздуха в вентиляционном стволе равна  $1,24 \text{ кг}/\text{м}^3$ , а в скиповом –  $1,20 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Постоянная, характеризующая сопротивление внешней сети, составляет  $0,3 \text{ Н}^8 \text{ с}^2$ . Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику внешней сети.

48. Изобразить схему скважной насосной установки, составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику ее трубопровода по следующим данным: глубина скважины 120 м; насос находится на дне скважины, при этом столб воды в скважине составляет 20 м; внутренний диаметр трубопровода 150 мм; длина горизонтального участка трубопровода на поверхности земли 1000 м; коэффициенты местного сопротивления: колено  $90^\circ$  – 0,6; приемной сетки с клапаном – 7,0; задвижки – 0,3. Коэффициент линейного сопротивления трубопровода – 0,03 (каждый вид местного сопротивления используется один раз).

49. Вентилятор проветривает шахту с глубиной вентиляционного горизонта 1000 м. Воздух поступает по центральному стволу, имея плотность  $1,22 \text{ кг/м}^3$ , и выходит из шахты по фланговому стволу с плотностью  $1,02 \text{ кг/м}^3$ . При производительности  $200 \text{ м}^3/\text{с}$  вентилятор работает с давлением 4,0 кПа. Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику внешней сети.

50. Шахта проветривается одним вентилятором, производительность и давление которого составляют  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  и 1,50 кПа. При остановке вентилятора воздух начинает двигаться в противоположном направлении, создавая давление в канале вентилятора 0,50 кПа. Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику внешней сети.

51. Вентилятор работал на герметичную вентиляционную сеть шахты с производительностью  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  и давлением 2,10 кПа. Когда параллельно включили еще один вентилятор, то расход в этой сети стал  $160 \text{ м}^3/\text{с}$ , а давление 5,22 кПа. Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику внешней сети, при которой возможны указанные режимы работы вентиляторов.

52. Насос поднимал воду на 320 м с производительностью  $300 \text{ м}^3/\text{ч}$  и потерями напора в новом трубопроводе на трение 18 м. При длительной эксплуатации сопротивление трубопровода повысилось. Величина постоянной, характеризующей сопротивление трубопровода, изменилась на 80 %. Составить уравнение и построить напорно-расходные характеристики внешней сети насоса для нового трубопровода и трубопровода, находившегося в длительной эксплуатации.

53. Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику внешней сети вентилятора главного проветривания, если эквивалентное отверстие проветриваемой им угольной шахты имеет площадь  $2,17 \text{ м}^2$ .

54. Вентилятор расположен на клетевом стволе и проветривает 2 крыла шахты с эквивалентными отверстиями  $1,8 \text{ м}^2$  и  $1,6 \text{ м}^2$ . Составить уравнение и построить напорно-расходную характеристику внешней сети вентилятора.

55. По условиям задачи 49 определить расход воздуха через выработки шахты, если произойдет аварийное отключение трансформатора, питающего рабочий и резервный вентилятор установки главного проветривания.

56. По условиям задачи 50 определить площадь эквивалентного отверстия шахты и расход воздуха через горные выработки при аварийном отключении районной подстанции, питающей рабочий и резервный вентилятор установки главного проветривания.

57. Шахта вскрыта вертикальным вентиляционным стволом высотой 500 м и наклонным грузовым стволом длиной 1200 м (до отметки рабочего горизонта). Площадь эквивалентного отверстия шахты  $2,10 \text{ м}^2$ . Записать уравнение внешней сети вентилятора главного проветривания шахты при отсутствии естественной тяги.

58. По условиям задачи 57 записать уравнение внешней сети вентилятора главного проветривания шахты, если температура воздуха в устье вентиляционного ствола  $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ , а температура шахтного воздуха в наклонном стволе  $+14 \text{ }^\circ\text{C}$ .

59. По условиям задачи 57 записать уравнение внешней сети вентилятора главного проветривания шахты, если температура воздуха в устье вентиляционного ствола  $+45 \text{ }^\circ\text{C}$ , а температура воздуха в наклонном стволе шахты  $+14 \text{ }^\circ\text{C}$ .

60. По условиям задач 58 и 59 определить разность давлений при работе вентилятора главного проветривания шахты с производительностью  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  в зимний и летний период при указанных температурах воздуха. Коэффициент полезного действия вентилятора принять постоянным.

#### 1.4. Режим работы турбомашин

61. Определить режим работы 6-ступенчатого центробежного насоса типа ЦНС 180-500...900 (при 2950 об/мин), откачивающего воду из шахты глубиной 500 м по трубопроводу с коэффициентом гидродинамического сопротивления  $0,0015 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ . Высота всасывания насоса составляет  $-10 \text{ м}$  (отрицательная).

62. Определить режим работы 8-ступенчатого центробежного насоса ЦНС 850-240...1440, если характеристика трубопровода такова, что при расходе  $700 \text{ м}^3/\text{ч}$  потери напора в нем  $200 \text{ м}$ . При этом вертикальное расстояние от зеркала воды в водосборнике до центра сливного отверстия нагнетательного трубопровода составляет  $800 \text{ м}$ .

63. Какой напор насоса, работающего на горизонтальный трубопровод с нулевой высотой всасывания, если его производительность составляет  $120 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а постоянная трубопровода равна  $0,03 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ ?

64. Определить мощность на валу 5-ступенчатого центробежного насоса ЦНСК 500-160...800, поднимающего воду на высоту  $400 \text{ м}$  по трубопроводу с постоянной, характеризующей сопротивление внешней сети,  $28 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ . Задачу решить графическим и аналитическим способами. Плотность воды принять равной  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

65. Определить полезную мощность и мощность на валу 5-ступенчатого насоса ЦНС 180-500..900, работающего с производительностью  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Задачу решить графическим и аналитическим способами. Плотность воды принять равной  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

66. Насос ЦНС 300-780...1300, имеющий 8 рабочих колес, развивает производительность  $350 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Потеря напора в трубопроводе составляет  $10 \%$  от манометрического напора насоса. Определить высоту подъема воды.

67. Насос ЦНС 300-700...1000 с 8-ю ступенями при откачке воды развивает подачу на  $20 \%$  выше номинальной. Определить мощность и КПД насоса, указать частоту вращения двигателя.

68. Центробежный насос ЦНСК 500-160...800 с 5-ю рабочими колесами предполагают включить во внешнюю сеть с высотой подачи  $430 \text{ м}$  и постоянной, характеризующей ее сопротивление,  $0,000041 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ . Будет ли обеспечиваться устойчивая работа насоса?

69. Определить режим работы вентилятора главного проветривания ВЦ-25М с частотой вращения рабочего колеса  $12,5 \text{ с}^{-1}$  и углом поворота лопаток направляющего аппарата  $20^\circ$  на вентиляционную сеть шахты с эквивалентным отверстием  $1,19 \text{ м}^2$ .

70. Определить режим работы осевого вентилятора ВОД-30М2 при проветривании шахты, если лопатки рабочих колес установлены с углом  $30^\circ$ , их частота вращения  $10 \text{ с}^{-1}$ , а сеть имеет постоянную, характеризующую ее сопротивление, равную  $5,8 \cdot 10^{-2} \text{ Н м}^{-8} \cdot \text{с}^2$ .

71. Как изменится мощность на валу вентилятора по условиям задачи 70, если при переводе установки в режим экстренного проветривания лопатки рабочих колес установили с углом  $40^\circ$ ?

72. Для вентилятора ВОД-50 при  $5 \text{ с}^{-1}$  в области промышленного использования определить максимальную и минимальную производительности и соответствующие им эквивалентные отверстия шахты.

73. Вентилятор ВШЦ-16 при частоте вращения ротора  $16,33 \text{ с}^{-1}$  работает на естественной характеристике с КПД 0,80. Каким станет режим работы этого вентилятора с появлением в шахте встречной естественной тяги  $0,50 \text{ кПа}$ ? Углы установки лопаток направляющего аппарата вентилятора остаются без изменения.

74. Определить режим работы вентилятора ВОД-50 при угле установки лопастей  $30^\circ$ , если постоянная, характеризующая сопротивление внешней сети, равна  $11,25 \cdot 10^{-3} \text{ Н}^{-8} \cdot \text{с}^2$ , а естественная тяга в шахте составляет  $0,40 \text{ кПа}$  и направлена в сторону движения вентиляционной струи.

75. Оценить эффективность применения вентилятора ВОД-30М2 и ВОД-40М для подачи в шахту  $200 \text{ м}^3/\text{с}$  воздуха с давлением  $2,0 \text{ кПа}$  по КПД и мощности (частота вращения ротора ВОД-30М2  $600 \text{ об/мин}$ , а ВОД-40М –  $375 \text{ об/мин}$ ).

76. Вентилятор ВЦ-25М при частоте вращения  $12,5 \text{ с}^{-1}$  работает с параметрами: производительность  $3600 \text{ м}^3/\text{мин}$ , давление  $3,60 \text{ кПа}$ , КПД 0,83. Какими станут параметры рабочего режима вентилятора, если за период эксплуатации шахты эквивалентное отверстие вентиляционной сети уменьшится на  $40 \%$  (угол установки лопастей направляющего аппарата остается без изменения)?

77. Определить параметры рабочего режима вентилятора ВОД-18 с углами установки лопаток первого колеса  $35^\circ$ , а второго –  $30^\circ$  при подключении его к сети с эквивалентным отверстием 1,74 м.

78. Определить минимальные и максимальные значения производительности и давления вентилятора ВЦ-32 при частоте вращения  $10 \text{ с}^{-1}$  на границе области промышленного использования (искомые параметры могут не являться координатами рабочих точек вентилятора).

79. Определить минимальные и максимальные производительности и давления вентилятора ВОД-50 на границе зоны устойчивой работы (искомые параметры могут не являться координатами рабочих точек вентилятора).

80. Для вентилятора ВОД-50 определить площадь эквивалентного отверстия шахты, гарантирующую его работу в наиболее экономичном режиме.

81. Для вентилятора ВОД-50 следует определить диапазон изменения площади эквивалентного отверстия угольной шахты, который гарантирует длительную эксплуатацию вентилятора с КПД не менее 80 %.

82. Оценить возможность работы вентилятора главного проветривания шахты ВОД-50 с производительностью  $360 \text{ м}^3/\text{с}$  и давлением 3,5 кПа.

83. Оценить возможность работы вентилятора главного проветривания шахты ВОД-50 с производительностью  $360 \text{ м}^3/\text{с}$  и давлением 0,8 кПа.

84. Оценить возможность работы вентилятора главного проветривания шахты ВОД-50 с производительностью  $80 \text{ м}^3/\text{с}$  и давлением 2,42 кПа.

85. Оценить возможность работы вентилятора главного проветривания шахты ВОД-50 с производительностью  $360 \text{ м}^3/\text{с}$  в номинальном режиме и  $420 \text{ м}^3/\text{с}$  в экстренном режиме в диапазоне изменения площади эквивалентного отверстия угольной шахты по условиям задачи 81.

### **1.5. Совместное включение турбомашин на общую сеть**

86. По какой схеме следует подключать вентиляторы ВОД-30 и ВОД-40 в установке главного проветривания 2-крылой угольной шахты I категории по метану при нагнетательном способе проветривания с подачей атмосферного воздуха через центральный ствол?

87. Оценить возможность применения для проветривания 2-крылой угольной шахты II категории по метану при всасывающем способе проветривания и диагональной схеме проветривания с подачей атмосферного воздуха через центральный ствол вентиляторов ВОД-30М2 и ВОД-40.

88. Оценить возможность установки на одном из флангов 2-крылой угольной шахты II категории по метану при всасывающем способе проветривания рабочего вентилятора ВОД-40 и резервного вентилятора ВОД-30М2.

89. Оценить возможность установки на одном из флангов 2-крылой угольной шахты II категории по метану при всасывающем способе проветривания рабочего вентилятора ВОД-30 и резервного вентилятора ВОД-30М2.

90. Оценить возможность установки на одном из флангов 2-крылой угольной шахты II категории по метану при всасывающем способе проветривания рабочего вентилятора ВОД-30 и резервного вентилятора ВЦД-32.

91. В какой последовательности на одной насосной станции следует устанавливать насосы К 90/20 и К90/85 и по какой схеме их следует подключать к общему трубопроводу, если необходимо поднимать воду на 90 м?

92. В какой последовательности на одной насосной станции следует устанавливать насосы К 20/30 и К 160/30 и по какой схеме их следует подключать к общему трубопроводу, если необходимо поднимать воду на 50 м?

93. По какой схеме на одной насосной станции следует подключать к общему трубопроводу насосы К 20/30 и К 160/30 (они расположены рядом), если необходимо поднимать воду на 25 м?

## 2. ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

### 2.1. Совместная работа вентиляторов на общую сеть

94. Два вентилятора ВЦ-25М с частотой вращения  $12,5 \text{ с}^{-1}$  соединены параллельно. Угол установки лопаток направляющих аппаратов  $20^\circ$ . Эквивалентное отверстие шахтной вентиляционной сети  $4,35 \text{ м}^2$ . Определить режим работы и КПД вентиляторов.

95. В подготовительную выработку необходимо подать воздуха не менее  $6,7 \text{ м}^3/\text{с}$  по вентиляционному трубопроводу. Постоянная, характеризующая сопротивление трубопровода, составляет  $167,4 \text{ Нс}^2\text{м}^{-8}$ . Сколько вентиляторов ВМ-6М и как эффективно их соединить, чтобы полностью обеспечить забой воздухом (характеристики вентиляторов ВМ-6М взять при установке закрылков лопаток направляющего аппарата на  $45^\circ$  против вращения рабочего колеса)? Как будет изменяться количество поступающего в забой воздуха при числе соединенных машин, меньшем требуемого?

96. Сколько вентиляторов ВЦ-7 потребуется и как их следует соединить для подачи в подготовительный забой воздуха  $16 \text{ м}^3/\text{с}$ ? Постоянная, характеризующая сопротивление трубопровода, равна  $23,44 \text{ Нс}^2\text{м}^{-8}$ . Характеристики вентиляторов взять при повороте закрылков лопаток по направлению вращения рабочего колеса на угол  $15^\circ$ .

97. Два вентилятора ВОД-30М2 установлены на фланговых стволах угольной шахты. Вентиляционная сеть шахты имеет общую гидродинамическую постоянную  $0,017 \text{ Н}\cdot\text{с}^2\cdot\text{м}^{-5}$ , а для каждого фланга отдельно она равна  $0,025 \text{ Н}\cdot\text{с}^2\cdot\text{м}^{-5}$ . Определить режим работы при совместном включении вентиляторов, КПД и мощность на валу каждого вентилятора. Угол установки лопаток рабочих колес принять равным  $30^\circ$ .

98. Определить область изменения величины эквивалентного отверстия вентиляционных выработок, в которой использование последовательного соединения вентиляторов ВЦ-25М (600 об/мин) и ВЦ-11 (1460 об/мин) позволит увеличить подачу воздуха в эти выработки (угол установки лопаток направляющего аппарата принять равным  $0^\circ$ ).

Сравнить по экономической эффективности с вариантом последовательного соединения двух вентиляторов ВЦ-11.

99. Построить график зависимости приращения производительности от эквивалентного отверстия внешней сети для последовательного включения двух вентиляторов ВЦ-25 (частота вращения  $10 \text{ с}^{-1}$ , угол установки лопаток направляющего аппарата  $0^\circ$ ) на внешнюю сеть переменного сопротивления по сравнению с одиночной работой вентилятора (в зоне устойчивой работы вентиляторов). Определить режим работы с максимальным эффектом повышения производительности.

100. Соединить параллельно два одинаковых вентилятора с характеристикой, приведенной на рис. 16, и определить область изменения сопротивления общей внешней сети, в которой будет обеспечена устойчивая работа вентиляторов.

101. По условиям задачи 97 определить расход воздуха через центральный ствол, через ствол на противоположном фланге шахтного поля, производительность работающего вентилятора, а также мощность на валу вентилятора и его КПД в случае аварийной остановки вентиляторов на одном из флангов.

102. По условиям задачи 97 определить расход воздуха через центральный ствол, через ствол на противоположном фланге шахтного поля, производительность установки, а также мощность на валу вентилятора и его КПД в случае аварийной остановки вентиляторов на одном из флангов и одновременной работы двух вентиляторов на другом фланге.

103. Потери давления в калориферной главной вентиляторной установке при нормальном режиме проветривания равны 5 % от потерь давления в шахте. По условиям задачи 97 определить расход воздуха через центральный ствол, через ствол на противоположном фланге шахтного поля, производительность установки, а также мощность на валу вентилятора и его КПД в случае аварийной остановки вентиляторов на одном из флангов, одновременной работы двух вентиляторов на другом фланге и подачи воздуха в центральный ствол, минуя калориферы (напрямую без подогрева).

104. Как изменится режим работы двух вентиляторов по условиям задачи 103, если под стволом действующей вентиляторной установки устроить подогрев воздуха с образованием естественной тяги, равной 0,50 кПа.

## 2.2. Регулирование режимов работы вентиляторов

105. Вентилятор ВОД-30М2 подает во внешнюю сеть  $107 \text{ м}^3/\text{с}$  воздуха и развивает давление  $1 \text{ кПа}$ . При каком минимальном угле поворота лопастей производительность вентилятора будет не менее  $150 \text{ м}^3/\text{с}$  и какое при этом будет давление вентилятора, если напорно-расходная характеристика внешней сети не изменится?

106. Определить минимальную и максимальную производительность вентилятора ВЦ-25М с частотой вращения  $12,5 \text{ с}^{-1}$  и соответствующие углы поворота лопаток направляющего аппарата при эквивалентном отверстии внешней сети  $1,19 \text{ м}^2$  (в пределах области промышленного использования вентилятора).

107. При каких частотах вращения турбины можно обеспечить постоянство производительности вентилятора ВЦД-47УМ  $400 \text{ м}^3/\text{с}$  при изменении сопротивления вентиляционной сети шахты от минимума до максимума?

108. Вентилятор ВЦД-47УМ работает на сеть с гидродинамической постоянной, равной  $0,05 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-8} \cdot \text{с}^2$ . Как изменится мощность на валу при изменении частоты вращения с  $400$  до  $500 \text{ об/мин}$ , если лопатки направляющего аппарата установлены под углом  $0^\circ$ ?

109. Определить углы установки лопаток на рабочих колесах вентилятора ВОД-18, при которых обеспечивается производительность не менее  $50 \text{ м}^3/\text{с}$  при работе на внешнюю сеть с эквивалентным отверстием  $1,07 \text{ м}^2$ .

110. При каких частотах вращения приводной турбины можно обеспечить постоянство производительности вентилятора ВЦД-47УМ  $500 \text{ м}^3/\text{с}$  при изменении сопротивления вентиляционной сети шахты от  $3,5 \text{ кПа}$  до  $6,0 \text{ кПа}$ ?

111. При каких частотах вращения приводной турбины можно обеспечить постоянство производительности вентилятора ВЦД-47УМ  $500 \text{ м}^3/\text{с}$  при изменении сопротивления вентиляционной сети шахты от  $3,5 \text{ кПа}$  до  $6,0 \text{ кПа}$  и наличии положительной естественной тяги, равной  $0,5 \text{ кПа}$ ?

112. Определить диапазон изменения частоты вращения по условиям задачи 111 при отрицательной естественной тяге  $0,5 \text{ кПа}$ .

### 2.3. Реверсирование вентиляторных установок

113. Вентилятор ВОД-50 с лопатками колес, установленными под углом  $30^\circ$ , работает на внешнюю сеть с эквивалентным отверстием  $13,6 \text{ м}^2$ . Какова будет производительность вентилятора при реверсировании и соответствует ли она требованиям правил безопасности для угольных шахт? Принять, что напорно-расходная характеристика внешней сети при реверсировании струи не изменится.

114. Вентилятор ВОД-30М2 при частоте вращения 600 об/мин имеет производительность  $161 \text{ м}^3/\text{с}$  и давление 1,5 кПа. Какова будет производительность вентилятора при реверсировании и соответствует ли она правилам безопасности для угольных шахт? Принять, что при реверсировании струи напорно-расходная характеристика внешней сети не изменится.

115. Вентилятор ВЦ-25М установки главного проветривания угольной шахты в нормальном режиме проветривания работает с производительностью  $90 \text{ м}^3/\text{с}$ . Как изменится производительность вентилятора при реверсировании проветривания шахты, если дополнительные потери давления в атмосферной будке и обводящем канале составляют 5 % от потерь давления при нормальном режиме проветривания?

116. Вентилятор ВЦ-25М главного проветривания угольной шахты в нормальном режиме работает с производительностью  $90 \text{ м}^3/\text{с}$ . Как изменится производительность и КПД вентилятора при реверсировании проветривания шахты, если в установке использованы высоконадежные переключатели потока типа ГИФР. Эти переключатели в режиме реверсирования создают дополнительные потери давления 3 % от потерь давления при нормальном режиме проветривания и появляются утечки 2 % от нормального расхода.

117. Как изменится производительность вентилятора ВОД-30М2 при частоте вращения 600 об/мин при реверсировании воздушного потока в угольной шахте и использовании технологической схемы вентиляторной станции как для центробежных вентиляторов (с атмосферной будкой и обводным каналом)? Следует учесть, что дополнительные потери давления в атмосферной будке и обводящем канале составляют 5 % от потерь давления при нормальном режиме проветривания с производительностью  $170 \text{ м}^3/\text{с}$ .

## 2.4. Влияние подсосов и утечек на работу вентиляторов

118. Осевой вентилятор ВОД-30М2 с углом установки лопаток рабочих колес  $30^\circ$ , при частоте вращения 600 об/мин подает воздух в шахту через клетевой ствол. Из-за неудовлетворительной герметизации устья ствола имеет место утечка воздуха из вентилятора в атмосферу. Определить производительность вентилятора, количество воздуха, поступающего в шахту, и утечки, если эквивалентные отверстия шахтной сети и неплотностей в устье ствола составляют  $3,39 \text{ м}^2$  и  $0,82 \text{ м}^2$ .

119. Вентилятор главного проветривания ВОД-30М2 удаляет из шахты рудничный воздух с подсосами атмосферного воздуха 33,3 % от производительности вентилятора. Производительность и давление вентилятора составляют  $223 \text{ м}^3/\text{ч}$  и 3,85 кПа. Определить угол установки лопаток рабочих колес, относительный КПД установки и эквивалентное отверстие неплотностей, через которые происходят подсосы.

120. При проветривании угольной шахты вентилятором ВЦ-25М с частотой вращения  $12,5 \text{ с}^{-1}$  и углом поворота лопаток направляющего аппарата  $20^\circ$  выбрасывается в атмосферу  $25 \text{ м}^3/\text{с}$  воздуха через неплотности в перекрытиях устья вентиляционного ствола под давлением 2 кПа. Определить производительность вентилятора, количество воздуха, подаваемого им в шахту, и относительный КПД установки.

121. По условиям задачи 120 определить, как изменится относительный коэффициент полезного действия установки, если выполнить реконструкцию перекрытия устья вентиляционного ствола и площадь эквивалентного отверстия утечек сократится в 2 раза.

122. По условиям задачи 121 определить, как изменится относительный коэффициент полезного действия установки при работе в зимнее время с положительной естественной тягой, равной 0,50 кПа.

123. По условиям задачи 121 определить, как изменится относительный коэффициент полезного действия установки при работе в летнее время с отрицательной естественной тягой, равной 0,50 кПа.

## 2.5. Проектирование вентиляторных установок

124. Выбрать вентилятор отечественного производства для непрерывной подачи в угольную шахту I категории по газу  $500 \text{ м}^3/\text{с}$  атмосферного воздуха, если требуется создать давление: в начале срока эксплуатации шахты –  $3,0 \text{ кПа}$ , в конце срока эксплуатации –  $7,0 \text{ кПа}$ .

125. Для проветривания угольной шахты II категории по газу необходимо подавать  $560 \text{ м}^3/\text{с}$  атмосферного воздуха. Выбрать вентилятор отечественного производства, если максимальное и минимальное эквивалентные отверстия вентиляционной сети равны  $14,9 \text{ м}^2$  и  $13,6 \text{ м}^2$  (потери в вентиляционной установке не учитывать).

126. Потребные производительность и давление вентилятора составляют: в начале срока эксплуатации шахты  $200 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $4,5 \text{ кПа}$ , в конце срока эксплуатации –  $350 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $8 \text{ кПа}$ . Выбрать вентилятор отечественного производства, который будет работать наиболее эффективно в этих условиях.

127. Оценить допустимость использования для проветривания отдельного блока угольной шахты II категории по газу вентилятора ВЦ-25М, если заданы следующие необходимые рабочие параметры: в начале срока эксплуатации –  $70 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $1,5 \text{ кПа}$ , в конце срока эксплуатации –  $40 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $4,0 \text{ кПа}$ .

128. Проверить возможность использования вентилятора ВОД-30М в установке главного проветривания угольной шахты II категории по газу для заданных условий: в начале эксплуатации шахты –  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $1,0 \text{ кПа}$ ; в конце срока эксплуатации –  $125 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $3,0 \text{ кПа}$ .

129. Оценить возможность эффективного использования вентилятора ВОМД-24А для подачи на станцию метрополитена  $87 \text{ м}^3/\text{с}$  атмосферного воздуха, если потери давления в пределах станции и в выпускном канале не превышают  $1,50 \text{ кПа}$ .

## 2.6. Надежность вентиляторных установок

130. Сравнить по вероятности безотказной работы вентиляторные установки, логические схемы надежности которых представлены на рис. 17 (резервирование функциональных блоков предусмотрено дублированием их, режим резервных блоков ненагруженный). Характеристика функциональных блоков дана в таблице.

Наименование элемента установки (блока)	Обозначение	$\lambda_{OT}$ , ед.	$t_{OT}$ , ч	$t_{CPR}$ , ч	$\lambda_{БР}$ , ед.
ЛЭП вент. установки	БП	0,833	1200	0,55	0,549
Электродвигатель	БЭ	0,681	1470	1,61	0,613
Вентилятор	БМ	0,514	1945	1,44	0,691
Каналы и ляды	БК	0,032	31300	4,48	0,977

$\lambda_{OT}$  – параметр потока отказов на 1000 часов работы;

$t_{OT}$  – средняя наработка на отказ;

$t_{CPR}$  – среднее время ремонта (восстановления);

$\lambda_{БР}$  – вероятность безотказной работы за 720 часов (за месяц)

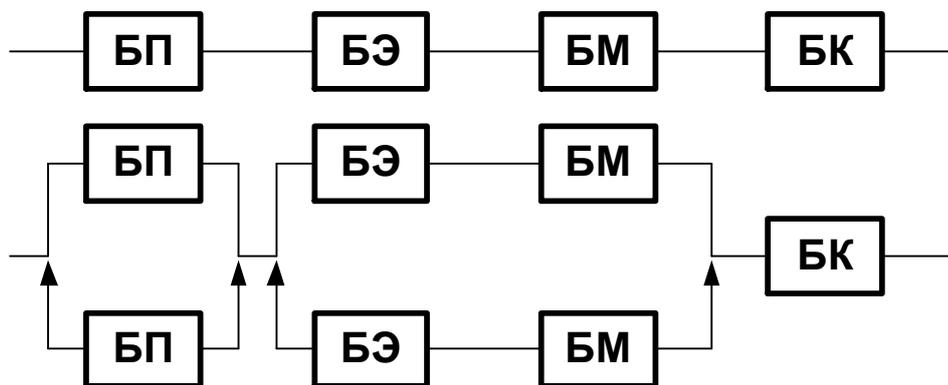


Рис. 17

Законы распределения восстанавливаемости и безотказности функциональных блоков, соответственно, произвольные и экспоненциальные, переключающее устройство дублированных блоков принять абсолютно надежным.

131. Составить логические схемы надежности и определить вероятность безотказной работы вентиляторных установок согласно условию предыдущей задачи, но с учетом фактора обмерзания их в зимнее время, если вероятность безотказной работы по этому фактору за 720 часов работы составляет: вентиляторов – 0,543, вентиляционных каналов – 0,779.

132. Определить коэффициент оперативной готовности вентиляторной установки главного проветривания угольной шахты к реверсированию струи в течение 720 часов ее работы, если среднее время безотказной работы реверсивного устройства в режиме ожидания реверсии составило 2822 часа, интервал времени между проверками реверсивного устройства выдерживался 706 часов, коэффициент оперативной готовности вентиляторной установки без реверсивного устройства 0,945. Как изменится искомая величина при уменьшении интервала между проверками реверсивного устройства до 7 суток?

133. Составить логические схемы надежности и сравнить по вероятности безотказной работы два различных реверсивных устройства РУ1 и РУ2.

РУ1 состоит из девяти элементов: трех ляд, трех лебедок с канатами и направляющими блоками, трех магнитных пускателей. На время перемещения всех трех ляд двигатель вентилятора выключается, а затем снова включается.

РУ2 состоит из трех элементов: поворотного воздухопроводного колена, червячного электропривода с роликовтулочной цепью, магнитного пускателя (на время поворота колена двигатель вентилятора не выключается). Принять вероятность безотказной работы всех функциональных блоков за один и тот же период времени одинаковой – 0,9.

134. Главная вентиляторная установка угольной шахты I категории по газу работает при следующих параметрах: производительность вентилятора  $160 \text{ м}^3/\text{с}$ , подсосы из атмосферы накоротко  $40 \text{ м}^3/\text{с}$ , температура исходящей струи  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , относительная влажность 100 %. При какой температуре атмосферного воздуха начнется обмерзание каналов вентиляторной установки? До какой величины надо сократить подсосы, чтобы надежно исключить обмерзание данной вентиляторной установки в условиях Кузнецкого угольного бассейна (минимальная температура атмосферного воздуха на территории Кузбасса зарегистрирована  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$ )?

### 3. ВОДООТЛИВНЫЕ УСТАНОВКИ

#### 3.1. Совместная работа насосов на общую сеть

135. Определить режим работы насосной станции, состоящей из 2-х последовательно соединенных 10-колесных насосов ЦНСК 60-40...200 на внешнюю сеть с высотой подачи 400 м и постоянной, характеризующей ее сопротивлением,  $0,0375 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ .

136. Определить режим работы насосной станции, состоящей из двух параллельно соединенных четырехступенчатых насосов ЦНСГ 850-240...1440 на трубопровод с высотой подачи 400 м и постоянной, характеризующей сопротивление внешней сети,  $0,0000154 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ .

137. Определить режим работы насосной станции, имеющей 4 8-ступенчатых насоса ЦНСГ 850, соединенных попарно последовательно-параллельно, на трубопровод с высотой подачи 1600 м и гидродинамической постоянной трубопровода  $0,000062 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ .

138. Определить режим работы насоса ЦНС 180-500...900 при числе последовательно соединенных рабочих колес 8 штук на внешнюю сеть с высотой подачи 640 м и постоянной, характеризующей ее сопротивлением,  $0,0024 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ .

139. Как изменятся производительность и давление насоса ЦНС 38 при работе на внешнюю сеть с высотой подачи 90 м и постоянной трубопровода  $0,0071 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ , если первоначально насос имел 4 рабочих колеса, а затем число их увеличили до 6?

140. Два 8-ступенчатых насоса ЦНС 300-700...1000 установлены на разных горизонтах и включены последовательно. Расстояния по вертикали между насосами и от насоса верхнего горизонта до поверхности шахты 200 м и 1200 м. При расходе  $200 \text{ м}^3/\text{ч}$  потери напора в трубопроводах составляют 200 м в каждом. Определить производительность установки.

141. Два насоса ЦНСГ 850 необходимо соединить параллельно для откачки воды по горизонтальному трубопроводу при нулевой высоте всасывания. Требуемая производительность насосной станции  $1600 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Потери напора в трубопроводе при расходе  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  будут составлять 92,5 м. Определить, какое количество рабочих колес должен иметь каждый насос.

142. Водоотливная установка шахты, выполненная по однозвенной схеме, имеет три 8-ступенчатых насоса ЦНС 300-700...1000 и два одинаковых трубопровода. Коэффициент гидродинамического сопротивления для каждого трубопровода  $0,0003125 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ . Высота подъема воды равна 700 м. Определить производительность установки при всех возможных схемах включения насосов и трубопроводов (рабочего и резервного) для одновременной работы по откачке воды и проанализировать полученные результаты. Включение насосов и трубопроводов предусматривать при помощи задвижек, имеющихся в коллекторе.

143. Необходимо откачивать воду по одному горизонтальному трубопроводу с нулевой высотой всасывания и постоянной, характеризующей сопротивление сети,  $0,044 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$ . Как следует соединить два 5-ступенчатых насоса ЦНС 180-500...900, чтобы производительность насосной станции была не менее  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ ?

144. Две насосные станции с двумя последовательно соединенными 8-колесными насосами ЦНС 850 в каждой включены на параллельную работу. Высота подачи воды составляет 800 м, постоянные, характеризующие сопротивление составляют,  $0,0006 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$  для внешней сети и  $0,0002 \text{ м}^{-5} \cdot \text{ч}^2$  для соединительных горизонтальных трубопроводов, расположенных между станциями и началом внешней сети. Определить режим совместной работы станций, отдельной станции и отдельного насоса при данном способе соединения.

145. Указать область изменения напорно-расходной характеристики общего трубопровода, при которой параллельное соединение насоса ЦНС 850-240 (2 колеса) и ЦНСК 60-100 (4 колеса) будет оставаться устойчивым и эффективным. Запас напора для устойчивости принять 10 % от напора ЦНСК-60-100 при нулевой подаче.

146. Определить напорно-расходную характеристику горизонтального трубопровода с достаточно большим сопротивлением, при которой достигается наибольшее увеличение производительности при замене насоса ЦНСК 300-300 насосом ЦНСК 300-600.

147. Определить область общей напорно-расходной характеристики, в которой параллельная работа двух насосов ЦНСК 300-300 будет устойчивой с запасом давления не менее 10 %, если требуется поднимать воду на 250 м.

### 3.2. Регулирование режимов работы насосов

148. Насос ЦНС 850-480 поднимает воду на 300 м с производительностью  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Определить коэффициент гидродинамического сопротивления дроссельной шайбы для работы насоса с производительностью  $600 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Определить потерю напора в дроссельной шайбе.

149. Насос ЦНС 850-480 поднимает воду на 400 м по трубопроводу с коэффициентом гидродинамического сопротивления, равным  $0,0001125 \text{ м}^{-5}\cdot\text{ч}^2$ . Как изменится производительность установки при введении в трубопровод дроссельной шайбы, если потери напора на шайбе 24 м?

150. Насос включен в горизонтальный трубопровод с нулевой высотой всасывания. Его производительность  $400 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а напор 140 м. Производительность насоса при регулировании задвижкой была 350, 300, 250, 200, 150, 100 и  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а соответствующие сопротивления дросселя составили 110, 193, 245, 280, 298, 297 и 280 м. Определить напорно-расходную характеристику насоса.

151. Насос включен в горизонтальный трубопровод с нулевой высотой всасывания и имеет производительность  $300 \text{ м}^3/\text{ч}$ , напор 500 м, полезную мощность 409 кВт, частоту вращения  $25 \text{ с}^{-1}$ . Определить аналогичные параметры режима насоса при изменении частоты вращения трехскоростного двигателя до  $12,5 \text{ с}^{-1}$  и  $50 \text{ с}^{-1}$ .

152. Насос ЦНС 300-360 подает воду на 270 м с производительностью  $300 \text{ м}^3/\text{ч}$  при частоте вращения колес  $25 \text{ с}^{-1}$ . На сколько процентов можно снизить частоту вращения двигателя для уменьшения производительности насоса, не исключая возможности подачи воды на заданную высоту? Каковы при этом частота вращения и производительность насоса (соблюсти условие превышения напора насоса при нулевой производительности над высотой подачи 10 %)?

153. Насос ЦНС 850-480 главной водоотливной установки шахты поднимает воду на 400 м по индивидуальному трубопроводу с коэффициентом гидродинамического сопротивления, равным  $0,0001 \text{ м}^{-5}\cdot\text{ч}^2$ . С какими параметрами будет работать насос, если его подключить к магистральному трубопроводу с сопротивлением  $0,00007 \text{ м}^{-5}\cdot\text{ч}^2$ ? С какими параметрами будет работать насос, если его подключить на оба трубопровода одновременно?

### 3.3. Допустимая высота всасывания центробежных насосов

154. Центробежный насос ЦНС 180-500...900 работает с подачей  $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Возможно ли возникновение кавитации в насосе, если высота всасывания равна  $3,5 \text{ м}$ , а общие потери напора во всасывающем трубопроводе составляют  $1,5 \text{ м}$ ?

155. Насос ЦНС 850-240...1440 работает с производительностью  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , вакуумметр показывает разрежение  $0,008 \text{ МПа}$ . Соблюдается ли бескавитационное условие работы насоса?

156. Определить, с какой высотой всасывания допустимо эксплуатировать насос ЦНСК 500-160 при номинальных параметрах, если потери во всасывающем трубопроводе составляют  $1,5 \text{ м}$ .

157. На какой высоте над уровнем откачиваемой воды необходимо установить насос ЦНС 850-240, чтобы им можно было откачивать воду с производительностью  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  при потере напора во всасывающем трубопроводе  $2,5 \text{ м}$ ?

158. Определить максимально допустимые потери напора во всасывающих трубопроводах двух параллельно соединенных насосов типа ЦНС 300-300 на условиях отсутствия кавитации, если их суммарная производительность равна  $600 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а высота всасывания насосов составляет  $2,5 \text{ м}$ .

159. Насос ЦНСК 500-160 имеет высоту всасывания  $6 \text{ м}$  и снабжен всасывающим трубопроводом, потери давления в котором при расходе воды  $300 \text{ м}^3/\text{ч}$  составляют  $1 \text{ м}$ . Определить максимально возможную производительность насоса, при которой в нем не возникает кавитация.

160. При работе насоса ЦНС 180-590 манометр показывает давление  $6 \text{ МПа}$ , а вакуумметр –  $0,07 \text{ МПа}$ . Имеются или отсутствуют условия возникновения кавитации в насосе?

161. Какой необходим подпор на входе в насос ЦНС 850-480 при работе с производительностью  $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$ , если при повышении в питающей электрической сети напряжения на  $5 \%$  должен быть резерв  $10 \%$ ?

### 3.4. Проектирование насосных установок

162. Выбрать центробежный секционный насос для откачки нормального притока воды  $600 \text{ м}^3/\text{ч}$  из шахты глубиной 600 м, если потеря напора в трубопроводе составляют 10–15 % от высоты подачи.

163. Нормальный приток воды в шахту составляет  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ , высота подачи воды на поверхность 90 м. Для откачки воды выбран двухступенчатый насос ЦНС 300-120. Насосная установка снабжена трубопроводом с гидродинамической постоянной  $0,002 \text{ ч}^2\text{м}^{-8}$ . Обеспечивает ли насосная установка откачку воды в соответствии с правилами безопасности для угольных шахт?

164. Нормальный приток шахтных вод составляет  $400 \text{ м}^3/\text{ч}$ , высота подачи воды насосом 500 м. Для откачки воды предложен насос ЦНС 500. Определить минимально необходимое число ступеней и напорно-расходную характеристику трубопровода, при которых будет обеспечена откачка воды в соответствии с правилами безопасности для угольных шахт.

165. Нормальный приток воды в угольную шахту  $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Высота подъема воды 180 м. В клетевом стволе смонтирован трубопровод с гидродинамической постоянной –  $0,000072 \text{ ч}^2\text{м}^{-5}$ . Проверить, пригоден ли для данных условий насос ЦНС 500-240.

166. Главная водоотливная установка угольной шахты оборудована тремя насосами ЦНС 300 и двумя одинаковыми трубопроводами. Высота подачи воды насосами равна 1000 м. Характеристика трубопровода такова, что при расходе  $300 \text{ м}^3/\text{ч}$  потеря давления в нем составляет 12,5 ат. Максимальный приток воды  $680 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Определить наиболее подходящий вариант использования насосов и трубопроводов для обеспечения откачки максимального притока воды.

167. Нормальный приток воды в горные выработки шахты равен  $800 \text{ м}^3/\text{ч}$ , глубина шахты 400 м. Трубопровод насосной установки по расчету обеспечивает откачку воды в соответствии с правилами безопасности для угольных шахт. Подобрать тип и число колес центробежного секционного насоса и параметры двигателя к нему (плотность воды принять  $1050 \text{ кг}/\text{м}^3$ ).

168. Нормальный приток шахтных вод составляет  $133 \text{ м}^3/\text{ч}$ , глубина шахты 480 м. Проверить пригодность для откачки воды 6-ступенчатого насоса ЦНС 180-500...900 с двигателем мощностью 630 кВт и частотой вращения 2950 об/мин.

169. Нормальный приток в водосборник шахты  $300 \text{ м}^3/\text{ч}$ , глубина шахты 255 м. Выбрать по ГОСТ 8732-78 трубу с толщиной стенки 10 мм для насосной установки, смонтированной с нулевой высотой всасывания, в которой потеря напора составит 15 % от высоты подачи. Сумму коэффициентов линейных и местных потерь давления в трубопроводе принять равной 246.

170. Насос типа ЦНС 300 выбран для откачки нормального притока воды  $200 \text{ м}^3/\text{ч}$  на высоту 270 м. Определить число рабочих колес и напорно-расходную характеристику трубопровода, при которой общий КПД насосной установки будет наибольшим. Какова при этом будет производительность насоса и мощность на его валу ( $\rho = 1050 \text{ кг}/\text{м}^3$ )?

171. Нормальный приток в водосборник шахты  $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$ , плотность воды  $1020 \text{ кг}/\text{м}^3$ , высота подачи воды 180 м, потеря давления во внешней сети при расходе  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  составляет 3,5 % от высоты подачи. Выбрать секционные центробежные насосы, число ступеней, способ включения насосов во внешнюю сеть, определить режимы работы насосов, мощность на валу и частоту вращения двигателей, а также допустимую вакуумметрическую высоту.

172. Определить длину насосной станции траншейного типа автоматизированной главной водоотливной установки шахты для размещения трех агрегатов ЦНСа 850-480 при подаче воды на поверхность по двум индивидуальным трубопроводам. Станция сопряжена с камерой ЦПП и оборудована рельсовым путем шириной колеи 900 мм.

173. По условиям задачи 172 определить длину насосной станции с групповым колодцем и бустерными насосами.

174. По условиям задачи 173 определить диаметр и глубину группового колодца.

## 4. КОМПРЕССОРНЫЕ УСТАНОВКИ

### 4.1. Общие характеристики компрессоров

175. Компрессор сжимает  $16 \text{ м}^3$  воздуха при постоянной температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  от давления 1 ата до давления 8 ата. Определить конечный объем воздуха.

176. По условию задачи 175 определить массу сжатого воздуха.

177. По условию задачи 175 определить удельные и полную работу изотермического сжатия.

178. Определить конечную температуру атмосферного воздуха, сжатого при показателе политропы 1,25, если начальная температура была  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , а давление увеличилось на 0,5 МПа.

179. Определить предельную степень повышения давления компрессора при адиабатном процессе, если начальная температура воздуха 300 К, а конечная не должна превышать установленную ПБ.

180. Компрессор подает сжатый воздух при давлении 0,7 МПа и температуре  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  в количестве  $2500 \text{ м}^3$  за 20 часов. Определить минутную производительность компрессора, отнесенную к условиям всасывания. Всасывание атмосферного воздуха происходит при давлении 1 ат и температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

181. Определить мощность двухступенчатого компрессора производительностью  $20 \text{ м}^3/\text{мин}$ , а также мощность двигателя и расход электрической энергии за 16 часов, если процесс сжатия протекает по адиабате от 0,98 ата до 8 ата при КПД индикаторном, механическом, двигателя и передачи 0,94; 0,9; 0,98; 0,95.

182. Определить количество тепла, выделившееся при изотермическом сжатии 5 кг воздуха от 1 ата до 5 ата, если начальная температура его 300 К.

183. Трехступенчатый компрессор в процессе с показателем политропы 1,3 сжимает воздух с давлением 1 бар и температурой  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  до давления 8 бар. Определить оптимальную степень повышения давления в ступенях и температуру воздуха на выходе из ступени. При расчете температуру воздуха, всасываемого ступенями компрессора после охлаждения в промежуточных холодильниках, принять  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

184. В компрессоре объем цилиндра  $1,35 \text{ м}^3$ , воздух сжимается адиабатно от давления  $1,1 \text{ ата}$  до  $8 \text{ ата}$ . Начальная температура воздуха  $15 \text{ }^\circ\text{С}$ . Определить конечную температуру сжатого воздуха.

185. Определить теоретический предел степени повышения давления в цилиндре компрессора при изотермическом и адиабатном сжатии воздуха, если относительная величина вредного пространства составляет  $0,05$ .

186. Определить рациональное давление воздуха в промежуточном холодильнике для 2-ступенчатого компрессора при сжатии  $1 \text{ м}^3$  воздуха от  $1 \text{ ата}$  до  $8 \text{ ата}$ .

187. Определить мощность двигателя 2-ступенчатого компрессора с производительностью  $30 \text{ м}^3/\text{мин}$ , если начальное давление воздуха  $1 \text{ ата}$ , конечное –  $8 \text{ ата}$ , КПД передачи  $0,90$ ; индикаторный КПД  $0,78$ ; механический КПД  $0,90$ ; процесс сжатия изотермический.

188. Компрессор с одним цилиндром простого действия имеет относительную величину вредного пространства, равную  $0,05$ , и совершает один цикл с нулевой производительностью. Сжатие и расширение газа происходит по политропам с показателями  $1,30$  и  $1,25$ . Определить степень повышения давления и температуру газа при завершении расширения, если начальная его температура была  $20 \text{ }^\circ\text{С}$ .

189. Как изменится коэффициент подачи 1-ступенчатого компрессора с относительной величиной вредного пространства  $0,05$ , если при степени повышения давления  $5$  показатель политропы увеличился с  $1,25$  до  $1,35$ ?

190. Как изменится коэффициент подачи 1-ступенчатого компрессора с относительной величиной вредного пространства  $0,05$ , если при показателе политропы  $1,25$  степень повышения давления увеличится с  $5$  до  $7,5$ ?

191. Как изменится коэффициент подачи 2-ступенчатого компрессора с относительной величиной вредного пространства  $0,05$ , если при показателе политропы  $1,25$  степень повышения давления увеличится с  $5$  до  $7,5$ ?

