Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электромеханики

Паспорт
расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Электрические машины 2», 6 семестр

1. Методика оценки

Выполнение расчетно-графического задания (работы) (далее - РГЗ) является формой текущей аттестации (контроля) по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Цель РГЗ: студенты должны закрепить теоретический материал прослушанный и изученный самостоятельно в семестре.

Обязательным элементом РГЗ являются решение задач.

Номер задания соответствует номеру в журнале.

РГЗ выполняется индивидуально.

Количество заданий достаточно для обеспечения, каждого обучающегося индивидуальным заданием РГЗ.

Замена задания РГЗ осуществляется по согласованию с преподавателем из числа резервных (не занятых) заданий.

Перед выполнением задания студент должен ознакомиться лекционным материалом.

Преподаватель осуществляет руководство по выполнению задания, оказывает консультационную помощь и принимает отчет по РГЗ.

По результатам выполнения РГЗ выполняется отчет, который состоит из следующих частей:

1. Титульный лист (см. ниже)
2. Задание 1 (по вариантам)
3. Задание 2 (по вариантам)
4. Задание 3 (по вариантам)
5. Задание 4 (по вариантам)
6. Список литературы и источников

Требования к оформлению:

Объем РГЗ до 20 страниц машинописного текста формата А4. Шрифт Times New Roman, 12. Формулы набираются в редакторе Math Type. Размещение сканированных формул не допускается. Нумерация страниц сквозная, в нижней части листа по центру арабскими цифрами. Работа должна быть отредактирована, не содержать орфографических, синтаксических и стилевых ошибок.

Отчет в установленные сроки сдается на кафедру для проверки. Преподаватель оценивает качество работы, отмечает положительные стороны и недостатки работы и определяет, допускается ли она к защите. При необходимости преподаватель возвращает РГЗ(Р) студенту для доработки и устанавливает сроки повторного предоставления для проверки. До защиты работы студентом должны быть сделаны необходимые исправления и дополнения по всем замечаниям преподавателя.

При положительном результате оценивания РГЗ студент её распечатывает, передает на кафедру и защищает до сессии в назначенное преподавателем время.

Защита РГЗ состоит в индивидуальном устном собеседовании студента с преподавателем. В процессе защиты выявляется уровень знаний студента, степень его самостоятельности при выполнении работы. По результатам защиты студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Общие правила выставления оценок текущей аттестации определяются балльно-рейтинговой системой, установленной локальным актом НГТУ.

РГЗ(Р) считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно и без ошибок; все разделы РГЗ(Р) выполнены правильно и в полном объеме; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю в указанные сроки и не возвращалась для доработки; даны полные и развернутые выводы и рекомендации; на защите студентом даны уверенные и аргументированные ответы. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Закрепленные за РГЗ(Р) компетенции сформированы на продвинутом уровне. Оценка составляет *от 13 до 15 баллов.*

РГЗ(Р) считается выполненной **на базовом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно и без существенных ошибок; все разделы РГЗ(Р) выполнены правильно, но есть замечания к полноте предоставления информации; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю в указанные сроки и однократно возвращалась студенту для незначительной доработки; в заключении даны выводы и рекомендации; на защите студентом допущены непринципиальные ошибки. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Закрепленные за РГЗ(Р) компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 10 до 12 баллов.*

РГЗ(Р) считается выполненной **на пороговом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно, но с ошибками, часть из которых носит принципиальный характер; есть замечания к полноте предоставления информации; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю, но неоднократно возвращалась студенту для доработки; в заключении даны краткие выводы; защита РГЗ(Р) вызывает у студента серьезные затруднения. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Закрепленные за РГЗ(Р) компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 6 до 9 баллов.*

РГЗ(Р) считается **не выполненной** (ниже порогового уровня), если расчеты произведены с серьезными ошибками; есть замечания к полноте предоставления информации и оформлению; РГЗ(Р) была сдана преподавателю, но неоднократно возвращалась студенту для доработки, что не привело к улучшению ее качества; РГЗ(Р) не допущена до защиты, что свидетельствует о неудовлетворительном уровне достигнутых студентом результатов. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит множественные существенные пробелы. Закрепленные за РГЗ(Р) компетенции не сформированы. Оценка составляет менее 6 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

