

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А. Технические параметры оборудования

Таблица А.1. – Расчетные данные ВЛ 35 – 330 кВ со сталеалюминиевыми проводами (на 1 км)

Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup>	Количество проводов в фазе	$r_0$ , Ом при +20 °С	35 кВ		110 кВ		220 кВ		330 кВ	
			$x_0$ , Ом	$b_0$ , мкСм	$x_0$ , Ом	$b_0$ , мкСм	$x_0$ , Ом	$b_0$ , мкСм	$x_0$ , Ом	$b_0$ , мкСм
70/11	1	0,429	0,432	2,625	0,444	2,547				
95/16	1	0,306	0,421	2,694	0,434	2,611				
120/19	1	0,249	0,414	2,744	0,427	2,651				
150/24	1	0,198	0,406	2,796	0,420	2,699				
185/29	1	0,162	0,400	2,839	0,414	2,739				
240/32	1	0,121	0,392	2,904	0,405	2,800	0,435	2,600	–	–
240/39	2	0,062					–	–	0,331	3,380
300/39	1	0,097	0,385	2,956	0,399	2,848	0,429	2,640		
300/39	2	0,049					–	–	0,328	3,410
400/51	1	0,075					0,420	2,700	–	–
400/51	2	0,037					–	–	0,323	3,460
500/64	1	0,060					0,413	2,740	–	–
500/64	2	0,030					–	–	0,320	3,500

Таблица А.2. – Трансформаторы трёхфазные двухобмоточные напряжением 35 кВ

Тип	Номинальная мощность, МВ·А	Пределы регулирования, %	Каталожные данные						Расчетные данные		
			$U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ		$u_k$ , %	$\Delta P_k$ , кВт	$\Delta P_x$ , кВт	$I_x$ , %	$R_T$ , Ом	$X_T$ , Ом	$\Delta Q_x$ , квар
			ВН	НН							
ТМН-1000/35	1	$\pm 6 \times 1,5$	35	0,4...10,5	6,5	12,2	2,75	1,5	14,9	79,6	15
ТМН-1600/35	1,6	$\pm 6 \times 1,5$	35	0,4...11,0	6,5	16,5	3,65	1,4	7,9	49,8	22,4
ТМН-2500/35	2,5	$\pm 6 \times 1,5$	35	0,69...11,0	6,5	26,0	5,10	1,1	5,1	31,9	27,5
ТМН-4000/35	4,0	$\pm 6 \times 1,5$	35	6,3; 11,0	7,5	33,5	6,70	1,0	2,6	23,0	40
ТМН-6300/35	6,3	$\pm 6 \times 1,5$	35	6,3; 11,0	7,5	46,5	9,25	0,9	1,4	14,6	57
ТМН-10000/35	10,0	$\pm 9 \times 1,3$	36,75	6,3-10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,88	10,1	80
ТДНС-10000/35	10,0	$\pm 8 \times 1,5$	36,75	3,15...10,5	8,0	60,0	12,5	0,8	0,8	10,8	60
ТДНС-16000/35	16,0	$\pm 8 \times 1,5$	36,75	6,3; 10,5	10,0	85,0	18,0	0,6	0,5	8,4	88
ТРДНС-25000/35	25,0	$\pm 8 \times 1,5$	36,75	6,3; 10,5	9,5	115	25,0	0,5	0,3	5,1	125
ТРДНС-32000/15	32,0	$\pm 8 \times 1,5$	36,75	6,3...10,5	11,5	145	30	0,45	0,2	4,9	144
ТРДНС-40000/35	40,0	$\pm 8 \times 1,5$	36,75	6,3...10,5	11,5	170	36	0,4	0,1	3,9	160
ТРДНС-63000/35	63,0	$\pm 8 \times 1,5$	36,75	6,3...10,5	11,5	250	50	0,35	0,1	2,5	220

**Примечания.** 1. Трансформаторы с переключением без возбуждения имеют ПБВ на стороне ВН.

2. Трансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой имеют РПН на стороне ВН.

Таблица А.3. – Трансформаторы трёхфазные двухобмоточные напряжением 110 кВ

Тип	Номиналь ная мощность, МВ·А	Пределы регулирования, %	Каталожные данные						Расчетные данные		
			$U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ		$u_k$ , %	$\Delta P_k$ , кВт	$\Delta P_x$ , кВт	$I_x$ , %	$R_T$ , Ом	$X_T$ , Ом	$\Delta Q_x$ , квар
			ВН	НН							
ТМН-2500/110	2,5	+10×1,5 %, –8×1,5 %	110	6,6; 11,0	10,5	22	5,5	1,5	42,6	508,2	38
ТМН-6300/110	6,3	±9×1,78 %	115	6,6; 11,0	10,5	48	10,0	1,0	16,0	220,4	50
ТДН-10000/110	10	±9×1,78 %	115	6,6; 11,0	10,5	60	14,0	0,7	7,9	138,9	70
ТДН-16000/110	16	±9×1,78 %	115	6,6; 11,0	10,5	86	21,0	0,85	4,4	86,8	112
ТРДН-25000/110	25	±9×1,78 %	115	6,3; 10,5	10,5	120	25,0	0,75	2,5	55,6	175
ТРДН-32000/110	32	±9×1,78 %	115	6,3; 10,5	10,5	145	32,0	0,75	1,9	43,4	240
ТРДН-40000/110	40	±9×1,78 %	115	6,3; 10,5	10,5	160	42,0	0,70	1,3	34,7	260
ТРДЦН-63000/110	63	±9×1,78 %	115	6,3; 10,5	10,5	245	59,0	0,65	0,8	22,0	410
ТРДЦН-80000/110	80	±9×1,78 %	115	6,3; 10,5	10,5	310	70,0	0,60	0,6	17,4	480
ТРДЦН-125000/110	125	±9×1,78 %	115	10,5	10,5	400	100	0,55	0,3	11,1	688

**Примечания:** 1. Трансформаторы ТМН-2500 и 6300 имеют РПН на стороне НН, у остальных трансформаторов РПН включено в нейтраль ВН.  
2. Трансформаторы с переключением без возбуждения имеют ПБВ на стороне ВН.

Таблица А.4. – Трансформаторы трёхфазные трёхобмоточные напряжением 110 кВ

Тип	Номиналь- ная мощ- ность, МВ·А	$U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ			Пределы регу- лирования на стороне ВН (СН)	$U_{\text{к}}$ , %			$\Delta P_{\text{к}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{х}}$ , кВт	$I_{\text{х}}$ , %
		ВН	СН	НН		В-С	В-Н	С-Н			
ТМТН-6300/110	6,3	115	38,5	6,6; 11	$\pm 9 \times 1,78\%$	10,5	17	6	58	14	1,2
ТДТН-10000/110	10	115	38,5	6,6; 11	$\pm 9 \times 1,78\%$	10,5	17	6	76	17	1,1
ТДТН-16000/110	16	115	38,5	6,6; 11	$\pm 9 \times 1,78\%$	10,5	17	6	100	23	1,0
ТДТН-25000/110	25	115	38,5	6,6; 11	$+9 \times 1,78\%$	10,5	17	6,5	140	31	0,7
ТДТН-40000/110	40	115	38,5	6,6; 11	$\pm 9 \times 1,78\%$	10,5	17	6	200	43	0,6
ТДТН-63000/110	63	115	38,5	6,6; 11	$\pm 9 \times 1,78\%$	10,5	17	6,5	290	56	0,7
ТДЦТН-80000/110	80	115	38,5	6,6; 11	$\pm 9 \times 1,78\%$	11	18,5	7	390	82	0,6

Таблица А.5. – Трансформаторы и автотрансформаторы трёхфазные напряжением 220 кВ

Тип	Номинальная мощность, МВ·А	$U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ			Пределы регулирования на стороне ВН (СН)	$U_{\text{к}}$ , %			$\Delta P_{\text{к}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{х}}$ , кВт	$I_{\text{х}}$ , %
		ВН	СН	НН		В-С	В-Н	С-Н			
ТРДН-40000/220	40	230		11/11	$\pm 8 \times 1,5\%$		12		170	50	0,9
ТРДЦН-63000/220	63	230	-	11/11	$\pm 8 \times 1,5\%$	-	12	-	300	82	0,8
ТРДЦН-100000/220	100	230	-	11/11	$\pm 8 \times 1,5\%$	-	12	-	360	115	0,7
ТРДЦН-160000/220	160	230	-	11/11	$\pm 8 \times 1,5\%$	-	12	-	525	167	0,6
ТДТН-25000/220	25	230	38,5	11	$\pm 12 \times 1\%$	12,5	20	6,5	135	50	1,2
ТДТН -40000/220	40	230	38,5	11	$\pm 12 \times 1\%$	12,5	22	9,5	220	55	1,1
АТДЦТН-63000/220/110	63	230	121	11	$\pm 6 \times 2\%$	11	35,7	21,9	215	45	0,5
АТДЦТН-125000/220/110	125	230	121	11	$\pm 6 \times 2\%$	11	31	19	290	85	0,5
АТДЦТН-200000/220/110	200	230	121	11	$\pm 6 \times 2\%$	11	32	20	430	125	0,5
АТДЦТН-250000/220/110	250	230	121	10,5	$\pm 6 \times 2\%$	11,5	33,4	20,8	520	145	0,5

