Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра горных машин и электромеханических систем

Ю. В. Коновалов

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические указания по практическим занятиям

Иркутск 2021

УДК 621.31

Коновалов Ю.В. **Электроснабжение горных предприятий** [Электронный ресурс]: Методические указания по практическим занятиям / Ю.В. Коновалов. - Иркутск: изд-во ИРНИТУ, 2021 - 17 с.

Методические указания по выполнению заданий на практических занятиях

Практическое занятие № 1

Расчёт электрических нагрузок

Цель занятия: научиться производить расчет электрических нагрузок в электрохозяйстве горного предприятия.

Задание на занятие: изучить порядок расчета электрических нагрузок в электрохозяйстве горного предприятия.

Первым этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. По значению электрических нагрузок выбирают и проверяют электрооборудование системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежность работы электрооборудования.

1. Определение расчетных нагрузок цехов по установленной мощности и коэффициенту спроса

1) Расчетная нагрузка (активная и реактивная) силовых приемников цеха:

$$P_p = K_c \cdot P_н; \quad Q_p = P_p \cdot tg\varphi,$$

где $P_н$ - суммарная установленная мощность всех приемников цеха принимается по исходным данным (номинальные значения); K_c - средний коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным (таблица 1.1а) в зависимости от коэффициента использования $K_и$; коэффициент спроса группы электроприёмников (ЭП) K_c - это отношение расчетной активной мощности к номинальной мощности группы; коэффициент использования $K_и$ - это отношение средней активной мощности ЭП P_c за наиболее загруженную смену к её номинальному значению; $tg\varphi$ - соответствующий характерному для приемников данного цеха средневзвешенному значению коэффициента мощности.

Определение расчётной нагрузки по методу коэффициента спроса находит применение только для предварительных расчётов при большом числе приёмников в группах. Значение коэффициентов спроса для различных видов промышленности приведены в таблице 1.1б.

2) Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха обычно определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{ро} = P_{но} \cdot K_{со},$$

где $K_{со}$ - коэффициент спроса, для освещения, принимаемый по справочным данным (таблица 1.2); $P_{но}$ – установленная (номинальная) мощность приемников электрического освещения.

3) Установленная мощность осветительных приборов $P_{но}$ определяется по формуле:

$$P_{но} = P_{\text{удо}} \cdot F$$

где $P_{\text{удо}}$ - удельная нагрузка, Вт/м^2 площади пола цеха (таблица 1.3); F - площадь пола цеха, определяемая по генплану.

4) Для осветительной установки с газоразрядными лампами расчетная реактивная нагрузка определяется по формуле

$$Q_{ро} = P_{ро} \cdot tg\varphi,$$

где $tg\varphi$ - коэффициент мощности источников света (таблица 1.4).

5) Полная расчетная мощность силовых и осветительных приемников цеха (таблица 1.5) определяется из соотношения

$$S_{р\,ро} = \sqrt{(P_р + P_{ро})^2 + Q_р^2}\ .$$

6) Приемники напряжением выше 1000 В цеха учитываются отдельно (таблица 1.5). Расчетные активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В определяются из соотношений:

$P_р = K_с \cdot P_н$; $Q_р = P_р \cdot tg\varphi$, а полная – из выражения: $S_р = \sqrt{P_р^{\,2} + Q_р^2}$.

Суммарные расчетные активные и реактивные нагрузки потребители: 0,38/0,22 кВ и 6-10 кВ в целом по заводу определяются суммированием соответствующих нагрузок цехов.

Пример 1.1. Рассчитать нагрузку цехов завода по установленной мощности и коэффициенту спроса. Для освещения цехов используются лампы накаливания.

Решение. Расчет производим на примере инструментального цеха предприятия.

1) Расчетная активная и реактивная нагрузка силовых приемников цеха:

$$P_p = K_c \cdot P_н = 0{,}7 \cdot 700 = 490\ кВт; \quad Q_p = P_p \cdot tg\varphi = 490 \cdot 0{,}75 = 367{,}5\ кВАр.$$

2) Установленная мощность осветительных приборов:

$$P_{но} = P_{удо} \cdot F = 15 \cdot 12000 = 180000\ Вт = 180\ кВт.$$

3) Расчетная нагрузка осветительных приемников:

$$P_{ро} = P_{но} \cdot K_{со} = 180 \cdot 0{,}95 = 171\ кВт.$$

4) Полная расчетная мощность силовых и осветительных приемников цеха:

$$S_{р\,ро} = \sqrt{(P_p + P_{ро})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(490 + 171)^2 + 367.5^2} = 756.29\ êÂÀð.$$

Результаты расчётов сводятся в таблицу 1.5, которая является сокращённой от формы Ф636-92 из Указаний по расчету электрических нагрузок систем электроснабжения (РТМ 36.18.32.02-89).

