

# Курсовой проект «Трехфазный силовой масляный трансформатор»



Оформление пояснительной записки и  
выполнение чертежа

# Структурные элементы пояснительной записки

1. Титульный лист
2. Лист задания
3. Реферат
4. Ведомость курсового проекта
5. Содержание
6. Введение
7. Электромагнитный расчет
8. Тепловой расчет
9. Механический расчет
10. Заключение
11. Приложение А – Спецификация
12. Приложение Б – Библиографический список
13. Графическая часть – Сборочный чертеж трансформатора (формат А1)

# Титульный лист

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВПО «ВятГУ»)  
Вечерне-заочный факультет  
Кафедра «Электрические машины и аппараты»

## ТРЕХФАЗНЫЙ СИЛОВОЙ МАСЛЯНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

Пояснительная записка

Курсовой проект по дисциплине  
«Электрические машины»

ТПЖА.672233.009ПЗ

Разработал студент гр. 2-11ЭиЭу \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ А. А. Иванов/

Руководитель \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Н.В. Тимина \_\_\_\_/

Проект защищен с оценкой « \_\_\_\_\_ » « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

Члены комиссии \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Киров, 2012 г.

# Задание

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Вечерне-заочный факультет  
Кафедра «Электрические машины и аппараты»

## ЗАДАНИЕ № 1

на курсовой проект  
по дисциплине «Электрические машины»

Тема проекта: «Трехфазный силовой масляный трансформатор»

Студент Андрюшев Владимир Павлович группы 2-11-ЭиЭу.

1. Исходные данные к проекту  $S_{ном}=25$  кВА,  $f=50$  Гц,  $U_{нн}=0,4$  кВ.

$U_{вн}=6$  кВ, регулир  $U_{вн}=2 \times 2,5\%$  ПБВ, материал обмоток - медь,

Охлаждение -масляное,  $i_{жж}=3\%$ ,  $P_{жж}=0,12$  кВт,  $P_{кз}=0,6$  кВт,

$\zeta_{кз}=4,5\%$ , группа – Y/Yн-0.

2. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке  
вопросов):

- электромагнитный расчет;

-тепловой и вентиляционный расчеты;

- механический расчет и температура обмоток при коротком замыкании.

3. Графическая часть:

- сборочный чертеж трансформатора;

4. График выполнения проекта:

- расчетная часть 40% к

- графическая часть 30% к

- оформление пояснительной записки 30% к 01.04.13

Руководитель Н.В. Тимина 2012 г.

Задание принял \_\_\_\_\_ 2012 г.

# Реферат

## Структура реферата:

- Библиографическая запись
- Перечень ключевых слов
- Текст реферата (тема, объект, характер и цель работы; метод проведения работы; конкретные результаты работы; выводы; область применения).

Объем реферата – не более 1 страницы

## РЕФЕРАТ

Деньгин А. Г. Трехфазный силовой масляный трансформатор Курс. проект. ТПЖА. 672233.003ПЗ / ВятГУ, каф. ЭМА; рук. Н. В. Тимина. – Киров, 2012. Гр. ч. 1 л. ФА1, ПЗ 52 с., 7 рис., 2 табл., 2 прил.: специф. 2 л., 2 источника.

### **ТРАНСФОРМАТОР СИЛОВОЙ, ПЛОСКАЯ МАГНИТНАЯ СИСТЕМА, ОБМОТКА ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ, ХОЛОСТОЙ ХОД, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПБВ**

Объектом исследования является трехфазный двухобмоточный силовой трансформатор с масляным естественным охлаждением и алюминиевыми обмотками.

Цель работы – определить основные размеры трансформатора, тип и размеры обмоток, потери в них, размеры магнитной системы трансформатора, потери и ток холостого хода, механические силы, действующие на обмотки при коротком замыкании.

Требования к трансформатору обеспечить требуемые энергетические показатели на протяжении заданного срока службы и требования нагревостойкости.

Для решения поставленной задачи выполнен электромагнитный и поверочный тепловой расчеты с учетом указанных требований.

Полученные характеристики спроектированного трансформатора соответствуют характеристикам серийных трансформаторов. Потери холостого хода увеличились на 3,1%, ток холостого хода уменьшился на 40,6%, потери короткого замыкания уменьшились на 7,4%. Превышение средней температуры обмоток низкого и высокого напряжения над температурой воздуха составило соответственно 31,6°С и 35,99°С.

Трансформатор данного типа применяется для передачи и распределения электроэнергии в низковольтных цепях.

# Ведомость

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол-во листов	№ экз.	Примечание
1			Документация общая			
2			Вновь разработанная			
3						
4	A4	ТПНА. 672233. 003 ГВ	Пояснительная записка	52		
5	A1	ТПНА. 672233. 003 СБ	Трехфазный трансформатор	1		
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

					<b>ТПНА. 672233. 003 ДК1</b>		
Изм.	Лист	№ Дкум.	Подпись	Дата	<b>Трехфазный силовой мостяный трансформатор</b>		
Разработ.	Деньгин						
Провер.	Тихиха						
Рецензент							
Н.контр.							
Утв.					Лист	Лист	Листов
					1	1	1
					ВятГУ, каф. ЭМА, Группа ЭМ - 51		

# Содержание

## Содержание

<i>Введение</i> .....	3
<i>1 Электромагнитный расчет</i> .....	5
1.1 <i>Расчет основных электрических величин</i> .....	5
1.2 <i>Расчет основных размеров трансформатора</i> .....	6
1.3 <i>Расчет обмоток трансформатора</i> .....	8
1.3.1 <i>Расчет обмоток низкого напряжения</i> .....	9
1.3.2 <i>Расчет обмоток высокого напряжения</i> .....	12
1.4 <i>Определение потерь короткого замыкания</i> .....	17
1.4.1 <i>Основные потери в обмотках</i> .....	17
1.4.2 <i>Добавочные потери в обмотках</i> .....	18
1.4.3 <i>Потери в отводах</i> .....	19
1.4.4 <i>Потери в стенках бака и деталях конструкции</i> .....	20
1.5 <i>Определение напряжения короткого замыкания</i> .....	20
1.6 <i>Определение механических сил в обмотках и нагрева обмоток</i> .....	21
1.7 <i>Определение размеров магнитной системы</i> .....	24
1.8 <i>Расчет потерь холостого хода</i> .....	28
1.9 <i>Расчет тока холостого хода</i> .....	30
<i>2 Поверочный тепловой расчет</i> .....	31
<i>Заключение</i> .....	39
<i>Приложение А (обязательное). Спецификации.</i>	
<i>Приложение Б (справочное). Библиографический список.</i>	