**Примечания:** 1. Для автотрансформаторов соотношение мощностей обмоток ВН/СН/НН составляет 100/100/50%.

2. Регулирование напряжения для трансформаторов в нейтрали ВН, для АТ на стороне СН

Таблица А.6. – Трансформаторы и автотрансформаторы трёхфазные напряжением 330 кВ

Тип	Номи- нальная мощность, МВ·А	$U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ			Пределы регу- лирования на стороне ВН (СН)	$U_{\text{к}}$ , %			$\Delta P_{\text{к}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{х}}$ , кВт	$I_{\text{х}}$ , %
		ВН	СН	НН		В-С	В-Н	С-Н			
ТРДНС-40000/330	40	330		10,5/10,5	$\pm 8 \times 1,5\%$		11		180	80	1,4
ТРДЦН-63000/330	63	330	-	10,5/10,5	$\pm 8 \times 1,5\%$	-	11	-	265	120	0,7
АТДЦТН-125000/330/110	125	330	115	10,5	$\pm 6 \times 2\%$	10	35	24,9	370	115	0,5
АТДЦТН-200000/330/110	200	330	115	10,5	$\pm 6 \times 2\%$	10	34	22,5	600	180	0,5

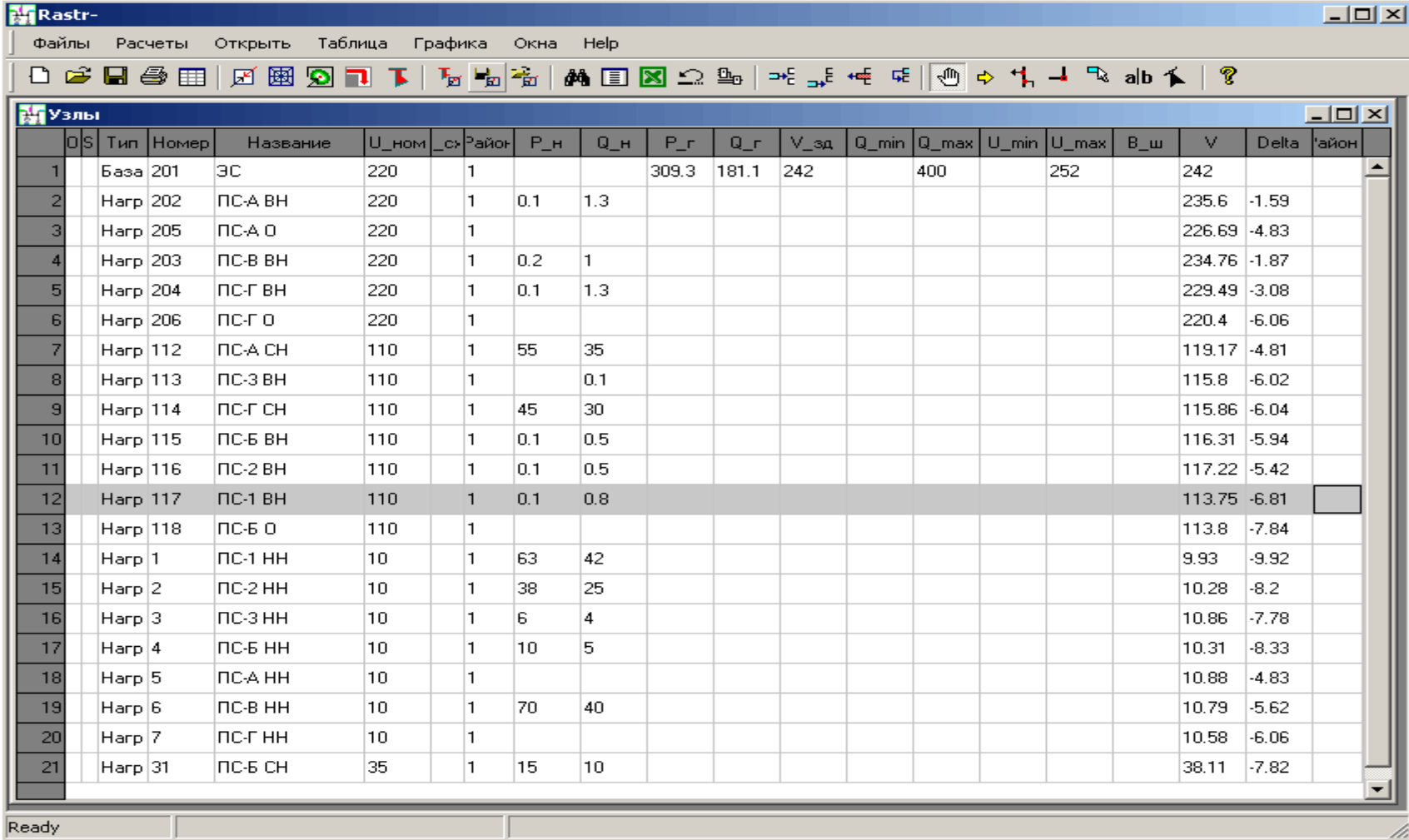
**Примечания:** 1. Для автотрансформаторов соотношение мощностей обмоток ВН/СН/НН составляет 100/100/50%; для АТ 200 МВ·А мощность обмотки НН 40 %.

2. Регулирование напряжения для трансформаторов в нейтрали ВН, для АТ на стороне СН

## Приложение Б. Расчёты режимов электрической сети программой RastrWin

### Б.1. Примеры расчётов

Максимальный режим, вариант Р-3



№	DS	Тип	Номер	Название	U_ном	с_к	Район	P_n	Q_n	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	U_min	U_max	B_ш	V	Delta	Район
1		База	201	ЭС	220		1			309.3	181.1	242		400		252		242		
2		Нарп	202	ПС-А ВН	220		1	0.1	1.3									235.6	-1.59	
3		Нарп	205	ПС-А О	220		1											226.69	-4.83	
4		Нарп	203	ПС-В ВН	220		1	0.2	1									234.76	-1.87	
5		Нарп	204	ПС-Г ВН	220		1	0.1	1.3									229.49	-3.08	
6		Нарп	206	ПС-Г О	220		1											220.4	-6.06	
7		Нарп	112	ПС-А СН	110		1	55	35									119.17	-4.81	
8		Нарп	113	ПС-З ВН	110		1		0.1									115.8	-6.02	
9		Нарп	114	ПС-Г СН	110		1	45	30									115.86	-6.04	
10		Нарп	115	ПС-Б ВН	110		1	0.1	0.5									116.31	-5.94	
11		Нарп	116	ПС-2 ВН	110		1	0.1	0.5									117.22	-5.42	
12		Нарп	117	ПС-1 ВН	110		1	0.1	0.8									113.75	-6.81	
13		Нарп	118	ПС-Б О	110		1											113.8	-7.84	
14		Нарп	1	ПС-1 НН	10		1	63	42									9.93	-9.92	
15		Нарп	2	ПС-2 НН	10		1	38	25									10.28	-8.2	
16		Нарп	3	ПС-3 НН	10		1	6	4									10.86	-7.78	
17		Нарп	4	ПС-Б НН	10		1	10	5									10.31	-8.33	
18		Нарп	5	ПС-А НН	10		1											10.88	-4.83	
19		Нарп	6	ПС-В НН	10		1	70	40									10.79	-5.62	
20		Нарп	7	ПС-Г НН	10		1											10.58	-6.06	
21		Нарп	31	ПС-Б СН	35		1	15	10									38.11	-7.82	

