СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ- 2017

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ “ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ 2017” ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ЭКОЛОГИИ В РФ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
17-21 АПРЕЛЯ 2017 Г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Проспект Свободный - 2017

Материалы научной конференции
посвященной Году экологии в Российской Федерации
17-21 апреля 2017 г.

Электронное издание

Красноярск
СФУ
2017 г.

Мир металлургии

УДК 004.932

ПРИМЕР АФФИННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ОБЪЕКТОВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Руденко Е.А.

Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Семушева А. Ю.

Сибирский федеральный университет

Одна из типовых задач, которая решается средствами растровой изобразительной графики, является преобразование изображения в целом и его отдельных фрагментов: перемещение, поворот вокруг заданного центра, изменение линейных размеров и т.п. Такая задача решается использованием аффинных преобразований [1, 2].

Определение. Аффинное преобразование — отображение плоскости или пространства в себя, при котором параллельные прямые переходят в параллельные прямые, пересекающиеся в пересекающиеся, скрещивающиеся в скрещивающиеся.

Аффинные преобразования используются в следующих ситуациях:

1. Для составления плоского изображения или трехмерной сцены путем компоновки из однотипных элементов с помощью их копирования, преобразования и перемещения в различные места изображения.

2. Для просмотра трехмерных объектов с различных точек зрения. В этом случае можно зафиксировать положение камеры и поворачивать сцену или, наоборот, сцену оставить неподвижной и передвигать вокруг нее камеру.

3. Для проецирования трехмерных объектов на плоскость и отображения сцены в окне. Аффинные преобразования на плоскости в общем виде описываются следующими формулами:

$$\begin{cases} X = Ax + By + C \\ Y = Dx + Ey + F \end{cases} \tag{1}$$

где A, B, C, D, E, F –константы.

Преобразование (1) можно записать в матричной форме $\begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B & C \\ D & E & F \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$.

Аффинным преобразованиям может подвергаться как сама система координат, так и объекты на плоскости. Если преобразование производится над системой координат, то значения (x, y) в выражении (1) интерпретируются как координаты точки в старой системе

координат, а значения (*X*, *У*) – координаты точки в новой системе координат. Преобразованиям могут подвергаться не только системы координат, но и объекты (фигуры).

В таблице 1 приведены матрицы основных типов аффинных преобразований систем координат и объектов на плоскости.

Таблица 1 - Основные типы аффинных преобразований систем координат и объектов на плоскости.

Преобразования системы координат	Преобразования объектов
Перемещение	
$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -dx \\ 0 & 1 & -dy \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & dx \\ 0 & 1 & dy \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
Масштабирование	
$\begin{pmatrix} 1/k_x & 0 & 0 \\ 0 & 1/k_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} k_x & 0 & 0 \\ 0 & k_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
Поворот	
$\begin{pmatrix} \cos\phi & \sin\phi & 0 \\ -\sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \cos\phi & -\sin\phi & 0 \\ \sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
Сдвиги	
$\begin{pmatrix} 1 & -h & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ - сдвиг вдоль оси x	$\begin{pmatrix} 1 & h & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ - сдвиг вдоль оси x
$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -g & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ -сдвиг вдоль оси y	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ g & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ - сдвиг вдоль оси y

Аналогичные преобразования происходят и для трехмерных объектов. Приведем пример части программы, написанной на языке Pascal, которая вращает аббревиатуру «СФУ» и ее части.

```
program program1;
var // t - матрица преобразования  // p - матрица проекции  // m - временная матрица
t, p, m: TMatrix;
i: Integer;   begin  // Создание матрицы проекции
CreateSimpleProjectionMatrix(100, p);
// Матрица переноса в центр изображения
CreateTranslationMatrix(300, 300, 0, m); // создание и запись во временную матрицу m
MatrixProduct(p, m); // применение матрицы m
```

```
i := 0;   LockDrawing; // для устранения мерцания
while true do
begin  // Создвние матрицы преобразования  IdentityMatrix(t);
CreateScaleMatrix(50, 50, 50, m); MatrixProduct(t, m); // Создание и применение матрицы масштабирования к матрице преобразования
CreateZAxisRotationMatrix(-i / 180 * PI, m); MatrixProduct(t, m); // Создание и применение матрицы вращения к матрице преобразования
CreateTranslationMatrix(0, 0, 50, m); MatrixProduct(t, m); // Создание и применение матрицы переноса к матрице преобразования // Объединение матриц преобразования и проекции
CopyMatrix(t, m); // копировать матрицу преобразования в m
MatrixProduct(m, p); // применить матрицу проекции к матрице m    // m - готовая матрица преобразования
DrawArc(-4, -2, 1, 0, Pi/2, m);
DrawLine(-4, -3, -6, -3, m);
DrawArc(-6, -2, 1, Pi/2, Pi, m);
DrawLine(-7, -2, -7, +2, m);
DrawArc(-6, +2, 1, Pi, Pi*3/2, m);
DrawLine(-6, +3, -4, +3, m);
DrawArc(-4, +2, 1, Pi*3/2, Pi*2, m);
// буква Ф
```