## 4.2. Поршневые компрессоры

192. Определить максимальную степень повышения давления 1-ступенчатого поршневого компрессора с относительной величиной вредного пространства, равной 0,03, если сжатие происходит по политропе с показателем 1,3.

193. Определить мощность двигателя, если среднее индикаторное давление газа, создаваемое компрессором с одним цилиндром простого действия 5 ат, частота вращения 200 об/мин, диаметр цилиндра 0,5 м, ход поршня 0,4 м, механический КПД 0,9 и КПД передачи 0,95.

194. Определить, насколько отличаются коэффициенты подачи 1-ступенчатого и 2-ступенчатого поршневого компрессора в случае адиабатного сжатия, если они оба имеют относительную величину вредного пространства 0,05 и степень повышения давления 8.

195. Определить минутную производительность 1-ступенчатого поршневого компрессора с одним цилиндром двойного действия, если: внутренний диаметр цилиндра 200 мм, ход поршня 200 мм, диаметр штока 20 мм, частота вращения 485 об/мин и коэффициент подачи 0,8.

196. Определить диаметр цилиндра и ход поршня первой ступени 2-ступенчатого компрессора с двумя цилиндрами простого действия, если отношение хода поршня к диаметру цилиндра 0,8; частота вращения вала 220 об/мин; коэффициент подачи 0,8. Компрессор в течение 5 мин наполняет воздухосборник В-10 (объемом  $10 \text{ м}^3$ ) до давления 9 ата при температуре 27 °С. Условия всасывания: давление 1 ата, температура 27 °С.

197. Объем вредного пространства в цилиндре компрессора с диаметром поршня 250 мм и длиной хода 350 мм равен  $860 \text{ см}^3$ . Определить объемный коэффициент подачи компрессора при сжатии воздуха до 5 ати и расширении по изотерме.

198. Компрессор имеет один цилиндр двойного действия диаметром 0,4 м и ходом поршня 0,6 м и работает с частотой вращения коренного вала 180 об/мин. Определить производительность, если всасывание воздуха происходит при давлении  $0,9 \text{ кг/см}^2$  и температуре 22 °С, а коэффициент подачи компрессора 0,8. Пересчитать производительность компрессора для нормальных условий.

### 4.3. Центробежные компрессоры

199. Определить теоретическую производительность 2-ступенчатого центробежного компрессора, если известны следующие его характеристики: рабочие колеса с радиальными лопатками, число колес 2, колеса с односторонним подводом газа, диаметр лопаток по входным кромкам 250 мм, длина лопаток 250 мм, ширина лопаток по входным кромкам равна 50 мм, ширина лопаток по выходным кромкам равна 17 мм, частота вращения вала 6500 об/мин, отношение абсолютной скорости к окружной скорости 1,20.

200. Определить теоретическую производительность 2-ступенчатого центробежного компрессора по условиям задачи 199, если дополнительно известно: число лопаток рабочего колеса первой ступени 8, а второй ступени – 10; толщина лопаток первой ступени 5 мм, а второй ступени – 4 мм.

201. Определить теоретический напор сжимаемого газа на выходе из рабочего колеса первой ступени центробежного компрессора по условиям задачи 199.

202. Определить напор сжимаемого газа на выходе из рабочего колеса первой ступени центробежного компрессора по условиям задачи 199, если дополнительно известно, что коэффициент скорости равен 0,95.

203. Определить динамическое давление атмосферного воздуха на выходе из рабочего колеса 1-й ступени компрессора по условиям задачи 199, если его температура остается равной 20 °С.

204. Определить динамическое давление атмосферного воздуха на выходе из рабочего колеса 1-й ступени компрессора по условиям задачи 198, если дополнительно известно: число лопаток рабочего колеса 8; толщина лопаток по длине не изменяется и равна 5 мм; коэффициент скорости равен 0,95; а его температура остается равной 20 °С.

205. Определить теоретический напор сжимаемого газа на выходе из рабочего колеса первой ступени центробежного компрессора по условиям задачи 199, если произвести закручивание лопаток рабочего колеса в направлении его вращения на угол 60°.

#### 4.4. Осевые компрессоры

206. Определить степень повышения давления одной ступени осевого компрессора при изоэнтропном сжатии атмосферного воздуха, если степень повышения температуры в ее проточной части равна 1,04.

207. Определить степень повышения давления ступени осевого компрессора при изоэнтропном сжатии атмосферного воздуха, если его начальная температура  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а конечная температура больше на  $15^{\circ}$ .

208. Определить безопасную степень повышения температуры в одной ступени осевого 16-ступенчатого компрессора при изоэнтропном сжатии атмосферного воздуха, если его начальная температура  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

209. Осевой 16-ступенчатый компрессор подает через концевой холодильник потребителю сжатый воздух с температурой  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$  в количестве  $2,4\text{ м}^3/\text{мин}$ . Сжатие атмосферного воздуха с температурой  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит с показателем политропы, равным 1,38, до безопасной нормативной температуры. Определить расход охлаждающей воды через концевой холодильник, если увеличение ее температуры составляет  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определить скорость воздуха, с которой он поступает без подкручивания на лопатки рабочего колеса первой ступени, если диаметр втулки колеса равен  $500\text{ мм}$ , а радиальная высота лопаток  $150\text{ мм}$ .

210. Осевой 16-ступенчатый компрессор состоит из цилиндра низкого и высокого давления. В каждом цилиндре по 8 ступеней. Сжимаемый адиабатно атмосферный воздух поступает в цилиндр высокого давления из промежуточного холодильника с температурой  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определить давление сжатого воздуха на выходе из цилиндра высокого давления при максимально допустимом повышении его температуры, в соответствии с правилами безопасности. Определить степень повышения давления в отдельной ступени.

211. По условиям задачи 210 необходимо определить мощность на валу компрессора, если его производительность  $20\text{ м}^3/\text{с}$ , а полный коэффициент полезного действия равен 0,80.

#### 4.5. Винтовые компрессоры

212. Определить теоретическую производительность винтового компрессора сухого сжатия, если известны следующие его характеристики: число зубьев ведущего и ведомого ротора 4 и 6, диаметр ведомого ротора 248 мм, диаметр делительной окружности ведомого ротора 200 мм, частота вращения ведомого ротора 10000 об/мин, длина ротора 350 мм.

213. По условиям задачи 212 определить производительность компрессора, если длина ротора будет равна его диаметру.

214. По условиям задачи 212 определить производительность компрессора, если частота вращения ведомого ротора будет равна 12000 об/мин.

215. Определить теоретическую производительность винтового компрессора сухого сжатия, если известны следующие его характеристики: число зубьев ведущего и ведомого ротора 4 и 6; диаметр ведомого ротора 500 мм; относительная высота зуба ведомого ротора 0,18; частота вращения ведомого ротора 10000 об/мин; относительная длина ротора 1,35.

216. По условиям задачи 215 определить производительность винтового компрессора мокрого сжатия, если относительное сокращение его площади поперечного сечения в рабочей зоне из-за присутствия масла составляет 0,02.

217. Определить удельный расход масла для изотермического сжатия атмосферного воздуха в винтовом компрессоре, если конечная температура воздуха 20 °С выше начальной температуры масла на 10 °С, теплоемкость масла 1,67 кДж/кг·К, конечное давление воздуха больше начального на 5 ат.

218. Как изменится расход масла для изотермического сжатия атмосферного воздуха по условиям задачи 217, если конечная температура воздуха увеличится до 40 °С и будет выше начальной температуры масла на 10 °С.

219. Для условий задачи 216 определить относительный объемный расход масла для изотермического сжатия воздуха, если его плотность равна 875 кг/м<sup>3</sup>.

#### 4.6. Ротационно-пластинчатые компрессоры

220. Определить теоретическую производительность ротационно-пластинчатого компрессора, если известны следующие его характеристики: число ступеней 2, число пластин в каждой ступени 5, длина пластин первой ступени 110 мм, длина пластин второй ступени 22 мм, частота вращения ротора 2980 об/мин, диаметр цилиндров первой и второй ступени 200 мм, диаметр барабана ротора 175 мм.

221. Определить степень повышения давления 2-ступенчатого ротационно-пластинчатого компрессора, если длина пластин первой ступени в 5 раз больше длины пластин второй ступени.

222. Определить теоретическую производительность ротационно-пластинчатого компрессора по условиям задачи 220, если число пластин в каждой ступени увеличить в 2 раза.

223. Определить теоретическую производительность ротационно-пластинчатого компрессора по условиям задачи 220, если число пластин в каждой ступени увеличить в 4 раза.

224. Определить действительную производительность ротационно-пластинчатого компрессора по условиям задачи 220, если приводной двигатель питается напряжением выше номинального на 5 %, а коэффициент подачи равен 0,75.

225. Определить действительную производительность ротационно-пластинчатого компрессора по условиям задачи 220, если приводной двигатель питается напряжением ниже номинального на 10 %, а коэффициент подачи равен 0,85.

226. Определить действительную производительность ротационно-пластинчатого компрессора по условиям задачи 220, если сжатие воздуха происходит по политропе с показателем 1,35; степень повышения давления равна 8; относительная величина вредного пространства – 0,04.

227. Определить мощность на валу ротационно-пластинчатого компрессора и мощность двигателя по условиям задач 220 и 226 при сжатии атмосферного воздуха, если механический КПД компрессора 0,90, а КПД двигателя 0,95.

#### 4.7. Водокольцевые компрессоры

228. Определить расход дренажной воды через компрессор для изотермического сжатия атмосферного воздуха при повышении давления на 2 ат. Начальная температура дренажной воды на  $10^\circ$  меньше, чем температура воздуха при конечном давлении  $+20^\circ\text{C}$ . Производительность компрессора  $20\text{ м}^3/\text{мин}$ .

229. Определить максимальную теоретическую производительность водокольцевого компрессора, если известны следующие его характеристики: число ступеней 1, число лопастей колеса 18, ширина лопасти колеса 500 мм, длина лопасти (радиальная) 50 мм, толщина лопатки 5 мм, диаметр цилиндра 400 мм, диаметр барабана ротора 250 мм, частота вращения ротора 2980 об/мин.

230. Определить теоретическую производительность водокольцевого компрессора по условиям задачи 229, если в нижнем положении лопатки рабочего колеса погружаются в водяное кольцо наполовину.

231. По условиям задачи 228 определить мощность на валу компрессора, если его объемный, гидравлический и механический КПД равны 0,95; 0,40 и 0,95.

232. По условиям задачи 229 определить техническую производительность водокольцевого компрессора, если дополнительно известно, что его коэффициент подачи, учитывающий герметичность, равен 0,95, а коэффициент подачи, учитывающий влажность газа, равен 0,92.

233. По условиям задачи 230 определить техническую производительность водокольцевого компрессора, если дополнительно известно, что его коэффициент подачи, учитывающий герметичность, равен 0,94, а коэффициенты подачи, учитывающий влажность газа, равен 0,91.

234. По условиям задач 230 и 233 определить мощность на валу компрессора и мощность приводного двигателя, если его механический и гидравлический КПД равны 0,95 и 0,40, а степень сжатия 3.

235. Определить производительность компрессора по условиям задачи 229, если в нижнем положении лопатки рабочего колеса погружаются в водяное кольцо на  $3/4$ .

#### **4.8. Охлаждение сжимаемого газа в компрессорных установках**

236. Определить расход воды на охлаждение 2-ступенчатого компрессора производительностью  $20 \text{ м}^3/\text{мин}$  при политропном сжатии с показателем 1,30, если при сжатии воздуха давление возрастает от 1 ата до 8 ата. Температура охлаждающей воды увеличивается на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура воздуха на входе в компрессор и сжатого на выходе из компрессора остается  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ .

237. В 2-ступенчатом компрессоре воздух после 1-й ступени охлаждается в промежуточном холодильнике при постоянном давлении. Определить количество теплоты, которое необходимо отвести от воздуха, если температура воздуха на входе в холодильник  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ , а на выходе из холодильника  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

238. 2-ступенчатый компрессор сжимает за час 450 кг воздуха до 32 ата. Начальное давление и температура воздуха 1,2 ата и  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ ; степень сжатия в обеих ступенях компрессора одинаковая, а показатель политропы равен 1,3. В промежуточном холодильнике воздух охлаждается до начальной температуры. Вода в промежуточном холодильнике нагревается на  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ , а в рубашках цилиндров на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить: степень повышения давления в ступенях компрессора; параметры воздуха перед входом в промежуточный холодильник; параметры воздуха после выхода из второй ступени; мощность обеих ступеней и суммарную; расход охлаждающей воды в рубашках цилиндров и в промежуточном холодильнике; мощность компрессора равной производительности с одной ступенью.

239. Одноступенчатый компрессор сжимает за час 450 кг воздуха до 32 ата. Начальное давление и температура воздуха 1,2 ата и  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить безопасную степень политропы, мощность на валу компрессора и минимальный расход охлаждающей воды.

240. 2-ступенчатый компрессор сжимает за час 450 кг воздуха до 32 ата. Начальное давление и температура воздуха 1,2 ата и  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить безопасную степень политропы, мощность на валу компрессора и минимальный расход охлаждающей воды.

241. Определить безопасную степень политропы, мощность на валу компрессора и минимальный расход охлаждающей воды по условиям задачи 240, если температура атмосферного воздуха  $32 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 4.9. Пневматические сети

242. Определить потери давления в участковой пневмосети длиной 400 м, выполненной из труб диаметром 100 мм, если установившийся расход сжатого воздуха на участке составляет  $20 \text{ м}^3/\text{мин}$  при рабочем давлении 0,45 МПа.

243. По условию задачи 242 определить потери давления, если этот же расход сжатого воздуха будет обеспечиваться двумя параллельными трубопроводами диаметром 50 мм.

244. Подобрать рациональный диаметр трубы для участковой пневмосети длиной 250 м, обеспечивающий расход  $50 \text{ м}^3/\text{мин}$  при абсолютном давлении сжатого воздуха 0,45 МПа.

245. Определить расход сжатого воздуха на участке, оснащенном бурильным молотком ПР-20В в количестве 12 шт. с коэффициентами использования во времени 0,5 и обеспечения давления на участке 0,9.

246. Определить математическое ожидание расхода воздуха ВМП-4 в количестве 3 шт. при работе с максимальным расходом.

247. Определить среднеквадратическое отклонение от математического ожидания расхода воздуха группой отбойных молотков типа МО-5П в количестве 18 шт. Коэффициент использования во времени равен 0,75.

248. По условиям задачи 247 определить среднеквадратическое отклонение от математического ожидания при питании потребителей сжатым воздухом с избыточным давлением 0,45 МПа.

249. Подобрать диаметр трубопровода для участковой пневмосети длиной 1200 м, обеспечивающей расход  $35 \text{ м}^3/\text{мин}$  сжатого воздуха при абсолютном давлении 0,45 МПа, если давление в узле магистральной сети, к которому подключается участок, равно 0,497 МПа. Коэффициент гидравлических потерь принять 0,0325, температуру воздуха в атмосфере  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

250. Определить давление воздуха у потребителей участковой пневмосети с расходом  $25 \text{ м}^3/\text{мин}$ , длиной 800 м, выполненной из труб 114×4 ГОСТ 8732–87 и подключенной к узлу магистральной пневмосети с давлением 0,45 МПа.

251. Определить, насколько изменится коэффициент утечек в участковой пневмосети, если абсолютное давление в ней повысить с 0,5 МПа до 0,6 МПа?

252. Определить, насколько увеличатся потери давления от нестационарности потребления сжатого воздуха в участковой сети, обеспечивающей расход воздуха с математическим ожиданием  $41 \text{ м}^3/\text{мин}$  и среднеквадратическим отклонением  $19,6 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

253. Определить величину утечек в участковой пневмосети с расходом воздуха  $50 \text{ м}^3/\text{мин}$  и избыточным давлением 0,48 МПа.

254. Участковая пневмосеть длиной 850 м должна питать следующих пневмопотребителей: ВМП-4 – 1 шт. ( $q = 5 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $P = 0,5 \text{ МПа}$ ,  $\tau = 1$ ); ПР-20В – 8 шт. ( $q = 2,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $P = 0,5 \text{ МПа}$ ,  $\tau = 0,70$ ); МО-5П – 4 шт. ( $q = 1,1 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $P = 0,45 \text{ МПа}$ ,  $\tau = 0,25$ ). В разное время смены используются одновременно все перфораторы и все отбойные молотки. Определить расход и рабочее давление сжатого воздуха, диаметр трубопровода, потери давления и давление в узле подключения участкового трубопровода к магистральному трубопроводу. Степень обеспеченности потребителей в забое сжатым воздухом – 0,8.

255. Выбрать рациональный диаметр трубопровода для участковой пневмосети длиной 550 м, питающей три группы пневмопотребителей: 1 группа ( $q = 5 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $n = 5 \text{ шт.}$ ,  $P = 0,5 \text{ МПа}$ ,  $\tau = 0,5$ ); 2 группа ( $q = 8 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $n = 2 \text{ шт.}$ ,  $P = 0,5 \text{ МПа}$ ,  $\tau = 0,4$ ); 3 группа ( $q = 2 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $n = 2 \text{ шт.}$ ,  $P = 0,4 \text{ МПа}$ ,  $\tau = 0,8$ ). Потери давления в участковом трубопроводе не должны превышать 0,025 МПа. Степень обеспеченности потребителей в забое сжатым воздухом – 0,8.

256. Подобрать диаметры трубопроводов участковых пневмосетей, выходящих из узла магистральной сети, в котором поддерживается абсолютное давление 0,73 МПа. Длина участковой сети и расход: 1 участок –  $q_1 = 15 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $l_1 = 140 \text{ м}$ ; 2 участок –  $q_2 = 25 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $l_2 = 210 \text{ м}$ ; 3 участок –  $q_3 = 35 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $l_3 = 250 \text{ м}$ ; 4 участок –  $q_4 = 50 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $l_4 = 330 \text{ м}$ . Рабочее давление у потребителей на участках 0,6 МПа. Задачу решать при условии установившихся режимов потребления сжатого воздуха на всех участках.

257. Выбрать рациональные диаметры труб для участковых и магистральных участков рудничной пневматической сети. Магистральный трубопровод выполнить переменного сечения, утечками в нем пренебречь. Обеспечить скорость движения воздуха в магистральном трубопроводе не более 6 м/с. Подобрать тип и количество компрессоров для установки в компрессорной станции. Схема пневмосети дана на рис. 18. Данные для расчета приведены в таблице.

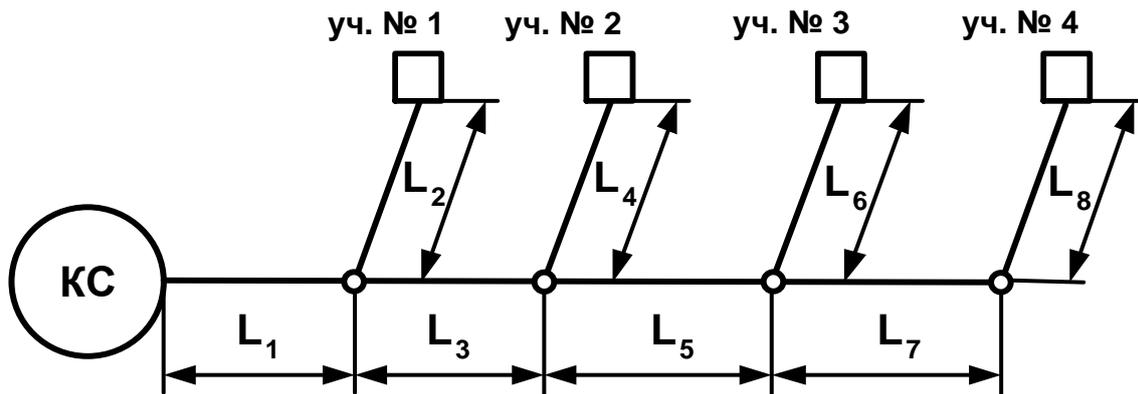


Рис. 18. Схема пневмосетей к задаче 160

Длина участка, м	$Q$ , м <sup>3</sup> /мин	$P$ , МПа	$M_Q$ , м <sup>3</sup> /мин	$\sigma_Q$ , м <sup>3</sup> /мин	№ участка
$L_1 = 3000$					
$L_2 = 2400$	150	0,45	142,7	24,47	1
$L_3 = 1450$					
$L_4 = 300$	80	0,50	74,8	17,81	2
$L_5 = 2400$					
$L_6 = 240$	50	0,50	43,6	11,32	3
$L_7 = 1500$					
$L_8 = 120$	35	0,50	31,3	8,06	4

258. Построить график изменения падения давления по длине участковой пневмосети протяженностью 3,0 км, если удельный коэффициент утечек равен  $1,42 \cdot 10^{-10}$  м<sup>4</sup>/Н·с, расход по свободному воздуху составляет 1,35 м<sup>3</sup>/с, избыточное давление в начале участка  $5,07 \cdot 10^5$  Па, удельный параметр, характеризующий потери давления по длине трубопровода, составляет  $1,68 \cdot 10^7$  Н<sup>2</sup>·с/м<sup>11</sup>.

259. По условию задачи 258 построить график изменения утечек по длине участковой сети.

260. Построить расходную характеристику простой участковой пневмосети длиной 1500 м. Характеристика пневмосети: удельный коэффициент утечек  $1,24 \cdot 10^{-10} \text{ м}^4/\text{Н}\cdot\text{с}$ ; коэффициент утечек распределительной сети  $0,61 \cdot 10^{-7} \text{ м}^5/\text{Н}\cdot\text{с}$ ; параметр расходной характеристики сети  $3,48 \cdot 10^{-7} \text{ м}^5/\text{Н}\cdot\text{с}$ ; параметр, характеризующий потери по длине,  $3,84 \cdot 10^{-8} \text{ Н}^2 \cdot \text{с}^2/\text{м}^{11}$ .

261. По условию задачи 260 построить характеристику пункта потребления.

262. Рассчитать параметр, определяющий расходную характеристику пункта потребления, питающего: вентиляторы ВМП-4 – 2 шт. и бурильные молотки ПР-19 – 18 шт. Коэффициент нормального давления в пункте равен 0,95.

263. Определить параметр расходной характеристики пункта потребления с учетом утечек пневмосети. Пневмосеть длиной 1,5 км питает вентиляторы ВМП-4 – 2 шт., бурильные молотки ПР-19 – 18 шт. Удельный коэффициент утечек равен  $1,64 \cdot 10^{-10} \text{ м}^4/\text{Н}\cdot\text{с}$ , а коэффициент утечек распределительного узла равен  $0,67 \cdot 10^{-5} \text{ м}^5/\text{Н}\cdot\text{мин}$ .

264. По условию задачи 262 построить совмещенные расходные характеристики участкового трубопровода и пункта потребления. Графически определить режим работы участка, если избыточное давление в начальном сечении участка равно  $4,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

265. Участок магистрального трубопровода пневматической сети длиной 3 км выполнен из стальных труб  $325 \times 8$ , которые между собой соединены сваркой и на резьбу муфтами. Определить возможные утечки сжатого воздуха на этом участке, если избыточное давление составляет 0,5 МПа.

266. По условиям задачи 265 определить возможные утечки сжатого воздуха, если соединение труб фланцевое.

267. Участковый трубопровод длиной 500 м выполнен из труб  $152 \times 5$ . Определить возможные утечки сжатого воздуха, если использовано быстроразъемное соединение, а давление составляет 0,5 МПа.

## 5. ПОДЪЕМНЫЕ УСТАНОВКИ

### 5.1. Канаты

#### 5.1.1. Подъемные канаты

268. Скиповая одноканатная вертикальная неуравновешенная подъемная установка оборудована скипами грузоподъемностью 5,6 т с собственной массой 7,54 т. Определить массу 1 м круглопрядного подъемного каната двойной свивки с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1600 \text{ Н/мм}^2$  и условной плотностью  $9400 \text{ кг/м}^3$  при длине отвеса каната 300 м, выбрать канат и проверить его запас прочности.

269. Вертикальная грузолюдская одноканатная подъемная установка с уравновешивающим канатом оборудована одноэтажными неопрокидными клетями с собственной массой 3,82 т. Установка осуществляет подъем руды массой 5,2 т в вагонетке, собственная масса которой 1,153 т. Определить погонную массу круглопрядного подъемного каната двойной свивки с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1770 \text{ Н/мм}^2$ , условной плотностью  $9400 \text{ кг/м}^3$  длиной отвеса каната 800 м. Отношение масс 1 м уравновешивающего и подъемного канатов принять равным 1,2. Выбрать канат по ГОСТ 7665–80 и проверить его запас прочности. Расчет произвести по постоянному и переменному запасам прочности.

270. Вертикальная подъемная установка для подъема породы оборудована скипом грузоподъемностью 6,7 т с собственной массой 7,17 т и противовесом 10,5 т. Глубина горизонта 250 м, расстояние от горизонта до места загрузки 15 м, высота копра 41 м. Определить массу 1 м каната для клетки и противовеса, выбрать канат по ГОСТ 7668–80 с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1600 \text{ Н/мм}^2$ , условной плотностью  $9400 \text{ кг/м}^3$  и проверить его запас прочности.

271. Скип грузоподъемностью 4,2 т с собственной массой 5,3 т навешен на канате ТЛК-О (ГОСТ 3079-80) диаметром 35 мм и массой 4,435 кг/м с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1770 \text{ Н/мм}^2$ . Определить расстояние от поверхности земли до нижней приемной площадки загрузочного устройства, при котором будет пригоден этот канат. Высоту копра принять равной 44 м.

272. Одноканатная вертикальная неуравновешенная подъемная установка оборудована скипами грузоподъемностью 9,3 т с собственной массой 8,9 т. Глубина горизонта шахты 380 м, высота копра 47 м, расстояние от горизонта до места загрузки 20 м. Канат диаметром 50 мм (ГОСТ 3079–80) имеет временное сопротивление проволоки разрыву  $1600 \text{ Н/мм}^2$ . Определить запас прочности каната и проверить, соответствует ли он требованиям ПБ угольных шахт.

273. Вертикальная подъемная установка для подъема породы с длиной отвеса каната 550 м оборудована скипами грузоподъемностью 9 т с собственной массой 7,54 т. Определить массу 1 м трехграннопрядного каната с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1800 \text{ Н/мм}^2$ , условной плотностью  $9800 \text{ кг/м}^3$ , выбрать канат по ГОСТ 3085–80 и проверить его запас прочности.

274. Грузолюдская вертикальная подъемная установка обслуживает горизонт глубиной 476 м при высоте копра 24 м. Подъемный канат ТЛК-О (ГОСТ 3079–80) имеет диаметр 54 мм, массу 10,6 кг/м. Определить допустимую концевую нагрузку на канат и критическую длину каната при временном сопротивлении проволоки разрыву  $1600 \text{ Н/мм}^2$  и условной плотности  $9500 \text{ кг/м}^3$ .

275. Скиповая вертикальная подъемная установка с длиной отвеса каната 900 м имеет уравновешивающий плоский канат с массой 13,61 кг/м. Подъемный канат ЛК-РО (ГОСТ 7668–80) имеет диаметр 50,5 мм, массу 9,91 кг/м и условную плотность  $9600 \text{ кг/м}^3$ . Определить допустимую величину концевой нагрузки на подъемный канат и критическую длину каната, если временное сопротивление проволоки разрыву равно  $1800 \text{ Н/мм}^2$ .

276. Грузолюдская статически уравновешенная подъемная установка с длиной отвеса каната 990 м, оборудованная подъемной машиной МК-4×4 и двухэтажными неопрокидными клетями с собственной массой 6,93 т, производит подъем породы в вагонетках. Масса вагонетки 1,153 т, масса вмещаемой в нее породы 4,2 т. Определить массу 1 м трехграннопрядного каната (ГОСТ 3085–80) с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1800 \text{ Н/мм}^2$  и условной плотностью  $10600 \text{ кг/м}^3$ , выбрать подъемный канат и определить запасы прочности. Расчеты произвести с учетом и без учета собственной массы канатов.

277. Грузовая подъемная установка с длиной отвеса каната 950 м оборудована подъемной машиной ЦШ-4×4 и угольными скипами грузоподъемностью 20 т, с собственной массой 21,2 т. Плотность угля в насыпке 0,85 т/м<sup>3</sup>. Выбрать канат по ГОСТ 3085–80 с временным сопротивлением проволоки разрыву 1800 Н/мм<sup>2</sup> и условной плотностью 9200 кг/м<sup>3</sup>. Определить запас прочности каната с учетом и без учета его массы. Отношение масс 1 м уравновешивающего и подъемного канатов принять равным 1,15.

278. Вертикальная грузоподъемная одноканатная неуровновешенная установка оборудована опрокидными клетями грузоподъемностью 5,2 т с собственной массой 6,5 т. Определить массу 1 м каната с временным сопротивлением проволоки разрыву 1800 Н/мм<sup>2</sup>, условной плотностью 9800 кг/м<sup>3</sup> при длине отвеса каната 550 м. Выбрать по ГОСТ 2688–80 канат и проверить его запас прочности. До какой длины отвеса выбранный канат будет пригоден при переменном запасе прочности?

279. Подъемная установка оборудована скипами грузоподъемностью 5,6 т с собственной массой 7,54 т, длина отвеса каната составляет 350 м. По результатам повторного испытания на канатно-испытательной станции каната диаметром 39,5 мм (ГОСТ 7668–80) суммарное разрывное усилие проволок оказалось равным 760 кН. Определить запас прочности каната и оценить возможность дальнейшей эксплуатации.

280. Подъемная установка с машиной ЦШ-4×4 оборудована скипами грузоподъемностью 13 т с собственной массой 10,5 т и уравновешивающим канатом массой 11,5 кг/м. Определить массу 1 м каната с временным сопротивлением проволоки разрыву 1800 Н/мм<sup>2</sup> и условной плотностью 9700 кг/м<sup>3</sup>, выбрать канат по ГОСТ 7668–80, определить фактические запасы прочности с учетом и без учета собственной массы каната при длине отвеса каната 850 м и проверить по ПБ для угольных шахт.

281. На подъемную установку, оборудованную скипами, навешен канат типа ЛК-3 (ГОСТ 7665–80) с временным сопротивлением проволоки разрыву 1600 Н/мм<sup>2</sup>, массой 1 м каната 5,405 кг, длиной отвеса 400 м. Определить массу полезного груза скипа, если коэффициент тары сосуда равен 0,85.

282. Определить для людского и грузового подъемов прочную длину каната типа ЛК-РО диаметром 42 мм, массой 6,75 кг/м с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1600 \text{ Н/мм}^2$ .

283. Выбрать подъемный канат по ГОСТ 7665–80 с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1800 \text{ Н/мм}^2$  и условной плотностью  $9400 \text{ кг/м}^3$  для подъемной установки, оборудованной клетями 1УКН 3,6-1. Высота подъема 350 м; высота копра 25 м; система подъема одноканатная неуравновешенная.

284. Для людского вертикального подъема угольной шахты подобрать канат типа ЛК-3 диаметром 38,5 мм, если масса концевого груза 9050 кг, а высота отвеса каната 375 м.

285. Выбрать канат типа ЛК-О с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1600 \text{ Н/мм}^2$  для грузовой наклонной подъемной установки по следующим данным: угол наклона  $15^\circ$ ; собственная масса сосуда 1800 кг, полезный поднимаемый груз 2500 кг, длина уклона 950 м, коэффициент сопротивления движению сосуда по рельсам 0,01, а каната по почве выработки 0,15.

286. Определить величину концевого груза, допустимого для каната по ГОСТ 7669–80, если его диаметр равен 23 мм, временное сопротивление проволоки разрыву  $1600 \text{ Н/мм}^2$ , подъем 1-сосудный грузовой наклонный с углом наклона  $18^\circ$  и высотой 200 м.

287. Собственная масса скипа наклонного грузового подъема составляет 1270 кг, коэффициент тары сосуда 0,90, длина подъема 650 м, угол наклона ствола  $30^\circ$ . Выбрать канат по ГОСТ 7669–80 при временном сопротивлении проволочек каната на разрыв  $1600 \text{ Н/мм}^2$ .

288. Определить предельную длину подъема для грузовой подъемной установки, если угол наклона  $20^\circ$ , канат ЛК-О, временное сопротивление проволок  $1600 \text{ Н/мм}^2$ , масса 1,185 кг/м, диаметр каната 17,5 мм, масса полезного груза 3000 кг, коэффициент тары скипа 0,8.

289. Определить предельную длину каната, нагруженного только собственной массой и проложенного в уклоне с углом  $20^\circ$ , если диаметр каната 20 мм, тип ЛК-РО, масса 1,52 кг/м, суммарное разрывное усилие проволок 27,6 кН. При расчете принять запас прочности каната 6,5, а коэффициент сопротивления перемещению по почве 0,2.

290. Определить возможность применения подъемного каната, типа ЛК-3 с пределом прочности проволоки при разрыве  $1800 \text{ Н/мм}^2$  и маркой проволоки «1», если даны: подъемная установка грузовая с углом наклона  $35^\circ$ ; диаметр каната  $17,5 \text{ мм}$ ; масса полезного груза  $3500 \text{ кг}$ ; коэффициент тары сосуда  $0,8$ ; коэффициенты сопротивления движению сосуда и каната  $0,01$  и  $0,2$ ; высота подъема  $285 \text{ м}$ .

291. По условию задачи 290 определить диаметр канатов для грузового и людского подъемов.

292. Определить условную плотность стального каната диаметром  $30,5 \text{ мм}$ , изготовленного в соответствии ГОСТ 3077–80 (тип ЛК-О  $6 \times 19(1+9+9)+1 \text{ ос}$ ).

293. По условию задачи 292 определить коэффициент свивки для того же каната (плотность стали принять  $7800 \text{ кг/м}^3$ ).

294. При осмотре каната ЛК-РО вертикальной подъемной установки оказалось, что на одном шаге свивки имеется 8 оборванных проволок. Установить пригодность каната к дальнейшей работе.

295. Новый канат типа ЛК-О диаметром  $30,5 \text{ мм}$  имеет суммарную площадь сечения проволок  $347,8 \text{ мм}^2$ . Канат обслуживает вертикальный одноканатный подъем с высотой подъема  $500 \text{ м}$ . Установить пригодность каната к дальнейшей эксплуатации, если при первой инструментальной проверке потеря сечения составила  $60 \text{ мм}^2$ . Можно ли этот канат эксплуатировать при высоте подъема  $650 \text{ м}$ ?

296. Выбрать канат по ГОСТ 10506–76 для карьерного наклонного одноканатного подъемника, если грузоподъемность скипа  $35500 \text{ кг}$ ; коэффициент тары  $0,6$ ; угол наклона трассы  $40^\circ$ ; коэффициенты сопротивления движению сосуда  $0,01$ ; каната  $0,15$ ; длина подъема  $300 \text{ м}$ , временное сопротивление проволоки разрыву  $1400 \text{ Н/мм}^2$ .

297. Карьерный наклонный одноканатный подъемник предназначен для работы в условиях: грузоподъемность скипа  $35500 \text{ кг}$ ; коэффициент тары  $0,6$ ; угол наклона трассы  $40^\circ$ ; коэффициенты сопротивления движению сосуда  $0,01$ ; каната  $0,15$ . Определить максимальную высоту подъема при использовании каната по ГОСТ 10506–76 диаметром  $50 \text{ мм}$  с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1470 \text{ Н/мм}^2$ .

298. Определить максимальную высоту подъема при использовании двух канатов по ГОСТ 10506–76 диаметром 50 мм с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1470 \text{ Н/мм}^2$  для подъемника по условиям задачи 296.

299. Определить максимальную высоту подъема при использовании каната по ГОСТ 10506–76 диаметром 50 мм с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1470 \text{ Н/мм}^2$  для подъемника по условиям задачи 297, но работающего с полиспастом кратностью 2, КПД которого равен 0,98.

300. Выбрать канат по ГОСТ 10506–76 с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1470 \text{ Н/мм}^2$  для вертикальной одноканатной проходческой подъемной установки, если известно: масса бадьи 960 кг; масса направляющей рамки с прицепным устройством 560 кг; масса породы и воды, загружаемых в сосуд, 5625 кг; длина отвеса каната 375 м.

301. Выбрать канат типа ЛК-3 с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1600 \text{ Н/мм}^2$  для передвижной проходческой 1-концевой подъемной установки, оборудованной подъемной машиной типа Ц-2×1,5 бадьей БПС-1,5, если масса концевого груза равна 3690 кг, а длина отвеса каната 400 м.

302. Выбрать канат типа ЛК-РО с временным сопротивлением проволоки разрыву  $16 \cdot 10^8 \text{ Н/мм}^2$  для подвески проходческого комплекса КС-2У/40 массой 79 т через сдвоенный полиспаст кратностью 5 для проходки ствола глубиной 520 м, и высота проходческого копра 22 м.

303. По условию задачи 302 рассчитать канат для подвески полка по многоканатной схеме, если полки подвесить на 4-х канатах.

304. Выбрать канат по ГОСТ 3079–80 с временным сопротивлением проволоки разрыву  $140 \cdot 10^7 \text{ Н/мм}^2$  для подвески проходческого насоса ППН 50-12С. Масса насоса 2570 кг, глубина ствола 220 м, высота копра 20 м. Линейную массу труб  $108 \times 8$ , укомплектованных деталями крепления и наполненных водой, принять в расчетах  $30,7 \text{ кг/м}$ .

### 5.1.2. Уравновешивающие и подвесные канаты

305. По условиям задачи 276 выбрать уравновешивающий канат по ГОСТ 3092–80 с временным сопротивлением проволоки разрыву  $1370 \text{ Н/мм}^2$  и определить действительный запас прочности.

306. По условиям задачи 279 выбрать уравновешивающий канат по ГОСТ 3092–80 с погонной массой  $12,1 \text{ кг/м}$  и временным сопротивлением проволоки разрыву  $1370 \text{ Н/мм}^2$ . Определить действительный запас прочности каната.

307. По условиям задачи 279 выбрать уравновешивающий канат по ГОСТ 3091–80 с погонной массой  $17,16 \text{ кг/м}$  и временным сопротивлением проволоки разрыву  $1370 \text{ Н/мм}^2$ . Определить действительный запас прочности каната.

308. Выбрать канат типа ЛК-О с временным сопротивлением проволоки разрыву  $14 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$  для подвески металлических труб вентиляции при проходке ствола. Число канатов 2, глубина ствола 350 м, высота копра 20 м, масса 1 м труб с деталями крепления 62 кг.

309. Выбрать канат типа ЛК-О с временным сопротивлением проволоки разрыву  $14 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$  для подвески двух силовых питающих электрических кабелей при проходке ствола. Число канатов 1, глубина ствола 350 м, высота копра 20 м, масса 1 м двух кабелей с деталями крепления 34,5 кг.

### 5.1.3. Тормозные и направляющие канаты

310. Выбрать тормозной канат по ГОСТ 3077–80 для неопрокидной унифицированной клетки 1УКН 4-1. Расчеты выполнить для спуска максимального груза по паспорту клетки. Схема торможения 3-ступенчатая.

311. Выбрать направляющие канаты по ГОСТ 16828–81 для четырех вспомогательных проводников при использовании неопрокидной унифицированной клетки 1УКН 4-1. Расположение направляющих башмаков диагональное. Расчеты выполнить для спуска максимального груза по паспорту клетки.

## **5.2. Подъемные машины**

### **5.2.1. Барабанные машины**

312. Выбрать 2-барабанную подъемную машину для установки на дневной поверхности, если высота подъема 500 м, диаметр каната 32 мм, навивка каната однослойная, резервная длина каната для испытаний 30 м.

313. Выбрать двухбарабанную подъемную машину для установки на поверхности, если высота подъема 520 м, а диаметр каната 63 мм, навивка каната однослойная, резервная длина каната для испытаний 30 м.

314. Выбрать подъемную машину типа ЦР для установки на поверхности, если высота подъема составляет 530 м, диаметр каната 45 мм, резервная длина каната для испытаний 30 м.

315. Выбрать подъемную машину типа 2Ц для слепого 2-концевого подъема, если высота подъема 420 м, диаметр каната 22 мм, число слоев навивки каната 2, резервная длина каната для испытаний 30 м.

316. Выбрать подъемную машину типа Ц для слепого 1-концевого подъема, если высота подъема 650 м, диаметр каната 24 мм, число слоев навивки каната 2, резервная длина каната для испытаний 30 м.

317. Выбрать подъемную машину типа Ц с встроенной бобиной для слепого одноконцевого подъема, если наклонная высота подъема 1400 м, диаметр каната 27 мм, число слоев навивки каната 3, резервная длина каната для испытаний 30 м.

318. Выбрать подъемную машину типа 2Ц или МПБ для установки на поверхности, если высота подъема 450 м, диаметр каната 39,5 мм, резервная длина каната для испытаний 30 м.

319. Подъемная установка оборудована машиной 2Ц-4×1,8; навивка каната диаметром 39,5 мм производится в один слой. Определить максимально возможную высоту подъема этой машины, если резервная длина каната для испытаний принята 30 м.

320. Подъемная установка оборудована машиной 2Ц-5×2,8; навивка каната диаметром 58,5 мм производится в один слой. Сколько витков трения можно расположить на барабанах машины, если высота подъема составляет 575 м, шаг нарезки барабана 62 мм, а резервная длина каната для испытаний 35 м?

321. Подъемная установка оборудована машиной 1×3×2У; на одном канате диаметром 31 мм навешен скип, на втором – противовес. Зазор между свивающимся и навивающимся канатами составляет два витка. Зазор между смежными витками каната на барабанах 2 мм. Определить максимально возможную высоту подъема этой машины, если на барабанах расположены резервные длины канатов для испытаний по 30 м.

322. Подъемная установка оборудована машиной ЦР-5×3/0,6. Определить максимально возможную высоту подъема этой машины, если резервные длины канатов для испытаний составляют по 30 м, а полностью навитый канат диаметром 45,5 мм на заклиненной части барабана не доходит до линии разреза на один виток.

323. Навивка каната диаметром 25 мм на барабаны машины 2×3×1,5У производится в один слой, высота подъема составляет 420 м. Зазор между смежными витками каната 2 мм. Какую резервную длину каната для испытаний можно расположить на барабанах при минимально допустимом числе витков трения?

324. Определить число рабочих витков каната диаметром 53,5 мм, которое может быть размещено на заклиненной части подъемной машины ЦР-5×3/0,6. Число витков трения принять равным пяти, а резервную длину каната для испытаний 30 м.

325. Сколько рабочих витков каната диаметром 58 мм можно разместить на заклиненной части подъемной машины ЦР-6×3/0,6, если число витков трения равно пяти, а резервная длина каната для испытаний 40 м?

326. Сколько рабочих витков каната диаметром 33,5 мм можно разместить на барабанах машины Ц-3,5×2А двухсосудной подъемной установки при шаге навивки 36 мм, если число витков трения равно пяти, а резервная длина канатов для испытаний – по 25 м, зазор между ветвями канатов 2 витка?

327. Подъемная установка с противовесом оборудована машиной Ц-2×1,5В; высота подъема 210 м; резервная длина для испытаний каждого каната 30 м; канаты диаметром 24 мм навиваются на барабан с зазором между ветвями в 2 витка. Сколько витков трения можно расположить на барабанах у каждой ветви каната, если шаг навивки каната 26 мм?

328. Вертикальная 1-канатная подъемная установка оборудована машиной 2Ц-3,5×1,8 и скипами грузоподъемностью 6,0 т с собственной массой 6,4 т, навешенными на канаты массой 6,08 кг/м. Высота подъема составляет 300 м, высота копра 40 м, приемная площадка расположена над поверхностью земли на высоте 26 м. Определить максимальное статическое усилие и максимальную разность статических усилий подъемной установки и допустимость этих нагрузок для установленной машины.

329. Вертикальная 1-канатная подъемная установка оборудована машиной 2Ц-4×1,8 и скипами грузоподъемностью 4,0 т с собственной массой 5,8 т, навешенными на канаты массой 3,75 кг/м. Высота подъема составляет 520 м, высота копра 35 м, приемного бункера 23 м. Определить максимальное статическое усилие и максимальную разность статических усилий подъемной установки. Оценить допустимость применения машины для этих условий.

330. Вертикальная подъемная установка оборудована машиной 2Ц-5×2,8 и породными скипами грузоподъемностью 15 т с собственной массой 15,6 т. Подъемный канат имеет массу 9,91 кг/м, уравновешивающий – 13,61 кг/м. Высота подъема 550 м, высота копра 45 м, высота приемного бункера 23 м. Высота петли уравновешивающего каната составляет 25 м. Определить максимальное статическое усилие и максимальную разность статических усилий установки. Оценить допустимость применения машины для этих условий.

331. Вертикальная 1-канатная подъемная установка оборудована машиной ЦР-5×3/0,6 и скипами с собственной массой 9,02 т, навешенными на канаты массой 11,15 кг/м. Высота подъема составляет 500 м, высота копра 48 м, высота приемного бункера 26 м. Какую полезную массу можно загрузить в скип, не превысив значений максимального статического усилия и максимальной разности статических усилий для этой машины?

332. Определить наибольшую высоту подъема машины типа  $1 \times 3 \times 2У$  для проходческой установки, если шаг навивки каната на барабан 31 мм, диаметр каната 29 мм, число слоев навивки каната 2, длина каната для испытаний 20 м.

333. Определить число слоев навивки каната на барабан подъемной машины  $2Ц-3,5 \times 1,8$ ; если высота слепого подъема равна 560 м; шаг нарезки на барабанах 40 мм.

334. Определить возможность применения машины типа  $ЦР-4 \times 3/0,7$  для подъема груза на высоту 350 м, если шаг нарезки барабана 44 мм, а подъемная установка 2-концевая одноканатная.

335. Определить максимальную высоту подъема для машины  $2Ц-3,5 \times 1,7$  при ее расположении на дневной поверхности, если шаг нарезки под канат на барабанах 40 мм, а длина для испытаний 30 м.

### **5.2.2. Машины со шкивом трения**

336. Выбрать подъемную машину типа МК из условия допустимого удельного давления канатов на футеровку  $25 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ , если головных канатов 4, диаметр их 25 мм, массы 1 м головного и хвостового канатов равны, тип скипов  $2СН15-2$ , высота подъема 500 м, высота копра 70 м.

337. Проверить возможность применения многоканатной машины  $МК-3,25 \times 4$  при следующих условиях: тип сосудов  $2СН15-2$ , высота подъема 500 м, высота копра 70 м, высота петли хвостового каната 40 м, масса 1 м головного каната 3,075 кг, общие массы головных и хвостовых канатов одинаковы.

