

**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 2788-8770

№ 2 (2022)

---

**ПАВЛОДАР**

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

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем  
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,  
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

**Подписной индекс – 76129**

<https://doi.org/10.48081/UIQR5237>

**Импакт-фактор РИНЦ – 0,342**

---

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 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

**П. О. Быков<sup>1</sup>, М. Ж. Тусупбекова<sup>2</sup>, Д. Р. Абсолямова<sup>3</sup>, И. Э. Дейграф<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар

## **МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТАЛИ БАРИЙСОДЕРЖАЩИМИ МОДИФИКАТОРАМИ**

*В работе исследована технология модифицирования низколегированной стали борсодержащей порошковой проволокой «Insteel 1.4».*

*В экспериментах в качестве модификатора неметаллических включений использовали порошковую проволоку «Insteel 1.4» вместо СК30.*

*Присадку порошковой проволоки «Insteel 1.4» производили через кондуктор, расположенный на расстоянии 300–350 мм до уровня шлака в сталеразливочном ковше. Введение проволоки производилось с заданной скоростью от 90 до 120 м/мин.*

*Удельный расход порошковой проволоки «Insteel 1.4» составлял 0,8–1,0 кг/т. В случае недостаточного содержания кальция в металле, производили дополнительную присадку «Insteel 1.4», исходя из достигнутой степени усвоения данного материала.*

*Экспериментальные плавки показали, что применение барийсодержащей порошковой проволокой «Insteel 1.4» позволило снизить брак на опытных плавках на 1,66 % по сравнению с рядовыми плавками.*

*В непрерывнолитых заготовках снизилось содержание неметаллических включений: оксидов точечных на 22,4 %; силикатов недеформирующихся на 21,7 %; сульфидов на 16,7 %; хрупких силикатов на 5,9 %.*

*Исследование физико-механических показателей прокатанных труб, полученных из стали опытных плавки показало соответствие требованиям стандартов.*

*Ключевые слова: сталь, непрерывнолитая заготовка, модификатор, барий, бесшовная труба.*

### **Введение**

В Республике Казахстан производство стальных бесшовных труб нефтяного сортамента сосредоточено в ТОО «KSP Steel».

При производстве стальных бесшовных труб актуальным вопросом остается предотвращение образования брака, связанного с образованием сталеплавильной плены и раскатом данных неметаллических включений [1–4].

Применение для окончательного раскисления и модифицирования силикокальция не всегда решает данные проблемы, поэтому поиск и внедрение более эффективных модификаторов стали является актуальной задачей.

Практика сталеплавильного производства показывает, что стабильность и эффективность производства стали, подвергаемой внепечной обработке зависит прежде всего от высокоэффективных и относительно дешевых комплексных сплавов, позволяющих целенаправленно управлять физико-химическим состоянием металлического расплава и как следствие свойствами металлоизделий.

Применение только силикокальция и алюминия для раскисления и модифицирования стали ограничивает возможности сталеплавильщиков [5, 6]. Повышенное содержание в ферросилиции ФС75 алюминия (до 3,0 %) затрудняет получение высококачественной стали с высокими эксплуатационными свойствами, поскольку остаточное содержание алюминия в них должно быть менее 0,005 %. Обусловлено это тем, что «строчки» высокоглиноземистых включений вызывают сдвиговые напряжения в матрице [5]. Высокое содержание алюминия в ферротитане (8–14 %) и ферросиликоцирконии (5-9 %) алюминотермического производства, относительно высокая их стоимость не позволяют применять эти ферросплавы для раскисления и микролегирования стали ответственного назначения.

Решение проблемы повышения качества литой и деформированной стали, снижения содержания высокоглиноземистых неметаллических включений (НВ) достигается применением комплексных сплавов, содержащих щелочноземельные (ЩЗЭ), редкоземельные (РЗЭ) и другие химически активные элементы.

Одним из активных РЗЭ является барий (Ba), который согласно ряда исследований [7–10] оказывает модифицирующее влияние на неметаллические включения, ускоряя их всплывание, механические свойства стали (предел усталости, ударная вязкость) и их изотропность заметно улучшаются, отмечается также благоприятное влияние Ca и Ba на микроструктуру низколегируемой стали в состоянии после отжига.

