

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

---

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ  
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА  
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 1680-9165

№ 1 (2021)

---

**ПАВЛОДАР**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**  
выходит 1 раз в квартал

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ63VPY00028965

выдано

Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация результатов фундаментальных и прикладных научных исследований  
по широкому спектру проблем в области металлургии, машиностроения, транспорта,  
строительства и естественных наук

**Подписной индекс – 76129**

<https://doi.org/10.48081/ERLV4618>

**Импакт-фактор РИНЦ – 0,344**

---

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);  
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);  
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);  
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

**Члены редакционной коллегии:**

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);  
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);  
Богомоллов Алексей Витальевич - к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);  
Кажыбаева Галия Тулеуевна - к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

**Зарубежные члены редакционной коллегии:**

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);  
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);  
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);  
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);  
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Исаева КуралайСметкановна Реал, Испания);  
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);  
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);  
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);  
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);  
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);  
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);  
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);  
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/HLKE8908>

### **Д. Б. Жусуппаев**

Казахстанский электролизный завод,  
Республика Казахстан, г. Павлодар

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ**

*В данной статье рассмотрено влияние количества мелкой фракции в шихте при производстве анодов на расход пека и качество обожженных анодов.*

*В ходе проведенных экспериментальных исследований выявлена зависимость свойств поступающего на производство каменноугольного пека. Необходимо четко подбирать количественные пропорции подачи в анодную массу мелкой фракции сухой шихты и пека.*

*Наилучшие качественные показатели анодов получены при дозировке пека более 14,4 % к 37,14 % мелкой фракции в сухой шихте. Качественные показатели обожженных анодов напрямую зависят от количества дозируемого каменноугольного пека к определенному количеству мелкой фракции в сухой шихте.*

*Ключевые слова: фракция, анод, пек, качество, производство.*

### **Введение**

Производственный комплекс цеха по производству анодов одного из предприятий по выпуску алюминия, представленный на рисунке 1, состоит из следующих основных технологических операций:

- производство анодной массы. Приготовление сухого состава путем дробления помола и просеивания анодных огарков и нефтяного кокса. Предварительный нагрев сухого состава и перемешивание с пеком;
- уплотнение массы. Формование анодов из зеленой массы путем прессования или вибрации;
- обжиг анодов. Обжиг зеленых анодов в закрытой или открытой обжиговой печи;
- монтаж анодов на анододержатель. Установка токоподводящих анододержателей в ниппельные гнезда анода и заливка чугуна [1].

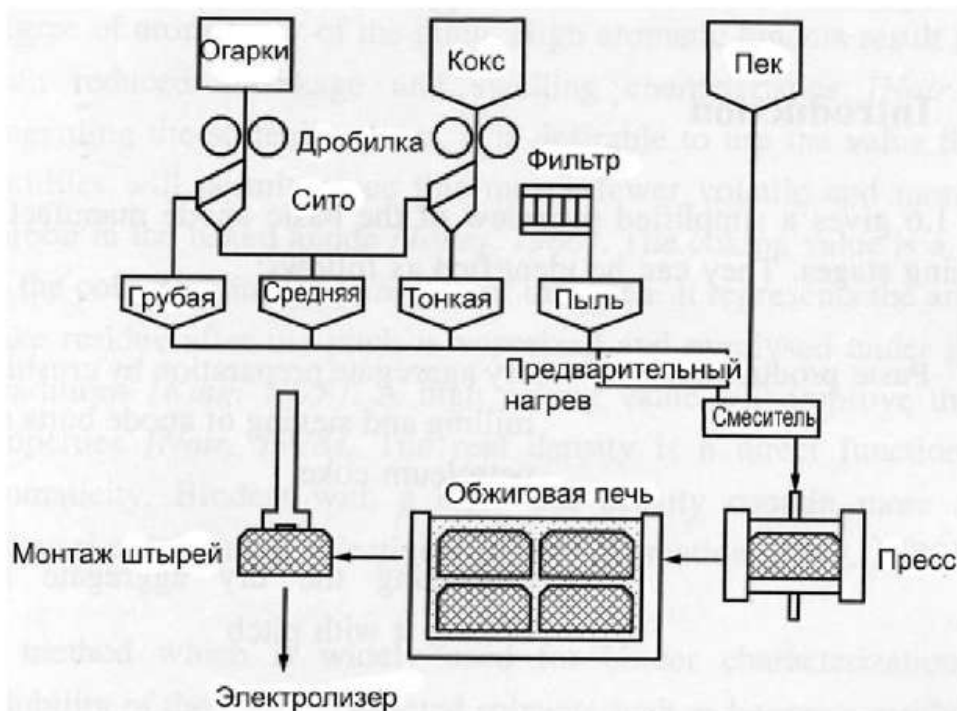


Рисунок 1 – Упрощенная схема производства обожженных анодов [2]