338. Проверить соответствие НТП подъемных установок для угольных шахт отношения диаметра шкива  $ЦШ-2,1 \times 4$  к диаметру каната 25 мм при наличии и отсутствии отклоняющих шкивов.

339. У многоканатного подъема максимальные статическая нагрузка и разность статических нагрузок составляют 370,5 кН и 130 кН. Определить, на сколько процентов они увеличатся, если общая масса 1 м хвостовых канатов возрастет на 18 кг/м; исходные данные: скипы  $2СН15-2$ , масса головного каната 3,075 кг/м, число головных канатов 4, высота подъема 500 м, высота копра 70 м, высота петли хвостового каната 40 м.

340. Определить усилие в поднимающейся ветви многоканатного подъема, при котором не будет проскальзывания канатов, если усилие в опускающейся ветви равно 230 кН, коэффициент трения канатов о футеровку ведущего шкива 0,25; отклоняющие шкивы отсутствуют.

341. Проверить по допустимому давлению каната 2,5 МПа на футеровку шкива машины МК-2,25×4 для случаев подъема угля и породы в скипах СН11-2, если высота подъема 450 м, высота копра 60 м, головные канаты по ГОСТ 3085–80 диаметром 23 мм, хвостовые канаты – 2 шт. по ГОСТ 3092–80 с массой каждого 9,43 кг/м, высота петли хвостовых канатов 30 м, высота приемного бункера 20 м.

342. На сколько процентов увеличится усилие в набегающей ветви многоканатной машины МК-4×4, если применить отклоняющие шкивы? Известно, что усилие в сбегаящей ветви 140 кН, коэффициент трения канатов о футеровку шкива 0,3, угол охвата канатами шкива без отклоняющих шкивов 180°, а с отклоняющими шкивами 210°.

343. Рассчитать статический коэффициент безопасности против скольжения подъемных канатов при условиях: машина МК-3,25×4, скипы угольные 2СН-15-2, высота подъема 500 м, высота копра 70 м, высота приемного бункера 26 м, головные канаты диаметром 25 мм (ГОСТ 3085–80), уравнивающие канаты с общей массой 18,0 кг/м, высота петли хвостовых канатов 30 м, угол охвата канатами шкива 210°, коэффициент трения 0,2.

344. Как изменится статический коэффициент безопасности против скольжения, равный 1,77, после того, как в машине МК-3,25×4 заменили футеровочные вкладыши на пластмассовые и коэффициент трения увеличился с 0,20 до 0,30, если статическое натяжение поднимающейся ветви 248,32 кН; угол охвата канатами шкива трения 210°?

345. Многоканатная установка без отклоняющих шкивов имеет статические усилия поднимающейся и опускающейся ветвей 300 кН и 200 кН, коэффициент трения канатов о футеровку из дуба равен 0,15. Определить статический коэффициент безопасности против скольжения и как он изменится, если путем замены материала футеровки коэффициент трения повысить до 0,25.

346. Статические усилия в поднимающейся и опускающейся ветви 300 кН и 200 кН. Определить угол охвата канатами шкива трения при обеспечении нормированного статического коэффициента безопасности против скольжения.

347. Определить статические натяжения поднимающейся и опускающейся ветви канатов для машины МК-2,25×4. В работе находятся два угольных скипа 1СН11-2, головные канаты диаметром 25 мм (ГОСТ 3085–80), уравнивающий канат размером 202×33 мм (ГОСТ 3092–80). Высота подъема 500 м, высота копра 65 м, высота петли хвостового каната равна 1,5 высоты максимального переподъема, требуемой нормами технического проектирования.

348. Рассчитать по условию задачи 347 приведенные массы поднимающейся и опускающейся ветвей канатов, но при этом учесть, что подъемная установка имеет отклоняющие шкивы на одной ветви канатов, обеспечивающие угол охвата канатами шкива трения  $195^\circ$ .

349. Рассчитать и проверить по нормам динамический коэффициент безопасности против скольжения канатов по шкиву многоканатной подъемной установки, если даны: статические натяжения поднимающейся и опускающейся ветвей канатов 350 кН и 210 кН, приведенные массы этих ветвей 3075 кг и 4026 кг, ускорения и замедления  $0,8 \text{ м/с}^2$ , угол охвата канатами шкива трения  $195^\circ$ , коэффициент трения канатов о шкив 0,25.

350. Какое значение примет динамический коэффициент безопасности против скольжения по данным задачи 349, если ускорение и замедление принять равным  $0,5 \text{ м/с}^2$ ?

351. Рассчитать статический и динамический коэффициенты безопасности против скольжения при пуске многоканатной подъемной установки с параметрами: статические натяжения поднимающейся и опускающейся ветвей 334,79 кН и 220,18 кН; приведенная масса этих ветвей 3076 кг и 4028 кг; ускорение и замедление  $0,6 \text{ м/с}^2$ ; угол охвата канатами шкива трения  $195^\circ$ ; футеровка пластмассовая с коэффициентом трения 0,25.

352. Определить по условию задачи 351, как изменится динамический коэффициент безопасности против скольжения канатов в период торможения, если замедление равно  $3,5 \text{ м/с}^2$ .

353. Для многоканатной подъемной установки, оборудованной машиной МК-3,25×4, определить допустимое ускорение в период разгона из условия нескольжения канатов. Принять статические натяжения в поднимающейся и опускающейся ветвях 450 кН и 360 кН, приведенные массы этих ветвей 3980 кг и 2940 кг, коэффициент трения между канатами и шкивом 0,25, угол охвата  $195^\circ$ .

354. Рассчитать критические замедления в многоканатной подъемной установке при подъеме и спуске груза, если используется машина МК-2,25×4, отклоняющие шкивы отсутствуют, коэффициент трения канатов о шкив 0,20, статические натяжения поднимающейся и опускающейся ветвей канатов 310 кН и 215 кН.

355. Рассчитать критические ускорения в случае, если подъемную установку, описанную в задаче 354, оборудовать отклоняющими шкивами в каждой ветви канатов, что обеспечит симметричный относительно оси приводного шкива угол его охвата  $210^\circ$ .

356. Определить и проверить по правилам безопасности замедление при торможении поднимаемого груза скиповой многоканатной установкой, если статический момент на коренном валу машины МК-2,25×4 равен  $10,64 \cdot 10^4$  Н·м, тормозной момент –  $31,92 \cdot 10^4$  Н·м, приведенная масса – 13020 кг.

### **5.3. Геометрические характеристики установки на поверхности**

#### **5.3.1. Со стальными разборными копрами**

357. Определить минимальную высоту копра проектируемой вертикальной установки для подъема угля, оборудованной машиной 2Ц-4×2,3; скипами грузоподъемностью 8 т, навешенными на канат диаметром 45 мм, если высота приемной площадки составляет 26 м, а превышение рамы скипа над верхней кромкой бункера – 0,3 м.

358. Определить высоту копра по условию задачи 356, если подъемная установка оборудована машиной ЦР-5×3/0,6.

359. Определить высоту копра проектируемой вертикальной подъемной установки, оборудованной машиной ЦР-4×3/0,7, клетями высотой 9,58 м, навешенными на канаты диаметром 47,5 мм, если высота приемной площадки (эстакады) над поверхностью земли составляет 17,5 м.

360. Определить максимально возможную высоту скипа (существующая – 9,2 м) при наращивании его для увеличения производительности подъемной установки, если высота копра составляет 45 м, высота приемной площадки 29 м, превышение рамы скипа над кромкой бункера – 0,3 м, диаметр каната 50,5 мм, диаметр направляющего шкива 4 м, машина 2Ц-5×2,4. Предполагается при этом увеличение диаметра каната до 53,5 мм.

361. Определить положение оси барабана относительно нулевой отметки, если высота копра 32 м, направляющие шкивы диаметром 4 м расположены на одной горизонтальной оси, расстояние от оси барабана до отвеса каната 32 м, длина струны каната 45 м.

362. Определить расстояние от оси вала барабана до отвеса нижнего каната, если направляющие шкивы диаметром 3 м расположены в одной вертикальной плоскости, высота копра 32,5 м, ось вала барабана ниже нулевой отметки на 2 м, угол наклона нижней струны каната к горизонту  $40^\circ$ , вертикальное расстояние между осями направляющих шкивов 4,5 м.

363. Определить положение оси вала барабана относительно нулевой отметки, если направляющие шкивы диаметром 5 м расположены в одной вертикальной плоскости, высота копра 48 м, длина струны каната 63 м, расстояние от оси вала барабана до отвеса верхнего каната 44 м.

364. Определить расстояние от оси вала барабана до отвеса верхнего каната в стволе, если высота копра 50 м, направляющие шкивы диаметром 4 м, ось вала барабана ниже нулевой отметки на 2 м, угол наклона верхней струны каната к горизонту  $46^\circ$ .

365. Определить расстояние от оси вала барабана до отвеса верхнего каната, если высота копра 41 м, направляющие шкивы диаметром 4 м, ось вала барабана находится на уровне нулевой отметки, угол наклона верхней струны каната к горизонту  $43^\circ$ .

366. Определить расстояние от оси барабана до отвеса нижнего каната, если высота копра 24 м, направляющие шкивы диаметром 3 м, ось вала барабана выше нулевой отметки на 3 м, угол наклона нижней струны каната к горизонту  $35^\circ$ , вертикальное расстояние между осями направляющих шкивов 4 м.

367. Определить средние значения угла наклона и длины струны каната, если ось вала барабана выше нулевой отметки на 0,8 м, расстояние от отвесов канатов в стволе до оси барабана 30 м, высота копра 32 м, направляющие шкивы диаметром 4 м.

368. Определить средние значения длины и угла наклона струны каната к горизонту, если ось вала барабана ниже нулевой отметки на 3 м, расстояние от отвесов канатов в стволе до оси барабана 40 м, высота копра 43 м, направляющие шкивы диаметром 5 м.

369. Определить средние значения длины и угла наклона струны каната к горизонту, если ось вала барабана совпадает с нулевой отметкой и удалена от отвесов в стволе на 50 м, высота копра 34 м, диаметр шкивов 4 м.

370. Определить расстояние от оси вала барабанов до отвесов канатов в стволе, если высота копра 41 м, направляющие шкивы диаметром 4 м, ось вала барабанов выше нулевой отметки на 1,2 м, средний угол наклона струны каната к горизонту  $42^\circ$ .

371. Определить расстояние от оси вала барабана до отвесов каната в стволе, если высота копра 35 м, направляющие шкивы диаметром 5 м, ось вала барабана ниже нулевой отметки на 0,5 м, средний угол наклона струны каната к горизонту  $35^\circ$ .

372. Определить расстояние от оси вала барабана до отвесов канатов в стволе, если высота копра 46 м, шкивы диаметром 4, ось вала барабана находится на уровне нулевой отметки, средний угол наклона струны каната к горизонту  $50^\circ$ .

373. Определить расстояние от оси вала барабана до отвеса верхнего каната, если высота копра 53 м, шкивы диаметром 5 м, ось вала барабана выше нулевой отметки на 3 м, угол наклона верхней струны каната к горизонту  $48^\circ$ .

374. Определить угол наклона и длину нижней струны каната, если высота копра 44 м, направляющие шкивы диаметром 4 м, расстояние от оси вала барабана до отвеса верхнего каната 35 м, расстояние между центрами сосудов в стволе 2,25 м, вертикальное расстояние между осями направляющих шкивов 5 м, ось вала барабана выше нулевой отметки на 1 м.

375. Определить угол наклона и длину нижней струны каната, если высота копра 48 м, направляющие шкивы диаметром 6 м, вертикальное расстояние между осями шкивов 7,5 м, расстояние от оси вала барабана до отвеса верхнего каната 45 м, расстояние между центрами сосудов в стволе 2,25 м, ось вала барабана ниже нулевой отметки на 2 м.

376. Определить длину верхней струны каната, если направляющие шкивы диаметром 5 м, расстояние от оси вала барабанов до отвеса нижнего каната 42 м, расстояние между центрами сосудов в стволе 1,7 м, высота копра 29 м, ось вала барабанов находится выше нулевой отметки на 2 м.

377. Подъемная установка оборудована машиной  $2 \times 3 \times 1,5У$  с шагом навивки каната 40 мм, расстояние между внутренними ребрами барабанов 108 мм, а между центрами сосудов 2100 мм, длина каната на испытания 30 м. Определить максимальное значение углов девиации, если длина струны каната составляет 50 м.

378. Подъемная установка оборудована машиной  $2Ц-5 \times 2,8$  с шагом навивки каната 62 мм, расстояние между внутренними ребрами барабанов 60 мм, а между центрами сосудов 2250 мм. Определить минимальную длину струны каната при максимальных значениях углов девиации.

379. Подъемная установка оборудована машиной ЦР-6 $\times$ 3/0,6 с шагом навивки каната 56 мм; полностью навитый канат не доходит до линии разреза барабана на 2 витка. Направляющие шкивы расположены в одной вертикальной плоскости, делящей барабан на две равные части. Длина верхней струны каната 62 м, а нижней – 55 м. Определить максимальные значения углов девиации.

380. Подъемная установка оборудована машиной с разрезным барабаном ЦР-4 $\times$ 3/0,7 с шагом навивки каната 40 мм, полностью навитый канат не доходит до линии разреза барабана на 1 виток, направляющие шкивы расположены в одной вертикальной плоскости, разделяющей барабан на две равные части. Определить минимальную длину струны каната при максимальном значении углов девиации.

### 5.3.2. С башенными копрами

381. Скиповая подъемная установка угольной шахты оборудована машиной со шкивом трения ЦШ-5×6 и сосудами грузоподъемностью 20 т. Высота и ход амортизаторов скипов равны 5 м. Расстояние между отвесами канатов в стволе 2,8 м. Угол охвата канатами приводного шкива располагается симметрично относительно его оси и равен 210°. Высота машинного зала, где установлены отклоняющие шкивы, равна 8 м. Высота канала для отвода метана 1 м. Верхняя кромка приемного бункера расположена выше уровня земли на 35 м. Нижняя кромка рамы скипа во время разгрузки располагается выше верхней кромки приемного бункера на 1 м. Высота перекрытия между нижним и верхним машинным залом 0,5 м. Высота расположения оси приводного шкива над полом машинного зала 0,8 м. Высоту верхнего машинного зала принять равной 8 м. Определить высоту копра при максимальной высоте переподъема, допустимой нормами технологического проектирования.

382. Скиповая подъемная установка угольной шахты оборудована машиной со шкивом трения ЦШ-5×6 и сосудами грузоподъемностью 20 т. Высота и ход амортизаторов скипов равны 5 м. Расстояние между отвесами канатов в стволе 2,8 м. Угол охвата канатами приводного шкива располагается асимметрично относительно его оси и равен 195°. Высота канала для отвода метана 1 м. Верхняя кромка приемного бункера расположена выше уровня земли на 35 м. Нижняя кромка рамы скипа во время разгрузки располагается выше верхней кромки приемного бункера на 1 м. Высота перекрытия между нижним и верхним машинным залом 0,5 м. Высота расположения оси приводного шкива над полом машинного зала 0,8 м. Высоту верхнего машинного зала принять равной 8 м. Определить высоту машинного зала, где установлены отклоняющие шкивы, и принять ее кратной 1 м. Определить высоту копра при максимальной высоте переподъема, допустимой нормами технологического проектирования.

383. Определить высоту верхней кромки приемного бункера скиповой установки производительностью 400 т/ч. Выгрузка угля из бункера должна предусматривать прямую погрузку полувагонов РЖД. Плотность угля в насыпке принять 0,85 т/м<sup>3</sup>. Сечение каждого отделения бункера 4×2 м. Принять высоту выпускной воронки равной 0,2 высоты бункера.

#### 5.4. Кинематика подъемной установки

384. Годовая производительная угольной шахты 1,2 млн. т. Подъем – скиповой, вертикальный, с высотой подъема 300 м – функционирует в 3 смены по 6 часов 300 дней в году. Определить необходимую часовую производительность подъема и грузоподъемность скипа.

385. Определить время подъемного цикла, обеспечивающего выполнение заданной производительности по углю 500 т/ч. Подъем 2-концевой, оборудованный скипами 5СН11-1.

386. Производительность породного подъема, снабженного одним скипом 1СН 5-2, равна 300 т/ч. Определить время цикла подъема, если продолжительность смены 6 ч.

387. Определить время движения 2-клетевого подъема из условия спуска – подъема 370 рабочих смены за нормативное время в клетях 1УКН 3,2-1.

388. Определить максимальную скорость движения людской двухклетевой вертикальной подъемной установки и проверить ее соответствие правилам безопасности для угольных шахт, если время движения клетей равно 80 с, высота подъема 450 м, множитель скорости принять 1,2.

389. Определить емкость бадьи и часовую производительность двухконцевой проходческой подъемной установки, если время цикла равно 168 с, а в стволе работает комплекс с погрузочной машиной КС-2У/40.

390. Определить скорость проходки в месяц ствола диаметром 8 м (вчерне), оборудованного двухбадьевым подъемом с производительностью 57 м<sup>3</sup>/ч. При расчете принять время выдачи породы в сутки 6 ч, рабочих дней в месяце 25, коэффициент разрыхления породы 1,8, а коэффициент неравномерности работы подъема 1,2.

391. Многоканатная 2-сосудная установка для подъема руды на 550 м с производительностью 560 т/ч. Определить полезную массу сосудов, число подъемов в час, продолжительность подъемного цикла и максимальную скорость, приняв величину множителя скорости 1,2.

392. Определить часовую производительность наклонного 2-сосудного карьерного подъемника, если грузоподъемность скипа 30 т при объеме кузова  $20 \text{ м}^3$ , максимальная скорость движения сосудов 7 м/с, длина подъема 300 м, множитель скорости принять 1,3.

393. Продолжительность работы карьерного наклонного подъемника 300 дней в году и 14 часов в сутки. Определить годовую производительность подъемника, если часовая производительность равна 2000 т/ч.

394. Производственная мощность карьера равна 20 млн. т в год, продолжительность работы предприятия 300 дней в году и 14 часов в сутки. Полезная масса скипов у 2-сосудных подъемников равна 40 т, продолжительность загрузки (разгрузки) 25 с, длина пути 400 м, максимальная скорость движения сосудов 6 м/с, множитель скорости 1,25. Определить необходимое число подъемников при резерве их производительности 50 %.

395. Определить фактическое значение коэффициента резерва производительности карьерного подъемника, если его годовая производительность составила 4,5 млн. т, при числе рабочих дней в году 300 с числом часов работы в сутки 15, а часовая производительность 1330 т.

396. Определить время подъема сосуда на высоту 340 м, если диаграмма скоростей трехпериодная линейная с максимальной скоростью 7,35 м/с и ускорениями  $\pm 0,7 \text{ м/с}^2$ .

397. Какова будет максимальная скорость движения сосудов при двухпериодной линейной диаграмме скорости, если высота подъема равна 350 м, а время движения 80 с?

398. Определить высоту подъема, если диаграмма скорости трехпериодная линейная с ускорениями  $\pm 0,85 \text{ м/с}^2$ , временем равномерного движения 6,5 с и максимальной скоростью движения 16 м/с.

399. Определить высоту подъема, если диаграмма скорости трехпериодная линейная, ускорение  $0,90 \text{ м/с}^2$ , замедление  $0,75 \text{ м/с}^2$ , время разгона и замедления 12,0 с и 14,4 с, путь движения с постоянной скоростью 270 м.

400. Определить значение множителя скорости и число периодов для подъемной установки с высотой подъема 400 м, временем движения сосудов 80 с, максимальной скоростью 10 м/с.

401. Определить фактическое значение множителя скорости для подъемной установки с машиной 2Ц-4×1,8, редуктором 2ЦО-18, синхронной частотой вращения двигателей  $5 \text{ с}^{-1}$ , скольжением 3 %, если высота подъема равна 350 м, а время движения составляет 80 с.

402. Определить необходимую максимальную скорость движения при высоте подъема 275 м, времени движения сосудов 70 с, ускорении  $\pm 0,85 \text{ м/с}^2$ .

403. Коэффициент неполноты симметричной линейной диаграммы скорости равен 1,25, время движения сосудов 60 с, высота подъема 275 м. Определить ускорение и замедление.

404. Подъемная установка оснащена машиной 2Ц-5×2,4 с передаточным отношением редуктора 10,5; синхронной частотой вращения и скольжением ротора двигателя  $5 \text{ с}^{-1}$  и 3 %. Определить недостающие элементы трехпериодной симметричной линейной диаграммы скорости, характеризуемой высотой подъема 483 м и ускорениями  $\pm 0,75 \text{ м/с}^2$ .

405. Определить время движения при трехпериодной линейной диаграмме скорости, если высота подъема равна 380 м, максимальная скорость движения  $7,5 \text{ м/с}$ , ускорение  $0,8 \text{ м/с}^2$ , замедление  $0,65 \text{ м/с}^2$ .

406. Время движения при трехпериодной линейной симметричной диаграмме скорости равно 62 с, максимальная скорость движения  $7,5 \text{ м/с}$ , высота подъема 375 м. Определить время равномерного движения.

407. Для линейной симметричной трехпериодной диаграммы скорости с временем движения 62 с и множителем скорости 1,24 найти время разгона и замедления.

408. Определить угол между линией скорости и осью времени на линейной трехпериодной диаграмме скорости, если время движения 62 с, множитель скорости 1,24, максимальная скорость  $7,5 \text{ м/с}$ , ускорение и замедление равны.

409. Определить ускорение движения скипа при выходе из разгрузочных кривых, если скорость выхода равна  $1,3 \text{ м/с}$ , длина пути в разгрузочных кривых составляет  $2,7 \text{ м}$ , диаграмма скорости пятипериодная линейная.

410. Рассчитать время и путь движения скипов с ускорением вне разгрузочных кривых для линейной пятипериодной диаграммы скорости, если скорость сосудов при выходе из разгрузочных кривых равна  $0,5 \text{ м/с}$ , максимальная скорость движения  $10 \text{ м/с}$ , длина разгрузочных кривых  $2,17 \text{ м}$ , а ускорение вне кривых в  $3$  раза превышает ускорение кривых.

411. Ускорение и время движения в разгрузочных кривых  $0,2 \text{ м/с}^2$  и  $7,35 \text{ с}$ , а ускорение вне разгрузочных кривых  $0,75 \text{ м/с}^2$ , а время разгона на этом участке  $12,5 \text{ с}$ . Учитывая, что диаграмма скорости пятипериодная линейная, определить скорость выхода из разгрузочных кривых и максимальную скорость движения сосудов.

412. Определить пути, пройденные подъемными сосудами вне кривых в период разгона, равномерного движения и замедления при семипериодной линейной диаграмме скорости, если высота подъема  $340 \text{ м}$ , максимальная скорость  $5,75 \text{ м/с}$ , ускорения в кривых  $\pm 0,30 \text{ м/с}^2$ , ускорения вне кривых  $\pm 0,75 \text{ м/с}^2$ , скорости входа и выхода из разгрузочных кривых  $0,5 \text{ м/с}$ , длина разгрузочных кривых  $2,4 \text{ м}$ .

413. Построить семипериодные диаграммы скорости и ускорений и определить время движения системы, если высота подъема  $500 \text{ м}$ , число подъемов за час  $34$ , пауза на загрузку и разгрузку сосудов  $8 \text{ с}$ , ускорение выхода из кривых  $0,30 \text{ м/с}^2$ , ускорение стопорения  $0,25 \text{ м/с}^2$ , ускорения вне кривых  $\pm 0,5 \text{ м/с}^2$ , длина разгрузочных кривых  $2,17 \text{ м}$ .

414. Построить семипериодные диаграммы скорости и ускорений и определить время движения системы, если высота подъема  $500 \text{ м}$ , число подъемов за час  $34$ , пауза на загрузку и разгрузку клетки  $18 \text{ с}$ , ускорение трогания  $0,30 \text{ м/с}^2$ , ускорение стопорения  $0,25 \text{ м/с}^2$ , ускорения разгона и торможения  $\pm 0,5 \text{ м/с}^2$ .

### 5.5. Динамика подъемной установки

415. Неуравновешенная подъемная установка с высотой подъема 480 м оборудована скипами грузоподъемностью 9,3 т, погонная масса подъемного каната 9,11 кг/м. Определить приведенную массу установки, если движущее усилие на окружности навивки в начале периода разгона с ускорением  $0,75 \text{ м/с}^2$  равно 210 кН, а высота разгрузочной кривой 3,5 м.

416. Грузовая подъемная установка, оборудованная противовесом и клетью с собственной массой 3,48 т, производит подъем 5,35 т породы в вагонетке с собственной массой 1,15 т. Определить массу противовеса и статическое усилие в начале подъемной операции, если погонная масса каната составляет 5,385 кг/м, а высота подъема 450 м.

417. Шахтная скиповая установка с высотой подъема 550 м оборудована сосудами грузоподъемностью 8,5 т, погонная масса каната составляет 8,47 кг/м, приведенная масса установки 103,5 т. Определить движущие усилия на окружности навивки в начале и конце движения, если ускорение и замедление принято  $0,3 \text{ м/с}^2$ .

418. Шахтная установка с высотой подъема 475 м оборудована скипами с грузоподъемностью 8,5 т, погонная масса каната составляет 8,47 кг/м. Какой путь пройдут сосуды с момента трогания до начала равномерного движения с максимальной скоростью, если в начале периода равномерного движения усилие на окружности навивки составило 120 кН?

419. Подъемная установка с высотой подъема 775 м оборудована скипами грузоподъемностью 8,5 т. Массы подъемного и уравновешивающего канатов соответственно равны 8,47 кг/м и 9,43 кг/м, приведенная масса установки 106 т. Определить движущие усилия на окружности навивки в начале движения при наличии и отсутствии уравновешивающего каната, если ускорение равно  $0,3 \text{ м/с}^2$ .

420. Шахтная установка с высотой подъема 920 м оборудована скипами грузоподъемностью 5,6 т. Массы подъемного и уравновешивающего канатов 8,37 кг/м и 9,48 кг/м. Определить статические усилия на окружности навивки барабана подъемной машины в начале и конце движения.

421. Двухскиповая подъемная установка оборудована машиной ЦР-5×3/0,6 с маховым моментом  $6800 \text{ кН}\cdot\text{м}^2$ . Направляющие шкивы диаметром 4 м имеют маховый момент  $345 \text{ кН}\cdot\text{м}^2$ . Приводом машины являются два двигателя АКН-16-41-20, маховый момент ротора у каждого из которых равен  $29 \text{ кН}\cdot\text{м}^2$ , а редуктор 2ЦО-22 с передаточным числом 10,5 имеет маховый момент  $2500 \text{ кН}\cdot\text{м}^2$ . Определить приведенную массу вращающихся частей подъемной установки.

422. Подъемная установка оборудована скипами грузоподъемностью 8,5 т с собственной массой 8,46 т, общая длина одного каната массой 8,47 кг/м составляет 745 м. Определить массу поступательно движущихся частей подъемной установки.

423. Подъемная установка с высотой подъема 850 м оборудована скипами грузоподъемностью 13 т, погонная масса подъемного каната 11,15 кг/м, а уравновешивающего 11,50 кг/м. В период основного ускорения движущее усилие на окружности навивки составило 300 кН, а коэффициент шахтных сопротивлений 1,15. Какой величине ускорения соответствует это усилие, если пути, пройденные сосудами, составили по 30 м, а приведенная масса установки равна 165 т?

424. Подъемная установка с высотой подъема 1000 м оборудована скипами грузоподъемностью 13 т, погонная масса каната 13 кг/м, а уравновешивающего 16 кг/м. Приведенная масса установки 170 т, а коэффициент шахтных сопротивлений 1,15. Определить движущее усилие на окружности навивки, если пути, пройденные сосудами, составили по 950 м и происходит движение сосудов с замедлением  $0,7 \text{ м/с}^2$ .

425. Подъемная установка с высотой подъема 350 м производит подъем 5,2 т породы в опрокидной клетке с собственной массой вместе с вагонеткой 6,4 т. Подъемный канат имеет погонную массу 6,08 кг/м, приведенная масса установки составляет 80 т. Определить движущее усилие в конце движения кузова клетки по криволинейному участку разгрузочных кривых с замедлением  $0,3 \text{ м/с}^2$ . Коэффициент, учитывающий частичную разгрузку вагонетки, принять равным 0,7, а коэффициент, учитывающий передачу массы клетки и вагонетки на разгрузочные кривые, – 0,5.

426. Подъемная установка с высотой подъема 425 м производит выдачу руды массой по 8 т опрокидными скипами с собственной массой 6 т. Погонная масса каната 6,35 кг/м, а приведенная масса установки 75 т. Определить движущее усилие в начале движения по криволинейному участку разгрузочных кривых, если ускорение составляет  $0,3 \text{ м/с}^2$ , а коэффициент, учитывающий передачу массы скипа на разгрузочные кривые, равен 0,35.

427. Подъемная установка с высотой подъема 525 м оборудована скипами грузоподъемностью 13 т. Погонная масса каната 9,91 кг/м, а приведенная масса установки 148 т. Определить начальное замедление подъемной системы, если коэффициент шахтных сопротивлений 1,15, а выключение подъемного двигателя производится без применять торможения. Пройденный скипами путь перед началом замедления принять равным 485 м.

428. Подъемная установка с высотой подъема 900 м оборудована скипами грузоподъемностью 9,3 т. Приведенная масса установки 107,8 т, а погонная масса подъемного каната 11,15 кг/м. Определить линейную массу уравновешивающего каната и выбрать его при условии, что движущее усилие при величине замедления  $1 \text{ м/с}^2$  будет равно нулю. Оставшийся путь движения сосудов принять 30 м, а коэффициент шахтных сопротивлений 1,15.

### **5.6. Мощность двигателя, расход энергии и КПД установки**

429. Определить эквивалентную продолжительность цикла вертикальной клетевой подъемной установки, если периоды ее движения составляют: с ускорением 10 с, с постоянной скоростью 35 с, а с замедлением 12 с. Пауза продолжительностью 20 с. Коэффициент ухудшения охлаждения двигателя в период ускорения и замедления принять равным 0,5, в период паузы – 0,25.

430. Определить эквивалентное время цикла вертикального скипового подъема при продолжительностях движения: выхода из кривых 5 с, основного ускорения 6 с, равномерного движения 45 с, замедления 8 с, дотягивания 4 с, стопорения 3 с, паузы 10 с. Коэффициент ухудшения охлаждения двигателя в период неустановившегося движения принять равным 0,5, а в период паузы – 0,25.

431. Определить номинальное усилие на окружности навивки, если мощность двигателя 800 кВт, максимальная скорость подъема 8,5 м/с, КПД редуктора 0,95.

432. Какова мощность двигателя, если движущее усилие на окружности навивки барабана 79,4 кН, максимальная скорость подъема 7,3 м/с, КПД редуктора 0,92?

433. Какова максимальная скорость подъема, если подъемная машина имеет двухдвигательный привод с единичной мощностью 1000 кВт, номинальное усилие на окружности барабана при максимальной скорости движения 275 кН, КПД редуктора 0,93?

434. Допустима ли перегрузка асинхронного двигателя, если максимальное движущее усилие на окружности навивки 193,4 кН, а номинальное усилие и перегрузочная способность двигателя 126,4 кН и 2,2?

435. Допустима ли перегрузка двух асинхронных двигателей подъемной машины, если максимальное движущее усилие на окружности навивки составляет 255 кН, а номинальное усилие и перегрузочная способность каждого двигателя 80 кН и 2,0?

436. Определить перегрузку электродвигателя, когда нижняя клеть стоит на кулаках, а верхняя клеть массой 5,08 т приподнимается над кулаками. В клетке помещена вагонетка массой 1,71 т с грузом 4,5 т. Высота подъема составляет 550 м, погонная масса каната 6,35 кг/м, номинальное усилие двигателя на окружности навивки 57,4 кН, а коэффициент шахтных сопротивлений 1,15.

437. Определить перегрузку двухдвигательного электропривода при навеске подъемного каната, если высота подъема 460 м, погонная масса каната 7,37 кг/м, грузоподъемность скипа 8,5 т, собственная масса сосуда 8,46 т, номинальное усилие каждого двигателя на окружности навивки 81 кН, а коэффициент шахтных сопротивлений 1,10.

438. Определить номинальное усилие на окружности навивки, если мощность двигателя 800 кВт, средняя скорость подъема 6,5 м/с, множитель скорости 1,30, КПД редуктора 0,96.

439. Определить эквивалентное усилие на окружности навивки при трехпериодной диаграмме скорости, если за 9,5 с равноускоренного движения движущее усилие изменилось со 105 до 99,5 кН; за 25 с равномерного движения – с 61,5 до 34,5 кН, за 12 с равнозамедленного движения – с 8,25 до 1,5 кН. Принять паузу между подъемными операциями 25 с, коэффициенты ухудшения охлаждения двигателя в периоды неустановившегося движения 0,50 и паузы – 0,25.

440. Выбрать двигатель модели АКН для подъемной машины с диаметром барабана 4 м, если эквивалентное усилие за цикл 78,6 кН, максимальная скорость подъема 6,65 м/с, передаточное число и КПД редуктора 11,5 и 0,94.

441. Выбрать приводные двигатели модели АКН для подъемной машины ЦР-5×3/0,6 скипового подъема, если скипы грузоподъемностью 8,5 т, редуктор 2ЦО-22 с передаточным числом 10,5 и КПД 92 %, высота подъема 580 м, максимальная скорость движения 7,23 м/с, а продолжительность движения за цикл 83 с.

442. Определить ориентировочное значение КПД подъемной машины и статически уравновешенной установки, если максимальная скорость движения скипов составляет 7,23 м/с, продолжительность движения 85 с, высота подъема 505 м, коэффициент шахтных сопротивлений 1,10, КПД электродвигателя и КПД редуктора 0,92.

443. Определить ориентировочное значение КПД подъемной установки, если при высоте подъема 350 м продолжительность движения скипов составляет 69 с. Подъемная машина ЦР-4×3/0,7 имеет частоту вращения вала 31,74 об/мин, КПД редуктора и КПД двигателя 0,93. Коэффициент шахтных сопротивлений принять 1,15.

444. Определить КПД подъемной машины и установки при высоте подъема 350 м, если расход электроэнергии за одну подъемную операцию при подъеме скипа с грузом 8 т составляет 14,47 кВт·ч. Коэффициент шахтных сопротивлений принять 1,15.

445. Определить допустимую максимальную скорость подъема, если при эквивалентном движущем усилии на окружности навивки 90 кН эквивалентная мощность двигателя составляет 590 кВт (КПД редуктора 94 %).

446. Подъемная установка со скипами грузоподъемностью 8 т имеет асинхронный привод и максимальную скорость движения сосудов 6,65 м/с. Определить расход электроэнергии за цикл, если за 4,34 с движения порожнего скипа в разгрузочных кривых движущее усилие изменилось со 131,27 до 131 кН; за 5,65 с равноускоренного движения вне кривых со 195,55 до 192,8 кН; за 44,4 с равномерного движения со 111,2 до 73,5 кН; за 7,4 с равнозамедленного движения с 8,2 до 4,77 кН; за 4,34 с движения груженого скипа в кривых с 57,87 до 57,6 кН; КПД редуктора, двигателя и электрической сети составляют 0,93; 0,92 и 0,95. Дополнительный расход электроэнергии на собственные нужды учесть коэффициентом 1,05.

447. Определить шахтную мощность скиповой вертикальной установки и ориентировочную мощность двигателя подъемной машины 2Ц-4×1,8, если она оборудована скипами с полезной массой 5600 кг, канатом ЛК-3 (ГОСТ 7665–80) диаметром 42 мм. Высота подъема 380 м, максимальная скорость 5,8 м/с, коэффициент массивности 1,4.

448. Скиповая установка для подъема угля в скипах 2СН9,5-1 на высоту 320 м оснащена редуктором с передаточным отношением 10,5, двигателем с частотой вращения 295 об/мин и канатом массой 6,35 кг/м. Определить мощность двигателя типа АКН, если часовая производительность установки 360 т, КПД редуктора 0,96, коэффициент массивности 1,25.

449. Скиповая установка для подъема угля в скипах 2СН9,5-1 на высоту 320 м имеет время движения за цикл 72 с и коэффициент массивности 1,25. Определить шахтную мощность подъемной установки и характеристику динамического режима.

450. Во сколько раз ориентировочная мощность двигателя превышает шахтную мощность подъема, равную 425 кВт, если характеристика динамического режима 1,42, а КПД редуктора 0,96?

451. Определить значение коэффициента перегрузки подъемного двигателя с установленной мощностью 800 кВт, если максимальная скорость движения сосудов 5,88 м/с, КПД редуктора 0,90, а усилие трогания составляет 150 кН.

452. Тяговый двигатель развивает на окружности барабана подъемной машины усилие 125 кН при среднем значении коэффициента перегрузки за период пуска 60 % от допустимого значения 1,8. Определить начальное ускорение подъема, если статическое усилие на окружности барабана 88 кН, приведенная масса установки 9625 кг.

453. Определить расход полезной и потребляемой из сети энергии и коэффициент полезного действия подъемной установки с трехпериодной симметричной диаграммой скорости, если высота подъема 340 м, полезная масса клетки 8000 кг, множитель скорости 1,25, КПД редуктора и двигателя 0,95 и 0,92.

454. Как изменится коэффициент полезного действия клетового подъема, если множитель скорости увеличится с 1,25 до 1,40 при КПД редуктора и двигателя 0,95 и 0,92?

455. Определить фактический расход электроэнергии за один подъем, если сумма произведений движущих усилий за время периодов движений по диаграмме усилий равна  $539668 \text{ Н}\cdot\text{с} = 540 \text{ кН}\cdot\text{с}$ , максимальная скорость – 6,5 м/с, КПД редуктора и двигателя 0,96 и 0,93.

456. Определить полезный расход электроэнергии на 1 т поднимаемого груза, удельный расход энергии на 1 т·км и КПД скиповой установки, если полезная масса поднимаемого груза 10000 кг, высота подъема 280 м, множитель скорости 1,25, КПД редуктора и двигателя 0,95 и 0,92.

457. Определить степень перегрузки двигателя и его эквивалентную мощность, если среднеквадратичное усилие двигателя 53,2 кН, максимальное усилие при пуске 106 кН, максимальная скорость подъема 7,25 м/с, КПД редуктора 0,94.

458. Тяговый двигатель развивает на окружности барабана подъемной машины усилие 175 кН при среднем значении коэффициента перегрузки за период трогания 75 % от допустимого значения 2,0. Определить начальное ускорение подъема, если статическое усилие на окружности барабана 98 кН, приведенная масса установки 102,8 т.

### 5.7. Тормозные устройства

459. Определить требуемый тормозной момент и допустимость его для машины НКМЗ 2Ц-5×2,4 при высоте подъема 580 м, грузоподъемности скипов 9,3 т и погонной массе каната 9,91 кг/м.

460. Определить требуемый тормозной момент при перестановке барабанов машины НКМЗ 2Ц-5×2,4, если высота подъема составляет 500 м, собственная масса скипа 8,9 т, а погонная масса каната 9,91 кг/м.

461. Определить максимально возможную грузоподъемность сосуда, если допустимый тормозной момент у машины НКМЗ 2Ц-4×1,8 равен 720 кН·м, высота подъема 400 м, а погонная масса каната 6,35 кг/м.

462. Определить тормозной момент, создаваемый предохранительным тормозом машины НКМЗ ЦР-5×3/0,6, если на каждом приводе тормоза навешен груз массой 850 кг, передаточное отношение рычагов тормоза составляет 17,5, коэффициент трения между колодками и ободом 0,3, КПД рычажной системы тормоза 0,90.

463. Определить массу груза на одном приводе тормоза машины ДМЗ 2Ц-3,5×1,7, если высота подъема 300 м, погонная масса подъемного каната 6,08 кг/м, скипы грузоподъемностью 5,6 т имеют собственную массу 7,54 т. Тормоз имеет два привода, передаточное отношение рычагов тормоза 18,7, коэффициент трения между колодками и ободом 0,3, КПД рычажной системы тормоза 0,9.

464. Определить степень статической надежности тормоза машины 2×3×1,5У, если скипы грузоподъемностью 4,2 т навешены на канаты с погонной массой 4,22 кг/м, высота подъема 320 м, максимальный тормозной момент одного привода тормоза 190 кН·м.

465. Определить замедление 2-скиповой вертикальной неуравновешенной установки при подъеме груза 5,6 т в скипе с секторным затвором, если погонная масса каната 6,08 кг/м, высота подъема 300 м, приведенная масса установки 62 т, тормозной момент при предохранительном торможении машины 2Ц-3,5×1,7А равен 385 кН·м.

466. Определить замедление при предохранительном торможении по условию задачи 465, но при спуске груза.

467. Определить передаточное отношение рычагов тормоза и давление на тормозной колодке машины 2Ц-1,6×0,8. Размеры плеч рычагов составляют 150 и 450 мм на угловом рычаге, 550 и 800 мм – на тормозной балке [3, с. 208]. Угол охвата колодкой тормозного обода  $59^\circ$ , ширина колодки 180 мм и усилие на замыкающем рычаге 10 кН.

468. Грузовая вертикальная подъемная установка, оборудованная машиной 2Ц-3,5×1,7А, противовесом массой 7,3 т, клетью с собственной массой 3,48 т, поднимает 5,35 т породы в вагонетке с собственной массой 1,15 т. Определить требуемый тормозной момент при подъеме груженой клетки и пуске клетки с порожней вагонеткой, если погонная масса каната равна 5,385 кг/м, а высота подъема 330 м.

469. Определить минимальное давление масла в цилиндре тормоза при растормаживании машины 2Ц-2×1,5 [3, с. 208], если усилие сжатия пружин в состоянии «заморожено» составляет 21 кН, ход поршня при растормаживании 55 мм, жесткость пружинного блока 150 Н/мм и диаметр цилиндра 200 мм.

470. Определить давление в цилиндре рабочего тормоза машины НКМЗ ЦР-5×3/0,6 при торможении с 3-кратной степенью статической надежности, если вертикальная подъемная установка оборудована скипами грузоподъемностью 9 т, высота подъема 550 м, масса подъемного каната 8,37 кг/м, диаметр цилиндра рабочего тормоза 600 мм, передаточное отношение рычагов 3,9, КПД рычажной системы 0,90 и коэффициент трения между колодками и ободом 0,30.

471. Определить требуемую величину тормозного момента для затормаживания предохранительным тормозом машины НКМЗ ЦР-6×3/0,6 замедлением  $3,8 \text{ м/с}^2$  при подъеме груза массой 5,6 т и неисправном рабочем тормозе (заклинило поршень тормоза). Указанная машина используется на вертикальной 2-скиповой подъемной установке, имеющей приведенную массу 80,1 т, подъемный и хвостовой канаты массой 6,08 кг/м и 7,05 кг/м при высоте подъема 860 м.

472. Определить требуемую величину тормозного момента для затормаживания машины  $1 \times 3 \times 2У$  с замедлением  $1,8 \text{ м/с}^2$  при спуске людей в количестве 20 чел. Указанная машина используется на вертикальной 2-клетевой подъемной установке, имеющей приведенную массу 48 т. Высота подъема 375 м, масса подъемного каната  $4,96 \text{ кг/м}$ , масса одного человека 80 кг. Клеть не загружена.

473. Определить пути, пройденные подъемными сосудами при предохранительном торможении, если оно наступило при максимальной скорости движения и осуществилось со средней величиной замедления  $3,85 \text{ м/с}^2$  после  $0,32 \text{ с}$  с начала холостого хода тормоза. Подъемная установка оборудована машиной  $2 \times 3 \times 1,5У$ , редуктором ЦДН-150 с передаточным числом 11,5 и электродвигателем с частотой вращения 585 об/мин.

474. Рассчитать замыкающее усилие одного тормозного блока пружинно-гидравлического тормоза подъемной машины Ц-1,2 $\times$ 1,0, если статическое усилие равно 22 кН, диаметр тормозного обода 1,2 м, коэффициент трения колодок и обода 0,30, передаточное отношение тормоза 6,24, КПД тормоза 0,95.

475. Определить величину сжатия пружинного блока в мм подъемной машины Ц-1,2 $\times$ 1,0А, если замыкающее усилие на угловом рычаге одного тормоза равно 4,2 кН, масса подвижных частей привода тормозного устройства 70 кг, жесткость пружинного блока  $120,8 \text{ Н/мм}$ .

476. Для подъемной машины 2Ц-4 $\times$ 1,8, оборудованной тормозом НКМЗ, определить массу тормозного груза для предохранительного торможения, если наибольшее статическое натяжение каната 175 кН, передаточное отношение рычажной системы при предохранительном торможении 17,5, коэффициент трения колодок 0,30, диаметр тормозного обода 3970 мм, КПД тормоза 0,95.

477. Скиповая вертикальная многоканатная статически уравновешенная подъемная установка угольной шахты с высотой подъема 500 м оборудована: машиной ЦШ 5 $\times$ 6, скипами 1СН 35-2, подъемными канатами диаметром 30 мм по ГОСТ 3085–80 и равновесным уравновешивающим канатом, отклоняющими шкивами ШК-4. Определить максимальное ускорение по сцеплению.

## 6. КАЛОРИФЕРНЫЕ УСТАНОВКИ

### 6.1. Расход и параметры теплоносителя

478. В шахтной калориферной установке главного проветривания смонтировано 100 секций типа КСк-4-11. Рассчитать, с каким расходом воздуха может устойчиво работать установка без нарушений норматива по массовой скорости.

479. Рассчитать массовую скорость прохождения атмосферного воздуха через калориферную установку, состоящую из 100 секций модели КСк-4-11 при расходе  $200 \text{ м}^3/\text{с}$ .

480. Какой расход атмосферного воздуха можно пропустить через калориферную установку тепловой мощностью 10 МВт при подогреве его от  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

481. Определить расход греющей воды при съеме тепла по температуре  $(95-50) \text{ }^\circ\text{C}$  для нагрева  $300 \text{ м}^3/\text{с}$  атмосферного воздуха от  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

482. Через калориферную установку проходит  $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$  горячей воды с теплосъемом по температуре  $(95-70) \text{ }^\circ\text{C}$ . Какое количество атмосферного воздуха с температурой  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  можно нагреть в этой установке до температуры  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

483. Калориферная установка с тепловой мощностью 20 МВт выполнена из секций модели КСк-4-11. Теплоносителем является вода с теплосъемом по температуре  $(95-70) \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить расход греющей воды через установку.