Задание 1.1. Рассчитать нагрузку цехов предприятия по установленной мощности и коэффициенту спроса. Исходные данные для различных вариантов приведены в таблицах 1.10, 1.11, 1.12.

Практическое занятие № 2.
Определение центра электрических нагрузок и местоположение ГПП

Цель занятия: научиться определять центр электрических нагрузок и местоположение главной понизительной подстанции (ГПП).

Задание на занятие: изучить методы определения центра электрических нагрузок и местоположение ГПП.

Пример 2.1. Определить центр электрических нагрузок для активной нагрузки, параметры картограммы электрических нагрузок предприятия, генеральный план которого приведен на рисунке 2.1, нанести данные и результаты расчета на генплан. Электрические силовые и осветительные нагрузки цехов и их координаты приведены в таблице 2.1

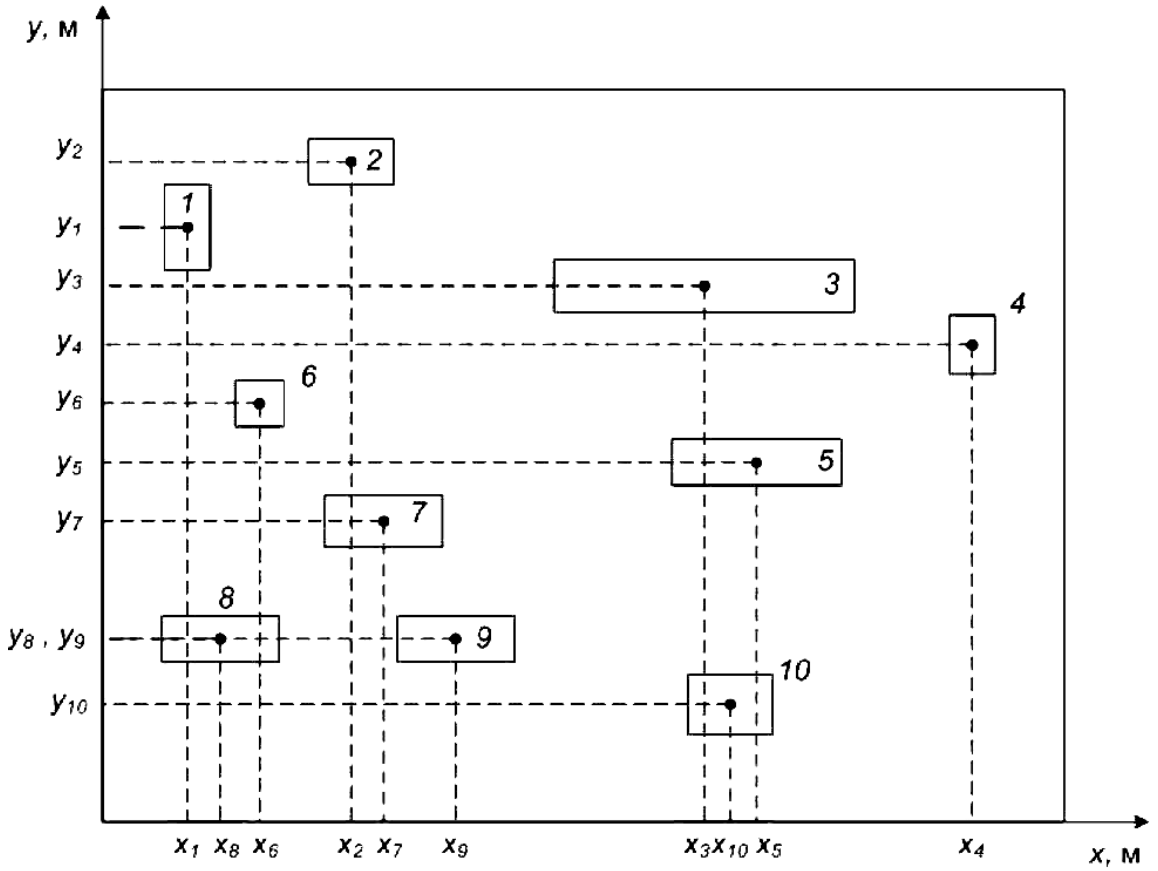

Рисунок 2.1 — Схема генплана промышленного предприятия