# Введение

Должно отражать:

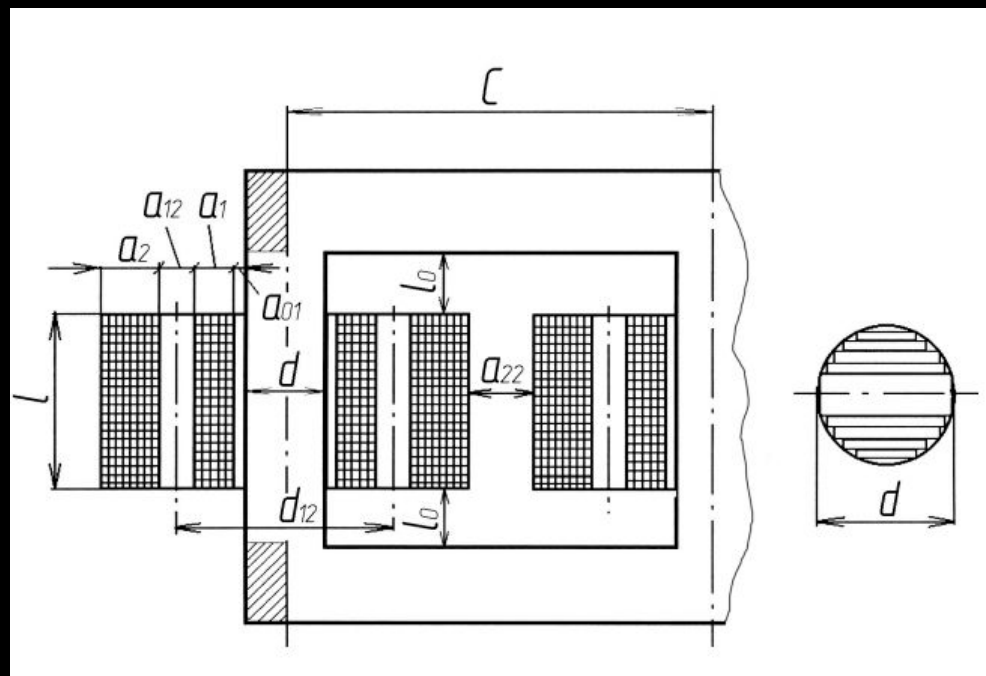
- Актуальность темы
- Назначение проектируемого объекта
- Область применения
- Степень новизны и значимости разработки
- Границы разработки



# Электромагнитный расчет

Включает в себя:

- Расчет основных электрических величин (ток, напряжение, мощность).
- Выбор главных размеров (диаметр окружности, в которую вписано ступенчатое сечение стержня, осевой размер обмоток (высота), средний диаметр витка двух обмоток или диаметр осевого канала).
- Расчет обмоточных данных трансформатора



- Расчет геометрии магнитной цепи.
- Расчет параметров обмоток
- Определение потерь холостого хода и короткого замыкания.
- Определение механических сил и нагрева обмоток



# Заключение

Дается оценка:

- полноты решения поставленной в проекте задачи;
- хозяйственной, научной, социальной значимости работы;
- научно-технического уровня выполнения работы в сравнении с достижениями в данной области проектирования.

# Библиографический список

## Приложение Б

(справочное)

### Библиографический список

1. Присмотрова Л.К., Пировских А. В., Пировских Е. Н. Проектирование силовых и специальных трансформаторов: учебное пособие - Киров, ВятГУ, 2006. - 246 с.
2. Присмотрова Л.К., Нетеча В.И., Васюра Т.О., Леготин А.Б. Дипломное проектирование электромеханических преобразователей: Учебное пособие. - Киров, ВятГУ, 2003. - 168 с.
3. Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов: учебное пособие - Москва, Энергоатомиздат, 1986 – 527 с.
4. [http://www.marketelectro.ru/articles/onfront/article\\_0716.html](http://www.marketelectro.ru/articles/onfront/article_0716.html).
5. СТП ВятГУ 101-2004. Общие требования к оформлению текстовых документов. Киров. ВятГУ. 2004. - 88 с.
6. СТП ВятГУ 103-2004. Общие требования к структуре, представлению и оформлению дипломных проектов и работ. Киров. ВятГУ, 2004. -64с.

