

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
«Северный Арктический федеральный университет»

Институт энергетики и транспорта

Кафедра электротехники и энергетических систем

## **Электрический расчёт**

### **Индукционной тигельной печи**

Методические указания  
к выполнению расчётно – графической  
работы по электротехнологическим установкам

Архангельск  
2014

Рассмотрены и рекомендованы к изданию  
методической комиссией института энергетики и транспорта  
«Северного Арктического федерального университета»  
«26» 03.2014 г.

Составители:

А.А. Горяев, доц., канд. техн. наук,  
Н.Б. Баланцева, доц. Канд. техн. наук

Рецензент

С.В. Петухов, доц., канд. техн. наук

УДК 621.3.031

Горяев А.А., Баланцева Н.Б. Расчёт индукционной тигельной печи:  
методические указания к выполнению расчётно – графической работы № 6 по  
электротехнологии. – Архангельск: Изд – во САФУ, 2014. – 19 с.

Подготовлены кафедрой электротехники и энергетических систем ИЭиТ.  
В настоящих указаниях приведён поэтапный расчёт индукционной тигельной  
печи. Приведены порядок выполнения работы и требования к его оформлению.  
Предназначены для студентов специальности 140100.62 всех форм обучения.  
Табл. 5, библиогр 5.

@ Северный Арктический  
федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова  
Горяев А.А.  
Баланцева Н.Б.  
2014

В соответствии с учебным планом студенты специальности 140100.62  
выполняют расчётно – графическую работу по дисциплине  
«Электротехнологические установки» по теме «Электрический расчёт  
индукционной тигельной печи (ИТП)»

## Введение

Под индукционной установкой понимают весь комплекс устройств, обеспечивающих осуществление электротермического процесса.

Индукционной печью называется часть индукционной установки, включающая индуктор, каркас, камеру для плавки и т. д.

При плавке в тигельной печи ферромагнитных металлов разогрев шихты в первый период до точки Кюри ( $740 \sim 770^\circ\text{C}$ ), магнитная проницаемость сохраняет свою величину и разогрев шихты произойдёт не только за счёт тепла, выделяемого от циркуляции в ней вихревых токов, но и за счёт потерь на её перемагничивание, которое в этот период наблюдается в шихте. После точки Кюри ферромагнитные тела теряют свои магнитные свойства ( $\mu = 1$ ) и индукционная тигельная печь по принципу действия подобна воздушному трансформатору.

Мощность и тепло, выделяемое вихревыми токами, зависят от частоты переменного магнитного поля.

Для эффективной работы печи без сердечника приходится питать их токами повышенной частоты.

Каждой ёмкости печи и сопротивлению шихты соответствует своя оптимальная частота питающего тока. При частоте, ниже оптимальной, КПД печи сильно понижается, выше оптимальной – почти не изменяется.

С увеличением ёмкости печи частоту тока можно снизить.

## Электрический расчёт индукционной тигельной печи

Для проведения электрического расчёта необходимо знать:

- вид металла;
- характерный размер кусков шихты;
- температуру загружаемой шихты;
- температуру плавления и разливки;
- Удельные электросопротивления шихты для вышеуказанных температур;
- теплосодержание или энтальпию, теплоёмкость и скрытую теплоту плавления металла;
- ёмкость тигля;
- производительность печи;
- длительность процесса плавки;
- длительность вспомогательных операций;
- параметры питающей сети.

## 1. Расчёт мощности индукционной тигельной печи (ИТП)

Полезная мощность ИТП определяется по выражению

$$P_{\text{пол}} = \frac{qG}{3.6\tau_{\text{пл}}}, \text{Вт},$$

где -  $q$  – теплосодержание расплавляемого металла при температуре разливки, Дж/кг;

$G$  – ёмкость печи, т;

$\tau_{\text{пл}}$  – продолжительность плавки, ч.

Суммарные тепловые потери  $\Delta P_m$  составляют 10% полезной мощности печи  $P_{\text{пол}}$ .

Термический КПД  $\eta_m$  индукционной тигельной печи составляет 75 ÷ 95% и определяется по выражению

$$\eta_m = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{пол}} + \Delta P_m}.$$

Активная мощность  $P_2$ , передаваемая в загрузку ИТП определяется по выражению

$$P_2 = P_{\text{пол}} + \Delta P_m, \text{Вт}.$$

Активная мощность  $P_{\text{п}}$  ИТП ориентировочно определяется по выражению

$$P_{\text{п}} = P_2 / \eta_{\text{э}}, \text{Вт}$$

где  $\eta_{\text{э}}$  – электрический КПД индуктора ИТП.

