

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Моделирование специальных задач электротехнологии», 1 семестр

### 1. Методика оценки

Выполнение расчетно-графической работы (далее - РГР) является формой текущей аттестации по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Цель РГР: закрепление знаний и получения навыков самостоятельного решения сложных инженерных задач, методом конечных элементов, возникающих в процессе проектирования различных агрегатов электротехнологических установок или технологических процессов на базе этих установок, с использованием специализированного программного пакета ANSYS, студенты должны выполнить расчетно-графическое задание, связанное с моделированием процесса нестационарного индукционного нагрева заготовки под закалку.

Номер задания соответствует последней цифре (цифрам) в номере зачетной книжки (студенческого билета). РГР выполняется индивидуально. Количество заданий достаточно для обеспечения, каждого обучающегося индивидуальным заданием РГР. Замена задания РГР осуществляется по согласованию с преподавателем из числа резервных (не занятых) заданий.

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

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

1. Титульный лист (см. ниже).
1. Назначение и описание технологического процесса закалки.
2. Математическая модель электромагнитных процессов в моделируемой системе.
3. Математическая модель тепловых процессов в моделируемой системе.
4. Создание конечно-элементной модели электромагнитных процессов в моделируемой системе в среде ANSYS.
5. Создание конечно-элементной модели тепловых процессов в моделируемой системе в среде ANSYS.
6. Алгоритм сопряжения моделей электромагнитных и тепловых процессов.
7. Рассчитанные величины:
  - 7.1. Подбранное значение тока в индукторе, число витков и ток в первичной обмотке согласующего трансформатора (во вторичной обмотке – 1 виток).
  - 7.2. Определить параметры согласующего трансформатора.
  - 7.3. Графики нагрева: требуется построить семейство кривых  $t$  ( $\tau$ ) в различных слоях. Здесь следует показать конечный перепад температур на слое под закалку.
  - 7.4. Картина электромагнитного поля на начальном этапе нагрева, значения напряженности магнитного поля в слоях металла.
  - 7.5. Картина температур в конце нагрева.
  - 7.6. Графики изменения мощности:
    - полезной  $P_{\text{пол}} = f(\tau)$ ,
    - потерь в индукторе  $P_{\text{пот } \text{и}} = f(\tau)$ ,
    - потерь в экране  $P_{\text{пот } \text{э}} = f(\tau)$ .
8. Заключение по работе.

## 9. Список использованной литературы, интернет-источников и программных средств.

### *Требования к оформлению:*

Объем РГЗ(З) до 10 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 стилистических 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 РГР 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 РГР студент её распечатывает, передает на кафедру и защищает до сессии в назначенное преподавателем время.

Защита РГР 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. Уровни сформированности компетенций и критерии оценки

РГР считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно и без ошибок; все разделы РГР 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, что свидетельствует об уровне сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на продвинутом уровне. Оценка составляет *от 17 до 20 баллов*.

РГР считается выполненной **на базовом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно и без существенных ошибок; все разделы РГР 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 не принципиальные ошибки, что свидетельствует об уровне сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на базовом уровне. Оценка составляет *от 14 до 16 баллов*.

РГР 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 РГР вызывает у студента серьезные затруднения, что свидетельствует об уровне сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на пороговом уровне. Оценка составляет *от 13 до 10 баллов*.

РГР считается **не выполненной**, если расчеты произведены с серьезными ошибками; есть замечания к полноте предоставления информации и оформлению; РГР была сдана преподавателю, но неоднократно возвращалась студенту для доработки, что не привело к улучшению ее качества; РГР не допущена до защиты, что свидетельствует об не сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов. Оценка составляет *ме-*

нее 10 баллов.

### 3. Шкала оценки

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

РГР как форма текущей аттестации (контроля) по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем его заданиям составляет от 10 до 20 баллов включительно.

