

7universum.com
UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал
Издается ежемесячно с декабря 2013 года
Является печатной версией сетевого журнала
Universum: технические науки

Выпуск: 2(143)

Февраль 2026

Часть 2

Москва
2026

Содержание	
Статьи на русском языке	5
Металлургия и материаловедение	5
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭКСТРАКЦИИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ БУРОГО УГЛЯ	5
Абдураимов Атамырат Бабаназарова Рабия Гелдиева Сувар Тургуналиев Элбек Солиев Ахрорбек	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РЕЗЕРВУАРНЫХ НЕФТЕШЛАМОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК	11
Абдураимов Атамырат Бабаназарова Рабия Нафасов Жасурбек Нематов Бехрузбек Адулакимов Миржалол	
ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОЛЬФРАМА И ТИТАНА ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА	17
Бекназарова Гулноза Бердиёр кизи Саидова Малика Сайфуллаевна Истамов Ислонбек Илхом угли Гайбуллоев Мухсинжон Муқимжон угли	
ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КАРБОНАТА НИКЕЛЯ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА	21
Вохидов Бахриддин Рахмиддинович Шодиев Аббос Неъмат угли Саидахмедов Ақтам Абдисамиевич Туробов Шахриддин Насритдинович Абдуллаев Зафар Отамурод угли	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО И ФАЗОВОГО СОСТАВА РУДЫ, ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ФЛОТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ, РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КАЛЬМАКЫР» С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННОГО ФЛОТОРЕАГЕНТА-ВСПЕНИВАТЕЛЯ КХФ-ВС	26
Негматов Жахонгир Носир угли Хурсанов Абдулла Халмурадович Негматов Сойибжон Садикович Негматова Комила Сайибжановна Абед Нодира Сайибжановна Икрамова Мукаддас Эралиевна Эрниёзов Норкул Бекниёзович Рахимов Хуршид Юлдашевич	
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ	35
Эгамбердиев Илхом Пулатович Саибов Маруф Фархадович	
Строительство и архитектура	40
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАДИЕНТА НАПОРА В ОСНОВАНИИ БЕТОННОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ РЕГРЕССИИ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ	40
Аблатова Айсанем Мажитовна Палуанов Данияр Танирбергенович	
РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ПОРИСТОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ	45
Базарбаев Махсетбай Муратбаевич Шакиров Туйгунжон Тургунович	

РАСЧЕТ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА МНОГОЭТАЖНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ФИЗИКО МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ Гулямов Диёрбек Музаффар угли Ахмедов Бархаёт Боратбой угли	48
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ РЕГИОНА НИЖНЕГО АМУДАРЬИ Дусчанов Санъат Курбанбаевивич Бойжанов Ислон Ражаббоевич	53
ИНТЕГРАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ Куйчиев Одил Рахимович Балабанов Виктор Иванович	58
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ИЗ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ SENTINEL-2 MSI Ле Ким Тхы То Тхи Фыюнь	60
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА Мажидов Самариддин Рашид угли Эгамова Маргуба Туракуловна	65

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА,
ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ РЕГИОНА НИЖНЕГО АМУДАРЬИ****Дусчанов Санъат Курбанбаевич***соискатель,
Ургенчский государственный университет имени Абу Райхана Беруни,
Узбекистан, г. Ургенч***Бойжанов Ислон Ражаббоевич***канд. техн. наук, доц.,
Ургенчский Государственный университет имени Абу Райхана Беруни,
Узбекистан, г. Ургенч***PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PORTLAND CEMENT CLINKER
PRODUCED FROM RAW MATERIALS OF THE LOWER AMUDARYA REGION****Duschanov Sanat***Applicant,
Urgench State University named after Abu Rayhan Beruni,
Uzbekistan, Urgench***Bojzhanov Islom***Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Urgench State University named after Abu Rayhan Beruni,
Uzbekistan, Urgench***АННОТАЦИЯ**