Таблица 2.1 — Исходные данные к примеру 2.1

Параметр	Номер цеха									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$(P_p + P_{po})$, кВт	650	320	2100	330 (10 кВ)	540	350	1100	730	450	290
P_{po}, кВт	50	40	120	45	62	21	85	110	40	110
x, м	60	175	455	620	460	110	200	80	250	435
y, м	430	470	380	340	250	300	200	125	125	80

Решение. На генплан наносим координаты центров электрических нагрузок каждого цеха (см. рисунок 2.2). Масштаб генплана m = 5 м/мм.

Определяем радиус окружностей активных нагрузок, исходя из масштаба генплана.

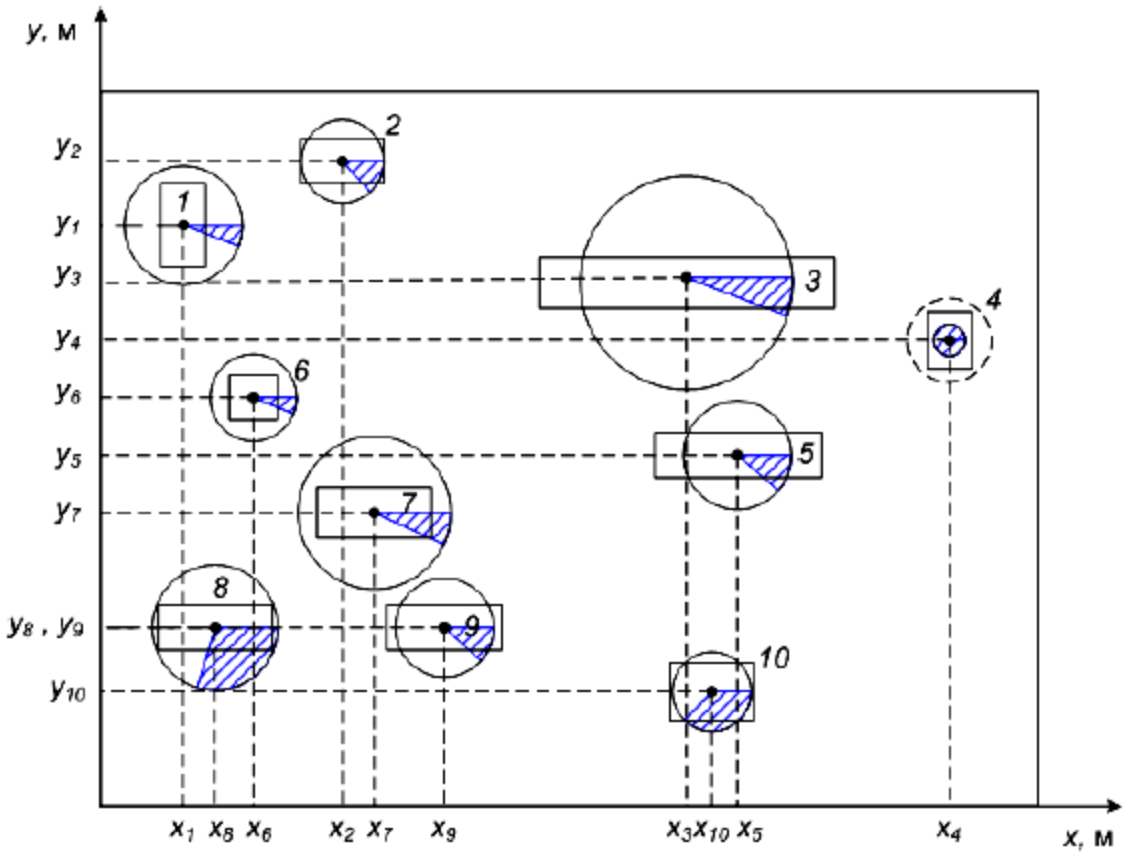

Рисунок 2.2 — Картограмма нагрузок предприятия

Если принять для наименьшей нагрузки, равной 45 кВт (цех № 4), радиус r_4 = 5 мм, то

$$m = \frac{P_p + P_{po}}{\pi \cdot r_4^2} = \frac{45}{\pi \cdot 5^2} = 0{,}573 \ \hat{e}\hat{A}\grave{o} \ / \grave{i}\grave{i} \quad .$$

Принимаем масштаб m = 0,6 кВт/мм.