Значение  $\eta_{\text{э}}$  может составлять 70 ÷ 95%.

При плавке алюминия  $\eta_{\text{э}} = 0,5 \div 0,6$ , при плавке чугуна и стали

$\eta_{\text{э}} = 0,7 \div 0,85$ .

Мощность источника питания  $P_{\text{ист}}$  должна быть несколько больше (на 5 ÷ 10%) активной мощности  $P_{\text{п}}$ . Это связано с тем, что источник питания должен покрывать потери  $\Delta P_{\text{т.к}}$  в токопроводе и конденсаторах.

Мощность источника питания определяется по выражению (Приложение 2)

$$P_{\text{ист}} = P_{\text{п}} + \Delta P_{\text{т.к}}.$$

После определения установочной мощности печной установки и выбора частоты тока производится подбор источника питания.

## 2. Расчёт частоты источника питания индукционной тигельной печи

Минимальная частота тока печи с кусковой шихтой определяется

$$f \geq \frac{3 \cdot 10^6 \rho_2}{\mu_{r2} \cdot d_2^2} \cong f_{\min}$$

где  $\rho_2$  – удельное электрическое сопротивление материала загрузки, Ом\*м;

$\mu_{r2}$  – относительная магнитная проницаемость материала загрузки;

$f$  – частота тока, Гц;

$d_2$  – внутренний диаметр тигля.

Определив  $f_{\min}$ , производят предварительный расчёт частоты, исходя из шкалы частот источников питания электротермических установок – 50; 500; 1000; 2400; 4000; 8000; 10000 Гц.

## 3. Расчёт основных геометрических размеров индукционной тигельной печи

Полезный объём тигля определяется

$$V = \frac{G}{\gamma_2},$$

где  $G$  – ёмкость тигля, т;

где -  $G$  – ёмкость тигля, т;

$\gamma_2$  – удельная плотность расплава, т/м<sup>3</sup>.

Средний внутренний диаметр тигля определяется из выражения

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4c_1V}{\pi}}.$$

Высота загрузки, м

$$a_2 = \frac{D_2}{c_1}.$$

Высота индуктора

$$a_1 = c_3 a_2.$$

Толщина футеровки

$$\Delta_{\phi} = c_2 D_2, м$$

Для стали  $c_1 = 0,7$ ;  $c_2 = 0,11$ ;  $c_3 = 1,1$ ;

для чугуна  $c_1 = 0,7$ ;  $c_2 = 0,5$ ;  $c_3 = 1,1$ ;

для алюминия  $c_1 = 0,9$ ;  $c_2 = 0,3$ ;  $c_3 = 1,1$ .

Проверим значение  $\Delta_{\phi}$

$$\Delta_{\phi} = 0,08 \sqrt[4]{G}, м$$

где  $G$  – полезная ёмкость тигля, т.

Исходя из того, что между индуктором и загрузкой должно быть минимально возможное расстояние, округляем  $\Delta_{\phi}$  в меньшую сторону.

Внутренний диаметр индуктора

$$D_1 = D_2 + 2\Delta_{\phi} + 2\Delta_{из}, м,$$

где  $\Delta_{из}$  – толщина тепловой изоляции, располагаемой между футеровкой и индуктором ( $5 \div 8$  мм).

Удельная поверхностная мощность определяется по выражению

Высота мениска определяется по выражению

Высота мениска

$$h_m = \frac{0,32 \times 10^{-4} P_0}{\gamma \sqrt{\rho_2 f}}, м,$$

где  $\gamma$  – плотность расплава, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_2$  – удельное сопротивление расплава, Ом\*м;

$f$  – частота источника питания, Гц.

Высота мениска ( $h_m$ ) обычно не превышает 15% полной высоты металла по оси тигля ( $a_2$ ).

#### 4. Расчёт параметров системы индуктор – нагрузка

Глубина проникновения тока в материал нагрузки определяется по выражению

$$\Delta_2 = 503 \sqrt{\frac{\rho_2}{f}}.$$

При расчёте в «горячем режиме» значение  $\rho_2$  (Ом\*м) соответствует значению удельного сопротивления нагрузки в расплавленном состоянии.