В статье представлены результаты исследования физико-механических свойств портландцементного клинкера, полученного при температуре 1380 °С на основе местного сырья региона Нижнего Амударьи. В ходе работы определены тонкость помола, удельная поверхность, сроки схватывания, а также показатели прочности при изгибе и сжатии в возрасте 2 и 28 суток. Экспериментальный клинкер сопоставлен с промышленным образцом. Минералогический и рентгенофазовый анализы подтвердили формирование основных клинкерных минералов – алита и белита. Полученные данные свидетельствуют о соответствии физико-механических показателей экспериментального клинкера требованиям стандарта O'z MSt 337:2024. Сделан вывод о целесообразности использования местного сырья для получения качественного клинкера при пониженной температуре обжига с целью повышения энергоэффективности цементного производства.

ABSTRACT

This paper presents a study of the physico-mechanical properties of Portland cement clinker produced at 1380 °C using local raw materials from the Lower Amudarya region. The research evaluates clinker fineness, specific surface area, setting time, and flexural and compressive strength at 2 and 28 days. The experimental clinker was compared with an industrial reference sample. Mineralogical and X-ray diffraction analyses confirmed the formation of major clinker phases, including alite and belite. The obtained results demonstrate that the experimental clinker meets the requirements of the O'z MSt 337:2024 standard. The study scientifically substantiates the feasibility of producing high-quality Portland cement clinker from local raw materials at reduced firing temperatures, highlighting the potential for energy-efficient and environmentally sustainable cement production.

Ключевые слова: портландцементный клинкер, физико-механические свойства, степень помола, время схватывания, прочность, сырье Нижнего Амударьи.

Keywords: Portland cement clinker, physico-mechanical properties, fineness, setting time, strength, Lower Amudarya raw materials.

Введение. Физико-механические свойства клинкера портландцемента являются основными факторами, определяющими показатели качества и надеж-

ности цементной и бетонной продукции [1]. Температура обжига клинкера, его минералогический состав и условия охлаждения непосредственно влияют

на его измельчаемость, время схватывания и процессы гидратации [2, 3].

В последние годы в цементной промышленности исследуются возможности получения клинкера при более низких температурах с целью внедрения энергосберегающих технологий, снижения производственных затрат и сокращения выбросов углекислого газа в окружающую среду [4, 5]. С этой точки зрения научное и практическое значение имеет определение физико-механических свойств клинкера, полученного на основе местного сырья, а также оценка его гидратации, измельчаемости и показателей прочности [6].

Методы исследования. Исследования проводились на основе местного сырья, отобранного в Нижнего Амурары. Из смеси, состоящей из 68,74% известняка «Уч учок», 29,66% глинистого мергеля «Мешикли» и 1,60% железосодержащей добавки, было обожжено 5 кг клинкера при температуре

1380 °С в лабораторных условиях. Полученный клинкер измельчали в мельнице МБЛ-1 с 5% гипсового камня, а затем сравнивали с промышленным клинкером АО «БЕКОБОДЦЕМЕНТ» [7, 8].

Степень измельчения клинкеров оценивалась в интервале 10-40 минут и определялся остаток на сите. Удельная поверхность раствора определялась на приборе Т-3, сроки схватывания и показатели прочности в возрасте 2 и 28 суток определялись на образцах размером 40×40×160 мм [9, 10].

Химический и минералогический состав клинкеров определялся с помощью рентгенографического анализа и стандартных лабораторных методов [11].

Результаты. Для изучения процесса измельчения промышленного и опытного клинкеров проводили помол в интервале 10-40 минут, определяли остатки на ситах №02 и №008 каждые 10 минут [11-12]. Полученные результаты внесены в таблицу 1.

Таблица 1.