484. Калориферная установка с проектной тепловой мощностью 12 МВт построена из 100 секций модели КСк-4-11. Секции по четыре штуки собраны в стояки и между собой соединены последовательно. Каждый стояк подключен к раздающему и собирающему коллектору. Теплоносителем является вода с теплосъемом по температуре  $(95-70) \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить скорость движения теплоносителя в секциях.

485. Калориферная установка Восточного блока угольной шахты с проектной тепловой мощностью 20 МВт построена из 100 секций модели КСк-4-11, которые образуют 25 стояков. Секции в стояках соединены между собой последовательно. Установка греет атмосферный воздух в температурном интервале от  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить массовую скорость воздуха и скорость греющей воды при теплосъеме по температуре  $(95-70) \text{ }^\circ\text{C}$ .

486. Калориферная секция модели КСк-4-11 длительно работает с параметрами: – массовая скорость воздуха  $3,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;  
– скорость движения греющей воды  $0,8 \text{ м}/\text{с}$ .

Определить коэффициент теплопередачи секции.

487. Калориферная установка главной установки проветривания крыла шахты тепловой мощностью  $20 \text{ МВт}$  греет атмосферный воздух в температурном интервале от  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить расход греющего пара с давлением  $5 \text{ ата}$ , если температура конденсата на выходе из стояков  $+80 \text{ }^\circ\text{C}$ .

488. В калориферной установке с поверхностью теплообмена  $100 \text{ м}^2$  и тепловой мощностью  $320 \text{ кВт}$  температурный теплосъем греющей воды равен  $(95-70) \text{ }^\circ\text{C}$ . Атмосферный воздух поступает противоточно на секции с температурой  $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплопередачи  $29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Какую температуру будет иметь воздух на выходе из секций установки, если расчет выполнять по среднему температурному напору?

## 6.2. Проектирование калориферных установок

489. Определить минимальную тепловую мощность нагрева  $250 \text{ м}^3/\text{с}$  атмосферного воздуха в интервале температур от  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

490. Определить необходимое количество калориферных секций типа КСк-4-11 по нормативной массовой скорости  $(\rho \cdot v)_{\text{доп}}$  для нагрева атмосферного воздуха с расходом  $350 \text{ м}^3/\text{с}$ .

491. Определить общую поверхность калориферной установки по нормативной массовой скорости прохождения воздуха через секции, если его расход составляет  $400 \text{ м}^3/\text{с}$ .

492. Рассчитать площадь поверхности теплообмена и количество секций модели КСк-4-11 калориферной установки с проектной мощностью  $12 \text{ МВт}$  при коэффициенте теплопередачи  $29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  и температурном напоре  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ .

493. Массовая скорость воздуха через калориферную установку  $4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ . Рассчитать тепловую мощность калориферной установки с общей поверхностью теплообмена  $4,0 \text{ тыс. м}^2$ , если движение греющего теплоносителя противоточное со скоростью  $0,6 \text{ м}/\text{с}$ . Температура воздуха изменяется от  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ , а теплоносителя от  $+95 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+70 \text{ }^\circ\text{C}$ .

494. Калориферная установка собрана из 48 стояков. В каждом стояке по 4 секции модели КСк-4-11, которые соединены между собой последовательно. При тепловой нагрузке в 28,7 МВт массовая скорость воздуха через секции установки при противоточном движении равна  $3,34 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ . Воздух нагревается от  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить температуру греющей воды в собирающем коллекторе, если ее начальная температура в раздающем коллекторе равна  $+95 \text{ }^\circ\text{C}$ .

495. Определить необходимое число калориферных секций модели КСк-4-11 для установки тепловой мощностью 15 МВт, если коэффициент теплопередачи равен  $25,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , а средний температурный напор  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ . Число секций в стояке принять равным 4.

496. Калориферная установка работает с нагрузкой 10 МВт при:

- температурном теплосъеме греющей воды  $(95-70) \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- подогреве атмосферного воздуха от  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- коэффициенте теплопередачи  $28 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Рассчитать поверхность теплообмена установки и определить число секций калорифера модели КСк-4-11.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Стальные трубы

При строительстве трубопровода для транспортирования воды следует использовать стальные трубы, выпускаемые в России по государственным стандартам:

- ГОСТ 8732–78 – бесшовные горячедеформированные;
- ГОСТ 8733–74 – бесшовные холоднодеформированные;
- ГОСТ 10704–76 – электросварные прямошовные;
- ГОСТ 8696–74 – электросварные со спиральным швом;
- ГОСТ 9940–72 – бесшовные горячедеформированные из коррозионностойкой стали;
- ГОСТ 9941–72 – бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионностойкой стали;
- ГОСТ 3262–75 – водогазопроводные.

Для транспортирования нормальной воды следует использовать стальные трубы по ГОСТ 8732–78. В остальных случаях требуется экономическое обоснование использования труб по любому ГОСТу.

Таблица П1.1

Номер ГОСТа	$D_{СТН}$ , мм	$P_{ПР}$ , МПа
8732–78	25–550	2,5; 6,4; 10,0
8733–74	5–250	1,6; 2,5; 6,4; 10,0
10704–76	менее 102	6,0
	102–426	3,0
	426–1620	2,5
8696–74	159–1420	3,5
9940–72	57–325	10,0
9941–72	2–250	0,5; 1,0
3262–75	10–165	легкие и нормальные 2,5 усиленные 3,2

Примечание.  $P_{ПР}$  – максимальное пробное давление гидравлических испытаний трубопровода при температуре воды до +100 °С, МПа.

Массу 1 м трубы, называемую погонной массой  $m_1$  (кг/м), можно определить по формуле

$$m_1 = K \cdot S \cdot (D_H - S) ,$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий плотность стали и увеличение массы трубы из-за сварного шва;  $K = 0,0247$  для труб по ГОСТ 8732–78, 8733–74, 3262–75, 9940–72, 9941–72;  $K = 0,0249$  для труб по ГОСТ 10704–76;  $K = 0,0250$  для труб по ГОСТ 8696–74.

Здесь линейные размеры необходимо подставлять в миллиметрах.

Предварительный выбор труб можно произвести по данным табл. П1.2.

Таблица П1.2

Типовые параметры стальных труб российского производства

$D_{\text{СТН}}$ , мм	Толщина стенки – $S$ , мм			$D_{\text{СТН}}$ , мм	Толщина стенки – $S$ , мм			
	$\Delta S = 0,5$ мм	$\Delta S = 1$ мм	$\Delta S = 2$ мм и более		$\Delta S = 0,5$ мм	$\Delta S = 1$ мм	$\Delta S = 2$ мм и более	
10	1,8–2,5	-	-	180	5–10	10–20	20–45	
14	1–3			194	5–10		20–45	
18	1–3,5			203	6–10		20–50	
25	1–4,5			219	6–10			
32	1–5,5			245	6,5–10			
38	1–6			273	6,5–10			
45				299	7,5–10			
50	7; 8			325	7,5–10			
54	3,5–10			11	351		8–10	25–75
57				10–13	377		9–10	
60		10–14	402					
63,5		10–14	426					
68		10–16	450	16–20				
70		10–16	(465)	-				
73		10–19	480					
76			500					
83			530					
89			(550)					
95	10–20	20–24	630	4–6	-			
102		720	5–6					
108		20–28		820	6–12			
114			920					
121		4–10	1020	12–16				
127		20–30	1120					
133		20–32	1220					
140		4,5–10	20–36		1320			
146			1420	-	10–12			
152			1520					
159	1620		-	10–12				
168	5–10	20–45						

Примечание.  $\Delta S$  – шаг изменения толщины стенки трубы в указанном диапазоне, мм. Например, труба  $D_{\text{Н}} = 351$  мм с толщиной стенки  $S = 8–10$  мм выпускается с  $S = 8; 8,5; 9; 9,5$  и 10 мм.

Окончательный выбор труб обязательно следует производить непосредственно по ГОСТу.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Основные параметры и характеристики вентиляторов

Таблица П2.1

#### Технические характеристики вентиляторов серии ВЦ

Наименование	ВЦ-7	ВЦ-11	ВЦ-15	ВЦ-25М	ВЦ-31,5М
Диаметр колеса, м	0,7	1,1	1,5	2,5	3,15
Подача, м <sup>3</sup> /с					
номинальная	6,8	14	34,5/23	74/52	125/87
в рабочей зоне	1,6–10,8	6–21	10–50	22–100	30–170
Давление, кПа					
номинальное	5,25	2,76	6,30/2,80	4,40/2,87	5,10/2,46
в рабочей зоне	1,5–8,9	1,15–3,40	1,40–8,00	0,98–5,00	2,20–6,20
Статический КПД	0,78	0,85	0,84	0,86	0,87
Мощность двигателя, кВт	75	55	400/110	630/400	1250
Напряжение, В	380/660	380/660	6000/380	380/660	6000
Частота вращения, об/мин	1500	1500	1500/1000	750/600	600/500
Масса, кг	1250	2590	6000	9500	18200

Таблица П2.2

#### Технические характеристики вентиляторов серии ВЦД

Наименование	ВЦД-8	ВЦД-16	ВЦД-32	ВЦД-42,5	ВЦД-47УМ
Диаметр колеса, м	0,8	1,6	3,2	4,25	4,75
Подача, м <sup>3</sup> /с					
номинальная	14	50/37	250/210	520	400
в рабочей зоне	5–22	16–58	50–340	100–760	85–600
Давление, кПа					
номинальное	7,2	3,20/1,80	5,00/3,47	7,14	7,50
в рабочей зоне	2,50–9,20	0,75–3,65	1,39–6,20	0,86–8,80	1,40–9,20
Статический КПД	0,85	0,86	0,86	0,87	0,86
Мощность двигателя, кВт	125	250	1600	5000	5000
Напряжение, В	380/660	380/660	6000	6000	6000
Частота вращения, об/мин	3000	1000/750	600/500	125–500	250–500
Масса, кг	3900	7000	28000	75000	75000

Таблица П2.3

## Технические характеристики вентиляторов серии ВО

Наименование	ВО-12-7,5	ВО-14-8,5	ВО-16-10	ВО-18-10	ВО-21-12
Диаметр колеса, м	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1
Подача, м <sup>3</sup> /с					
номинальная	27	42	46	70	100
в рабочей зоне	9–45	15–70	15–70	22–115	30–160
Давление, кПа					
номинальное	2,10	2,70	1,62	1,61	2,41
в рабочей зоне	0,75–2,50	1,00–3,40	1,30–4,50	0,60–2,00	0,80–2,90
Статический КПД	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Мощность двигателя, кВт	110	250	200	250	500
Частота вращения, об/мин	1000	1000	1000	1000	1000
Масса, кг	3500	5000	6500	8200	10500
Наименование	ВО-22-12	ВО-24-14	ВО-26-16	ВО-28-16	ВО-30-18
Диаметр колеса, м	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
Подача, м <sup>3</sup> /с					
номинальная	130	155	150	190	220
в рабочей зоне	40–200	50–240	50–240	60–290	70–350
Давление, кПа					
номинальное	2,40	3,32	2,31	2,31	3,10
в рабочей зоне	0,80–290	1,10–3,90	0,81–2,91	0,80–2,80	1,00–3,70
Статический КПД	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Мощность двигателя, кВт	630	1250	1000	1000	1600
Частота вращения, об/мин	1000	1000	750	750	750
Масса, кг	12200	16000	18000	20000	22000

Таблица П2.4

## Технические характеристики вентиляторов серии ВОД

Наименование	ВОД-18	ВОД-21М	ВОД-30М2	ВОД-40М	ВОД-50
Диаметр колеса, м	1,8	2,1	3,0	4,0	5,0
Подача, м <sup>3</sup> /с					
номинальная	63	70	150	205	315
в рабочей зоне	17–100	25–110	60–280	100–400	110–580
Давление, кПа					
номинальное	4,00	2,70	4,10	2,40	2,45
в рабочей зоне	0,92–4,60	0,70–3,45	1,35–5,80	0,80–2,80	0,90–3,20
Статический КПД	0,81	0,81	0,815	0,81	0,81
Мощность двигателя, кВт	630	500	1600	2000	2000
Напряжение, В	6000	6000	6000	6000	6000
Частота вращения, об/мин	1000	750	600	375	300
Масса, кг	11000	14000	32500	37500	90000

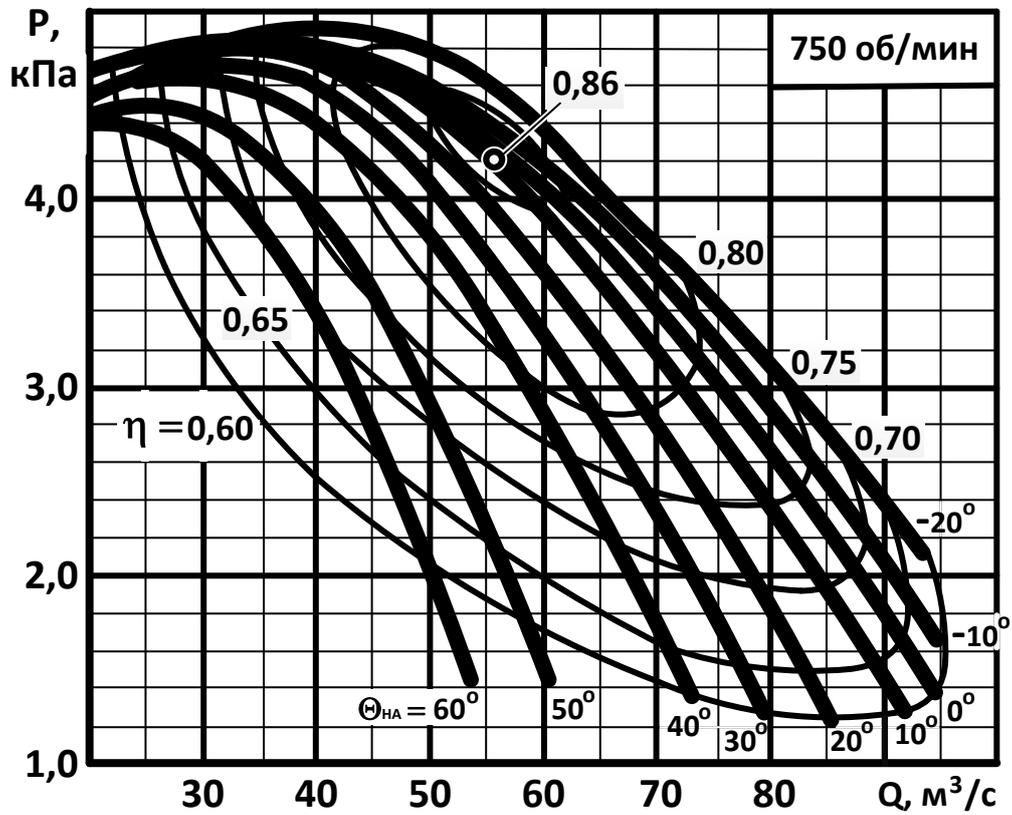
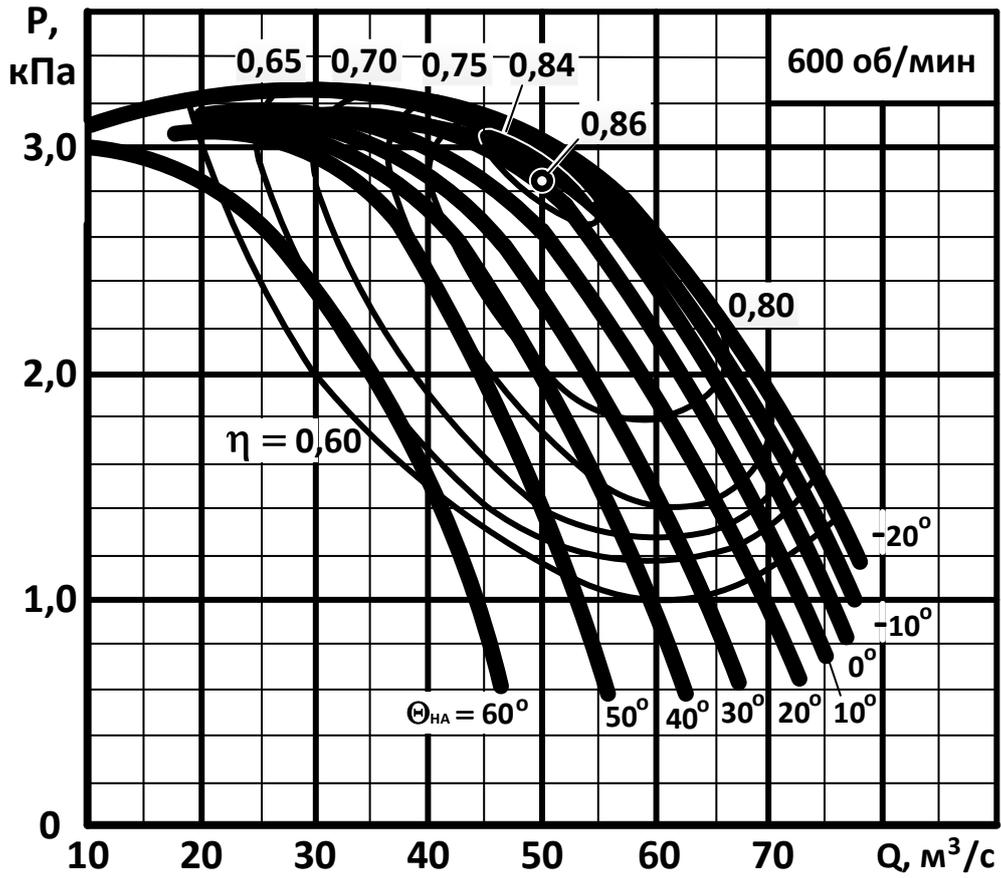


Рис. П2.1. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ-25М

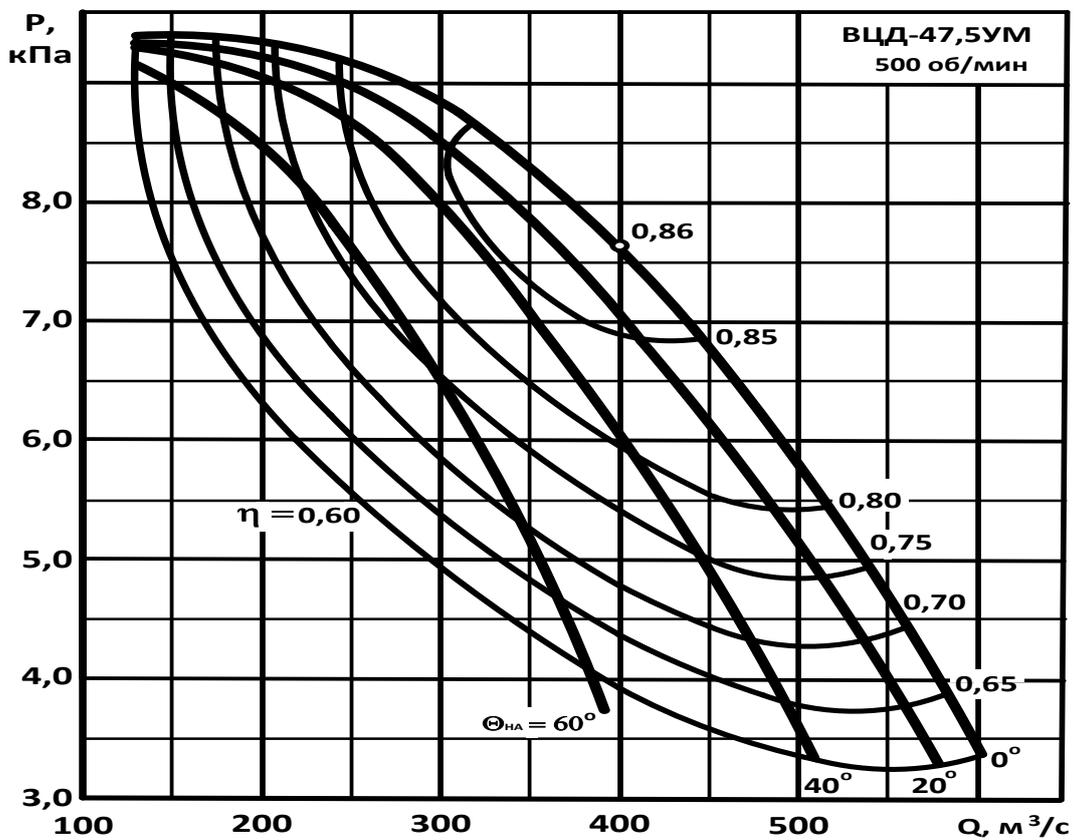
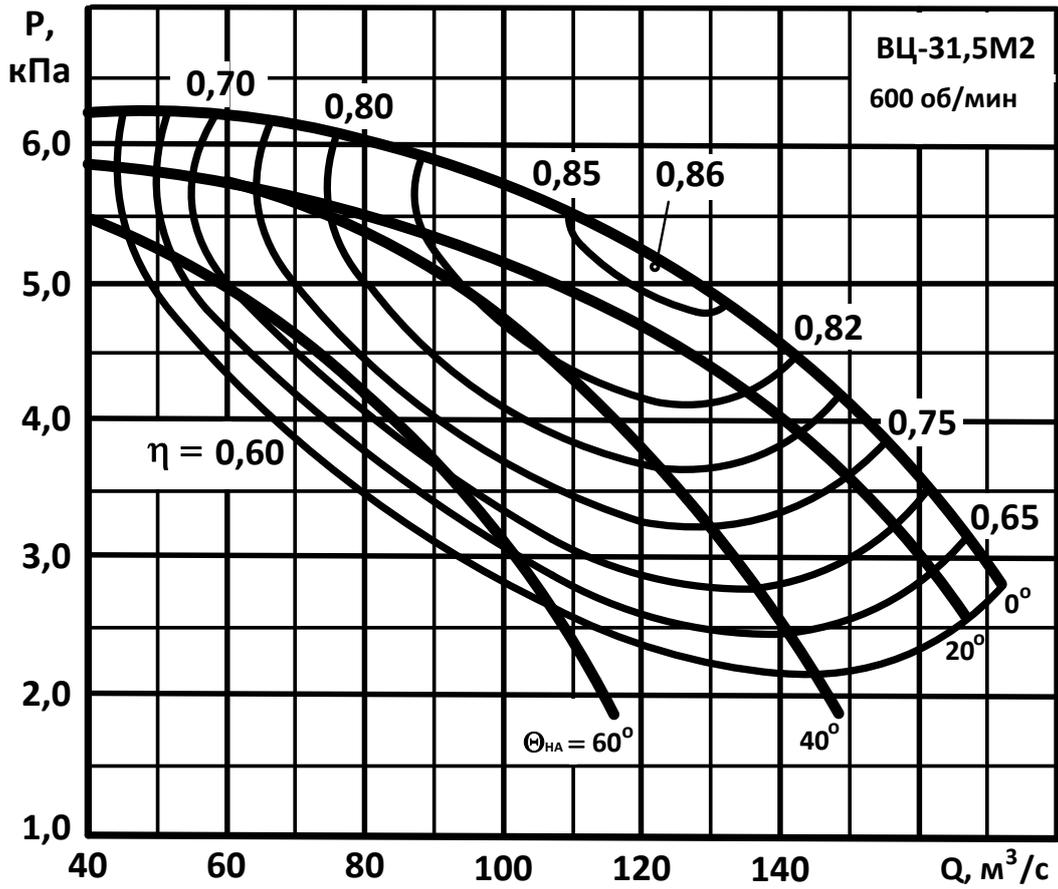


Рис. П2.2. Характеристики вентиляторов  
ВЦ-31,5М2 и ВЦ-47,5УМ

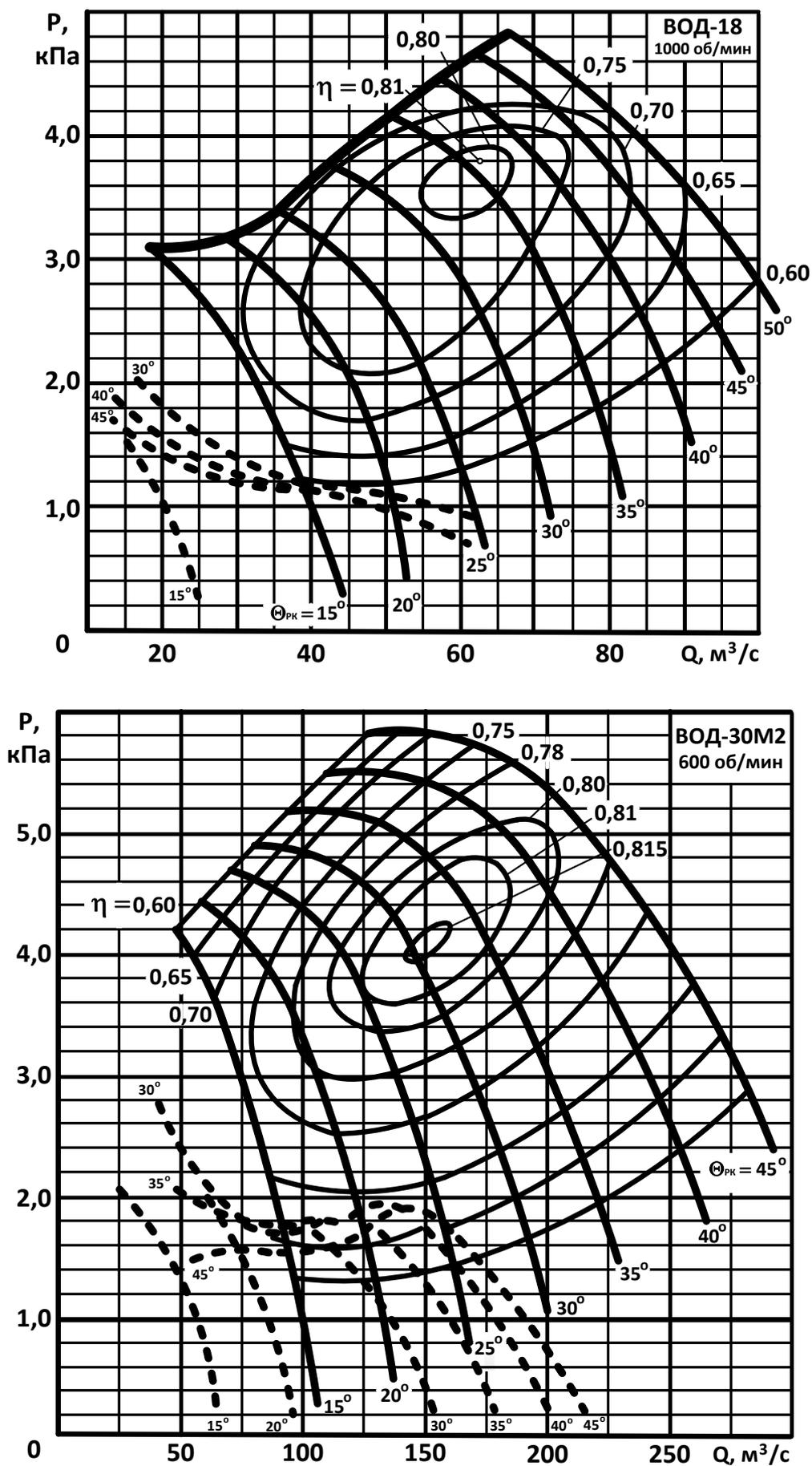


Рис. П2.3. Характеристики ВОД-18 и ВОД-30М2

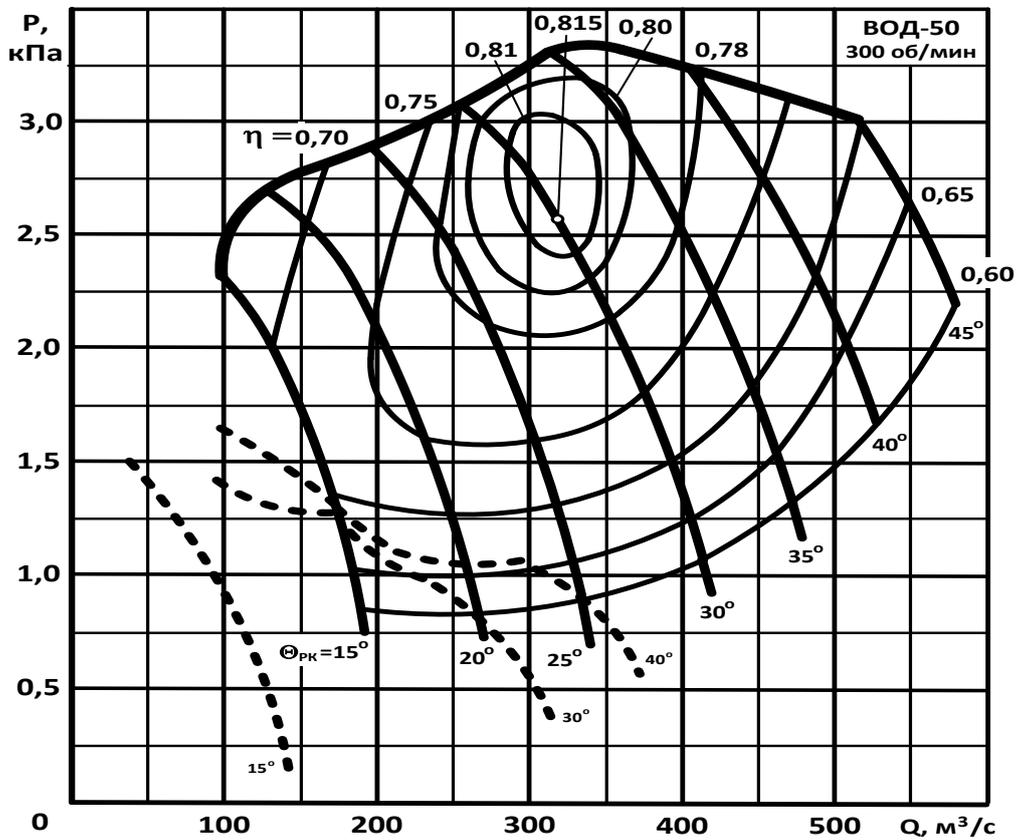
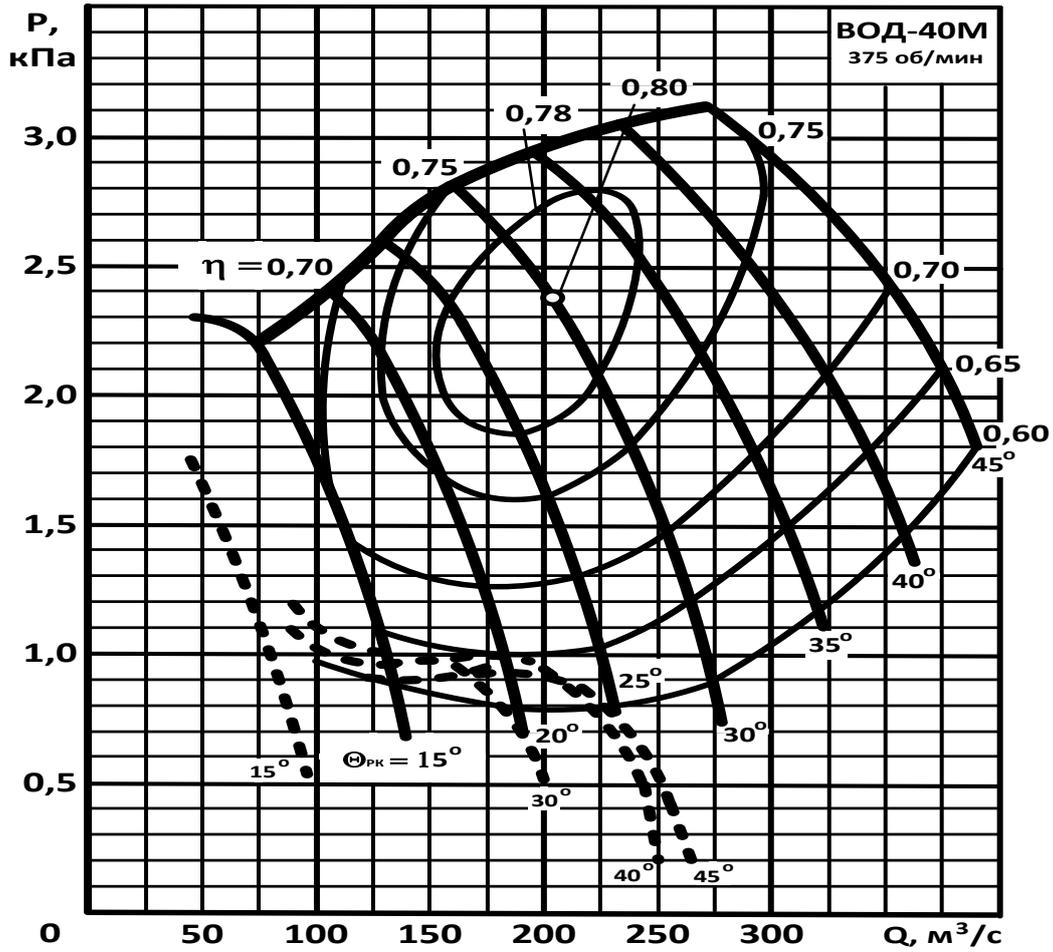


Рис. П2.4. Характеристики ВОД-40М и ВОД-50

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Основные параметры и характеристики насосов

Таблица ПЗ.1

Технические характеристики центробежных насосов

Модели насосов	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$H$ , м	$N$ , кВт	$\eta$ , ед.	$n$ , об/мин
секционных					
ЦНС 13-350	8–16	350	30	0,49	2950
ЦНС 38-44...220	28–48	44–220	11–45	0,62	2950
ЦНС 60-50...250	48–80	50–250	17–75	0,70	1500
ЦНС 60-66...330	48–80	66–330	22–100	0,65	2950
ЦНС 105-98...490	80–130	98–490	55–250	0,68	2950
ЦНС 150-240...390	110–180	240–390	160–250	0,70	2970
ЦНС 180-85...425	130–220	85–425	75–320	0,70	1475
ЦНС 180-500...900	130–220	500–900	400–800	0,72	2950
ЦНС 300-120...600	220–380	120–600	250–800	0,71	1475
ЦНС 300-650...1300	220–380	650–1300	800–1600	0,72	2950
ЦНС 400-12...14,5	350–450	1160–1600	2500–3150	0,65	1475
ЦНС 500-160...800	380–620	160–800	400–1600	0,73	1475
ЦНС 850-240...1440	640–1000	240–1440	800–5000	0,75	1450
спиральных					
ЦН 400-105	350–450	83–108	104–158	0,755	1450
ЦН 400-210	350–450	166–216	214–316	0,760	1450
ЦН 1000-180	720–1000	140–206	470–575	0,720	1450
ЦН 1200-310	1000	294	1068	0,765	1450
ЦН 900-360	600	380	777	0,815	1450
двухстороннего входа					
4НДВ-60	160–180	88–95	57–65	0,70	2950
5НДВ-60	180–190	25–35	17,5–30	0,72	1450
8НДВ-60	590–700	70–88	140–210	0,81	2950
Д200-36	170–200	27–36	18–23	0,68	2950
Д200-95	150–175	93–100	57–72	0,68	1450
Д250-50	270–320	40–48	40–56	0,76	1450
Д250-130	325–350	115–130	180–194	0,68	2950
Д320-70	260–320	63–65	59–75	0,77	2950
Д500-36	450–500	31–39	48–68	0,80	980
Д500-65	450–500	63–66	104–132	0,76	1450
Д630-40	600	40	72	0,78	980
Д630-90	600–630	73–90	152–190	0,81	1450
Д800-28	700–800	21–28	48–72	0,86	980
Д800-57	580–800	37–57	77–170	0,80	1470

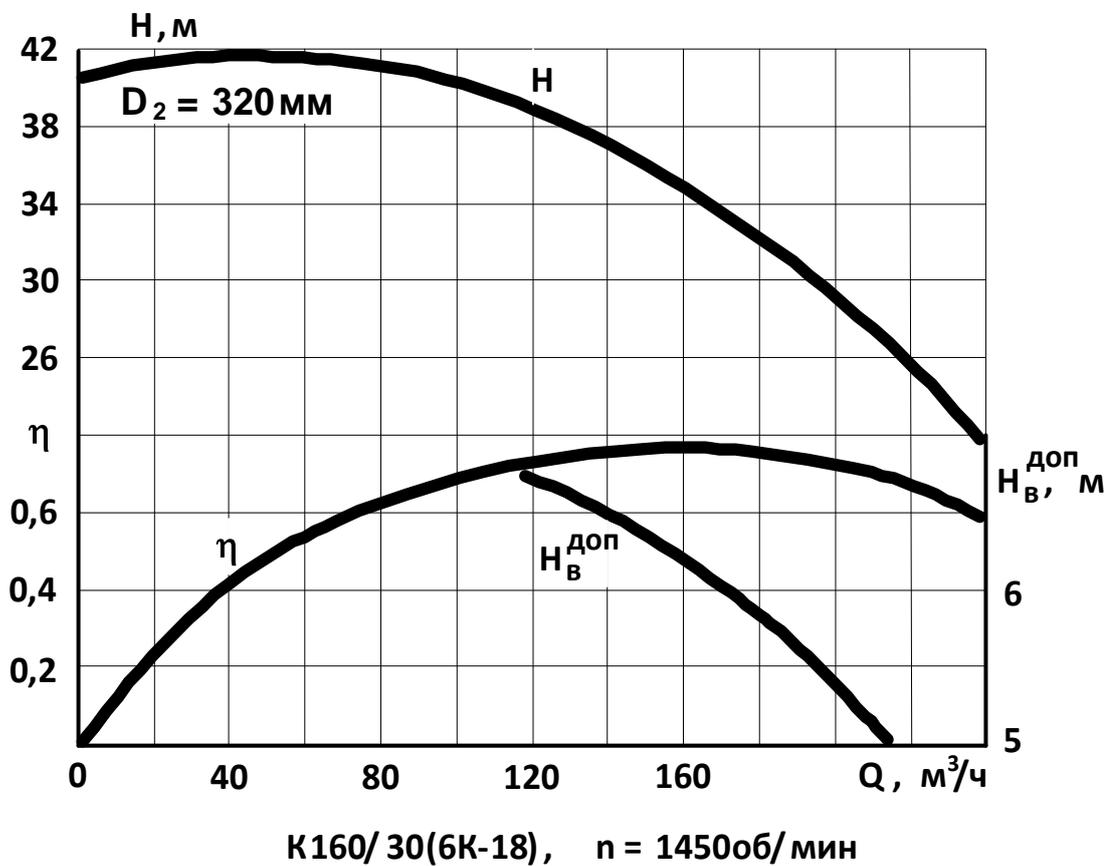
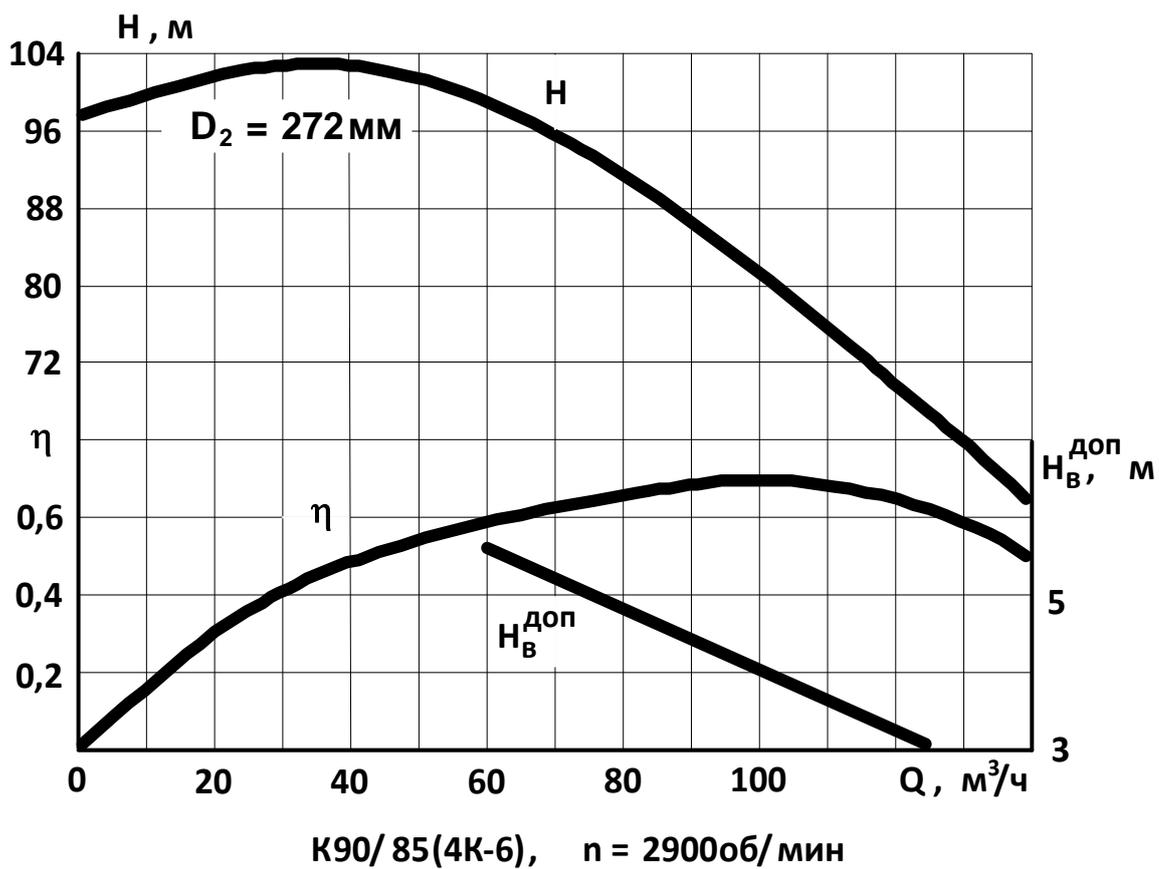


Рис. ПЗ.1. Характеристики насосов К90/85 и К160/30

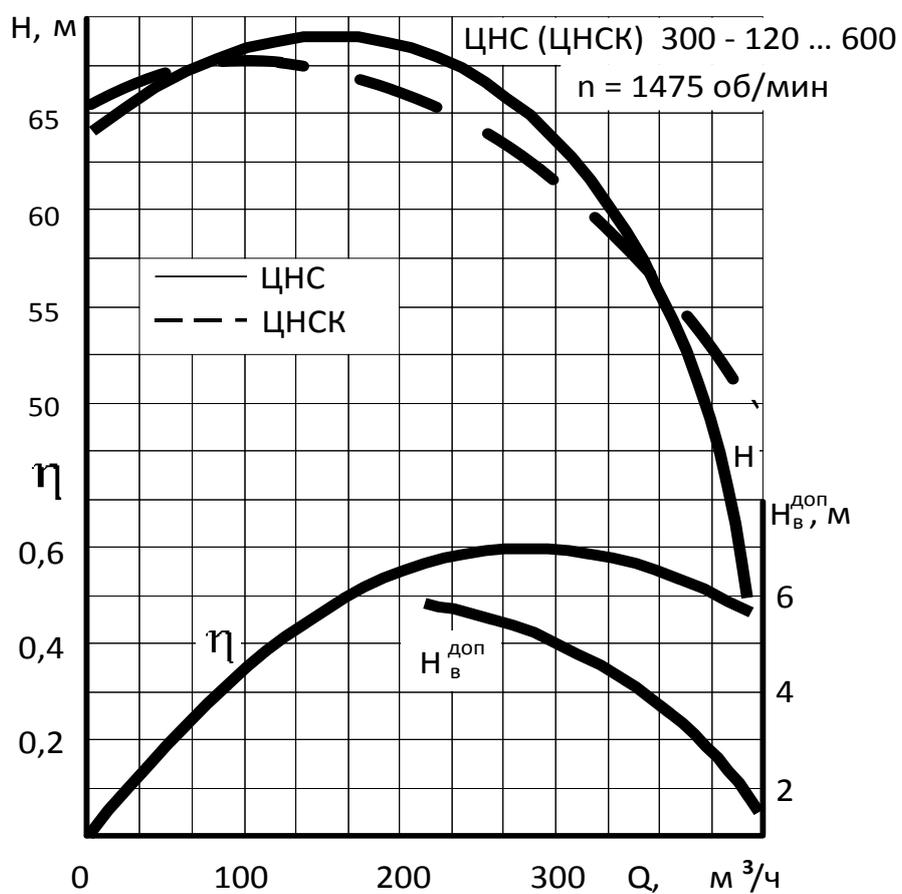
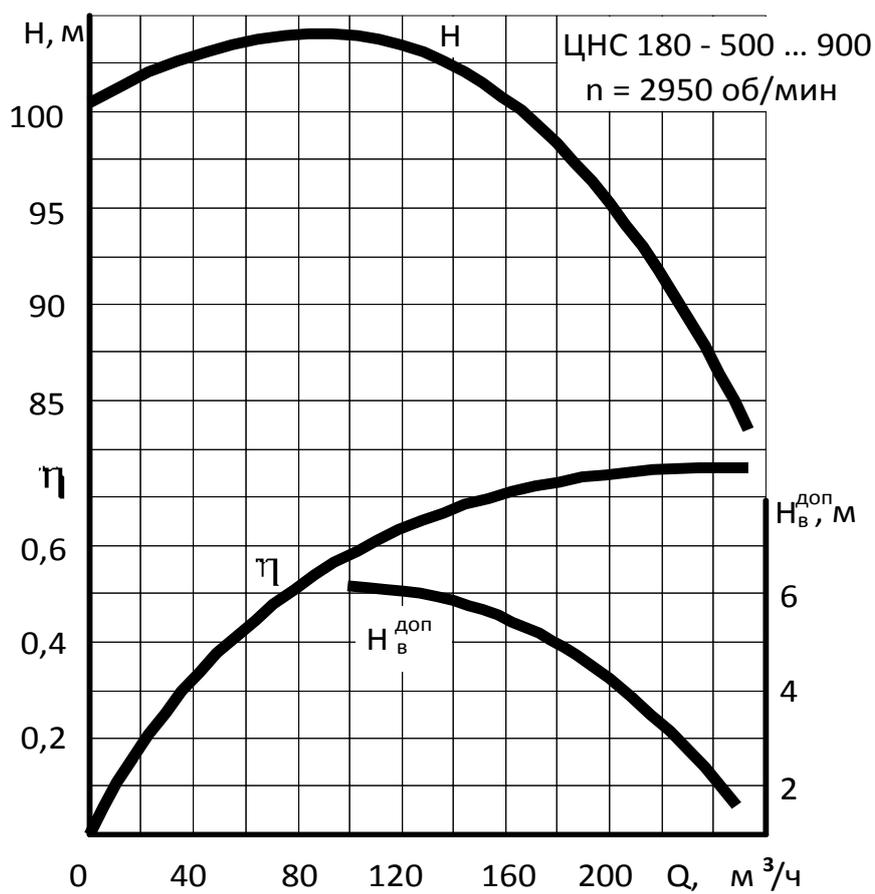


