

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИЗВЕСТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

*Камолов Эшмурод Рахмонович*  
*Старший преподаватель кафедры «Информатика»*  
*Чирчикского Государственного педагогического института*  
*Ташкентской области*  
*Республика Узбекистан*

*Анотация:* В данной статье рассматривается математическая модель технологического процесса обогащения каолина, при этом выделено несколько фаз в развитии культуры микроорганизмов. С учетом кинетических зависимостей составлено уравнение описывающее процесс культивирования бактерий в непрерывном режиме, в котором снижение концентрации железа отражается в графическом виде. Вопросы определения неизвестных коэффициентов на основе задачи параметрической идентификации и реализации моделей. С целью преодоления определенных трудностей, а также ускорения расчетов и получения более точных, достоверных результатов использован интерполяционный полином Лагранжа и последовательного исключения неизвестных.

*Ключевые слова:* Скорость окисления, генерации бактерий, Титр клеток, метод наименьших квадратов, параметрической идентификации, метод максимального правдоподобия, метод оценок, функцию интерполяционным, полином Лагранжа.

# DETERMINATION OF UNKNOWN COEFFICIENTS OF THE MATHEMATICAL MODEL

*Kamolov Eshmurod Rakhmonovich*  
*Senior Lecturer of the Department of Informatics*  
*Chirchik State Pedagogical Institute*  
*Tashkent region*  
*The Republic of Uzbekistan*

***Abstract:** This article examines a mathematical model of the technological process of kaolin enrichment, while identifying several phases in the development of the culture of microorganisms. Taking into account the kinetic dependences, an equation was drawn up that describes the process of cultivating bacteria in a continuous mode, in which a decrease in the concentration of iron is reflected in a graphical form. Questions of determining unknown coefficients based on the problem of parametric identification and implementation of models. In order to overcome certain difficulties, as well as speed up calculations and obtain more accurate, reliable results, the Lagrange interpolation polynomial and the successive elimination of unknowns are used.*

***Keywords:** oxidation rate, bacterial generation, cell titre, nanized squares, parametric identificate, maximum plausibility method, evaluation method, interpolation function, polyn Lagrange.*

Актуальность темы: Применение современных биотехнологических методов при переработке каолинов, занимающих важное место в экономике нашей страны, считается экологически чистым и экономически эффективным методом. На сегодняшний день при изготовлении фарфоровых изделий, скульптуры используется качественный импортный

каолин. Это приводит к повышению себестоимости продукта и становится причиной увеличения финансовых затрат. Качество каолина местного Ангренского месторождения низко и содержит элемент железо, который препятствует его использованию. При очищении элемента железа, снижающее качество каолина наряду с химическими методами, развитых странах используются современные биотехнологические методы железобактерий. В этом направлении в нашей стране ведутся научные исследования по внедрению биотехнологических методов очистки. При этом задача параметрической идентификации состоит в экспериментальном определении характеристик объекта. Оценивание параметров объекта производится в рамках математической модели определенного класса. При этом различие между данными, полученными на реальном объекте и на соответствующей математической модели, должно быть по возможности минимальным. Подробное обсуждение методов параметрической идентификации, в том числе их выход и анализ условий сходимости, можно найти в работе [7], а также в [10, 11]. Чтобы избежать ситуации, когда малые ошибки экспериментальных данных могут повлечь большие ошибки в определении констант, требуется оценка корректности постановки задачи идентификации. Кроме того, важен вопрос о достаточности экспериментальных данных, возникающий при исследовании конкурирующих моделей. Эти существенные аспекты рассмотрены в работах [12,13]. Скорость бактериального окисления закисного железа была увеличена путем аэрирования растворов и добавления солей фосфора. При дополнительной аэрации сжатым воздухом (2,8-3,0 м\мин) и добавлением бактериальных затравок из чанов при температуре 25-35 С в условиях стационарного культивирования и при избытке кислорода, двуокиси углерода и других компонентов. Скорость окисления в культиваторе достигает 50 г\скорость окисления определяется скоростью роста бактерий, которая в свою очередь зависит от способа и

условий их культивирования. Время генерации бактерий на сред с при температуре 25-35С колеблется от 3,6 до 10г. Таким образом, процессе биотехнологического обезжелезения каолина необходимо учитывать количество железа, которое содержится в сырье, а соотношение Т:Ж и рН поддерживать таким, чтобы не было повторного осаждения железа уже в виде гидроксиде или создать условия, при которых 3-ч валентное железо будет оставаться в растворе. Однако увеличение концентрации клеток в маточном материале в 10 раз способствует сокращение времени обогащения не на 70-80 часов, а толка 25-30 часов. Многочисленными условиями, показано что скорость окисления прямо пропорционально концентрации фермента.