Определяем радиус для наибольшей нагрузки при принятом масштабе:

$$r_3 = \sqrt{\frac{P_{p3} + P_{po3}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{2100}{\pi \cdot 0{,}6}} = 33{,}4 \ \grave{i}\grave{i} \quad .$$

Угол сектора α определяем из соотношения активных расчетных $P_p + P_{po}$ и осветительных нагрузок P_{po} цехов, например для цеха № 10.

$$\alpha_{10} = \frac{360^0 \cdot P_{po10}}{P_{p10} + P_{po10}} = \frac{360^0 \cdot 110}{290} = 137^0.$$

Результаты расчета для всех цехов сводим в таблицу 2.2.

Нагрузки в виде кругов наносим на генплан, в круге выделяем сектор осветительной нагрузки. Нагрузки 0,4 кВ наносятся сплошной линией, 10 кВ - пунктирной (см. рисунок 2.2).

Рассчитываем величины $\sum_1^n (P_{pi} + P_{poi})$; $(P_{pi} + P_{poi}) \cdot x_i$; $(P_{pi} + P_{poi}) \cdot y_i$

для каждого цеха и заносим их в таблицу 2.2.

Определяем координаты центра активных электрических нагрузок:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n (P_{pi} + P_{poi}) \cdot x_i}{\sum_1^n (P_{pi} + P_{poi})} = \frac{2086950}{6905} = 302{,}2 \ \grave{i} \ ;$$

$$y_0 = \frac{\sum_1^n (P_{pi} + P_{poi}) \cdot y_i}{\sum_1^n (P_{pi} + P_{poi})} = \frac{1986100}{6905} = 287{,}6 \ \grave{i} \ .$$

По найденным координатам на картограмме нагрузок строим точку, соответствующую ЦЭН.

Задание № 2.1. Определить центр электрических нагрузок для активной нагрузки и параметры картограммы электрических нагрузок предприятия. Электрические силовые и осветительные нагрузки цехов взять из задания № 1.1 в соответствии с номерами цехов для своего варианта. Координаты расположения цехов на генплане для различных вариантов приведены в таблице 2.4. Результаты расчётов свести в таблицу, аналогичную таблице 2.2, построить картограмму активных нагрузок предприятия, аналогичную картограмме на рисунке 2.2.

Таблица 2.2 — Определение центра электрических нагрузок активной мощности

№ цеха по генплану	$P_p + P_{po}$, кВт	P_{po}, кВт	r, мм	α, град	x, м	y, м	$(P_p + P_{po})\cdot x$	$(P_p + P_{po})\cdot y$
Потребители 0,4 кВ								
1	650	50	18,6	28	60	430	39000	279500
2	320	40	13	45	175	470	56000	150400
3	2100	120	33,4	21	455	380	955500	798000
4	45	45	5	360	620	340	27900	15300
5	540	62	17	41	460	250	248400	135000
6	350	21	13,6	22	110	300	38500	105000
7	1100	85	24	28	200	200	220000	220000
8	730	110	19,7	54	80	125	58400	91250
9	450	40	15,5	32	250	125	112500	56250
10	290	110	12,4	137	435	80	126150	23200
Потребители 10 кВ								
4	330	-	13,2	-	620	340	204600	112200
Итого	6905						2086950	1986100

Список литературы

1. Плащанский Л.А. Основы электроснабжения горных предприятий: Учебник для вузов. – 2-е изд., исправ. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. – 499 с.

2. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий : учеб. для вузов по курсу "Электроснабжение пром. предприятий" / Б. И. Кудрин. - 2-е изд . - М.: ИНТЕРМЕТ инжиниринг, 2006. - 670 с.

3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – Москва: ИКЦ "МарТ", Ростов н/Д: Издательский центр "МарТ", 2006.–272с.

4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-е изд. – М., Энергосервис, 2003. – 171с.