РГЗ как форма текущей аттестации (контроля) по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем его заданиям составляет от 6 до 15 баллов включительно.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Задание № 1

Статорная симметричная, трех фазная обмотка машины переменного тока имеет Z_1 число зубцов и выполнена на $2p$ число полюсов, с шагом y и a числом параллельных ветвей. Начертите схему обмотки, рассчитаете обмоточные коэффициенты для 1-й, 5-й и 7-й гармоник ($k_{об1}, k_{об5}, k_{об7}$), изобразите кривую МДС, создаваемую этой обмоткой.

№	Тип обмотки	Z_1	$2p$	y	a
1.	Однослойная концентрическая двухплоскостная	18	2	9	1
2.	Однослойная концентрическая трехплоскостная	12	2	6	1
3.	Однослойная «вразвалку»	18	2	9	1
4.	Двухслойная петлевая	18	2	8	2
5.	Двухслойная волновая	24	2	10	2
6.	Двухслойная петлевая	24	4	5	2
7.	Двухслойная волновая	36	4	7	2
8.	Однослойная концентрическая двухплоскостная	24	2	12	1
9.	Однослойная концентрическая трехплоскостная	36	4	9	2
10.	Однослойная «вразвалку»	24	4	6	2
11.	Двухслойная петлевая	18	2	10	1
12.	Двухслойная волновая	24	2	13	1
13.	Двухслойная петлевая	24	4	7	1
14.	Двухслойная волновая	36	4	10	1
15.	Однослойная концентрическая двухплоскостная	36	4	9	2
16.	Однослойная концентрическая трехплоскостная	24	4	6	2
17.	Однослойная «вразвалку»	12	2	6	2
18.	Двухслойная петлевая	18	2	7	1
19.	Двухслойная волновая	24	2	11	1
20.	Двухслойная петлевая	48	4	10	1
21.	Двухслойная волновая	36	4	8	1
22.	Однослойная концентрическая двухплоскостная	24	4	6	2
23.	Однослойная концентрическая трехплоскостная	18	2	9	1
24.	Однослойная «вразвалку»	36	4	9	1
25.	Двухслойная петлевая	18	2	11	2
26.	Двухслойная волновая	24	2	14	2
27.	Двухслойная петлевая	48	4	13	2
28.	Двухслойная волновая	36	4	11	2

Задание №2

Трехфазный асинхронный двигатель (АД) мощностью P_2, выполнен на напряжение питания (U_1) и имеет $2p$ число полюсов, магнитопровод сердечников статора и ротора собраны из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0.5 мм. Для листов сердечников двигателей с высотами оси вращения 50-132 мм применяется холоднокатаная нелегированная сталь марки 2013, для двигателей с высотами оси вращения 160-250 мм – холоднокатаная слаболегированная сталь марки 2212. Статор АД имеет Z_1 число зубцов, ротор Z_2. Внешний диаметр статора равен $D_{\text{а}}$, внутренний D, воздушный зазор δ, длина сердечника статора l_1, ротора l_2, число витков в пазу $u_{\text{п}}$, число параллельных ветвей a, обмоточный коэффициент $k_{\text{об1}}$. Коэффициент полезного действия (КПД) двигателя η, коэффициент мощности $\cos\varphi$. Коэффициенты формы поля $k_{\text{в}} = 1{,}11$, заполнения пакета сердечника статора и ротора $k_{c1} = k_{c2} = 0{,}95$. Форма паза статора и ротора и их размеры приведены на рисунке и в таблице 1.