### 4. Примерный перечень тем РГР

В процессе выполнения работы необходимо обеспечить выполнение следующих технологических требований:

- толщина слоя под закалку  $\delta = 1 \text{ мм}$ ;
- температура поверхности изделия в конце нагрева  $t_{\text{кон}} = 750 \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- перепад температур в слое под закалку  $\Delta t \leq 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- время нагрева  $\tau_{\text{нагр}} \leq 25 \text{ с}$ ,

а также технические требования:

– индуктор получает питание через согласующий трансформатор от стабилизированного источника тока повышенной частоты. Ток в первичной обмотке трансформатора может регулироваться в диапазоне от 2 до 50 А. Частота источника 100 кГц. Форма кривой тока – чистая синусоида;

- величина тока в индукторе лежит в пределах 3..10 кА;
- зазор между индуктором и нагреваемой заготовкой от 2 до 5 мм.

Вариантные задания формируются следующим образом:

- вид геометрической модели выбирается по первой букве фамилии:

Вариант 1 – А, Ж, Н, У, Ч;

Вариант 2 – Б, З, О, Ф, Ш;

Вариант 3 – В, И, П, Х, Щ;

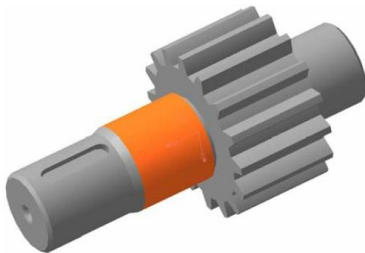
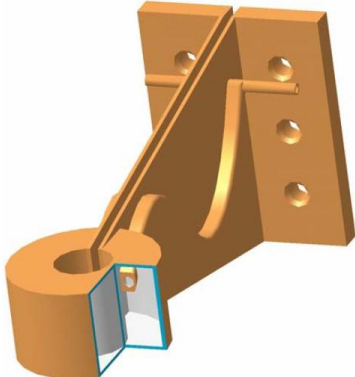
Вариант 4 – Г, К, Р, Ц, Э;

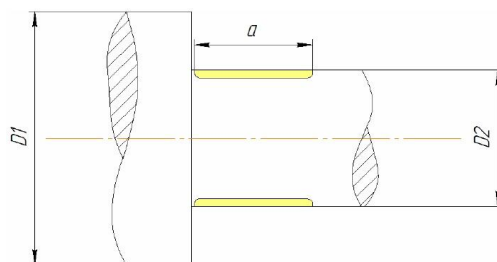
Вариант 5 – Д, Л, С, Ю;

Вариант 6 – Е, М, Т, Я.

– размеры модели выбираются по таблице, приведенной в каждом из вариантов заданий. Номер подварианта соответствует сумме цифр дня рождения (например: Иванов Алексей Петрович, 29 февраля 1980 г. – Вариант № 3-11).

#### ВАРИАНТ №1

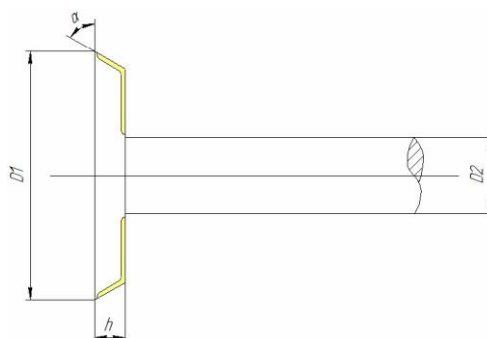
Внешний вид нагреваемой детали	Ориентировочный вид индуктора
	



№ подварианта	$D1$ , мм	$D2$ , мм	$a$ , мм
1	40	10	10
2	38	11	11
3	36	11	11
4	34	12	15
5	32	13	15
6	33	12	15
7	35	11	14
8	37	11	20
9	39	10	20
10	41	11	15
11	45	12	15