#### **Материалы и методы**

Объектом исследования являлась технология модифицирования низколегируемой стали борсодержащей порошковой проволокой «Insteel 1.4».

Для экспериментальных исследований использовалась низколегируемая сталь следующего химического состава (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав стали, %

C	Mn	Si	Cr, не более	Cu, не более	Mo, не более	Al	P, не более	S, не более
0,30-0,34	1,25-1,50	0,15-0,35	0,25	0,25	0,08	-	0,030	0,030

В работе использовали следующие методы исследования:

- оптико-эмиссионная спектрометрия по ГОСТ 18895 на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС-500;
- макро- и микроструктурный анализы по ГОСТ 10243, ГОСТ 8233, СТО-002-2017, СТО-007-2015.

Выплавка стали осуществлялась в дуговой печи (ДСП) емкостью 60 тонн одношлаковым процессом с доводкой стали на агрегате ковш-печь (АКП) и ковшевом вакууматоре (КВ).

В качестве шихтовых материалов использовались:

- металлолом категории 1А, 2А, отходы передельных участков по ГОСТ 2787;
- для науглероживания – углеродсодержащий материал фракцией 0,5–2 мм, с содержанием углерода не менее 93 %;
- шлакообразующие материалы – известь свежееобожженная с содержанием активных окисей CaO+MgO не менее 90 %, плавиковый шпат по ГОСТ 29220-91;
- раскислители, легирующие, модификаторы – ферросиликомарганец по ГОСТ 4756-91 (FeSiMn), ферросилиций по ГОСТ 1415-93 (FeSi – 65), силикокальций СК30 по ГОСТ 4762-71 (для сравнительной плавки), ферромарганец (FeMn – 80) по ГОСТ 4755 – 91, алюминий АВ – 87 ГОСТ 295-98 катанку алюминиевую ГОСТ 13843-78.

В экспериментах в качестве модификатора неметаллических включений использовали порошковую проволоку «Insteel 1.4» вместо СК30.

Присадку порошковой проволоки «Insteel 1.4» производили через кондуктор, расположенный на расстоянии 300–350 мм до уровня шлака в сталеразливочном ковше. Введение проволоки производилось с заданной скоростью от 90 до 120 м/мин.

При обработке металла на вакуумном дегазаторе, присадку порошковой проволоки «Insteel 1.4» производили после вакуумирования, с установкой кондуктора на аналогичном расстоянии до уровня шлака в сталеразливочном ковше. Введение проволоки производилось с заданной скоростью от 90 до 120 м/мин.

Удельный расход порошковой проволоки «Insteel 1.4» составлял 0,8–1,0 кг/т. В случае недостаточного содержания кальция в металле, производили дополнительную присадку «Insteel 1.4», исходя из достигнутой степени усвоения данного материала.

После присадки порошковой проволоки «Insteel 1.4» в металл производилась продувка металла аргоном без оголения зеркала металла («мягкая» продувка) в течение не менее 6 минут, после чего производился отбор пробы металла.

Разливку опытных плавков производили в штатном режиме на радиальной машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Во время разливки дополнительно производился отбор темплетов непрерывнолитых заготовок (НЛЗ) на определение загрязненности стали неметаллическими включениями. Отбор темплетов производили в середине плавки с каждого ручья.

Прокат труб в штатном режиме согласно действующих технологических инструкций. Во время проката производили отбор образцов для исследования на наличие загрязненности стали неметаллическими включениями. Длина образца – не менее 150 мм.

В качестве сравнения была взята серия плавков той же марки стали, которая производилась перед серией опытных плавков.