Типы обмоток: 01-однослойная концентрическая

02-однослойная вразвалку

03-двухслойная петлевая равносекционная

05-одно-двухслойная концентрическая

06-одно-двухслойная концентрическая ярусная

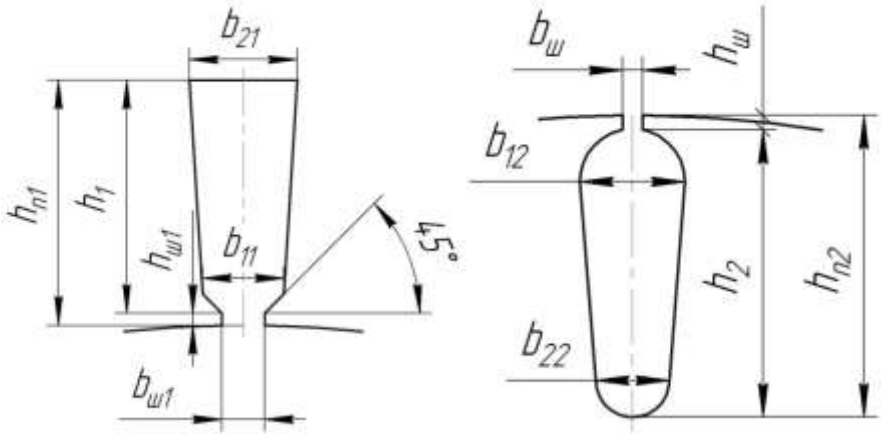


Рис. 1 Паз статора Паз ротора

Задание: рассчитать ток намагничивания АД, начертить лист статора и лист ротора.

Таблица 1. Исходные данные по вариантам

№	P_2 кВт	U_1 В	$2p$	$\frac{z_1}{z_2}$	$\frac{D_а}{D}$ мм	δ мм	$\frac{l_1}{l_2}$ мм	$u_п$	a	$k_{об1}$	η%	Тип обм/ у	cos φ о.е	Паз статора рис.1					Паз ротора рис. 1				
														b_{11}	b_{21}	h_1	$h_{ш1}$	$b_{ш1}$	b_{12}	b_{22}	h_2	$h_{ш2}$	$b_{ш2}$
1.	0,75 4А71А2У3	220/ 380	2	24/ 20	116/ 65	0,35	65/65	89	1	0,958	77	02/ 1-12 2-11	0,77	5,9	7,5	9,3	0,5	2	5	2,5	11,8	0,5	1
2.	1,1 4А71В2У3	220/ 380	2	24/ 20	116/ 65	0,35	74/74	73	1	0,958	77,5	02/ 1-12 2-11	0,87	5,9	7,5	9,3	0,5	2	5	2,5	11,8	0,5	1
3.	1,5 4А80А2У3	220/ 380	2	24/ 20	131/ 74	0,35	78/78	61	1	0,958	81	02/ 1-12 2-11	0,85	6,8	8,5	11, 6	0,5	3	6,1	3,3	13,6	0,5	1
4.	3,5 4А90L2У3	220/ 380	2	24/ 20	149/ 84	0,4	100/100	44	1	0,958	84,5	02/ 1-12 2-11	0,88	8,1	10,1	12, 6	0,5	3,2	6,8	3,4	16	0,5	1
5.	4 4А100S2У3	220/ 380	2	24/ 20	168/ 95	0,45	100/100	38	1	0,958	86,5	02/ 1-12 2-11	0,89	9,1	11,3	14, 1	0,5	3,5	7,4	4	16,5	0,5	1
6.	7,5 4А112М2У3	220/ 380	2	24/ 22	191/ 110	0,6	125/125	26	1	0,958	87,5	02/ 1-12 2-11	0,88	10, 5	12,6	15, 1	0,5	3,5	8	3,4	21,6	0,4	-
7.	11 4А132М2У3	220/ 380	2	24/ 19	225/ 130	0,6	130/130	24	1	0,958	88	02/ 1-12 2-11	0,9	10, 2	13,4	16, 5	0,9	4	10, 8	7,1	20,2	0,75	1, 5
8.	15 4А160S2У3	220/ 380	2	36/ 28	272/ 155	0,8	110/110	32	2	0,828	88	03/ 1-13	0,91	8,7	11,9	20	1	4	7	4,9	29	1	-
9.	22 4А180S2У3	220/ 380	2	36/ 28	313/ 171	1	110/110	28	2	0,828	88,5	03/ 1-12	0,91	9,2	12,9	24, 7	1	4	9,6	4,1	31	0,85	-
10	37 4А200М2У3	220/ 380	2	36/ 28	349/ 194	0,9	130/130	20	2	0,783	90	03/ 1-12	0,92	10, 5	14,9	28, 2	1	4	6,9	5,9	34,4	1	-
11	55 4А225М2У3	220/ 380	2	36/ 28	392/ 208	1	180/180	15	2	0,783	91	03/ 1-12	0,9	10, 5	15	29, 2	1	4	8,1	4,8	35	1	-
12	0,55 4А71А4У3	220/ 380	4	24/ 20	116/ 70	0,25	65/65	113	1	0,966	70,5	01/ 1-8 2-7	0,7	5,2	7,3	11, 6	0,2	2	5	1,5	12,6	0,5	1