Рисунок Б.1

Rastr-

Файлы Расчеты Открыть Таблица Графика Окна Help

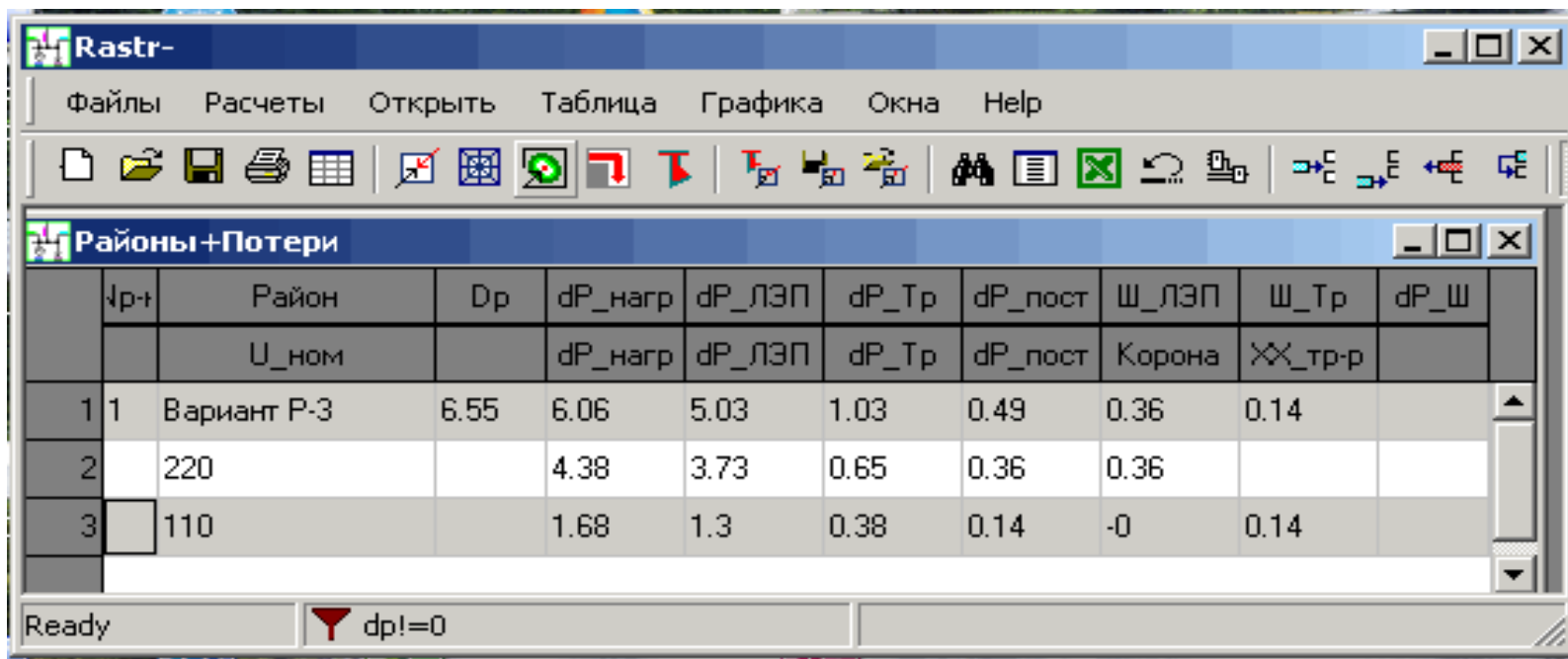
Ветви

	0	S	Тип	N_нач	N_кон	N_г	групп	Название	R	X	G	B	Кт/г	P_нач	Q_нач	I_нач	Na
1			ЛЭП	201	202			ЭС - ПС-А ВН	3.1	13.5	5.6	-333		-137	-75	372	1
2			ЛЭП	201	203			ЭС - ПС-В ВН	2.2	12.2	0.2	-313		-173	-106	483	1
3			ЛЭП	202	203			ПС-А ВН - ПС-В ВН	7.4	32.2	0.3	-198		-9	2	23	1
4			ЛЭП	203	204			ПС-В ВН - ПС-Г ВН	2.1	12	0.2	-308		-110	-76	329	1
5			ЛЭП	112	115			ПС-А СН - ПС-Б ВН	4.4	11.2		-300		-32	-16	172	1
6			Тр-р	202	205			ПС-А ВН - ПС-А О	0.25	24.3			1	-125	-89	376	1
7			Тр-р	205	112			ПС-А О - ПС-А СН	0.25				0.526	-125	-78	376	1
8			Тр-р	205	5			ПС-А О - ПС-А НН	0.5	41.25			0.048	0	-0	0	1
9			Тр-р	203	6			ПС-В ВН - ПС-В НН	1.95	50.35			0.048	-70	-46	207	1
10			Тр-р	204	206			ПС-Г ВН - ПС-Г О	0.25	24.3			1	-109	-88	352	1
11			Тр-р	206	7			ПС-Г О - ПС-Г НН	0.5	41.25			0.048	0	-0	0	1
12			Тр-р	206	114			ПС-Г О - ПС-Г СН	0.25				0.526	-109	-79	352	1
13			Тр-р	115	118			ПС-Б ВН - ПС-Б О	0.4	17.75			1	-25	-16	148	1
14			Тр-р	118	31			ПС-Б О - ПС-Б СН	0.4				0.335	-15	-10	92	1
15			Тр-р	118	4			ПС-Б О - ПС-Б НН	0.4	11.15			0.091	-10	-5	57	1
16			ЛЭП	112	116			ПС-А СН - ПС-2 ВН	2.1	5.37		-142		-39	-27	229	1
17			ЛЭП	114	117			ПС-Г СН - ПС-1 ВН	1.08	3.6		-100		-64	-49	400	1
18			ЛЭП	115	113			ПС-Б ВН - ПС-3 ВН	6.27	6.49		-149		-6	-2	32	1
19			Тр-р	117	1			ПС-1 ВН - ПС-1 НН	0.44	11	4.7		0.091	-63	-47	401	1
20			Тр-р	116	2			ПС-2 ВН - ПС-2 НН	0.7	17.35	5.4		0.091	-38	-28	233	1
21			Тр-р	113	3			ПС-3 ВН - ПС-3 НН	3.98	69.5			0.096	-6	-4	37	1

Ready

Рисунок Б.2





The screenshot shows the Rastr- software interface. The main window is titled 'Районы+Потери'. It contains a table with 11 columns and 4 rows of data. The columns are labeled: 'Р-т', 'Район', 'Dp', 'dP\_нагр', 'dP\_ЛЭП', 'dP\_Тр', 'dP\_пост', 'Ш\_ЛЭП', 'Ш\_Тр', 'dP\_Ш', and 'Корона'. The rows represent different variants of a system. The status bar at the bottom shows 'Ready' and a warning icon with the text 'dp!=0'.

	Р-т	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	1	Вариант Р-3	6.55	6.06	5.03	1.03	0.49	0.36	0.14	
2		220		4.38	3.73	0.65	0.36	0.36		
3		110		1.68	1.3	0.38	0.14	-0	0.14	

Рисунок .Б.3

## Максимальный режим, вариант 3-2

Rastr-

Файлы Расчеты Открыть Таблица Графика Окна Help

Узлы

	OS	Тип	Номер	Название	U_ном	_сх	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	U_min	U_max	B_ш	V	Delta	'айон
1		База	201	ЭС	220		1			310	185	242		400		252		242		
2		Нарп	202	ПС-А ВН	220		1	0.1	1.3									235.15	-1.64	
3		Нарп	205	ПС-А О	220		1											225.23	-5.13	
4		Нарп	203	ПС-В ВН	220		1	0.2	1									234.95	-1.82	
5		Нарп	204	ПС-Г ВН	220		1	0.1	1.3									230.06	-2.95	
6		Нарп	206	ПС-Г О	220		1											221.56	-5.69	
7		Нарп	112	ПС-А СН	110		1	55	35									118.39	-5.11	
8		Нарп	113	ПС-3 ВН	110		1		0.1									114.99	-6.33	
9		Нарп	114	ПС-Г СН	110		1	45	30									116.48	-5.67	
10		Нарп	115	ПС-Б ВН	110		1	0.1	0.5									115.51	-6.25	
11		Нарп	116	ПС-2 ВН	110		1	0.1	0.5									113.99	-6.74	
12		Нарп	117	ПС-1 ВН	110		1	0.1	0.8									112.73	-7.02	
13		Нарп	118	ПС-Б О	110		1											112.98	-8.18	
14		Нарп	1	ПС-1 НН	10		1	63	42									9.83	-10.2	
15		Нарп	2	ПС-2 НН	10		1	38	25									9.98	-9.68	
16		Нарп	3	ПС-3 НН	10		1	6	4									10.78	-8.11	
17		Нарп	4	ПС-Б НН	10		1	10	5									10.23	-8.67	
18		Нарп	5	ПС-А НН	10		1											10.81	-5.13	
19		Нарп	6	ПС-В НН	10		1	70	40									10.79	-5.56	
20		Нарп	7	ПС-Г НН	10		1											10.64	-5.69	
21		Нарп	31	ПС-Б СН	35		1	15	10									37.83	-8.16	