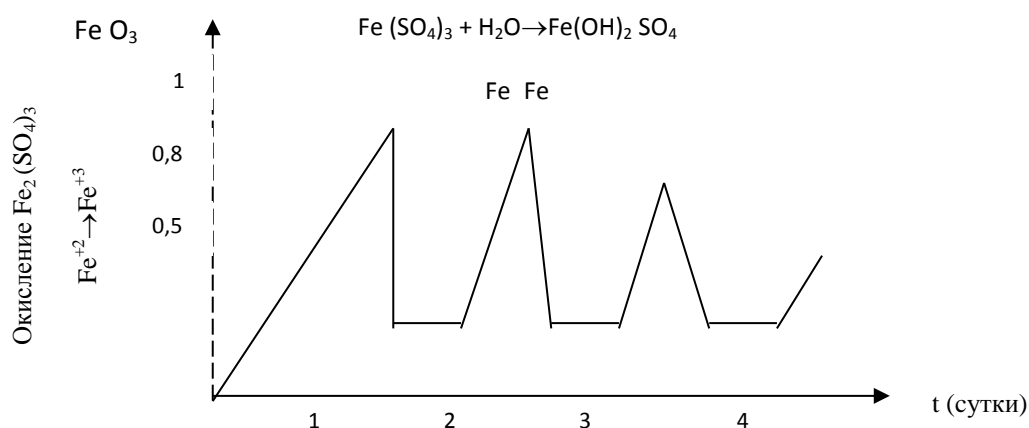
Влияние количества вносимого в суспензию каолина маточного материала бактерии *Thiobacillus ferrox* титр культуры.

Объем маточного материала, вности, в расчете на 1л суспензии, мл.	Титр культуры суспензии, кл\мл.	Количество железа, вносимого в суспензии с маточными г\л	<i>ПРИМЕЧАНИЕ</i>
20	2*10	0,016	Титр клеток в суспензии ниже оптимального Титр культуры достаточен для развития процесса обогащения.
25	2,5*10	0,02	
30	3*10	0,024	
35	3,5*10	0,028	
40	4*10	0,032	

			оптимальные нормы.
--	--	--	--------------------

Количество съёмов по 1/2 объема жидкой фазы реакционной смеси при максимально достижимой концентрации железа в растворе в зависимости от соотношения Т:Ж

Соотношение Т:Ж	Соотношение масса; объем г:мл	Удаваемый объем жид фазы, мл	Удаваемая масса железа, всего, гр	Удаваемая 1-кратно масса железа, г	Число съёмов жидкой фазы, раз.
1:1	500:500	250	2,5	0,2	12
1:2	333:666	333	1,66	0,264	6
1:5	250:750	375	1,25	0,3	4
1:4	200:800	400	1,0	0,32	3
1:5	166:830	415	0,83	0,332	2,6



Съемно-доливной способ ведения процесса биотехнологического обогащения каолина.

А-кривая выхода железа в жидкую фазу; а,б,в- моменты остановки барботирования;

Г-время остановки-окончания процесса; П- паузы на осаждение каолина, слив  $1/2$  части жидкости фазы и внесение равного объема питательной среды.

В процессе барботирования реакционной смеси начиная с 2-ч суток производим отбор части суспензии и анализ на содержание оксида железа. По достижении концентрации в суспензии  $0,75 \text{ г/л}$  барботирование останавливаем на 3-4 часа, затем откачиваем или сливаем верхнюю над осадочную часть, стараясь не взмучивать осадок сливание части жидкой фазы производим периодически до тех пор, пока концентрация оксида железа в ней перестанет возрастать и остановится на пороге меньшей  $0,75 \text{ г/л}$

Результаты исследований: Для повышения качества каолинов предложена схема, включающая в себя основные стадии дезинтеграция, отделение крупных каменистых и включений, электромагнитная сепарация, сгущение суспензии каолина, сушка. Такая схема позволила увеличить содержание алюминия (более 35%), снизить содержание железа до 0,9% и оксида титана до 0,7%.