Показатели процесса измельчения клинкеров

№	Количество клинкера, %	Количество гипса, %	Время измельчения, минут	Остаток на сите, %	
				02	008
1	95	5	10	14,1	35,9
	95	5	20	12,8	31,7
	95	5	30	7,5	15,3
	95	5	40	3,0	11,8
2	95	5	10	12,4	33,1
	95	5	20	11,5	24,4
	95	5	30	5,9	13,2
	95	5	40	2,7	10,8

Из результатов исследования процесса измельчения клинкеров видно, что тонкость помола цемента зависит от температуры обжига клинкера. Например, клинкер №1, полученный в промышленной печи при 1450°С, является более хорошо обожженным по сравнению с опытным клинкером, и измельчение такого клинкера происходит труднее. Опытный клинкер, обожженный при температуре на

70°С ниже, измельчается легче, чем промышленный клинкер, и эта зависимость сохраняется на всем интервале измельчения.

Остаток на ситах №02 и №008 у клинкера №1 за рассмотренный интервал времени выше, чем у опытного клинкера. Это наглядно видно на графиках зависимости «остаток на ситах №02 и №008 от времени измельчения» (рисунки 1 и 2).

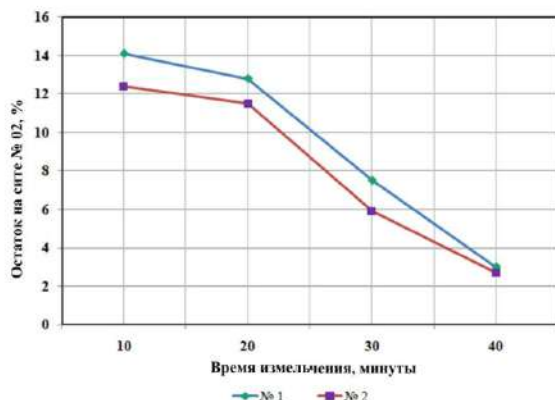


Рисунок 1. График зависимости «остаток на сите №02 и время измельчения».

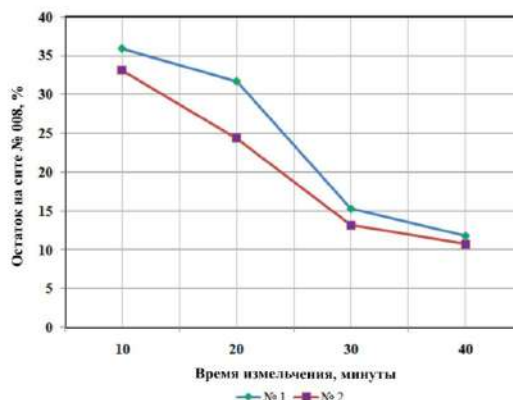


Рисунок 2. График зависимости «остаток на сите №008 и время измельчения».

В лабораторных условиях при определении удельной поверхности измельченных клинкеров на приборе Т-3 она составила 2935 и 3138 см²/г. Для клинкеров были определены сроки схватывания,

а также показатели прочности на образцах размером 40×40×160 мм в возрасте 2 и 28 суток.

Физико-механические показатели клинкеров приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.

Физико-механические показатели клинкеров

№	Остаток на сите 0,08, %	Удельная поверхность, см ² /г	Время схватывания, ч/мин	
			начало	конец
1	11,8	2935	2-50	4-35
2	10,8	3138	2-35	4-25

Из таблицы 2 видно сокращение времени схватывания. В целом, время схватывания характеризует протекание начального периода реакции взаимодействия клинкера с водой. При затворении клинкера водой сначала образуется дисперсная система. На поверхности каждой частицы в результате взаимодействия с водой формируется оболочка из вновь образованных гидратов [13].

В результате дальнейшего протекания реакций взаимодействия с водой частицы клинкера образуют

уплотнённую массу. В уплотнённой массе присутствуют поры, и она характеризуется неоднородностью плотности.

Время схватывания имеет большое значение для цемента и бетонов и является важным фактором при укладке бетона в формы и обработке изделий [13]. Гипсовый камень эффективно увеличивает время схватывания. В эксперименте содержание гипсового камня составило 5 %.

Таблица 3.