Содержание

Методические указания по выполнению заданий на практических занятиях……2

Практическое занятие 1. Расчёт электрических нагрузок…….……2

Практическое занятие 2. Определение центра электрических нагрузок и местоположение ГПП…….……..6

Список литературы……..……10

Приложения……...12

Таблица 1.1а — Значения коэффициента спроса $К_с$ в зависимости от коэффициента использования $К_и$

$К_и$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$К_с$	0,5	0,6	0,65-0,7	0,75-0,8	0,85-0,9	0,92-0,95

Таблица 1.1б — Значения коэффициентов спроса $К_с$ для различных видов промышленности

Вид промышленности	$К_с$
Металлообрабатывающие и машиностроительные заводы	0,15-0,30
Химические заводы	0,20-0,40
Текстильные фабрики	0,40-0,60
Деревообрабатывающие заводы	0,15-0,30
Фабрики лёгкой и пищевой промышленности	0,20-0,40

Таблица 1.2 — Коэффициент спроса для освещения $К_со$

Мелкие производственные здания и торговые помещения	1
Производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
Производственные здания, состоящие из отдельных помещений	0,85
Библиотеки, административные здания, предприятия общественного питания	0,9
Лечебные, детские и учебные учреждения, конторско-бытовые и лабораторные здания	0,8
Складские здания непроизводственного назначения	0,6
Аварийное освещение	1

Таблица 1.3 — Ориентировочные удельные плотности нагрузок на 1м^2 полезной площади производственных зданий

Цех, корпус, завод	Плотность нагрузки, Вт/м^2	
	силовой	осветительной - при лампах накаливания
Цехи:		
литейные и плавильные	230-370	12-19
термообрубные и скрапоразделочные	260-280	12-19
механические и сборочные	300-580	11-16
механосборочные	280-390	12-19
электросварочные и термические	300-600	13-15
металлоконструкций	350-390	11-13
инструментальные	330-560	15-16
деревообрабатывающие и модельные	75-140	14-17
блоки вспомогательных цехов	260-300	17-18
Инженерные корпуса	270-330	16-20
Центральные заводские лаборатории	130-290	20-27
Заводы:		
горно-шахтного оборудования	400-420	10-13
бурового оборудования и гидрооборудования	260-330	14-15
краностроения	330-350	10-11
нефтеаппаратуры	220-270	17-18

Таблица 1.4 — Коэффициент мощности осветительной нагрузки и потери в пускорегулирующих аппаратах (ПРА)

Источники света и характеристика ПРА	Коэффициент мощности	Потери в ПРА*, %
Люминесцентные лампы с дросселями без конденсаторов для повышения коэффициента мощности	0,5	20/30**
Лампы типа ДРЛ с ПРА без конденсаторов	0,57	10
Люминесцентные лампы с ПРА по двухламповой схеме с конденсаторами для повышения коэффициента мощности	0,9	20/30**

* Потери мощности в ПРА (в процентах к установленной мощности ламп). Учитываются при определении расчетной нагрузки

** В числителе - потери мощности в ПРА для люминесцентных ламп со стартерной схемой, в знаменателе - для ламп, включенных по бесстартерной схеме.

Таблица 1.5 — Определение расчетных нагрузок цехов завода по установленной мощности и коэффициенту спроса