Рис. ПЗ.2. Характеристики насосов ЦНС 180 и ЦНС 300

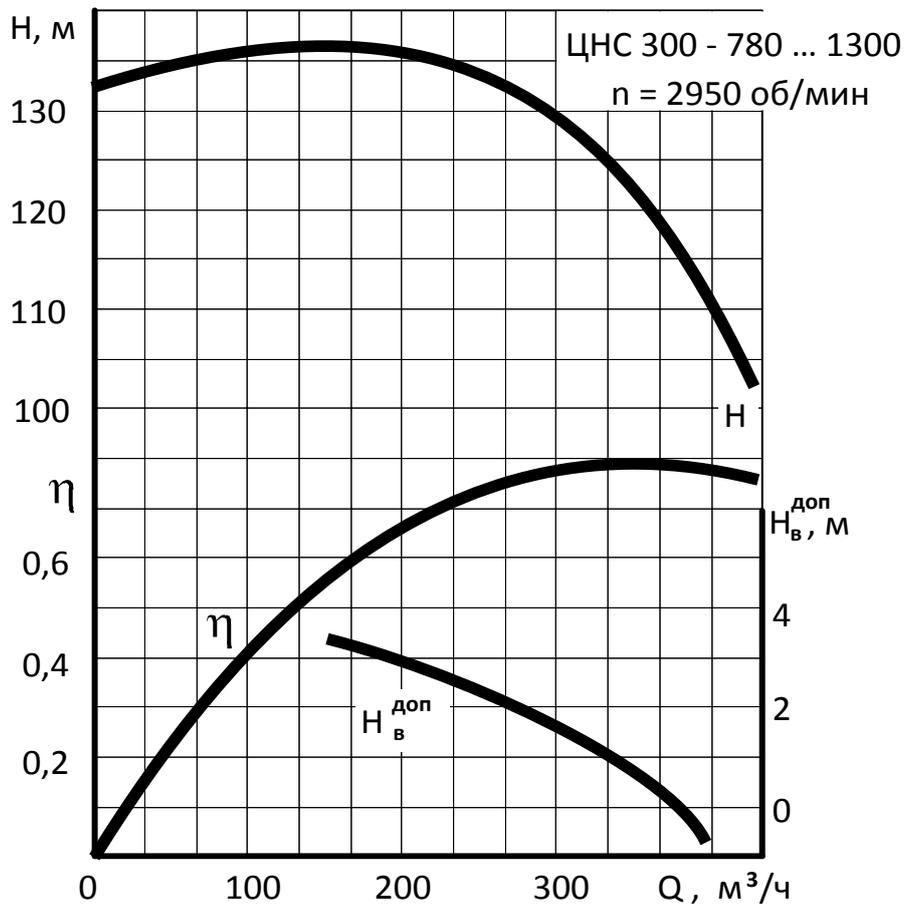
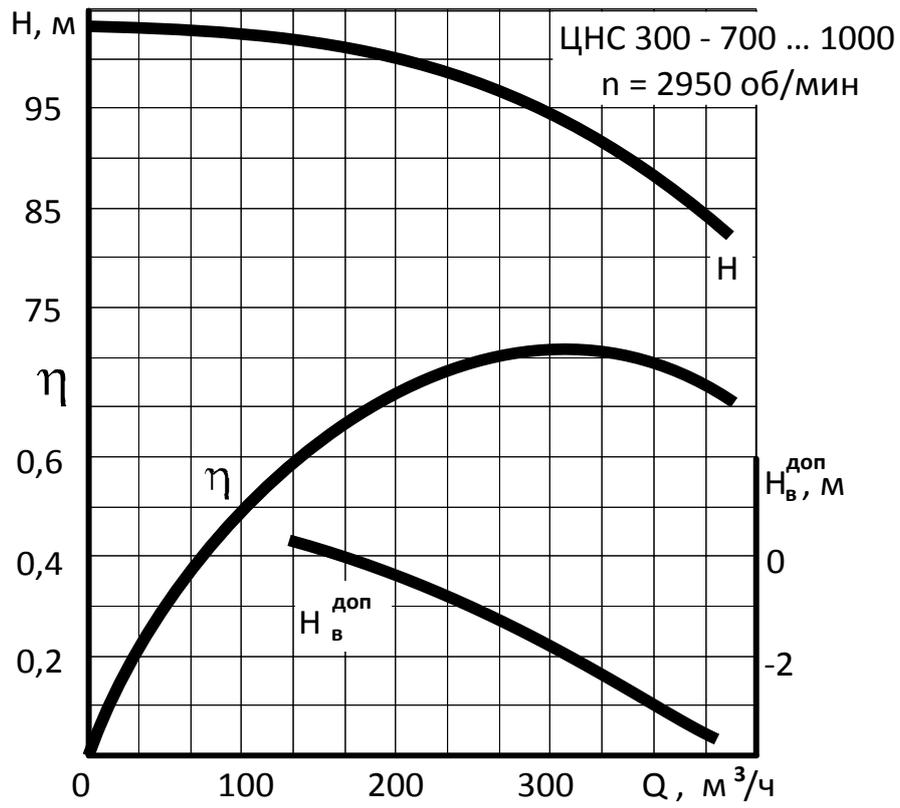


Рис. ПЗ.3. Характеристики насосов ЦНС 300

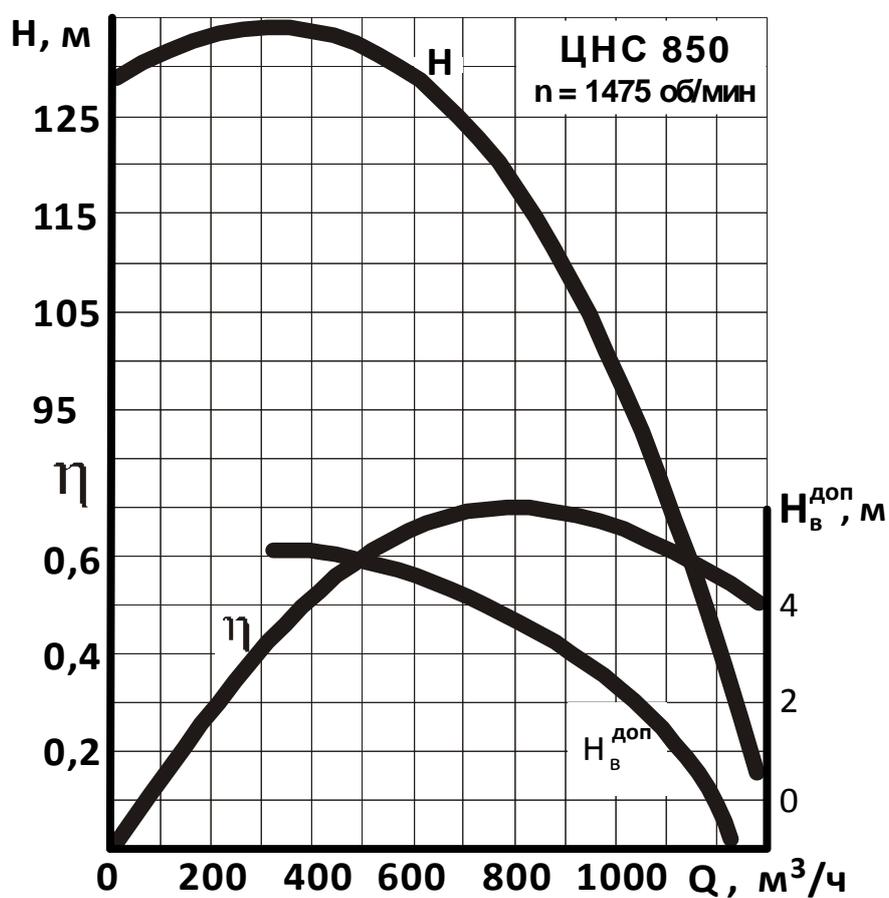
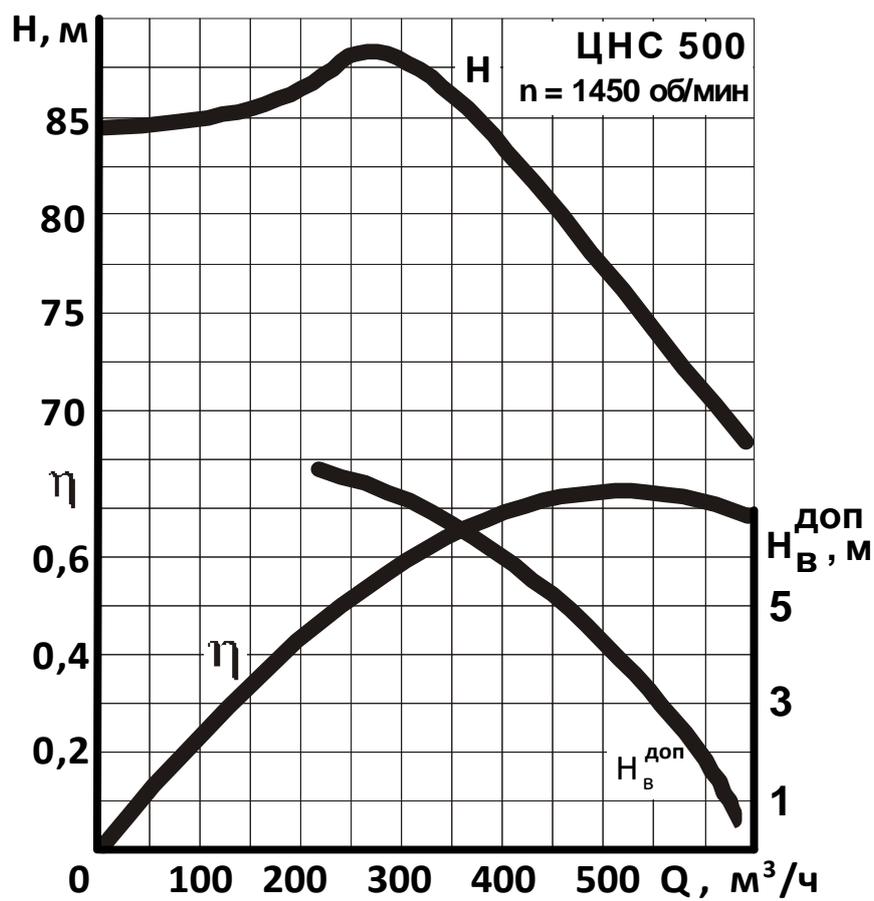


Рис. ПЗ.4. Характеристики насосов ЦНС 500 и ЦНС 850

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Основные параметры и характеристики компрессоров и пневматического оборудования

Таблица П4.1

#### Характеристики поршневых компрессоров

Показатели	Модель компрессора			
	ВП-10/8	ВП-20/8	ВП-30/8	ВП-50/8
Объемная подача при условиях всасывания, м <sup>3</sup> /мин	10	20	30	50
Давление конечное избыточное, МПа	0,8	0,8	0,8	0,8
Потребная мощность, кВт	57	110	159	275
Модель электрического двигателя	АВ-101-8	ДСК-12-24-12	БСДК-15-21-12	ДСК-173-16-16М
$N_{дв}$ , кВт	75	125	200	300
$n_{дв}$ , об/мин	735	500	500	375
$U$ , кВ	0,38	6	6	6
Число цилиндров	2	2	2	2
Диаметр цилиндра I ст., мм	305	400	470	600
II ст., мм	190	230	300	350
Ход поршня, мм	125	210	220	320
Масса, т	1,4	2,2	3,77	6,6
Объемная подача при условиях всасывания, м <sup>3</sup> /мин	2М10-50/8	4М10-100/8	5Г-100/8	2ВГ; 55В
	50	100	100	100
Давление конечное избыточное, МПа	0,8	0,8	0,8	0,8
Потребная мощность, кВт	565	540	570	592
Модель электрического двигателя	СКД-14-31-12	СКД-1-15-34-12	ДСК-260-20-32	ДСК-260-24-36
$N_{дв}$ , кВт	320	630	625	625
$n_{дв}$ , об/мин	500	500	167	167
$U$ , кВ	6	6	6	6
Число цилиндров	2	4	2	2
Диаметр цилиндра I ст./II ст., мм	620/370	620/370	880/520	900/530
Ход поршня, мм	220	220	550	550
Масса, т	7,5	14,8	21,5	25,7

Таблица П4.2

## Характеристики центробежных компрессоров

Показатели	Модель компрессора			
	К-60-82-1	ЦК-115/9	ЦК-135/8	ЦК-160/9
Объемная подача при условиях всасывания, м <sup>3</sup> /мин	44	115	135	160
Давление конечное избыточное, МПа	0,07	0,8	0,68	0,8
Число ступеней, ед.	8	2 + 4	2 + 4	4
$n_k$ , об/мин	12570	13800	13645	-
Модель электрического двигателя	СТМ-2000	А3М-1000/6000	СТД-1000/6000	2АРМ-1000/6000
$N_{дв}$ , кВт	2000	1000	1000	1000
$n_{дв}$ , об/мин	3000	2980	2980	2980
$U$ , кВ	6	6	6	6
Масса двигателя, т	12	7,2	7,2	7,2
Масса только компрессора, т	-	4	4	-
	<u>К-250-61-1</u> К-250-61-2	К-345-92-1	К-350-61-2	<u>К-500-61-1</u> К-500-61-2
Объемная подача при условиях всасывания, м <sup>3</sup> /мин	<u>250</u> 225	370	370	<u>525</u> 510
Давление конечное избыточное, МПа	<u>0,8</u> 0,8	1,3	0,635	<u>0,65</u> 0,8
Число ступеней, ед.	6	9	6	6
$n_k$ , об/мин	11230/10923	8600	8615	7636/7455
Модель электрического двигателя	СТМ-1500-2	СТМ-2500-2	СТМ-2500-2	СТМ-3500-2
$N_{дв}$ , кВт	1500	2500	2500	3200
$n_{дв}$ , об/мин	3000	3000	3000	3000
$U$ , кВ	6	6	6	6
Масса двигателя, т	<u>10,5</u> 10,5	14	14	<u>19,3</u> 19,3
Масса только компрессора, т	<u>7</u> 6,7	10	10	<u>14,1</u> 14

Таблица П4.3

**Характеристики центробежных  
и винтовых компрессоров**

Показатели	Модель компрессора			
<b>ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ</b>				
	К-905-61-1	К-1500-62-2	К-3000-61-6	К-7000-41-1
Объемная подача при условиях всасывания, м <sup>3</sup> /мин	915	1590	3200	6700
Давление конечное избыточное, МПа	0,67	0,67	0,58	0,43
Число ступеней, ед.	6	6	6	4
$n_k$ , об/мин	5690	4470	3260	3450
Модель приводного двигателя	СТМ-5000	СТМ-8000	турбина	турбина
$N_{дв}$ , кВт	5000	8000	14250	28500
$n_{дв}$ , об/мин	3000	3000	3260	3450
$U$ , кВ	6	6	-	-
<b>ВИНТОВЫЕ</b>				
	6КВМ-25/8	6КВМ-13/8	ВКШ-11	Зиф-ШВ-5
Объемная подача при условиях всасывания, м <sup>3</sup> /мин	25	12,5	25	5
Давление конечное избыточное, МПа	0,8	0,8	0,8	0,8
Модель электрического двигателя	ВАО 315М2	ВР 280S4	ВАО 315М2	ВР 200L4
$N_{дв}$ , кВт	160	110	160	40
$n_{дв}$ , об/мин	2970	1470	2960	1470
$U$ , кВ	6	6	6	0,38
Масса агрегата, т	4,5	4	4,5	1,2

Таблица П4.4

## Характеристики оборудования с пневматическим приводом

Наименование оборудования	Тип оборудования и пневмодвигателя	Основные характеристики			
		$P_p$ , МПа	$N$ , кВт	$q$ , м <sup>3</sup> /мин	$n$ , об/мин (уд/мин)
Пневмоударник	П1-75		2,39	5,5	1950
Пневмоударник	М-48		2,54	6,8	1620
Пневмоударник	П-105К	0,5	2,2	6,0	
Перфоратор	ПК-60	0,5	6,9	9,0	2500–2700
Перфоратор	ПК-75	0,5	8,5	11,0	2000–2500
Перфоратор	ПР-20В	0,5	2,1	2,5	2000
Перфоратор	ПР-25МВ	0,5	2,8	3,6	2000
Перфоратор	ПР-27ВБ	0,5	2,7	3,5	1600–2000
Перфоратор	ПР-30ВС	0,5	2,7	3,5	166–2300
Перфоратор	ПР-30К	0,5	2,7	3,5	2000
Перфоратор телескопный	ПТ-36М	0,5	3,0	4,5	2000
Перфоратор телескопный	ПТ-29М	0,5	2,5	3,3–3,9	2000
Отбойный молоток	МО5П	0,5	0,9	1,1	1500
Отбойный молоток	МО6П	0,5	0,9	1,1	1300
Отбойный молоток	МО7П	0,5	0,9	1,1	1100
Пневмосверло	СР-3М	0,5	2,3	2,7	
Лебедки:					
маневровая	ЛВ, ЛВЛ	0,4	5,9	7,2	2000
маневровая	ЛВП-34	0,4	30	32	-
монтажная	1 ЛГКН	0,4	17	21	-
Насосы:					
	Нву-30	0,5	17	21	-
	1В20	0,5	11	14	-
	Н1М	0,5	5,9	6,0	6300
Вентиляторы:					
	ВКМ-200А	0,5	1,1	1,2	
	ВМП-4	0,5	0,5	2,6–5,0	4800–5300
	ВМП-5	0,5	7	4–8	3800–4300
	ВМП-6	0,5	15	15	1800–2500
	ВМП-6М	0,5	20	15–20	2000–3300

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Характеристики стальных канатов

Таблица П5.1

#### Канаты трехграннопрядные по ГОСТ 3085–80

$d_K$ , мм	$S_K$ , мм <sup>2</sup>	$p$ , кг/м	Маркировочная группа, МПа						
			1370 (140)	1470 (150)	1570 (160)	1670 (170)	1765 (180)	1860 (190)	1960 (200)
			$Q_p$ , кН						
Исполнение 1 $\rho_0 = 9200$ кг/м <sup>3</sup>									
18,0	150	1,405	205,5	220,0	234,5	249,5	264,0	279,0	293,5
19,0	172	1,615	236,0	253,0	269,5	286,5	303,5	320,5	337,0
20,0	199	1,865	272,0	291,5	311,0	330,5	350,0	369,5	389,0
21,5	224	2,105	307,0	329,0	351,0	373,0	395,0	417,0	439,0
23,0	254	2,385	348,5	373,5	398,5	423,0	448,0	473,0	498,0
25,0	292	2,745	401,0	429,5	458,0	487,0	515,5	544,0	573,0
27,5	355	3,340	487,5	522,0	557,0	592,0	626,5	661,5	696,5
30,0	425	3,990	582,5	624,0	665,5	707,5	749,0	790,5	832,0
33,0	500	4,700	686,0	735,0	784,0	833,0	882,0	931,0	980,0
35,5	582	5,470	798,0	855,0	912,0	969,0	1025,0	1080,0	1140,0
38,5	689	6,565	958,0	1025,0	1095,0	1160,0	1230,0	1300,0	1365,0
40,5	794	7,465	1085,0	1165,0	1245,0	1320,0	1400,0	1455,0	1555,0
43,5	896	8,425	1225,0	1315,0	1405,0	1490,0	1580,0	-	-
46,5	1017	9,555	1390,0	1490,0	1590,0	1690,0	1790,0	-	-
50,0	1169	10,950	1600,0	1715,0	1830,0	1945,0	2060,0	-	-
Исполнение 2 $\rho_0 = 10600$ кг/м <sup>3</sup>									
18,0	132	1,405	180,5	193,5	206,5	219,5	232,0	245,0	258,0
19,0	152	1,615	208,0	222,5	237,5	252,5	267,5	282,0	297,0
20,0	173	1,865	237,0	254,0	271,0	288,0	305,0	322,0	339,0
21,5	196	2,105	268,5	287,5	307,0	326,0	345,0	364,5	383,5
23,0	220	2,385	301,5	323,0	344,5	366,0	388,0	409,5	431,0
25,0	252	2,745	345,0	369,5	394,5	419,0	443,5	468,5	493,0
27,5	308	3,340	422,0	452,0	482,0	512,0	542,5	572,5	602,5
30,0	369	3,990	506,5	542,5	578,5	615,0	651,0	687,5	723,5
33,0	437	4,700	598,5	641,5	684,5	727,0	770,0	812,5	855,5

$d_K$  и  $S_K$  – диаметр и суммарная площадь сечения всех проволок каната;

$p$  – погонная масса каната (масса 1 м каната);

$Q_p$  – суммарное разрывное усилие всех проволок каната;

$\rho_0$  – фиктивная плотность смазанного каната.

## Продолжение табл. П5.1

$d_k$ , мм	$S_k$ , мм <sup>2</sup>	$p$ , кг/м	Маркировочная группа, МПа						
			1370 (140)	1470 (150)	1570 (160)	1670 (170)	1765 (180)	1860 (190)	1960 (200)
			$Q_p$ , кН						
35,5	509	5,470	699,0	748,5	798,5	848,5	898,5	948,5	998,5
38,5	607	6,565	832,0	891,5	951,0	1010,0	1070,0	1125,0	1185,0
40,5	692	7,465	949,5	1015,0	1085,0	1150,0	1220,0	1285,0	1355,0
43,5	783	8,425	1070,0	1150,0	1225,0	1300,0	1380,0	-	-
46,5	880	9,555	1205,0	1290,0	1375,0	1465,0	1550,0	-	-
50,0	1007	10,950	1380,0	1475,0	1575,0	1675,0	1775,0	-	-

Таблица П5.2

Канаты многопрядные по ГОСТ 3088–80 ( $\rho_0 = 9600$  кг/м<sup>3</sup>)

$d_k$ , мм	$S_k$ , мм <sup>2</sup>	$p$ , кг/м	Маркировочная группа, МПа						
			1370 (140)	1470 (150)	1570 (160)	1670 (170)	1765 (180)	1860 (190)	1960 (200)
			$Q_p$ , кН						
21,0	170	1,670	233,5	250,0	267,0	283,5	300,5	317,0	333,5
23,0	223	2,190	306,0	328,0	350,0	371,5	393,5	415,5	437,5
24,5	259	2,540	355,0	380,5	405,5	431,0	456,5	481,5	507,0
27,0	314	3,075	430,5	461,0	492,0	522,5	553,5	584,0	615,0
29,5	374	3,670	513,0	550,0	586,5	623,0	660,0	696,5	733,0
31,5	431	4,225	591,0	633,0	675,5	717,5	799,5	802,0	844,0
34,0	501	4,910	687,5	736,5	875,5	834,5	883,5	933,0	982,0
36,0	586	5,550	777,0	832,5	888,0	943,5	999,0	1050,0	1110,0
38,5	646	6,336	886,5	950,0	1010,0	1075,0	1140,0	1200,0	1265,0
41,0	732	7,175	1000,0	1075,0	1145,0	1215,0	1290,0	1360,0	1430,0
44,0	823	8,065	1125,0	1205,0	1290,0	1370,0	1450,0	1530,0	1610,0
45,5	893	8,750	1225,0	1310,0	1400,0	1485,0	1575,0	1660,0	1750,0
49,5	1070	10,500	1465,0	1570,0	1675,0	1780,0	1885,0	1990,0	2095,0
51,0	1124	11,000	1540,0	1650,0	1760,0	1870,0	1980,0	2090,0	2200,0
52,0	1179	11,550	1615,0	1730,0	1845,0	1960,0	2080,0	2195,0	2310,0
54,5	1294	12,700	1770,0	1900,0	2025,0	2155,0	2280,0	2405,0	2535,0
56,0	1413	13,850	1935,0	2075,0	2215,0	2350,0	2490,0	2630,0	2770,0
59,5	1538	15,050	2110,0	2260,0	2410,0	2560,0	2710,0	2860,0	3015,0
64,0	1760	17,250	2410,0	2585,0	2755,0	2930,0	3100,0	3275,0	3445,0
68,0	2004	19,650	2745,0	2945,0	3140,0	3335,0	3535,0	3730,0	3925,0

Таблица П5.3

Канаты шестипрядные по ГОСТ 7668–80 ( $\rho_0 = 9700 \text{ кг/м}^3$ )

$d_K$ , мм	$S_K$ , мм <sup>2</sup>	$p$ , кг/м	Маркировочная группа, МПа						
			1370 (140)	1470 (150)	1570 (160)	1670 (170)	1765 (180)	1860 (190)	1960 (200)
			$Q_p$ , кН						
20,0	154	1,520	-	-	241,0	253,0	271,5	286,5	301,5
22,0	185	1,830	253,5	272,0	290,0	308,0	326,5	344,5	362,5
23,5	216	2,130	296,0	317,0	338,5	359,5	380,5	402,0	423,0
25,5	252	2,495	346,0	371,0	395,5	420,5	445,0	470,0	494,5
27,0	284	2,800	389,0	417,0	444,5	472,5	500,5	528,0	556,0
29,0	325	3,215	446,0	478,0	510,0	542,0	574,0	605,5	637,5
31,0	370	3,655	507,5	543,5	580,0	616,0	652,5	688,5	725,0
33,0	421	4,155	577,5	618,5	660,0	701,0	742,5	783,5	825,0
34,5	421	4,550	632,5	677,5	722,5	768,0	813,0	858,5	903,5
36,5	503	4,965	690,0	739,5	788,5	838,0	887,0	936,5	986,0
39,5	616	6,080	845,0	905,0	965,5	1025,0	1085,0	1145,0	1205,0
42,0	684	6,750	938,0	1005,0	1070,0	1135,0	1205,0	1270,0	1340,0
43,0	717	7,120	983,5	1050,0	1120,0	1190,0	1265,0	1335,0	1405,0
44,5	787	7,770	1080,0	1155,0	1230,0	1310,0	1385,0	1465,0	1540,0
46,5	851	8,400	1165,0	1250,0	1330,0	1415,0	1500,0	1580,0	1665,0
50,5	1007	9,940	1380,0	1480,0	1575,0	1675,0	1775,0	1870,0	1970,0
53,5	1132	11,150	1550,0	1660,0	1770,0	1885,0	1995,0	2150,0	2215,0
56,0	1220	12,050	1670,0	1790,0	1910,0	2030,0	2150,0	-	-
58,5	1315	13,000	1800,0	1930,0	2060,0	2190,0	2315,0	-	-
60,5	1447	14,250	1980,0	2125,0	2265,0	2410,0	2550,0	-	-
63,0	1539	15,200	2110,0	2260,0	2410,0	2560,0	2710,0	-	-
65,0	1634	16,100	2240,0	2400,0	2560,0	2720,0	2880,0	-	-
68,0	1793	17,700	2455,0	2635,0	2810,0	2985,0	3160,0	-	-
72,0	2008	19,800	2755,0	2950,0	3145,0	3345,0	3540,0	-	-

$d_K$  и  $S_K$  – диаметр и суммарная площадь сечения всех проволок каната;

$p$  – погонная масса каната (масса 1 м каната);

$Q_p$  – суммарное разрывное усилие всех проволок каната;

$\rho_0$  – фиктивная плотность смазанного каната.

Таблица П5.4

Канаты шестипрядные по ГОСТ 7669–80 ( $\rho_0 = 8940 \text{ кг/м}^3$ )

$d_K$ , мм	$S_K$ , мм <sup>2</sup>	$\rho$ , кг/м	Маркировочная группа, МПа						
			1370 (140)	1470 (150)	1570 (160)	1670 (170)	1765 (180)	1860 (190)	1960 (200)
			$Q_P$ , кН						
14,5	96	0,906	-	-	151,0	160,5	169,5	179,0	188,5
16,0	122	1,145	-	-	191,0	203,0	214,5	226,5	238,5
17,5	145	1,360	-	-	227,0	241,5	255,5	270,0	284,0
19,5	179	1,630	-	-	280,5	298,0	315,5	333,0	350,5
21,0	213	1,950	292,5	313,5	334,5	355,5	376,0	397,0	418,0
23,0	251	2,290	344,5	369,0	393,5	418,5	443,0	467,5	492,0
25,0	292	2,660	400,5	429,0	458,0	486,5	515,0	543,5	572,5
26,5	327	2,975	449,0	481,0	513,0	545,0	577,5	609,5	641,5
28,0	373	3,395	512,0	548,5	585,0	621,5	658,0	694,5	731,5
30,0	427	3,890	585,5	627,0	669,0	710,5	752,5	794,5	836,0
32,5	487	4,445	668,5	716,5	764,0	812,0	859,5	907,5	955,0
35,5	580	5,290	795,5	852,5	909,5	966,0	1020,0	1080,0	1135,0
36,5	646	5,895	886,5	950,0	1010,0	1075,0	1140,0	1200,0	1265,0
39,0	716	6,530	982,5	1050,0	1120,0	1190,0	1260,0	1330,0	1400,0
41,0	797	7,265	1090,0	1170,0	1245,0	1325,0	1405,0	1480,0	1560,0
42,0	844	7,665	1155,0	1240,0	1320,0	1405,0	1485,0	1570,0	1650,0
45,5	992	9,045	1360,0	1455,0	1555,0	1650,0	1745,0	1845,0	1940,0
49,0	1163	10,600	1595,0	1705,0	1820,0	1935,0	2050,0	2165,0	2275,0
52,0	1304	11,850	1785,0	1915,0	2040,0	2170,0	2300,0	2425,0	2555,0
57,0	1521	13,900	2085,0	2235,0	2380,0	2530,0	2650,0	-	-
60,5	1671	15,240	2290,0	2455,0	2620,0	2780,0	2945,0	-	-
61,5	1785	16,250	2445,0	2615,0	2790,0	2965,0	3140,0	-	-
64,0	1880	17,148	2575,0	2760,0	2945,0	3130,0	3315	-	-
68,0	2059	18,775	2820,0	3025,0	3225,0	3425,0	3630,0	-	-
72,0	2316	21,125	3175,0	3405,0	3630,0	3855,0	4085,0	-	-

$d_K$  и  $S_K$  – диаметр и суммарная площадь сечения всех проволок каната;

$\rho$  – погонная масса каната (масса 1 м каната);

$Q_P$  – суммарное разрывное усилие всех проволок каната;

$\rho_0$  – фиктивная плотность смазанного каната.

Таблица П5.5

Канаты плоской конструкции по ГОСТ 3091–80

$b_K$ , мм	$\delta_K$ , мм <sup>2</sup>	$p$ , кг/м	Маркировочная группа, МПа						
			1370 (140)	1470 (150)	1570 (160)	1670 (170)	1765 (180)	1860 (190)	1960 (200)
			$Q_p$ , кН						
72	11,5	2,565	356,5	381,5	407,0	432,5	457,5	483,0	508,5
83	13,5	3,475	483,0	517,5	552,0	586,5	621,0	655,5	690,0
95	15,5	4,530	629,0	674,0	719,0	764,0	809,0	854,0	898,5
107	17,5	5,720	794,5	851,5	908,0	965,0	1020,0	1075,0	1135,0
119	19,5	7,050	979,5	1045,0	1115,0	1185,0	1255,0	1325,0	139,5

$b_K$  и  $\delta_K$  – ширина и толщина каната;

$p$  – погонная масса каната (масса 1 м каната);

$Q_p$  – суммарное разрывное усилие всех проволочек каната.

Таблица П5.6

Канаты плоской конструкции по ГОСТ 3092–80

$b_K$ , мм	$\delta_K$ , мм <sup>2</sup>	$p$ , кг/м	Маркировочная группа, МПа						
			1370 (140)	1470 (150)	1570 (160)	1670 (170)	1765 (180)	1860 (190)	1960 (200)
			$Q_p$ , кН						
124	20,0	6,050	794,0	851,0	907,5	964,5	1020,0	1075,0	1113,0
139	22,5	7,695	1005,0	1075,0	1145,0	1200,0	1290,0	1360,0	1435,0
145	23,5	8,560	1120,0	1200,0	1280,0	1360,0	1440,0	1520,0	1600,0
154	25,0	9,430	1240,0	1325,0	1415,0	1505,0	1595,0	1680,0	1770,0
170	27,5	11,500	1500,0	1605,0	1715,0	1820,0	1930,0	2035,0	2145,0
186	30,0	13,610	1785,0	1915,0	2040,0	2170,0	2295,0	2425,0	2550,0
202	33,0	16,000	2095,0	2245,0	2395,0	2545,0	2695,0	2845,0	2995,0
217	35,5	18,550	2430,0	2605,0	2780,0	2950,0	31250,0	3300,0	3475,0
233	38,0	21,260	2790,0	2990,0	3190,0	3390,0	3590,0	3790,0	3990,0

$b_K$  и  $\delta_K$  – ширина и толщина каната;

$p$  – погонная масса каната (масса 1 м каната);

$Q_p$  – суммарное разрывное усилие всех проволочек каната.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### Характеристики подъемных сосудов отечественного производства

Таблица Пб.1

#### Характеристики скипов для угольных шахт

Модель скипа	$V,$ $\text{м}^3$	$m_{\Gamma},$ т	$m_{\text{С}},$ т	$h_{\text{С}},$ м	$h_{\text{КР}},$ м	$b \times l,$ м	$S_0,$ м
для одноканатных установок							
2СН 4-1	4,0	3,0	4,80	6,47	2,15	1,35×1,70	1,85
2СН 5-1	5,0	4,0	5,80	7,10	2,17	1,54×1,85	2,10
1СН 7-1	7,0	6,0	6,40	8,62	2,17	1,54×1,85	2,10
2СН 9,5-1	9,5	8,0	6,90	9,52	2,17	1,54×1,85	2,10
1СН 11-1	11,0	9,0	7,55	9,95	2,17	1,54×1,85	2,10
5СН 11-1	11,0	9,0	8,05	9,62	2,17	1,74×2,23	2,25
2СН 15-1	15,0	12,0	9,02	11,00	2,17	1,74×2,23	2,25
1СН 20-1	20,0	15,0	10,20	14,40	2,17	1,74×2,23	2,25
для многоканатных установок							
2СН 9,5-2	9,5	8,0	10,90	10,00	2,17	1,54×1,85	2,10
1СН 11-2	11,0	9,0	11,40	10,50	2,17	1,54×1,85	2,10
5СН 11-2	11,0	9,0	11,40	9,30	2,17	1,74×2,23	2,25
2СН 15-2	15,0	12,0	15,20	11,30	2,17	1,74×2,23	2,25
1СН 20-2	20,0	15,0	19,70	12,80	2,17	1,74×2,23	2,25
3СН 20-2	20,0	15,0	19,70	11,40	2,40	2,20×2,80	2,80
1СН 25-2	25,0	20,0	21,20	12,80	2,40	2,20×2,80	2,80
2СН 25-2	25,0	20,0	21,20	12,80	2,40	2,20×2,80	2,80
1СН 35-2	35,0	30,0	30,30	16,50	2,40	1,90×2,35	2,50
2СН 35-2	35,0	30,0	30,30	14,70	2,40	2,20×2,80	2,80
1СН 55-2	55,0	50,0	47,00	23,50	2,60	3,00×3,30	3,60

$V$  – объем кузова;

$m_{\Gamma}$  – грузоподъемность сосуда;

$m_{\text{С}}$  – масса сосуда;

$h_{\text{С}}$  – высота сосуда;

$h_{\text{КР}}$  – высота разгрузочной кривой (путь разгрузки);

$b \times l$  – ширина и длина сосуда (поперечное сечение);

$S_0$  – расстояние между отвесами канатов в стволе.

Таблица Пб.2

## Характеристики скипов для рудных шахт

Модель скипа	$V$ , м <sup>3</sup>	$m_{Г}$ *, т	$m_{С}$ *, т	$h_{С}$ , м	$h_{КР}$ , м	$b \times l$ , м	$S_0$ , м
1СН 4-2	4,0	8,8/-	8,5/-	7,19	2,17	1,35×1,35	1,85
1СН 5-2	5,0	11,0/13,0	10,5/14,4	7,11	2,17	1,44×1,64	1,85
1СН 7-2	7,0	16,0/-	15,5/-	9,46	2,40	1,44×1,64	1,85
1СН 9,5-2	9,5	22,0/13,0	21,0/14,4	9,73	2,40	1,68×1,74	2,10
2СН 11-2	11,0	25,0/15,0	24,4/15,6	12,76	2,40	1,68×1,74	2,10
4СН 11-2	11,0	25,0/15,0	24,4/15,6	12,51	2,40	1,74×1,80	2,10
3СН 15-2	15,0	35,0/20,5	33,0/19,1	16,20	2,60	1,74×1,80	2,10
2СН 17-2	17,0	40,0/-	38,0/-	16,96	2,60	1,70×1,80	2,10
3СН 17-2	17,0	40,0/-	38,0/-	15,20	2,60	1,90×2,35	2,50
2СН 21,5-2	21,5	50,0/-	47,5/-	16,20	2,60	1,90×2,35	2,50

\* – в числителе указана масса для руды, в знаменателе – для породы.

Таблица Пб.3

## Характеристики унифицированных неопрокидных клеток для вертикальных подъемных установок

Модель клетки	$S$ , м <sup>2</sup>	$h_{С}$ , м	$m_{С}$ , т	$m_{Г}$ , т	$F_{\max}$ , кН	$d_{К}$ , мм	Модель вагонетки
для одноканатных установок							
1УКН 2,5-1	2,3	4,90	2,76	3,00	58	34,0	УВГ-1,3
1УКН 2,55-1	4,6	7,40	4,11	6,00	101	40,5	УВГ-1,4
1УКН 3,2-1	3,1	4,90	2,96	3,60	66	34,0	УВГ-1,6
1УКН 3,6-1	4,6	5,45	3,82	5,20	91	40,0	УВГ-2,5
1УКН 4-1	5,6	5,98	4,66	6,60	113	47,5	УВГ-3,3
1УКН 4,5-1	5,6	6,58	6,13	6,60	183	47,5	УВД-3,3
2УКН 3,2-1	6,2	7,86	5,23	7,20	125	47,5	УВГ-1,6
2УКН 3,5-1	9,2	8,15	6,52	10,40	170	56,5	УВГ-2,5
2УКН 4-1	11,2	8,58	8,62	13,20	220	60,5	УВГ-3,3
2УКН 4,5-1	11,2	9,18	9,60	13,20	300	60,5	УВД-3,3
для многоканатных установок							
УК 4	5,4	3,36	7,99	9,00	400	45,0	УВГ-3,3
1КН 5,2	7,8	3,42	10,29	14,00	570	56,5	УВД-3,3
2КН 3,6	8,4	5,64	9,83	11,50	520	56,5	УВГ-4,0
2КН 4	10,6	5,64	11,10	11,00	540	56,5	УВГ-3,3
2КН-5,2	15,6	5,78	14,15	14,00	660	64,0	УВД-3,3

$S$  – площадь клетки;  $h_{С}$  – высота сосуда;  $m_{С}$  – масса сосуда;  $m_{Г}$  – грузоподъемность сосуда;  $F_{\max}$  – максимальная нагрузка на коуш;  $d_{К}$  – максимальный диаметр каната.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

### Характеристики подъемных машин отечественного производства

Таблица П7.1

#### Характеристики барабанных подъемных машин

Модель машины	$B_p$ , мм	$T_{max}$ , кН	$F_{max}$ , кН	$i_p$ , ед.	$v_{max}$ , м/с	GM, кН м <sup>2</sup>	$m$ , т
Ц-1,2×1	-	25	25	20; 30	3,0	35	12
Ц-1,6×1,2	-	40	40	20; 30	4,0	80	17
Ц-2×1,5	-	63	63	20; 30	5,0	220	30
Ц-2,5×2	-	90	90	11,5; 20; 30	7,0	550	50
Ц-3×2,2	-	140	140	11,5; 20; 30	8,0	1500	75
Ц-3,5×2,4	-	200	200	10,5; 11,5; 20; 30	10,0	3200	105
ЦР-3,5×3/0,9	5	200	120	10,5; 11,5	10,0	3200	103
ЦР-3,5×3,2/0,8	5	200	120	10,5; 11,5; 20; 30	10,0	3400	110
ЦР-4×3/0,7	5	250	160	10,5; 11,5; 20	12,0	3000	70
ЦР-4×3,2/0,9	5	250	160	10,5; 11,5	12,0	3200	75
ЦР-5×3/0,6	5	280	210	10,5; 11,5	14,0	6800	94
ЦР-5×3,2/0,85	5	280	210	10,5; 11,5	14,0	7250	100
ЦР-6×3/0,6	5	320	240	10,5; 11,5	16,0	12000	116
ЦР-6×3,4/0,6	5	360	270	10,5; 11,5	16,0	14000	140
2Ц-1,2×0,8	160	25	25	20; 30	3,0	50	14
2Ц-1,6×0,8	160	40	40	20; 30	4,0	100	20
2Ц-2×1,1	160	63	63	20; 30	5,0	300	40
2Ц-2,5×1,2	160	90	75	11,5; 20; 30	7,0	800	60
2Ц-3×1,5	160	140	90	11,5; 20; 30	8,0	2100	85
2Ц-3,5×1,8	220	200	180	10,5; 11,5; 20; 30	10,0	3700	120
2Ц-4×1,8	90	220	160	10,5; 11,5; 20	12,0	3600	77
2Ц-4×2,3	90	250	160	10,5; 11,5; 20	12,0	5000	99
2Ц-5×2,4	90	280	210	10,5; 11,5	14,0	10000	128
2Ц-5×2,8	100	560	400	безредукторная	14,0	44000	220
2Ц-6×2,4	90	320	240	10,5; 11,5	16,0	20000	156
2Ц-6×2,8	100	360	270	10,5; 11,5	16,0	25000	188
2Ц-6×2,8У	100	560	400	безредукторная	16,0	64000	245
МПБ 5-2-2	5	250	180	10,5; 11,5	14,0		146
МПБ 5-2,5-2,5	5	320	250	10,5; 11,5	14,0		177
МПБ 5-3,15-3,15	5	320	250	10,5; 11,5	14,0		187
МПБ 6,3-2,8-2,8	5	400	320	10,5; 11,5	16,0		207
МПБ 6,3-3,15-3,15	30	400	320	10,5; 11,5	16,0		213

## Продолжение табл. П7.1

Модель машины	$B_p$ , мм	$T_{\max}$ , кН	$F_{\max}$ , кН	$i_p$ , ед.	$v_{\max}$ , м/с	$GM$ , кН м <sup>2</sup>	$m$ , т
БЦК-8/4,5×2,25	9	360	280	безредукторная	16,0	85000	238
БЦК-8/5×2,7	9	630	480		16,0	90000	290
БЦК-9/5×2,25	9	370	300		16,0	60000	260
БЦК-9/5×2,5	9	400	320		16,0	65000	380

$B_p$  – расстояние между барабанами или частями барабана;

$T_{\max}$  и  $F_{\max}$  – максимальные статические натяжение и разность натяжений;

$i_p$  – передаточное отношение редуктора привода подъемной машины;

$v_{\max}$  – максимальная скорость движения сосудов подъемной установки;

$GM$  – маховый момент подъемной машины без редуктора и двигателя;

$m$  – масса машины без редуктора и двигателя.

Таблица П7.2

## Характеристики подъемных многоканатных машин

Модель машины	$B$ , м	$T_{\max}$ , кН	$F_{\max}$ , кН	$i_p$ , ед.	$v_{\max}$ , м/с	$GM_M$ , кН м <sup>2</sup>	$GM_{III}$ , кН м <sup>2</sup>
ЦШ-2,1×4	0,9	265	80	7,35; 10,5; 11,5	11/12	220	95
ЦШ-2,25×4	0,9	340	120		12/14	300	95
ЦШ-2,25×6	1,4	500	150		12/14	400	-
ЦШ-3,25×4	1,0	600	175		14/16	950	350
ЦШ-4×4	1,0	800	250		14/16	2100	500
ЦШ-5×4	1,0	1450	350	безредукторная	16	6250	500
ЦШ-5×6	1,7	2150	500		16	8750	600
ЦШ-5×8	2,2	2400	500		16	11000	800
МК-2,25×2	0,4	150	35	7,35; 10,5; 11,5	12/14	250	47
МК-2,25×4	0,8	240	60		12/14	300	95
МК-2,25×4М	1,0	340	120		12/14	350	95
МК-3,25×2	0,6	360	80		14/16	650	175
МК-3,25×4	1,0	500	150		14/16	800	350
МК-4×4	1,0	770	250		14/16	1700	500
МК-5×2*	1,0	770	200	безредукторная	16	5250	-
МК-5×4	1,0	1200	250		16	6250	500
МПМН-5×4*	1,0	1250	300		16	6250	500

$B$  – ширина приводного шкива между ребордами.

11/12 – максимальная скорость движения сосудов: в числителе при редукторном приводе; в знаменателе – для безредукторного привода.

$GM_{III}$  – маховый момент отклоняющих шкивов.