№	P_2 кВт	U_1 В	$2p$	$\frac{z_1}{z_2}$	$\frac{D_a}{D}$ мм	δ мм	$\frac{l_1}{l_2}$ мм	$u_п$	a	$k_{об1}$	η%	Тип обм/ у	$\cos\varphi$ о.е	Паз статора рис.1					Паз ротора рис. 1				
														b_{11}	b_{21}	h_1	$h_{ш1}$	$b_{ш1}$	b_{12}	b_{22}	h_2	$h_{ш2}$	$b_{ш2}$
13	1,11 4А80А4У3	220/ 380	4	36/ 28	131/ 84	0,25	78/78	60	1	0,966	75	01/ 1-12 2-11 3-10	0,81	4,4	6	12, 1	0,5	2,5	4,5	1,5	16,4	0,5	1
14	2,2 4А90L4У3	220/ 380	4	36/ 28	149/ 95	0,25	100/100	40	1	0,96	80	01/ 1-12 2-11 3-10	0,83	4,8	6,5	12, 9	0,5	3	4,9	1,9	16,6	0,5	1
15	3,5 4А100S4У3	220/ 380	4	36/ 28	168/ 105	0,3	100/100	35	1	0,96	82	01/ 1-12 2-11 3-10	0,83	5,2	7,3	11, 6	0,2	1	5	1,5	12,6	0,5	1
16	5,5 4А112М4У3	220/ 380	4	36/ 28	191/ 126	0,3	125/125	25	1	0,96	85,5	01/ 1-12 2-11 3-10	0,85	6,5	8,2	14, 3	0,5	3,5	5,3	1,8	22,3	0,75	1, 5
17	7,5 4А132S4У3	220/ 380	4	36/ 34	225/ 145	0,35	115/115	22	1	0,96	87,5	01/ 1-12 2-11 3-10	0,86	6,1	9,2	17, 8	0,9	3,5	6	2,2	24,7	0,75	1, 5
18	15 4А160S4У3	220/ 380	4	48/ 38	272/ 185	0,5	140/140	27	2	0,958	88,5	02/ 1-12 2-11	0,88	7,3	9,9	20, 5	1	3,7	7,5	3,5	34	1	1, 5
19	37 4А200М4У3	220/ 380	4	48/ 38	349/ 238	0,7	170/170	17	2	0,925	91	03/ 1-11	0,9	9,4	12,3	24, 5	1	3,7	8,6	3,4	48	1	1, 5
20	55 4А225М4У3	220/ 380	4	48/ 38	392/ 264	0,85	200/200	26	4	0,925	92,5	03/ 1-12	0,9	9,9	13	27	1	3,7	9,8	3,4	52,5	1	1, 5
21	75 4А250S4У3	220/ 380	4	60/ 50	437/ 290	1	220/220	18	4	0,91	93	03/ 1-13	0,9	8,5	11,9	34	4	3,7	9	3,5	50	1	1, 5
22	0,55 4А71В6У3	220/ 380	6	36/ 28	116/ 76	0,25	90/90	85	1	0,966	67,5	01/ 1-8 2-7	0,71	3,9	5,5	12, 2	0,5	2	3,8	1,9	11,4	0,5	1