Ready

Рисунок Б.4

Rastr-

Файлы Расчеты Открыть Таблица Графика Окна Help

Ветви

	O	S	Тип	N_нач	N_кон	N_г	г_руг	Название	R	X	G	B	Kт/г	P_нач	Q_нач	I_нач	Na
1			ЛЭП	201	202			ЭС - ПС-А ВН	3.1	13.5	5.6	-333		-142	-82	391	1
2			ЛЭП	201	203			ЭС - ПС-В ВН	2.2	12.2	0.2	-313		-168	-103	471	1
3			ЛЭП	202	203			ПС-А ВН - ПС-В ВН	7.4	32.2	0.3	-198		-6	5	19	1
4			ЛЭП	203	204			ПС-В ВН - ПС-Г ВН	2.1	12	0.2	-308		-102	-70	304	1
5			ЛЭП	112	115			ПС-А СН - ПС-Б ВН	4.4	11.2		-300		-32	-16	173	1
6			Тр-р	202	205			ПС-А ВН - ПС-А О	0.25	24.3			1	-134	-99	409	1
7			Тр-р	205	112			ПС-А О - ПС-А СН	0.25				0.526	-134	-87	409	1
8			Тр-р	205	5			ПС-А О - ПС-А НН	0.5	41.25			0.048	0	-0	0	1
9			Тр-р	203	6			ПС-В ВН - ПС-В НН	1.95	50.35			0.048	-70	-46	207	1
10			Тр-р	204	206			ПС-Г ВН - ПС-Г О	0.25	24.3			1	-101	-82	327	1
11			Тр-р	206	7			ПС-Г О - ПС-Г НН	0.5	41.25			0.048	0	-0	0	1
12			Тр-р	206	114			ПС-Г О - ПС-Г СН	0.25				0.526	-101	-74	327	1
13			Тр-р	115	118			ПС-Б ВН - ПС-Б О	0.4	17.75			1	-25	-16	149	1
14			Тр-р	118	31			ПС-Б О - ПС-Б СН	0.4				0.335	-15	-10	92	1
15			Тр-р	118	4			ПС-Б О - ПС-Б НН	0.4	11.15			0.091	-10	-5	57	1
16			ЛЭП	112	116			ПС-А СН - ПС-2 ВН	3.15	10.53		-72.8		-47	-35	287	1
17			ЛЭП	114	117			ПС-Г СН - ПС-1 ВН	2.15	7.21		-50		-56	-44	354	1
18			ЛЭП	115	113			ПС-Б ВН - ПС-3 ВН	6.27	6.49		-149		-6	-2	33	1
19			ЛЭП	117	116			ПС-1 ВН - ПС-2 ВН	8.07	13.83		-86		8	6	52	1
20			Тр-р	117	1			ПС-1 ВН - ПС-1 НН	0.44	11	4.7		0.091	-63	-47	405	1
21			Тр-р	116	2			ПС-2 ВН - ПС-2 НН	0.7	17.35	5.4		0.091	-38	-28	240	1
22			Тр-р	113	3			ПС-3 ВН - ПС-3 НН	3.98	69.5			0.096	-6	-4	37	1

Ready

Рисунок Б.5

**Rastr-**

Файлы    Расчеты    Открыть    Таблица    Графика    Окна    Help

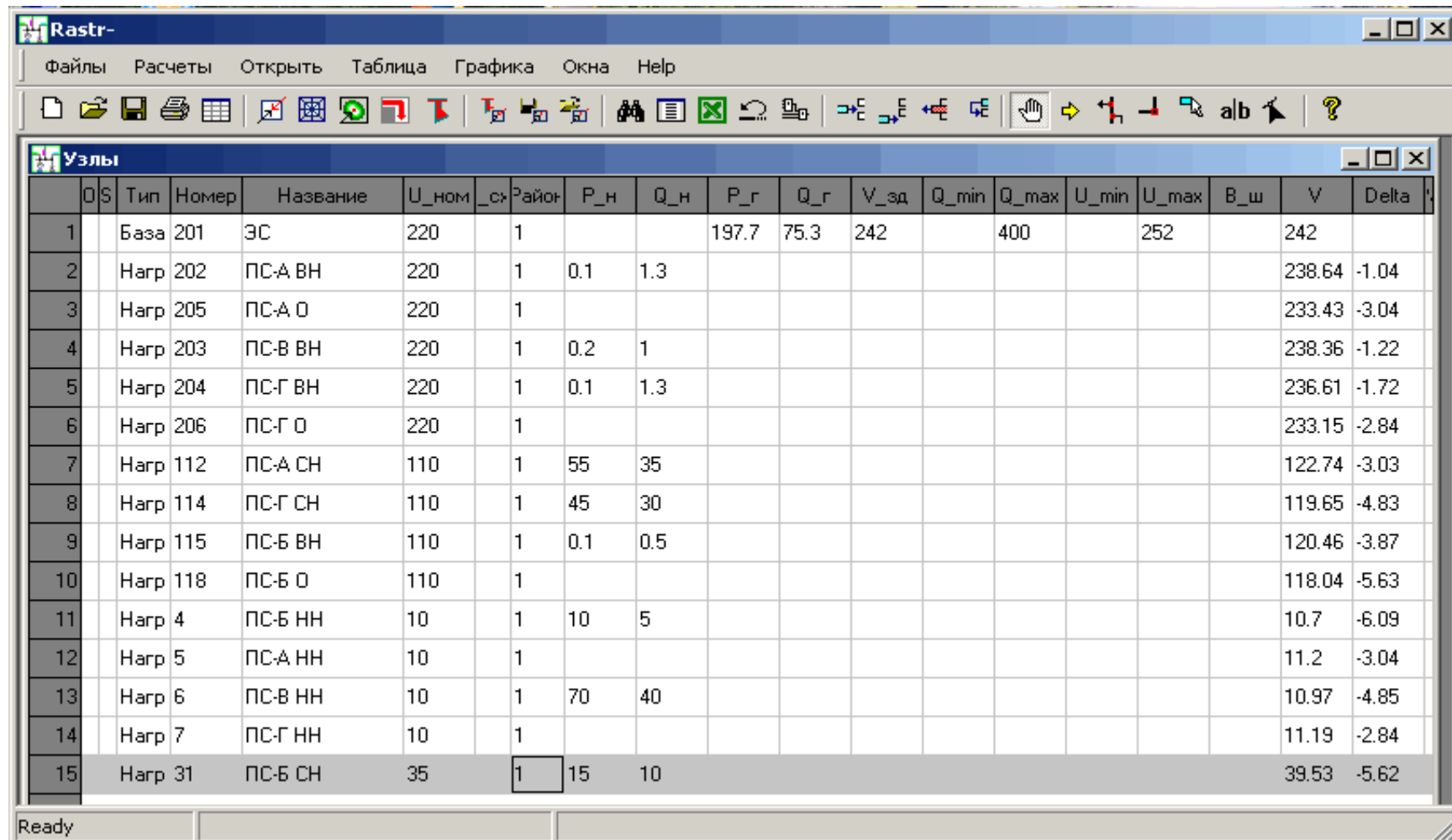
Районы+Потери

	$dP_{\text{т}}$	Район	$D_p$	$dP_{\text{нагр}}$	$dP_{\text{л3П}}$	$dP_{\text{Тр}}$	$dP_{\text{пост}}$	$\Psi_{\text{л3П}}$	$\Psi_{\text{Тр}}$	$dP_{\text{ш}}$
		$U_{\text{ном}}$		$dP_{\text{нагр}}$	$dP_{\text{л3П}}$	$dP_{\text{Тр}}$	$dP_{\text{пост}}$	Корона	$\Psi_{\text{тр-р}}$	
1	1	Вариант 3-2	7.32	6.84	5.78	1.06	0.49	0.36	0.13	
2		220		4.34	3.68	0.66	0.36	0.36		
3		110		2.5	2.1	0.39	0.13	-0	0.13	

Ready     $dp!=0$

Рисунок Б.6

Максимальный режим. Исходная схема сети



	OS	Тип	Номер	Название	U_ном	_сх	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	U_min	U_max	B_ш	V	Delta
1		База	201	ЭС	220		1			197.7	75.3	242		400		252		242	
2		Нарп	202	ПС-А ВН	220		1	0.1	1.3									238.64	-1.04
3		Нарп	205	ПС-А О	220		1											233.43	-3.04
4		Нарп	203	ПС-В ВН	220		1	0.2	1									238.36	-1.22
5		Нарп	204	ПС-Г ВН	220		1	0.1	1.3									236.61	-1.72
6		Нарп	206	ПС-Г О	220		1											233.15	-2.84
7		Нарп	112	ПС-А СН	110		1	55	35									122.74	-3.03
8		Нарп	114	ПС-Г СН	110		1	45	30									119.65	-4.83
9		Нарп	115	ПС-Б ВН	110		1	0.1	0.5									120.46	-3.87
10		Нарп	118	ПС-Б О	110		1											118.04	-5.63
11		Нарп	4	ПС-Б НН	10		1	10	5									10.7	-6.09
12		Нарп	5	ПС-А НН	10		1											11.2	-3.04
13		Нарп	6	ПС-В НН	10		1	70	40									10.97	-4.85
14		Нарп	7	ПС-Г НН	10		1											11.19	-2.84
15		Нарп	31	ПС-Б СН	35		1	15	10									39.53	-5.62