\* – подъемные машины для установки на земле.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

### Характеристики редукторов подъемных машин

Таблица П8.1

#### Характеристики редукторов барабанных подъемных машин

Показатели	Модель			
	ЦДН-130М	ЦДН-150	ЦО2-16	ЦО3-16
Межцентровое расстояние, мм	1300	1500	1600	1600
Максимальный момент вращения в период разгона, кН·м $i = 10,5/ i = 11,5/ i = 20/ i = 30$	- 120/-	- 200/-	2×220 -	2×190 -
Максимальная частота вращения быстроходного вала, об/мин $i = 10,5/ i = 11,5$ $i = 20/ i = 30$	750 1000	600 750	600 -	600 -
Маховый момент на тихоходном валу, кН·м <sup>2</sup> $i = 10,5/ i = 11,5$ $i = 20/ i = 30$	-/106,5 190/402,7	-/220 330/480	-	-
Масса, т	8,8	13,2	24,0	24,0
	ЦДН-170У	2ЦО-18	ЦДН-20	2ЦОН-22
Межцентровое расстояние, мм	1700	1800	2000	2200
Максимальный момент вращения в период разгона, кН·м $i = 10,5/ i = 11,5/ i = 20$	280/250/ -	360/320/ -	-/-/ 380	750/700/ -
Максимальная частота вращения быстроходного вала, об/мин $i = 10,5/ i = 11,5/ i = 20$	600/600/ 750	500/500/ -	-/-/ 600	500/500/ -
Маховый момент на тихоходном валу, кН·м <sup>2</sup> $i = 10,5/ i = 11,5/ i = 20$	400/ 435/715	900/ 1000/-	-/-/ 1000	2500/ 2800/-
Масса, т	19,5	38,0	34,0	64,0

Таблица П8.2

#### Характеристики редукторов многоканатных подъемных машин

Показатели	Модель			
	2ЦД-14	2ЦД-17	2ЦД-20	2ЦД-23
Максимальный момент вращения в период разгона, кН·м	200	450	700	1000
Максимальная частота вращения быстроходного вала, об/мин	750	750	600	600
Маховый момент на тихоходном валу, кН·м <sup>2</sup> $i = 6/ i = 7,35$ $i = 10,5/ i = 11,5$	120/180 240/260	-/427 495/664	-/910 1330/1570	- 1720/1800
Масса, т $i = 6/ i = 7,35$ $i = 10,5/ i = 11,5$	14,5/14,6 14,3/14,3	-/30,7 30,7/30,9	-/35,4 35,2/35,2	- 50,4/50,2

## ПРИЛОЖЕНИЕ 9

### Характеристики двигателей

Таблица П9.1

Технические характеристики асинхронных электродвигателей  
серий АК, АКЗ, АКН2 (габариты 12-19)

Модель	$N$ , кВт	$n$ , об/мин	$\eta$ , ед.	$GM_p$ , кН м <sup>2</sup>	$\lambda$ , ед.
$n_s = 1500$ об/мин					
АК 12-32-4	400	1480	0,925	1,0	2,3
АК 12-41-4	500	1485	0,930	1,2	2,7
АК 12-52-4	630	1485	0,935	1,4	2,7
АК 13-46-4	800	1485	0,940	2,3	2,4
АК 13-59-4	1000	1485	0,940	2,7	2,8
$n_s = 1000$ об/мин					
АК 12-35-6	250	980	0,910	1,5	2,2
АК 12-39-6	320	985	0,915	1,6	2,3
АК 12-49-6	400	985	0,920	1,9	2,2
АК 13-37-6	500	985	0,925	2,7	1,9
АК 13-46-6	630	985	0,930	3,3	1,9
АК 13-59-6	800	990	0,935	3,8	2,1
$n_s = 750$ об/мин					
АКЗ 12-35-8	200	735	0,915	1,5	2,3
АКЗ 12-42-8	250	740	0,922	1,6	2,1
АКЗ 12-52-8	320	740	0,926	1,9	2,1
АКЗ 13-42-8	400	740	0,929	3,3	2,0
АКЗ 13-52-8	500	740	0,934	3,8	2,0
АКЗ 13-62-8	630	740	0,939	4,3	2,0
АКН2-15-57-8	800	735	0,948	4,7	2,5
АКН2-15-69-8	1000	740	0,950	5,4	2,5
АКН2-16-57-8	1250	740	0,952	8,5	2,3
$n_s = 600$ об/мин					
АКЗ 12-42-10	200	590	0,910	2,0	2,4
АКЗ 12-52-10	250	590	0,914	2,4	2,3
АКЗ 13-42-10	320	590	0,925	3,6	1,9
АКЗ 13-52-10	400	590	0,928	4,2	1,8
АКЗ 13-62-10	500	590	0,933	4,8	1,9
АКН2-15-57-10	630	590	0,945	5,2	2,3
АКН2-15-69-10	800	590	0,946	6,2	2,3
АКН2-16-57-10	1000	590	0,947	10,4	2,6
АКН2-16-69-10	1250	590	0,949	12,0	2,6

## Продолжение табл. П9.1

Модель	$N$ , кВт	$n$ , об/мин	$\eta$ , ед.	$GM_p$ , кН м <sup>2</sup>	$\lambda$ , ед.
$n_s = 500$ об/мин					
АКЗ 13-42-12	200	490	0,920	3,6	2,2
АКЗ 13-52-12	250	495	0,920	4,2	2,1
АКЗ 13-62-12	320	495	0,925	4,8	2,0
АКЗ 14-41-12	400	485	0,922	6,8	2,4
АКН2-16-39-12	500	490	0,934	7,8	2,3
АКН2-16-48-12	630	490	0,938	9,0	2,3
АКН2-16-57-12	800	490	0,943	10,3	2,4
АКН2-17-48-12	1000	495	0,946	18,8	2,3
АКН2-17-57-12	1250	495	0,948	21,6	2,3
$n_s = 375$ об/мин					
АКН2-17-23-16	315	365	0,913	11,9	2,3
АКН2-17-27-16	400	365	0,919	13,0	2,3
АКН2-17-31-16	500	365	0,925	14,4	2,3
АКН2-17-39-16	630	365	0,933	16,8	2,4
АКН2-18-36-16	800	370	0,938	34,0	2,4
АКН2-18-43-16	1000	370	0,941	39,0	2,3
АКН2-18-53-16	1250	370	0,945	45,0	2,4
$n_s = 300$ об/мин					
АКН2-17-31-20	315	290	0,912	14,8	2,3
АКН2-17-39-20	400	290	0,918	16,7	2,3
АКН2-18-27-20	500	290	0,920	26,0	2,3
АКН2-18-36-20	630	290	0,930	32,0	2,3
АКН2-18-43-20	800	295	0,933	35,0	2,3
АКН2-19-33-20	1000	295	0,934	71,6	2,5
АКН2-19-41-20	1250	295	0,939	80,8	2,4
$n_s = 250$ об/мин					
АКН2-18-27-24	315	240	0,911	65,0	2,3
АКН2-18-31-24	400	240	0,916	70,0	2,3
АКН2-18-36-24	500	240	0,919	73,5	2,4
АКН2-18-57-24	630	245	0,920	84,0	2,5
АКН2-19-33-24	800	245	0,930	88,0	2,3
АКН2-19-41-24	1000	245	0,933	100,0	2,3
АКН2-19-47-24	1250	245	0,932	108,0	2,4

$n_s$  и  $GM_p$  – синхронная частота вращения и маховый момент ротора двигателя;  
 $\lambda$  – перегрузочная способность двигателя ( $M_{\max}/M_H$ ).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 10

### Характеристики тормозных устройств подъемных машин

Таблица П10.1

#### Технические характеристики тормозных устройств барабанных подъемных машин НКМЗ

$D_{ТО}$ , мм	$M_T^{max}$ , кН·м	А	Б	В	Г	Е	Ж	И	К	$m$ , кг
		мм								
3970	462	1300	260	1560	2280	1940	2500	720	710	12040
3970	720									19370
4960	1000	1600	300	1960	2800	2450	3270	865	810	23370
4960	1430									26080
5980	1930	1800	360	2280	3300	3000	3790	1020	810	32720

$D_{ТО}$  – диаметр тормозного обода;

$M_T^{max}$  – максимальный тормозной момент;

А, Б, В, Г, Е, Ж, И, К – геометрические характеристики исполнительного органа (см. рис. 4.43 [19]).

$m$  – масса.

Передаточное отношение рычажной системы для всех моделей машин НКМЗ равно 5.

Таблица П10.2

#### Характеристики тормозных приводов подъемных машин НКМЗ

Тип привода	$F_T^{max}$ , кН	$F_{П}$ , кН	$d_{П}$ , мм	$h_{П}^{max}$ , мм	А	Б
					мм	
360/180	35	51,0/12,1	360 180	120 540	400	1400
410/200	45,5	62,5/15,0	400 200	120 540	400	1400
450/220	56,0	79,5/17,8	450 220	120 540	400	1400
600/300	105,0	141,0/34,3	600 300	120 540	500	1750

$F_T^{max}$  – максимальное тормозное усилие;

$F_{П}$  – подъемное усилие поршня;

$d_{П}$  и  $h_{П}^{max}$  – диаметр и максимальный ход поршня;

А и Б – плечи главного рычага (см. рис. 4.44 [19]).

Числитель для рабочего тормоза, знаменатель – предохранительного.

Таблица П10.3

**Характеристики тормозных устройств  
многоканатных подъемных машин**

силовые и конструктивные						
Тип тормоза	$D_{ТО}$ , м	$M_T^{max}$ , кН·м	$i$ , ед.	$P_{max}$ , МПа (ат)	$m$ , кг	
I	1,8	94,5	14,4	0,79 (7,9)	1210	
II	2,4	204,5	15,0	0,81 (8,1)	2520	
III	2,90	366,0	18,7	0,87 (8,7)	3710	
IV	3,8	750,0	11,2	0,82 (8,2)	5480	
V	4,8	950,0	25,0	1,02 (10,2)	6640	
геометрические						
Тип тормоза	A	B	B	Г	Е	И
	мм					
I	850	150	1650	650	1100	400
II	1200	200	2070	820	1450	500
III	1300	200	2300	800	1700	500
IV	1500	350	3080	1180	2280	540
V	1500	350	3580	1180	2800	540

$D_{ТО}$  – диаметр тормозного обода;

$M_T^{max}$  – максимальный тормозной момент;

$P_{max}$  – максимальное давление;

$i$  – передаточное отношение рычажной системы тормозного устройства;

A, B, B, Г, Е, И – геометрические характеристики исполнительного органа (см. рис. 4.89 [19]).

$m$  – масса.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 11

### Характеристики калориферов

Таблица П11.1

#### Характеристики многоходовых калориферов

Модель	$F$ , м <sup>2</sup>	$f_B$ , мм <sup>2</sup>	$f_m$ , мм <sup>2</sup>	$n$ , ед.	$L$	$H$	$B$	$D_y$	$m$ , кг
					мм				
<b>стальные</b>									
КВС-6-п	11,40	139160	1159	4	530	503	180	32	56,2
КВС-7-п	14,16	171980			655				65,6
КВС-8-п	16,92	204480			780				74,8
КВС-9-п	19,56	237620			905				83,8
КВС-10-п	25,08	303250			1155				102,2
КВС-11-п	72,00	866500	2316		1655	1003			262,6
КВС-12-п	108,00	1298450	3474		1655	1503		50	389,9
КВБ-6-п	15,14	139160	1544		530	503	220	32	72,7
КВБ-7-п	18,81	171980			655				84,0
КВБ-8-п	22,44	204480			780				96,6
КВБ-9-п	26,00	237620			905				109,1
КВБ-10-п	33,34	303250			1155				133,7
КВБ-11-п	95,63	866500	3089		1655	1003		50	351,0
КВБ-12-п	143,50	1298450	4632		1655	1503		70	518,8
<b>биметаллические с накатным оребрением</b>									
КСк-3-6-01	10,85	111000	850	6	533	503	180	25	39,9
КСк-3-7-01	13,37	137000			663				46,1
КСк-3-8-01	15,89	163000			788				52,8
КСк-3-9-01	18,41	189000			913				59,2
КСк-3-10-01	23,45	240000			1163				74,2
КСк-3-11-01	68,01	685000	1290	8	1163	1003		40	183,7
КСк-3-12-01	102,50	1027000	1940		1163	1503		50	266,3
КСк-4-6-01	14,26	111000	1110	6	538	503	108	25	41,2
КСк-4-7-01	17,57	137000			663				48,0
КСк-4-8-01	20,68	163000			738				54,7
КСк-4-9-01	24,19	189000			913				68,5
КСк-4-10-01	30,82	240000			1163				81,9
КСк-4-11-01	90,40	685000	1710	8	1163	1003		40	22,5
КСк-4-12-01	136,02	1027000	2580		1163	1503		50	340,6

$F$  – площадь поверхности нагрева;

$f_B$  и  $f_m$  – площадь живого сечения по воздуху и по теплоносителю;

$n$  – число ходов;

$L$ ,  $B$  и  $H$  – габаритные размеры: длина, высота и глубина;

$D_y$  – условный диаметр патрубка для теплоносителя;

$m$  – масса.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 12

### Теплоемкость сухого воздуха

Таблица П12.1

Средняя массовая теплоемкость сухого воздуха (Дж/кг К)

$t, ^\circ\text{C}$	0	20	40	60	80	100
$C_p$	1003,6	1003,9	1004,3	1004,8	1005,4	1006,1
$C_v$	716,4	717,1	717,4	717,9	718,5	719,3
$t, ^\circ\text{C}$	100	120	140	160	180	200
$C_p$	1006,1	1007,0	1008,0	1009,1	1010,3	1011,5
$C_v$	719,3	720,4	721,4	722,3	723,5	724,3
$t, ^\circ\text{C}$	200	220	240	260	280	300
$C_p$	1011,5	1012,8	1014,0	1015,5	1017,2	1019,1
$C_v$	724,3	726,0	727,5	728,9	730,3	731,9
$t, ^\circ\text{C}$	300	320	340	360	380	400
$C_p$	1019,1	1020,6	1022,5	1024,4	1026,0	1028,3
$C_v$	731,9	733,7	735,7	737,4	739,4	741,5
$t, ^\circ\text{C}$	400	420	440	460	480	500
$C_p$	1028,3	1030,0	1032,0	1034,2	1036,4	1038,7
$C_v$	741,5	743,1	745,1	747,2	749,5	751,9
$t, ^\circ\text{C}$	500	520	540	560	580	600
$C_p$	1038,7	1040,5	1042,4	1045,0	1047,1	1049,6
$C_v$	751,9	754,0	756,1	758,2	760,3	762,4
$t, ^\circ\text{C}$	600	620	640	660	680	700
$C_p$	1049,6	1051,4	1053,5	1056,0	1058,2	1060,5
$C_v$	762,4	764,6	766,7	768,9	771,1	773,3
$t, ^\circ\text{C}$	700	720	740	760	780	800
$C_p$	1060,5	1062,5	1064,6	1066,8	1069,0	1071,0
$C_v$	773,3	775,5	777,6	779,8	782,0	784,2
$t, ^\circ\text{C}$	900	1000	1100	1200	1300	1400
$C_p$	1081,5	1090,7	1099,9	1108,2	1116,6	1124,2
$C_v$	794,2	803,9	812,7	821,5	829,4	836,9
$t, ^\circ\text{C}$	1500	1600	1700	1800	1900	2000
$C_p$	1131,3	1138,0	1144,3	1150,1	1156,0	1161,0
$C_v$	844,1	850,8	857,0	863,3	868,8	874,2

## ПРИЛОЖЕНИЕ 13

### Свойства воды и водяного пара

Таблица П13.1

#### Характеристики воды

$t_B,$ °С	$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	$C_B,$ кДж/кг·К	$t_B,$ °С	$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	$C_B,$ кДж/кг·К
5	1000,0	4,20	55	985,71	4,18
10	999,70	4,19	60	983,19	4,19
15	999,20	4,19	65	980,49	4,19
20	998,30	4,19	70	977,71	4,19
25	997,11	4,18	75	974,75	4,19
30	995,72	4,18	80	971,63	4,20
35	994,04	4,18	85	968,43	4,20
40	992,26	4,18	90	965,16	4,20
45	990,20	4,18	95	961,72	4,21
50	988,04	4,18	100	958,13	4,22

$t_B$  и  $\rho$  – температура и плотность воды;  
 $C_B$  – средняя массовая изобарная теплоемкость.

Таблица П13.2

#### Характеристики водяного пара

$P,$ ата	$h,$ кДж/кг	$r,$ кДж/кг	$P,$ ата	$h,$ кДж/кг	$r,$ кДж/кг
1	2675,1	2258,2	11	2780,4	1999,3
2	2706,9	2202,2	12	2783,4	1985,0
3	2725,5	2164,1	14	2788,4	1958,3
4	2738,5	2133,8	16	2792,2	1933,6
5	2748,5	2108,4	18	2795,1	1910,5
6	2756,4	2086,0	20	2797,4	1888,8
7	2762,9	2065,8	22	2799,1	1868,2
8	2768,4	2047,5	24	2800,4	1848,5
9	2773,0	2030,4	26	2801,2	1829,5
10	2777,0	2014,4	28	2801,7	1811,2

$P$  – абсолютное давление водяного пара;  
 $h$  – энтальпия пара;  
 $r$  – скрытая теплота парообразования воды.

## ОТВЕТЫ

1. Коэффициент производительности колеса равен  $0,0654 \cdot Q$ .
2. Коэффициент напора рабочего колеса равен  $0,001617 \cdot H$ .
3. Коэффициент мощности рабочего колеса равен  $107,8 \cdot 10^{-9} \cdot N$ .
4.  $n_y = 31,73$ .
5. Увеличится в 28 раз.
6.  $Q = 305,5 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $P = 1,85 \text{ кПа}$ .
7. Диапазон изменения производительности от 155 до  $619 \text{ м}^3/\text{с}$ .
8. См. рис. 19.
9. См. рис. 20.

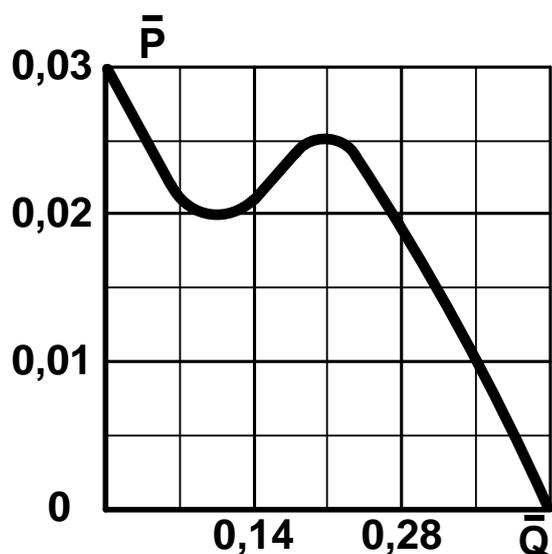


Рис. 19. Ответ на задачу 8

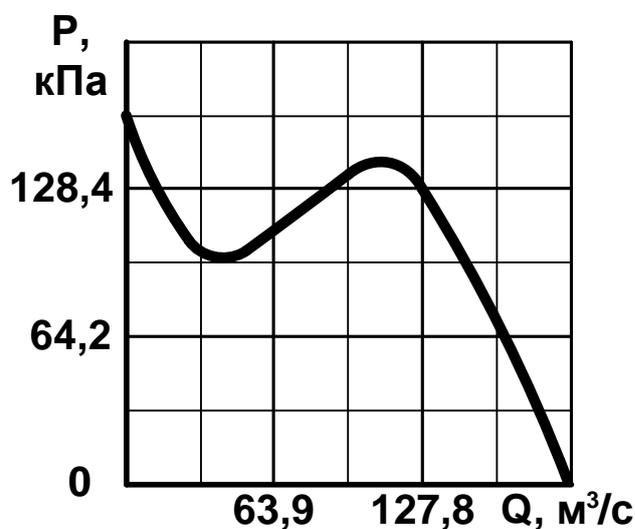


Рис. 20. Ответ на задачу 9

10. Увеличатся: производительность в 2 раза, давление – в 4 раза.
11. С 334 кВт до 577 кВт или в 1,728 раза.
12. Увеличатся: давление в 2,25 раза, мощность – в 3,375 раза.
13. Параметры нового режима: производительность  $475 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; напор 426 м; КПД 0,65; допустимая высота всасывания 3,85 м.
14. См. рис. 21.
15. Параметры нового режима:  $Q = 49 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 69,6 \text{ даПа}$ .
16. См. рис. 22.
17. Параметры нового режима:  $Q = 150 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,76 \text{ кПа}$ ;  $N = 575 \text{ кВт}$ .
18. См. рис. 23.
19. См. рис. 24.
20. Параметры при  $n = 5,4 \text{ с}^{-1}$ :  $Q = 340 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,10 \text{ кПа}$ ;  $N = 2040 \text{ кВт}$ ;  
при  $n = 8,1 \text{ с}^{-1}$ :  $Q = 480 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 5,55 \text{ кПа}$ ;  $N = 3310 \text{ кВт}$ .
21. Параметры при  $n = 9 \text{ с}^{-1}$ :  $Q = 99 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 4,39 \text{ кПа}$ ;  $N = 537 \text{ кВт}$ .
22. Расход воздуха составит  $53,76 \text{ м}^3/\text{с}$ .
23. Расход воздуха составит  $-38,01 \text{ м}^3/\text{с}$ .

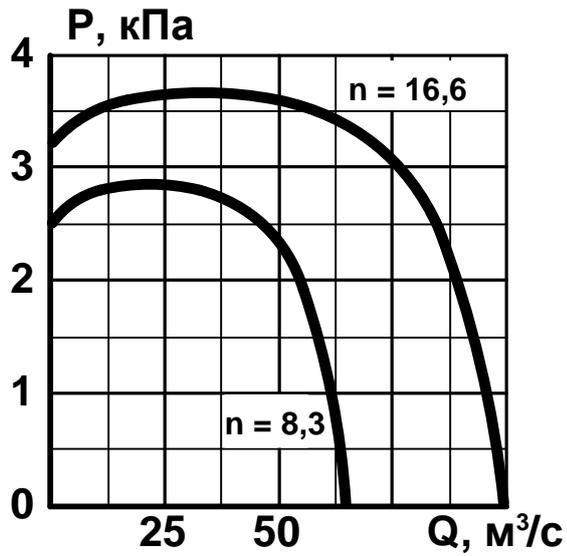


Рис. 21. Ответ на задачу 14

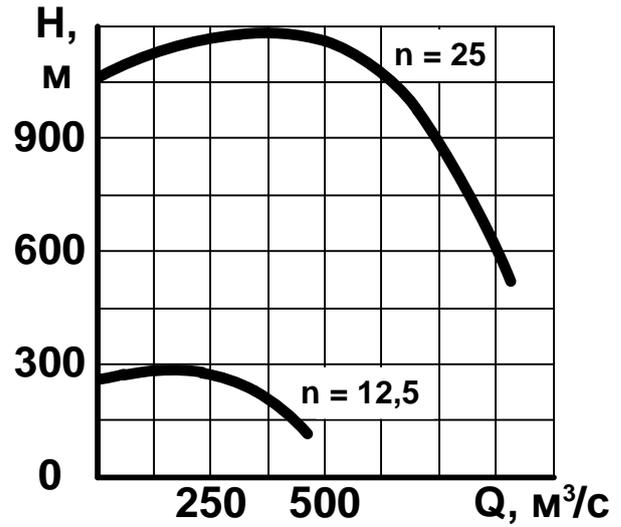


Рис. 22. Ответ на задачу 16

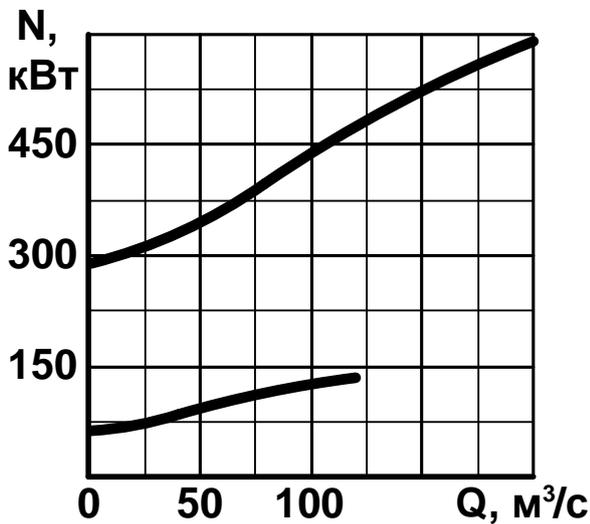


Рис. 23. Ответ на задачу 18

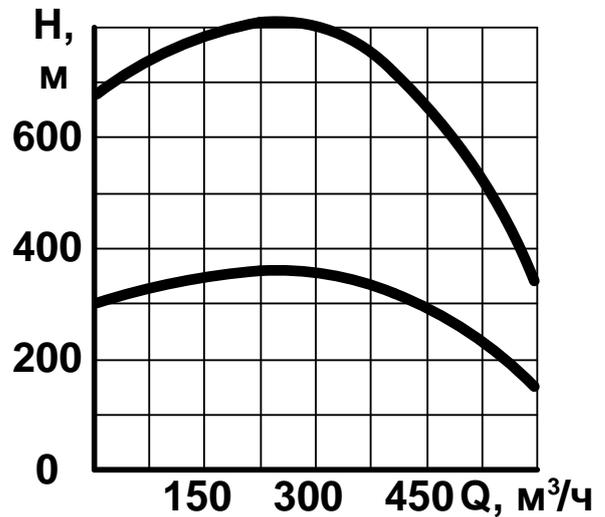


Рис. 24. Ответ на задачу 19

24. См. рис. 25.

25. См. рис. 26.

26. См. рис. 27.

27. См. рис. 28.

28. См. рис. 29.

29. См. рис. 30.

30. См. рис. 31.

31.  $R = 0,09$ ; см. рис. 32.

32.  $R = 0,07275$ ; см. рис. 33.

33.  $R_1 = 0,060$ ;  $R_2 = 0,0267$ ;  $R = 0,0096$ ; см. рис. 34.

34. Потери напора не соответствуют нормам проектирования.

35.  $R_1 = 0,0008$ ;  $R_2 = 0,00005$ ;  $R = 0,000032$ ; см. рис. 35.

36.  $R_1 = 0,06$ ;  $R_2 = 0,0267$ ;  $R_3 = 0,06$ ;  $R = 0,0049$ ; см. рис. 36.

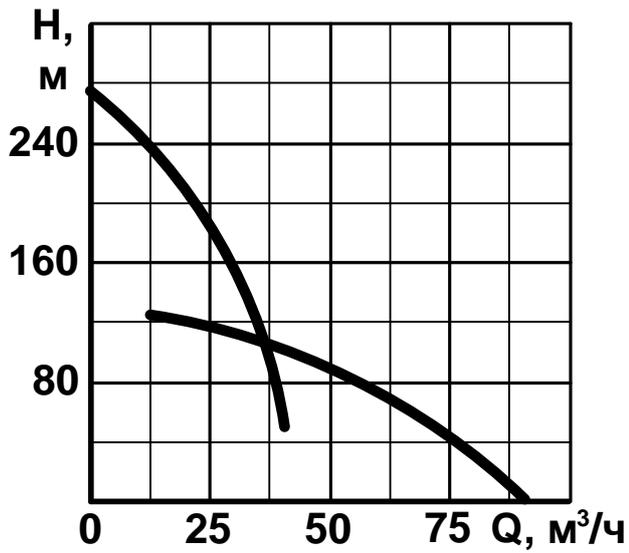


Рис. 25. Ответ на задачу 24

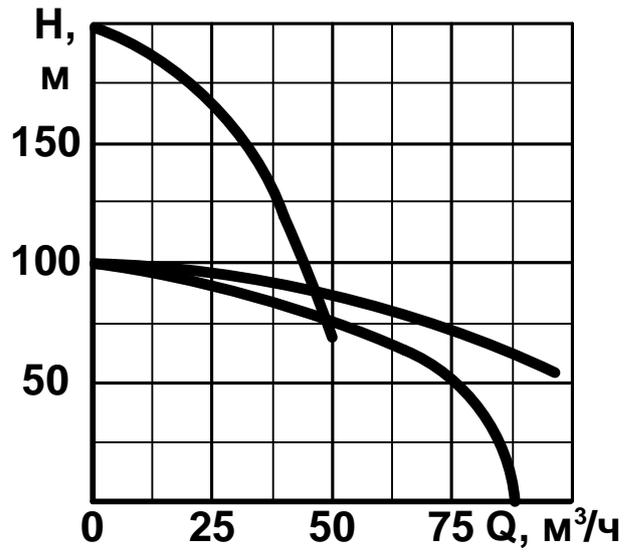


Рис. 26. Ответ на задачу 25

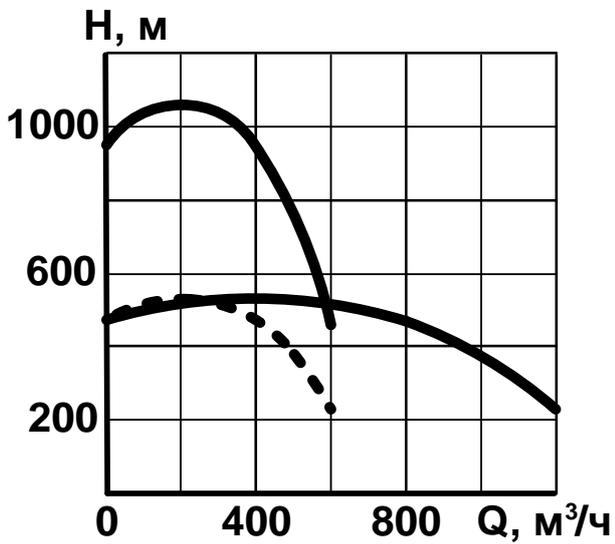


Рис. 27. Ответ на задачу 26

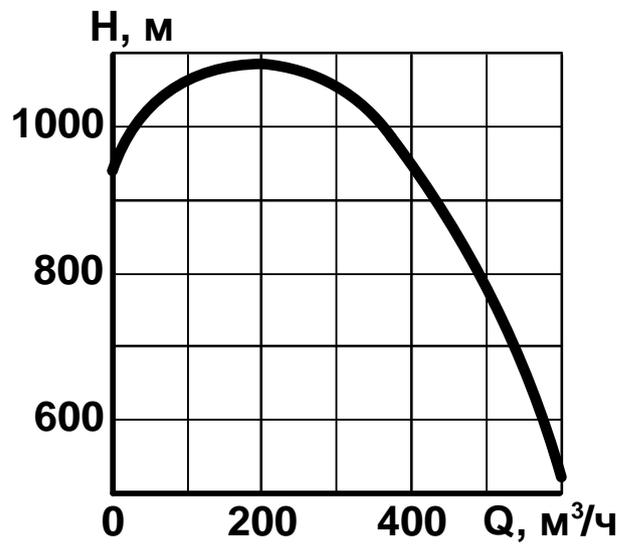


Рис. 28. Ответ на задачу 27

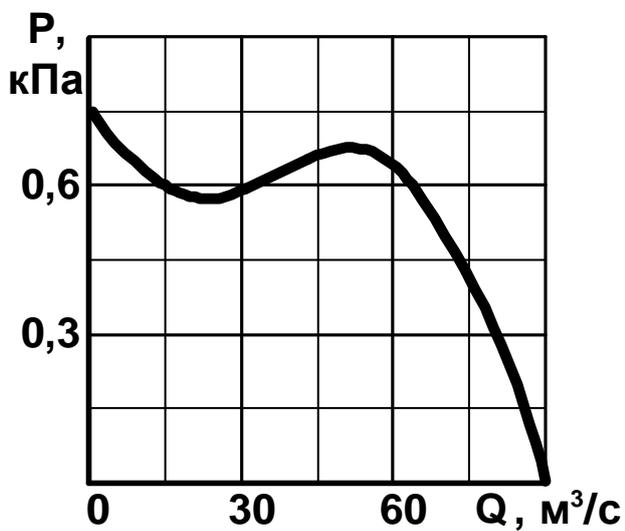


Рис. 29. Ответ на задачу 28

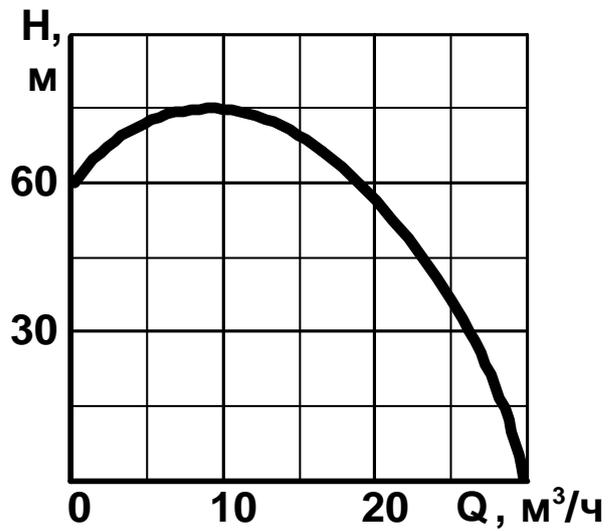


Рис. 30. Ответ на задачу 29

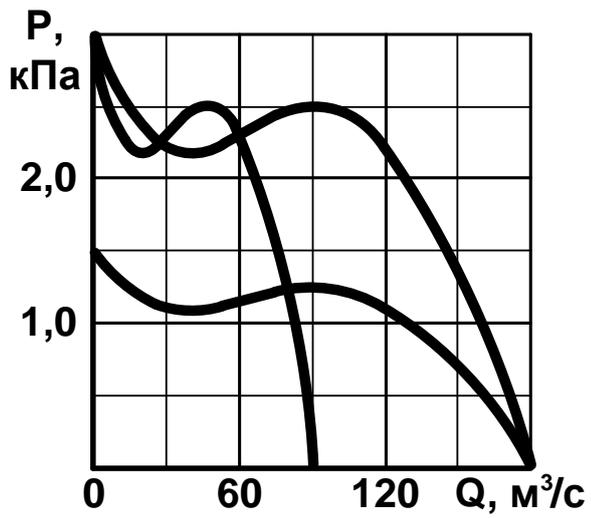


Рис. 31. Ответ на задачу 30

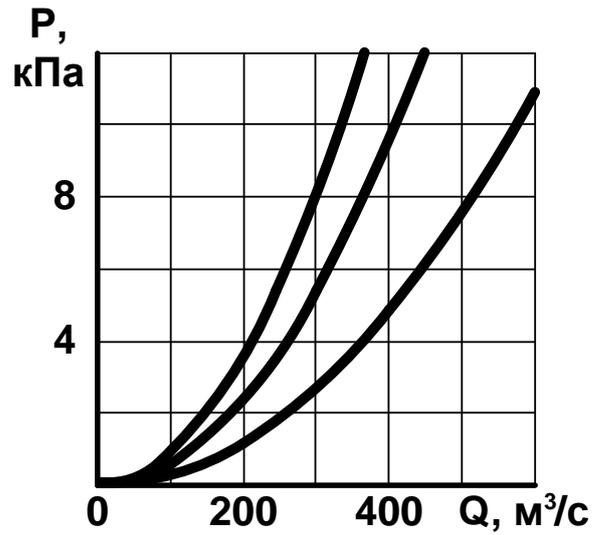


Рис. 32. Ответ на задачу 31

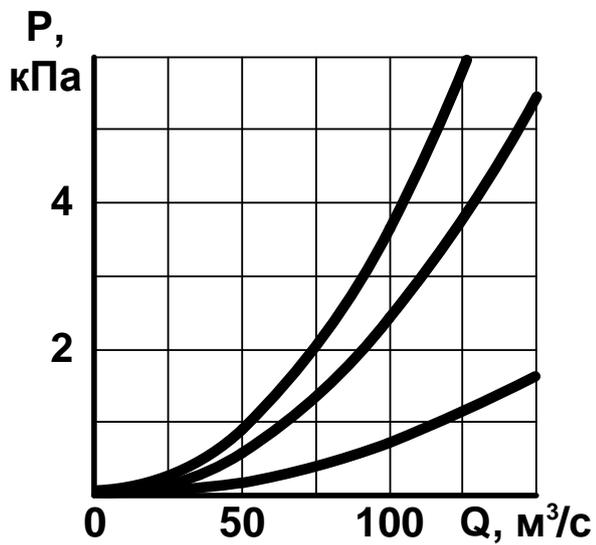


Рис. 33. Ответ на задачу 32

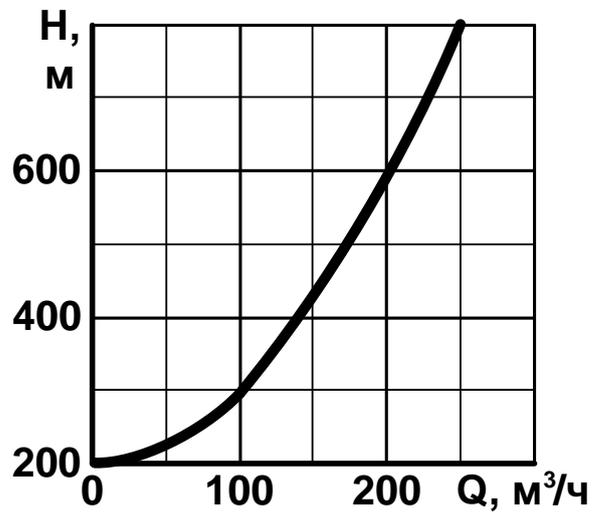


Рис. 34. Ответ на задачу 33

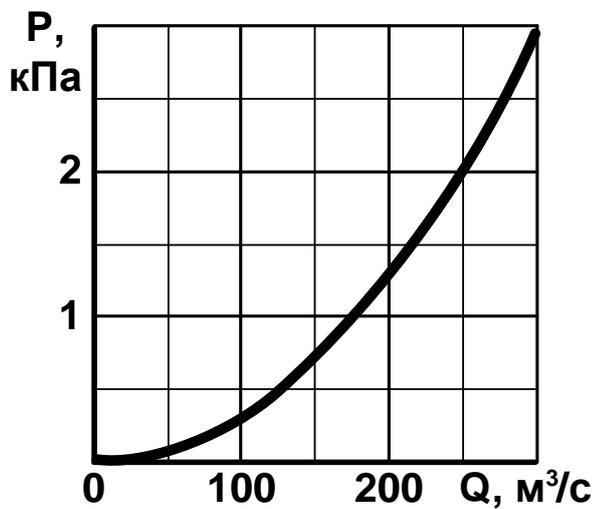


Рис. 35. Ответ на задачу 35

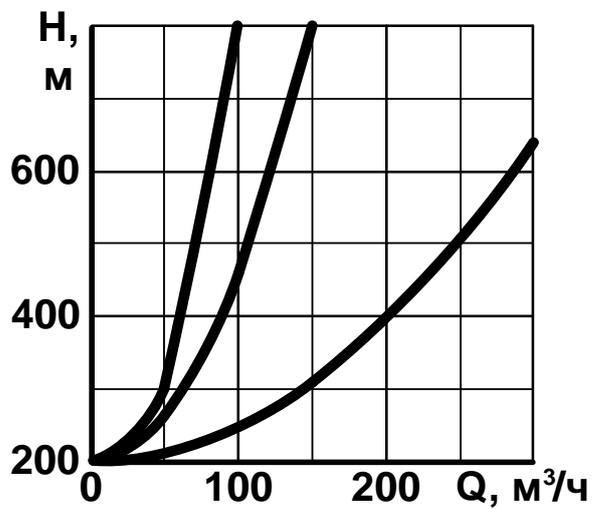


Рис. 36. Ответ на задачу 36

37.  $R_1 = 0,00152$ ;  $R_2 = 0,0267$ ;  $R = 0,00198$ ; см. рис. 37.

38.  $R_{III} = 0,0000781$ ;  $R_Y = 0,001875$ ;  $R = 0,0000538$ ;  $P_B = 0,615$  кПа;  
 $Q_B = 109$  м<sup>3</sup>/с;  $Q_Y = 17$  м<sup>3</sup>/с; см. рис. 38.

39.  $R = 0,0000377$ ;  $P = 0,5 + 0,0000377 \cdot Q^2$ ; см. рис. 39.

40.  $R = 0,003$ ;  $H = 300 + 0,003 \cdot Q^2$ ; см. рис. 40.

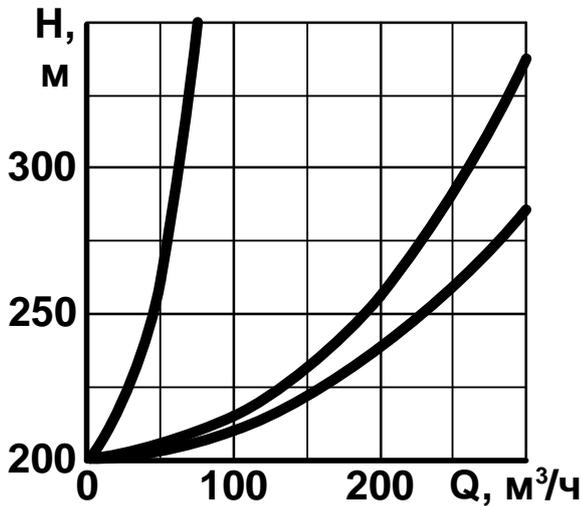


Рис. 37. Ответ на задачу 37

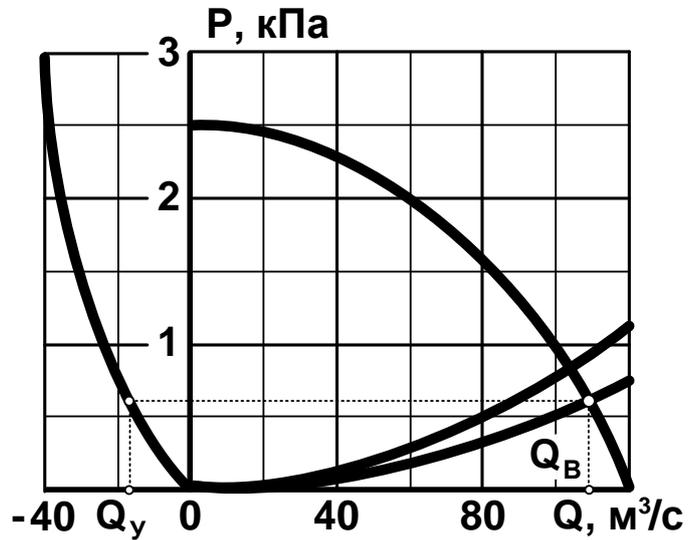


Рис. 38. Ответ на задачу 38

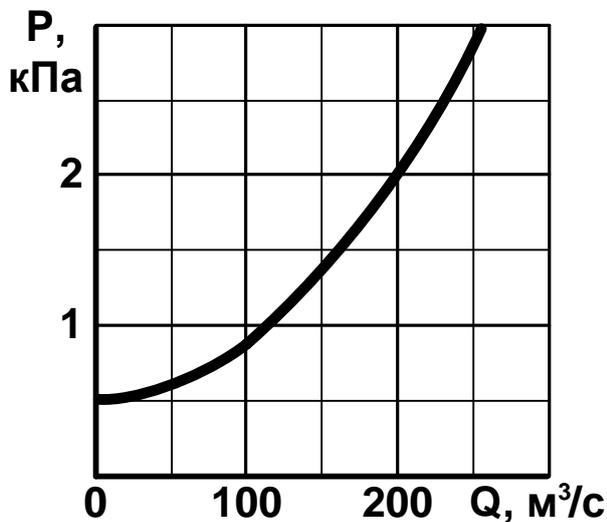


Рис. 39. Ответ на задачу 39

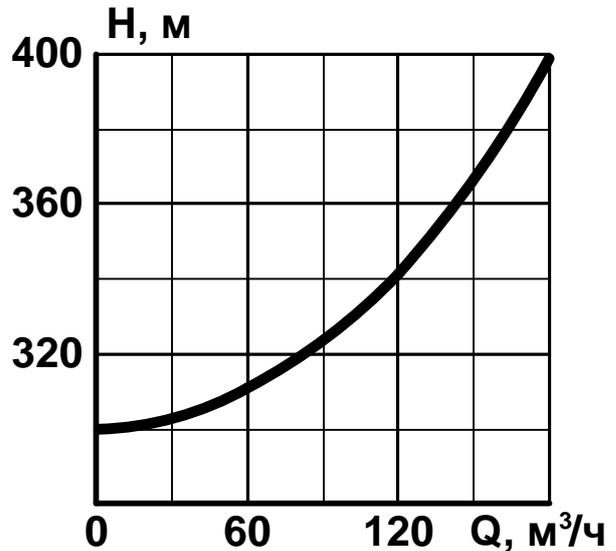


Рис. 40. Ответ на задачу 40

41.  $R = 0,00294$ ;  $H = 155 + 0,00294 \cdot Q^2$ ; см. рис. 41.

42.  $H = 400 + 0,001 \cdot Q^2$ ; см. рис. 42.

43.  $R = 0,001$ ;  $H = 300 + 0,001 \cdot Q^2$ ; см. рис. 43.

44.  $H_{\Gamma} = 250$  м;  $H = 250 + 0,005 \cdot Q^2$ ; см. рис. 44.

45.  $H_{\Gamma} = 360$  м;  $H = 360 + 0,002 \cdot Q^2$ ; см. рис. 45.

46.  $R = 0,0572$ ;  $H = 0,0572 \cdot Q^2$ ;  $H = 22,88$  м; см. рис. 46.

47.  $P_E = -235,4$  Па;  $P = -235,4 + 0,3 \cdot Q^2$ ; см. рис. 47.

48.  $H_{\Gamma} = 100$  м;  $R = 0,00292$ ;  $H = 100 + 0,00292 \cdot Q^2$ ; см. рис. 48.

