

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Строительства,  
энергетики и транспорта

**Методические рекомендации к практическим работам**  
по дисциплине  
**«Электрические станции и подстанции»**  
для всех форм обучения направления  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль Электроснабжение)

**Мурманск**  
**2021**

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

### Тема: Выбор электродвигателей

Выбор электродвигателей имеет большое народнохозяйственное значение, так как от правильного их выбора зависит производительность рабочей машины, энергетические показатели и надежность работы электродвигателя.

Для электропривода промышленных установок следует, как правило, выбирать асинхронные короткозамкнутые двигатели, как наиболее простые по устройству и управлению, надежные в эксплуатации и имеющие высокие технико-экономические показатели.

Электродвигатели выбирают в строгом соответствии с:

- а) режимом работы, мощностью и механической характеристикой производственной машины;
- б) напряжением и частотой питающей сети;
- в) климатическими условиями и параметрами окружающей среды. При этом учитываются экономические показатели.

В результате выбора электродвигателя устанавливают следующие параметры: режим работы согласно ГОСТ 183-74; номинальные величины (мощность, частота вращения, сила тока, напряжение и др.); конструктивное исполнение; экономические показатели (годовая наработка, цена электроэнергии и электрооборудования).

**Задание:** По исходным данным выбрать электродвигатель серии АИР. Напряжение сети 380/220 В.

**Исходные данные** представлены на рисунке 1, а также в таблице 1.

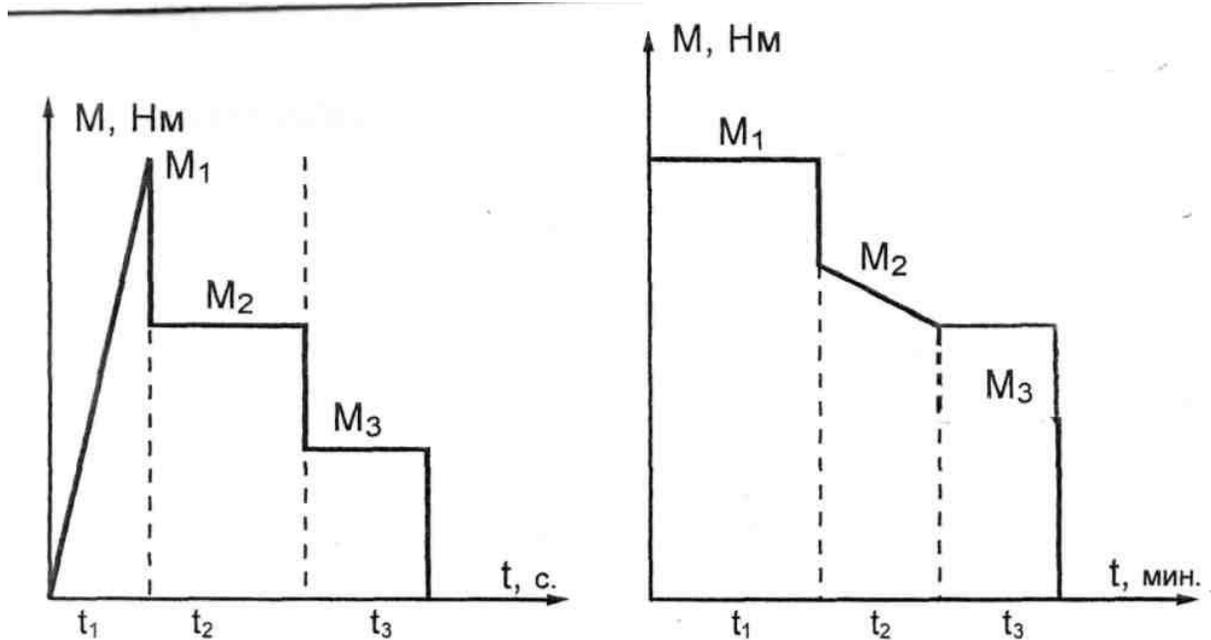


Рисунок 1 – График нагрузки для нечетных (слева) и четных (справа) вариантов

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения практической работы

Варианты	Место установки	Данные нагрузочной диаграммы (M и t)	Частота вращения вала машины, $c^{-1}$
1	Электроцех	$M_1=100; M_2=80; M_3=40$	50
		$t_1=10; t_2=60; t_3=120$	
2	Инструментальный цех	$M_1=60; M_2=50; M_3=20$	60
		$t_1=5; t_2=90; t_3=60$	
3	Цех термообработки	$M_1=200; M_2=120; M_3=60$	70
		$t_1=10; t_2=120; t_3=30$	
4	Цех нестандартного оборудования	$M_1=50; M_2=40; M_3=30$	40
		$t_1=20; t_2=60; t_3=60$	
5	Токарно-автоматный цех	$M_1=300; M_2=200; M_3=100$	60
		$t_1=10; t_2=90; t_3=90$	
6	Сборочный цех	$M_1=70; M_2=50; M_3=30$	100
		$t_1=15; t_2=90; t_3=60$	
7	Штамповочный цех	$M_1=60; M_2=50; M_3=30$	55
		$t_1=5; t_2=40; t_3=90$	
8	Механический цех	$M_1=200; M_2=160; M_3=100$	95
		$t_1=10; t_2=50; t_3=120$	
9	Гальванический цех	$M_1=40; M_2=30; M_3=20$	145
		$t_1=10; t_2=60; t_3=60$	