Рисунок Б.7

Rastr-

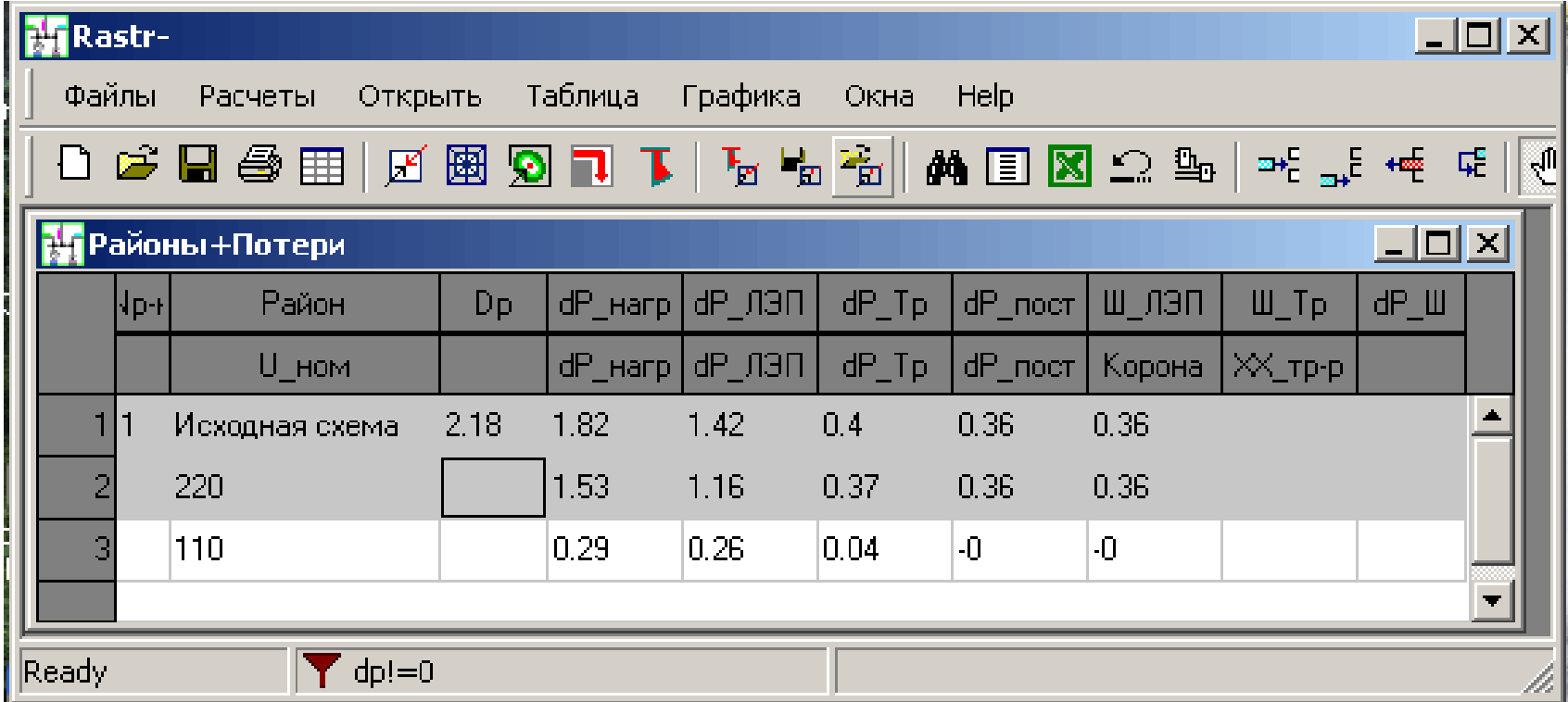
Файлы   Расчеты   Открыть   Таблица   Графика   Окна   Help

Ветви

	0	S	Тип	N_нач	N_кон	N_г	руг	Название	R	X	G	B	Кт/г	P_нач	Q_нач	I_нач	Na
1			ЛЭП	201	202			ЭС - ПС-А ВН	3.1	13.5	5.6	-333		-87	-31	221	1
2			ЛЭП	201	203			ЭС - ПС-В ВН	2.2	12.2	0.2	-313		-110	-44	284	1
3			ЛЭП	202	203			ПС-А ВН - ПС-В ВН	7.4	32.2	0.3	-198		-6	5	18	1
4			ЛЭП	203	204			ПС-В ВН - ПС-Г ВН	2.1	12	0.2	-308		-45	-18	118	1
5			ЛЭП	112	115			ПС-А СН - ПС-Б ВН	4.4	11.2		-300		-25	-13	134	1
6			Тр-р	202	205			ПС-А ВН - ПС-А О	0.25	24.3			1	-80	-52	232	1
7			Тр-р	205	112			ПС-А О - ПС-А СН	0.25				0.526	-80	-48	232	1
8			Тр-р	205	5			ПС-А О - ПС-А НН	0.5	41.25			0.048	0	-0	0	1
9			Тр-р	203	6			ПС-В ВН - ПС-В НН	1.95	50.35			0.048	-70	-46	204	1
10			Тр-р	204	206			ПС-Г ВН - ПС-Г О	0.25	24.3			1	-45	-34	137	1
11			Тр-р	206	7			ПС-Г О - ПС-Г НН	0.25				0.048	-0	-0	0	1
12			Тр-р	206	114			ПС-Г О - ПС-Г СН	0.5	41.25			0.526	-45	-32	137	1
13			Тр-р	115	118			ПС-Б ВН - ПС-Б О	0.4	17.75			1	-25	-16	143	1
14			Тр-р	118	31			ПС-Б О - ПС-Б СН	0.4				0.335	-15	-10	88	1
15			Тр-р	118	4			ПС-Б О - ПС-Б НН	0.4	11.15			0.091	-10	-5	55	1

Ready

Рисунок Б.8



The screenshot shows the Rastr- software window. The main window has a menu bar with 'Файлы', 'Расчеты', 'Открыть', 'Таблица', 'Графика', 'Окна', and 'Help'. Below the menu is a toolbar with various icons. The active window is titled 'Районы+Потери' and contains a table with 12 columns. The table has three rows of data. The first row is 'Исходная схема' with values 2.18, 1.82, 1.42, 0.4, 0.36, 0.36. The second row is '220' with values 1.53, 1.16, 0.37, 0.36, 0.36. The third row is '110' with values 0.29, 0.26, 0.04, -0, -0. The status bar at the bottom shows 'Ready' and a red funnel icon with the text 'dp!=0'.

	↓p+	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш	
		U_ном		dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Корона	XX_тр-р		
1	1	Исходная схема	2.18	1.82	1.42	0.4	0.36	0.36			
2		220		1.53	1.16	0.37	0.36	0.36			
3		110		0.29	0.26	0.04	-0	-0			


Ready     dp!=0

Рисунок Б.9

## Приложение Б.2 Применение программы RastrWin для расчётов установившихся режимов электрической сети

### Б.2.1 Общие сведения о программном комплексе RastrWin

Программный комплекс RastrWin используется для решения задач расчёта установившихся режимов электрических сетей, оптимизации режима электрической сети по критерию минимума потерь активной мощности при вариации коэффициентов трансформации трансформаторов и реактивной мощности источников.

Запуск программы RastrWin осуществляется обычным способом из каталога RastrWin (рисунок Б.10).

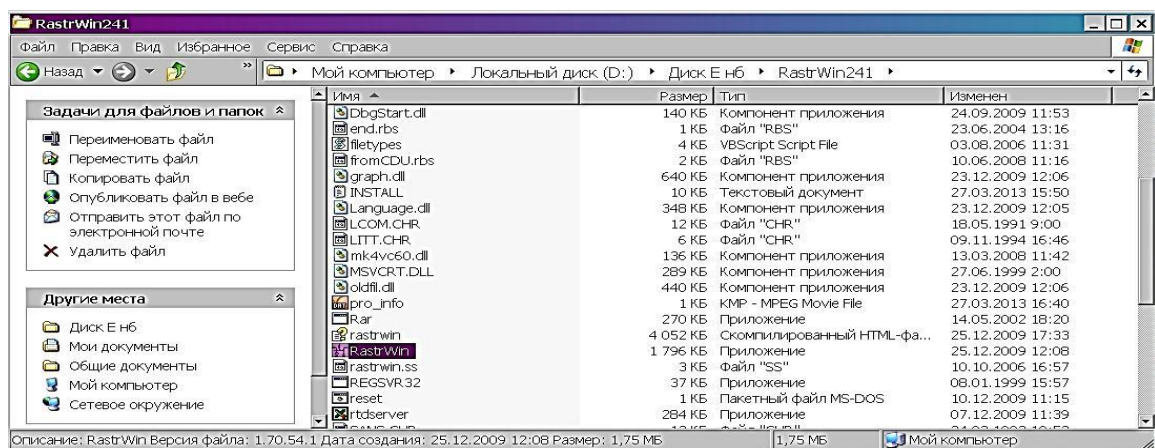


Рисунок Б.10

При появлении сообщения «Защита от копирования» щёлкните левой кнопкой мышки по кнопке «ОК» (рисунок Б.11).