### Материалы и методы

Основным фактором, влияющим на качество анодов, является качество используемого сырья – наполнителя и связующего. Наполнителем в аноде служат нефтяной кокс и возврат вторичного сырья или отходов – это огарки, возвращаемые после процесса электролиза, и так называемый скрап, основную массу которого составляет бой или брак «зеленых» и обожженных анодов. Нефтяной прокаленный кокс – продукт нефтепереработки, получаемый на НПЗ путем коксования различных нефтяных остатков на установках замедленного коксования (УЗК). Процесс коксования один из важных и рентабельных процессов углубления переработки нефти, обеспечивающий получение (наряду с коксом) дополнительных дистиллятных продуктов.

Кокс и возвратные материалы собираются в сухом виде и подразделяются на три составляющие фракции основной шихты:

- крупной (анодные огарки 1–14 мм);
- средней (фракция кокса 0,25–6,3мм);
- мелкой (мельничная пыль фракции 0–0,25 мм и пыль фильтров).

Связующим при производстве анодов является каменноугольный пек марки В, получаемый высокотемпературной дистилляцией каменноугольной смолы, которые являются сопутствующими продуктами сталелитейной промышленности. Качество каменноугольной смолы определяется условиями получения металлургического кокса: температурой и временем коксования, подогревом

угля, грансоставом шихты, величиной подсводового пространства, температурой коллектора газов и состоянием коксовой батареи.

Основными факторами, влияющими на свойства каменноугольного пека:

- происхождение и качество угля, технология его коксования и свойства получаемой из него каменноугольной смолы;
- способ дистилляции смолы: периодический или непрерывный;
- содержание в пеке остаточных низкокипящих компонентов (коэффициент дистилляции);
- способ дополнительной обработки пека: окисление воздухом, термообработка, дистилляция при пониженном давлении [3].

Основная часть сталелитейной промышленности, обеспечивающая производство каменноугольного пека, продолжает использовать кислородную технологию, которая была разработана еще в 1950 г., с этим и связано снижение потребления металлургического кокса [3].

Используя открытые сведения по производству чугуна в последние годы, был оценен объём производства каменноугольного пека в Казахстане и ближайших странах годовой баланс, который представлен на рисунке 2 [4].



Рисунок 2 – Схема баланса производства пека

Для получения хорошей «зеленой» (необожженной) массы, необходимо подготовить «правильную смесь» кокса и пека. Оптимальное содержание пека в массе зависит от количества мелкой фракции кокса. Оптимизированную рецептуру, основывающуюся на сырье, которое будет использовано в производстве, получают в ходе первой стадии производства. Как смешать эти два компонента вместе, чтобы получить хорошую массу для высококачественного анода – не тайна. Эти два компонента должны распределяться в точном соответствии с оптимизированной рецептурой, сохранять высокую температуру и смешиваться один с другим с максимальным разрыхлением в течение времени, необходимого для смачивания поверхности сухого компонента пеком и для формирования требуемого количества связующей матрицы. Это, конечно, не столь просто как смешивание

песка с жидкостью [5]. Для достижения оптимального качества анодной массы должны быть выполнены следующие условия [6-8]:

- максимальный размер частиц от 12 до 14 мм;
- стабильная мелкодисперсность в течение всего процесса [9, 10];
- минимальная эрозия частиц в ходе замеса/перемешивания и охлаждения, чтобы избежать образования дополнительных поверхностей и дополнительного расхода пека;
- температура сырья должна быть высокой и стабильной;
- медленное и интенсивное движение хрупких частиц кокса;
- интенсивное разрыхление при перемешивании, чтобы обеспечить смачиваемость всей поверхности частиц;
- регулируемое время смешения (как в среднем всего процесса. Так и по отношению к каждой частице).

После процесса смешивания происходит процесс прессования анода с последующим охлаждением и передача на хранение перед обжигом.

