



Foydali komponentlarni ajratib chiqaradigan slanets gazini yoqish uchun energiya texnologik qurilmasini ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar

Yayra D. Muxiddinova

PhD, dots, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; yayra.muhiddinova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1983-4753>

Dolzarbligi: maqolada neft slanetslarini qayta ishlash uchun energiya texnologiyalari zavodini yaratish imkoniyati ko'rib chiqiladi, bu esa neft mahsulotlari va tabiiy gaz tarkibiga va xususiyatlariga yaqin bo'lgan neft slanetslaridan suyuq va gazzimon uglevodorodlarni olish imkonini beradi, bu muhim strategik manbalar bo'ladi.

Maqsad: o'tkazilgan tadqiqotlar va shakllantirilgan takliflar yonuvchan slanetsni (YoS) qayta ishlash va yoqish bo'yicha energiya-texnologik sxemani ishlab chiqish jarayonida amaliy qo'llanilishi mumkin. Bu esa yoqilg'i moddalar olish imkonini yaratadi; natijada, milliy energiya tizimining barqaror va ishonchli ishlashi ta'minlanib, organik yoqilg'i sarfini tejashga erishiladi.

Usullari: suyuq qatlamli reaktorda yonuvchi slanetslarni yarim kokslash jarayonini o'rganish va tahlil qilish, shuningdek, qaynash qatlami bilan pirogazifikator reaktorlarining quvurli qurilmalarini issiqlik texnik hisoblash texnikasini ishlab chiqish.

Natijalar: qattiq yoqilg'ini pirogazifikatsiya qilishning zamonaviy texnologiyalariga qo'yiladigan talablar circulation qaynash qatlamli turidagi oqimli quvurli reaktorlardan foydalanganda eng muvaffaqiyatli amalga oshirilishi mumkin, ularning asosiy afzalligi tashqi manbadan devor orqali reaksiya zonasiga katta miqdordagi issiqlikni etkazib berish qobiliyatidir. Quvur tipidagi pirogazifikator reaktorlari o'ziga xos dizayn xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi va teng unumdorlikda qaynab turgan qatlamli reaktorlarga nisbatan ixchamroq bo'ladi.

Kalit so'zlar: reaktor, pirogasifikator, slanets, qattiq yoqilg'i, energiya texnologiyalari zavodi, minerallar, qaynoq qatlam.

Исследования по разработке энерготехнологической установки для сжигания сланцевого газа с выделением полезных компонентов

Яйра Д. Мухиддинова

PhD, доц., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; yayra.muhiddinova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1983-4753>

Актуальность: в статье рассматривается возможность создания энерготехнологической установки для переработки горючих сланцев, что позволит получить из горючих сланцев жидкие и газообразные углеводороды, близкие по составу и свойствам к нефтепродуктам и природному газу, которые являются важными стратегическими ресурсами.

Цель: проведенные исследования и сформулированные предложения могут найти отражение в реальной деятельности по разработке энерготехнологической схемы по переработке и сжиганию горючего сланца (ГС) для получения топлива, что обеспечит стабильную, надежную работу национальной энергосистемы и экономии органического топлива.

Методы: изучение и анализ процесса полукоксования горючих сланцев в реакторе псевдооживленного слоя, а также разработка методики теплотехнического расчета трубчатых устройств реакторов-пирогазификаторов с кипящим слоем.

Результаты: требования современных технологий пирогазификации твердого топлива наиболее успешно можно реализовать при использовании проточных трубчатых реакторов типа циркуляционного кипящего слоя, главным преимуществом которых является возможность подвода большого количества тепла от внешнего источника через стенку в реакционную зону. Реакторы-пирогазификаторы трубчатого типа имеют значительно меньшие удельные расчетные затраты и обладают большей компактностью по отношению к реакторам с кипящим слоем при равной производительности.

Ключевые слова: реактор, пирогазификатор, сланец, твердое топливо, энерготехнологическая установка, минеральные вещества, кипящий слой.