10	Компрессорный цех	$M_1=25; M_2=20; M_3=10$	140
		$t_1=20; t_2=30; t_3=60$	

### Примечания к таблице 1

1. Во всех вариантах моменты заданы в Н·м.
2. Во всех вариантах время задано в минутах

### Пример решения задачи.

Выбрать асинхронный короткозамкнутый двигатель для привода измельчителя. Частота вращения рабочего органа машины  $\omega_M = 73,5 \text{ с}^{-1}$  ( $700 \text{ мин}^{-1}$ ).

$$n_M = 30\omega_M / \pi = 30 \cdot 73,5 / 3,14 = 700 \text{ мин}^{-1}.$$

Данные нагрузочной диаграммы (рис.2):

$M_1 = 10 \text{ мин}; M_2 = 10 \text{ мин}; t_1 = 10 \text{ мин}; t_2 = 10 \text{ мин}; t_3 = 120 \text{ мин}.$

Электрическая сеть 380/220 В, 50 Гц.

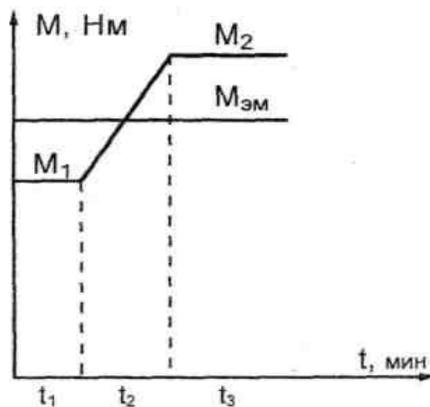


Рис. 2

Определяем режим работы электропривода. Для этого найдем максимальную мощность измельчителя.

$$P_M = M_2 \cdot \omega_M = 150 \cdot 73,5 = 11025 \text{ (Вт)}.$$

Далее из таблицы 2 видим, что для двигателей такой мощности значение постоянной нагрева равно  $T=30 \text{ мин}$ . Из графика нагрузочной диаграммы (рис. 2) видно, что время работы равно

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 = 140 \text{ (мин.)},$$

при этом  $t_p > 4T$ .

За время  $t_p = 140$  мин двигатель успеет нагреться до установившейся температуры, а в период отключения успеет охладиться до температуры окружающей среды. Такой режим работы называется продолжительным и согласно ГОСТ 183-74 обозначается S1.

Выбранный двигатель должен быть рассчитан на режим S1.

Таблица 2. Ориентировочные значения постоянной времени нагрева для электродвигателей серии АИР.

Номинальная мощность электродвигателя, кВт	Значения T, мин
До 4	15...20
5.5...11	25...30
15...37	35...40
45...90	50...60

Определяем эквивалентные мощности машины и двигателя.

$$M_{эм} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + \frac{M_1^2 + M_1 M_2 + M_2^2}{3} t_2 + M_2^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

$$= \frac{100^2 \cdot 10 + \frac{100^2 + 100 \cdot 150 + 150^2}{3} \cdot 10 + 150^2 \cdot 120}{10 + 10 + 120} = 141,8 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Эквивалентная мощность машины за рабочий период равна

$$P_{эм} = M_{эм} \omega_{э} = 141,8 \cdot 73,5 = 10422 \text{ (Вт)}.$$

Эквивалентная мощность на валу двигателя равна

$$P_{э} = P_{эм} / \eta_T,$$

где  $\eta_T$  - КПД передачи, принимаем  $\eta = 0,95$ .

Таким образом,

$$P_{э} = 10422 / 0,95 = 10970 \text{ Вт}.$$

Выбираем предварительно двигатель. Номинальная мощность двигателя должна быть равна или несколько больше эквивалентной мощности:

$$P_{\text{ном}} \geq P_{\text{э}}$$

$$P_{\text{ном}} \geq 10970 \text{ Вт}$$

По каталогу выбираем асинхронный короткозамкнутый двигатель трехфазного тока, напряжением 380/220В, типа АИР132М4, у которого:

$$P_{\text{ном}} = 11 \text{ кВт};$$

$$n_{\text{ном}} = 1460 \text{ мин}^{-1} (153,3 \text{ с}^{-1});$$

$$K_{\text{мин}} = 1,7;$$

$$K_{\text{макс}} = 3,0.$$

Проверяем пусковые и перегрузочные свойства двигателя. Допустим, что двигатель запускается при наибольшей нагрузке  $M_2 = 150 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

Определяем значение момента сопротивления машины, приведенного к валу двигателя при нагрузке  $M_2$ :

$$M_{\text{см}} = M_2 \omega_M / \omega_{\text{ном}} = 150 \cdot 73,5 / 153,3 = 71,9 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