Показатели прочности клинкеров

№	Показатели прочности, МПа			
	при изгибе		при сжатии	
	2 суток	28 суток	2 суток	28 суток
1	4,1	7,8	18,1	52,5
2	3,5	7,3	17,04	49,06

Из приведенных данных табл. 3 видно, что по показателю прочности к 28 суткам экспериментальный клинкер соответствует классу прочности 42,5 и по *O'z MSr 337:2024* «Портландцементный клинкер. Технические условия» к SEM I KP 42,5 *O'z MSr 337:2024*. [14].

Клинкер «БЕКОБОДЦЕМЕНТ» АО обладает преимуществом (таблица 3). Причиной этого явля-

ется то, что клинкер №1 был получен в промышленной печи при температуре 1450 °С, вследствие чего он лучше обожжён по сравнению с опытным клинкером. Анализ химического и минералогического состава промышленного и опытного клинкеров (таблица 4) позволяет выявить вторую причину более высокой прочности промышленного клинкера.

Таблица 4.

Химический и минералогический состав клинкера

Тип клинкера	Химический состав, %						Минералогический состав, %			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Промышленный	22,28	4,65	3,63	65,68	1,67	0,52	64,34	15,33	6,17	11,04
Экспериментальный (опытный)	21,39	5,88	3,55	66,76	1,33	0,18	62,65	14,06	9,56	10,79

Из данных, приведённых в таблице 4, следует, что высокое содержание алита (C₃S) и белита (C₂S) в минералогическом составе промышленного клинкера обеспечивает более высокую прочность по сравнению с экспериментальным клинкером [15].

Если рассмотреть рентгенографический анализ клинкеров (рисунки 3 и 4), можно отметить сходство дифракционных максимумов на рентгенограммах. Дифракционные максимумы отличаются между собой по интенсивности.

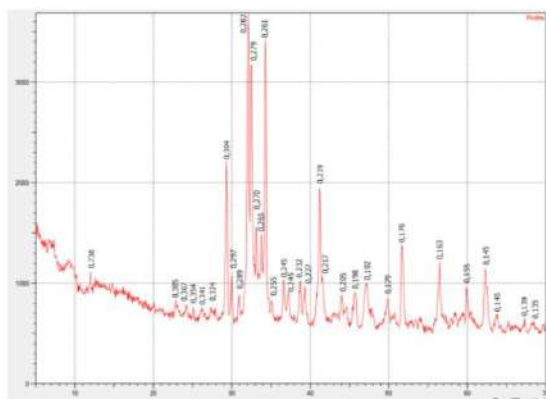


Рисунок 3. Рентгенограмма промышленного клинкера

Обсуждение. Исследования показали, что опытный клинкер, полученный при более низкой температуре, легче измельчается по сравнению с промышленным клинкером, а добавление 5% гипса эффективно увеличивает время схватывания. Этот факт подтверждает возможность производства клинкера с использованием местного сырья по энергосберегающей технологии.

Минералогический состав клинкера оказывает прямое влияние на его показатели прочности. В промышленном клинкере высокое содержание фаз алита и белита играет важную роль в увеличении прочности через 28 дней.

Кроме того, рентгенографический анализ показал хорошую кристаллическую структуру минералов клинкера, что обеспечивает эффективное формирование связывающих оболочек в процессе гидратации.

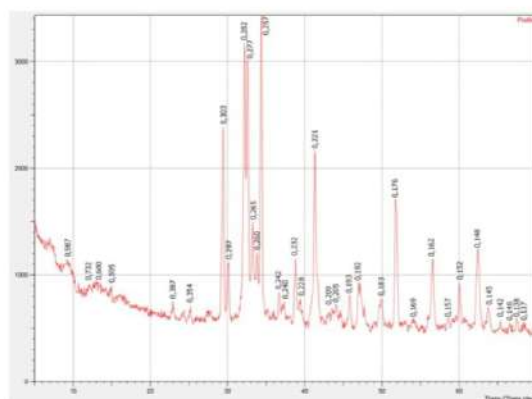


Рисунок 4. Рентгенограмма экспериментального клинкера

Заключение. По результатам проведённых экспериментов можно отметить, что сырьё из Нижнего Амударьи известняк, глинистые мергели и добавки, обогащённые железом, является пригодным для получения порландцементного клинкера. Оптимальный состав сырьевой смеси обеспечивал эффективное образование минералов клинкера при коэффициенте насыщения 0,93 и модуле силикатов 2,3. При лабораторном обжиге клинкер при температуре 1380 °C содержал количество свободного оксида кальция, соответствующее стандартным требованиям. Рентгенофазный и электронно-микроскопический анализ подтвердил хорошее формирование минералов клинкера. Физико-механические показатели полученного клинкера соответствовали нормативам для портландцемента, что демонстрирует возможность производства энергоэффективного и качественного клинкера на основе местного сырья.