For citation: Y.D. Muxiddinova, Research on the development of an energy technology plant for burning shale gas with the release of useful components. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 2, pp. 55-62.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15743091>

Received: 20.04.2025

Revised: 10.05.2025

Accepted: 08.06.2025

Published: 24.06.2025

Copyright: © Yayra D. Muxiddinova, 2025. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Research on the development of an energy technology plant for burning shale gas with the release of useful components

Yayra D. Mukhiddinova

PhD, dots., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; yayra.muhiddinova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1983-4753>

Relevance: the article considers the possibility of creating an energy technology plant for processing oil shale, which will allow producing liquid and gaseous hydrocarbons from oil shale that are similar in composition and properties to petroleum products and natural gas, which will be important strategic resources.

Purpose: the research done and the proposals formulated in can be reflected in real activities to implement the use of the development of an energy technology scheme for processing and burning oil shale (OSh) to produce, which will ensure stable, reliable operation of the national energy system and save on organic fuels.

Methods: the study and analysis of the process of semi-coking of oil shales in a fluidized bed reactor, as well as the development of a method for thermal engineering calculation of tubular devices of pyrogasifier reactors with a fluidized bed.

Results: the requirements of modern solid fuel pyrogasification technologies can be most successfully implemented using flow-through tubular reactors of the circulating fluidized bed type, the main advantage of which is the possibility of supplying a large amount of heat from an external source through the wall into the reaction zone. Tubular type pyrogasifier reactors have significantly lower unit design costs and are more compact compared to fluidized bed reactors with equal capacity.

Keywords: reactor, pyro-gasifier, shale, solid fuel, energy-technological plant, mineral substances, fluidized bed.

1. Введение (Introduction)

Нефть и природный газ в настоящее время являются основными видами сырья для энергетической и химической промышленности. Вместе с тем постоянный рост энергопотребления, увеличение цен на энергоресурсы, истощение традиционных нефтяных и газовых запасов, перемещение месторождений в труднодоступные северные и южные регионы, высокие инвестиционные затраты на создание инфраструктуры на вводимых в эксплуатацию месторождениях и увеличение расходов на транспортировку, требуют расширения сырьевой базы и совершенствования технологий переработки. Поэтому, наряду с разработками в области энерго- и ресурсосберегающих технологий, все большее внимание уделяется поиску новых источников углеводородного сырья и их переработке. С этой точки зрения большую ценность представляют твердые горючие ископаемые (ТГИ). Мировые запасы горючих сланцев в пересчете на эквивалентное топливо в десятки раз превышают ресурсы нефти и природного газа.

Горючие сланцы являются одним из перспективных видов органического сырья, которые могут в значительной степени компенсировать, а в будущем и заменить нефтепродукты и газ. В отличие от других видов ТГИ, горючие сланцы содержат значительное количество водорода в органическом веществе. Возможность получения из горючих сланцев жидких и газообразных углеводородов, близких по составу и свойствам к нефтепродуктам и природному газу, позволяет рассматривать их как важные стратегические ресурсы [1].

По имеющимся оценкам, геологические запасы нефти и газа составляют лишь около 10% общих ресурсов органического топлива в мире, а на долю угля, сланцев и торфа приходится примерно 90%. Республика Узбекистан обладает значительными запасами горючих сланцев. По данным исследований, запасы горючих сланцев в Узбекистане оцениваются в 47 миллиардов тонн. Основные месторождения расположены в пустыне Кызылкум и в Байсунских горах, включая Байсунское (Сурхандарьинская область), Сангрунтауское (Навоийская область) и Уртабулакское (Бухарская область).

В последние годы в Узбекистане наблюдается активизация проектов по добыче и переработке горючих сланцев. В ноябре 2024 года был представлен перспективный проект стоимостью 8 миллиардов долларов по добыче и переработке горючих сланцев в Канимехском районе Навоийской области. Проект предусматривает использование технологии циркулирующего кипящего слоя (ЦКС-1500) для переработки сланцевой руды с целью получения нефти, газа.

Кроме того, компания Saneg начала разработку месторождения горючих сланцев «Байсун» в Сурхандарьинской области, запасы которого оцениваются в 55 миллионов тонн сланцевой руды по категории С1.

Только в Кызылкумском бассейне находятся месторождения с прогнозными запасами горючих сланцев в количестве 24,6 миллиардов тонн. На месторождениях Байсун, Сангрунтау,



Актау, Учкыр-Кульбешкак, Уртабулак запасы горючих сланцев составляют около 1,0 миллиардов тонн. Перспективные проявления горючих сланцев выявлены и на других территориях Республики Узбекистан.