Список использованных источников

1. Кудрина М.А. Мурзин А.В. Аффинные преобразования объектов в компьютерной графике. *Труды Международного симпозиума «Надежность и качества»*, 2014, 1.

2. Бубенчиков А.М., Базаров К.Л., Буянтуева З.Г. Компьютерная графика, порожденная линейными преобразованиями координат. *Вестник Бурятского государственного университета*, 2013, 9.

УДК 621.311.243

НЕИССЯКАЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ - СОЛНЦЕ

Лукьяненко А. К., Красильников А. Ю.

Научный руководитель ст. преп. Арасланова М. Н.

Сибирский федеральный университет

Выбросы токсичных веществ и углекислоты в атмосферу, выделяющихся при сгорании ископаемого топлива, постепенно убивают планету. Электричество, получаемое на атомных, тепловых, водных электростанциях, постоянно растет в цене, так как очень дорого в производстве. Поэтому концепция «зеленой энергии», которая не вредит окружающей среде, является базовой основой многих новых энерготехнологий.

Одним из таких направлений получения экологически чистой энергии является технология преобразования солнечного света в электрический ток. Использование солнечных панелей делает человека независимым от компаний, которые предлагают энергию, чаще всего, по завышенным ценам. Установка солнечных панелей и перевод всего дома на электричество, включая отопление, приготовление пищи и подогрев воды – это значит один раз потратиться, чтобы навсегда забыть о счетчиках, ежемесячных платежах и общении с коммунальными службами. Поэтому солнечное излучение – идеальный источник энергии, бесплатный, экологически чистый, а главное, неиссякаемый. К тому же купить солнечную батарею сейчас не составляет труда, но необходимо просчитать необходимую мощность, ведь стоимость панелей разная.

Согласно результатам анкетирования, проведенного среди студентов первого курса - 67% опрошенных считают, что солнечную батарею нельзя изготовить в домашних условиях и только 33% считают наоборот. Также мнение участников анкетирования разделилось в следующем вопросе – можно ли изготовленную солнечную панель использовать как источник энергии. Это и определило проблему нашего исследования. Показать, что солнечную батарею, возможно, изготовить в домашних условиях и использовать как источник энергии.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Изучить типы солнечных батарей, их мощность, стоимость, основные фирмы-производители; целесообразность использования в Красноярском крае.
2. Изготовить солнечную батарею в домашних условиях с минимальными затратами.
3. Применение солнечной батареи в бытовых целях.

Солнечная батарея (модуль, панель) представляет собой фотоэлектрический генератор, принцип действия которого основан на физическом свойстве полупроводников: фотоны света выбивают электроны из внешней оболочки атомов. При замыкании цепи возникает электрический ток.

Таблица 1 - Типы солнечных батарей

Тип	Характеристика	Стоимость	Мощность	Требование
Монокрис-таллические	небольшой вес компактность долговечность	от 8 до 15 тыс. руб./м^2	150 W/м^2	попадание прямых солнечных лучей
Тонкоплё-ночные	пылеустойчивая высокая производительность	от 4 до 17 тыс. руб./м^2	180 W/м^2	большая площадь для установки
Поликрис-таллические	низкая стоимость	от 4 до 11 тыс. руб./м^2	150 W/м^2	наличие прямого попадания солнечных лучей

Все виды этих батарей применяются в портативной электронике, авиации, автомобилестроении, космической сфере, медицине и гражданском строительстве. Первые места в топе компаний, производящих солнечные панели, занимают: Yingli Green Energy (YGE), First Solar, Suntech Power Ко. Среди российских заводов следует выделить: «Солнечный ветер» в Краснодаре, ООО «Хевел» в Новочебоксарске, «Телеком-СТВ» в Зеленограде.