В процессе обжига, имеющийся в аноде пек коксуется, заполняет поры в теле анода и образуется однородная углеродная масса. Обжиг анодов должен проводиться по длительному и точно выдержанному графику. При этом градиент повышения температуры в теле анода при обжиге не должен превышать 12 °С в час. На этот фактор также влияет и содержание пека в анодной массе, так как при повышенном содержании пека в теле анода образуются трещины, вызванные выделением «летучих» газов, при повышении температуры.

При повышенных температурах «зеленые» аноды могут деформироваться, под воздействием собственного веса, поэтому изделия должны быть помещены в стабилизирующую засыпку из угольного порошка [11]. Качественные характеристики обожженных анодов – это один из основных факторов, влияющих на процесс электролиза. Так как от качества анода зависит токопроводность, осыпаемость и время, в течение которого анод расходуется в электролизной ванне. Улучшение характеристик анодов и больший цикл замены анодов существенно влияют на себестоимость алюминия. Отсюда и возникла идея нашего исследования.

#### **Результаты и обсуждение**

Основной задачей, решаемой в ходе исследования, было определение оптимального количества пека для определенной дозы мелкой фракции в анодной массе.

В соответствии с поставленной задачей был проведен анализ зависимости свойств обожженных анодов от количества мелкой фракции в шихте анодной массы и количества дозируемого пека в условиях действующего производственного процесса. В качестве образцов исследовались обожженные аноды. В ходе исследований использовался нефтяной кокс одной марки с применением в качестве связующего каменноугольного пека с г. Темиртау. Такая методика испытаний позволяет получить более представительные результаты, чем испытания образцов, полученных в лабораторных условиях. Так как зачастую, лабораторные результаты существенно отличаются от фактических производственных показателей.

При проведении экспериментов по изменению состава кокса при производстве анодов производился отбор кернов, которые затем подвергались стандартной обработке согласно карте контроля анализов.

Результаты проведенных экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Средние показатели процента дозирования пека и мелкой фракции сухой шихты в различных в исследуемых партиях анодов

Месяц	Партия	% пека	% мелкой фракции
Июль	1	14,62	39
Август	2	14,26	38
Август	3	14,08	38
Сентябрь	4	14,12	37,6
Сентябрь	5	14,42	37,14

В таблице 1 представлены усредненные данные с разбивкой по месяцам производства по количеству дозирования пека в шихту анодной массы, номера партий и количество мелкой фракции в шихте, так как основная масса пека при смешении анодной массы расходуется на смачивание пылевой фракции.

Для анализа были изучены основные качественные показатели обожжённых анодов, существенно влияющие на процесс электролиза – кажущаяся плотность и удельное электрическое сопротивление (далее УЭС).

Графики изменения характеристик анодов при проведении экспериментального исследования представлена на рисунках 3 и 4.

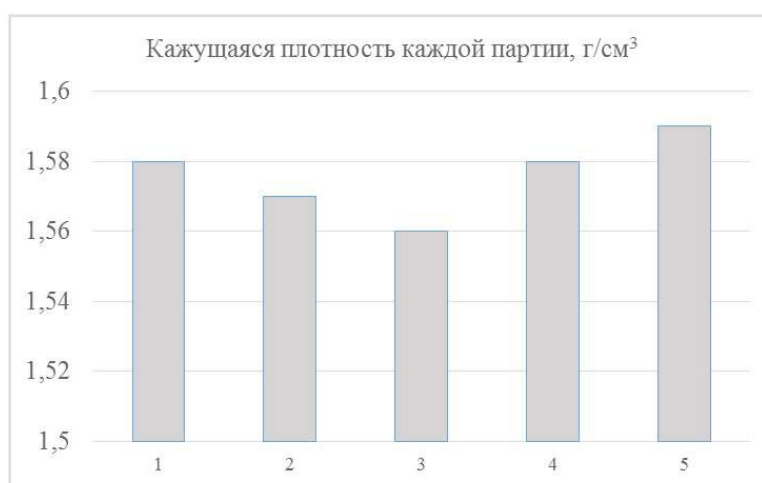


Рисунок 3 – График изменения кажущейся плотности

Из данного графика видно, что наибольшее значение получено у анодов партии 5, наименьшее значения кажущейся плотности имеют аноды партии 3.

