

3. Форсайт Девід А., Понс Жан. Комп'ютерний зір. Сучасний підхід.: Пер. з англ. – М.: Видавничий дім «Вільямс», 2004. – 928 с.: іл. – Парал. тит. англ.

4. Що таке згорткова нейронна мережа [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/309508/>

**Задорожний Д.О., Щетинин С.Е.**

*студенты,*

*Научные руководители: Нежурин В.И.*

*кандидат технических наук, доцент;*

**Куваев В.Ю.**

*старший преподаватель,*

*Национальная металлургическая академия Украины*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ОБЪЕМЕ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ ПУТЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Опыт эксплуатации рудовосстановительных электропечей (РВП) показывает, что поддержание оптимального шихтового, электродного и электрического режимов конкретного технологического процесса является основой достижения максимальной технико-экономической эффективности выплавки сплава.

Решение этой задачи обеспечивается выбором оптимальных геометрических параметров ванны печи; печного контура и поддержанием рационального электрического режима плавки, что создает, требуемое с точки зрения термодинамики, распределение вводимой энергии в рабочем пространстве ванны печи.

Данные о распределении активной мощности, плотности тока, потенциалов и температур в объеме рабочего пространства ванны получены в результате инструментальных исследований действующих РВП [1, с. 38; 2, с. 35], что дало возможность сформировать картину строения рабочего пространства ванны печи при выплавке разных сплавов и решить ряд задач по оптимизации их выплавки. Результаты исследований позволили разработать обобщенную схему замещения электрической цепи РВП, что обеспечило возможность эффективного управления электрическим и технологическим режимами работы печи с использованием АСУ ТП [2, с. 36].

Известен также ряд математических моделей распределения энергии в объеме ванны, позволяющих прогнозировать его для осваиваемых и проектируемых электропечей.

Авторами решалась задача разработки математической модели распределения плотности тока в сечении самообжигающегося электрода и удельной активной мощности в объеме рабочего пространства ванны РВП по методу вторичных источников в форме интегральных уравнений Фредгольма

II рода с привлечением экспериментальных данных действующих печей [3, с. 90-92]. Решающее преимущество метода вторичных источников состоит в возможности построения эффективных численных алгоритмов расчета полей, ориентированных на применение вычислительной техники и пригодных для неоднородных сред и сложных форм границ раздела сред.

Поскольку структура реакционной зоны рабочего пространства круглой трехэлектродной РВП симметрична оси каждого электрода, исходя из условий осевой симметрии, рассматривалось меридиальное сечение электрода и реакционной зоны с подводом тока через сверхпроводящий контакт электрода, находящегося в неоднородной среде, и отводом через сверхпроводящую ванну сплава.

Для построения модели принимаем следующие допущения:

1. Ванна круглая с тремя круглыми симметрично расположенными электродами.

2. Объем шихтовых материалов состоит из реакционной зоны с проводимостями  $\gamma_5$  и  $\gamma_6$ , и объема ванны с проводимостями  $\gamma_3$  и  $\gamma_4$ .

3. Жидкий расплав (поверхность  $S_5$ ) и поверхности  $S_1, S_2, S_3, S_4$  сверхпроводящие ( $\gamma = \infty$ ).

4. Электроды состоят из двух зон с проводимостями  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ .

5. Дуговой разряд не учитывается, поскольку технологический процесс выплавки силикомарганца является шлаковым; жидкий токопроводящий шлак существенно шунтирует дуговой промежуток, вследствие чего на долю дугового разряда приходится не более 15% энергии выделяемой в ванне печи.

6. Правая цилиндрическая система координат имеет начало в центре ванны на уровне шихты.

7. Ввиду незначительного влияния поверхностного эффекта магнитное поле не учитывается.

С учетом принятых допущений и условий расчета модель представлена на рис. 1а.