№ п/п	Наименование потребителя	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузка		
		$P_н$, кВт	K_c	$\frac{cos\ \varphi}{tg\ \varphi}$	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВАр	F, м^2	$P_{удо}$, кВт/м^2	$P_{но}$, кВт	$K_{со}$	$P_{ро}$, кВт	$P_р + P_{ро}$, кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВ·А
Потребители энергии 0,38 кВ														
1	Инструментальный цех	700	0,7	$\frac{0,8}{0,75}$	490	367,5	12000	0,015	180	0,95	171	661	367,5	756,29
2	Термический цех	900	0,6	$\frac{0,8}{0,75}$	540	404	12000	0,013	156	0,95	148	688	404	795
3	Литейный цех	2800	0,6	$\frac{0,8}{0,75}$	1680	1260	7000	0,012	84	0,95	80	1760	1260	2140
4	Насосная	400	0,7	$\frac{0,8}{0,75}$	280	210	900	0,012	10,8	0,85	9,2	289,2	210	357
5	Компрессорная	300	0,5	$\frac{0,7}{1,02}$	150	156	2700	0,012	32,4	0,85	27,5	177,5	156	238
6	Электроцех	500	0,5	$\frac{0,8}{0,75}$	250	187	2000	0,012	24	0,85	20,4	270,4	187	328
7	Склад готовой продукции	135	0,3	$\frac{0,61}{1,3}$	40,5	58,5	12000	0,005	60	0,6	36	76,5	58,8	96,2
8	Сборочный цех	1700	0,7	$\frac{0,8}{0,75}$	1190	890	32000	0,012	384	0,95	364,8	1554,8	890	1780
9	Заводоуправление	90	0,8	$\frac{0,8}{0,75}$	72	54	4500	0,019	85,5	0,8	68,4	140,4	54	151
Итого по 0,38 кВ		**7525**			**4692,5**	**3586,5**			**1016,7**		**925,3**	**5617,8**	**3586,5**	**6665**
Потребители энергии 10 кВ														
1	Насосная (СД)	1460	0,7		1020							1020		1020
2	Компрессорная (СД)	1480	0,5		740							740		740
Итого по 10 кВ		**2940**			**1760**							**1760**		**1760**

Таблица 1.5 является сокращённой от формы Ф636-92 из Указаний по расчету электрических нагрузок систем электроснабжения (РТМ 36.18.32.02-89).

Таблица 1.10 — Сведения об электрических нагрузках текстильного комбината

№ п/п	Наименование цеха	K_c	$cos\varphi$	F, м^2	Установленная мощность, $P_н$, кВт									
					Номер варианта задания									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Прядильный	0,6	0,7	8000	640	500	710	900	400	550	730	650	490	520
2	Ткацкий	0,6	0,7	12000	530	400	690	520	450	610	570	520	480	600
3	Красильный	0,5	0,7	6000	800	700	600	590	750	630	680	820	850	750
4	Швейная фабрика	0,5	0,7	1000	630	700	1200	1000	1100	800	750	600	1200	700
5	Механический	0,6	0,7	300	350	720	680	660	420	570	480	650	500	700
6	Инструментальный	0,6	0,7	350	950	350	850	930	710	600	690	580	830	450
7	Столярный	0,4	0,7	200	400	300	320	200	500	550	530	430	380	280
8	Заводоуправление	0,6	0,7	290	100	95	80	150	110	87	93	120	117	85
9	Склад готовых изделий	0,3	0,6	300	50	20	60	70	55	47	45	30	43	62
10	Насосная 10 кВ (СД)	0,7	0,9	100	1000	1050	1100	950	920	1000	1020	980	940	1070

Таблица 1.11 — Сведения об электрических нагрузках механического завода

№ п/п	Наименование цеха	K_c	$cos\varphi$	F, м^2	Установленная мощность, $P_н$, кВт									
					Номер варианта задания									
					11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Механический	0,6	0,7	10000	900	450	490	740	560	600	590	880	700	490
2	Термический	0,6	0,7	6000	200	800	600	500	820	360	190	280	560	700
3	Заготовочный	0,3	0,7	4000	250	400	350	280	300	200	210	330	220	280
4	Инструментальный	0,6	0,7	2500	490	700	600	900	500	580	750	700	900	520
5	Кузнечный	0,6	0,7	1000	480	620	800	750	630	920	900	850	780	950
6	Электроцех	0,5	0,7	500	360	400	250	280	200	390	300	200	270	370
7	Экспериментальный	0,3	0,7	400	370	270	200	300	390	200	280	250	400	360
8	Насосная 10 кВ (АД)	0,7	0,7	150	600	900	290	800	380	700	590	290	660	900
9	Лаборатория	0,3	0,6	90	150	200	230	250	180	160	170	210	280	320
10	Ремонто-механический	0,3	0,6	120	500	400	840	600	820	790	790	970	590	580