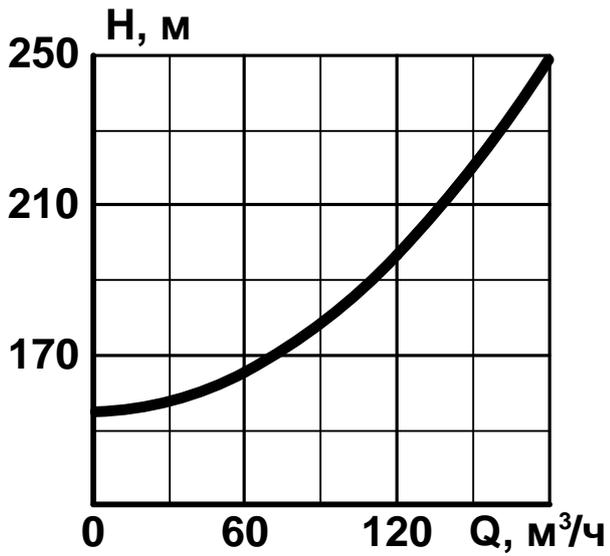


Рис. 41. Ответ на задачу 41

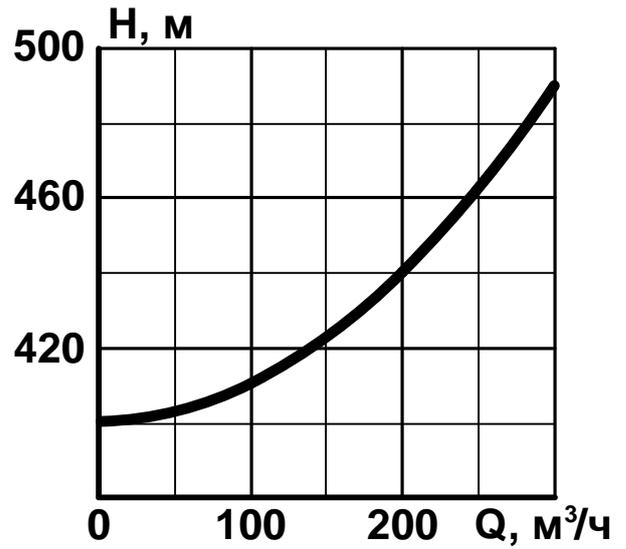


Рис. 42. Ответ на задачу 42

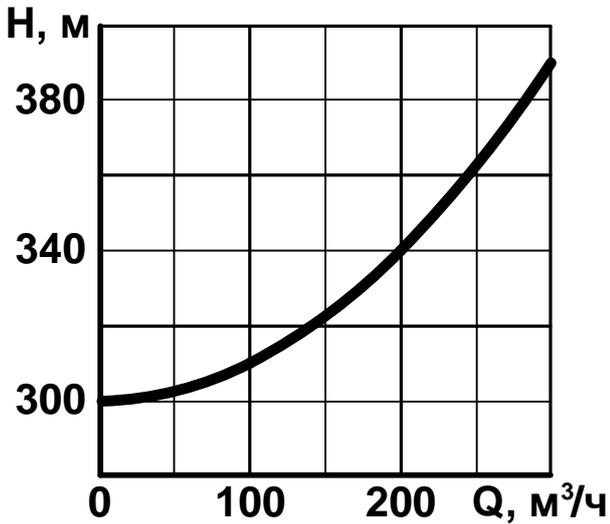


Рис. 43. Ответ на задачу 43

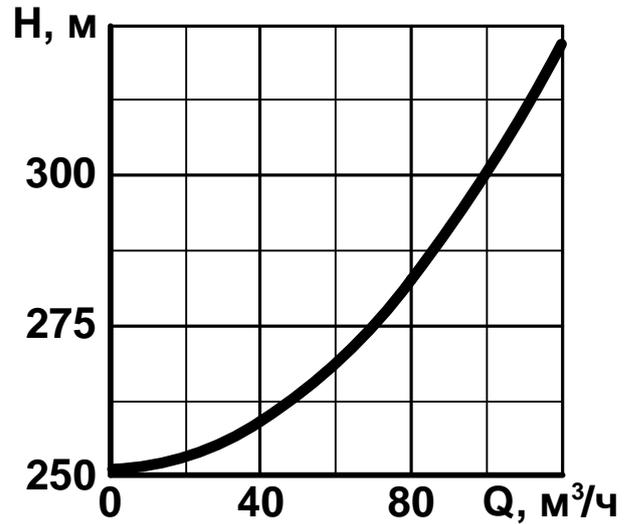


Рис. 44. Ответ на задачу 44

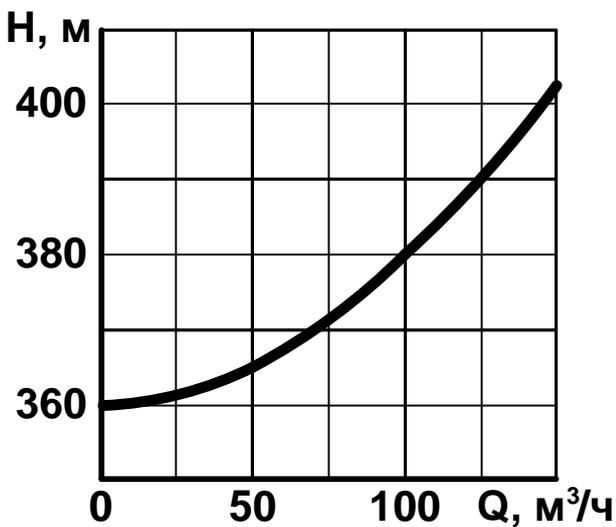


Рис. 45. Ответ на задачу 45

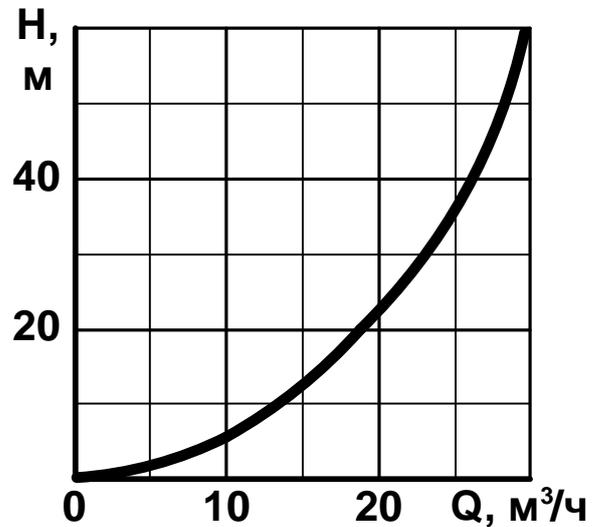


Рис. 46. Ответ на задачу 46

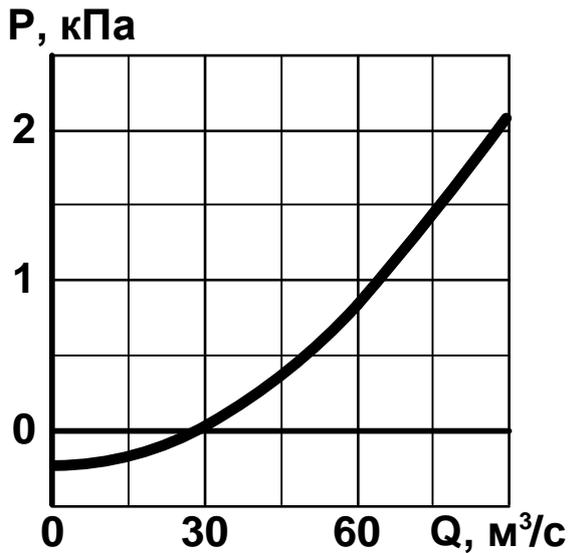


Рис. 47. Ответ на задачу 47

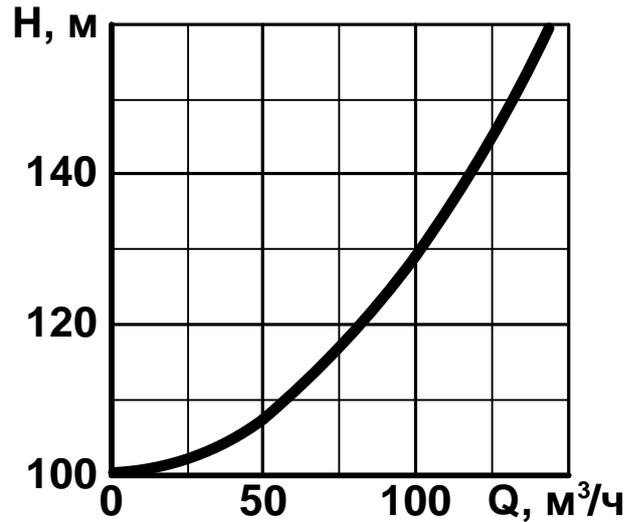


Рис. 48. Ответ на задачу 48

49.  $P_E = -1,962$  кПа;  $P = -1,962 + 0,000149 \cdot Q^2$ ; см. рис. 49.

50.  $R = 0,0001$ ;  $P = 0,5 + 0,0001 \cdot Q^2$ ; см. рис. 50.

51.  $P_E = 0,1$  кПа;  $P = 0,1 + 0,0002 \cdot Q^2$ ; см. рис. 51.

52.  $H_1 = 320 + 0,00020 \cdot Q^2$ ;  $H_2 = 320 + 0,00036 \cdot Q^2$ ; см. рис. 52.

53.  $P = 0,3016 \cdot Q^2$ ; см. рис. 53.

54.  $P = 0,1228 \cdot Q^2$ ; см. рис. 54.

55.  $Q = 114,75$  м³/с.

56.  $A = 3,77$  м²;  $Q = -70,71$  м³/с.

57.  $P = 0,322 \cdot Q^2$ .

58.  $P = -148 + 0,322 \cdot Q^2$ .

59.  $P = 589 + 0,322 \cdot Q^2$ .

60.  $\Delta P = 737$  Па.

61.  $Q = 208$  м³/ч;  $H = 565$  м;  $\eta = 0,745$ ; см. рис. 55.

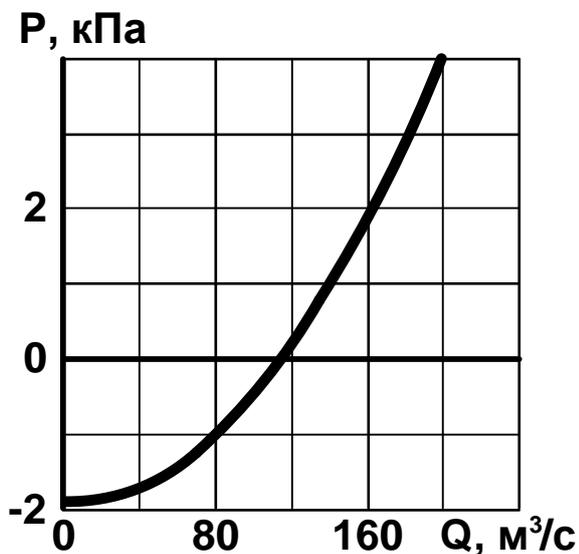


Рис. 49. Ответ на задачу 49

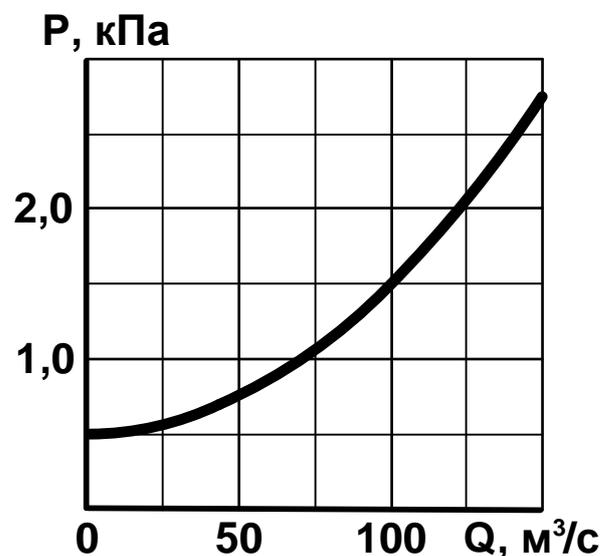


Рис. 50. Ответ на задачу 50

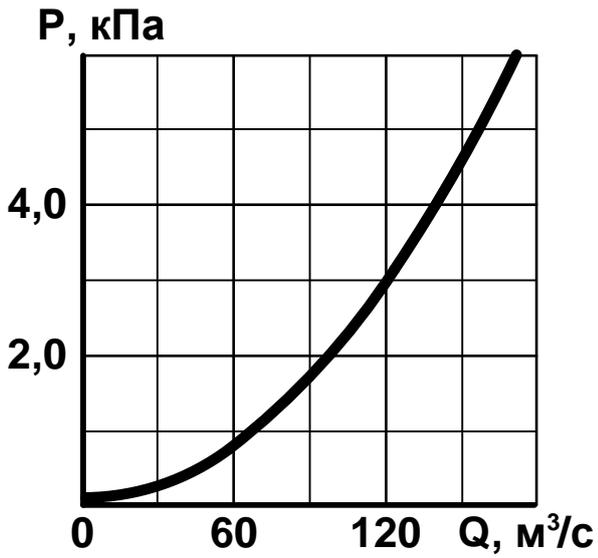


Рис. 51. Ответ на задачу 51

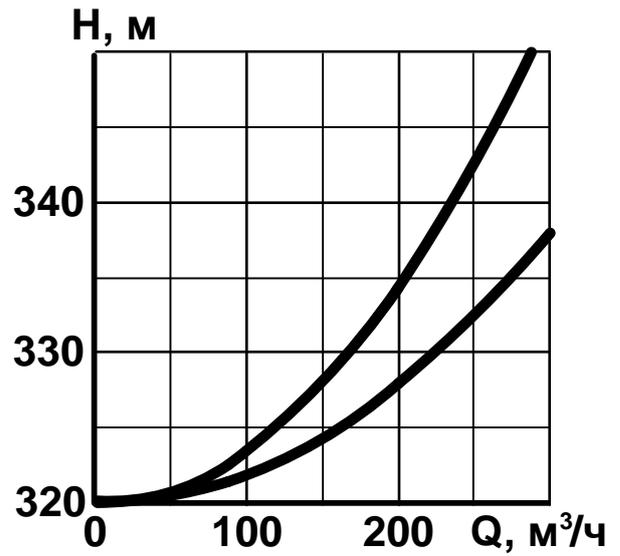


Рис. 52. Ответ на задачу 52

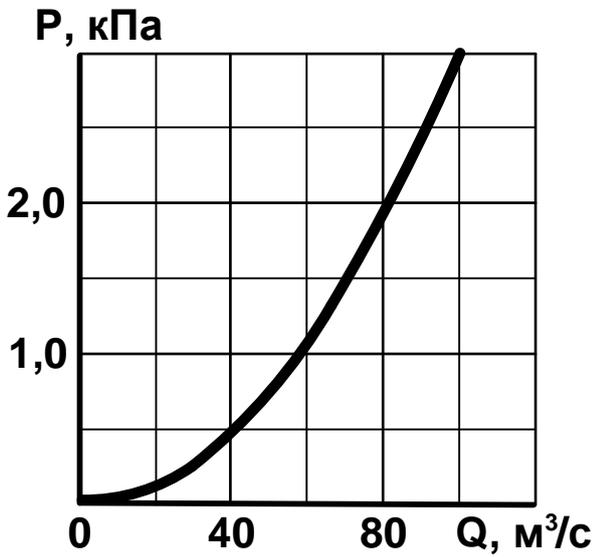


Рис. 53. Ответ на задачу 53

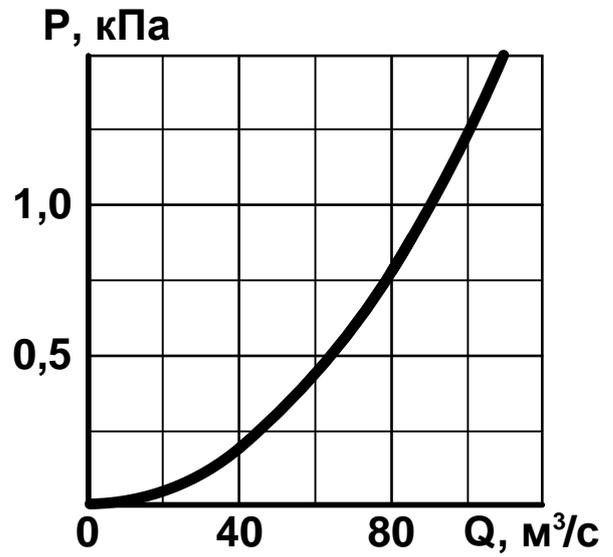


Рис. 54. Ответ на задачу 54

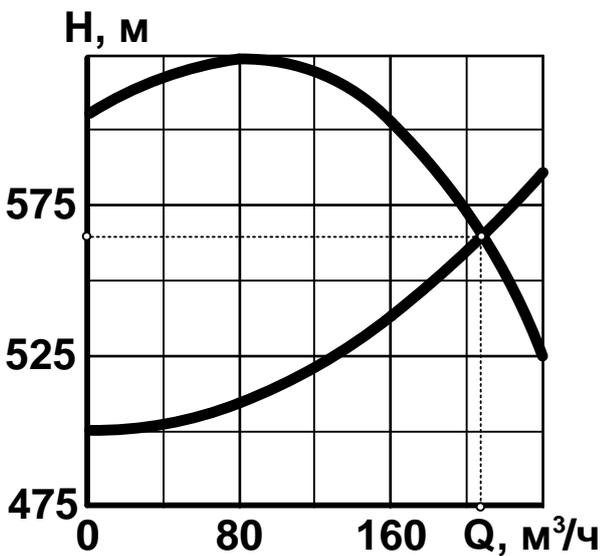


Рис. 55. Ответ на задачу 61

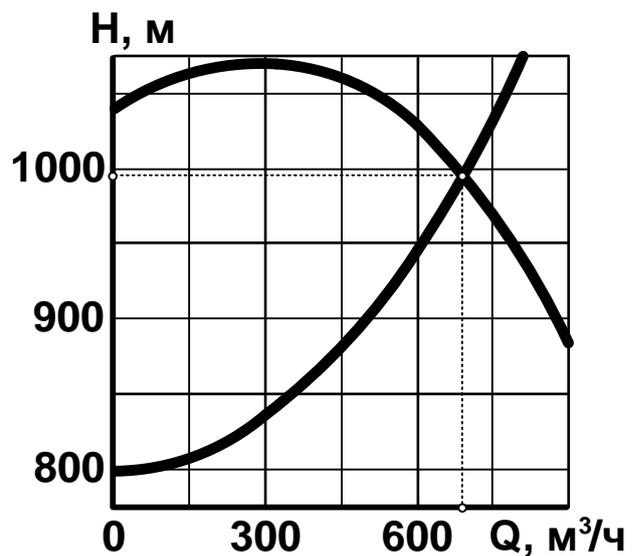


Рис. 56. Ответ на задачу 62

62.  $Q = 690 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 995 \text{ м}$ ;  $\eta = 0,70$ ;  $(H_{\max} - H)/H = 0,077$ ; см. рис. 56.  
 63.  $H = 432 \text{ м}$ .  
 64.  $N = 660 \text{ кВт}$  ( $Q = 367 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 438 \text{ м}$ ;  $\eta = 0,665$ ).  
 65.  $N = 207 \text{ кВт}$ ;  $N_B = 310 \text{ кВт}$  ( $Q = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 506 \text{ м}$ ;  $\eta = 0,667$ ).

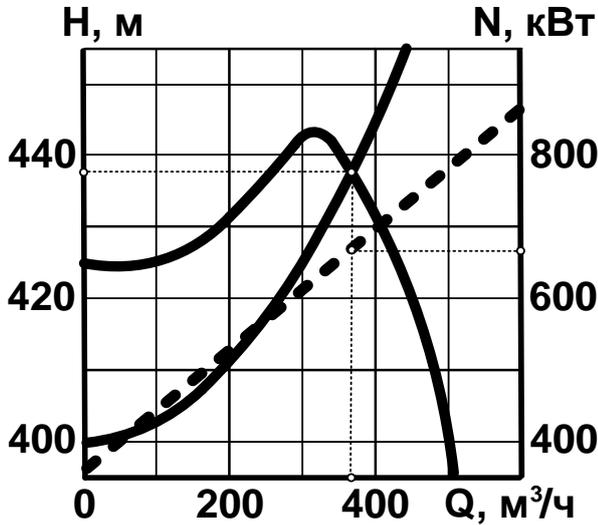


Рис. 57. Ответ на задачу 64

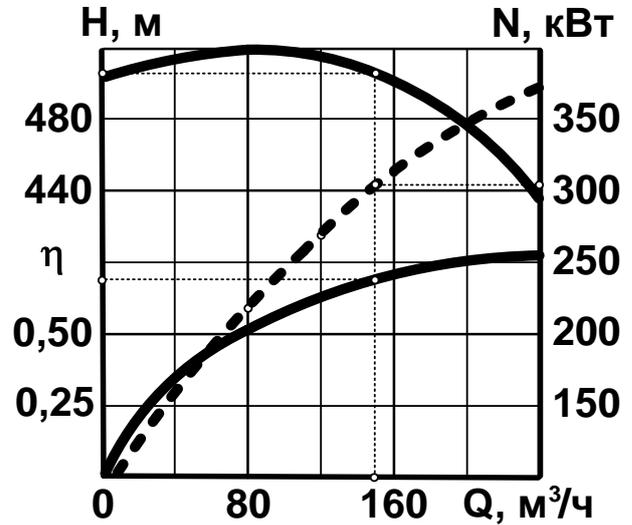


Рис. 58. Ответ на задачу 65

66.  $H_T = 878,4 \text{ м}$ .  
 67.  $N = 706 \text{ кВт}$ ;  $N_B = 888 \text{ кВт}$ ;  $\eta = 0,795$ ;  $n = 2950 \text{ об/мин}$ .  
 68.  $H_T > H_0$ ;  $Q = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 425 \text{ м}$ .  
 69.  $Q = 60 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 3,6 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,83$ .  
 70.  $Q = 187 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,0 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,65$ ;  $N_B = 575 \text{ кВт}$ .  
 71. Увеличится на 499 кВт или в 1,868 раза.  
 72. При  $Q_{\min} = 105 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $P = 2250 \text{ Па}$  и  $A = 2,214 \text{ м}^2$ ;  
 при  $Q_{\max} = 580 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $P = 2150 \text{ Па}$  и  $A = 12,508 \text{ м}^2$ .  
 73.  $Q = 22 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 3,565 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,77$ ;  $N_B = 102 \text{ кВт}$ .  
 74.  $Q = 400 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 1,4 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,68$ ;  $N_B = 824 \text{ кВт}$ .  
 75. Эффективней применять ВОД-40М –  $\eta = 0,785$ ;  $N_B = 510 \text{ кВт}$   
 (ВОД-30М2 –  $\eta = 0,63$ ;  $N_B = 635 \text{ кВт}$ ).  
 76.  $Q = 50,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 4,31 \text{ кПа}$ ;  $N_B = 264 \text{ кВт}$ .  
 77.  $Q = 70,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,325 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,80$ ;  $N_B = 205 \text{ кВт}$ .  
 78. При  $\eta = 0,60$ :  $Q_{\min} = 44 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 5,06 \text{ кПа}$ ;  
 $Q_{\max} = 168,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,17 \text{ кПа}$ .  
 79. При  $\theta_{PK} = 15^\circ$  –  $Q_{\min} = 103 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,28 \text{ кПа}$ ;  
 при  $\theta_{PK} = 45^\circ$  –  $Q_{\max} = 520 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 3,00 \text{ кПа}$ .  
 80.  $A = 7,19 \text{ м}^2$  ( $Q = 302 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,5 \text{ кПа}$ ).  
 81.  $A_{\min} = 6,52 \text{ м}^2$  ( $Q = 295 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,9 \text{ кПа}$ );  
 $A_{\max} = 7,54 \text{ м}^2$  ( $Q = 307 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,35 \text{ кПа}$ ).

82. За пределами границы устойчивости – недопустимый режим.
83. Режим работы неэкономичный, так как  $\eta < 0,60$ .
84. Режим работы неэкономичный и неустойчивый.
85. Обе точки в помпажной зоне – применение ВОД-50 нежелательно.
86. Использование вентиляторов разных типоразмеров при параллельной схеме включения не допускают ПБ для угольных шахт.
87. Применение вентиляторов разных типов и типоразмеров на разных флангах шахты допустимо ПБ и НТП для угольных шахт.
88. Недопустимо ПБ и НТП для угольных шахт.
89. Недопустимо ПБ и НТП для угольных шахт, так как разность давлений более 15 %.
90. Недопустимо ПБ и НТП для угольных шахт.
91. Последовательная схема: первый – К90/20, второй – К90/85.
92. Последовательная схема: первый – К160/30, второй – К20/30.
93. Параллельная схема включения.
94.  $Q_y = 176 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_B = 88 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,323 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,67$ ;  $N_B = 305 \text{ кВт}$ .
95. При последовательной схеме включения потребуется 3 вентилятора –  $6,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 2 вентилятора –  $6,0 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 1 вентилятор –  $4,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ; при наличии 2 трубопроводов достаточно 2 вентилятора.
96. Два вентилятора следует включить параллельно.
97.  $Q_y = 348 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_B = 174 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,815 \text{ кПа}$ ;  $\Delta P_M = 2,06 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,74$ ;  $N_B = 662 \text{ кВт}$ .
98.  $A \leq 1,19 \text{ м}^2$ .
99.  $\Delta Q_{\max}$  при  $A = 0,925 \text{ м}^2$ .
100. При  $R \leq 0,3076$  будет устойчивая работа вентиляторной установки, даже понижении напряжения в сети в пределах нормы.
101.  $Q_B = 198,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 1,186 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,51$ ;  $N_B = 462 \text{ кВт}$ ;  
 $Q_{\text{Ц}} = 108,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{Ф}} = 89,7 \text{ м}^3/\text{с}$ .
102.  $Q_y = 330 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_B = 165 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P_B = 3,28 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,785$ ;  
 $N_B = 689 \text{ кВт}$ ;  $Q_{\text{Ц}} = 181,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{Ф}} = 149,3 \text{ м}^3/\text{с}$ .
103.  $Q_y = 332 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_B = 166 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P_B = 3,29 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,775$ ;  
 $N_B = 705 \text{ кВт}$ ;  $Q_{\text{Ц}} = 185,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{Ф}} = 146,2 \text{ м}^3/\text{с}$ .
104.  $Q_y = 342 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_B = 171 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P_B = 2,991 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,755$ ;  
 $N_B = 677 \text{ кВт}$ ;  $Q_{\text{Ц}} = 191,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{Ф}} = 150,6 \text{ м}^3/\text{с}$ .
105.  $\theta_{PK2} = 25^\circ$  ( $Q_B = 154 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P_B = 2,07 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,69$ ).
106.  $Q_{\min} = 47 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\theta_{HA} = 63^\circ$ ;  $Q_{\max} = 64 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\theta_{HA} = -20^\circ$ .
107.  $n = 404,9\text{--}500 \text{ об/мин}$  ( $\eta_{\min} = 0,60$ ).
108. Мощность на валу вентилятора снизится на 1239 кВт или в 1,539 раза (с 3537 кВт до 2298 кВт).

109. При  $\theta_{PK} = 30^\circ$   $Q = 52,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 3,4 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,785$ .  
 При  $\theta_{PK} = 35^\circ$   $Q = 56,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 4,0 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,750$ .  
 При  $\theta_{PK} = 40^\circ$   $Q = 59,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 4,425 \text{ кПа}$ ;  $\eta = 0,705$ .
110.  $n_H = 444,84 \text{ об/мин}$ ;  $n_K = 503,02 \text{ об/мин}$ .
111.  $n_H = 431,78 \text{ об/мин}$ ;  $n_K = 490,20 \text{ об/мин}$ .
112.  $n_H = 456,20 \text{ об/мин}$ ;  $n_K = 512,30 \text{ об/мин}$ .
113.  $Q_P = 286 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P_P = 0,63 \text{ кПа}$ ;  $Q = 403 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $286/403 = 0,709 > 0,6$   
 требование ПБ выполняется.
114.  $\theta_{PK} = 25^\circ$ ;  $Q_P = 120 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $120/161 = 0,74 > 0,6$  – требование ПБ  
 выполняется.
115. Уменьшится на  $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Q_B = 89,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ).
116.  $Q_B = 89,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{III} = 87,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_Y = 1,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\eta_B = 0,68$ .
117.  $Q_B = 118 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $118/170 = 0,694 > 0,60$ ).
118.  $Q_B = 178,25 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{III} = 144,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_Y = 33,75 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $P = 2,58 \text{ кПа}$ .
119.  $\theta_{PK} = 40^\circ$ ;  $A_Y = 1,42 \text{ м}^2$ ;  $\eta_B = 0,75$ ;  $\eta_{OY} = 0,50$ .
120.  $Q_B = 78 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{III} = 53 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\eta_B = 0,61$ ;  $\eta_{OY} = 0,4824$ .
121. Увеличится на  $13,69 \%$ .
122. Уменьшится на  $1,53 \%$ .
123. Увеличится на  $0,04 \%$ .
124. ВЦД-42,5  $n_H = 380 \text{ об/мин}$ ;  $n_K = 492 \text{ об/мин}$ .
125. Два ВОД-40  $\eta_B = 0,72-0,74$ .
126. ВЦД-42,5  $\eta_B = 0,75-0,81$ .
127. При  $Q = 50-70 \text{ м}^3/\text{с}$   $n = 600 \text{ об/мин}$ ;  $\eta = 0,73-0,845-0,78$ .  
 При  $Q = 40-55 \text{ м}^3/\text{с}$   $n = 750 \text{ об/мин}$ ;  $\eta = 0,72-0,705$ .
128. Недопустимо, так как  $\eta_H < 0,60$ .
129. Работа ВОМД-24А при  $\theta_{PK} = 40^\circ$  с  $\eta_{max} = 0,84$ .
130. Вероятности безотказной работы  $0,960$  и  $0,232$ .
131. Вероятности безотказной работы  $0,650$  и  $0,098$ ; см. рис. 59.

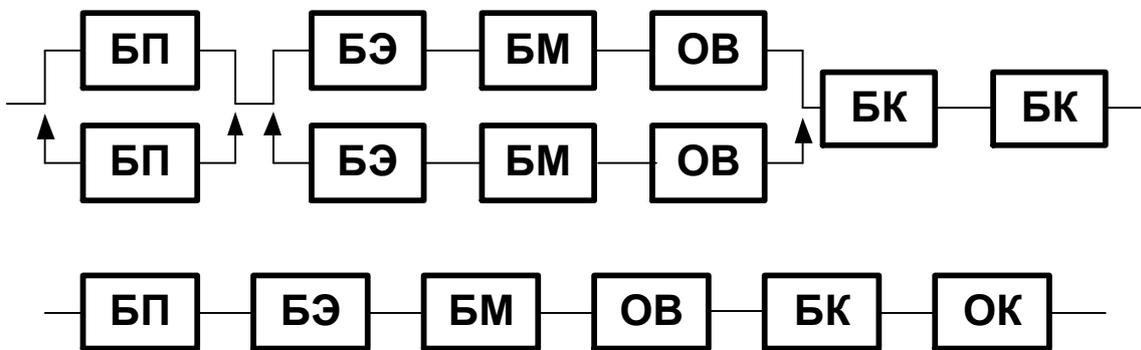


Рис. 59. Ответ на задачу 131

132. Коэффициент оперативной готовности установки  $0,734$ .

133. Вероятность безотказной работы:  $P_{У1} 0,348$ ;  $P_{У2} 0,729$ ;  
см. рис. 60.

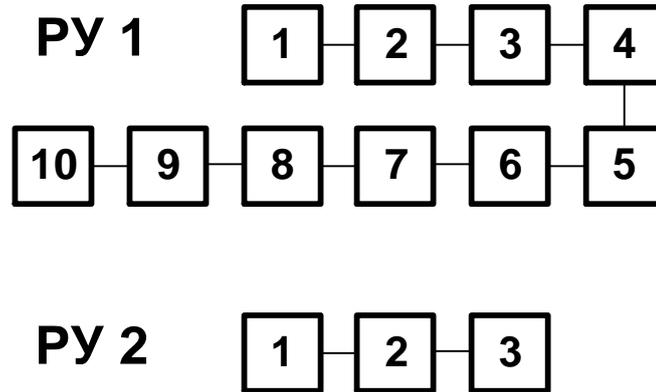


Рис. 60. Ответ на задачу 133

134. Обмерзание каналов начнется при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Подсосы должны быть менее  $17,6\text{ м}^3/\text{с}$ , чтобы исключить обмерзание при температурах воздуха не менее  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

135.  $Q = 55\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 513\text{ м}$ ;  $N_B = 122\text{ кВт}$ ;  $\eta = 0,63$ .

136.  $Q = 1760\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 448\text{ м}$ ;  $N_B = 1580\text{ кВт}$ ;  $\eta = 0,68$ .

137.  $Q_1 = 932,5\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H_1 = 867,5\text{ м}$ ;  $Q_y = 1865\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H_y = 1735\text{ м}$ ;  
 $\eta = 0,67$ .

138.  $Q = 212\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 748\text{ м}$ ;  $N_B = 576\text{ кВт}$ ;  $\eta = 0,75$ .

139.  $Q_1 = 38\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H_1 = 100\text{ м}$ ;  $Q_2 = 63\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H_y = 118,2\text{ м}$ .

140.  $Q_y = 241\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H_y = 1690\text{ м}$ ; нижний насос работает в кавитационном режиме.

141. У каждого насоса 2 рабочих колеса.

142. 1Н-1Т  $Q = 350\text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 738\text{ м}$ ,  $\eta = 0,800$ ;

1Н-2Т  $Q = 365\text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 710\text{ м}$ ,  $\eta = 0,785$ ;

2Н-1Т  $Q = 585\text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 808\text{ м}$ ,  $\eta = 0,810$ ;

2Н-2Т  $Q = 700\text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 388\text{ м}$ ,  $\eta = 0,800$ ;

3Н-1Т  $Q = 710\text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 858\text{ м}$ ,  $\eta = 0,675$ ;

3Н-2Т  $Q = 985\text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 778\text{ м}$ ,  $\eta = 0,805$ ;

насосы требуют подпора при любом варианте включения.

143. Последовательно,  $H = 990\text{ м}$ .

144. Один насос на любой станции —  $Q = 536\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 1030\text{ м}$ .

Два насоса одной из станций —  $Q = 1002\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 1600\text{ м}$ .

Две станции одновременно —  $Q = 1360\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 2002\text{ м}$ .

145.  $R \leq 0,000056$  ( $Q_{850} = 1305\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $\eta_{850} = 0,495$ ; см. рис. 61  
 $Q_{60} = 50\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $\eta_{60} = 0,615$ ).

146. При  $R = 0,0038$   $\Delta Q_{\max} = 87\text{ м}^3/\text{ч}$

( $Q_{300-300} = 288\text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $Q_{300-600} = 375\text{ м}^3/\text{ч}$ ); см. рис. 62.

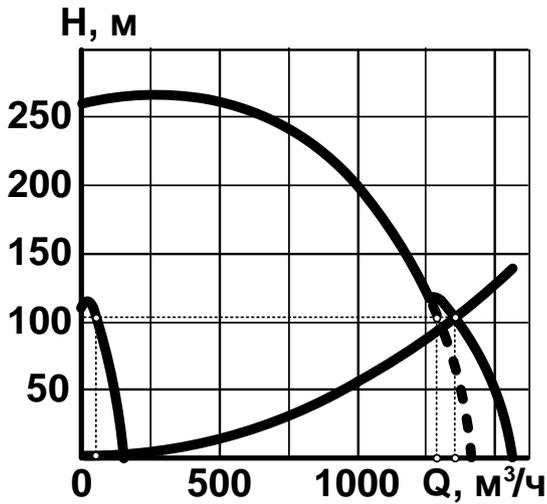


Рис. 61. Ответ на задачу 145

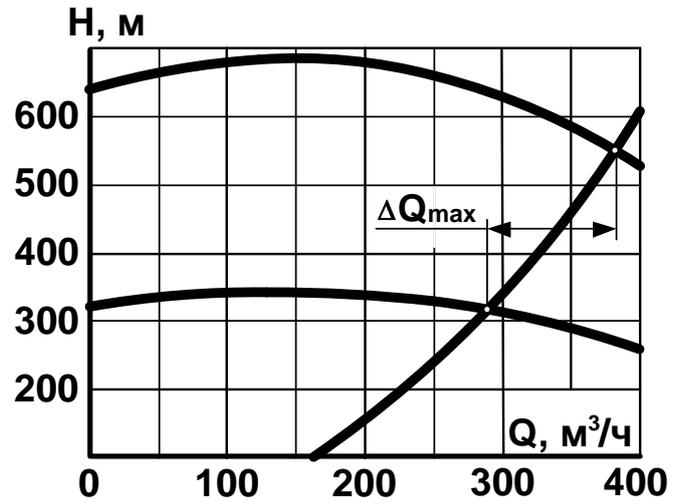


Рис. 62. Ответ на задачу 146

147.  $R \leq 0,0001594$  ( $Q_y = 616 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $Q_B = 308 \text{ м}^3/\text{ч}$ ).

148.  $R_{\text{ДР}} = 0,0004944$ ;  $\Delta h_{\text{ДР}} = 178 \text{ м}$ .

149.  $\Delta Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $Q_1 = 800 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $Q_2 = 700 \text{ м}^3/\text{ч}$ ).

150. См. рис. 63.

151. При  $n = 12,5 \text{ с}^{-1}$   $Q = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 125 \text{ м}$ ;  $N = 51,1 \text{ кВт}$ .

При  $n = 50 \text{ с}^{-1}$   $Q = 600 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 2000 \text{ м}$ ;  $N = 3272 \text{ кВт}$ .

152.  $\Delta n = 210,7 \text{ об/мин}$  или  $16,3 \%$ ;  $n_2 = 1289,3 \text{ об/мин}$

( $Q = 163 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 299 \text{ м}$ ); см. рис. 64.

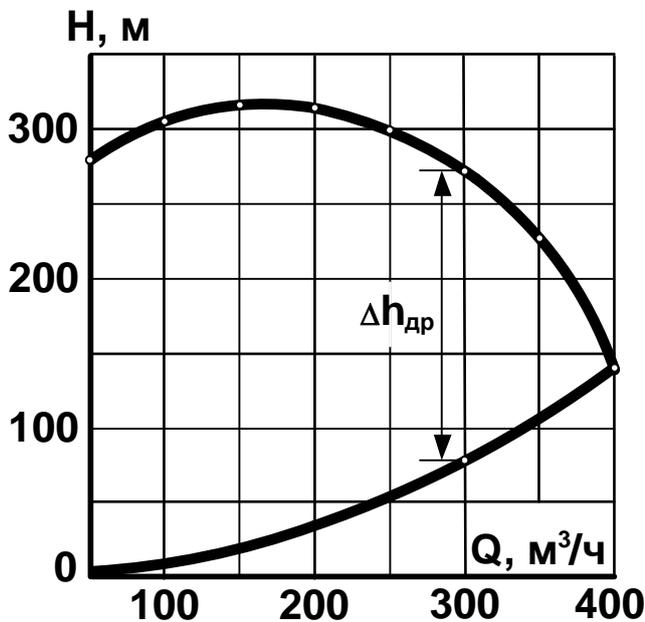


Рис. 63. Ответ на задачу 150

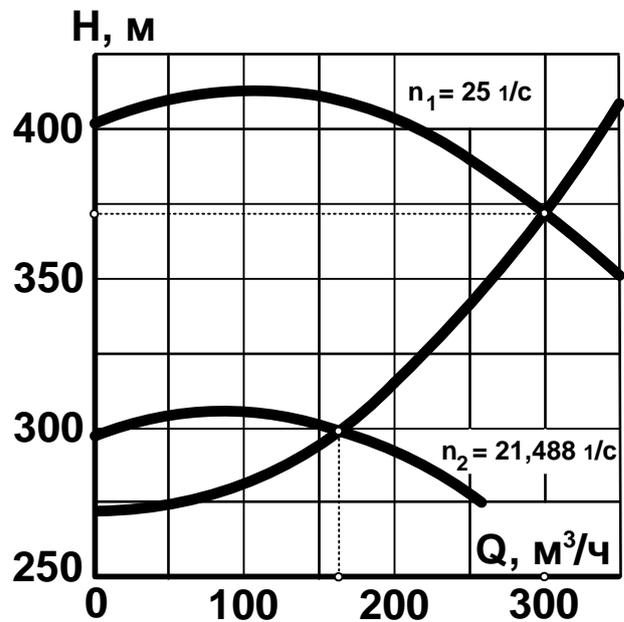


Рис. 64. Ответ на задачу 152

153. На индивидуальный:  $Q = 825 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 468 \text{ м}$ ;  $\eta = 0,685$ .

На магистральный:  $Q = 950 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 463 \text{ м}$ ;  $\eta = 0,665$ .

154. Насос работает в кавитационном режиме.

155. Насос работает без кавитации.
156.  $h_{\text{ГВС}} \leq 2,7$  м.
157. Насос следует устанавливать ниже нижнего уровня воды не менее чем на 1,15 м.
158.  $\Delta h_{\text{max}} = 2,35$  м.
159.  $Q_{\text{max}} = 310$  м<sup>3</sup>/ч.
160. Насос работает в кавитационном режиме.
161. Необходим подпор не менее 2,76 м.
162. Следует принять насос ЦНС 850-720, построить трубопровод с  $R = 0,000085$ . Установка будет работать с параметрами:  $Q = 900$  м<sup>3</sup>/ч;  $H = 669$  м;  $\eta = 0,675$ ;  $\eta_{\text{ТР}} = 0,897$ ;  $\Delta H/H = 0,202$ ;  $T_p = 16$  ч.
163. Насос ЦНС 300-120 для этих условий не подходит из-за недостаточного напора. С этим трубопроводом следует использовать насос ЦНС 300-180. Насос ЦНС 300-120 может быть использован при трубопроводе большего диаметра.
164. Необходим насос ЦНС 500-560 (7 колес) и трубопровод с характеристикой  $H = 500 + 0,000291 \cdot Q^2$ . Параметры рабочего режима установки:  $Q = 480$  м<sup>3</sup>/ч;  $H = 567$  м;  $\eta = 0,695$ ;  $N_B = 1067$  кВт.
165. Насос ЦНС 500-240 при наличии подпора пригоден для эксплуатации в этих условиях ( $Q = 630$  м<sup>3</sup>/ч;  $H = 207$  м;  $\eta = 0,66$ ).
166. Суточный максимальный приток можно откачать тремя насосами ЦНС 300-1300 по двум трубопроводам за 20,4 часа ( $Q = 400$  м<sup>3</sup>/ч;  $H = 1125$  м;  $\eta = 0,78$ ).
167. Насос ЦНС 850-480,  $z = 4$ , необходим двигатель с  $n = 1475$  об/мин и  $N = 2$  МВт (предпочтение следует отдать синхронному двигателю).
168. Насос ЦНС 180-600 пригоден для откачки воды, но показатели надежности и экономичности его работы низкие.
169. Следует принять трубу 299×10.
170. ЦНС 300-300;  $z = 5$ ;  $H = 270 + 0,0009982 \cdot Q^2$ ;  $Q = 240$  м<sup>3</sup>/ч;  $H = 327,5$  м;  $\eta = 0,68$ ;  $N_B = 331$  кВт.
171. Следует принять для откачки нормального притока два насоса ЦНС 850-240;  $z = 5$ ;  $Q_1 = 1050$  м<sup>3</sup>/ч;  $H = 187$  м;  $\eta = 0,63$ ;  $N_B = 866$  кВт;  $n = 1475$  об/мин;  $Q_y = 2100$  м<sup>3</sup>/ч.
172. Длину насосной камеры следует принять  $31 \pm 1$  м.
173. Длину насосной камеры следует принять  $36 \pm 1$  м.
174. Диаметр колодца: наружный 4 м, внутренний 3,5 м.  
Глубина колодца от почвы камеры  $h_K \geq 24$  м.

175.  $V_K = 2 \text{ м}^3$ .
176.  $m = 19,28 \text{ кг}$ .
177.  $A = 3,261 \text{ МДж}$ ;  $a_m = 0,169 \text{ МДж/кг}$ ;  $a_V = 0,204 \text{ МДж/м}^3$ .
178.  $T_K = 419,27 \text{ К}$  или  $t_K = 146,27 \text{ }^\circ\text{С}$ .
179.  $\varepsilon_K = 3,91$ .
180.  $Q = 14,66 \text{ м}^3/\text{мин}$ .
181.  $N_K = 91,91 \text{ кВт}$ ;  $N_{\text{ДВ}} = 96,75 \text{ кВт}$ ;  $W_{16} = 1579,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ .
182.  $q = 692,86 \text{ кДж}$ .
183.  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 2$ ;  $T_{K1} = 343,82 \text{ К}$  ( $70,82 \text{ }^\circ\text{С}$ );  
 $T_{K2} = T_{K3} = 355,56 \text{ К}$  ( $82,56 \text{ }^\circ\text{С}$ ).
184.  $T_K = 507,67 \text{ К}$  ( $234,67 \text{ }^\circ\text{С}$ ).
185. При  $n = 1$   $\varepsilon_K = 21$ . При  $n = 1,4$   $\varepsilon_K = 70,975$ .
186.  $P_{\text{ПХ}} = 2,8284 \text{ ата}$ .
187.  $N_{\text{ДВ}} = 141 \text{ кВт}$ .
188.  $P_K/P_H = 44,95$ ;  $T_{\text{КРАС}} = 260,6 \text{ К}$ .
189. Уменьшится на  $1,65 \%$ .
190. Уменьшится на  $6,94 \%$ .
191. Уменьшится на  $1,676 \%$ .
192.  $\varepsilon_K^{\text{max}} = 99,18$ .
193.  $N_{\text{ДВ}} = 150 \text{ кВт}$ .
194.  $\Delta\lambda = 0,1157$  или  $11,57 \%$ .
195.  $Q = 4,85 \text{ м}^3/\text{мин}$ .
196.  $d_{\text{Ц1}} = 0,525 \text{ м}$ ;  $h = 0,420 \text{ м}$ .
197.  $\lambda_0 = 0,7497$ .
198.  $Q_{\text{ВС}} = 21,72 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  $Q_{\text{ВС}} = 17,49 \text{ м}^3/\text{мин}$ .
199.  $Q_K = 132,96 \text{ м}^3/\text{мин}$ .
200.  $Q_K = 126,19 \text{ м}^3/\text{мин}$ .
201.  $H = 5904 \text{ м}$ .
202.  $H = 5328 \text{ м}$ .
203.  $P_{\text{Д}} = 82,2 \text{ кПа}$ .
204.  $P_{\text{Д}} = 74,3 \text{ кПа}$ .
205.  $H = 6494 \text{ м}$ .
206.  $\varepsilon_1 = 1,147$ .
207.  $\varepsilon_1 = 1,191$ .
208.  $T_{Ki}/T_{Hi} = 1,026$ .
209.  $Q_{\text{В}} = 0,685 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $C_a = 0,362 \text{ м/с}$ .
210.  $P_K = 1,8 \text{ МПа} \approx 18 \text{ ата}$ ;  $\varepsilon_1 = 1,198$ .
211.  $N_{\text{В}} = 8,96 \text{ МВт}$ .
212.  $Q_K = 33,90 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

213.  $Q_K = 24,02 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 214.  $Q_K = 40,68 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 215.  $Q_K = 302,58 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 216.  $Q_K = 290,60 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 217.  $q_M = 8,41 \text{ кг/кг}$  (масло/воздух).  
 218.  $q_M = 8,99 \text{ кг/кг}$ ; увеличится на 6,9 %.  
 219.  $q_{MO} = 0,01158 \text{ м}^3/\text{м}^3$  (масло/воздух).  
 220.  $Q_K = 4,96 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 221.  $\varepsilon_K = 25$ .  
 222.  $Q_K = 5,08 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 223.  $Q_K = 5,15 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 224.  $Q_K = 3,906 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 225.  $Q_K = 3,794 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 226.  $Q_K = 4,90 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 227.  $N_B = 21,92 \text{ кВт}$ ;  $N_{ДВ} = 25,38 \text{ кВт}$ .  
 228.  $G_B = 2,67 \text{ т/ч}$ .  
 229.  $Q_K = 63,47 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 230.  $Q_K = 47,11 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 231.  $N_B = 101,44 \text{ кВт}$ .  
 232.  $Q_K = 55,47 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 233.  $Q_K = 40,72 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 234.  $N_B = 196,2 \text{ кВт}$ ;  $N_{ДВ} = 215,8 \text{ кВт}$ .  
 235.  $Q_K = 39,47 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 236.  $Q_B = 6,87 \text{ м}^3/\text{ч}$ .  
 237.  $q = 85,45 \text{ кДж/кг}$ .  
 238.  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 5,164$ ;  $P_{K1} = 607,9 \text{ кПа}$ ;  $T_{K1} = 416,09 \text{ К}$ ;  $Q_B = 1,78 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  
 $Q_{B \text{ ПХ}} = 1,096 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  $N_{Ц1} = N_{Ц2} = 20,41 \text{ кВт}$ ;  $N_K = 40,82 \text{ кВт}$ .  
 Одноступенчатый компрессор эксплуатировать в этих условиях недопустимо, т. к.  $t_K = 335 \text{ }^\circ\text{C} > 170 \text{ }^\circ\text{C}$  (взорвется).  
 239.  $n = 1,1551$ ;  $N_B = 42,19 \text{ кВт}$ ;  $Q_B = 0,776 \text{ м}^3/\text{ч}$ .  
 240.  $n = 1,3674$ ;  $N_B = 42,20 \text{ кВт}$ ;  $Q_B = 0,770 \text{ м}^3/\text{ч}$ .  
 241.  $n = 1,2943$ ;  $N_B = 40,69 \text{ кВт}$ ;  $Q_B = 0,904 \text{ м}^3/\text{ч}$ .  
 242.  $\Delta P = 28,25 \text{ кПа}$ .  
 243.  $\Delta P = 278,2 \text{ кПа}$ .  
 244. Принять трубу 180×5 ГОСТ 8732–78.  
 245.  $Q = 20,85 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 246.  $M_Q = 15 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 247.  $\sigma_Q = 2,02 \text{ м}^3/\text{мин.}$   
 248.  $\sigma_Q = 2,20 \text{ м}^3/\text{мин.}$

249. Принять трубу 152×4,5 ГОСТ 8732–78.