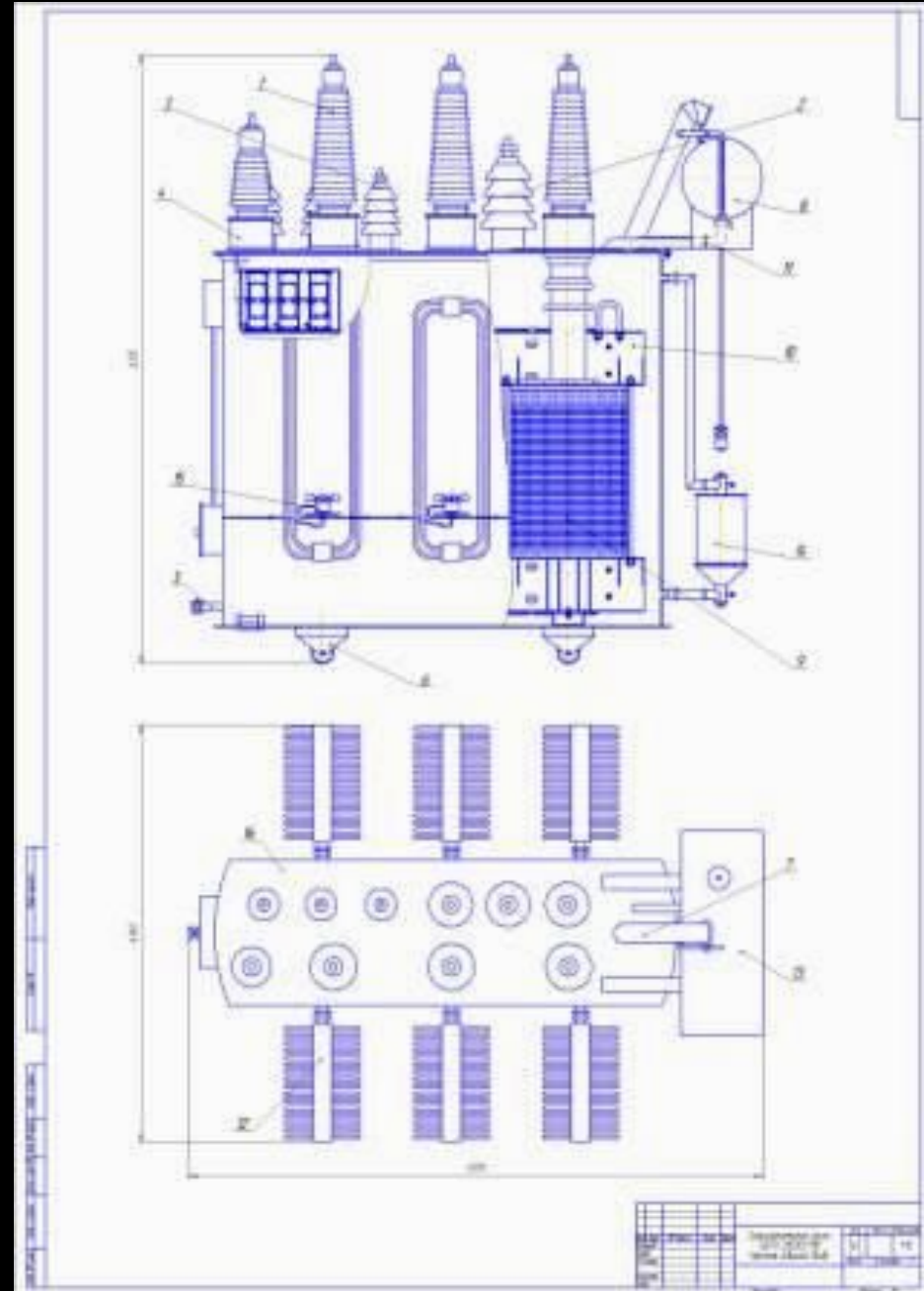
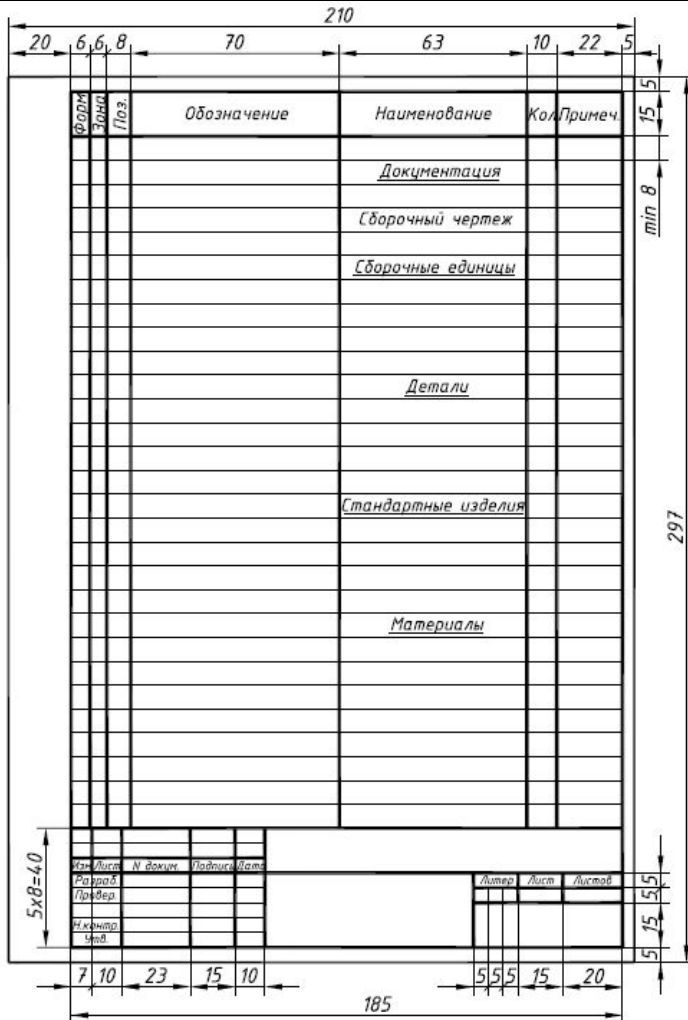
# Приложения

- Графический материал (графики и диаграммы)
- Таблицы большого формата
- Расчеты или результаты расчетов на ЭВМ
- Описание аппаратуры и приборов
- Описание алгоритмов и используемых программ
- Библиографический список

# Требования к оформлению курсового проекта

- Шрифт Times New Roman.
- Размер шрифта 14.
- Интервал 1,5.
- Выравнивание – по ширине.
- Заголовки разделов размещать по центру и выделять жирным шрифтом.
- До заголовка – 2 пустые строки, после заголовка 1.
- Формулы нумеровать по главам
- Все листы ПЗ кроме титульного, задания, реферата и библиографического списка должны быть написаны на листах с рамками.

# Графическая часть



Для выполнения сборочного чертежа трансформатора понадобится:

1. Габаритные размеры (стандартные)
2. Размеры изоляторов (стандартные)
3. Размеры обмоток ВН и НН – из электромагнитного расчета
4. Размеры магнитной системы трансформатора (ярмо+стержни, размеры ступеней) – из электромагнитного расчета.