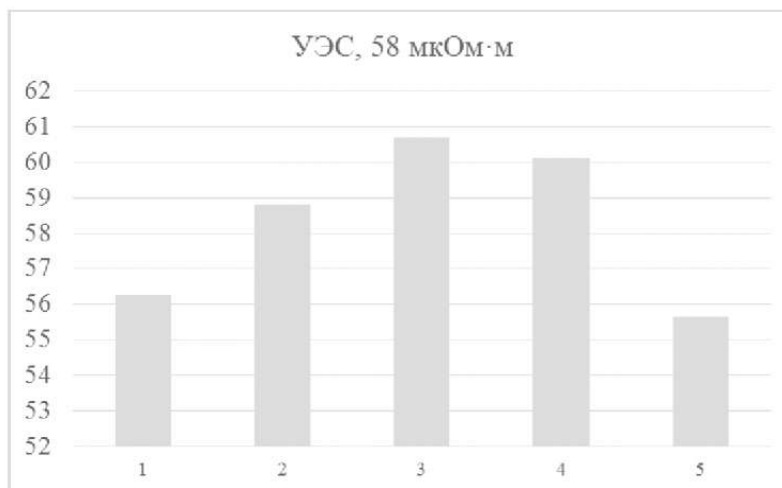


Рисунок 4 – График изменения УЭС обожженных анодов

Из данного графика видно, что наименьшее значение УЭС получено у анодов партий 1 и 5. Значительное увеличение УЭС заметно у анодов партий 3 и 4.

#### Выводы

После проведенных экспериментальных исследований выявлено следующее:

В зависимости от свойств поступающего на производство каменноугольного пека, необходимо четко подбирать количественные пропорции подачи в анодную массу мелкой фракции сухой шихты и пека.

Наилучшие качественные показатели анодов получены при дозировке пека более 14,4 % к 37,14 % мелкой фракции в сухой шихте.

Качественные показатели обожженных анодов напрямую зависят от количества дозируемого каменноугольного пека к определенному количеству мелкой фракции в сухой шихте.

#### Список использованных источников

1 Проект анодного производства АО «Казахстанский электролизный завод». Buss Chemtech. – 2012.

2 **Marcus W. Meier. Cracks.** Cracking behavior of anodes. 1998. – 220 p.

3 **Хале, К.** Производство анодов, Сырье, состав и технологические параметры. Первое издание/пер. с англ. Под ред. проф. П. В. Полякова. – Красноярск : Изд-во : ООО «Классик центр», 2004. – 452 с.

4 Патент RU2183653C2. 2002-06-20.

5 [http://www.buss-ct.com/Vup/ffles/PDFs\\_almiMmi/PUBLI\\_aluJoiirnal07-RU.pdf](http://www.buss-ct.com/Vup/ffles/PDFs_almiMmi/PUBLI_aluJoiirnal07-RU.pdf).

6 **Kempkes, M.** The future of anode manufacturing // International aluminum journal. – 2007. – P. 98–101.

7 **Полисар, Э. Л., Виноградова, К. П.** Методы подбора содержания связующего в прессмассах // Конструкционные материалы на основе углерода : Сб. науч. Трудов НИИГрафит. – М. : Metallurgia, 1977. – С. 11–15.



8 **Балыкин, В. П., Зайцев, В. А., Санников, А. К. и др.** Влияние способов тонкого измельчения наполнителей на свойства углеродных композиций // Разработка и освоение новых видов продукции: Сб. науч. трудов НИИГрафит, ГОСНИИЭП. - Москва, -1987. -С. 52-59.

9 Санников А.К., Фомина В.Н., Гольдштейн Л.М. и др. Влияние шихтовки коксов различной структуры на качество графитированного материала. Совершенствование технологии и улучшение качества электродной продукции // Сб. науч. тр. ГосНИИЭП. -Челябинск. -1988. -С.115-123.

10 **Francisco, E. O., Figueiredo, Ciro R. Kato, Aluisio S. Nascimento, Alberto O. F. Marques and Paulo Miotto.** Finer fines in anode formulation // Light Metals. -2005. - P. 665-668.

11 **Феликс Келлер, Петер О. Сульгер** Обжиг анодов для алюминиевой промышленности, R&D Carbon Ltd. Sierre, Switzerland, Publication, 1st edition 1995.

### References

1 The project of the anode production of JSC «Kazakhstan Electrolysis Plant». Buss Chemtech. – 2012.

2 **Marcus W. Meier.** Cracks. Cracking behavior of anodes. 1998. – 220 p.

