

ПРОГРАММНОГО - АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЯ

Портянкин А.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук Пискажова Т.В.

Сибирский федеральный университет

ВВЕДЕНИЕ

Алюминий является важнейшим металлом, объем его производства намного опережает выпуск всех остальных цветных металлов и уступает только производству стали. Высокие темпы прироста производства алюминия обусловлены его уникальными физико-химическими свойствами, благодаря которым он нашел широкое применение в электротехнике, авиа- и автостроении, транспорте, производстве бытовой техники, строительстве, упаковке пищевых продуктов и пр.

В качестве основного сырья в процессе производства алюминия-сырца используется глинозем, фторид алюминия, криолит регенерационный и криолит свежий. Для производства алюминия-сырца так же используется анодная масса и гасильные шесты.

Технико-экономические показатели процесса электролиза зависят от большого числа взаимосвязанных переменных процесса и сырья, поэтому расчет реакции этих переменных на операционные воздействия, и отображение этих расчетов для пользователя является важным для обучения персонала и правильного управления процессом.

Целью работы является разработка программного - алгоритмического обеспечения для расчета и визуализации переменных процесса получения алюминия. Программа разработана на языке C++ в интегрированной среде разработки C++ Builder.

Модель

Для разработки программы за основу была взята математическая модель процесса электролиза, представленная в работе [1].

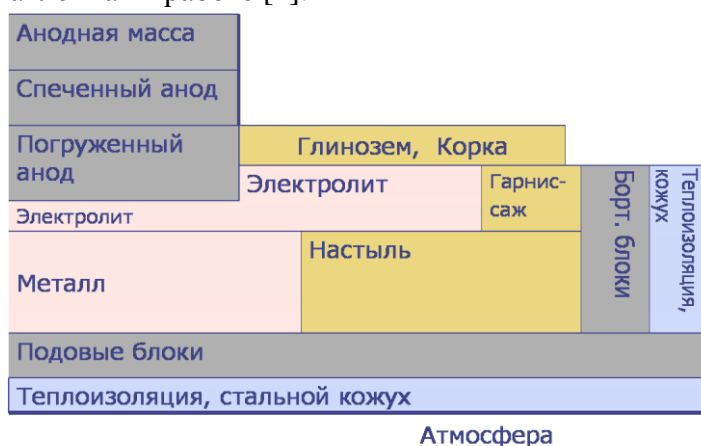


Рисунок 1 - Схематичное представление электролизера для тепловых расчетов.

Теплообмен в областях глинозема, корки, электролита, металла, подовых блоков, теплоизоляции описывается следующими уравнениями относительно средних температур:

$$c_{\dot{Y}} \dot{I}_{\dot{Y}} \cdot \frac{d\hat{T}_{\dot{Y}}}{dt} = Q_1 + Q_{\dot{a}t} - Q_{\dot{Y}-f} - Q_{\dot{Y}-M} - Q_{\dot{A}} - Q_D - Q_{\dot{Y}-\dot{e}i\dot{v}},$$

$$c_i \dot{T}_i \cdot \frac{d\hat{T}_i}{dt} = Q_{Y-i} - Q_{i-f} - Q_{M-e},$$

$$c_{\bar{A}} \dot{T}_{\bar{A}} \cdot \frac{d\hat{T}_{\bar{A}}}{dt} = Q_{e\bar{i}\bar{o}-\bar{A}} - Q_{\bar{A}-\bar{a}\bar{o}},$$

$$c_{e\bar{i}\bar{o}} \dot{T}_{e\bar{i}\bar{o}} \cdot \frac{d\hat{T}_{e\bar{i}\bar{o}}}{dt} = Q_{Y-e\bar{i}\bar{o}} - Q_{e\bar{i}\bar{o}-\bar{A}},$$