В настоящее время комплексное использование твердого топлива рассматривается, по меньшей мере, в трех аспектах: во-первых, использование не только теплового потенциала для получения энергии, но и содержащихся в топливе сырьевых ресурсов для производства химических продуктов, строительных материалов и т.д.; во-вторых, максимально возможное и целесообразное на данном этапе развития техники использование теплоты сгорания топлива или продуктов его переработки; в-третьих, предельное снижение всякого рода выбросов (в том числе и тепловых), загрязняющих окружающую среду.

2. Материалы и методы (Methods and materials)

Горючий сланец – это комплексное горючее органоминеральное полезное ископаемое, по природе своей являющееся дисперсной смесью высокополимерного гетероатомного органического образования, в основе которого вещество сапропелевого состава, примесь гумусового вещества и минеральной массы различного химического содержания.

По мере развития сланцевой промышленности, применения более совершенных методов исследования горючих сланцев и накопления фактического материала, расширялось представление об условиях их накопления и превращения органического вещества, его составе и свойствах. В основе комплексного энерготехнологического использования твердого топлива лежат высокотемпературные термохимические процессы пиролиза и газификации. Применяемые для осуществления этих процессов реакторные устройства с плотным и кипящим слоями частиц топлива несовершенны и не обеспечивают требования современной технологии пирогазификации.

Под реактором понимается устройство, в котором осуществляется нагрев, выделение летучих, термическое разложение органического вещества, закалка, другие процессы. Для нагрева сырья используется передача тепла конвекцией и излучением через стенку реактора от внешнего источника, смешение сырья с газообразным, твердым или жидким теплоносителями, а также частичное окисление исходной органической части топлива, сопровождаемое выделением тепла. Исторически первыми являются реакторы со стационарным (малоподвижным) слоем крупнокускового топлива. Одним из крупных их недостатков является малая интенсивность процесса. Более эффективны устройства с кипящим (псевдоожиженным) слоем для переработки мелкозернистого топлива. Производительность реактора с кипящим слоем в 10-12 раз выше, чем с неподвижным слоем. К числу их недостатков относится повышенный унос топлива (до 25-30%), пониженная скорость газификации при атмосферном давлении, ограниченные пределы регулирования производительности вследствие гидродинамической неустойчивости кипящего слоя. Как отмечалось выше, наилучшим образом реализовать современные требования технологии удается при использовании реакторов типа циркуляционного кипящего слоя для переработки пылевидного топлива. Пирогазификация в пылевидном потоке позволяет сочетать высокую интенсивность процесса с широкими пределами регулирования производительности устройства. Промышленно освоенным является процесс Копперс-Тотцека, по которому построены прямоточные факельные газификаторы на парокислородном дутье с жидким шлакоудалением при атмосферном давлении. Известны также вихревые, в частности циклонные газификаторы. Анализ показывает, что наиболее прогрессивными для пирогазификации пылевидного твердого топлива являются трубчатые реакторы циркуляционного кипящего слоя («газовзвесь») [2]. Их основные преимущества состоят в следующем:

- возможность эффективного управления процессом пирогазификации путем варьирования скорости и температуры нагрева топливных частиц, времени их пребывания в реакционной зоне, дозированной подачи окислителя и других газообразных добавок;
- возможность осуществления процесса с максимальной скоростью и в режиме близкому к режиму идеального вытеснения, что исключает перемешивание начальных и конечных продуктов разложения топлива, и способствует повышению качества получаемых целевых продуктов;
- практическая независимость от сорта и вида перерабатываемого топлива;
- относительная конструктивная простота оборудования, которое хорошо вписывается в схемы теплоэнергетических установок.

Одно их важнейших преимуществ трубчатых реакторов связано с сильной эндотермичностью реакций пирогазификации и необходимостью, в связи с этим, подводить в реакционную зону большое количество теплоты.