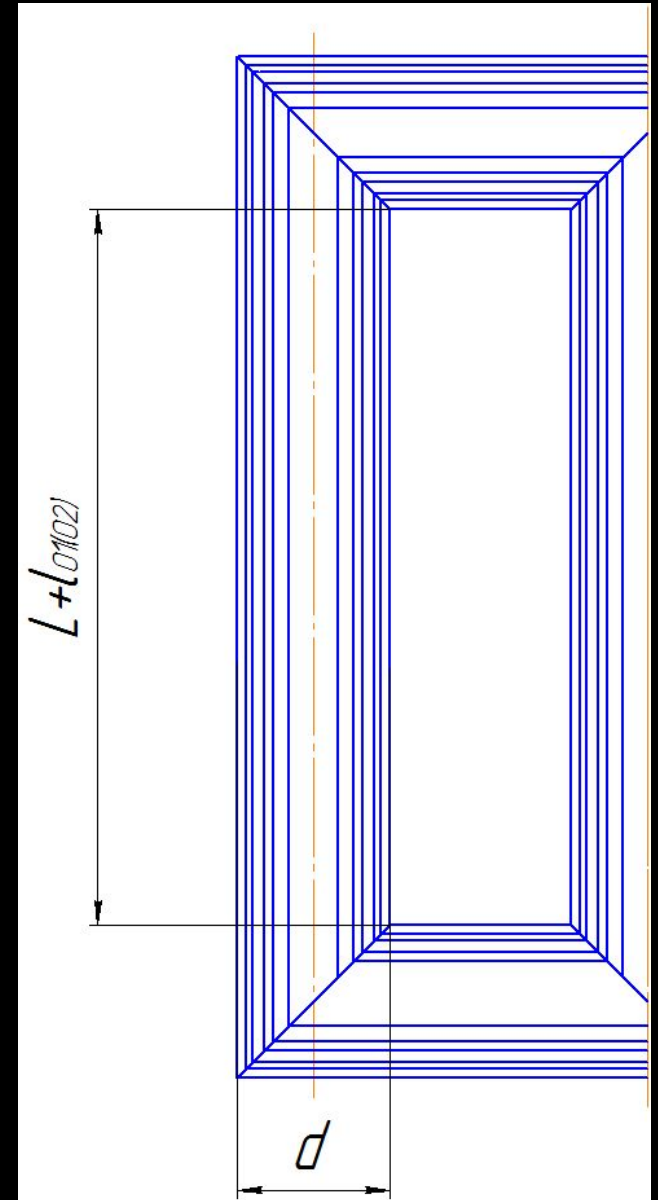
# С чего начать?

1. Рисуем часть магнитной системы трансформатора

$d$  – диаметр окружности, в которую вписано ступенчатое сечение стержня;

$L$  – высота обмоток;

$l_{01(02)}$  – изоляционные расстояния, из эскиза в расчете основных электрических величин



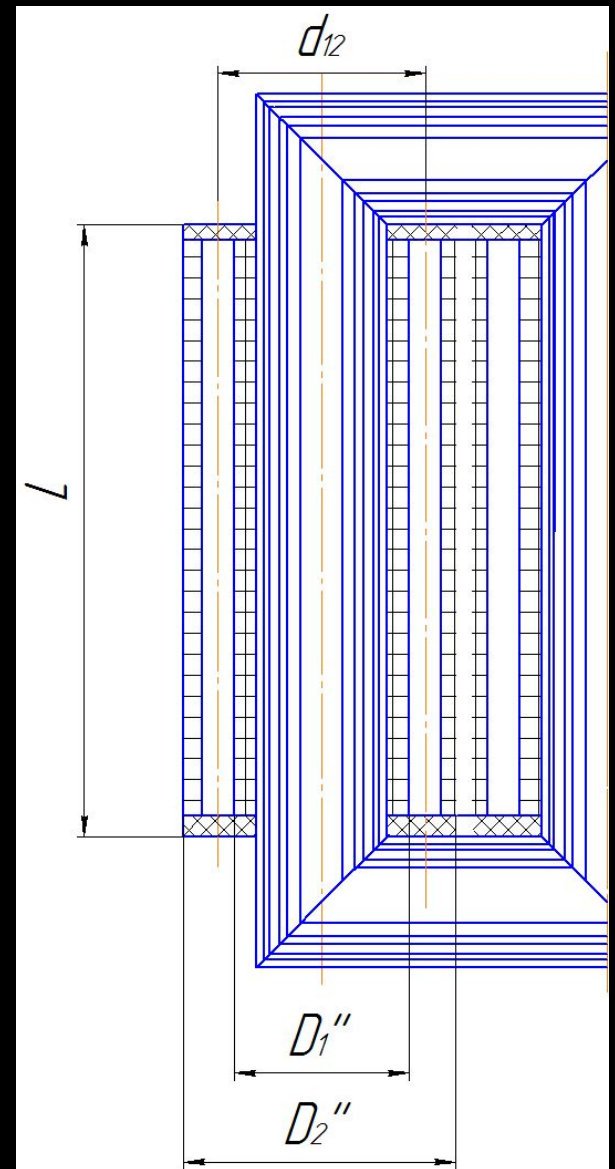
## 2. Размещаем на стержне ОВН и ОНН

$d_{12}$  – средний диаметр окружности между обмотками ОВН и ОНН;

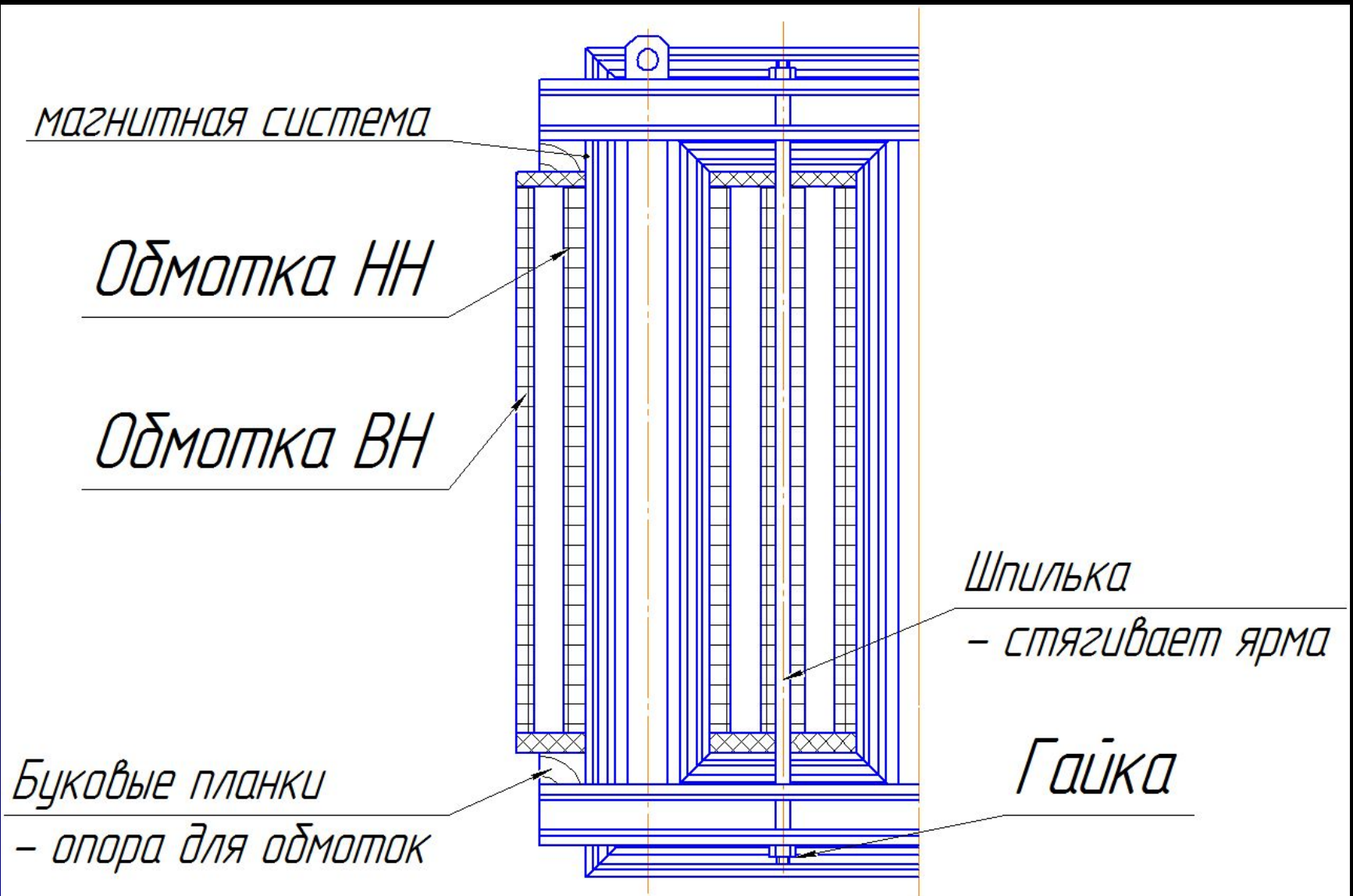
$D_1''$  – наружный диаметр ОНН;