250.  $P = 0,371$  МПа.

251.  $\Delta K_y = 0,0503$  ( $K_{y1} = 1,1495$ ;  $K_{y2} = 1,1998$ ).

252. На 39,36 %.

253.  $Q_y = 9,475$  м<sup>3</sup>/мин.

254.  $Q = 28,168$  м<sup>3</sup>/мин; труба 121×4,5 ГОСТ 8732–78;  $\Delta P = 60,69$  кПа;  $P_M = 0,6607$  МПа.

255. Труба 152×5 ГОСТ 8732–78 ( $\Delta P = 20,18$  кПа;  $v = 6,69$  м/с).

256. Участок № 1 – труба 180×7; участок № 2 – труба 245×8; участок № 3 – труба 273×8; участок № 4 – труба 325×8 ГОСТ 8732–78.

257. Следует принять компрессоры ЦК-135/8 (3 – рабочих, 1 – резерв).

Следует принять трубы: уч. № 1 – 450×16; уч. № 2 – 273×7; уч. № 3 – 325×8; уч. № 4 – 219×7; уч. № 5 – 245×7; уч. № 6 – 159×5,5; уч. № 7 – 159×5,5; уч. № 8 – 140×5,5.

258. См. рис. 65.

259. См. рис. 66.

260. См. рис. 67.

261. См. рис. 68.

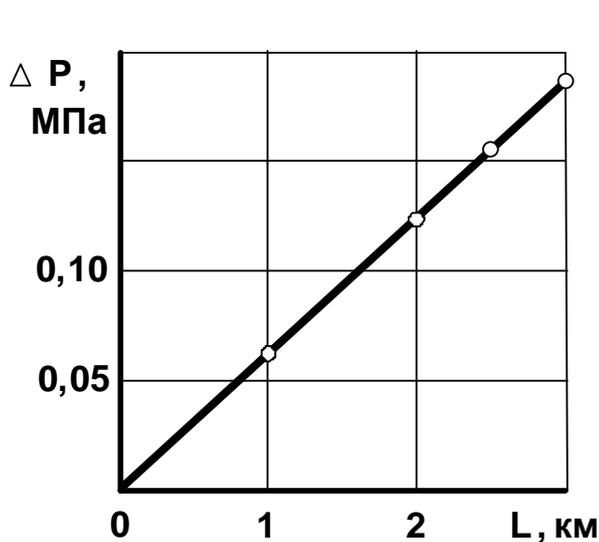


Рис. 65. Ответ на задачу 258

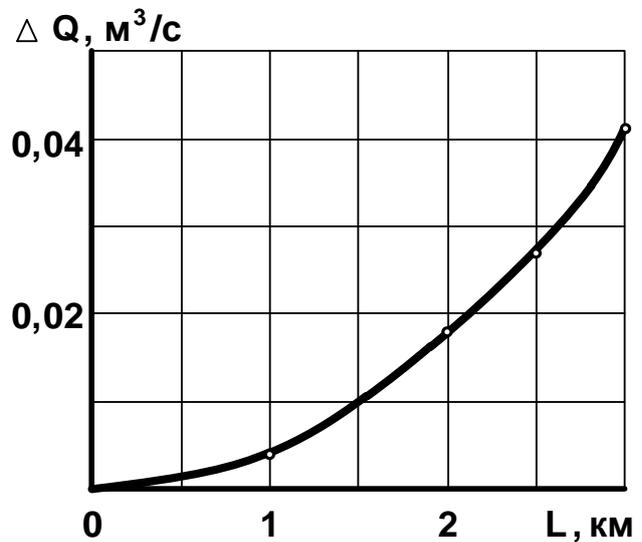


Рис. 66. Ответ на задачу 259

262.  $A = 8,74 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>·Н/мин.

263.  $A = 82,07 \cdot 10^{-7}$  м<sup>3</sup>·Н/с =  $49,24 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>·Н/мин.

264. рис. 17 [9, с. 93].

265.  $Q_y = 3,17$  м<sup>3</sup>/мин.

266.  $Q_y = 7,9-11,9$  м<sup>3</sup>/мин.

267.  $Q_y = 4,9-7,4$  м<sup>3</sup>/мин.

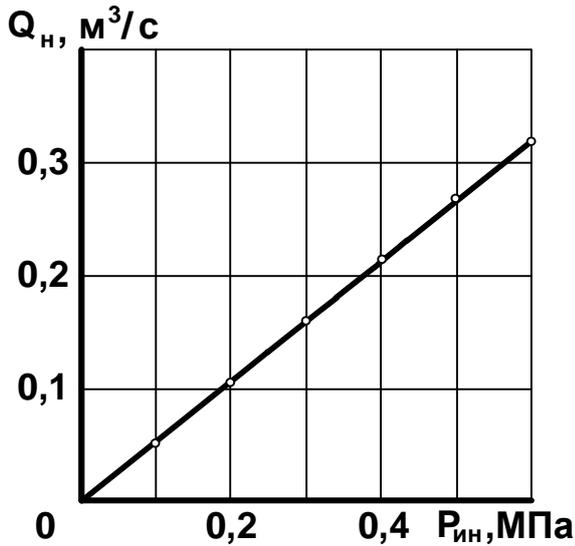


Рис. 67. Ответ на задачу 260

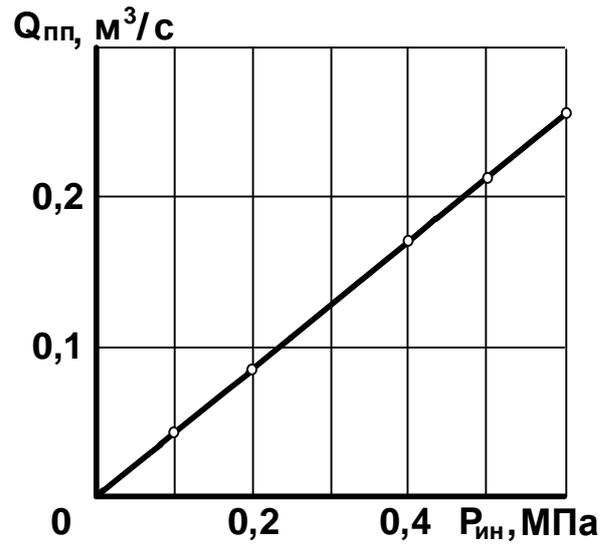


Рис. 68. Ответ на задачу 261

268. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 39,5$  мм;  $p = 6,08$  кг/м;  $Q_P = 968,5$  кН;  $z = 6,58$ .
269. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 38,5$  мм;  $p = 5,405$  кг/м;  $q = 6,486$  кг/м;  $Q_P = 860$  кН;  $\sigma = 1570$  Н/мм<sup>2</sup>;  $z_{II} = 15,47$ ;  $z_{Г} = 8,62$ .
270. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 42,0$  мм;  $p = 6,75$  кг/м;  $Q_P = 1070$  кН;  $z = 6,835$ ;  $z_{II} = 8,69$ .
271.  $H_{III} + h_3 = 591,55$  м.
272.  $z = 6,568 > [z] = 6,5$ .
273. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 40,5$  мм;  $p = 7,465$  кг/м;  $Q_P = 1400$  кН; I исполнение;  $z = 6,91$ .
274.  $m_{Г} + m_{С} = 17,33$  т;  $L_{КР} = 2289$  м.
275.  $m_{Г} + m_{С} = 22,29$  т;  $L_{КР} = 2249$  м.
276. Приняты канаты с характеристиками:  $d_K = 27,5$  мм;  $p = 3,34$  кг/м;  $Q_P = 542,5$  кН; II исполнение;  $z = 12,54$ .
277. Приняты канаты с характеристиками:  $d_K = 35,5$  мм;  $p = 5,47$  кг/м;  $Q_P = 1025$  кН; I исполнение;  $z = 6,74$ .
278. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 42,0$  мм;  $p = 6,535$  кг/м;  $Q_P = 1175$  кН;  $z = 7,83$ ;  $L_{КР} = 2203$  м.
279.  $z = 5,32$  – эксплуатация каната возможна при уменьшении загрузки скипа.
280. Приняты канаты с характеристиками:  $d_K = 31,0$  мм;  $p = 3,655$  кг/м;  $Q_P = 652,5$  кН;  $\sigma = 1640$  Н/мм<sup>2</sup>;  $z = 7,35$ .
281.  $m_{Г} = 6120$  кг;  $m_{С} = 5200$  кг.
282.  $L_{КРЛ} = 1868$  м;  $L_{КРГ} = 2587$  м.
283. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 38,5$  мм;  $p = 5,405$  кг/м;  $\sigma = 1680$  Н/мм<sup>2</sup> (171,5);  $Q_P = 921,8$  кН;  $z = 8,5$ ;  $L_{КР1800} = 2228$  м.

284. Принят канат с  $\sigma = 1960 \text{ Н/мм}^2$  (200) и  $z = 9,89$ .
285. Принят канат по ГОСТ 3077–80 с характеристиками:  $d_K = 11,5 \text{ мм}$ ;  $p = 0,487 \text{ кг/м}$ ;  $Q_P = 77,85 \text{ кН}$ ;  $z = 5,917$ .
286.  $m_T + m_C = 24,48 \text{ т}$ .
287. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 10,5 \text{ мм}$ ;  $p = 0,482 \text{ кг/м}$ ;  $Q_P = 82,9 \text{ кН}$ ;  $z = 5,6$ .
288.  $L_{KP} = 5126 \text{ м}$ .
289.  $L_{KP} = 537 \text{ м}$ .
290.  $z = 5,09 < 6,5$  – канат использовать в этих условиях нельзя.
291. Для грузового подъема принят канат с характеристиками:  $d_K = 22,5 \text{ мм}$ ;  $p = 1,857 \text{ кг/м}$ ;  $\sigma = 1700 \text{ Н/мм}^2$  (173);  $Q_P = 319,6 \text{ кН}$ ;  $z = 7,5$ . Для людского подъема следует принять канат с характеристиками:  $d_K = 25,5 \text{ мм}$ ;  $p = 2,426 \text{ кг/м}$ ;  $\sigma = 1770 \text{ Н/мм}^2$  (180);  $Q_P = 434 \text{ кН}$ ;  $z = 9,71$ .
292.  $\rho = 9804,5 \text{ кг/м}^3$ .
293.  $K_{CB} = 1,257$ .
294.  $0,03 < 0,10$  – можно продолжать эксплуатацию каната.
295. При  $H < 600 \text{ м}$  – пригоден для эксплуатации. При  $H > 600 \text{ м}$  – не пригоден для эксплуатации.
296. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 50,0 \text{ мм}$ ;  $p = 14,17 \text{ кг/м}$ ;  $\sigma = 1450 \text{ Н/мм}^2$  (148);  $Q_P = 235,85 \text{ кН}$ ;  $z = 6,0$ .
297.  $h = 222 \text{ м}$ .
298.  $h = 1328 \text{ м}$ .
299.  $h = 1279 \text{ м}$ .
300. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 25,0 \text{ мм}$ ;  $p = 3,59 \text{ кг/м}$ ;  $Q_P = 576 \text{ кН}$ ;  $z = 6,91$ .
301. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 22,5 \text{ мм}$ ;  $p = 1,857 \text{ кг/м}$ ;  $Q_P = 314 \text{ кН}$ ;  $z = 7,22$ .
302. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 33,0 \text{ мм}$ ;  $p = 4,155 \text{ кг/м}$ ;  $Q_P = 660 \text{ кН}$ ;  $z = 6,62$ .
303. Приняты канаты с характеристиками:  $d_K = 50,5 \text{ мм}$ ;  $p = 9,94 \text{ кг/м}$ ;  $Q_P = 1575 \text{ кН}$ ;  $z = 6,387$ .
304. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 36,0 \text{ мм}$ ;  $p = 4,435 \text{ кг/м}$ ;  $Q_P = 611 \text{ кН}$ ;  $z = 6$ .
305. Принят канат 186×30 ГОСТ 3092–80:  $q = 13,61 \text{ кг/м}$ ;  $z = 13,7$ .
306. Приняты два каната 124×20 ГОСТ 3092–80:  $q = 13,61 \text{ кг/м}$ ;  $z = 38,2$ .
307. Приняты три каната 107×17,5 ГОСТ 3091–80:  $q = 5,72 \text{ кг/м}$ ;  $z = 40,45$ .

308. Приняты два каната с характеристиками:  $d_K = 37,0$  мм;  $p = 5,035$  кг/м;  $Q_P = 704,5$  кН;  $z = 5,38$ .
309. Принят канат с характеристиками:  $d_K = 39,0$  мм;  $p = 5,475$  кг/м;  $Q_P = 760,5$  кН;  $z = 5,24$ .
310. Приняты три каната с характеристиками:  $d_K = 17,5$  мм;  $p = 1,155$  кг/м;  $\sigma = 1470$  Н/мм<sup>2</sup> (150);  $Q_P = 172,5$  кН;  $z = 3,1$ .
311. Приняты четыре каната с характеристиками:  $d_K = 20,0$  мм;  $p = 1,56$  кг/м;  $\sigma = 1370$  Н/мм<sup>2</sup> (140);  $Q_P = 230$  кН;  $z = 5,52$ .
312. Принята машина 2Ц-4×1,8 с шагом нарезки 35 мм (540,87 м).
313. Принята машина 2Ц-5×2,8 с шагом нарезки 68 мм (522,55 м – 1 горизонт). Машина МПБ 5-3,15-3,15 с увеличением диаметра до 5,2 м за счет футеровки – 2 горизонта (520 и 620 м).
314. Принята машина ЦР-5×3/0,6 с шагом нарезки 48 мм (653,3 м) для отработки 2-х горизонтов.
315. Принята машина 2Ц-2×1,1 с шагом навивки 22 мм (560,76 м).
316. Принята машина Ц-2,5×2;  $L_K = 794,8$  м (392,7 и 402,1 м).
317. Принята машина Ц-2,5×2;  $L_K = 1781$  м (581,2; 593,7; 606,3 м).
318. Принята машина 2Ц-4×2,3 с возможностью отработки второго горизонта  $L_K = 582,7$  м.
319.  $H_{\max} = 433,2$  м.
320.  $n_{\text{ТР}} = 5,33 > 5$ .
321.  $H_{\max} = 388,7$  м.
322.  $H_{\max} = 653,3$  м.
323.  $l_{\text{ИСП}} = 47,1$  м.
324.  $n_{\text{РАБ}} = 34,44$ .
325.  $n_{\text{РАБ}} = 30,09$ .
326.  $n_{\text{РАБ}} = 40,79$ .
327.  $n_{\text{ТР}} = 11,72$  (5,86 и 5,86).
328. Машина подходит для этих условий:  $F_{\text{СТ}}^{\max} = 76,75$  кН < 180 кН;  $T_{\text{СТ}}^{\max} = 139,86$  кН < 200 кН.
329. Машина подходит для этих условий:  $F_{\text{СТ}}^{\max} = 58,55$  кН < 160 кН;  $T_{\text{СТ}}^{\max} = 115,44$  кН < 220 кН.
330. Машина подходит для этих условий:  $F_{\text{СТ}}^{\max} = 167,11$  кН < 400 кН;  $T_{\text{СТ}}^{\max} = 377,86$  кН < 560 кН.
331. Максимальная полезная масса для машины 13,8 т; для скипа – 12 т.
332.  $H_{\max} = 1141,68$  м (531,50 и 610,18 м).
333.  $n_{\text{СЛ}} = 1,319$ .
334. Машина подходит для этих условий –  $L_K = 551,5 > 350$  м.

335.  $H_{\max} = 371,34$  м.
336. Принята машина МК-3,25×4.
337. Машина подходит для этих условий:  $F_{\text{СТ}}^{\max} = 117,72$  кН < 150 кН;  
 $T_{\text{СТ}}^{\max} = 340,44$  кН < 500 кН.
338.  $84 > 79$  – без отклоняющих шкивов можно;  $84 < 100$  – с отклоняющими шкивами нельзя.
339.  $F_{\text{СТ}}^{\max}$  в 1,75 раза или на 88 кН;  
 $T_{\text{СТ}}^{\max}$  в 1,022 раза или на 7,5 кН.
340.  $F_{\text{П}} = 504,45$  кН.
341. Для угля  $P_{\text{У}} = 2,2$  МПа > 2,0 – не проходит.  
 Для породы  $P_{\text{У}} = 2,9$  МПа > 2,0 – не проходит.
342. На 17 % или в 1,17 раза.
343. Запас по сцеплению 58,4 %.
344. Увеличится в 1,85 раза.
345. 1,2 и 2,38.
346. 4,19 или 240°.
347.  $F_{\text{П}} = 314,79$  кН;  $F_0 = 220,18$  кН.
348. 3076 кг; 4028 кг.
349. 1,25; что не соответствует НТП.
350. 1,45.
351. 1,67.
352. 1,57; что не превышает 1,25 по НТП.
353.  $a = 2,93$  м/с<sup>2</sup>.
354. При подъеме груза 4,5 м/с<sup>2</sup>; при спуске груза – 1,28 м/с<sup>2</sup>.
355. При подъеме груза 4,45 м/с<sup>2</sup>; при спуске груза – 1,60 м/с<sup>2</sup>.
356.  $a = 2,9 < 5,0$  м/с<sup>2</sup>.
357.  $H_{\text{К}} = 41$  м ( $h_{\text{ПП}} = 3,68$  м).
358.  $H_{\text{К}} = 45$  м ( $h_{\text{ПП}} = 3,0$  м;  $\Delta = 0,68$  м).
359.  $H_{\text{К}} = 37$  м ( $h_{\text{ПП}} = 3,42$  м;  $\Delta = 1,0$  м).
360.  $h_{\text{С}} = 11,2$  м.
361.  $c = -1,54$  м (ниже нулевой отметки на 1,54 м).
362.  $L_{\text{МН}} = 37,25$  м.
363.  $c = 0,6$  м (выше нулевой отметки).
364.  $L_{\text{МВ}} = 52,22$  м.
365.  $L_{\text{МВ}} = 45,97$  м.
366.  $L_{\text{МН}} = 25,78$  м.
367.  $L_{\text{С}} = 41,92$  м;  $\beta = 48,1^\circ$ .
368.  $L_{\text{С}} = 59,35$  м;  $\beta = 50,82^\circ$ .
369.  $L_{\text{С}} = 58,82$  м;  $\beta = 35,31^\circ$ .

370.  $L_M = 46,20$  м.  
 371.  $L_M = 53,20$  м.  
 372.  $L_M = 40,60$  м.  
 373.  $L_{MB} = 47,52$  м.  
 374.  $L_{CH} = 48,88$  м;  $\beta_H = 51,02^\circ$ .  
 375.  $L_{CH} = 58,19$  м;  $\beta_H = 46,91^\circ$ .  
 376.  $L_{CB} = 49,26$  м.  
 377.  $\alpha_H = 0,325^\circ$ ;  $\alpha_B = 1,119^\circ$ .  
 378.  $L_C = 52,08$  м.  
 379.  $\alpha_{\max}^H = 1,241^\circ$ ;  $\alpha_{\max}^B = 0,727^\circ$ .  
 380.  $L_{C \min} = 48,87$  м.  
 381.  $H_K = 83,5$  м;  $H_{K \text{ СТР}} = 91,2$  м.  
 382.  $h_{HM3} = 9$  м;  $H_K = 84,5$  м;  $H_{K \text{ СТР}} = 92,2$  м.  
 383.  $h_{ПБ} = 20$  м;  $h_B = 13$  м.  
 384. Принят скип 2СН 9,5-1;  $m_\Gamma = 8$  т;  $Q_{\text{ч}} = 333,3$  т/ч.  
 385.  $T = 64,28$  с;  $\theta = 12$  с;  $t_D = 52,28$  с.  
 386.  $T = 155$  с;  $n_{\text{ч}} = 23,2$ ;  $n_{\text{СМ}} = 139$  с.  
 387.  $T = 82,76$  с;  $\theta = 13$  с;  $t_D = 69,76$  с.  
 388.  $v_{\max} = 6,75$  м/с  $< 12$ .  
 389. Принята бадья БПС-3;  $V_B = 3$  м<sup>3</sup>;  $Q_{\text{ч}} = 62,65$  м<sup>3</sup>/ч.  
 390.  $L_{\text{МЕС}} = 78,75$  м/мес.  
 391. Принят скип 1СН 7-2;  $m_\Gamma = 16$  т;  $n_{\text{ч}} = 35$ ;  $T = 102,85$  с;  $\theta = 9$  с;  
 $v_{\max} = 7,032$  м/с.  
 392.  $Q_{\text{ч}} = 1426,5$  т/ч.  
 393.  $A_\Gamma = 8,4$  млн. т/Г.  
 394.  $n_{\text{ПУ}} = 6$ .  
 395.  $K_P = 1,507$ .  
 396.  $t_D = 56,76$  с.  
 397.  $v_{\max} = 8,75$  м/с.  
 398.  $H = 405,18$  м.  
 399.  $H = 412,56$  м.  
 400.  $\alpha = 2,0$  (двухпериодная диаграмма).  
 401.  $\alpha_{10,5} = 1,326$ ;  $\alpha_{11,5} = 1,211$ .  
 402.  $v_{\max} = 4,23$  м/с.  
 403.  $a = 0,48$  м/с<sup>2</sup>.  
 404.  $v_{\max} = 7,256$  м/с;  $t_D = 76,24$  с.  
 405.  $t_D = 61,13$  с.  
 406.  $t_2 = 38,0$  с.

407.  $t_1 = t_2 = 12,0$  с.

408.  $\beta = 32^\circ$ .

409.  $a_1 = 0,385$  м/с<sup>2</sup>.

410.  $t_2 = 54,98$  с;  $h_2 = 288,65$  м.

411.  $v_{\text{КР}} = 1,47$  м/с;  $v_{\text{max}} = 10,845$  м/с.

412.  $h_1 = 0,42$  м;  $h_2 = 2,48$  м;  $h_3 = 21,88$  м;  $h_4 = 288,54$  м;  $h_5 = 21,88$  м;  
 $h_6 = 4,38$  м;  $h_7 = 0,42$  м.

413.  $h_1 = 0,42$  м;  $h_2 = 2,25$  м;  $h_3 = 28,93$  м;  $h_4 = 435,13$  м;  $h_5 = 28,93$  м;  
 $h_6 = 3,84$  м;  $h_7 = 0,50$  м; см. рис. 69.

414.  $h_1 = 0,42$  м;  $h_2 = 1,08$  м;  $h_3 = 109,78$  м;  $h_4 = 275,94$  м;  
 $h_5 = 109,78$  м;  $h_6 = 2,50$  м;  $h_7 = 0,50$  м; см. рис. 70.

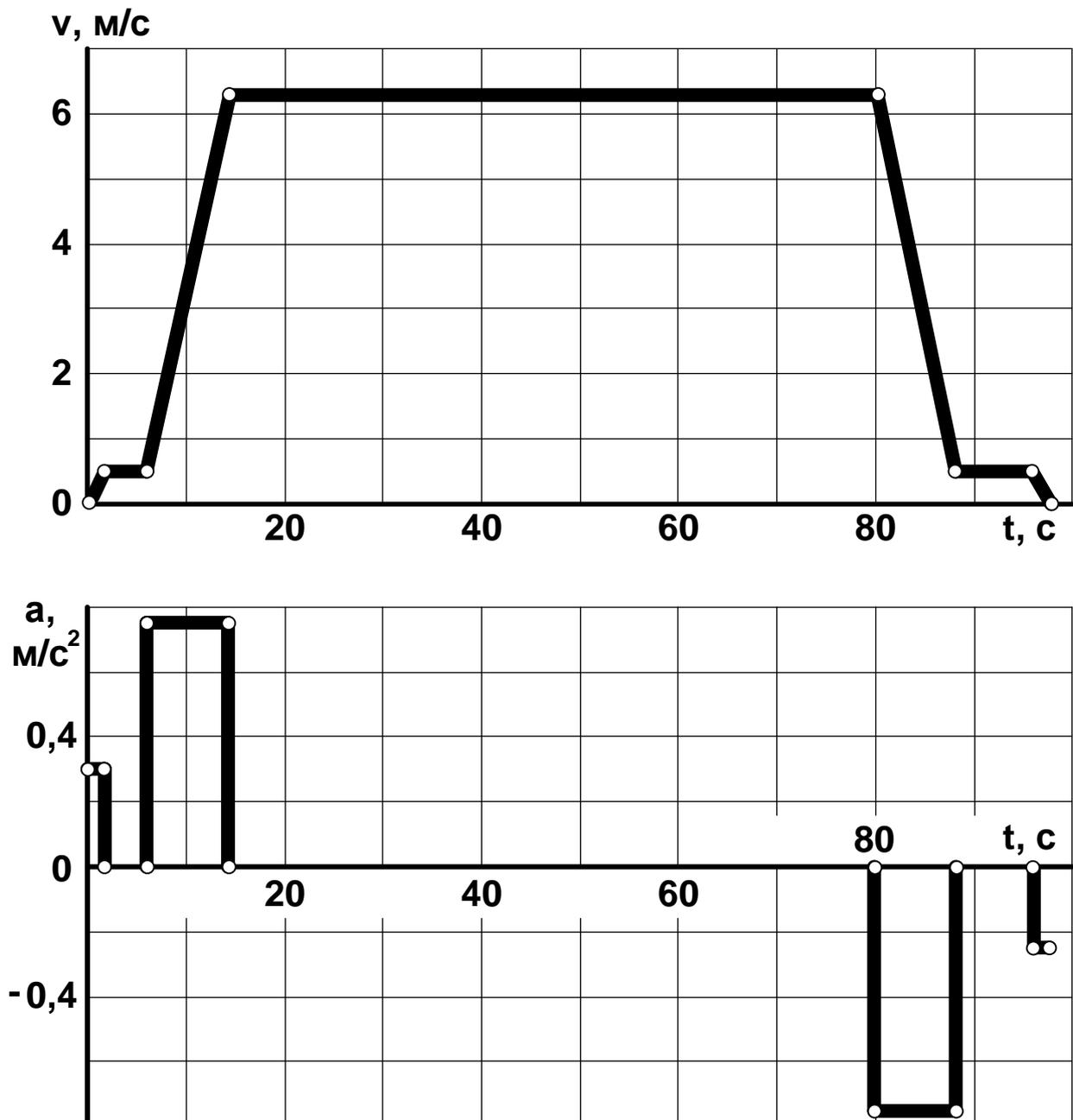


Рис. 69. Ответ на задачу 413

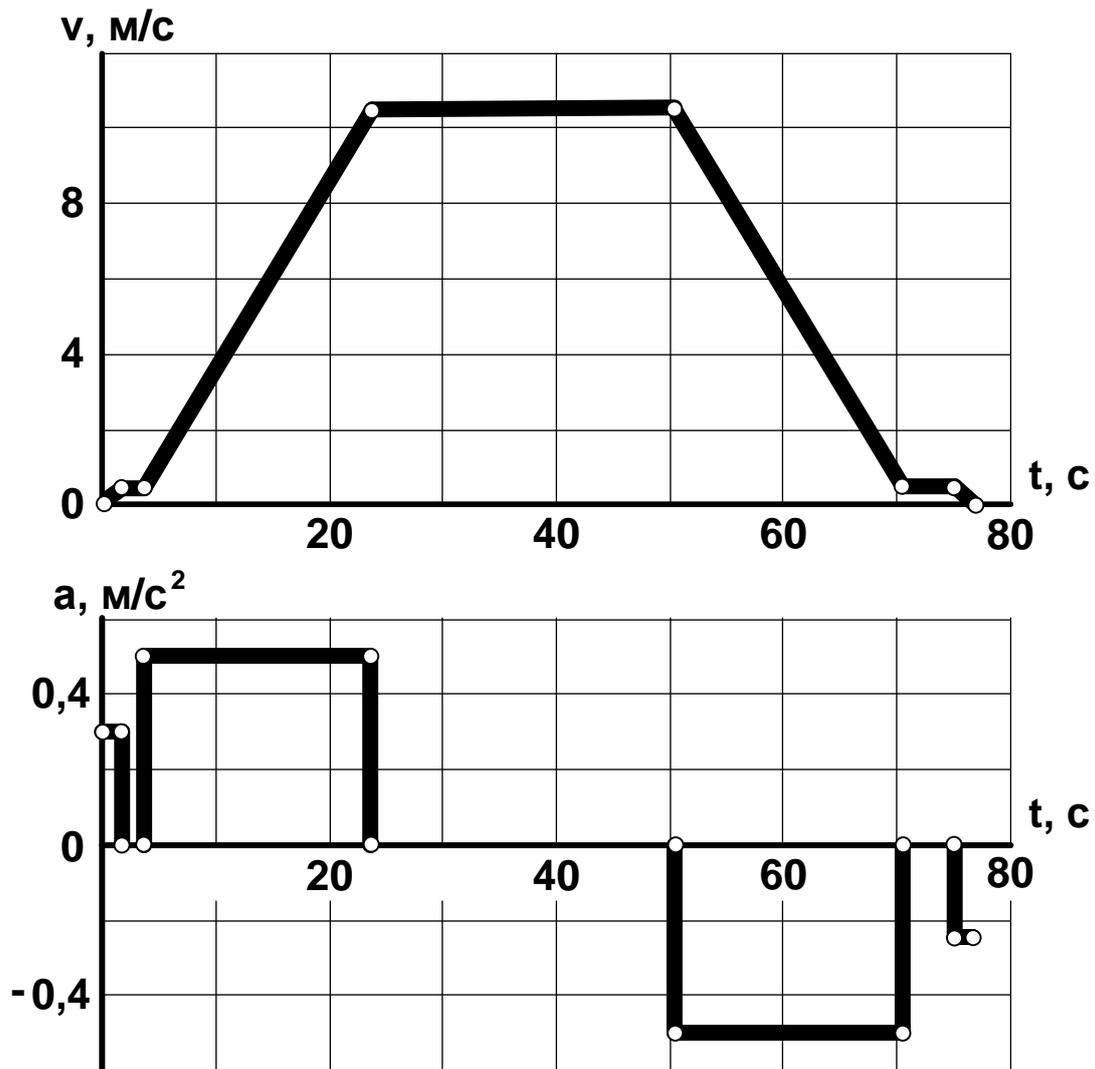


Рис. 70. Ответ на задачу 414

415.  $m_{\text{ПР}} = 83,87$  т.

416.  $F_{\text{СТ}} = F_0 = 55,655$  кН; масса противовеса 6,73 т.

417.  $F_0 = 129,085$  кН;  $F_1 = 160,135$  кН;

$F_7 = 6,635$  кН;  $F_8 = 37,685$  кН.

418.  $h = 34,34$  м.

419. При  $q = 0$   $F = 179,58$  кН; при  $q = 9,47$  кг/м  $F = 110,22$  кН.

420.  $F_{\text{Н}} = 44,92$  кН;  $F_{\text{К}} = 64,95$  кН.

421. 68,39 т.

422. 38,04 т.

423.  $a = 0,946$  м/с<sup>2</sup>.

424.  $F = 54,15$  кН.

425.  $F = -50,76$  кН.

426.  $F = 159,83$  кН.

427.  $a = 0,699$  м/с<sup>2</sup>.

428. Принят канат  $139 \times 22,5$  по ГОСТ 3092–80 с  $q = 7,695$  кг/м (недостаток массы каната в 25 г/м устранить нанесением канатной смазки).
429.  $T_{\text{ЭФФ}} = 51$  с.
430.  $T_{\text{ЭФФ}} = 60,5$  с.
431.  $F_{\text{Н}} = 89,4$  кН.
432.  $N_{\text{ДВ}} = 630$  кВт.
433.  $v_{\text{max}} = 6,76$  м/с.
434.  $K_{\text{П}} = 1,53 < 2,2$  – перегрузки двигателя нет.
435.  $K_{\text{П}} = 1,594 < 2,0$  – перегрузки двигателей нет.
436.  $K_{\text{П}} = 1,448$ .
437.  $K_{\text{П}} = 0,77$ .
438.  $F_{\text{Н}} = 90,89$  кН.
439.  $F_{\text{ЭФФ}} = 61,49$  кН.
440. Принят АКН2-17-39-16 ( $N_{\text{ДВ}} = 630$  кВт,  $n = 365$  об/мин).
441. Приняты два АКН2-18-27-20 ( $N_{\text{ДВ}} = 500$  кВт,  $n = 290$  об/мин).
442.  $\eta_{\text{ПМ}} = 69,56$  %;  $\eta_{\text{ПУ}} = 63,24$  %.
443.  $\eta_{\text{ПМ}} = 0,66$ ;  $\eta_{\text{ПУ}} = 0,5738$ .
444.  $\eta_{\text{ПМ}} = 60,63$  %;  $\eta_{\text{ПУ}} = 52,72$  %.
445.  $v_{\text{max}} = 6,16$  м/с.
446.  $W = 17,175$  кВт·ч;  $w = 2,147$  кВт·ч/т.
447.  $N_{\text{Ш}} = 300$  кВт;  $N_{\text{ДВ}} = 409$  кВт.
448. Принят АКН2-18-36-20 ( $N_{\text{ДВ}} = 630$  кВт,  $n = 290$  об/мин).
449.  $N_{\text{Ш}} = 401$  кВт;  $C = 0,0671$ .
450.  $N_{\text{ДВ}}/N_{\text{Ш}} = 1,479$ .
451.  $K_{\text{П}} = 1,225$ .
452.  $a_1 = 0,710$  м/с<sup>2</sup>.
453.  $W_{\text{П}} = 7,411$  кВт·ч;  $w_{\text{П}} = 0,926$  кВт·ч/т;  
 $W = 12,710$  кВт·ч;  $w = 1,589$  кВт·ч/т.
454. КПД установки уменьшится на 10,71 %.
455.  $W = 1,091$  кВт·ч.
456.  $w_{\text{П}} = 0,763$  кВт·ч/т;  $w = 1,255$  кВт·ч/т;  $w_{\text{ТКМ}} = 4,48$  кВт·ч/т·км.
457.  $K_{\text{П}} = 1,99$ ;  $N_{\text{Э}} = 410,3$  кВт.
458.  $a_1 = 0,749$  м/с<sup>2</sup>.
459.  $M_{\text{Т}} = 1107 < 1400$  кН·м.
460.  $M_{\text{Т2}} = 407,75$  кН·м.
461. Максимальная масса груза в сосуде 9,69 т.
462.  $M_{\text{Т}} = 394$  кН·м.
463.  $M_{\text{Т2}} = 192,91$  кН·м;  $m_{\text{ТГ}} = 2226$  кг.

464. Степень статической надежности тормоза машины 4,65.
465.  $a_4 = 4,85 \text{ м/с}^2$ .
466.  $a_3 = 2,507 \text{ м/с}^2$ .
467.  $i = 7,36$ ;  $P = 497,3 \text{ кПа}$ .
468. При подъеме груза  $M_{T1} = 229,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$ . При спуске порожней клетки с вагонеткой: клеть внизу  $M_{T1} = 46 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ; клеть вверху  $M_{T1} = 229 \text{ кН}\cdot\text{м}$
469. Минимальное давление масла в цилиндре тормоза  $P = 931 \text{ кПа}$ .
470. Давление масла в цилиндре тормоза  $P = 336,2 \text{ кПа}$ .
471.  $M_{T4} = 561,6 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .
472.  $M_{T3} = 156,1 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .
473.  $h = 10,85 \text{ м}$ .
474.  $F = 3,79 \text{ кН}$ .
475.  $h_{\text{ПРУЖ}} = 29,08 \text{ мм}$ .
476. Масса тормозного груза для предохранительного торможения 2,7 т.
477. При спуске расчетного груза  $a_{\text{max}} = 0,658 \text{ м/с}^2$ .
478.  $Q = 217,46 \text{ м}^3/\text{с}$ .
479.  $(\rho \cdot \nu) = 3,68 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ .
480.  $Q = 121,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .
481.  $G_B = 130,96 \text{ кг/с}$ .
482.  $Q = 250 \text{ м}^3/\text{с}$ .
483.  $G_B = 190,93 \text{ кг/с}$ .
484.  $G_B = 114,38 \text{ кг/с}$ .
485.  $(\rho \cdot \nu) = 4,47 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ ;  $\nu_B = 2,34 \text{ м/с}$ .
486.  $K = 29,04 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ .
487.  $G_{\Pi} = 4,74 \text{ кг/с}$ .
488.  $t = +5,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .
489.  $N_q^{\text{min}} = 20,6 \text{ МВт}$ .
490.  $n_C = 161 \text{ шт.}$  (без учета резерва).
491.  $F_P = 126 \text{ м}^2$ .
492.  $F_P = 3940,9 \text{ м}^2$ ;  $n_C = 43,59 \text{ шт.}$
493.  $N_q = 12,6 \text{ МВт}$ .
494.  $t_{\text{ВК}} = +77 \text{ }^\circ\text{C}$ .
495. Следует принять  $n_C = 80 \text{ шт.}$
496.  $F_P = 5714,3 \text{ м}^2$ ;  $n_C = 64 \text{ шт.}$

## Список рекомендуемой литературы

1. Правила устройства, монтажа и безопасной эксплуатации взрывозащищенных вентиляторов. ПБ 03-590-03. – Москва : Промышленная безопасность, 2009. – 32 с.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах. ПБ 03-582-03. – Москва : Промышленная безопасность, 2009. – 36 с.
3. Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов. ПБ 03-581-03. – Москва : Промышленная безопасность, 2008. – 24 с.
4. Правила безопасности в угольных шахтах. ПБ 05-618-03. – Самара : Самарский дом печати, 2003. – 242 с.
5. Гришко, А. П. Стационарные машины. Рудничные водоотливные, вентиляторные и пневматические установки : учеб. для студентов вузов. – Москва : Горная книга, 2007. – 586 с.
6. Шахтный подъем / под ред. Б. А. Грядущего и В. А. Корсуна. – Донецк, Юго-восток, 2007. – 624 с.
7. Абрамов, А. П. Стационарные машины. Расчет водоотливных установок горнодобывающих предприятий : учеб. пособие / КузГТУ. – Кемерово, 2012. – 200 с.
8. Соловьев, В. С. Стационарные машины и установки. Шахтные подъемные установки : учеб. пособие. – Санкт-Петербург : Горн. ин-т им. Г. В. Плеханова (техн. ун-т), 2006. – 82 с.
9. Назаревич, В. В. Стационарные машины. Расчет промышленных пневматических установок с нестационарным режимом потребления : учеб. пособие / КузГТУ. – Кемерово, 2005. – 115 с.
10. Дзюбан, В. С. Справочник энергетика угольной шахты. – Донецк : ООО «Юго-Восток», 2001. – 447 с.
11. Дзюбан, В. С. Надежность электрооборудования угольных шахт. – Москва : Недра, 1997. – 302 с.
12. Песвианидзе, А. В. Расчет шахтных подъемных установок : учеб. пособие для вузов. – Москва : Недра, 1992. – 250 с.
13. Временные нормы технологического проектирования шахт. 92-8. – Москва : Минуглепром, 1992. – 208 с.
14. Попов, В. М. Водоотливные установки : справ. пособие. – Москва : Недра, 1990. – 253 с.

15. Вентиляторы главного и местного проветривания. Отраслевой каталог 20-90-05. – Москва : Мин-во тяжелого машиностроения СССР, 1990. – 62 с.
16. Михайлов, А. К. Компрессорные машины. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 288 с.
17. Гимельшейн, Л. Я. Высоконадежные шахтные реверсивные вентиляторные установки. – Кемерово : Кемер. кн. изд-во, 1988. – 102 с.
18. Карелин, В. Я. Насосы и насосные станции. – Москва : Стройиздат, 1986. – 320 с.
19. Братченко, Б. Ф. Стационарные установки шахт. – Москва : Недра, 1977. – 440 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Предисловие		3
1.	<b>ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ТУРБОМАШИН</b>		4
1.1.	Подобие турбомашин	№ 1–23	4
1.2.	Общая напорно-расходная характеристика совместно работающих турбомашин	№ 24–30	8
1.3.	Внешняя сеть	№ 31–60	10
1.4.	Режимы работы турбомашин	№ 61–85	15
1.5.	Совместное включение турбомашин на общую сеть	№ 86–93	18
2.	<b>ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ УСТАНОВКИ</b>		19
2.1.	Совместная работа вентиляторов на общую сеть	№ 94–104	19
2.2.	Регулирование режимов работы вентиляторов	№ 105–112	21
2.3.	Реверсирование вентиляторных установок	№ 113–117	22
2.4.	Влияние подсосов и утечек на работу вентиляторов	№ 118–123	23
2.5.	Проектирование вентиляторных установок	№ 124–129	24
2.6.	Надежность вентиляторных установок	№ 130–134	25
3.	<b>ВОДООТЛИВНЫЕ УСТАНОВКИ</b>		27
3.1.	Совместная работа насосов на общую сеть	№ 135–147	27
3.2.	Регулирование режимов работы насосов	№ 148–153	29
3.3.	Допустимая высота всасывания центробежных насосов	№ 154–161	30
3.4.	Проектирование насосных установок	№ 162–174	31
4.	<b>КОМПРЕССОРНЫЕ УСТАНОВКИ</b>		33
4.1.	Общие характеристики компрессоров	№ 175–191	33
4.2.	Поршневые компрессоры	№ 192–198	35
4.3.	Центробежные компрессоры	№ 199–205	36
4.4.	Осевые компрессоры	№ 206–211	37
4.5.	Винтовые компрессоры	№ 212–219	38
4.6.	Ротационно-пластинчатые компрессоры	№ 220–227	39
4.7.	Водокольцевые компрессоры	№ 228–235	40
4.8.	Охлаждение сжимаемого газа в компрессорных установках	№ 236–241	41
4.9.	Пневматические сети	№ 242–267	42
5.	<b>ПОДЪЕМНЫЕ УСТАНОВКИ</b>		46
5.1.	Канаты		
5.1.1.	Подъемные канаты	№ 268–304	46
5.1.2.	Уравновешивающие и подвесные канаты	№ 305–311	52
5.2.	Подъемные машины		53
5.2.1.	Барабанные машины	№ 312–335	53
5.2.2.	Машины со шкивом трения	№ 336–356	56

5.3.	Геометрические характеристики установки на поверхности		59
5.3.1.	Со стальными разборными копрами	№ 357–380	59
5.3.2.	С башенными копрами	№ 381–383	63
5.4.	Кинематика подъемной установки	№ 384–414	64
5.5.	Динамика подъемной установки	№ 415–428	68
5.6.	Мощность двигателя, расход энергии и КПД установки	№ 429–458	70
5.7.	Тормозные устройства	№ 459–477	75
6.	<b>КАЛОРИФЕРНЫЕ УСТАНОВКИ</b>		78
6.1.	Расход и параметры теплоносителя	№ 478–488	78
6.2.	Проектирование калориферных установок	№ 489–496	79
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Стальные трубы		81
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Основные параметры и характеристики вентиляторов		83
	ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Основные параметры и характеристики насосов		99
	ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Основные параметры и характеристики компрессоров		94
	ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Характеристики калориферов		98
	ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Характеристики стальных канатов		103
	ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Характеристики подъемных сосудов		105
	ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Характеристики подъемных машин		107
	ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Характеристики редукторов		108
	ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Характеристики двигателей		110
	ПРИЛОЖЕНИЕ 11. Характеристики тормозных устройств		112
	ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Теплоемкость сухого воздуха		113
	ПРИЛОЖЕНИЕ 13. Свойства воды и водяного пара		114
	ОТВЕТЫ		115
	Список рекомендуемой литературы		141

**НАЗАРЕВИЧ Владимир Владимирович**  
**АБРАМОВ Александр Прохорович**

**СБОРНИК ЗАДАЧ  
ПО СТАЦИОНАРНЫМ МАШИНАМ  
И УСТАНОВКАМ**

Редактор      З. М. Савина

Подписано в печать 17.06.2014. Формат 60×84/16. Бумага офсетная  
Гарнитура «Times New Roman». Уч.-изд. л. 8,00  
Тираж 100 экз.    Заказ

Кузбасский государственный технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28

Издательский центр УИП КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А