В ряде случаев (высоко метаморфизованные топлива) для полного разложения органической массы топлива к нему требуется подвести теплоту в количестве до 40% от теплоты сгорания исходного продукта. Подвод такого количества тепла за малое время пребывания топливных частиц в реакционной зоне представляет собой сложную задачу. По существу, это одна из наиглавнейших проблем пирогазификации, не имеющая удовлетворительного решения в известных реакторных устройствах и способах (аллотермическом и автотермическом) термохимической переработки топлива.

В [3] показано, что теплоподвод от внешнего источника через разделяющую стенку успешно можно осуществить при использовании трубчатых реакторов типа «газовзвесь» путем внешнего подогрева трубчатой поверхности реактора и интенсификации теплообмена. Теплоподвод через стенку создает принципиальную возможность уменьшить или полностью исключить наличие балластных компонентов в парогазовых продуктах, что позволяет снизить их объем, по крайней мере в 6-8 раз по сравнению со случаем подвода тепла за счет смешения с продуктами сгорания или окисления части перерабатываемого топлива. Значительно упрощается разделение получаемых парогазовых продуктов. Ясно, что технико-экономические показатели процесса пирогазификации и всей схемы топливоиспользования при этом будут наиболее высокими. Расчетные работы показывают, что применение трубчатых реакторов позволяет повысить величину выхода газа на единицу объема или площади сечения реакторов на порядок и более, по сравнению с лучшими достигнутыми в настоящее время показателями. В химии и нефтехимии трубчатые реакторные устройства успешно используются для пиролиза газообразных и жидких углеводородов при температурах до 1000° С. Имеются материалы (например, сплавы 12Х8ВФ и Х9М) для реакторов, которые можно длительно использовать при температурах, вплоть до 1200°С. Для потока газозвеси дополнительный износ труб может происходить из-за эрозионного воздействия твердых частиц на стенки.

Имеющаяся практика пневмотранспорта абразивных зернистых материалов показывает, что правильно спроектированные и эксплуатируемые установки могут работать без ремонта многие годы. В реакторной трубе, при интенсивном газовыделении частиц в пристенной зоне с высокой температурой, возможно проявления эффекта «гидродинамической смазки» и снижения, в связи с этим, износа стенок труб. Трубчатые реакторы типа «газовзвесь» входят, как основной элемент, в состав предложенной нами установки для термической переработки сланца (рис.1).

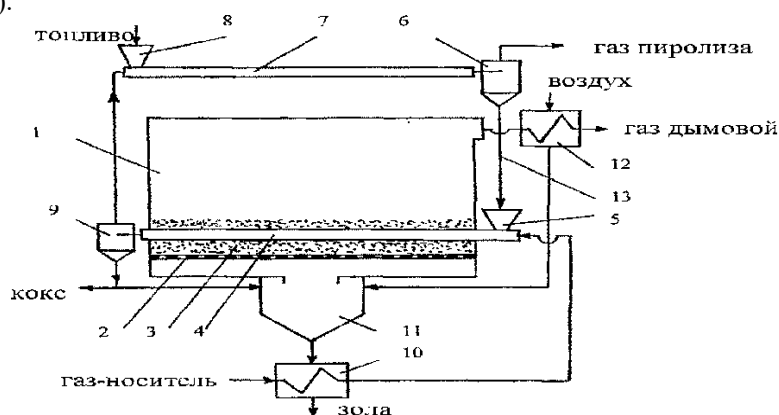


Рис.1. Энерготехнологическая схема установки для переработки ГС: 1 - корпус; 2 - решетка газораспределительная; 3 - кипящий слой; 4 - трубчатые реакторы; 5, 8 - питатели-дозаторы; 6,9 - сепараторы; 7 - теплообменник закалочный; 10-теплообменник зольный; 11 - циклонная технологическая топка; 12 - теплообменник «газ - воздух»; 13 – стояк

Fig.1. Energy technological scheme of a gas processing plant: 1 - housing; 2 - gas distribution grate; 3 - fluidized bed; 4 - tubular reactors; 5, 8 - metering feeders; 6, 9 - separators; 7 - quenching heat exchanger; 10-ash heat exchanger; 11-cyclone process furnace; 12-gas-air heat exchanger; 13-the riser