$D_2''$  – наружный диаметр ОВН.

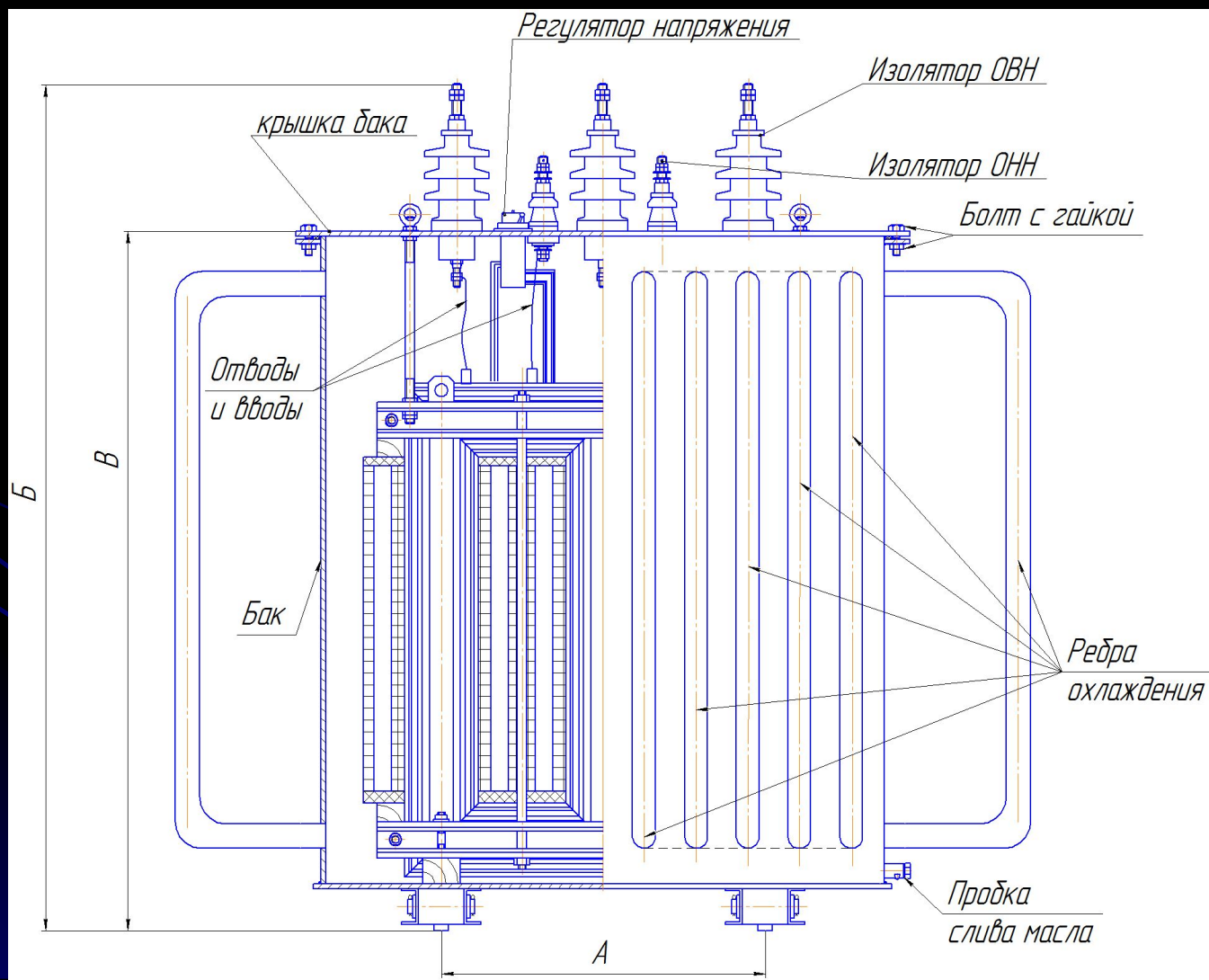
ОНН рисовать не вплотную к стержню, а на расстоянии  $a_{01}$  – из эскиза изоляционных расстояний.