В связи с высоким уровнем загрязнения атмосферы на территории Красноярского края будет целесообразно использовать солнечные батареи для энергоснабжения частных домов, а в будущем и целых районов. Тем самым можно будет уменьшить уровень загрязнения до минимума: дома будут потреблять энергию Солнца, и не будут зависеть от электростанций, что даст жителям минимальный уровень загрязнения атмосферы.

Сборка солнечной панели в домашних условиях

Есть способ собрать солнечную панель, не пользуясь покупными фото ячейками. Например, из диодов или транзисторов. Такого устройства будет вполне достаточно для питания компактной электроники, однако если увеличить устройство в размерах, то можно будет снабжать энергией и загородный дом. Для изготовления такой батареи потребуются старые транзисторы типа «КТ» или «П». Прежде всего, необходимо аккуратно спилить или перекусить пассатижами верхнюю часть корпуса для того, чтобы солнечный свет мог свободно попадать на *p-n*-переход. Из транзисторов типа «П» надо дополнительно высыпать весь порошок и продуть внутреннюю часть. Далее потребуется объединить полученные

фотоэлементы в блоки, для увеличения тока используется параллельное соединение, для увеличения напряжения выхода — последовательное. Таким образом, несложно изготовить солнечную панель из подручных средств с необходимыми параметрами. Крепление элементов рекомендуется производить на текстолитовой подложке посредством навесного монтажа.

Можно сделать гелио батарею и из диодов Д223Б. Их не надо разбирать, достаточно при помощи ацетона удалить краску со стеклянного корпуса. Поскольку размеры этих диодов небольшие, плотность монтажа будет достаточно высокой. Их нужно впаивать в подложку вертикально, что позволит достичь максимальной освещенности кристалла и, соответственно, максимальной производительности.

Таблица 2 - Расходы на изготовление панели

Компонент	Стоимость	Количество	Описание
Диоды КД–202	10 рублей (1 шт)	36	Принятие солнечных лучей и преобразование их в энергию
Текстолитовая пластина	400 руб. (1м^2)	1	Корпус батареи
Провода	300 руб. (1м)	1	Проводники полученной энергии

Итого, потрачено 940 рублей на изготовление батареи размером 30х40 см и выходной мощностью 0,205 Вт. Исходя из этого мы посчитали что, для того чтобы создать батарею размером 1м^2 и мощностью 1,64Вт необходимо потратить 2020 рублей. Данная батарея заряжает сотовый телефон до 100% за 7 часов.

Мы смогли доказать, что данная солнечная батарея способна заряжать портативные электроустройства, а значит в теории она может оснащать энергией дома, но для этого придется увеличить размеры батареи, следовательно затраты тоже увеличатся.

Применение солнечной батареи в бытовых целях

Для того чтобы сделать частный дом автономным в плане энергопотребления и абсолютно независящим от городских электростанций, мы представим теоретический проект с полностью рассчитанным энергопотреблением за месяц. Его цель будет заключаться в сравнении энергии потребляемой от солнечной батареи и от генератора, тем самым, мы узнаем, выгодно ли использовать солнечную батарею для энергоснабжения частного дома. Для эксперимента будем использовать 2 комнатный частный дом с определённым количеством электроприборов.