Алгоритм расчета поля плотности тока и удельной активной мощности следующий:

1. Рассчитывается распределение вторичных источников на поверхности раздела сред с разной проводимостью  $\gamma_1 - \gamma_6$ .

2. По распределению вторичных источников рассчитывается напряженность поля в выбранных точках сечения электрода и рабочего пространства печи.

3. Рассчитывается плотность тока ( $j_i$ ) и удельная активная мощность в выбранных точках рабочего пространства ванны печи  $j = \gamma_i E_i$  и  $P_i = \gamma_i E_i^2$ .

Например, на рисунке 1б представлены результаты математического моделирования распределения энергии в рабочем пространстве ванны силикомарганцевой печи типа РКГ-75.

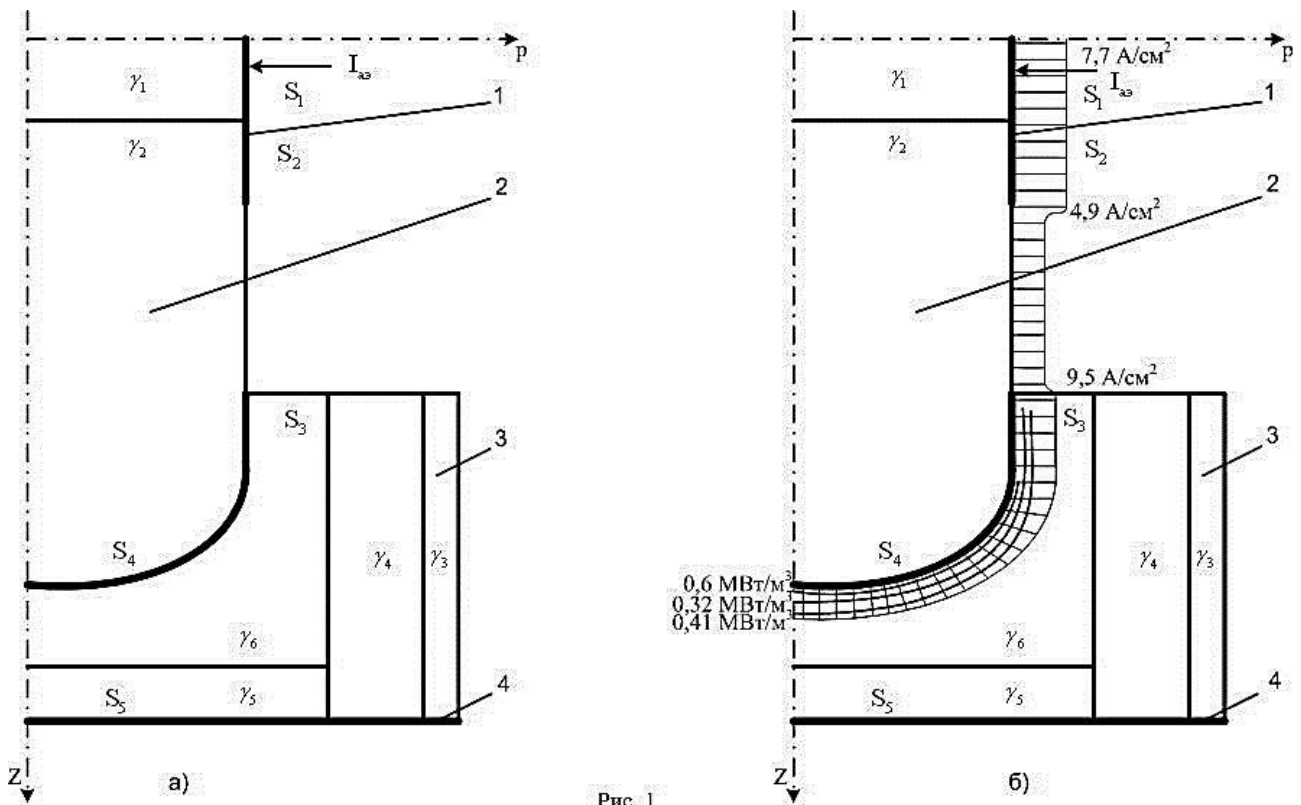


Рис. 1

**Рис. 1. Математическая модель электропечи РКГ-75**

**а – расчетная математическая модель распределения мощности в ванне РВП**

**б – математическая модель распределения энергия в ванне печи РКГ-75  
 (1 – кольцо электрододержателя, 2 – самообжигающийся электрод,  
 3 – рабочее пространство печи с зонами неоднородности,  
 4 – сплав (силикомарганец)**