Развиваемый момент двигателя при пуске с учетом снижения напряжения в сети равен

$$M_{\text{н(пуск)}} = 1,25M / (K_{\text{мин}} u^2),$$

где  $K_{\text{мин}}$  - кратность минимального момента двигателя по каталогу;

$u$  - напряжение на зажимах двигателя с учетом его отклонения (-7,5%) перед пуском двигателя.

$$M_{\text{н(пуск)}} = 1,25 \cdot 71,9 / (1,7 \cdot 0,925^2) = 62,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Номинальный момент двигателя

$$M_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / \omega_{\text{ном}} = 11000 / 153,3 = 71,75 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Как видно,  $M_{\text{ном}} > M_{\text{н(пуск)}}$ .

Выбранный двигатель обеспечит пуск измельчителя при полной нагрузке.

Проверим, не перегрузится ли двигатель, преодолевая пик нагрузки.

$$M_{\text{н(пер)}} = M_{\text{макс}} / (0,75 \cdot K_{\text{макс}}),$$

где  $M_{\text{макс}}$  - наибольший момент, взятый по нагрузочной диаграмме;

$K_{\text{макс}}$  - кратность максимального момента двигателя по каталогу.

$$M_{H(\text{пер})} = 150 / (0,75 \cdot 3) = 66,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Как видно,  $M_{\text{ном}} > M_{H(\text{пер})}$ , т. е. двигатель преодолет эту нагрузку.

Если при решении примеров получится, что  $M_{H(\text{пуск.})} > M_{\text{ном}}$  или  $M_{H(\text{пер})} > M_{\text{ном}}$ , то следует выбрать двигатель большей мощности.

Выбираем двигатель по конструктивному исполнению. Выбор производим согласно рекомендациям руководящих технических материалов РТМ 105/23/46/70/16-0-153-83 «Выбор двигателей в зависимости от условий окружающей среды».

Учитывая условия монтажа, выбираем двигатель с двумя подшипниковыми щитами, на лапах, с одним концом вала. Обозначение такой конструкции IM1001.

Полное обозначение двигателя АИР132М4У2, 380 В, 50 Гц, IM1001, К-3-П, число выводных концов – 6, режим работы S1, ГОСТ 19523-81.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема: Расчёт мощности и выбор двигателей для привода насоса

Наибольшее распространение в промышленном производстве получили установки с центробежными насосами, которые относятся к механизмам с продолжительным режимом работы и постоянной нагрузкой. Центробежные насосы пускаются обычно при закрытой напорной задвижке. При этом момент сопротивления на валу двигателя составляет 10...20 % номинального момента в начале пуска и 30...40 % в конце. При выборе электродвигателей для привода центробежных насосов следует согласовывать их частоты вращения. Например, центробежный насос имеет паспортную частоту вращения 2900 об/мин. Если этот насос соединить муфтой с двигателем, имеющим номинальную частоту вращения 1450 об/мин, то момент сопротивления насоса уменьшится в 4 раза, а потребляемая мощность – в 8 раз. Производительность насоса будет в два раза меньше паспортной. Если насос, рассчитанный на частоту вращения 1450 об/мин, соединить с двигателем, у которого  $n_{ном} = 2900$  об/мин, то потребляемая мощность возрастет в восемь раз и двигатель выйдет из строя. В целях экономии электроэнергии полезно модернизировать парк насосов. Если центробежные насосы старых типов имели КПД, равный 0,4...0,7, то насосы новых конструкций – 0,6...0,8. Важно также внедрять современные схемы автоматического управления электроприводами насосов. В процессе работы приходится выбирать насосные установки, исходными данными для выбора служат: расчетный напор, который должен создать насос, и среднесуточный расход воды в цеху, будем считать эти величины заданными. Зная среднесуточный расход воды, определяют максимальный часовой и секундный расходы. Часовой расход:

$$Q_{\text{макс.ч}} = K_{\text{сут}} K_{\text{ч}} Q_{\text{ср. сут}} / (T \eta_c) \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1},$$

где:  $K_{сут}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность расхода воды в течение суток (принимают равным 1,3);

$K_ч$  – коэффициент, учитывающий неравномерность расхода воды в течение часа (для промышленных цехов  $K_ч = 2,5$ );

$T$  – время потребления воды (для типового графика водопотребления  $T = 14...16$  часов);

$\eta_c = 0,9$  – коэффициент, учитывающий потери воды в системе водоснабжения.

Секундный расход:

$$Q_{\text{макс.с}} = Q_{\text{макс.ч}}/3600 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}.$$

По значениям часового расхода и расчетного напора выбирают насос, а по значениям секундного расхода и напора определяют мощность двигателя.

**Задание:** Выбрать по исходным данным автоматизированную башенную насосную установку. Определить максимальное число включений насоса, выбрать аппаратуру управления и защиты. Источник водоснабжения – артезианская скважина.