№	P_2 кВт	U_1 В	$2p$	$\frac{z_1}{z_2}$	$\frac{D_a}{D}$ мм	δ мм	$\frac{l_1}{l_2}$ мм	$u_п$	a	$k_{об1}$	η%	Тип обм/ у	$\cos\varphi$ о.е	Паз статора рис.1					Паз ротора рис. 1				
														b_{11}	b_{21}	h_1	$h_{ш1}$	$b_{ш1}$	b_{12}	b_{22}	h_2	$h_{ш2}$	$b_{ш2}$
23	0,75 4А80А6У3	220/ 380	6	36/ 28	131/ 88	0,25	78/78	82	1	0,966	69	01/ 1-8 2-7	0,74	4,3	6	13	0,5	2,5	4,3	1,7	14,8	0,5	1
24	1,5 4А90L6У3	220/ 380	6	36/ 28	149/ 100	0,25	110/110	51	1	0,966	75	01/ 1-8 2-7	0,74	4,7	6,6	13, 8	0,5	2,7	5	2,1	16,5	0,5	1
25	3,5 4А112МА6У 3	220/ 380	6	54/ 51	191/ 132	0,3	100/100	28	1	0,96	81	01/ 1-12 2-11 3-10	0,76	4,3	5,7	15, 6	0,5	3	3,7	1,8	18,1	0,75	1, 5
26	5,5 4А132S6У3	220/ 380	6	54/ 51	225/ 158	0,35	115/115	20	1	0,96	85	01/ 1-12 2-11 3-10	0,8	4,8	6,6	16	0,9	3,5	4,4	1,8	21	0,75	1, 5
27	11 4А160S6У3	220/ 380	6	54 50	272/ 197	0,45	145/145	46	3	0,96	86	01/ 1-12 2-11 3-10	0,86	6,1	8,2	18, 8	1	3,7	6,2	2,5	34,6	1	1, 5
28	18,5 4А180М6У3	220/ 380	6	72/ 58	313/ 220	0,5	145/145	30	3	0,925	88	06/ 1-12 2-11 3-10	0,87	5	7,2	26, 5	1	3,7	6,2	2,4	40,3	1	1, 5
29	22 4А200М6У3	220/ 380	6	72/ 58	349/ 250	0,5	160/160	28	3	0,925	90	03/ 1-11	0,9	6,2	8,4	25, 7	1	3,7	7,2	3,5	39	1	1, 5
30	37 4А225М6У3	220/ 380	6	72/ 58	392/ 284	0,6	175/175	20	3	0,925	91	03/ 1-11	0,89	7	9,3	27, 6	1	3,7	7,9	3,6	44	1	1, 5
31	45 4А250S6У3	220/ 380	6	72/ 56	437/ 317	0,7	180/180	18	3	0,925	91,5	03/ 1-11	0,89	7,7	10,6	28, 6	1	3,7	8,8	3,4	54	1	1, 5
32	22 4А180S4У3	220/ 380	4	48/ 38	272/ 185	0,5	140/140	27	2	0,958	90	05/ 1-12 2-11 3-10	0,9	7,3	9,9	20, 5	1	3,7	7,5	3,5	34	1	1, 5

Задание №3

1. Синхронный генератор

Генератор с явновыраженными полюсами мощностью $S_{\text{н}}$, с числом полюсов $2p$, номинальным напряжением $U_{\text{нл}}$ эксплуатируется при номинальной нагрузке с перевозбуждением, коэффициент мощности $\cos\varphi$.

Обмотка якоря машины соединена по схеме звезда, продольное индуктивное сопротивление обмотки якоря X_{ad} , поперечное X_{aq}. Частота сети f . Индуктивное сопротивление рассеяния X_{σ} , активное сопротивление обмотки якоря R_a.

Определить:

- угол нагрузки машины θ,
- ЭДС,
- движущий момент M приводного двигателя в исследуемой точке режима, если η (табл.),
- требуемый наибольший момент M_{max} и соответствующий угол нагрузки θ_{max}.

Насыщение и рассеяние полюсов ротора машины не следует принимать во внимание.

Привести векторную диаграмму и угловую характеристику.