В процессе обогащения каолина на детерминированные кинетические зависимости накладывается множество возмущений, носящих характер, чем и объясняется возникающая необходимость периодической или постоянной подстройки коэффициентов модели. Задача оценивания констант связана с надежным выбором метода, обеспечивающего требуемую точность и быструю сходимость поиска. В настоящее время разработано достаточно большое количество методов оценки кинетических констант [6]. Среди них наибольшее распространение получили метод наименьших квадратов, метод максимального правдоподобия и метод оценок на основе теоремы Байеса.

Однако следует заметить, что при оценке кинетических констант биохимических и микробиологических реакций до сих пор нередко

используется графический метод, уступающий по точности аналитическим и трудно поддающийся формализации на ЭВМ [9].

Как показал опыт, данный метод сопряжен с определенными трудностями, особенно для специалистов, не обладающих достаточным опытом экспериментального исследования технологических процессов. Только после многочисленных экспериментов и контрольных расчетов можно убедиться в правильности полученных значений коэффициентов. Поэтому нами с целью преодоления этих трудностей, ускорения расчетов и получения более точных и достоверных результатов использованы методы приближенного дифференцирования. Биотехнологический процесс описывается в общем виде уравнением

$$Y = f(c) + K_n \quad (5)$$

Значения  $f(C)$ , как правило на первоначальном этапе представляют собой результат экспериментов. Полученные экспериментальные данные наносятся на график, где осью абсцисс служит  $C$ , а осью ординат-  $t$ . В качестве  $C$  могут выступать концентрация субстрата –  $S$  и бактерия –  $X$ .

Поскольку концентрация субстрата меняется в широких пределах и имеет прямую связь с другими биокаталическими процессами и явлениями, удобнее и точнее определять значения интересующих нас коэффициентов именно через данный параметр. Концентрацию субстрата-  $S$  также точнее и быстрее можно определить экспериментальными приемами.

Какой бы процесс не описывался рассматриваемой нами функцией  $Y = f(C) + K$  производную  $Y'$  с физической точки зрения интерпретировать как скорость, с которой протекает этот процесс [10,13] нахождения на отрезке  $[t_0 t]$  производных  $S'(t)$  приближенно заменим функцию интерполяционным полиномом Лагранжа, построенным для требуемых точек

Тогда  $S'(t)$  для двух точек приобретает следующий вид:

$$S^1(t) = \frac{1}{h} \left[ \nabla S_0 + \frac{2g-1}{2} \nabla^2 S_0 \right]$$

Где  $g = \frac{t-t_0-t_i}{h}$  представляет собой число шагов, необходимых для достижения точки  $t$ , исходя из точки  $t_0$  и

$$h = t_{i+1} - t_i (t = 0, 1, 2, \dots, n)$$

здесь -  $\nabla S_i$  определяются методом конечных разностей. В итоге получаем два алгебраических уравнения с двумя неизвестными в следующем виде:

$$\begin{cases} -S^1(t_0) = [\alpha_1, \mu(t_0) + m_1]x_0 \\ S^1(t_1) = [\alpha_2, \mu(t_1) + m_2]x_1 \end{cases}$$

Здесь значения  $S'(t_0), S'(t_i)$ , известны: они определяются по результатам экспериментов; - неизвестные коэффициенты.

Для решения системы уравнений применяем метод последовательного исключения неизвестных (метод Гаусса). В результате получим:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1,57 & m_1 &= 0,068 \\ \alpha_2 &= 1,36 & m_2 &= 0,059 \end{aligned}$$

t- время	SiO2	TiO2	AL2O 3	Fe2O3	K2O
6	53,51	0,63	27,80	2,77	1,68
12	51,58	0,64	33,04	1,58	1,60
18	50,18	0,66	34,13	0,98	1,64
24	49,78	0,68	34,80	0,80	1,62

Рис. 1.