$$c_{\hat{e}} \dot{T}_{\hat{e}} \cdot \frac{d\hat{T}_{\hat{e}}}{dt} = Q_{i-\hat{e}} - Q_{\hat{e}-\bar{a}\bar{i}} + Q_{q\hat{e}} - Q_{\hat{e}-\bar{a}\bar{i}\bar{o}-\bar{a}\bar{o}},$$

$$c_{\bar{a}\bar{i}} \dot{T}_{\bar{a}\bar{i}} \cdot \frac{d\hat{T}_{\bar{a}\bar{i}}}{dt} = Q_{\hat{e}-\bar{a}\bar{i}} - Q_{\bar{a}\bar{i}-\bar{a}\bar{o}} - Q_{\bar{a}\bar{i}-\bar{a}\bar{i}\bar{o}-\bar{a}\bar{o}}.$$

Здесь \hat{T}_i - средние температуры соответствующих слоев, Q_i - приход тепла от электроэнергии в электролите, Q_{an} - теплообмен с анодом, c_i - удельные теплоемкости соответствующих материалов, M_i - массы соответствующих областей, Q_r - потери тепла на нагрев и растворение глинозема, Q_p - расход тепла на основную реакцию, Q_{qk} - тепловой поток от внутреннего источника тепла в катоде. Потоки тепла через границы рассматриваемых слоев находятся по выписанным ниже формулам:

$$Q_{Y-i} = S_{Y-i} \cdot \alpha_{Y-i} (\hat{T}_Y - T_{\bar{e}\bar{e}\bar{e}}^Y) - \text{тепловой поток из электролита в настыль,}$$

$$T_{лик}^{\ominus} - \text{температура ликвидуса электролита;}$$

$$Q_{Y-i} = S_{Y-i} \cdot \hat{e}_{Y-i} (\hat{T}_Y - \hat{T}_i) - \text{тепловой поток из электролита в металл;}$$

$$Q_{e\bar{i}\bar{o}-\bar{A}} = S_{e\bar{i}\bar{o}-\bar{A}} \cdot \hat{e}_{e\bar{i}\bar{o}-\bar{A}} (\hat{T}_{e\bar{i}\bar{o}} - \hat{T}_{\bar{A}}) - \text{от корки к глинозему на корке;}$$

$$Q_{i-\hat{e}} = S_{i-\hat{e}} \cdot \hat{e}_{i-\hat{e}} (\hat{T}_i - \hat{T}_{\hat{e}}) - \text{из металла в катод;}$$

$$Q_{i-i} = S_{i-i} \cdot \alpha_{i-i} (\hat{T}_i - T_{\bar{e}\bar{e}\bar{e}}^i) - \text{из металла в настыль;}$$

$$Q_{\Gamma-am} = S_{\Gamma-am} \cdot \alpha_{\Gamma-am} (T_{\Gamma}|_{z=0} - T_{am}) - \text{с поверхности глинозема в атмосферу, } T_{\Gamma}|_{z=0} - \text{температура поверхности глинозема;}$$

$$Q_{\hat{e}-\bar{a}\bar{i}} = S_{\hat{e}-\bar{a}\bar{i}} \cdot \hat{e}_{\hat{e}-\bar{a}\bar{i}} (\hat{T}_{\hat{e}} - \hat{T}_{\bar{a}\bar{i}}) - \text{из подовых блоков в теплоизолирующее дно;}$$

$$Q_{\partial n-am} = S_{\partial n-am} \cdot \alpha_{\partial n-am} (T_{\partial n}|_{\Delta_{\partial n}} - T_{am}) - \text{поток с наружной поверхности дна в атмосферу.}$$

Выбор среды программной реализации

C++ Builder - программный продукт, инструмент быстрой разработки приложений (RAD), интегрированная среда программирования (IDE), система, используемая программистами для разработки программного обеспечения на языке C++.

Изначально разрабатывался компанией BorlandSoftware, а затем её подразделением CodeGear, ныне принадлежащем Компании Embarcadero Technologies.