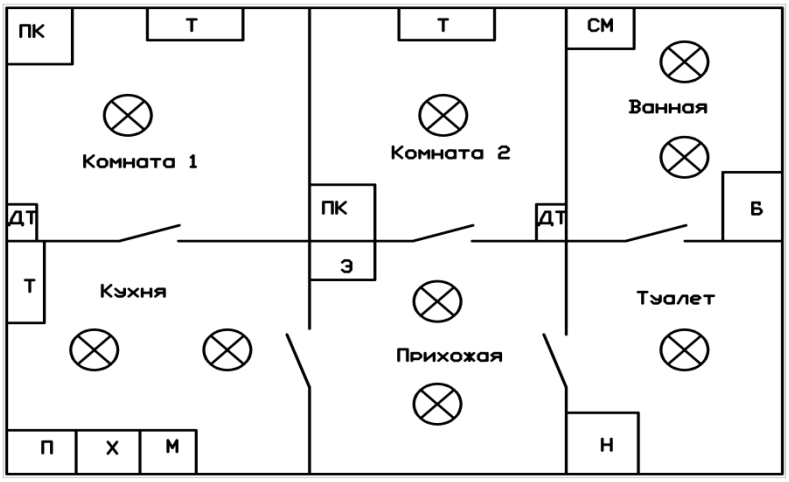

Рис.1 - Схема подключения электроприборов в доме

Таблица 3 - Энергорасход оборудования

Обозначение	Название прибора	Кол-во (шт)	Энергорасход, Квт \мес.
Пк	Персональный компьютер	2	120
Т	Телевизор	3	45
ДТ	Домашний телефон	2	1
ЭП	Электроплита	1	90
Х	Холодильник	1	42
СМ	Стиральная машина	1	30
⊗	Лампочка	9	270
Н	Водооткачивающий насос	1	23
Б	Бойлер	1	30
Э	Электробатареи	6	500
Сумма			1151

При обеспечении дома электричеством через бензиновый генератор с объемом бака 15 л, затраты составят около 62 тыс. руб. В эту сумму входит: стоимость генератора – 25 тыс. руб., при этом время работы на полном баке 10 часов, месячный расход на бензин - 37 тыс. руб., причем цена постоянно повышается. Затраты же на приобретение солнечных панелей около 140 тыс. руб. В эту сумму входит: 105 тыс. руб. – стоимость 7 солнечных батарей мощностью 250 Ватт, аккумулятор 100 А – 25 тыс. руб., инвертор на 2000 Вт – 6 тыс. руб., провода и предохранители – 3 тыс. руб. Не учитывалась в расчете стоимость доставки и их сборки.

Исходя из данных расчетов, мы можем понять, что использование солнечных панелей довольно дорогая альтернатива, и конечно дешевле использовать генератор. Но если взять

статистику за год, можно посмотреть что затраты на солнечную батарею будут минимальны по сравнению с затратами на обеспечение генератора, причем и срок службы оборудования различный. У бензинового генератора до 2 лет, а у солнечных батарей до 10 лет.

Но поскольку данный генератор обладает выхлопным механизмом, а значит, он также загрязняет атмосферу, то мы считаем, что можно переплатить почти в 2 раза, но получить механизм электроснабжения абсолютно экологически чистый. При анкетировании 63% студентов готовы платить такие деньги ради сохранения нашей природы. И ведь это уже совсем не новая технология, частные дома в некоторых странах уже давно используют солнечные батареи как источник чистой энергии. Так почему же не попробовать осуществить эту идею? Хоть это все еще просто теория, но мы готовы продвигать ее до того момента, пока она не станет явью. Нам кажется, что это один из самых приемлемых способов сохранения нашей природы от токсичных выбросов.

Список использованных источников

1. Кашкаров А.П. *Ветрогенераторы, солнечные батареи и др. полезные конструкции*. – М: ДМК Пресс, 2011. – 144 с.

2. Истратова К.К. Несолнечная сторона. *Промышленные страницы Сибири*, 2015, № 4(98), 33-37.

УДК 669

РЕЦИКЛИНГ АЛЮМИНИЕВЫХ БАНОК

Тарасенко Е. В, Уханёв Д. С., Кутрань А. Д., Вакселев Ю. А., Кожеко А. П.

Научные руководители канд. техн. наук И.В. Дубова,

канд. пед. наук С.М. Бутакова.

Сибирский Федеральный Университет

Рециклинг – повторное использование или возвращение в оборот отходов производства. Существует несколько видов рециклинга – механический, инсинерация, рециклинг пиролизом, химический рециклинг. На сегодняшний день формирование упаковочной отрасли обусловило стремительное накопление твердых бытовых отходов (ТБО), утилизация которых путем захоронения наносит непоправимый экологический вред. Например, срок разложения одной алюминиевой банки составляет около 200 лет. Типичным способом переработки алюминиевых банок является переплавка в новый сплав, при этом на получение алюминия из вторичного сырья расходуется почти в 25 раз меньше энергии, чем для его производства из бокситов. Наименее разработанным является переработка алюминиевых банок в продукты, используемые в других отраслях.