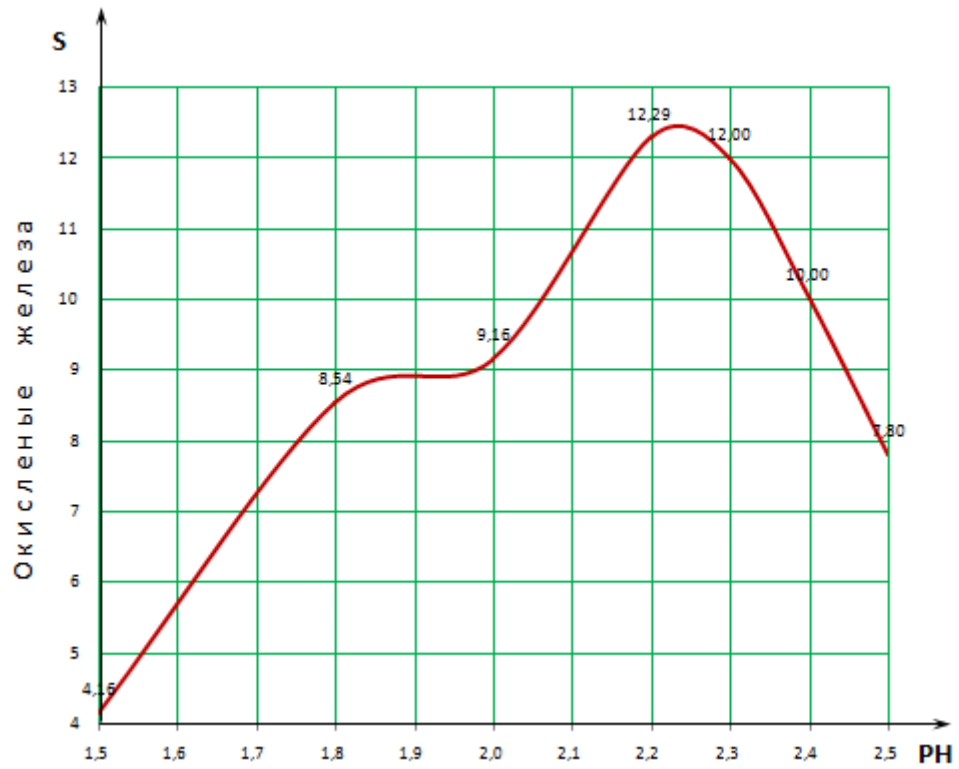
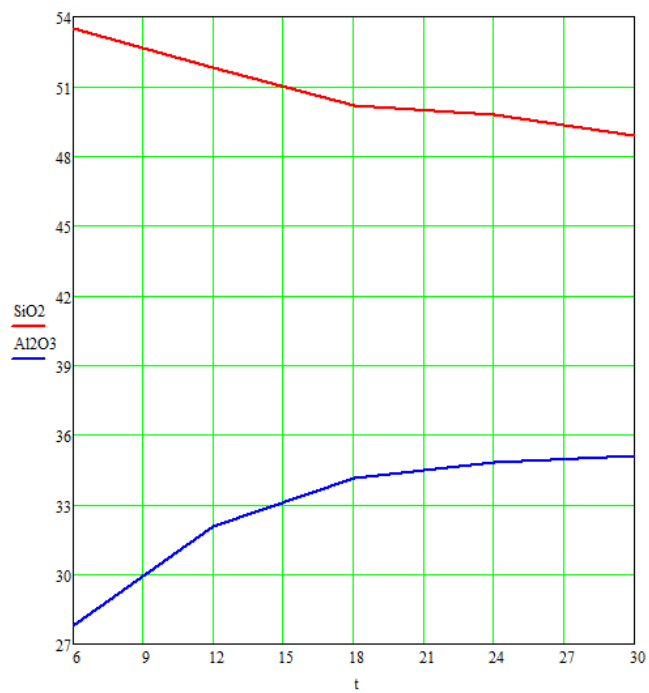


Рис. 2.