Результаты работы

В ходе создания программного продукта была использована часть модели для расчета температур в молодом электролизере без настыли. Были реализованы: расчетная таблица переменных – рисунок 2, графики температур электролита и жидкого алюминия – рисунки 3,4.

Таблица переменных

Обозначение	Текущее значение	Наименование
T _{bath}	975,183290625226	Температура эл-та
T _{al}	966,904020915572	Т-ра жидкого алюминия
Q _{br}	504000	Q прихода
Q _{bathup}	245960,159633871	Q анода
Q _{bathdown}	143241,809293027	Q металла
Q _{bathsidew}	183352,117752026	Q настыли
Q _{alsideways}	163468,839623222	Q мет-наст
Q _{aldown}	122601,629717417	Q мет-кат
Alfa e-n	1993,05554199219	Альфа эл-наст
Alfa m-n	1600	Альфа мет-наст
Ошибка	-0,0371011674396904	Ошибка эл-т
Ошибка	-0,0123983211846885	Ошибка мет

Рисунок 2 –Расчетная таблица переменных.

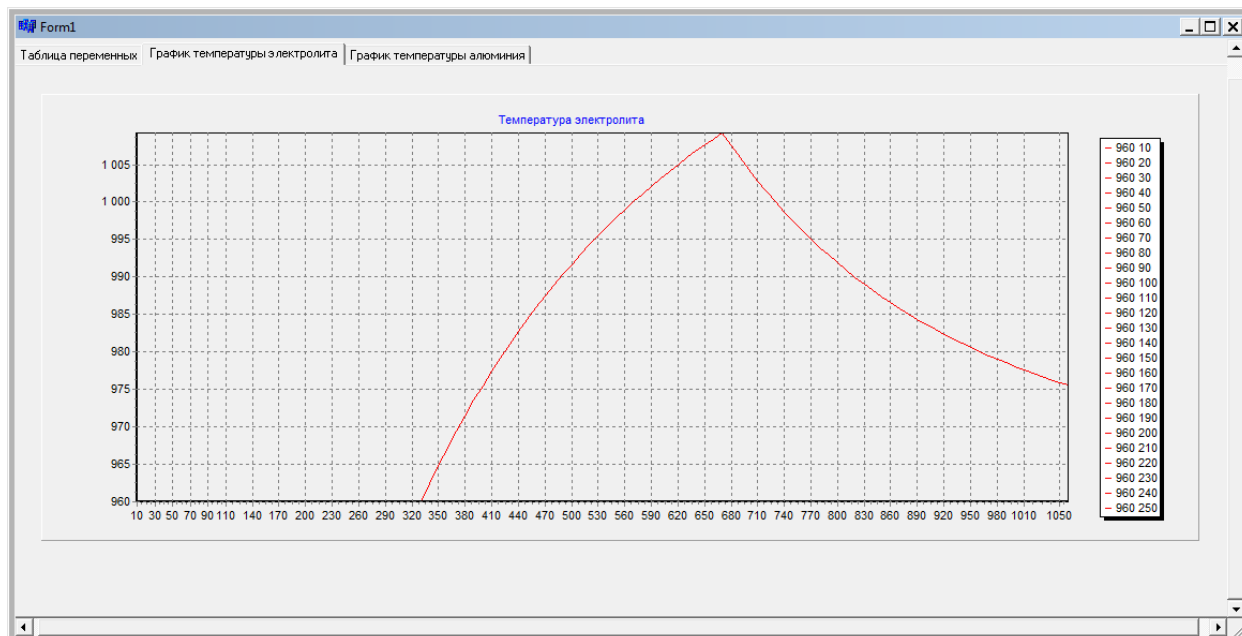


Рисунок 3 –График температуры электролита с поданным воздействием увеличения напряжения от 4,2 до 40 В.

На рисунке 3 изображено поведение температуры электролита. С 1 по 330 секунду температура электролита равна 960 градусов, при напряжении в 4,2 В. Начиная с 330 секунды было подано воздействие равное 40 В, как видно на графике реакцией на данное

воздействие является резкий скачок температуры с 960 до 1010 градусов. Далее на 670 секунде воздействие было изменено до 4,2 В, и реакцией на данное изменение является снижение температуры.