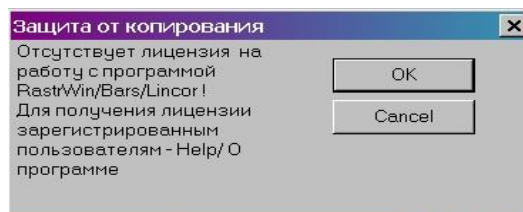


Рисунок Б.11



### Б.2.2 Подготовка исходных данных для расчёта установившегося режима

Перед началом работы с RastrWin необходимо сформировать данные об узлах и ветвях расчётной схемы. Используются три типа описания узлов сети (таблица Б.1).

Таблица Б.1 – Типы узлов в комплексе RastrWin

Дано	Найти	Тип узла
$P_i, Q_i$	$U_i, \delta_i$	Нагрузочный или промежуточный, $PQ$ -тип
$U_i, \delta_i$	$P_i, Q_i$	Балансирующий, $U\delta$ -тип
$P_i, U_i$	$Q_i, \delta_i$	Идеальный генератор, $PU$ -тип

Линии электропередачи представляются П-образными схемами замещения, двухобмоточные трансформаторы – Г-образными схемами, трёхобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы – трёхлучевой звездой.

При подготовке исходных данных необходимо выполнить следующее:

- Нарисовать схему замещения сети с указанием всех узлов и ветвей.
- Пронумеровать все узлы схемы замещения сети, включая все промежуточные узлы. Узлами являются сборные шины электростанций и подстанций, точки подключения генераторов, нагрузок, точки отвлечения ЛЭП, промежуточные узлы схем замещения трёхобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов. Номер узла должен быть уникальным числом в диапазоне от 1 до 32000, сквозная нумерация необязательна. Для простоты ориентации в схеме, узлам, относящимся к одному объекту, целесообразно давать похожие номера (7, 17, 107, 1007 и т.д.). Выбранные номера узлов следует нанести на схему сети.
- Для каждого узла определить его номинальное напряжение и нанести на схему.

- Для каждого узла нагрузки ( $PQ$ -тип) определить активную и реактивную мощности потребления.
- Для узлов с синхронными машинами (генераторы, компенсаторы) определить активную мощность генерации, пределы регулирования реактивной мощности ( $Q_{\min} - Q_{\max}$ ) и заданный (фиксированный) ( $U_{зд}$ ) модуль напряжения.
- При наличии в узле шунтов на землю – батареи статических конденсаторов (БСК) или шунтирующих реакторов (ШР) – определить их проводимость (в мкСм) и нанести на схему.
- Для линий электропередачи (ЛЭП) определить продольное сопротивление и проводимость на землю (проводимость задаётся в микросименсах и ёмкостный характер отражается знаком минус).
- Для трансформаторов определить сопротивление  $R + jX$ , приведённое к стороне высокого напряжения, проводимость шунта на землю  $G + jB$  и коэффициент трансформации, равный отношению низшего номинального напряжения к высшему (таким образом, коэффициент трансформации будет меньше единицы).
- Автотрансформаторы и трёхобмоточные трансформаторы представить по схеме звезда с промежуточным узлом и тремя ветвями, которые имеют коэффициенты трансформации.
- При наличии в сети группы параллельных линий желательно присваивать каждой из них свой номер в группе.
- Определить номер балансирующего узла и модуль его напряжения.

### *Б.2.3 Ввод исходных данных в программный комплекс RastrWin*

При загрузке RastrWin в демонстрационном режиме появится окно, показанное на рисунке Б.12.

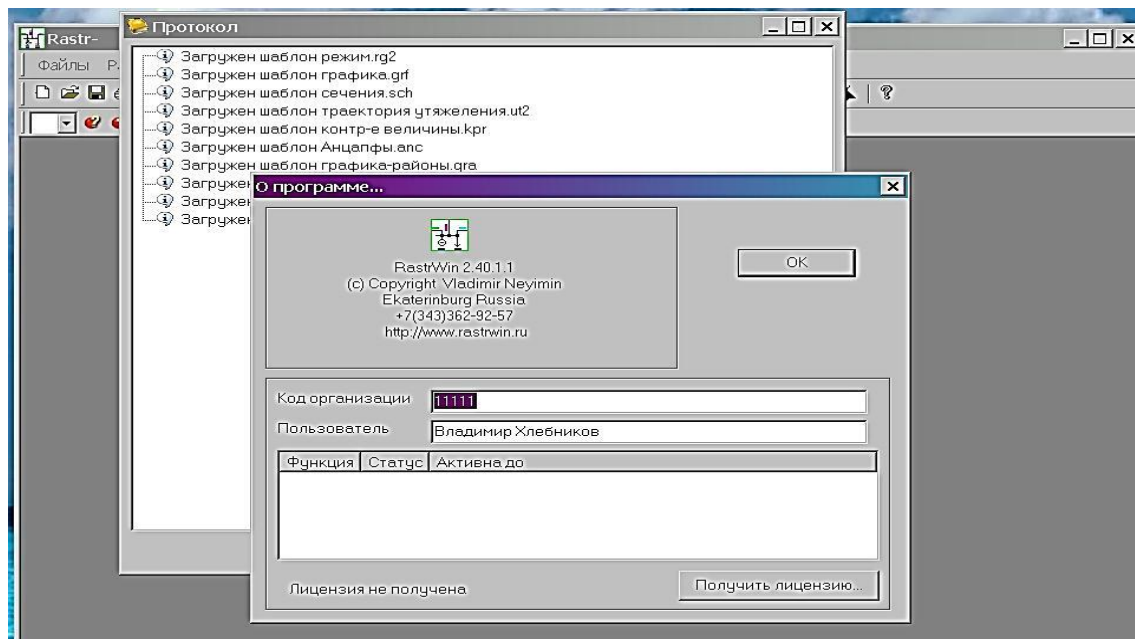


Рисунок Б.12

Щёлкните левой кнопкой мышки по кнопке «**ОК**» и закройте протокол загрузки шаблонов. В верхней части окна «**Rastr-**» расположено главное меню, содержащее следующие пункты: «**Файлы**», «**Расчеты**», «**Открыть**», «**Таблица**», «**Графика**», «**Окна**», «**Help**».

Перед вводом параметров новой схемы выберите в пункте «**Файлы**» подпункт «**Новый**». Появится окно «**Открыть новый файл Новый**», в котором необходимо отметить галочкой позицию «**режим.rg2**» и нажать мышкой на «**ОК**». Затем выберите в пункте «**Открыть**» подпункт «**Узлы**» и ещё раз «**Узлы**». Появится окно «**Узлы**» для ввода данных об узлах сети. В пункте «**Открыть**» выберите подпункт «**Ветви**» и ещё раз «**Ветви**». В результате на экране будут размещены два окна. Переведите окно «**Rastr**» в полноэкранный режим и растяните окна «**Узлы**» и «**Ветви**» так, чтобы были видны все колонки таблиц.

Введите информацию об узлах сети. Щёлкните левой клавишей мышки по кнопке «**Добавить**» из панели инструментов, расположенной ниже главного меню. В окне «**Узлы**» («**Ветви**») появится очередная строка для ввода данных. Щёлкните левой кнопкой мышки в поле столбца «**Тип**» и выберите из появив-

шегося списка тип узла: *База, Нагр, Ген Ген+, Ген-*. Для простейших расчётов достаточно использовать типы *База, Нагр*. Список основных параметров узлов дан в таблице Б.2.

Таблица Б.2 – Параметры узлов сети

<b>O</b>	Отметка узла для сортировки, выборки и др.
<b>S</b>	Состояние узла (включён или отключён)
Район	Номер района, к которому относится узел
<b>Номер</b>	Номер узла по схеме замещения
<b>N_схн</b>	Номер статической характеристики нагрузки
Название	Название узла
<b>U_ном</b>	Номинальное напряжение, кВ
<b>P_н, Q_н</b>	Мощность нагрузки, МВт, мвар для узла PQ-типа
<b>P_г, Q_г</b>	Мощность генерации, МВт, мвар для узла PQ-типа
Q_min, Q_max, V_зд	Пределы генерации реактивной мощности, заданное напряжение для узлов типа PU-тип
G_ш, B_ш	Проводимость ШР или БСК, мкСм
<b>V, Delta</b>	Для БУ заданное напряжение при Delta=0

**Примечание:** Жирным шрифтом выделены минимально необходимые данные.

Для ввода данных об узле сети дважды щёлкните левой клавишей мышки в поле данных. Появится поле ввода и каретка. Введите необходимое число, отделяя дробную часть точкой. Добавьте следующую строку для очередного узла сети. Всегда можно вернуться к ранее введённым данным и изменить их, дважды щёлкнув левой клавишей мышки в поле данных. Примеры заполнения данных об узлах приведены в п.Б.1.