$$t = (6 \ 12 \ 18 \ 24 \ 30)^T$$

$$SiO_2 = (53.51 \ 51.78 \ 50.18 \ 49.78 \ 48.90)^T$$

$$Al_2O_3 = (27.80 \ 32.04 \ 34.13 \ 34.80 \ 35.10)^T$$



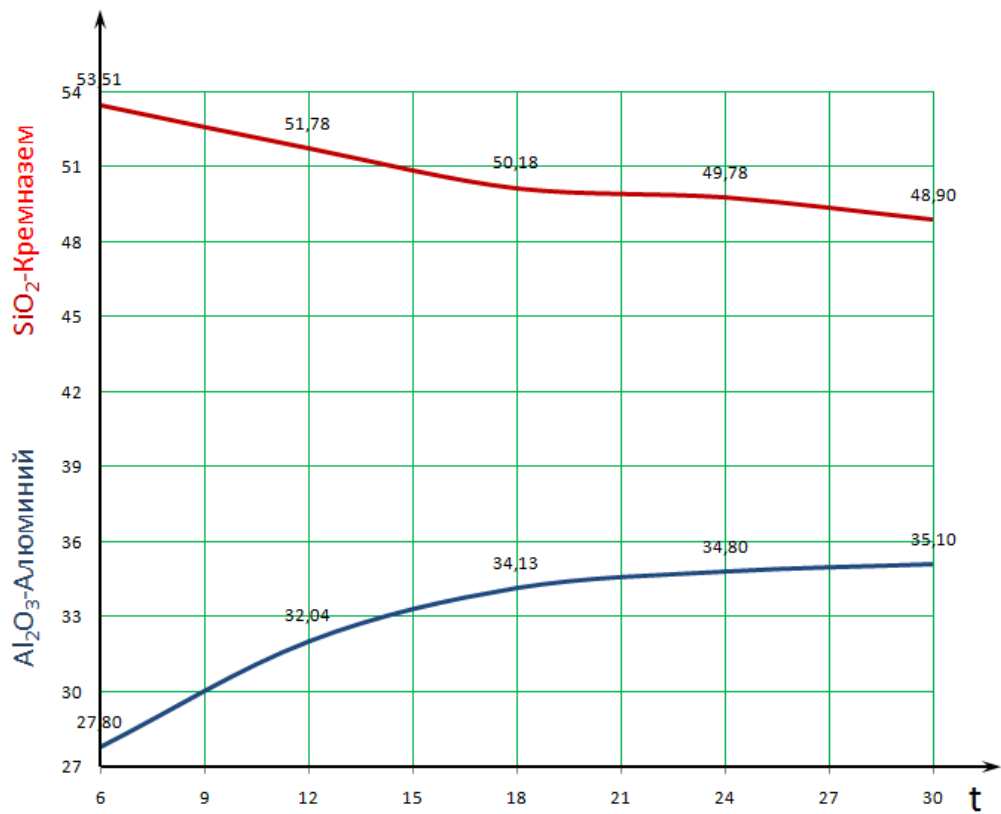
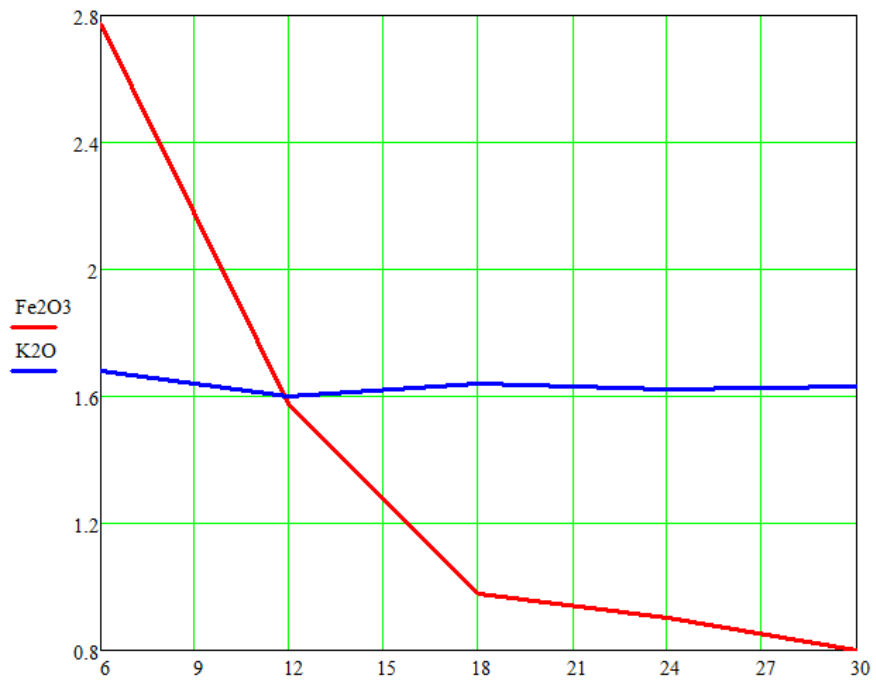