Установка работает следующим образом. Высушенное измельченное топливо питателем-дозатором 8 подается в поток горячих парогазовых продуктов и транспортируется потоком через трубчатый теплообменник 7. В процессе транспортирования газовая фаза охлаждается (идет закалка), а топливные частицы нагреваются. На выходе из теплообменника 7 в сепараторе 9 осуществляется разделение фаз потока. Целевой газовый продукт направляется по назначению, а твердое топливо опускается под действием силы тяжести по стояку 13 к питателю-дозатору 5, откуда подается в поток газа-носителя и транспортируется в потоке газозвеси через трубчатый реактор 4. Поток газозвеси нагревается до температуры обработки топлива, воспринимая теплоту через стенку трубчатого реактора 4 от засыпки 3 инертных твердых частиц, приведенных при работе установки в состояние высокотемпературного



кипящего слоя. Если переданной через стенку реактора теплоты окажется недостаточно для осуществления процесса обработки топлива, то дополнительно недостающую часть теплоты можно получить за счет окисления соответствующим газом-носителем некоторой доли органического вещества транспортируемого топлива. Выходящие из трубчатого реактора 4 продукты поступают в сепаратор 6, где осуществляется разделение газовой и твердой фаз потока. Парогазовые продукты направляются в теплообменник 7 для закалки, а твердый коксовый остаток направляется полностью или частично в циклонную технологическую топку 11, где сжигается. Использование циклонной технологической топки для сжигания кокса позволяет очистить дымовые газы от золы, что позволяет создать качественный кипящий слой. В качестве окислителя при сжигании кокса используется горячий воздух, который поступает в технологическую топку 11 из теплоутилизатора 12. Высокотемпературные газообразные продукты сгорания из технологической топки 11 поступают через газораспределительную решетку 2 в засыпку 3 инертных твердых частиц и придают ей состояние псевдоожиженного слоя. Отдав часть своей теплоты в псевдоожиженном слое трубчатым реакторам 4, продукты сгорания выходят из камеры 1 и поступают в теплоутилизатор 12, где за счет дальнейшего их охлаждения производится подогрев воздуха, направляемого в технологическую циклонную топку 11. Выходящий из топки 11 высокотемпературный зольный остаток поступает в теплообменник 10, где теплота золы используется для нагрева газоносителя.

Предлагаемая установка дает возможность эффективно управлять процессом термической обработки твердого топлива и получать продукцию требуемого качества. Для этого используются высокоскоростные режимы нагрева топливной газозвеси в трубчатых реакторах и охлаждения получаемых парогазовых целевых продуктов в закалочном теплообменнике. Изменяя температурный режим и время пребывания того и другого потоков в зоне тепловой обработки, можно влиять на состав получаемых продуктов. Принятая тепловая схема установки позволяет наилучшим образом использовать вторичные энергоресурсы и обеспечивает высокий тепловой КПД обработки топлива.

Переработка топлива в пылевидном состоянии дает возможность использовать всю массу добываемого топлива без отсева мелких фракций, количество которых велико при механизированной добыче. В трубчатых реакторах процесс осуществляется в режиме, близком к режиму идеального вытеснения и тем самым исключается перемешивание конечных и промежуточных продуктов реакций.

Предлагаемая установка по отношению к известным аналогам обладает большей универсальностью по сортности перерабатываемого топлива и технологическим возможностям. Следует отметить также такие преимущества:

- наличие закалочного трубчатого теплообменника контактного типа исключает протекание вторичных реакций в получаемых парогазовых продуктах и обеспечивает более высокое их качество; использование в закалочном теплообменнике в качестве холодного теплоносителя частиц, исходного твердого топлива решает задачу возврата теплоты процесса закалки в трубчатый реактор и, кроме того, обеспечивает высокую скорость закалки, так как теплообмен при контакте газа с твердыми частицами имеет большую интенсивность;

- наличие теплообменника для утилизации теплоты зольного остатка позволяет вернуть в основной процесс обработки топлива данный вторичный теплоэнергоресурс и тем самым повышает эффективность работы установки;

- в кипящем слое при размещении там соответствующего сорбирующего твердого материала возможно осуществлять очистку газообразных продуктов горения кокса от сернистых соединений и, тем самым, исключать загрязнение окружающей среды вредными выбросами.