### **Результаты и обсуждение**

Зафиксированные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели по присадке материала и усвоению химических элементов, путем присадки барийсодержащей порошковой проволоки с наполнителем «Insteel 1.4»

Наименование плавки	Кол-во присаженой проволоки, м	% усвоения Si	% усвоения Ca
Сравнительные плавки	78,75	32,73	11,54
Опытные плавки	134,00	38,48	13,23
Отклонение	55,25	5,76	-1,69

Данные по анализу загрязненности стали неметаллическими включениями приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Загрязненность стали неметаллическими включениями

Наименование плавки	ОТ	ОС	СП	СХ	СН	С	НА	НТ
Сравнительные плавки	1,63	0,00	0,07	0,67	1,53	1,20	0,00	0,00
Опытные плавки	1,27	0,00	0,07	0,63	1,20	1,00	0,00	0,00
Отклонения	-0,37	0,00	0,00	-0,04	-0,33	-0,20	0,00	0,00

ОТ- оксиды точечные; ОС – оксиды строчечные; СП – силикаты пластичные; СХ – силикаты хрупкие; СН – силикаты недеформирующиеся; С – сульфиды; НА – нитриды алюминия; НТ – нитриды точечные.

Во время проката труб из НЛЗ были отобраны образцы для проведения физико-механических испытаний. Результаты ФМИ представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты физико-механических испытаний

Наименование плавки	Временное сопротивление разрыву $\sigma_B$ , МПа		Предел текучести $\sigma_T$ , МПа		Относительное удлинение $\delta$ , %		Ударный изгиб, Дж	
	норма	факт	норма	факт	норма	факт	норма	факт
Сравнительные	689	738,94	552-758	645,56	16,00	28,34	28,00	109,21
Опытные		753,19		656,94		28,10		105,31
Отклонение		14,25		11,39		-0,24		-3,90

Анализ показал следующие результаты:

1 В ходе производства НЛЗ расход проволоки увеличился на 0,43 кг/т годного, усвоение [Si] за счет применения проволоки «Insteel 1.4» увеличилось на 5,7 %, усвоение [Ca] увеличилось на 1,69 %.

2 Количество брака на опытных плавках ниже на 1,66 % по сравнению с рядовыми.

3 Исследования загрязненности стали опытных плавков неметаллическими включениями выявило:

- снижение содержания оксидов точечных на 22, 4 %;
- снижение силикатов недеформирующихся на 21,7 %;
- снижение сульфидов на 16,7 %;
- снижение содержания хрупких силикатов на 5,9 %.

4 Физико-механические показатели труб из стали опытных плавков соответствуют требованиям стандарта.

#### **Выводы**

1 В условиях действующего производства опробована технология модифицирования низколегированной стали барийсодержащей порошковой проволокой «Insteel 1.4».

2 Применение барийсодержащей порошковой проволокой «Insteel 1.4» позволило снизить брак на опытных плавках на 1,66 % по сравнению с рядовыми плавками.

3 В непрерывнолитых заготовках снизилось содержание неметаллических включений:

- оксидов точечных на 22,4 %;
- силикатов недеформирующихся на 21,7 %;
- сульфидов на 16,7 %;
- хрупких силикатов на 5,9 %.

4 Исследование физико-механических показателей прокатанных труб, полученных из стали опытных плавков соответствует требованиям стандартов.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 **Сержанов, Р. И., Богомолов, А. В., Быков, П. О., Ыксан, Ж. М.** Повышение качества непрерывнолитых заготовок и термоупрочненного сортового проката / монография под общей редакцией Р. И. Сержанова. – Павлодар : Кереку, 2011. – 258 с.

2 **Данченко, В. Н.** Технология трубного производства. – М. : Интерметинжиниринг, 2002. – 640 с.

3 **Голубцов, В. А.** Теория и практика введения добавок в сталь вне печи. – Челябинск, 2006. – 423 с.

4 **Быков, П. О.** Совершенствование процессов выплавки стали и производства катанных помольных шаров в условиях электросталеплавильного производства Республики Казахстан : Монография. – Павлодар : ПГУ имени С. Торайгырова, 2018. – 163 с.

5 **Вишкарёв, А. Ф., Близиюков, С. А., Явойский, В. И.** Теоретические основы комплексного раскисления стали // Влияние комплексного раскисления на свойства сталей. Министерство черной металлургии СССР / Со. трудов. – М. : Металлургия, 1982. – С. 4.

6 **Ахметов, А. Б., Толымбеков, М. Ж., Берг, А. А., Чекимбаев, А. Ф., Огурцов, Е. А., Камылина, Л. Н., Кусаинова, Г. Д.** Исследование природы неметаллических включений в слитках спокойных марок стали // Сб. научн. тр. ХМИ. – Алматы, 2002. – С. 801–804.