**Исходные данные** представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения практической работы

Варианты	$Q_{\text{ср.сут}}, \text{ м}^3 \cdot \text{сут}^{-1}$	$H, \text{ кПа}$
1	15	500
2	26	1250
3	40	500
4	64	680
5	25	1250
6	260	650
7	100	900
8	41	800
9	65	700
10	16,5	1900

**Пример решения задачи:**

Выбрать автоматизированную башенную насосную установку для водоснабжения, если  $Q_{\text{ср. сут.}} = 35 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $H_p = 1800 \text{ кПа}$ . Определить максимальное число включений насоса, выбрать аппаратуру управления и защиты. Источник водоснабжения – артезианская скважина.

Определяем максимальные часовой и секундный расходы воды:

$$Q_{\text{макс.ч}} = K_{\text{сут.}} \cdot K_{\text{ч.}} \cdot Q_{\text{ср. сут.}} / (T \eta_c) = 1,3 \cdot 2,5 \cdot 35 / (15 \cdot 0,9) \text{ (м}^3 \cdot \text{ч}^{-1} = 8,4 \text{ (м}^3 \cdot \text{с}^{-1})$$

$$Q_{\text{макс.с}} = Q_{\text{макс.ч}} / 3600 = 8,4 / 3600 \text{ (м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}) = 0,0023 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$$

Пользуясь таблицей 5, выбираем погружной насос типа 1ЭЦВ6-10-185, у которого  $Q_n = 1 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $H_n = 1850 \text{ кПа}$ .

Определяем расчётную мощность и выбираем электродвигатель:

$$P_p = Q_{\text{макс.ч}} \cdot H_p / (\eta_n \cdot \eta_{\text{п}}),$$

где  $\eta_{\text{п}}$  – КПД передачи, при соединении муфтой  $\eta_n \approx 1$ ;

$\eta_n$  – КПД насоса, для центробежных насосов  $\eta_n = 0,6 \dots 0,8$ ;

$$P_p = 0,0023 \cdot 1850 / (1 \cdot 0,65) = 6,55 \text{ (кВт)}.$$

По таблице 5 выбираем электродвигатель типа 9ПЭДВ-8-140:

$$P_{\text{ном}} = 8 \text{ кВт}; I_{\text{ном}} = 18,0 \text{ А}; I_{\text{пуск}} / I_{\text{ном}} = 5,5.$$

Запас мощности составит:

$$\Delta P = (P_{\text{ном}} - P_p) / P_{\text{ном}} \cdot 100\% = (8 - 6,55) / 8 \cdot 100 = 18,1\%.$$

Из таблицы 4 видим, что запас мощности для данного двигателя не должен быть менее 15 %. Это требование выполняется.

Определяем частоту включения насоса при типовом графике водопотребления:

$$Z = Q_{\text{ср. сут.}} / V_p [1 - 0,054 Q_{\text{ср. сут.}} / Q_n],$$

где:  $V_p$  – регулируемый объем водонапорной башни,  $V_p = \pi D_b^2 h / 4$ , для башен типа БР  $D_b = 3 \text{ м}$ ,  $h = 1 \text{ м}$  и  $V_p = 7,1 \text{ м}^3$ .

$Z = 35 / 7,1 [1 - 0,054 \cdot (35 / 10)] = 4 \text{ вкл/сут}$  или  $Z = 0,17 \text{ вкл/ч}$ , что не превышает допустимого  $Z_{\text{доп}} = 6 \text{ вкл/ч}$ .

Таблица 4 – Рекомендуемые значения запаса мощности

Номинальная мощность электродвигателя, кВт	До 1,5	1,5...3,5	3,5...35	Более 35
Запас мощности, %	50	20	15	10

Таблица 5 – Технические данные электронасосов

Насос			Электродвигатель				
Тип	$Q_H$	$H_H$ , кПа	Тип	$P_{ном}$ , кВт	$n_H$ , мин <sup>-1</sup>	$I_H$ , А	$I_{пуск}/I_{ном}$
1ЭЦВ6-4-130	4	1300	7ПЭДВ-2,8-140	2,8	2850	6,9	5,7
1ЭЦВ6-4-190	4	1900	9ПЭДВ-4,5-140	4,5	2850	10,7	6,1
3ЭЦВ6-6,3-60	6,3	600	ПЭДВ-2-140	2	2850	5,2	5,7
4ЭЦВ6-6,3-85	6,3	850	7ПЭДВ-2,8-140	2,8	2850	6,9	5,7
1ЭЦВ6-8-185	8	1850	9ПЭДВ-8-140	8	2850	18	5,5
1ЭЦВ6-10-110	10	1100	6ПЭДВ-5,5-140	5,5	2850	12,6	6,1
3ЭЦВ6-10-140	10	1400	9ПЭДВ-8-140	8	2850	18	5,5
3ЭЦВ6-16-140	16	1400	ПЭДВ-11-180	11	2850	24,2	5,5
2ЭЦВ8-25-150	25	1500	4ПЭДВ-16-180	16	2850	34,3	7,4
2ЭЦВ10-63-65	63	650	2ПЭДВ-22-219	22	2900	48,4	7,4
ЭЦВ10-120-60	120	600	ПЭДВ-32-219	32	2900	67,4	7,4
1ЭЦВ6-10-185	10	1850	9ПЭДВ-8-140	8	2850	18	5,5