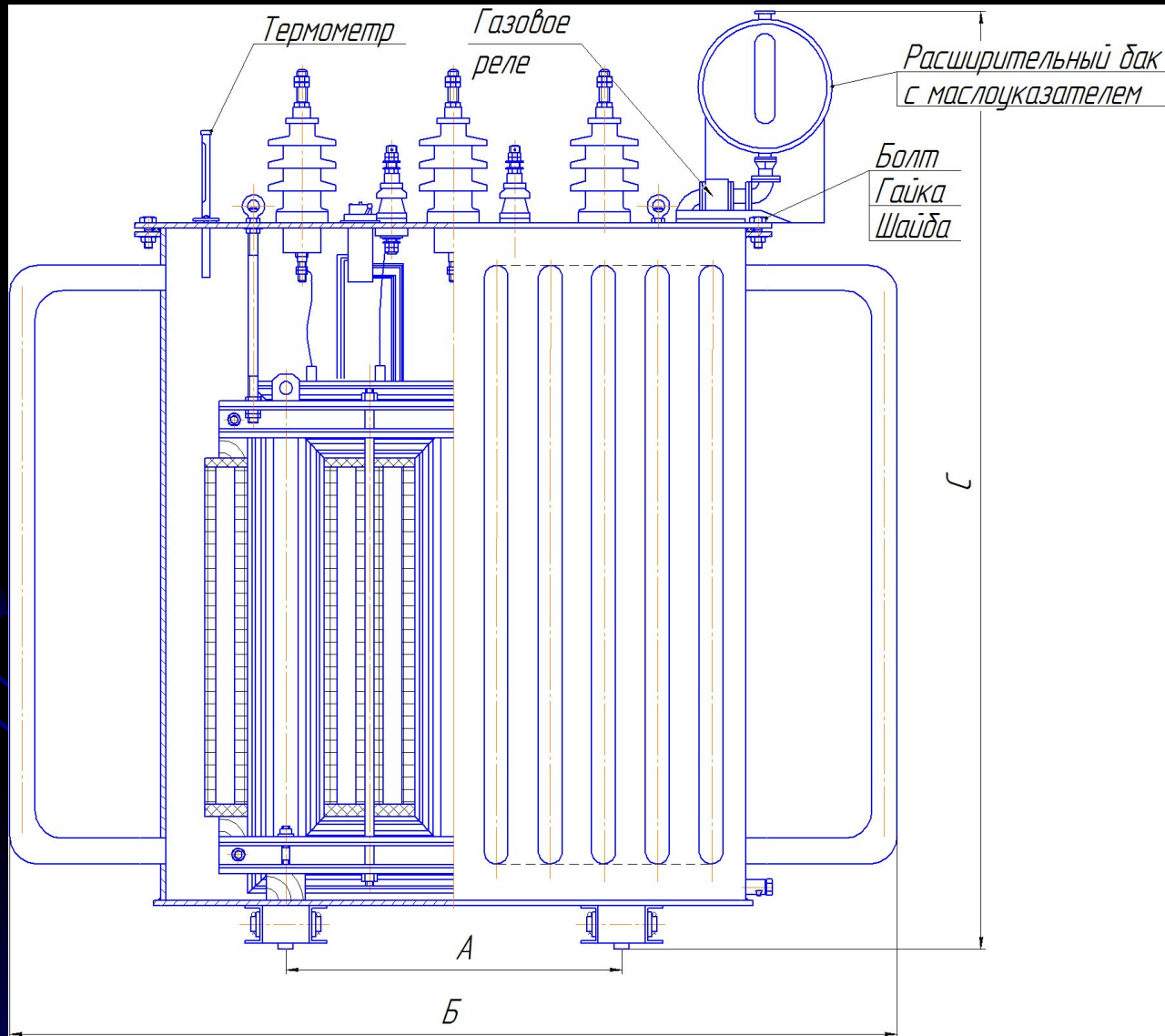
### 3. Рисуем крепление обмотки, ярма и стержней друг с другом.



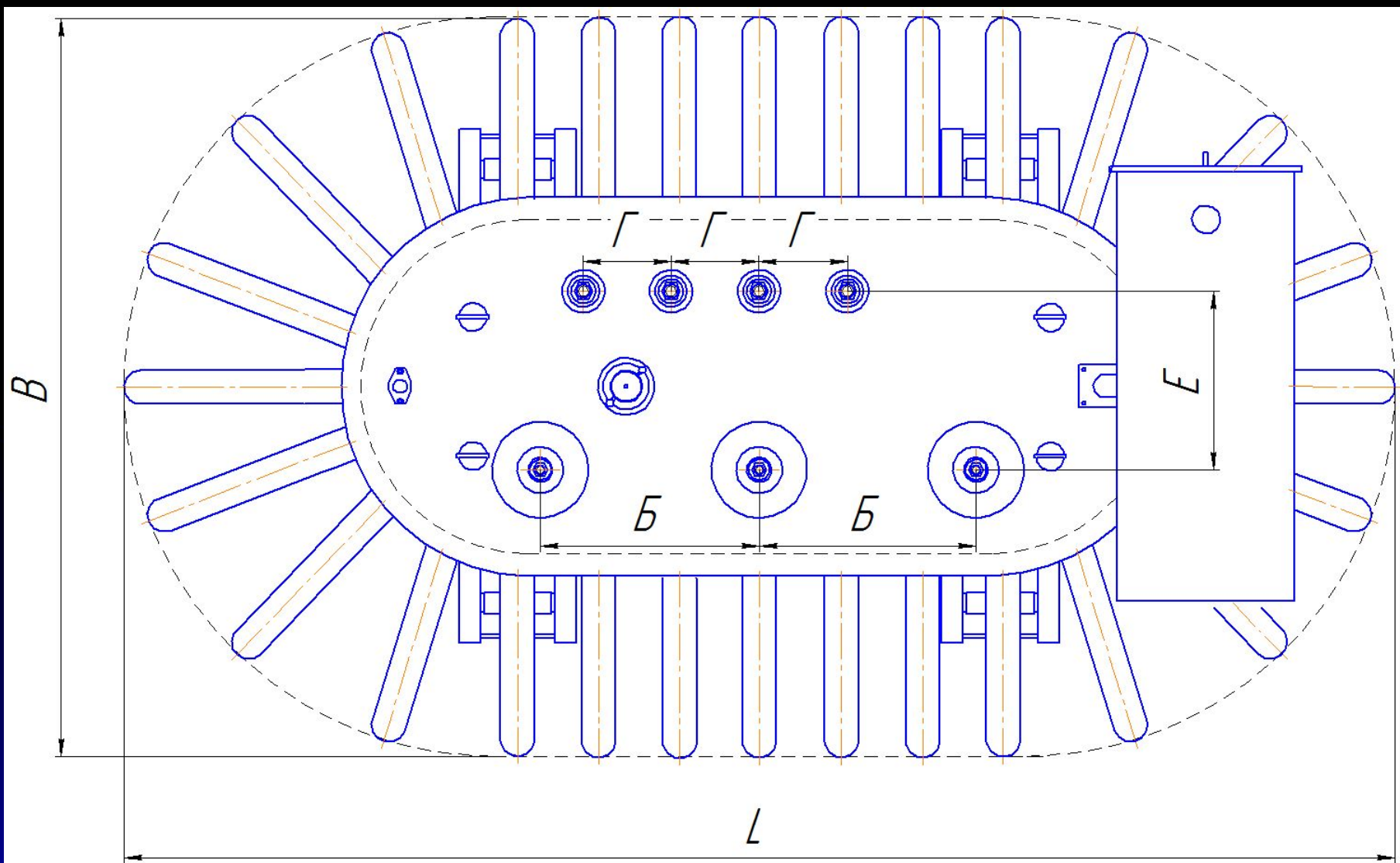
4. Помещаем магнитную систему с обмотками в бак, сверху рисуем крышку, на крышке устанавливаем изоляторы, рисуем соединение обмоток с изоляторами и регулятором напряжения.