Рис. 3.

$$t := (6 \ 12 \ 18 \ 24 \ 30)^T \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 := (2.77 \ 1.58 \ 0.98 \ 0.90 \ 0.80)^T$$

$$\text{K}_2\text{O} := (1.68 \ 1.60 \ 1.64 \ 1.62 \ 1.63)^T$$



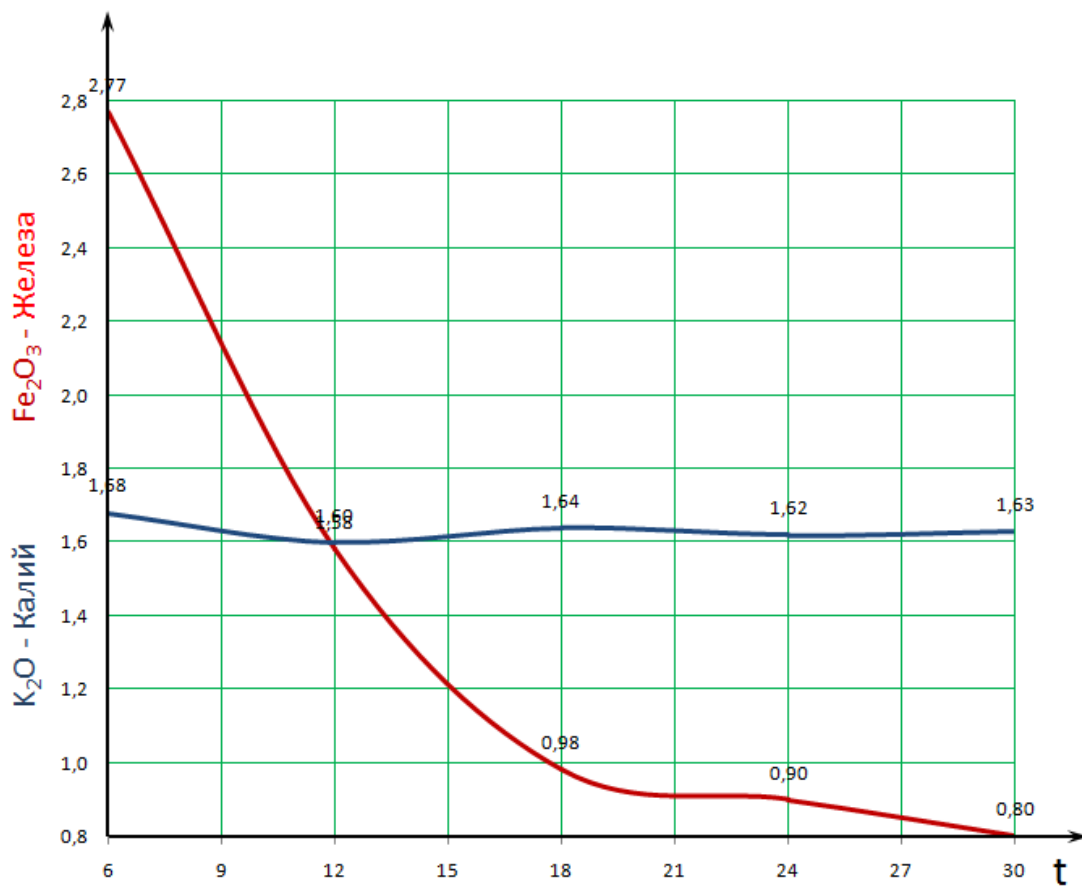


Рис. 4.