Аналогичные действия выполняются при вводе данных о ветвях в окно «**Ветви**» (таблица Б.3). Первоначально в столбце «Тип» появится надпись «Выкл». Не обращайтесь на это внимания, введите всю информацию о ветви. Название ветви появится автоматически при выполнении расчёта или переключении в окно «**Узлы**» и обратно. Примеры заполнения данных о ветвях показаны в п. Б.1.

Таблица Б.3 – Параметры ветвей сети

<b>O</b>	Отметка ветви для сортировки, выборки и др.
<b>S</b>	Состояние ветви (включена или отключена)
<b>N_нач, N_кон</b>	Номера узлов, ограничивающих ветвь. Для трансформатора (автотрансформатора) N_нач – номер узла на стороне ВН.
<b>N_п</b>	Номер ветви в группе параллельных ветвей
<b>R, X</b>	Продольные сопротивления ветви, Ом
<b>G, B</b>	Проводимости на землю, мкСм. Для ЛЭП общая проводимость П-образной схемы ( $B < 0$ ), для трансформатора проводимость в Г-образной схеме ( $B > 0$ )
<b>K<sub>т/г</sub>, K<sub>т/i</sub></b>	Действительная и мнимая составляющие коэффициента трансформации. Обязательна для ветви трансформатора ( $K_{т/г} < 1$ )
<b>I_доп</b>	Допустимый ток, А

**Примечание:** Жирным шрифтом выделены минимально необходимые данные.

Чтобы сохранить данные в файле для последующей работы выберите в пункте главного меню **«Файлы»** подпункт **«Экспорт»**, а затем укажите **«ЦДУ»**. Появится диалоговое окно выбора папки и файла для ваших данных. Сохраните данные, например, под своей фамилией. Для последующего использования сохранённых таким образом данных после загрузки RastrWin в пункте главного меню **«Файлы»** выберите подпункт **«Импорт»**, затем **«ЦДУ»** и найдите свой файл. Загрузив файл и закрыв протокол загрузки, вы сможете продолжить работу по расчёту режима сети.

#### *Б.2.4 Расчёт режима электрической сети при нормальной схеме*

После ввода данных об узлах и ветвях схемы приступите к расчёту параметров режима сети. В главном меню выберите в пункте **«Расчеты»** подпункт

«Контроль». Это позволит проверить правильность заполнения таблиц с исходными данными. При обнаружении ошибок узел или ветвь, содержащие ошибку, отключаются программой автоматически. Устраните замечания по параметрам узлов и ветвей, записанные в протокол, и вручную включите отключённые программой элементы сети. Переходите к выбору расчётных констант программы. В пункте «Расчеты» выберите подпункт «Параметры...», а затем «Режим» (рисунок Б.13).



	Название	Значение
1	Точность расчёта (dP)	0.1
2	Максимальное число итераций (It)	20
3	Стартовый алгоритм (Start)	Да
4	Плоский старт (Пл.старт)	Нет
5	Макс. допустимое снижение V (dV-)	0.5
6	Макс. допустимое превышение V (dV+)	2
7	Макс. допустимый угол по связи (dDelta)	90
8	Состояние расчёта режима (Статус)	Нормально
9	Учет частоты: (W)	Нет
10	Отклонение частоты (dF)	-16949084117
11	Пересчитывать P/Q узла по P ген (Ген->	Да

Рисунок Б.13

Первоначально «Точность расчёта (dP)» уравнений составляет 1 МВт. Установите точность расчёта равной 0,01 МВт.

Запуск расчёта установившегося режима осуществляется командой «**Режим F5**» из пункта меню «Расчеты». В процессе расчёта появляется «Протокол», содержащий основные сведения о ходе итерационного процесса решения уравнений.

Результаты вычислений напряжений узлов помещаются в таблицу «Узлы» в столбцы «V» и «Delta». Результаты расчёта потоков мощности заносятся в окно «Ветви». Просмотреть эти результаты можно выбрав в пункте меню «Открыть» подпункты «Узлы» → «Узлы» или «Ветви» → «Ветви».

Вывод на печать исходных данных и результатов расчёта осуществляется по команде «**Печать...**» пункта меню «**Файлы**».

### *Б.2.5 Расчёт режима для ремонтной схемы сети*

Ремонтная схема сети формируется при отключении одной из линий или трансформаторов. Для отключения ветви (узла) необходимо однократно щёлкнуть левой кнопкой мыши в поле, отключаемого элемента сети, столбца «**S**». В этом поле появится специальная отметка (рисунок Б.14). Имеется возможность одностороннего отключения ветви. Нажмите на зелёный треугольник рядом с отметкой об отключении ветви и выберите отключение в начале или конце ветви. Для обратного подключения элемента сети ещё раз щёлкните левой кнопкой мыши в поле столбца «**S**» до полного исчезновения отметки отключения.



	Q	S	Тип	N_нач	N_кон	N_групп	Название	R	X	G	B	Kt/r	P_нач	Q_нач	P_кон	Q_кон
1			ЛЭП	5	6		ПСТ1 ВН - С1	3.38	18.9	5.6	-486		115	96	117	76
2			ЛЭП	2	4		ПСТ2 ВН - ПСТ1 С16	20.25	0.2		-141		46	37	48	41
3			ЛЭП	1	4		ПСТ3 ВН - ПСТ1 С111.88	25.2	0.3		-162		43	24	46	27
4		x	ЛЭП	1	2		ПСТ3 ВН - ПСТ2 В19.96	17.08	0.2		106		6	1	6	2
5			Тр-р	5	4		ПСТ1 ВН - ПСТ1 С10.3	15.2	4.7		37.8	0.526	-175	-132	-174	-116
6			Тр-р	2	3		ПСТ2 ВН - ПСТ2 Н0.7	17.35	5.4		39.3	0.091	-40	-35	-40	-30

Рисунок Б.14

### *Б.2.6 Потери мощности в сети*

Для получения суммарных потерь активной и реактивной мощностей по сети в целом и отдельным уровням номинального напряжения необходимо выполнить следующее. В главном меню выберите пункт «**Открыть**» затем «**Районы**» → «**Районы**». В появившемся окне «**Районы**» добавьте одну строку, используя панель инструментов или пункт меню «**Таблица**». В этой строке ука-

жите номер района «**№р-н**» равным единице и присвойте этому району имя, например, свою фамилию (рисунок Б.15).

№р-н	Район	№б	Рген	Рнаг	Dp	Рпотр	Рвн	Тс
1	Лаб5	177	170	6.78	177	-0		

Рисунок Б.15

Затем вернитесь в окно «**Узлы**» и столбце «**Район**» для каждого узла запишите единицу. В окне «**Ветви**» в столбце «**№а**» также проставьте единицы для всех ветвей (рисунок Б.16).

OS	Тип	Номер	Название	U_ном	ск	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	U_min	U_max	B_ш	V	Delta	Район2
1	База 6	C1		220	1			116.6	76.3								238		
2	Нагр 5	ПСТ1 ВН		220	1			60	36								229.33	-1.99	
3	Нагр 4	ПСТ1 СН		110	1	80	48										116.13	-4.95	
4	Нагр 3	ПСТ2 НН		10	1	40	30										9.17	-11.89	
5	Нагр 1	ПСТ3 ВН		110	1	50	25										105.55	-8.78	
6	Нагр 2	ПСТ2 ВН		110	1												106.44	-8.31	

OS	Тип	N_нач	N_кон	N_п	ID Группы	Название	R	X	B	Kт/р	P_нач	Q_нач	Na
1	ЛЭП	5	6			ПСТ1 ВН - C1	3.38	18.9	-486		115	96	1
2	ЛЭП	2	4			ПСТ2 ВН - ПСТ1 СН	6	20.25	-141		46	37	1
3	ЛЭП	1	4			ПСТ3 ВН - ПСТ1 СН	11.88	25.2	-162		43	24	1
4	ЛЭП	1	2			ПСТ3 ВН - ПСТ2 ВН	9.96	17.08	106		6	1	1
5	Тр-р	5	4			ПСТ1 ВН - ПСТ1 СН	0.3	15.2	37.8	0.526	-175	-132	1
6	Тр-р	2	3			ПСТ2 ВН - ПСТ2 НН	0.7	17.35	39.3	0.091	-40	-35	1

Рисунок Б.16

Выбрав пункт «**Открыть**» затем «**Потери**», вы откроете окно «**Потери**». Добавьте в окно «**Потери**» две строки, в которых для столбца «**U\_ном**» укажите номинальные напряжения своего варианта сети (рисунок Б.17).