Определение основных характеристик установки может быть осуществлено при наличии методик расчета совокупности процессов протекающих в отдельных её элементах. В расчетах установки и ее элементов необходимо оперировать технологическими и теплогидравлическими показателями процессов пиролиза топлива. При выполнении машинных расчетов эти показатели и связи между ними целесообразно представлять в аналитическом виде.

Имеется опыт сжигания низкокалорийных твердых топлив и горючих отходов, содержащих серу, в циклонных топках [4]. В рассматриваемой установке циклонная топка может быть использована в качестве технологической. Установлено, что топливо с теплотой сгорания не менее 4 МДж/кг устойчиво горит в таких топках без какой-либо дополнительной инициации процесса. Методика расчета циклонных реакторов и топок представлена в [3,4]. Разработаны рекомендации по конструктивному исполнению технологических циклонных камер и их расчету [5]. Конструкции теплообменников «зола-воздух» описаны в [6]. Там же приведены методики расчета рекуперативных теплообменников с движущимся под действием сил гравитации плотным слоем и контактных теплообменников с движущимся продуваемым слоем частиц. Рекуперативный теплообменник «продукты сгорания-воздух» традиционен, а методика

его расчета достаточно хорошо разработана. Особенность его работы, которую необходимо учитывать при проектировании, состоит в наличии уноса твердых частиц в продуктах сгорания.

Процессам в кипящем слое и соответствующим устройствам посвящена обширная литература [2, 7, 8 и др.]. Несмотря на проблематичность некоторых аспектов общей теории псевдооживления, основные формулировки ее и количественные связи достаточно обоснованы для расчетов и конструирования промышленных устройств с кипящим слоем [8]. Это обеспечивает возможность решения внешней задачи теплообмена трубчатых реакторов с кипящим слоем инертных частиц в рассматриваемой установке.

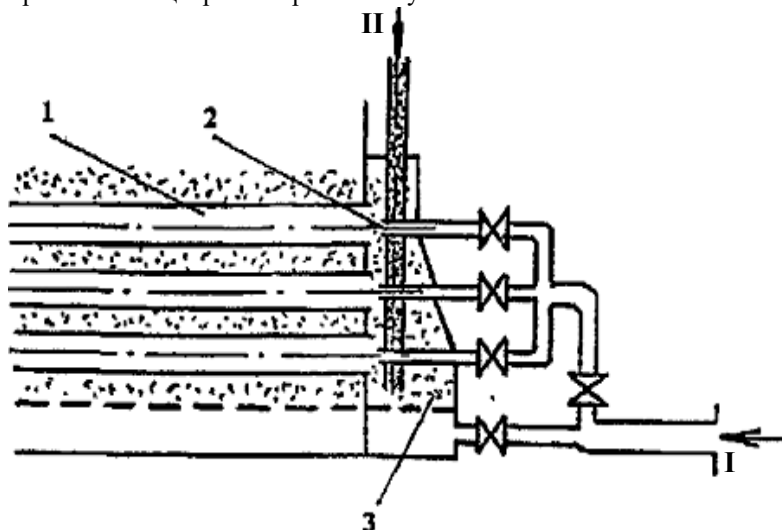


Рис. 2. Технологическая схема питателя-дозатора сланца: I - воздух; II - сухое топливо; 1 - реактор; 2 - сопло; 3 - псевдооживленный слой топлива

Fig. 2. Technological scheme of the slate feeder-dispenser: I - air; II - dry fuel; 1 - reactor; 2 - nozzle; 3 - fluidized bed of fuel

Кипящий слой может быть использован и для дозированной подачи топливных частиц в реакторные трубы. Одна из возможных схем питателя - дозатора приведена на рис.2. Поток подаваемого в реакторы воздуха делится на две части. Одна часть служит псевдооживляющим агентом для частиц, подаваемых по стояку на газораспределительную решетку в глухую камеру. Другая часть подается на сопловые выходы трубок, соосных с реактором и расположенных у их торцевых входов. Выходящая с большой скоростью из трубок струя воздуха подхватывает из кипящего слоя частицы топлива и транспортирует их в реакторе. Подобного типа дозаторы успешно используются для питания угольной пылью горелок крупных энергетических котлов.