Модель разработана для полусферической формы торца электрода и глубины его погружения в ванну печи 1 м. На рисунке представлены эпюры распределения плотности тока в сечении электрода и линии равной удельной активной мощности в рабочем пространстве в предположении, что мощность сосредоточена в центре выбранных элементарных площадок сечения ванны.

Результаты моделирования проверены на адекватность на электролитической ванне печи РКГ-75, где выполняется соотношение проводимостей зон неоднородности. Потенциалы точек объема ванны измерялись методом двойного зонда, рассчитывалась активная мощность в каждом элементарном объеме ванны.

Анализ показывает, что значение удельных активных мощностей в выделенных точках, полученные расчетным и экспериментальным путем и представленные в относительных единицах, совпадают с инженерной точностью.

Практическое использование предлагаемой модели при расчете параметров проектируемой рудовосстановительной печи может выглядеть следующим образом:

1. Определение основных электрических и геометрических параметров печи с помощью известных инженерных методов расчета.

2. Расчет математической модели проектируемой печи для выявления влияния геометрии ванны на распределение мощности в объеме ванны печи и нахождение оптимального значения диаметра распада электрода и глубины ванны.

3. Уточнение предварительно рассчитанных геометрических параметров рудовосстановительной печи.

Для действующих РВП на базе предлагаемой модели может быть реализована или усовершенствована система управления технологическим процессом выплавки ферросплавов.

Таким образом, предложенная методика расчета позволяет полнее решать задачи проектирования, реконструкции и рациональной эксплуатации шлаковых рудовосстановительных электропечей.

#### **Список использованных источников:**

1. Карманов Э.С., Нежурин В.И. Исследование скорости и характера схода шихтовых материалов при выплавке марганцевых сплавов в закрытых руднотермических электропечах [Текст] / Сталь, 1991. – № 7. – С. 37-40.

2. Кузьменко С.Н., Николенко А.В. Определение параметров и характеристик элементов схем замещения ванн рудовосстановительных электропечей [Текст] / Сталь, 2005. – № 12. – С. 35-38.

3. Ольдзиевский С.А., Кравченко В.А., Нежурин В.И., Борисенко И.А. Математическое моделирование электрических полей печей рудной электротермии [Текст]. – М. – Металлургия. – 1990. – 112 с.

**Зінченко Б.Р., Малишкін О.В.**

*студенти;*

*Науковий керівник: Галагуз Т.А.*

*кандидат технічних наук, доцент,*

*Національний авіаційний університет*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЛІТАКА ЗА КУТОМ ТАНГАЖУ**

Одним з перших питань, що виникають при дослідженні і проектуванні систем управління, є питання щодо їх стійкості. Система називається стійкою, якщо при виведенні її зовнішніми впливами зі стану рівноваги (спокою) вона повертається в нього після припинення зовнішніх впливів. Якщо після припинення зовнішнього впливу система не повертається до стану рівноваги, то вона є нестійкою. Для нормального функціонування системи управління необхідно, щоб вона була стійкою, тому що в іншому випадку в ній виникають великі помилки. Іншими словами тільки стійка система є працездатною [2].

Однак, технічні об'єкти і системи в залежності від їх призначення можуть проектуватися як стійкими так і нестійкими за відсутності управління ними. Наприклад, літаки. Пасажирський літак проектується, перш за все, для