Целью работы являлось проведение опытно-экспериментальной проверки и определение условий переработки алюминиевых банок в алюмокалиевые квасцы. Квасцы — двойные соли, кристаллогидраты сульфатов трёх и одновалентных металлов общей формулы $M^{+2}SO_4 \cdot M^{3+}2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ (другая запись $M^{+}M^{3+}(SO_4)_2 \cdot nH_2O$), где M^{+} — один из щелочных металлов (литий, натрий, калий, рубидий или цезий), а M^{3+} — один из трехвалентных металлов (обычно алюминий, хром или железо(III)). Ионы аммония (NH_4^{+}) могут также выступать в роли M^{+}, замещённые ионы аммония (например, $CH_3NH_3^{+}$) также могут входить в состав квасцов. Формула алюмокалиевых квасцов $KAl(SO_4)_2 \cdot 9H_2O$. Известным способом получения алюмокалиевых квасцов является взаимодействие сульфата алюминия с сульфатом калия.

$$Al_2(SO_4)_3 + KSO_4 + 12H_2O = 2KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O \qquad (1)$$

Материалом исследования был выбран лом алюминиевых банок, которые изготавливаются из алюминиевых сплавов различных серий, что вызвано различными требованиями к механическим свойствам. Так корпус банки изготовлен из сплава 3004 или 3104, крышка и дно банки из сплава 5182, ушко для открывания банки из сплава 5042.

Химические составы перечисленных сплавов приведёны в таблице 1.

Таблица 1- Химический состав сплавов алюминиевой банки

			Химический состав							Мех. свойства		
Деталь банки	Сплав	Состояние		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	σ_B	$\sigma_{0.2}$	δ
				%, масс.						МПа		%
Корпус	3004	H19	Мин.	0,00	0,00	0,00	1,00	0,80	0,00	290	270	2
			Макс.	0,30	0,70	0,25	1,50	1,30	0,05	330	310	
Крышка	5182	H48	Мин.	0,00	0,00	0,00	0,20	4,00	0,00	355	310	5
			Макс.	0,20	0,35	0,15	0,50	5,00	0,10	400	350	
Ушко	5042	H18	Мин.	0,00	0,00	0,00	0,20	3,00	0,00	330	300	3
			Макс.	0,20	0,35	0,15	0,50	4,00	0,10	380	350	

Сплав банки на 96% состоит из Al, поэтому при растворении лома банки в разбавленной серной кислоте возможно получить сульфат алюминия по реакции:

$$2Al + H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2. \quad (2)$$

Избыток кислоты необходимо нейтрализовать щелочью, при этом в растворе получается сульфат калия. При температуре близкой к нулю возможна кристаллизация квасцов. Таким образом, в процессе синтеза квасцов возможны реакции 2-5.

$$H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2H_2O \quad (3)$$

$$KAl(SO_4)_2 + 12H_2O = KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O \quad (4)$$

$$2Al + 4H_2SO_4 + 2KOH + 16H_2O + 2KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O + 3H_2 \quad (5)$$

Для подбора условий процесса были проведены термодинамические расчеты. Расчет энергии Гиббса основывается на использовании математического аппарата интегрального исчисления, а именно вычислении линейного определенного интеграла. Границы интегрирования зависят от выбранного интервала температур.

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0 + \int_{298}^{T} \Delta C_P dT - T\int_{298}^{T} \frac{\Delta C_P}{T} dT.$$

В результате интегрирования получаем уравнение

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0 + \Delta C_P(T - 298) - \Delta C_P \ln\frac{T}{298}.$$

Изменение энтальпии и энтропии рассчитывается по следствию из закона Гесса, согласно которому изменение термодинамической функции равно разности сумм этих функции у конечных и первоначальных продуктов реакции.

$$\Delta H_{298}^0 = \sum_{i=1}^{k} \Delta H_i - \sum_{j=1}^{n} \Delta H_j,$$

где ΔH_{298}^0 – изменение энтальпии реакции веществ стандартном состоянии, кДж; ΔH_i – функция энтальпии продуктов реакции, Дж; ΔH_j – функция энтальпии начальных компонентов реакции, Дж; k, n – количество продуктов и исходных веществ соответственно

$$\Delta S_{298}^{0} = \sum_{i=1}^{k} \Delta S_i - \sum_{j=1}^{n} \Delta S_j,$$

где ΔS_{298}^{0} – изменение энтропии реакции веществ в стандартном состоянии Дж ; ΔS_i- функция энтропии продуктов реакции , Дж/(моль*К); ΔS_j – функция энтропии начальных компонентов реакции , Дж/(моль*К); k и n – количество продуктов и исходных веществ соответственно.