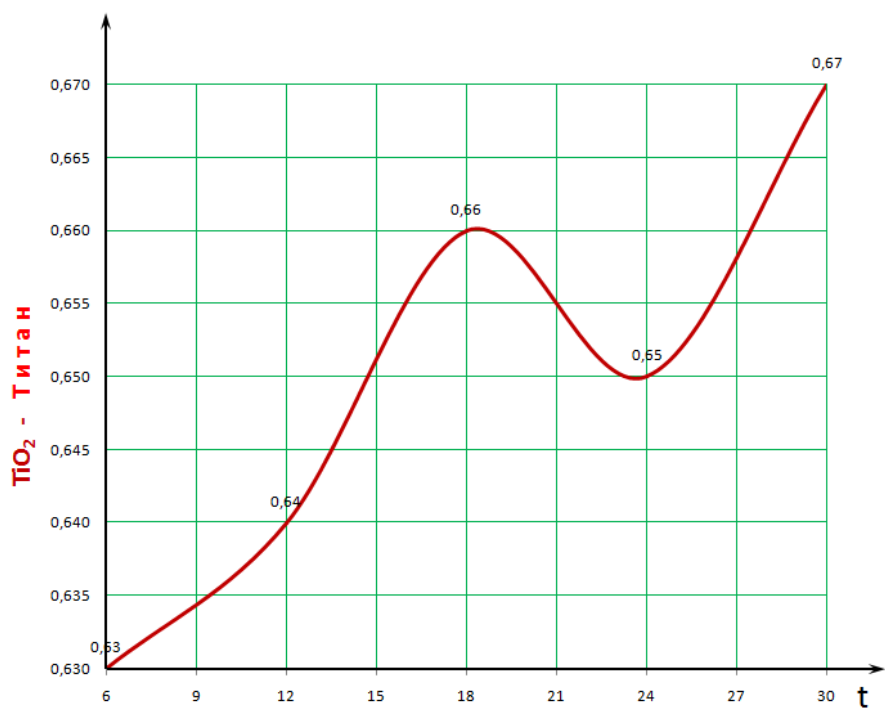


Рис. 5.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лелеко А.И., Худин Ю.Л., Устинов М.И. Перспективы развития добычи угля в Средней Азии. Минск: Белгео 1993.220 с.
2. Бекмуратов Т.Ф., Камилов М.М., Рахимов Т.Н. Идентификация химико-технологических объектов. Ташкент: Фан.1970. с. 183.
3. Бирюков В.В., Кантере В.М. Оптимизация периодических процессов микробиологического синтеза. М.Наука,1985. с.296.
4. Шакиров Ш.Ю., Салимов З.С, Шакиров Т. И., Мкртчян Р.В. Обогащение Ангренских каолинов с помощью электромагнитного сепаратора. Узбекский химический журнал. 1993.№1,с. 52-58.
5. Семенов В.С. и др. способ обогащения каолина. А.С.№412164.1974.
6. Ахметов К.А., исмаилов М.А. Математическое моделирование и управление технологическими процессами биохимического производства. Ташкент,: Фан 1988.96 с.
7. Обогащение руд и проблема безотходной технологии. Под ред. Л. Наука, 1980, 208с.
8. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: химия. 1985. 448 с.
9. Кафаров В.В., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование биохимических реакторов. М.: Химия. 1983.342 с.
10. Кариман С.А., Брайцев А.В., и др. Моделирование и оптимизация производственных процессов при добыче угля.
11. Аверкин А.Н. и др. Нечеткие множества в моделях управления искусственного интеллекта. -М.: Наука, 1986
12. Халин.В.Г.Теория принятия решений. М Наука 2018
13. Управление динамическими системами при неполной информации. Межвуз.сборн.научн.трудов. Новосибирск, 1982

14. Камолов Э.Р. Ка олинни бойитиш технал огик жараёнини оптимизациялаш алг оритмини ишлаб чиқиш Узбекиский журнал Фан ва Жамаиат2020 №1 10-14

15. Камолов.Э.Р. Мет одика идентификации математическ ой модели. Международный научный журнал, № 3 (79), 2020, Том 1

16. Камолов.Э.Р. Decision development of management 'problems of biotechnological systems at an uncertainty of environmental states using the mathematical statistics methods, Международный научный журнал, №3 2020

17. Камолов.Э.Р. Development of an algorithm for optimizing the technological process of kaolin enrichmentPublished in: 2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)

18. To cite this article: Sh Rakhmanov E Kamolov et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 883 012086