Список литературы:

1. Taylor H. F. W. *Cement Chemistry* / H. F. W. Taylor. – London: Academic Press, 1997. – 480 p. – ISBN 978-0-7277-2592-9.
2. Scrivener K. L., Nonat A. Hydration of cementitious materials, present and future // *Cement and Concrete Research*. -2011. -Vol. 41, Issue 7. – P. 651-665.
3. Zhang L., Glasser F. P. Critical examination of cooling rate effects on the properties of Portland cement clinker // *Cement and Concrete Research*. – 2000. – Vol. 30, Issue 11. – P. 1709–1713.
4. Скривенер К. Л., Джон В. М., Гартнер Е. М. Эффективные цементы: пути снижения CO₂ // *Cement and Concrete Research*. -2018. -Vol. 114. -P. 2-26.
5. Курдовский В. *Химия цемента и бетона*. -Дордрехт: Springer, 2014. -728 с.
6. Абдурахимов Т. Т., Шеркузиев Д. Ш., Арипов Х. Ш. Использование местного сырья для производства клинкера // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* – 2020. – 10(79). – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10805>
7. Duschanova S. K., Boyjanov I. R., et al. Analysis of the influence of marl raw materials on the properties of portland cement // *EPJ Web of Conferences*. – 2025. – Vol. 321. – P. 02013. – DOI: 10.1051/epjconf/202532102013
8. Boyzhanov I., Mukhamedbayev A., Duschanov S. Thermal and chemical properties of limestone from the “Uch O‘jaq” Deposit // *Electronic journal of actual problems of modern science, education and training*. – 2025. – № 8. – ISSN 2181-9750. – URL: <http://khorezmscience.uz>
9. Айымбетов М. Ж., Оразимбетова Г. Ж., Юсупов И. А., Давлатбоева М. Б. Разработка цементного продукта на основе портландцементного клинкера и местного гипса для производства светопрозрачного бетона // *Universum: химия и биология*. – 2025. – № 1(139). – С. 1–10. – URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/21710>

10. Петров И. В., Сидоров А. Н. Влияние температуры обжига на минералогический состав клинкера // *Материалы и конструкции*. – 2017. – Т. 50, № 4. – С. 221–230.
11. Жаникулов Н. Н. Получение малоэнергоемкого цемента из техногенного сырья // *Новые огнеупоры*. – 2020. – № 3. – С. 35–40. – ISSN 1683-4518. – УДК 658.567.1:664.94-16
12. Tantawy M. Influence of silicate structure on the low temperature synthesis of belite cement from different siliceous raw materials // *J. Mater. Sci. Chem. Eng.* – 2015. – Vol. 3. – P. 98–106. – DOI: 10.4236/msce.2015.35011
13. Matschei T., et al. Hydration behaviour of calcium aluminate cements in the presence of different accelerators // *Advances in Applied Ceramics*. – 2005. – Vol. 104, No. 3. – P. 123–129.
14. Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации Республики Узбекистан. O'z MSt 337:2024. Клинкер портландцементный. Технические условия. Ташкент. 2024. Национальный стандарт. Код ОКР: 2523100000. Код производителя: Y.10/SL.04/2, Y.10/SL.04/3.
15. Абзаев Ю. А., и др. Растворение клинкерных минералов C_3S , C_2S , C_3A и C_4AF : метод машинного обучения применение модели // *Вестник Томского государственного университета. Химия*. – 2025. – № 39. – С. 6–19