Глубина проникновения тока в материал индуктора определяется по выражению

$$\Delta_1 = 503 \sqrt{\frac{\rho_1}{f}}, \text{ м.}$$

где  $f$  – частота питания источника, Гц;

$\rho_1$  – удельное сопротивление меди индуктора,  $2 \cdot 10^{-8}$  Ом\*м.

Активное сопротивление нагрузки

$$R_2 = \pi \rho_2 m_2^2 \frac{A}{a_2}, \text{ Ом.}$$

Внутреннее реактивное сопротивление

Внутреннее реактивное сопротивление нагрузки

$$X_{.m2} = \frac{\pi \rho_2 m_2^2 B}{a_2}, \text{ Ом.}$$

$$m_2 = \frac{d_m}{\sqrt{2 \Delta_m}},$$

где  $A$  и  $B$  – коэффициенты, которые, в свою очередь, являются функциями аргумента  $m_2$ .

При расчёте в «горячем режиме»  $d_{ш} = D_2$ . В этом случае

$$A = B = \frac{\sqrt{2}}{m_2},$$

так как  $D_2 \gg \Delta_2$ . Следовательно, активное и внутреннее реактивное сопротивления загрузки будет определяться по выражению

$$R_2 = X_{m2} = \pi \rho_2 m_2^2 \frac{A}{a_2}, \text{ Ом.}$$

Активное и внутреннее реактивное сопротивления условного одновиткового индуктирующего провода определяется по выражению

$$R_1 = X_{m1} = \rho_1 \frac{\pi D_1^1}{\Delta_1 a_1 \kappa_{з.и.}}, \text{ Ом,}$$

где  $D_1^1 = D_1 + \Delta_1$  – расчётный диаметр индуктора, м

$\kappa_{з.и.} = 0,75 \div 0,9$  – коэффициент заполнения индуктора, равный отношению высоты индуктирующего витка без изоляции к шагу навивки, обычно  $\kappa_{з.и.} = 0,8$ .

$\Delta_1$  – глубина проникновения тока в материал загрузки.

Реактивное сопротивление рассеяния условного одновиткового индуктора рассчитывается по выражению

$$X_s = \frac{2\pi f \mu_0 S_h}{a_2}, \text{ Ом,}$$

где  $S_h$  – расчётная площадь поперечного сечения воздушного зазора

$$S_h = \pi \frac{D_1^2 - D_2^2}{4}, \text{ м}^2.$$

Реактивное сопротивление обратного замыкания

$$X_e = X_{10} \frac{\kappa_1 a_1}{a_1 - \kappa_1 a_2}, \text{ Ом,}$$



где  $X_{10}$  - реактивное сопротивление отрезка  $a_1$  пустого индуктора бесконечной длины

$$X_{10} = 2\pi f \mu_0 \frac{\pi D_1^2}{4a_1}, \text{ Ом};$$

$k_1 < 1$  – поправочный коэффициент, учитывающий магнитное сопротивление обратного замыкания, известный как коэффициент Нагаока.,  $k_1 = 0,8$ .

Приведённые активные и реактивные сопротивления загрузки определяются по выражениям

$$R_2^1 = cR_2, \text{ Ом},$$

$$X_2^1 = c \left\{ X_{m2} + X_s + \left[ R_2^2 + (X_{m2} + X_s)^2 \right] / X_e \right\},$$

где  $c$  - коэффициент приведения параметров.

$$c = \frac{1}{\left( \frac{R_2}{X_e} \right)^2 + \left( 1 + \frac{X_{m2} + X_s}{X_e} \right)^2}$$

Эквивалентные сопротивления нагруженного индуктора определяются по выражениям (без учёта сопротивлений подводящих шин)

$$R_u = R_1 + R_2^1, \text{ Ом};$$

$$X_u = X_{m1} + X_2^1, \text{ Ом};$$

$$Z_u = \sqrt{R_u^2 + X_u^2}, \text{ Ом};$$

Коэффициент мощности индуктора определяется по выражению

$$\cos \varphi_u = \frac{R_u}{Z_u}, \text{ Ом}.$$

## 5. Расчёт числа витков индуктора

Более точный расчёт электрического КПД индуктора

$$\eta_{\text{э}} = \frac{P_2}{P_u} = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2}} = \frac{P_2}{\Delta P_u + P_2};$$

где  $\Delta P_u$  – электрические потери в индукторе.