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: Расчёт мощности и выбор двигателей для привода вентиляционной установки

Вентиляционные установки широко применяются в промышленном производстве для создания нужного микроклимата в производственных помещениях. Поэтому необходимо ознакомиться с номенклатурой вентиляционного оборудования. Для вентиляции помещений промышленность выпускает специализированное многовентиляторное оборудование «Климат». В оборудование входят: система с централизованным теплоснабжением («Климат-2», «Климат-3») и система с децентрализованной подачей тепла «Климат-М». «Климат-2» и «Климат-3» широко применяют на крупных производствах, имеющих свои котельные.

Важно уяснить преимущества многовентиляторных систем по сравнению с одновентиляторными, которые заключаются в возможности регулирования подачи воздуха в широких пределах. Это обеспечивает равномерное смешение приточного и внутреннего воздуха, активную ассимиляцию вредно действующих газов и влаговыделений, создается равномерное температурное поле в помещении. Выпускаются также установки типа ПВУ-М (приточно-вытяжные установки). В этих установках совмещаются приток воздуха в помещении и вытяжка загрязненного воздуха за счет применения специального двухконтурного вентилятора. Применение многовентиляторных установок дает значительный экономический эффект. Еще больший экономический эффект можно получить, если использовать вентиляционную установку с утилизацией теплоты 1Т-Ф-12, которая может работать как самостоятельное изделие, так и в составе оборудования «Климат».

Ознакомившись с номенклатурой вентиляционного оборудования, изучив принцип действия установок и особенности регулирования подачи вентиляторов, переходят к изучению методики выбора электропривода для приточных и вентиляционных установок. Управление современными вентиляционными установками осуществляют при помощи тиристорных регуляторов напряжения установленных: для установок ПВУ-М в шкафу Ш9202-4474УХЛ31; для установок «Климат 4М» в блоке А1 бесконтактного устройства «Климатика-1» (ТСУ-2-КЛУЗ).

Вентиляцию помещений рассчитывают по воздухообмену. Ориентировочно воздухообмен можно определить по формуле:

$$L_B = M \cdot L_H,$$

где  $M$  – суммарная масса людей, находящихся в помещении, кг;  $L_H$  – норма воздухообмена. Зная воздухообмен и подачу вентилятора (комплекта), определяют число вентиляторов (комплектов).

$$N = L_B / q_B,$$

где  $q_B$  – подача вентилятора (комплекта).

Таблица 6 – Нормы вентиляционного обмена воздуха

Вентиляционный обмен воздуха ( $\text{м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ) на 1 кг массы человека		
Зимой	В переходные периоды	Летом, не менее
0,15	0,45	0,60

Таблица 7 – Техническая характеристика комплектов вентиляционного оборудования

Типоисполнение	Тип осевого вентилятора	Количество вентиляторов в комплекте	Подача воздуха при давлении 20 Па, тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$	Установленная мощность, кВт
Климат 45М	ВО-Ф-5,6А	16	$95 \pm 6$	7
Климат 45М-01	ВО-Ф-5,6А	24	$145 \pm 10$	10
Климат 45М-02	ВО-Ф-5,6А	6	$36 \pm 2,4$	2,5
Климат 45М-03	ВО-Ф-5,6А	14	$84 \pm 5,0$	6

Климат 45М-04	ВО-Ф-5,6А	18	105 ± 7,0	7,5
Климат 47М	ВО-Ф-7,1А	14	140 ± 15	10
Климат 47М-01	ВО-Ф-7,1А	24	240 ± 15	15
Климат 47М-02	ВО-Ф-7,1А	8	80 ± 5,0	5
Климат 47М-03	ВО-Ф-7,1А	10	100 ± 7	6,25
Климат 47М-04	ВО-Ф-7,1А	12	120 ± 8	7,5
Климат 48	ВО-Ф-8,5	24	432	26,4

Таблица 8 – Техническая характеристика осевых вентиляторов ВО-Ф

Параметры	ВО-Ф-5,6А	ВО-Ф-7,1А	ВО-Ф-8,5
Диаметр рабочего колеса, мм	560	710	850
Объемная подача, м <sup>3</sup> /ч, при статическом давлении	6000 ± 500	10500 ± 1000	18750 ± 1250
Максимальный КПД вентилятора, %	67	67	–
Частота вращения рабочего колеса, об/мин	940	930	930
Тип электродвигателя	4АПА80-06У2	4АПА80-А6У2	4АПА906У2
Мощность электродвигателя, кВт	0,37	0,55	1,1
Удельная энергоемкость, кВт·ч/тыс.·м <sup>3</sup>	0,048	0,055	0,062

**Задание:** В соответствии с исходными данными выбрать центробежные вентиляторы приточной системы производственного помещения (средняя масса человека 60 кг).