## ВАРИАНТ №2

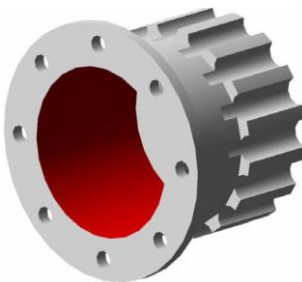
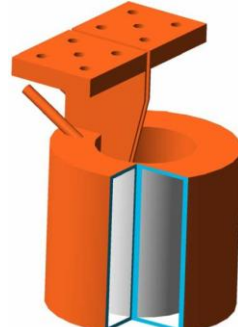
Внешний вид нагреваемой детали	Ориентировочный вид индуктора

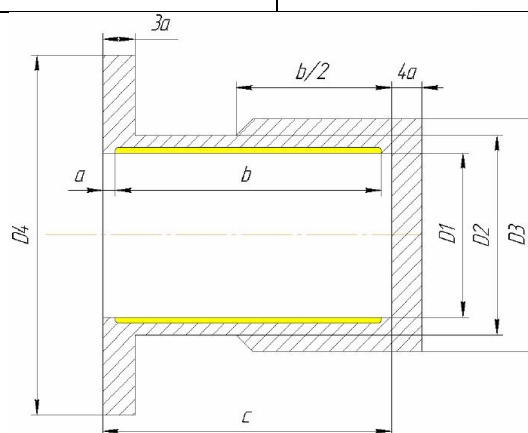


№ подварианта	$D1$ , мм	$D2$ , мм	$h$ , мм	$\alpha$ , град
1	53	10	5	45
2	55	11	6	60
3	57	11	7	46
4	59	12	8	60
5	61	13	5	45
6	65	12	6	60
7	55	10	5	45
8	60	11	8	60

9	65	10	5	45
10	50	11	6	60
11	55	12	8	45

### ВАРИАНТ №3

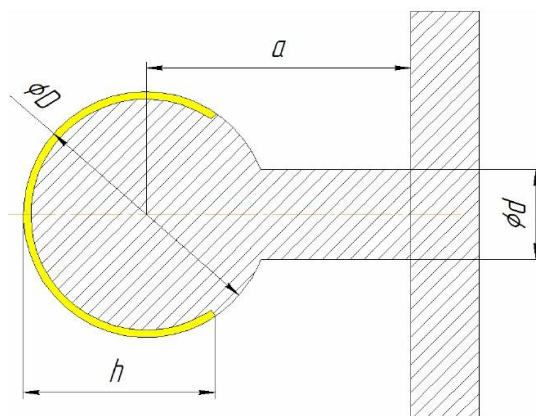
Внешний вид нагреваемой детали	Ориентировочный вид индуктора
	



№ подварианта	$a$ , мм	$b$ , мм	$c$ , мм	$D1$ , мм	$D2$ , мм	$D3$ , мм	$D4$ , мм
1	1,5	35	45	40	60	80	110
2	2	30	50	45	65	80	100
3	1,5	30	45	50	60	75	100
4	2	40	50	55	70	80	110
5	1,5	40	60	40	55	70	100
6	2	30	45	60	70	80	100
7	1,5	30	50	55	65	80	110
8	2	40	45	50	60	75	100
9	1,5	50	65	55	80	90	110
10	2	45	55	40	60	80	100
11	1,5	40	50	35	50	60	100

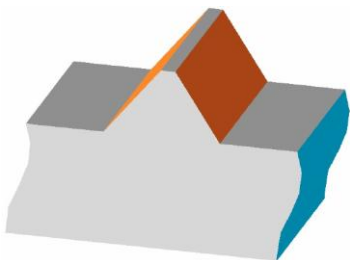
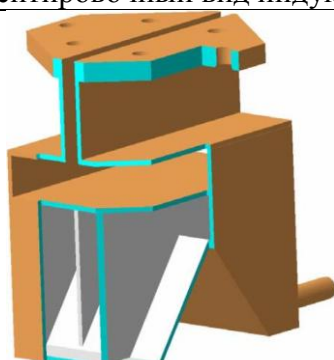
### ВАРИАНТ №4