Таблица 1.12 — Сведения об электрических нагрузках автозавода

№ п/п	Наименование цеха	K_c	$cos\varphi$	F, м^2	Установленная мощность, $P_н$, кВт									
					Номер варианта задания									
					21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Главный конвейер	0,6	0,7	12000	900	890	800	390	700	650	690	700	950	850
2	Моторный	0,6	0,7	8000	400	500	700	590	390	420	720	690	990	350
3	Кузовной	0,6	0,7	7500	700	900	600	390	490	250	280	680	590	800
4	Инструментальный	0,7	0,7	1000	700	600	480	500	400	800	300	200	450	520
5	Ремонто-механический	0,5	0,7	500	400	300	250	300	500	450	370	430	290	350
6	Литейный	0,6	0,7	1500	800	850	790	580	620	680	480	900	700	820
7	Кузнечный	0,6	0,7	2000	950	700	800	1300	1250	1100	1050	870	900	830
8	Заводоуправление	0,6	0,7	200	120	110	120	140	130	125	137	145	135	115
9	Компрессорная 10 кВ (СД)	0,5	0,9	250	100	97	112	125	85	118	90	80	80	85
10	Столовая	0,6	0,6	150	500	530	470	450	510	400	480	510	520	500

Таблица 2.4 — Варианты исходных данных к заданию 2.1

№ вар	Цех 1		Цех 2		Цех 3		Цех 4		Цех 5		Цех 6		Цех 7		Цех 8		Цех 9		Цех 10	
	x, м	y, м	x, м	y, м	x, м	y, м	x, м	y, м	x, м	y, м	x, м	y, м	x, м	y, м	x, м	y, м	x, м	y, м	x, м	y, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	435	80	250	125	200	200	110	300	460	250	320	340	455	360	175	470	60	130	80	125
2	175	470	455	380	620	340	460	250	110	300	200	200	80	125	250	125	435	80	60	130
3	455	350	620	340	460	250	110	300	200	210	80	125	250	125	435	80	60	130	175	470
4	620	340	460	250	110	300	200	200	80	125	250	125	435	80	60	130	172	470	455	380
5	460	250	110	300	210	200	80	125	250	125	435	80	60	130	175	470	455	380	620	340
6	110	300	200	200	80	125	250	125	435	80	60	130	175	470	455	380	620	340	460	250
7	200	200	80	125	250	125	435	80	60	130	175	470	455	360	620	340	460	250	110	300
8	60	125	250	125	435	80	60	130	175	470	455	380	620	340	460	250	110	300	200	200
9	250	125	435	80	60	130	175	470	455	380	620	340	460	250	110	300	200	200	80	125
10	320	340	455	360	175	470	60	130	80	125	455	350	620	340	460	250	110	300	200	210

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
11	60	130	175	470	455	380	620	340	460	110	300	200	210	80	125	250	125	435	80	60
12	300	210	200	80	125	250	125	435	80	60	130	175	470	175	470	455	380	620	340	175
13	435	80	60	130	175	470	455	435	460	250	110	300	200	200	80	460	340	455	360	175
14	200	200	80	125	250	125	435	80	60	130	455	350	620	340	460	250	110	300	200	455
15	80	125	250	125	435	80	60	130	175	470	620	340	460	250	110	300	200	200	80	620
16	80	125	250	125	435	80	60	130	175	200	200	80	125	250	125	435	80	60	130	200
17	250	125	435	80	60	130	172	470	455	60	125	250	125	435	80	60	130	175	470	60
18	435	80	60	130	175	470	455	380	620	250	125	435	80	60	130	175	470	455	380	250
19	250	110	300	200	200	80	460	340	455	435	80	60	130	175	470	455	435	460	435	80
20	130	455	350	620	340	460	250	110	300	200	200	80	125	250	125	435	80	60	200	200
21	470	620	340	460	250	110	300	200	200	80	125	250	125	435	80	60	130	175	80	125
22	435	80	250	125	200	200	110	300	460	80	125	250	125	435	80	60	130	175	470	80
23	175	470	455	380	620	340	460	250	110	250	125	435	80	60	130	172	470	455	380	250
24	455	350	620	340	460	250	110	300	200	435	80	60	130	175	470	455	380	620	340	435
25	435	80	60	130	175	470	455	435	460	250	110	300	200	200	80	460	340	455	360	175
26	200	200	80	125	250	125	435	80	60	130	455	350	620	340	460	250	110	300	200	455
27	80	125	250	125	435	80	60	130	175	470	620	340	460	250	110	300	200	200	80	620
28	250	125	435	80	60	130	172	470	455	200	200	80	125	250	125	435	80	60	130	200
29	435	80	60	130	175	470	455	380	620	60	125	250	125	435	80	60	130	175	470	60
30	60	130	175	470	455	380	620	340	460	250	125	435	80	60	130	175	470	455	380	250