**Исходные данные** представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные для выполнения практической работы

Вариант	Количество людей	Расчетное деление, Па	Период вентиляции
1	195	1000	Зима
2	185	900	Лето
3	13500	40	Переходный

4	9000	42	Зима
5	20000	42	Лето
6	15000	40	Переходный
7	30000	42	Зима
8	1600	800	Лето
9	1800	800	Переходный
9	2000	800	Зима
10	250	800	Лето

### Пример решения задачи.

Выбрать центробежные вентиляторы приточной системы производственного помещения, в котором находится 1300 человек, средняя масса человека 60 кг. Полное давление вентилятора 1250 Па, период вентиляции - переходный.

Воздухообмен в переходный период равен

$$L_v = M \cdot L_n = 1300 \cdot 53 \cdot 0,45 = 31005 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$$

Из табл. 11 выбираем номер центробежного вентилятора В-Ц4-75, исходя из условия:  $L_{н.в} \geq L_v$ ,  $N_n \geq N_p$  и выписываем его техническую характеристику. К установке принимаем вентилятор В-Ц4-75-10:  $L_{н.в} = 31,58$  тыс.  $\text{м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ;  $N_n = 1689$  Па,  $n_m = 970$   $\text{мин}^{-1}$ . По аэродинамической характеристике вентилятора уточняем значение КПД при  $N_p = 1250$  Па,  $\eta = 0,85$ .

Определяем расчетную мощность и выбираем электродвигатель:

$$P_p = L_v \cdot H / (\eta_v \cdot \eta_n),$$

где  $\eta_n$  – КПД передачи, для прямой передачи  $\eta_n = 1$ .

При подсчете мощности подачу выражают в  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ , а давление – в кПа.

$$P_p = 8,61 \cdot 1,25 / (0,85 \cdot 1) = 12,66 \text{ кВт.}$$

Из Приложения 1 выбираем двигатель АИР180М6У3:

$$P_n = 18,5 \text{ кВт; } n_n = 980 \text{ мин}^{-1}; I_{нд} = 37; k_i = 6,5.$$

Запас мощности составит:

$$\Delta P = (P_n - P_p) \cdot 100 / P_n, \%; \Delta P = (15 - 2,66) 100 / 15 = 15,6 \%$$

Из табл. 10 видим, что запас мощности для данного двигателя должен быть не менее 10 %. Это требование выполняется.

Таблица 10 – Рекомендуемые значения запаса мощности

Номинальная мощность двигателя, кВт	До 0,5	0,5...1,0	1,0...2,0	2,0...3,0	3,0 и более
Запас мощности	50	30	20	15	10

Таким образом, приточную вентиляцию помещения обеспечит один вентилятор. Однако такое решение нерационально. Лучше выбрать многовентиляторную установку типа ПВУ. Установка ПВУ4М6 обеспечит подачу 31005 м<sup>3</sup>·ч<sup>-1</sup>. Установка имеет шесть вентиляторов, подача каждого вентилятора 5500 м<sup>3</sup>·ч<sup>-1</sup>, а суммарная мощность установленных электродвигателей составляет 6,6 кВт. Кроме этого, приточный воздух может подогреваться электронагревателями.

Таблица 11 - Техническая характеристика центробежных вентиляторов

Индексы вентиляторов	Производительность, тыс. м <sup>3</sup> /ч		Давление, Па		Максимальный КПД, %	Частота вращения рабочих колес	Установленные мощности двигателя, кВт
	Номинальная	В рабочей зоне	Номинальное	В рабочей зоне			
В-Ц4-75-5	3,8	2,34–4,8	290	349-180	85	930	0,55
	5,8	3,57–7,5	676	813-415			
		2,45–3,78		495-452	83	930	0,75
	3,78	3,78–5,59	452	452-217			
В-Ц4-75-5		3,74-5,2		1154-1075		1420	2,2
В-Ц4-75-6,3	7,57	4,68-9,64	460	553-285	85	930	1,5
	11,7	7,25-14,9	1100	1327-677			
В-Ц4-75-8	11,65	10,6-17,72	655	680-393	83	700	4,0
	16,15	10,47-14		1378-1340			
		14-23,88	1258	1340-755			
В-Ц4-75-10	23,78	14,7-30,26	714	859-438	85	730	7,5

	31,58	19,53-40,21	1261	1517-774		930	15
B-Ц4-75-12,5	46,44	28,71-59,1	1116	1342-685	85	730	18,5
B-03-300-6,3A	7,3	4,8-8,8	76	93-59,9	75	930	0,37
B-06-300-8A	14	10-16	93	127-64	77	930	0,75
	21	15-26	216	294-157		1430	3,0
B-06-300-10A	28	21-35	157	206-88	77	930	2,2

Приложение 1

Технические данные асинхронных электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором серии АИР мощностью от 0,25 до 75 кВт (по данным Информэлектро)