3. Результаты (Results)

Основополагающими, определяющими работу установки, прежде всего, являются процессы в трубчатых реакторах. Они отличаются сложностью механизмов, многофакторностью и взаимозависимостью.

Пирогазификация топлива представляет собой сложное сочетание гетерогенных и гомогенных процессов химического взаимодействия, механизм которых до конца не выяснен.

При использовании термодинамических принципов возможно рассчитать равновесные составы газов пирогазификации. Однако в реальных условиях равновесное состояние реагирующей системы на выходе реактора не достигается. Поэтому при выполнении расчетов реакторов выход и состав конечных продуктов пирогазификации наиболее надежно определяется по экспериментальным данным [9].

Результаты работы показывают, что требования современных технологий пирогазификации твердого топлива наиболее успешно можно реализовать при использовании проточных трубчатых реакторов типа «газовзвесь», главным преимуществом которых является возможность подвода большого количества тепла от внешнего источника через стенку в реакционную зону.

Проведен анализ имеющихся опытных данных по теплообмену потока газовой взвеси с химически инертными и разлагающимися частицами твердой фазы в трубе.

На основании технико-экономических расчетов установлены предпочтительные значения скорости несущей газовой фазы, концентрации топливных частиц в потоке и диаметра



реактора - пирогазификатора. Сравнительный анализ различных вариантов закалочного реактора по величине энергетического коэффициента позволил сформулировать рекомендации по выбору основных рабочих параметров устройства закалки газов пиролиза.

4. Обсуждение (Discussion)

Изучение особенностей горючих сланцев позволяет рассматривать их в качестве энергетического, химического, а также минерального сырья для использования в различных отраслях промышленности [11]. Геологические исследования в Республике Узбекистан показали, что глубина залегания горючих сланцев находится в пределах от 100 до 500 м и ниже, а средняя мощность составляет от 0,5 до 1,0 м.

Горючие сланцы Узбекистана, помимо углеродного сырья, содержат U, Mo, Au, W, Ag, Re, Cd, Se, Cu, Ni, Pb, S, включая редкоземельные металлы и металлы платиновой группы [12].

Разработка месторождений горючих сланцев в Республике Узбекистан ведутся традиционными, то есть открытым или подземным способами.

Для определения направлений промышленного использования горючих сланцев необходимо иметь сведения об их химическом и минералогическом составе, структуре органического вещества, наличии органоминеральных соединений, а также об изменениях, которые претерпевает исходное вещество на различных стадиях термического или химического воздействия. Основные показатели качества и технологические свойства, определяющие практическое значение горючих сланцев, связаны с содержанием в них органического вещества и обусловлены его происхождением и степенью преобразований. Горючие сланцы разных месторождений значительно отличаются друг от друга по внешнему виду, составу и свойствам, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1. Элементный состав керогена горючих сланцев

Table 1. Elemental composition of kerogen in oil shales

Месторождение страны	Элементный состав %				
	C (Углерод)	H (Водород)	O (Кислород)	N (Азот)	S (Сера)
Сунгрунтау (Навоийнская обл.)	56-82	5-10	10-40	0,2-0,8	0,2-11
Байсунское (Сурхандарьинская обл.)	64,5	7,7	20,3	2,3	5,2
Уртабулак (Бухарская обл.)	60-70	7-8	до 20	2,6	8-11

5. Заключение (Conclusion)

С использованием критерия годовых расчетных затрат выполнено расчетное исследование по определению оптимальных значений G , D и K для реакторов-пирогазификаторов. Определены условия для реализации оптимальных значений параметров. Получено, что экономически выгоднее использовать реактор малого диаметра.

Показано, что реакторы-пирогазификаторы трубчатого типа имеют значительно меньшие удельные расчетные затраты и обладают большей компактностью по отношению к реакторам с кипящим слоем при равной производительности.