Свободная энергии Гиббса в интервале температур от 273 °К до 1273 °К для реакций 2-5 была рассчитана с использование программы HSC5.1 Chemisty. Графически температурная зависимость показана на рис. 1.

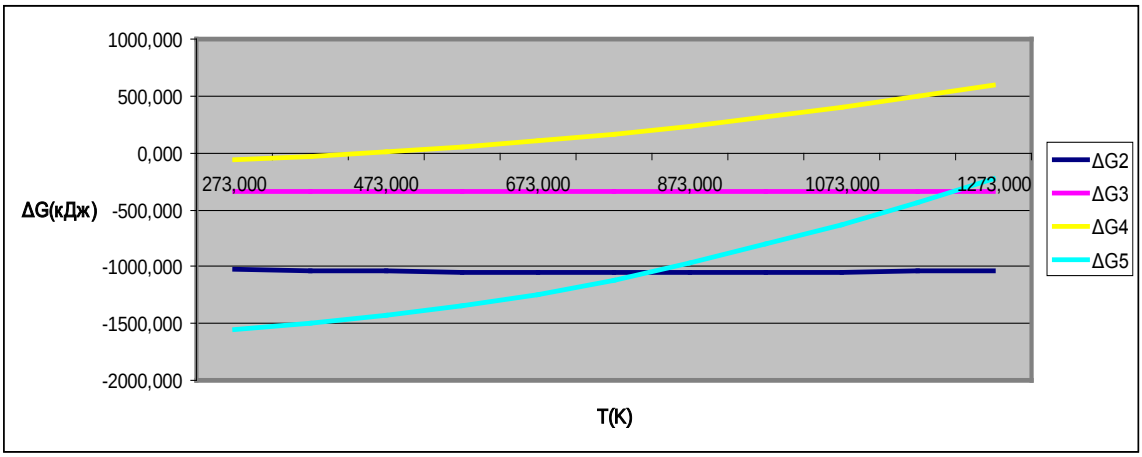

Рис. 1 – Температурная зависимость энергии Гиббса для реакций (2-5).

Изменение энергии Гиббса характеризует направление протекания реакции. Если $\Delta G < 0$, то реакция может протекать самопроизвольно. При $\Delta G > 0$ процесс самопроизвольно протекать не может. Если $\Delta G = 0$, то система находится в равновесии. Чем большим уменьшением энергии Гиббса сопровождается реакция, тем больше сродство реагирующих веществ друг к другу. Из рисунка 1 видно, что для реакций (2)-(3) изменение температуры не влияет на направление процесса, реакция (3) протекает в прямом направлении при температуре близкой к 0 °С, а реакция (5) наиболее полно протекает при температуре выше 300 °С.

При проведении эксперимента 0,3-0,5г алюминиевой стружки растворяли в разбавленной серной кислоте при нагревании, для чего в 50 мл стакан помещали точную навеску стружки, 5 мл дистиллированной воды и 4 мл концентрированной серной кислоты. Реакцию проводили при нагревании и постоянном перемешивании до 30 минут.

После фильтрования полученного раствора фильтрат помещали в ледяную баню и нейтрализовали, приливая 4 мл КОН при тщательном перемешивании. При охлаждении из

раствора выпадали кристаллы. С целью повышения качества квасцов проводили перекристаллизацию, для чего раствор вновь нагревали до растворения осадка и затем помещали в ледяную баню. Окончательно отделение осадка квасцов проводили вакуумной фильтрацией. Был проведен расчет выхода реакции, который составил около 50%.

В результате исследования подтвердили возможность использовать лом алюминиевых банок для синтеза алюмокалиевых квасцов. Анализ полученного продукта соответствует техническим условиям. Для повышения выхода синтеза квасцов необходимо отрабатывать технологические условия.

Список использованных источников

1. Галушко А. М. и др. *Некоторые особенности технологии и организации рециклинга алюминия и его сплавов* // Литьё и металлургия. – 2010. – №. 1, 2- с. 54- 55.

2. Фролов А. К. *Зеленая логистика* //Вестник молодых ученых Самарского государственного экономического университета. – 2016. – №. 2. – С. 182-184.