Тип двигателя	При номинальной нагрузке					Кратность пускового тока	Кратность моментов		
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Сила тока статора, А	КПД, %	Коэффициент мощности		Пускового	Максимального	Минимального
АИР56В2У3	0,25	2730	0,70	69	0.79	5	2.2	2.2	1.8
АИР63А2У3	0,37	2730	0,91	72	0.86	5	2.2	2.2	1.8
АИР63В2У3	0,55	2730	1,31	75	0.85	5	2.2	2.2	1.8
АИР71А2У3	0,75	2820	1,75	78,5	0.83	6	2.1	2.2	1.6
АИР71В2У3	1,1	2800	2,55	79	0.83	6	2.1	2.2	1.6
АИР80А2У3	1,5	2850	3,31	81	0.85	7	2.1	2.2	1.6
АИР80В2У3	2,2	2850	4,63	83	0.87	7	2	2.2	1.6
АИР90L2У3	3,0	2850	6,13	84.5	0.88	7	2	2.2	1.6
АИР100S2У3	4,0	2850	7,94	87	0.88	7.5	2	2.2	1.6
АИР100L2У3	5,5	2850	10,7	88	0.89	7.5	2	2.2	1.6
АИР112M2У3	7,5	2900	14,8	87.5	0.88	7.5	2	2.2	1.6
АИР132M2У3	11	2910	21,0	88	0.90	7.5	1.6	2.2	1.2
АИР160S2У3	15	2910	28,5	90	0.89	7	1.8	2.7	1.7
АИР160M2У3	18,5	2910	34,5	90.5	0.90	7	2	2.7	1.8
АИР180S2У3	22	2920	41,5	90.5	0.89	7	2	2.7	1.9
АИР180M2У3	30	2920	55,5	91.5	0.90	7.5	2.2	3	1.9
АИР200M2У3	37	2940	70,6	91.5	0.87	7	1.6	2.8	1.5
АИР200L2У3	45	2940	86,5	92	0.88	7.5	1.8	2.8	1.5
АИР225M2У3	55	2940	99,3	92.5	0.91	7.5	1.8	2.6	1.5
АИР250S2У3	75	2940	136	93	0.9	7.5	1.8	3	1.6
АИР63А4У3	0,25	1320	0,83	68	0.67	5	2.1	2.2	1.8
АИР63В4У3	0,37	1360	1,18	68	0.70	5	2.1	2.2	1.8
АИР71А4У3	0,55	1360	1,69	70.5	0.70	5	2.3	2.2	1.8
АИР71В4У3	0,75	1360	2,14	73	0.73	5	2.2	2.2	1.6
АИР80А4У3	1,1	1395	2,75	75	0.81	5.5	2.2	2.2	1.6
АИР80В4У3	1,5	1395	3,52	78	0.83	5.5	2.2	2.2	1.6
АИР90L4У3	2,2	1400	5,0	81	0.83	6.5	2.1	2.2	1.6
АИР100S4У3	3,0	1410	6,7	82	0.83	7	2.0	2.2	1.6
АИР100L4У3	4,0	1410	8,5	85	0.83	7	2.0	2.2	1.6