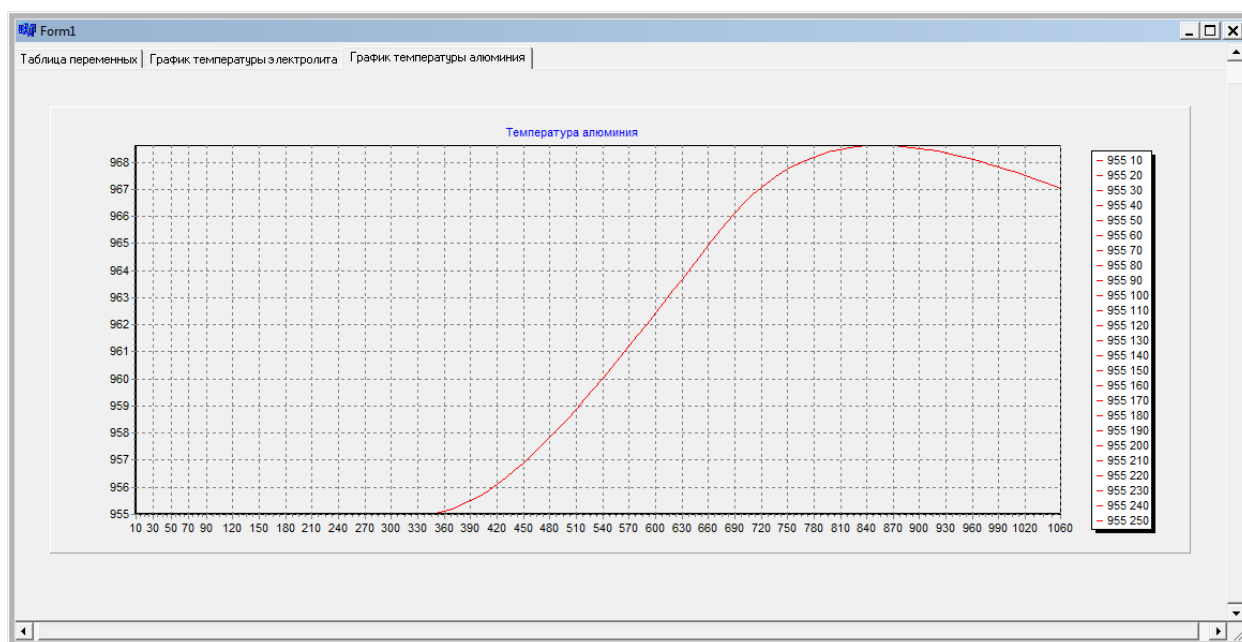


Рисунок 4 –График температуры алюминия с поданным воздействием увеличения напряжения от 4,2 до 40 В.

На рисунке 4 изображено поведение температуры жидкого алюминия. С 1 по 350 секунду температура алюминия равна 955 градусов, при напряжении в 4,2 В. Начиная с 330 секунды было подано воздействие равное 40 В, как видно на графике реакцией на данное воздействие является менее резкий скачок (по сравнению с темп. эл-та) температуры с 955 до 966 градусов. Также видно что время изменения температуры металла отличается от времени задания воздействия в 40В. Эти различия объясняются разными теплопроводностями алюминия и электролита. Далее на 670 секунде воздействие было изменено до 4,2 В, и реакцией на данное изменение является снижение температуры алюминия начиная с 870секунды.

Список литературы:

1. Пискажова, Т.В. Методы эффективного управления технологическим процессом электролитического получения алюминия / Т.В. Пискажова // Вестник Сибирского Федерального университета. Техника и технологии. – 2010. - Т.3, №2. - С. 159-170..
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи / М.А. Михеев // «Энергия»-1977 - Т.3, №2.