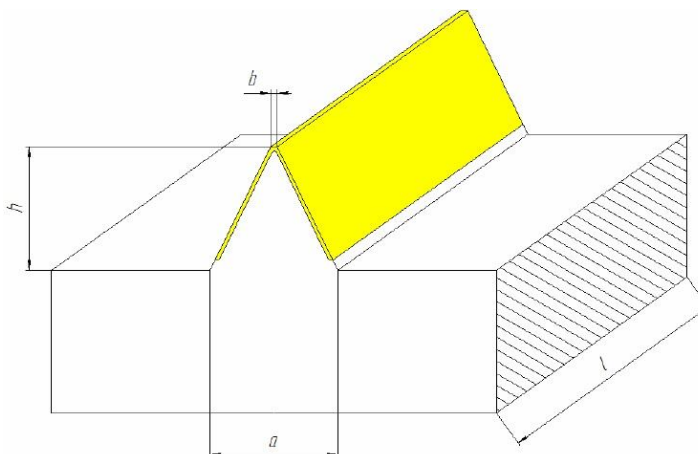
Внешний вид нагреваемой детали	Ориентировочный вид индуктора
	



№ подварианта	$a$ , мм	$d$ , мм	$D$ , мм	$h$ , мм
1	40	18	30	5
2	45	25	40	6
3	55	28	50	7
4	42	20	35	5
5	55	27	45	6
6	65	30	55	7
7	70	32	60	5
8	75	38	65	6
9	80	40	70	7
10	85	40	75	5
11	90	40	80	6

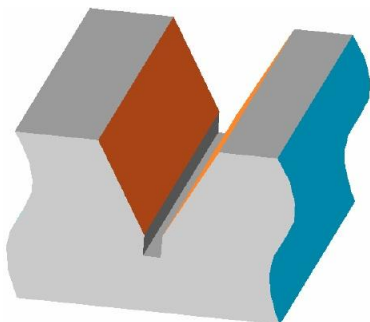
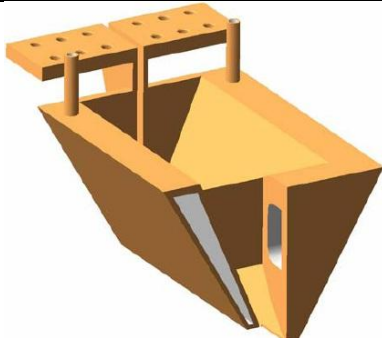
#### ВАРИАНТ №5

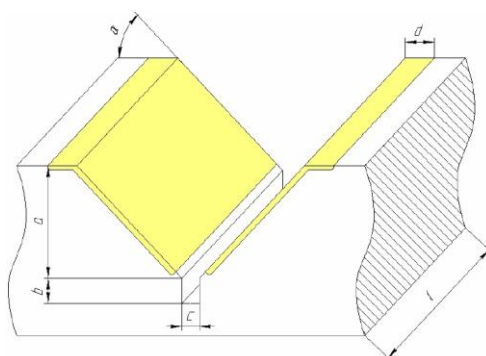
Внешний вид нагреваемой детали	Ориентировочный вид индуктора
	



№ подварианта	$a$ , мм	$b$ , мм	$h$ , мм	$l$ , мм
1	30	2	32	50
2	40	2	45	50
3	50	3	45	70
4	35	4	40	50
5	45	4	40	50
6	55	4	50	60
7	60	5	60	70
8	65	5	70	70
9	70	5	70	70
10	75	7	60	80
11	80	10	60	100

# ВАРИАНТ №6

Внешний вид нагреваемой детали	Ориентировочный вид индуктора
	



№ подварианта	$a$ , мм	$b$ , мм	$c$ , мм	$d$ , мм	$l$ , мм	$\alpha$ , град
1	40	5	5	5	50	60
2	45	4	10	6	50	65
3	55	4	8	7	60	60
4	60	6	8	5	60	65
5	45	8	6	6	50	60
6	65	10	10	7	70	60
7	60	12	5	5	70	60
8	65	7	10	6	70	65
9	70	7	8	7	80	60
10	75	6	8	5	80	60
11	50	6	8	6	60	60