АИР112М4У3	5,5	1430	11,4	85.5	0.86	7	2.0	2.2	1.6
АИР132S4У3	7,5	1440	15,1	87.5	0.86	7.5	1.9	2.2	1.6
АИР132М4У3	11	1450	22,0	87.5	0.87	7.5	2	2.2	1.6
АИР160S4У3	15	1455	28,5	90	0.87	7	2	2.9	1.8
АИР160М4У3	18,5	1455	34,9	90.5	0.89	7	1.9	2.9	1.8
АИР180S4У3	22	1460	42,5	90.5	0.89	7	1.7	2.4	1.5
АИР180М4У3	30	1470	56,9	92	0.87	7	1.7	2.7	1.5
АИР200М4У3	37	1470	68,3	92.5	0.89	7.5	1.7	2.7	1.6
АИР200L4У3	45	1470	83,0	92.2	0.89	7.5	1.7	2.7	1.6
АИР225М4У3	55	1470	101	93	0.89	7	1.7	2.6	1.6
АИР250S4У3	75	1480	138	94	0.89	7.5	1.7	2.5	1.4
АИР63В6У3	0,25	860	1,04	59	0.62	4	2	2.2	1.6
АИР71А6У3	0,37	915	1,31	65	0.65	4.5	2	2.2	1.6
АИР71В6У3	0,55	915	1,74	68.5	0.70	4.5	2	2.2	1.6
АИР80А6У3	0,75	920	2,26	70	0.72	4.5	2	2.2	1.6
АИР80В6У3	1,1	920	3,05	74	0.74	4.5	2	2.2	1.6
АИР90L6У3	1,5	925	4,2	76	0.72	6	2	2.2	1.6
АИР100L6У3	2,2	945	5,6	81	0.74	6	2	2.2	1.6
АИР112МА6У3	3,0	950	7,1	81	0.76	6	2	2.2	1.6
АИР112МВ6У3	4,0	950	9,2	82	0.81	6	2	2.2	1.6
АИР132S6У3	7,5	960	12,3	85	0.80	7	2	2.2	1.6
АИР160S6У3	11	970	22,9	88	0.83	6.5	2	2.7	1.6
АИР160М6У3	15	970	30,1	88	0.85	6.5	2	2.7	1.6
АИР180М6У3	18,5	980	37	89.5	0.85	6.5	1.8	2.4	1.6
АИР200М6У3	22	980	14,7	90	0.83	6.5	1.6	2.4	1.4
АИР200L6У3	30	975	59,6	90	0.85	6.5	1.6	2.4	1.4
АИР225М6У3	37	980	72,7	91	0.85	6.5	1.5	2.3	1.4
АИР250S6У3	45	980	87	92.5	0.85	6.5	1.5	2.3	1.4
АИР250М6У3	55	980	105	92.5	0.86	6.5	1.5	2.3	1.4
АИР280S6У3	75	980	137	92.5	0.90	6.5	1.3	2.2	1.0
АИР80А8У3	0,25	690	1,04	56	0.65	4	1.8	1.9	1.4
АИР80В8У3	0,37	700	1,54	60	0.61	4	1.8	1.9	1.4
АИР90LА8У3	0,55	700	2,07	64	0.63	4	1.8	1.9	1.4
АИР90LВ8У3	0,75	700	2,47	70	0.66	3.5	1.6	1.7	1.2
АИР100LВУ3	1,1	700	3,32	72	0.70	3.5	1.6	1.7	1.2
АИР112МА8У3	1,5	705	4,1	76	0.73	5.5	1.6	1.7	1.2
АИР112МВ8У3	2,2	710	6,2	76.5	0.71	6	1.8	2.2	1.4
АИР132S8У3	3,0	710	7,8	79	0.74	6	1.8	2.2	
АИР132М8У3	4,0	715	10,5	83	0.70	6	1.8	2.2	1.4
АИР160S8У3	5,5	710	13,6	83	0.74	6	1.8	2.2	1.4
АИР160М8У3	7,5	725	17,5	87	0.75	5.5	1.6	2.4	1.4
АИР180М8У3	11	725	25,5	87.5	0.75	6	1.6	2.4	1.4
АИР200М8У3	15	730	31,2	89	0.82	5.5	1.6	2.2	1.5
АИР200L8У3	18,5	730	39,0	89	0.81	6	1.6	2.3	1.4
АИР225М8У3	22	730	45,8	90	0.81	6	1.6	2.3	1.4
АИР250S8У3	30	730	62,2	90.5	0.81	6	1.4	2.3	1.3
АИР250М8У3	37	735	77,9	92.5	0.78	6	1.5	2.3	1.4

АИР200S8У3	45	735	93,6	92.5	0.79	6	1.4	2.2	
АИР280М8У3	55	725	106	92	0.86	6	1.3	2.2	1.0
АИР315S8У3	75	725	141	93	0.87	6	1.4	2.2	1.0

### *Литература*

1. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики. – М.: КноРус, 2013. -278 с. ил.
2. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии. – М.: КноРус, 2015. -724 с. ил.
3. Кудрин Б.И. Электроснабжение. – М.: Академия, 2013. -672 с. ил.
4. Кудрин Б.И. Электроснабжение. – М.: Академия, 2013. -672 с. ил.
5. Шаров Ю.В. Электроэнергетика. – М.: Инфра-М, 2016. -384 с. ил.
6. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование: Учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2015. – 376 с. ил.
7. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования. – М.: Инфра-М, 2013. – 271 с. ил.
8. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник. – М.: Инфра-М, 2016. – 416 с. ил.
9. Сибикин Ю.Д. Технология энергоснабжения: Учебник – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Форум, 2015. – 352 с. ил.
10. Сибикин Ю.Д. Электрические подстанции. – М.: РадиоСофт, 2014. – 141 с. ил.
11. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии/ под ред. В.В. Денисова. – М.: Феникс, 2015. – 382 с. ил.
12. Шабад В.К. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах. – М.: Академия, 2013. – 193 с. ил.
13. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М.: КноРус, 2016. – 240 с. ил.

14. Важов В.Ф. Техника высоких напряжений: Учебник. – М.:Инфра-М, 2016. – 264 с. ил.
15. Ушаков В.Я. Электроэнергетические системы и сети. – М.:Юрайт, 2016. – 446 с. ил.
16. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. 2-е изд. – М.:Юрайт, 2016. – 179 с. ил.
17. Бачаров Ю.Н. Техника высоких напряжений. – М.:Юрайт, 2016. – 264 с. ил.
18. Хрущев Ю.В. Электроэнергетические системы и сети. Электрические переходные процессы. – М.:Юрайт, 2016. – 153 с. ил.
19. Исмагилов Ф.Р. Основные вопросы проектирования воздушных линий электропередач: Учебное пособие. – М.:Машиностроение, 2015. – 211 с. ил.
20. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Основы электроснабжения. – СПб.:Лань, 2013. – 432 с. ил.
21. Почаевец В.С. Электрические подстанции: Учебник. – М.:Маршрут, 2012. – 492 с. ил.