# 5. На крышке бака рисуем защитные устройства и контрольные приборы



# 6. Рисуем для трансформатора вид сверху



# Технические требования

Для изложения **технических требований** используется принцип группировки по однородности и подобию. Располагать их рекомендуется в такой последовательности:

01. Требования которые предъявляются к заготовке, материалу для ее изготовления, готовой детали (твердость, электропроводность, намагничиваемость, гигроскопичность, влажность и т.п.), термической обработке. Если возможно изготовление детали из материалов-заменителей, то их также следует указать;

02. Размеры и их предельные отклонения, масса, взаимное расположение поверхностей и их форма;

03. Требования, предъявляемые к качеству поверхностей, наносимым на них покрытиям, указания по поводу отделки;

04. Расположение различных элементов конструкции, зазоры между ними;

05. Регулировка и настройка изделий, а также предъявляемые к ней требования;

06. Прочие требования, предъявляемые к качественным характеристикам изделий (бесшумность, самоторможение, виброустойчивость и т.п.);

07. Методика и условия проведения испытаний;

08. Указания о проведении клеймления и маркирования;

09. Правила хранения и транспортировки;

10. Особые условия использования;

11. Ссылки на прочую документацию, в которой содержатся данные технических требований к изделию, не имеющиеся на чертеже.

# Пример технических требований



1. Габаритные размеры максимальные
2. Регулирование напряжения СВН производится при снятии напряжения

				ТПЖА.672233.311 СБ		
Исполн	ИР.Дюжн	Полн	Дюжн	Трансформатор Чертеж сборочный	Лист	Листов
Состав	Исполн				7	14
Подп	Исполн			Верх/У Карьера ЭМА зв. N-3.03-311		
Техник						
Начальн						
Служб						





# Спецификация

Спецификация для учебных сборочных чертежей, имеет упрощенный вид и состоит из следующих разделов:

1. документация (сборочный чертеж)
2. сборочные единицы (если они есть);
3. детали;
4. стандартные изделия;
5. материалы (если они есть).

Technical drawing of a specification table with dimensions and section labels. The table is oriented vertically on the page. Dimensions are provided in millimeters.

**Dimensions:**

- Top width: 210
- Top-left margin: 20
- Section header width: 6, 6, 8
- Section 1 width: 70
- Section 2 width: 63
- Section 3 width: 10
- Section 4 width: 22
- Section 5 width: 5
- Right margin: 5
- Section 1 height: 15
- Section 2 height: 8
- Section 3 height: 8
- Section 4 height: 8
- Section 5 height: 8
- Section 6 height: 8
- Section 7 height: 8
- Section 8 height: 8
- Section 9 height: 8
- Section 10 height: 8
- Section 11 height: 8
- Section 12 height: 8
- Section 13 height: 8
- Section 14 height: 8
- Section 15 height: 8
- Section 16 height: 8
- Section 17 height: 8
- Section 18 height: 8
- Section 19 height: 8
- Section 20 height: 8
- Section 21 height: 8
- Section 22 height: 8
- Section 23 height: 8
- Section 24 height: 8
- Section 25 height: 8
- Section 26 height: 8
- Section 27 height: 8
- Section 28 height: 8
- Section 29 height: 8
- Section 30 height: 8
- Section 31 height: 8
- Section 32 height: 8
- Section 33 height: 8
- Section 34 height: 8
- Section 35 height: 8
- Section 36 height: 8
- Section 37 height: 8
- Section 38 height: 8
- Section 39 height: 8
- Section 40 height: 8
- Section 41 height: 8
- Section 42 height: 8
- Section 43 height: 8
- Section 44 height: 8
- Section 45 height: 8
- Section 46 height: 8
- Section 47 height: 8
- Section 48 height: 8
- Section 49 height: 8
- Section 50 height: 8
- Section 51 height: 8
- Section 52 height: 8
- Section 53 height: 8
- Section 54 height: 8
- Section 55 height: 8
- Section 56 height: 8
- Section 57 height: 8
- Section 58 height: 8
- Section 59 height: 8
- Section 60 height: 8
- Section 61 height: 8
- Section 62 height: 8
- Section 63 height: 8
- Section 64 height: 8
- Section 65 height: 8
- Section 66 height: 8
- Section 67 height: 8
- Section 68 height: 8
- Section 69 height: 8
- Section 70 height: 8
- Section 71 height: 8
- Section 72 height: 8
- Section 73 height: 8
- Section 74 height: 8
- Section 75 height: 8
- Section 76 height: 8
- Section 77 height: 8
- Section 78 height: 8
- Section 79 height: 8
- Section 80 height: 8
- Section 81 height: 8
- Section 82 height: 8
- Section 83 height: 8
- Section 84 height: 8
- Section 85 height: 8
- Section 86 height: 8
- Section 87 height: 8
- Section 88 height: 8
- Section 89 height: 8
- Section 90 height: 8
- Section 91 height: 8
- Section 92 height: 8
- Section 93 height: 8
- Section 94 height: 8
- Section 95 height: 8
- Section 96 height: 8
- Section 97 height: 8
- Section 98 height: 8
- Section 99 height: 8
- Section 100 height: 8

**Section Labels:**

- Документация
- Сборочный чертеж
- Сборочные единицы
- Детали
- Стандартные изделия
- Материалы

**Bottom Section Labels:**

- Изм. Лист
- Разраб.
- Провер.
- И. контр.
- Челв.
- № докум.
- Листов
- Лист
- Листов