Ток условного одновиткового индуктора

$$I_u^1 = \sqrt{\frac{P_n}{R_2^1}}.$$

Напряжение на условном одновитковом индукторе

$$U_u^1 = Z_u I_u^1.$$

Число витков индуктора

$$N = \frac{U_u}{U_u^1},$$

витков индуктора определяется

Ток индуктора

$$I_u = \frac{I_u^1}{N}.$$

Ориентировочная  
определяется по

$$a_1^1 = \frac{a_1}{N + 1} k_{\text{э.и.}},$$

высота индуктирующего витка  
выражению

где

$(N + 1)$  – учитывает навивку

$N + 1$  – учитывает навивку индуктора.

Толщина стенки водоохлаждаемой трубки  $d$  должна соответствовать частоте тока

$$d \geq 1.57d_1$$

Напряжённость магнитного поля на внутренней поверхности индуктора

$$H_u = \frac{I_1 N}{a_1}.$$

Для тигельных печей напряжённость магнитного поля в зазоре составляет  
 $H = 10^4 \div 10^5$  А/м.

## 6. Расчёт конденсаторной батареи

Реактивная мощность конденсаторной батареи, необходимая для компенсации  $\cos\varphi$  установки (при питании токами повышенной частоты  $\cos\varphi \approx 0.6$ ) определяется по выражению

$$Q_{к.б.} = P_n (tg\varphi_p - tg\varphi_k) \frac{U_{б.н.}^2}{U_u^2} \kappa_{\sigma}, \text{вар},$$

где  $P_n$  – мощность, подводимая к индуктору, Вт;

$\kappa_{\sigma}$  – общий коэффициент запаса (1,1 ÷ 1,3);

$U_{б.н.}$  – номинальное напряжение конденсаторных банок, В;

$U_u$  – напряжение на индукторе, В;

$tg\varphi_k = 0.39$  – при директивном коэффициенте мощности = 0,93;

$tg\varphi_p$  – значение при расчётном коэффициенте мощности.

Ёмкость конденсаторной батареи

$$C_{к.б.} = \frac{Q_{к.б.}}{2\pi f U_u^2}, \Phi.$$

По значению мощности и ёмкости конденсаторной батареи выбираются конденсаторы (Приложение 3)

Число банок конденсаторной батареи выбирается по выражению

$$N_{\sigma} = \frac{C_{к.б.}}{C_{10}}, \quad 11$$

где  $C_{10}$  – номинальная ёмкость одной банки (Приложение 3).

Электрические потери в источнике питания определяются

$$\Delta P_{\text{э.б.}} = Q_{\text{к.б.}} \times \text{tg} \delta, \text{кВт},$$

где  $\text{tg} \sigma$ - тангенс угла электрических потерь,  $\sigma \approx 0,5^\circ$ .

## 7. Энергетический баланс установки

Электрические потери в индукторе определяются по выражению

$$\Delta P_{\text{э.и.}} = R_1 I_1^2 N^2, \text{Вт}.$$

Потери в токопроводе определяются

$$\Delta P_{\text{ток}} = \sum_{i=1}^m R_i I_i^2, \text{Вт}.$$

Ориентировочно  $\Delta P_{\text{ток}}$  можно принять равным 5% от мощности источника  $P_{\text{ист}}$ .

Мощность, потребляемая от источника питания

$$P_{\text{ист}} = \Delta P_{\text{э.и.}} + \Delta P_{\text{э.б.}} + \Delta P_{\text{ток}} + P_2, \text{Вт}.$$

Электрические потери в источнике питания

$$\Delta P_{\text{и.п.}} = P_{\text{ист}} \left( \frac{1}{\eta_{\text{пр}}} - 1 \right), \text{Вт},$$

где  $\eta_{\text{пр}}$  – КПД преобразователя  $\eta_{\text{пр}} \approx 0,92$ .

Активная мощность, потребляемая от сети

$$P_C = P_{\text{ист}} + \Delta P_C$$

Общий КПД плавильной установки

$$\eta = P_{\text{пол}}/P.$$

Удельный расход электроэнергии

$$\eta_y = \frac{P_{\text{пол}}}{P_c}.$$

$$W' = \frac{C_p}{\eta},$$

$$W' = 2.78 \times 10^{-4} \frac{q}{\eta}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}},$$

где  $q$  – теплосодержание, Дж/кг.;

$C_p$ - энтальпия, кВт – ч/кг.