Исходные данные заданы для каждого варианта в таблице 1.

Таблица 1

№	$S_н$ кВА	p	$U_{нл}$ В	f, Гц	cosφ	X_{ad}, Ом	X_{aq}, Ом	X_{σ}, Ом	R_a, Ом	η, %
1.	125	3	400	50	0,8	1,28	0,77	0,128	0,026	93
2.	160				0,85	1	0,59	0,1	0,02	93
3.	200				0,9	0,96	0,576	0,08	0,016	93
4.	250				0,75	0,768	0,46	0,064	0,013	93
5.	315				0,8	0,711	0,43	0,051	0,01	93
6.	400				0,85	0,56	0,34	0,04	0,008	93
7.	500				0,9	0,48	0,288	0,032	0,0064	93
8.	630				0,75	0,381	0,23	0,025	0,006	93
9.	800				0,8	0,3	0,18	0,02	0,004	93
10.	125	5			0,85	2,048	1,21	0,256	0,027	91,3
11.	160				0,9	1,6	0,96	0,2	0,019	91,3
12.	200				0,75	1,28	0,768	0,16	0,018	91,3
13.	250				0,8	1,152	0,69	0,128	0,015	92,6
14.	315				0,85	0,914	0,53	0,102	0,012	92,6
15.	400				0,9	0,76	0,46	0,08	0,0083	92,6
16.	500				0,75	0,608	0,36	0,064	0,007	92,6
17.	630				0,8	0,483	0,28	0,051	0,0065	92,6

18.	800				0,85	0,38	0,228	0,04	0,005	93
19.	100				0,9	2,4	1,44	0,24	0,12	92,5
20.	30				0,75	9,067	5,44	0,8	0,107	88
21.	50	3			0,8	5,44	3,26	0,48	0,064	90
22.	60				0,85	5,067	3,04	0,4	0,053	90,5
23.	75				0,7	4,053	2,43	0,32	0,043	91
24.	100				0,75	2,88	1,73	0,16	0,032	92,5
25.	30				0,8	7,467	4,4	1,067	0,11	88
26.	50				0,75	4,48	2,68	0,64	0,07	90
27.	60	2			0,85	4,267	2,56	0,533	0,048	90,5
28.	75				0,9	3,41	2,05	0,427	0,035	91
29.	100				0,8	3,2	1,92	0,32	0,13	92,5

Задание №4

Синхронный двигатель с неявнополюным ротором, номинальное напряжение $U_{\text{н}}$, ненасыщенное значение продольного синхронного индуктивного сопротивления машины X_d, номинальная мощность $P_{\text{н}}$.

Определить путем расчета и построения U – образные характеристики двигателя при отдаваемых мощностях на валу $P_2 = 0; 0.25P_{\text{н}}; 0.5P_{\text{н}}; 0.75P_{\text{н}}; P_{\text{н}}$ и коэффициентах мощности $\cos\varphi = 0;\ 0{,}3; 0{,}5; 0{,}8; 1$ для случаев недовозбуждения и перевозбуждения. Определить при данных мощностях границу устойчивости работы.

При построении пренебречь насыщением и потерями в машине, не принимать во внимание активное сопротивление обмотки якоря.

№	Мощность, кВт	Напряжение, В	Продольное синхронное индуктивное сопротивление, Ом
1.	315	6000	190
2.	400	6000	162
3.	500	6000	139
4.	630	6000	119
5.	800	6000	99
6.	1000	6000	84
7.	1250	6000	71
8.	1600	6000	59
9.	2000	6000	49
10.	2500	6000	41
11.	3200	6000	34

12.	4000	6000	28
13.	5000	6000	24
14.	125	400	4,4
15.	160	4 00	3,3
16.	200	400	2,55
17.	250	400	1,95
18.	315	400	1,5
19.	400	400	1,1
20.	500	400	0,8
21.	630	400	0,63
22.	800	400	0,47
23.	100	230	1,17
24.	75	230	1,5
25.	60	230	1,71
26.	50	230	1,9
27.	30	230	2,9
28.	20	230	4,8
29.	16	230	6,4