3 **Hale, K.** Production of anodes, Raw materials, composition and technological parameters. First edition / translated from English. Ed. Prof. P. V. Polyakova. –Krasnoyarsk : Publishing House : LLC «Classic Center», 2004. – 452 p.

4 Patent RU2183653C2. 2002-06-20.

5 [http://www.buss-ct.com/Vup/ffles/PDFs\\_almiMmi/PUBLI\\_aluJoiirnal07-RU.pdf](http://www.buss-ct.com/Vup/ffles/PDFs_almiMmi/PUBLI_aluJoiirnal07-RU.pdf).

6 **Kempkes, M.** The future of anode manufacturing // International aluminum journal. – 2007. – P. 98–101.

7 **Polisar, E. L., Vinogradova, K. P.** Methods for selecting the binder content in pressmass // Constructional materials based on carbon: Sb. nauch. Trudov NIIgrafit. Moscow : Metallurgy, 1977. – P. 11–15.

8 **Balykin, V. P., Zaitsev, V. A., Sannikov, A. K., etc.** Influence of methods of fine grinding of fillers on the properties of carbon compositions // Development and development of new types of products : Collection of scientific works of NIIgrafit, GOSNIIEP. – Moscow, 1987. – P. 52–59.

9 **Sannikov A. K., Fomina V. N., Goldstein L. M., etc.** The influence of the charge of cokes of different structures on the quality of the graphitized material. Improving the technology and improving the quality of electrode products // Sb. nauch. tr. GosNIIEP. – Chelyabinsk. – 1988. – P. 115–123.

10 **Francisco E. O. Figueiredo, Ciro R. Kato, Aluisio S. Nascimento, Alberto O. F. Marques and Paulo Miotto** Finer fines in anode formulation // Light Metals. – 2005. – P. 665–668.

11 **Felix Keller, Peter Oh. Sulger** Roasting of Anodes for the aluminum industry, R&D Carbon Ltd. Sierre, Switzerland, Publication, 1st edition 1995.

Материал поступил в редакцию 25.03.21.

**Д. Б. Жусуппаев**

Қазақстан электролиз зауыты,  
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал 25.03.21 баспаға түсті.

### **КҮЙДІРІЛГЕН АНОДТАРДЫҢ САПАСЫН АРТТЫРУ**

*Бұл мақалада анод өндірісіндегі зарядтағы ұсақ фракцияның пек тұтынуына және күйдірілген анодтардың сапасына әсері қарастырылады.*

*Эксперименттік зерттеулер барысында өндіріске кіретін көмір пек қасиеттерінің тәуелділігі анықталды. Құрғақ шихта мен пектің ұсақ фракциясының анод массасына берілуінің сандық пропорцияларын нақты таңдау қажет.*

*Анодтардың ең жақсы сапалық көрсеткіштері құрғақ шикіқұрамдағы ұсақ фракцияның 14,4 %-дан 37,14 %-ға дейін пек дозасы кезінде алынды. Күйдірілген анодтардың сапалық көрсеткіштері құрғақ зарядтағы ұсақ фракцияның белгілі бір мөлшеріне Мөлшерленетін көміртегі пек мөлшеріне тікелей байланысты.*

*Кілтті сөздер: фракция, анод, пек, сапа, өндіріс.*

**D. B. Zhusuppaev**

Kazakhstan Electrolysis Plant,  
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.  
Material received on 25.03.21.

### **IMPROVING THE QUALITY OF BURNED ANODES**

*In this article, the influence of the amount of fine fraction in the charge in the production of anodes on the consumption of pitch and the quality of the annealed anodes is considered.*

*In the course of the conducted experimental studies, the dependence of the properties of the coal pitch entering the production was revealed. It is necessary to clearly select the quantitative proportions of feeding a fine fraction of dry charge and pitch into the anode mass.*

*The best quality indicators of the anodes were obtained at a pitch dosage of more than 14.4 % to 37.14 % of the fine fraction in the dry charge. The quality indicators of the annealed anodes directly depend on the amount of dosed coal pitch to a certain amount of fine fraction in the dry charge.*

*Keywords: fraction, anode, pitch, quality, production.*

Теруге 25.03.21 ж. жіберілді. Басуға 05.04.21 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

2,74 Мб RAM

Шартты баспа табағы 9,7. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген З. С. Искакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3747

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[nitk.tou.edu.kz](http://nitk.tou.edu.kz)