7 **Голубцов, В. А., Дёмин, К. Ю., Дёмин, Ю. С. и др.** Использование комплексных барийсодержащих модификаторов для улучшения качества колёсной стали // Сталь, 2009. – №12. – С. 17–22.

8 **Скоробогатов, Ю. С., Быков, П. О., Алыбай, А. Ч., Бегалиев, Р. А.** Исследование процесса модифицирования стали барийсодержащими модификаторами // *Материалы международной научной конференции «XVI Сатпаевские чтения» (Часть 2)*. – Павлодар : ПГУ имени С. Торайгырова, 2016. – С. 238–242.

9 **Григорович, К. В., Дёмин, К. Ю., Арсенкин, А. М. и др.** Перспективы применения барийсодержащих лигатур для раскисления и модифицирования транспортного металла // *Металлы*, 2011. – № 5. – С. 146–156.

10 **Рябчиков, И. В., Ахмадеев, А. Ю., Андреев, В. В.** Metallurgical methods of improvement of operating properties of Russian rails // *Steel*, 2011. – № 1. – С. 25–27.

#### REFERENCES

1 **Serzhanov, R. I., Bogomolov, A. V., Bykov, P. O., Yksan, Zh. M.** Povyshenie kachestva nepreryvnolityh zagotovok I termouprochnenogo sortovogo prokata / monografia pod obshey redakciey R. I. Serzhanova. – Pavlodar : Kereku, 2011. – 258 p.

2 **Danchenko, V. N.** Tehnologiya trubnogo proizvodstva. – Moscow : Internet Inzhiniring, 2002. – 640 p.

3 **Golubtsov, V. A.** Teoria I praktika vvedeniya dobavok v stal vne pechi. – Chelyabinsk, 2006. – 423 p.

4 **Bykov, P. O.** Sovershenstvovanie procesov vyplavki stali i proizvodstva katannyh pomolnyh sharov v usloviyah elektrostaleplavilnogo proizvodstva Respubliki Kazakhstan : Monografia. – Pavlodar : PGU imeni S. Toraihyrov, 2018. – 163 p.

5 **Vishkarev, A. F., Bliznukov, S. A., Yavoiskii, V. I.** Teoreticheskie osnovy kompleksnogo raskisleniya stali // *Vliyanie kompleksnogo raskisleniya na svoystva stali*. Ministerstvo chernoy metallurgii SSSR / So. trudov. – Moscow : Metallurgia, 1982. – P. 4.

6 **Ahmetov, A. B., Tolymbekov, M. Zh., Berg, A. A., Chekimbaev, A. F., Ogurtsov, E. A., Kamylna, L. N., Kusainova, G. D.** Issledovanie prirody nemetallicheskih vkluchenii v slitkah spokoinykh marok stali // *Sb. nauchn. tr. HMI*. – Almaty, 2002. – P. 801–804.

7 **Golubtsov, V. A., Demin, K. U., Demin, U. S. i dr.** Ispolzovanie kompleksnyh bariisoderzhaschih modifikatorov dlya ulucheniya kachestva kolesnoy stali // *Stal*, 2009. – №12. – P. 17–22.

8 **Skorobogatov, U. S., Bykov, P. O., Alybai, A. Ch., Begaliev, R. A.** Issledovanie processa modifitsirovaniya stali bariisoderzhaschimi modifikatorami // *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferencii «XVI Satpaevskie chteniya» (Chast 2)*. – Pavlodar : PGU imeny S. Toraihyrov, 2016. – P. 238–242.

9 **Grogorovich, K. V., Demin, K. U., Arsenkin, A. M. i dr.** Perspektivy primeneniya bariisoderzhaschih ligature dlya raskisleniya I modifitsirovaniya transportnogo metalla // *Metally*, 2011. – № 5. – P. 146–156.

10 **Rybchikov, I. V., Ahmadeev, A. U., Andreev, V. V.** Metallurgicheskie sposoby uluchsheniya expluatacionnykh svoistv rossiiskih relsov // *Stal*, 2011. – № 1. – P. 25–27.