Длительность плавки

$$t_{\text{пл}} = G \frac{W'}{P_c}, \text{ч.}$$

Производительность установки по расплавлению и перегреву определяется по выражению

$$m = \frac{G}{t_{\text{пл}}}, \frac{m}{\text{ч}}.$$

Фактическая производительность с учётом вспомогательного времени определяется по выражению

$$m' = \frac{G}{t_{\text{пл}} + t_{\text{всп}}}, \frac{m}{\text{ч}}.$$

результаты расчёта, приводятся в таблице.

Основные характеристики индукционной тигельной печи (ИТП)

№	Характеристики	Единицы измерения	Величина
1	Ёмкость ИТП	т	
2	Мощность ИТП	кВт	
3	Мощность установки	кВт	
4	Напряжение	В	
5	Частота	Гц	

<b>6</b>	<b>Коэффициент мощности ИТП (без компенсации)</b>		
<b>7</b>	<b>Коэффициент мощности ИТП (с компенсацией)</b>		
<b>8</b>	<b>Производительность ИТП</b>	<b>т/ч</b>	
<b>9</b>	<b>КПД установки</b>		
<b>10</b>	<b>Удельный расход электроэнергии</b>	<b>кВт – ч/т</b>	

Варианты для выполнения расчётно – графической работы

<b>№ варианта</b>	<b>Ёмкость печи, т</b>	<b>Металл</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>медь</b>
<b>2</b>	<b>1,2</b>	<b>медь</b>
<b>3</b>	<b>1,5</b>	<b>медь</b>
<b>4</b>	<b>3,0</b>	<b>медь</b>
<b>5</b>	<b>1</b>	<b>алюминий</b>
<b>6</b>	<b>1,5</b>	<b>алюминий</b>
<b>7</b>	<b>2,0</b>	<b>алюминий</b>
<b>8</b>	<b>1</b>	<b>сталь</b>
<b>9</b>	<b>1,5</b>	<b>сталь</b>
<b>10</b>	<b>2,0</b>	<b>сталь</b>
<b>11</b>	<b>3,0</b>	<b>сталь</b>
<b>12</b>	<b>1</b>	<b>чугун</b>
<b>13</b>	<b>1,5</b>	<b>чугун</b>
<b>14</b>	<b>2,0</b>	<b>чугун</b>
<b>15</b>	<b>3,0</b>	<b>чугун</b>

Продолжительность плавки принять – 1,5 часа.

## Приложение 1

### Тепловые характеристики металлов

Металл	Температура плавления °С	Температура разливки °С	Теплосодержание / (энтальпия) в расплавленном состоянии Дж/кг (кВт-ч/кг)	Удельное сопротивление в холодном состоянии Ом*м	Удельное сопротивление в расплавленном состоянии Ом*м	Плотность при температуре разливки т/м <sup>3</sup>
Алюминий	660	730	1,44*10 <sup>6</sup> /(0,4)	3*10 <sup>-8</sup>	24*10 <sup>-8</sup>	2,5
Медь	1085	1230	0,79*10 <sup>6</sup> /(0,22)	2*10 <sup>-8</sup>	21*10 <sup>-8</sup>	8,3
Сталь	1400	1600	1,42*10 <sup>6</sup> /(0,39)	0,2*10 <sup>-6</sup>	1,37*10 <sup>-6</sup>	7,2
Чугун	1100	1300	0,9*10 <sup>6</sup> /(0,25)	0,25*10 <sup>-6</sup>	1,5*10 <sup>-6</sup>	6,7

## Приложение 2

Источники питания ИТП (тиристорные преобразователи частоты)