Потери												
	U_ном	dP	dP_ЛЭП	dP_Тр-р	Корона	XX_тр	dP_Ш-нт	dQ	dQ_ЛЭП	dQ_Тр-р	Ген_ЛЭП	XX_тр
1	110	4.67	4.43	0.17	0.01	0.06		13.82	11.67	4.26	-2.55	0.45
2	220	2.12	1.29	0.27	0.31	0.25		-3.63	7.23	13.69	-26.54	1.99

Рисунок Б.17

Выполните расчёт режима и в окне «**Потери**» будет отображаться потери активной и реактивной мощности в линиях и трансформаторах. Структура потерь активной мощности по сети в целом и сетям различного номинального напряжения находится в окне «**Районы+Потери**». Это окно открывается при выполнении следующей цепочки команд: «**Открыть**» → «**Районы**» → «**Районы+Потери**» (рисунок Б.28).

Районы+Потери									
№п-т	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
	U_ном		dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Корона	XX_тр-р	
1	Лаб5	6.78	6.16	5.72	0.44	0.62	0.31	0.31	
2	110		4.6	4.43	0.17	0.07	0.01	0.06	
3	220		1.56	1.29	0.27	0.55	0.31	0.25	

Рисунок Б.18

В этом окне в первой строке находятся потери по сети в целом, в последующих – по каждому номинальному напряжению. В столбце «**Dp**» - суммарные потери по сети в целом.

## Приложение В Стоимостные показатели оборудования сети

Таблица В.1 – Стоимость ячейки трансформаторов 35 – 220 кВ, тыс. руб.  
(цены 2000 г.)

Мощность, МВ·А	Трансформатор					Автотранс- форматор
	35/НН	110/НН	110/35/НН	220/НН	220/35/НН	
2,5	1620					
4	1825					
6,3	2375	3400	4075			
10	2500	3700	4725			
16	2750	4300	5475			
25	3500	5500	6375		9950	
40	3875	7300	8000	10000	11125	
63		9000	10975	12625		13475
80		10200	11175	10920*		
100				15875		
125		11000		12960*		15525
160				19375		
200		12000*		17640*		21050
250		13920*		19800*		25500
400		20280*		27000*		
630				39000*		
1000				48480*		

**Примечания:** 1. Включены стоимости трансформатора, кабельного хозяйства в пределах ячейки и до панелей ОПУ, панели управления, защиты и автоматики, относящиеся к ячейке, материалов, строительных и монтажных работ.

2. \* С ПБВ

Таблица В.2 – Стоимость ячейки трансформаторов 330 кВ, тыс. руб.  
(цены 2000 г.)

Мощность, МВ·А	Трансформатор	Автотрансформатор	
	330/НН*	330/220	330/110
125	16800		21250
200	22080		25250
250	23040	24375	
3×133		49680	
400	29760		
630	43420		
1000	56400		
1250	69600		

**Примечания:** 1. Включены стоимости трансформатора, кабельного хозяйства в пределах ячейки и до панелей ОПУ, панели управления, защиты и автоматики, относящиеся к ячейке, материалов, строительных и монтажных работ.

2. \* С ПБВ

Таблица В.3 – Стоимости ОРУ 110 – 220 кВ по блочным и мостиковым схемам (цены 2000 г.)

Схема ОРУ на стороне ВН	Номер схемы	Стоимость ОРУ, тыс. руб.	
		110 кВ	220 кВ
Два блока с элегазовыми выключателями и неавтоматической переключкой со стороны линии	4Н	15200	32800
Мостик с элегазовым выключателем в переключке и в цепях линий (или трансформаторов)	5Н (5АН)	30000	48000

Таблица В.4 – Стоимость ячейки одного комплекта выключателя в ОРУ 35 – 330 кВ для схем с числом выключателей более трех (цены 2000 г.)

Напряжение, кВ	Стоимость ячейки одного комплекта выключателя, тыс. руб.			
	воздушный	масляный	вакуумный	элегазовый
10		210	85 – 160	500
35		1150	200	600
110	4150	3450		7300
220	8800	9650		15000
330	18400			20000

**Примечание.** Стоимость ячейки включает оборудование, релейную защиту, ошиновку, порталы, строительные и монтажные работы.

Таблица В.5 – Стоимость линейных регулировочных трансформаторов  
(цены 2000 г.)

Тип	Напряжение, кВ	Мощность, МВ·А	Стоимость, тыс. руб.
ЛТМН-16000/10	10	16	2875
ЛТДН-40000/10	10	40	3750
ЛТДН-63000/35	35	63	40000

Таблица В.6 – Стоимость синхронных и асинхронизированных компенсаторов и статических тиристорных компенсаторов (цены 2005 г.)

Тип СК, СТК	Мощность, Мвар	Стоимость, тыс. руб.	
		Двух СК, СТК	В том числе при вводе первого СК, СТК
КСВБ-50-11	50	37500	23750
КСВБО-50-11	50	47000	29000
КСВБ-100-11	100	73750	78500
КСВБО-100-11	100	83000	53500
АСК-50	50	120000	84000
АСК-100	100	200000	140000
СТК с конденсаторной частью	–100	240000	170000
СТК без конденсаторной части	+100	200000	135000

Таблица В.7 – Стоимость шунтовых конденсаторных батарей 6 – 110 кВ (цены 2000 г.)

Напряжение, кВ	Установленная мощность, Мвар	Стоимость, тыс. руб.	Напряжение, кВ	Установленная мощность, Мвар	Стоимость, тыс. руб.
6	1,4	475	10	7,2	2250
	2,9*	850		9,6*	3100
	4,3	1475		12,0	3750
	5,8*	1675	35	9,1	2750
	7,2	2450		13,6	3875
10	1,2	375	110	18,1	5125
	2,4	750		27,2	7500
	3,6	1125		40,8	11250
	4,8*	1550		54,0	14750
	6,0	1925		54,4*	15625

\* Регулируемые шунтовые конденсаторные батареи.

Таблица В.8 – Постоянная часть затрат по ПС 35 – 330 кВ с открытой установкой оборудования (цены 2000 г.)

Напряжение, кВ/кВ	Схема ПС на стороне ВН	Стоимость, тыс. руб.
35/10	Без выключателей	4250
	С выключателями	5000
110/10; 110/35/10	Без выключателей	5500 – 7250
	Мостик	9000 – 10750
	Сборные шины	12250 – 13500
220/10; 220/35/10	Мостик	15250 – 17160
	Четырехугольник, сборные шины	19500 – 21000
220/110	Мостик, четырехугольник	30000
	Сборные шины	40500
330	Четырехугольник	58000
	Трансформатор-шины	82000
	Полуторная	95000

**Примечания:** 1. Большие значения соответствуют ПС с трёхобмоточными трансформаторами.

2. Учтены затраты на подготовку и благоустройство территории, ОПУ, собственные нужды ПС, систему оперативного постоянного тока, компрессорную, водоснабжение, канализацию, подъездные дороги, средства связи и телемеханики, наружное освещение, ограду и пр.

Таблица В.9 – Стоимость демонтажа основного оборудования подстанций  
(цены 2000 г.)

Наименование оборудования	Затраты на демонтаж оборудования, тыс. руб.	
	подлежащего дальнейшему использованию	не подлежащего дальнейшему использованию
Трансформатор 35 кВ, мощность, кВ·А: 10 000 – 40 000	11,3	5,7
Трансформатор 110 кВ, мощность, кВ·А: 2500 – 6300 25 000 – 80 000	12,0 17,8	6,0 8,9
Трансформатор или авто- трансформатор 220 кВ, мощность, кВ·А: 25 000 – 160 000 200 000 – 250 000	29,4 33,7	14,6 16,8
Автотрансформатор 330 кВ, мощность, кВ·А: 125 000 – 200 000	39,0	19,5

Таблица В.10 – Базовые показатели стоимости ВЛ 35 – 330 кВ переменного тока на стальных и железобетонных опорах (цены 2000 г.)

Напряжение ВЛ, кВ	Характеристика промежуточных опор	Провода сталеалюминиевые сечением, шт.×мм <sup>2</sup>	Количество цепей на опоре	Базовые показатели стоимости ВЛ, тыс. руб./км	
				стальные опоры	железобетонные опоры
35	Свободностоящие	до 150	1	970	700
			2	1390	1180
110	Свободностоящие	до 150	1	1050	850
			2	1590	1150
	Свободностоящие	185 - 240	1	1170	950
			2	1795	1650
220	Свободностоящие	300	1	1310	1120
			2	2195	
		400	1	1470	1250
			2	2420	
220	Двухстоечные свободностоящие	300	1		1140
			2		2120
		400	1		1295
			2		2320
330	Свободностоящие	2×300	1	1995	
			2	3115	
		2×400	1	2240	
			2	3660	
	Двухстоечные с внутренними связями	2×300	1		1880
		2×400	1		2010