**Dimensions at Bottom:**

- Section 1 width: 7
- Section 2 width: 10
- Section 3 width: 23
- Section 4 width: 15
- Section 5 width: 10
- Section 6 width: 5
- Section 7 width: 5
- Section 8 width: 5
- Section 9 width: 15
- Section 10 width: 20
- Section 11 width: 5
- Section 12 width: 5
- Section 13 width: 5
- Section 14 width: 5
- Section 15 width: 5
- Section 16 width: 5
- Section 17 width: 5
- Section 18 width: 5
- Section 19 width: 5
- Section 20 width: 5
- Section 21 width: 5
- Section 22 width: 5
- Section 23 width: 5
- Section 24 width: 5
- Section 25 width: 5
- Section 26 width: 5
- Section 27 width: 5
- Section 28 width: 5
- Section 29 width: 5
- Section 30 width: 5
- Section 31 width: 5
- Section 32 width: 5
- Section 33 width: 5
- Section 34 width: 5
- Section 35 width: 5
- Section 36 width: 5
- Section 37 width: 5
- Section 38 width: 5
- Section 39 width: 5
- Section 40 width: 5
- Section 41 width: 5
- Section 42 width: 5
- Section 43 width: 5
- Section 44 width: 5
- Section 45 width: 5
- Section 46 width: 5
- Section 47 width: 5
- Section 48 width: 5
- Section 49 width: 5
- Section 50 width: 5
- Section 51 width: 5
- Section 52 width: 5
- Section 53 width: 5
- Section 54 width: 5
- Section 55 width: 5
- Section 56 width: 5
- Section 57 width: 5
- Section 58 width: 5
- Section 59 width: 5
- Section 60 width: 5
- Section 61 width: 5
- Section 62 width: 5
- Section 63 width: 5
- Section 64 width: 5
- Section 65 width: 5
- Section 66 width: 5
- Section 67 width: 5
- Section 68 width: 5
- Section 69 width: 5
- Section 70 width: 5
- Section 71 width: 5
- Section 72 width: 5
- Section 73 width: 5
- Section 74 width: 5
- Section 75 width: 5
- Section 76 width: 5
- Section 77 width: 5
- Section 78 width: 5
- Section 79 width: 5
- Section 80 width: 5
- Section 81 width: 5
- Section 82 width: 5
- Section 83 width: 5
- Section 84 width: 5
- Section 85 width: 5
- Section 86 width: 5
- Section 87 width: 5
- Section 88 width: 5
- Section 89 width: 5
- Section 90 width: 5
- Section 91 width: 5
- Section 92 width: 5
- Section 93 width: 5
- Section 94 width: 5
- Section 95 width: 5
- Section 96 width: 5
- Section 97 width: 5
- Section 98 width: 5
- Section 99 width: 5
- Section 100 width: 5

**Other Dimensions:**

- Left margin: 5x8=40
- Bottom margin: 5
- Section 1 height: 15
- Section 2 height: 8
- Section 3 height: 8
- Section 4 height: 8
- Section 5 height: 8
- Section 6 height: 8
- Section 7 height: 8
- Section 8 height: 8
- Section 9 height: 8
- Section 10 height: 8
- Section 11 height: 8
- Section 12 height: 8
- Section 13 height: 8
- Section 14 height: 8
- Section 15 height: 8
- Section 16 height: 8
- Section 17 height: 8
- Section 18 height: 8
- Section 19 height: 8
- Section 20 height: 8
- Section 21 height: 8
- Section 22 height: 8
- Section 23 height: 8
- Section 24 height: 8
- Section 25 height: 8
- Section 26 height: 8
- Section 27 height: 8
- Section 28 height: 8
- Section 29 height: 8
- Section 30 height: 8
- Section 31 height: 8
- Section 32 height: 8
- Section 33 height: 8
- Section 34 height: 8
- Section 35 height: 8
- Section 36 height: 8
- Section 37 height: 8
- Section 38 height: 8
- Section 39 height: 8
- Section 40 height: 8
- Section 41 height: 8
- Section 42 height: 8
- Section 43 height: 8
- Section 44 height: 8
- Section 45 height: 8
- Section 46 height: 8
- Section 47 height: 8
- Section 48 height: 8
- Section 49 height: 8
- Section 50 height: 8

**Total Dimensions:**

- Total width: 185
- Total height: 297

# Второй и последующие ЛИСТЫ спецификации

Technical drawing of a specification sheet layout. The drawing shows a grid of 15 columns and 20 rows. The total width is 210 units, and the total height is 297 units. The grid is divided into several sections by vertical lines. The columns are labeled as follows:

Форм. Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол	Примеч.

Dimensions and layout details:

- Total width: 210
- Top margins: 20, 6, 6, 8, 70, 63, 10, 22, 5
- Right margin: 5
- Bottom margin: 5
- Bottom margin: 8
- Bottom margin: 15
- Bottom margin: 5
- Bottom margin: 8
- Bottom margin: 7
- Bottom margin: 10
- Bottom margin: 23
- Bottom margin: 15
- Bottom margin: 10
- Bottom margin: 10
- Bottom margin: 185
- Bottom margin: 5
- Bottom margin: 8
- Bottom margin: 7
- Bottom margin: 5
- Bottom margin: 297
- Bottom margin: 5x3=15
- Bottom margin: 5
- Bottom margin: 8
- Bottom margin: 7
- Bottom margin: 5

# Пример спецификации

Формат Электр. Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
		Документация		
A1	ТПЖА.672233.018 СБ	Сборочный чертёж		
		Сборочные единицы		
	1 ТПЖА.493700.018	Переключатель ПБВ	1	
	2 ТПЖА.684423.018	Магнитопровод	1	
	3 ТПЖА.685565.018	Ввод ВН	3	
	4 ТПЖА.685566.018	Ввод НН	4	
	5 ТПЖА.711100.018	Термометр	1	
	6 ТПЖА.711113.018	Крышка бака	1	
	7 ТПЖА.732115.018	Бак	1	
	8 ТПЖА.735315.018	Расширитель	1	
		Детали		
	9 ТПЖА.711113.001	Пробка для слива масла	1	
	10 ТПЖА.754160.001	Прокладка	1	
		Стандартные изделия		
		Болт ГОСТ 13622-84		
	11	М 10x1,5	40	
		Гайка ГОСТ 7929-79		
	12	М10x1,5-6Н	40	
	13	Шайба 10.03 ГОСТ 6402-70	40	
ТПЖА.672233.018				
Изм. / Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	
Разраб.	Малкоб			
Проб.	Тимашенко			
Реценз.	Кондратьев			
Н.контр.	Легатин			
Утв.	Изабов			
Трёхфазный трансформатор			Лист	Лист
			71	1
			ВятГУ, каф. ЭМА, гр. 09-ЭМу	
			Формат	A4