Материал поступил в редакцию 06.06.22.

**П. О. Быков<sup>1</sup>, М. Ж. Тусупбекова<sup>2</sup>, Д. Р. Абсолямова<sup>3</sup>, И. Э. Дейграф<sup>4</sup>**<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 06.06.22 баспаға түсті.

### **БАРИЙ БАР МОДИФИКАТОРЛАР БОЛАТЫНЫҢ МОДИФИКАЦИЯСЫ**

*Жұмыста төмен қосындыланған болатты модификациялау технологиясы «Insteel 1.4» борқұрамды ұнтақты сыммен төмен қосындыланған болатты модификациялау технологиясы зерттелді.*

*Эксперименттерде СК30 орнына «Insteel 1.4» ұнтақ сым металл емес қоспалардың модификаторы ретінде пайдаланылды.*

*«Insteel 1.4» ұнтақ сымның қоспасы болат құю шөмішіндегі қож деңгейіне дейін 300-350 мм қашықтықта орналасқан өткізгіш арқылы жасалды.*

*Сымды енгізу 90-нан 120 м/мин дейінгі жылдамдықпен жүргізілді. «Insteel 1.4» ұнтақты сымның меншікті шығыны 0,8–1,0 кг/т құрады, металлда кальций жеткіліксіз болған жағдайда, осы материалды игерудің қол жеткізілген дәрежесіне сүйене отырып, «Insteel 1.4» қосымша қоспасы өндірілді.*

*Эксперименттік балқыту «Insteel 1.4» құрамында барий бар ұнтақ сым қолдану тәжірибелік балқытулардағы ақауды қатардағы балқытумен салыстырғанда 1,66 %-ға төмендетуге мүмкіндік бергенін көрсетті.*

*Үздіксіз құйылған дайындамаларда металл емес қосындылардың құрамы төмендеді: нүктелік оксидтер 22,4 %; деформацияланбайтын силикаттар 21,7 %; сульфидтер 16,7 %; сынгыш силикаттар 5,9 %.*

*Тәжірибелік балқымалардың болатынан алынған илектелген құбырлардың физикалық-механикалық көрсеткіштерін зерттеу стандарт талаптарына сәйкес келеді.*

*Кілтті сөздер: Болат, үздіксіз құйылған дайындама, модификатор, барий, жіксіз құбыр.*

**P. O. Bykov<sup>1</sup>, M. Zh. Tussupbekova<sup>2</sup>, D. R. Absolyamova<sup>3</sup>, I. E. Deygraf<sup>4</sup>**<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 06.06.22.

### **MODIFICATION OF STEEL WITH BARIUM-CONTAINING MODIFIERS**

*The technology of modification of low-alloy steel the technology of modification of low-alloy steel with boron-containing powder wire «Insteel 1.4» is investigated in the work.*

*In experiments, powder wire «Insteel 1.4» was used as a modifier of non-metallic inclusions instead of SK30.*

*The «Insteel 1.4» powder wire additive was produced through a conductor located at a distance of 300–350 mm to the slag level in a steel ladle. The introduction of the wire was carried out at a given speed from 90 to 120 m/min.*

*The specific consumption of the powder wire «Insteel 1.4» was 0.8–1.0 kg/t. In case of insufficient calcium content in the metal, an additional additive «Insteel 1.4» was produced, based on the achieved degree of assimilation of this material.*

*Experimental melting showed that the use of barium-containing powder wire «Insteel 1.4» allowed to reduce the marriage on experimental melting by 1.66 % compared with ordinary melting. The content of nonmetallic inclusions decreased in continuously cast blanks: point oxides by 22.4 %; non-deformable silicates by 21.7 %; sulfides by 16.7 %; brittle silicates by 5.9 %.*

*The study of physical and mechanical parameters of rolled pipes obtained from steel of experimental smelts meet the requirements of the standard.*

*Keywords: steel, continuously cast billet, modifier, barium, seamless pipe.*

Теруге 06.06.22 ж. жіберілді. Басуға 30.06.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

8,9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 12,4. Таралымы 300 дана.

Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Искакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3964

«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)

<https://vestnik.tou.edu.kz/>

<http://stk.tou.edu.kz/>