Тип	Выходные параметры		
	Номинальная мощность, кВт	Номинальная частота, Гц	Номинальное напряжение, В
<b>СЧИ – 100/3</b>	<b>100</b>	<b>3000</b>	<b>400</b>
<b>СЧИ – 250/3</b>	<b>250</b>	<b>3000</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 160 – 2,4</b>	<b>160</b>	<b>2400</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 250 – 2,4</b>	<b>250</b>	<b>2400</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 250 - 8</b>	<b>250</b>	<b>8000</b>	<b>500</b>
<b>ТПЧ – 320 - 1</b>	<b>320</b>	<b>1000</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 500 – 2,4</b>	<b>500</b>	<b>2400</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ - 1</b>	<b>630</b>	<b>500 или 1000</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 800 – 0,5</b>	<b>800</b>	<b>500</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 800 - 1</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 1000 – 2,4</b>	<b>1000</b>	<b>2400</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 1600 – 0,5</b>	<b>1600</b>	<b>500</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 1600 - 1</b>	<b>1600</b>	<b>1000</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 2400 – 0,5</b>	<b>2400</b>	<b>500</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 2400 - 1</b>	<b>2400</b>	<b>1000</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 3200 – 0,5</b>	<b>3200</b>	<b>500</b>	<b>800</b>
<b>ТПЧ – 3200 - 1</b>	<b>3200</b>	<b>1000</b>	<b>800</b>



## Приложение 3

### Конденсаторы

Тип конденсаторов	Напряжение, В	Реактивная мощность, $10^3$ вар	Ёмкость, мкФ
ЭСВ – 0,8 - 0,5	800	200	99,5
ЭСВ – 1 – 0,5	1000	200	63,6
ЭСВ – 1,6 – 0,5	1600	200	24,9
ЭСВ – 2 – 0,5	2000	200	15,9
ЭСВ – 0,8 – 1	800	250	62,2
ЭСВ – 1 – 1	1000	250	39,8
ЭСВ – 1,6 – 1	1600	250	15,5
ЭСВ – 2 – 1	2000	250	9,9
ЭСВ – 0,5 – 2,4	500	300	79,6
ЭСВ – 0,8 – 2,4	800	300	31,2
ЭСВ – 1,6 – 2,4	1600	300	7,8
ЭСВ – 1 – 2,4	1000	300	19,9
ЭСВ – 2 – 2,4	2000	350	4,9
ЭСВ – 0,5 – 4	500	350	55,7
ЭСВ – 0,8 – 4	800	350	21,8
ЭСВ – 1 – 4	1000	350	13,9
ЭСВ – 1,6 – 4	1600	350	5,4
ЭСВ – 2 – 4	2000	350	3,5
ЭСВ – 0,5 – 10	500	400	25,5
ЭСВ – 0,8 – 10	800	400	9,9

## Список использованной литературы

- 1 Иванова Л.И. Индукционные тигельные печи: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. /Л.И. Иванова, Л.С. Грובה, Б.А. Сокунов, С.Ф. Сарапулов. Екатеринбург: Изд- во УГТУ – УПИ, 2002. – 87с.
- 2 Фомин Н.И., Затуловский Л.М. Электрические печи и установки индукционного нагрева. М.:Металлургия, 1979. 247с.
- 3 Слухоцкий А.Е. Установки индукционного нагрева: Учебное пособие для вузов/ А.Е. Слухоцкий, В.С. Немков, Н.А. Павлов, А.В. Бамунер; Под ред. А.Е. Слухоцкого. Л., Энергоиздат, Ленинградское отд – ние, 1981. 328с.
- 4 Болотов А.В., Шепель Г.А. Электротехнологические установки: Учебник для вузов по спец. «Электроснабжение промпредприятий» . М.: Высш. шк., 1988. – 336с.
- 5 Электротермическое оборудование: Справочник/ Под общей ред. А.П.Альтгаузена. М.: Энергия, 1980. – 416с.

## Оглавление

<u>Введение</u>	<u>3</u>
<u>Электрический расчёт индукционной тигельной печи</u>	<u>3</u>
<u>1. Расчёт мощности индукционной тигельной печи (ИТП)</u>	<u>4</u>
<u>2. Расчёт частоты источника питания индукционной тигельной печи</u>	<u>5</u>
<u>3. Расчёт основных геометрических размеров индукционной тигельной печи</u>	<u>6</u>
<u>4. Расчёт параметров системы индуктор – загрузка</u>	<u>7</u>
<u>5. Расчёт числа витков индуктора</u>	<u>10</u>
<u>6. Расчёт конденсаторной батареи</u>	<u>11</u>
<u>7. Энергетический баланс установки</u>	<u>12</u>
<u>Приложение 1</u>	<u>16</u>
<u>Приложение 2</u>	<u>17</u>
<u>Приложение 3</u>	<u>18</u>
<u>Список использованной литературы</u>	<u>19</u>