Проведен сравнительный анализ величины энергетического коэффициента, характеризующего теплогидродинамическое совершенство организации процесса теплообмена, при различных сочетаниях конструктивных и режимных параметров закалочного трубчатого устройства. По результатам анализа даны рекомендации по выбору рассмотренных параметров для установки термической переработки сланца [13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко Е.И., Мессерле В.Е., Перегудов В.С. Основные этапы совершенствования способов сжигания твердых топлив и их наиболее перспективные современные направления. //Теплоэнергетика, 2003. - № 12. - С. 42.
2. Газификация угля: горное дело - сырье – энергия. //Шиллинг Г.Д., Бонн Б., Краус У. -М.: Недра. 1986. -175 с.
3. Зайчик Л.И. Проблемы и методы моделирования гидродинамики и теплообмена в двухфазных турбулентных потоках /Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену: В 8 томах. Т.1. Пленарные и общие доклады. Доклады на круглых столах. -М.: Изд-во МЭИ. 1998. -С.47-52.



4. Блохин А.И. Зарецкий М.И., Стельмах Г.П., Фрайман Г.В. Энерготехнологическая переработка топлив твердым теплоносителем. – М.: Светлый СТАН, 2005. – 336 с.
5. Вараксин А.Ю. Турбулентные течения газа с твердыми частицами. –М.: Физматлит. 2003. –192 с.
6. Косова О.Ю. Разработка и моделирование установки для термической обработки горючих сланцев: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Саратов, 2008. – 19 с.
7. Urov K., Sumberg A. Characteristics of oil shales and shale-like rocks of known deposits and outcrops // Oil Shale. 1999. – Vol. 16, № 3. – 64 p.
8. Симонов В.Ф., Прелатов В.Г. Исследование термической переработки сернистого сланца в псевдооживленном слое //Комплексное использование тепла и топлива в промышленности: /Межвуз.науч.сб. / СГТУ. - Саратов, 2000. -С.21-25.
9. Атоян Э. М., Семёнов Б. А., Назаров С. С. Пирогазификация горючих сланцев Поволжья с целью использования конечных продуктов для получения электрической и тепловой энергии // журнал «Вестник» Саратовский государственный технический университет, 2011 г.
10. Баскаков А.П., Дубинин А.М., Чойнзонов Б.Л. Газогенератор для бескислородной паровой газификации твердого топлива /Проблемы тепло- и массообмена в современной технологии сжигания и газификации твердого топлива. /Материалы международной школы-семинара. -Минск: ИТМО АН БССР. 1994. -С.3-13.
11. Каширский В.Г. Термическая переработка горючих сланцев и их энерготехнологическое использование. - Саратов: СГТУ, 2001. - 64 с.
12. Турсебеков А.Х., Шукуров Н.Э., Зунунов А.Ч., Умаров Ш.А. Актуальные вопросы геохимических особенностей рудоносных горючих сланцев узбекистана // журнал «Нефтяная провинция» №4 (20) - Бугульма, Республика Татарстан, Российская Федерация, 2019.
13. Печенегов Ю.Я. Теплообмен и теплоносители в процессах термической обработки измельченного твердого топлива. -Саратов: Изд-во СГУ. 1983.-116 с.

REFERENCES

1. Karpenko E.I., Messerle V.E., Peregudov V.S. The main stages of improving solid fuel combustion methods and their most promising modern directions. - Teploenergetika, 2003. - No. 12. - p. 42.
2. Coal gasification: mining - raw materials - energy /Schilling G.-D., Bonn B., Kraus U. M.: Subsoil. 1986. 175 p.
3. Zaichik L.I. Problems and methods of modeling hydrodynamics and heat transfer in two-phase turbulent flows / Proceedings of the Second Russian National Conference on Heat Exchange: In 8 volumes. Vol. 1. Plenary and general reports. Reports at round tables. Moscow: Publishing House of the MEI. 1998. pp.47-52.
4. Blokhin A.I. Zaretsky M.I., Stelmakh G.P., Frayman G.V. Energy technological processing of fuels with a solid coolant – Moscow: Svetly STAN, 2005. – 336 p.
5. Varaksin A.Y. Turbulent gas flows with solid particles. Moscow: Fizmatlit. 2003. 192 p.
6. Kosova O.Y. Development and modeling of an installation for the thermal treatment of oil shales: Abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. – Saratov, 2008. – 19 p.
7. Urov K., Sumberg A. Characteristics of oil shales and shale-like rocks of known deposits and outcrops // Oil Shale. 1999. – Vol. 16, № 3. – 64 p.
8. Simonov V.F., Prelatov V.G. Investigation of thermal processing of sulfur shale in a fluidized bed //Integrated use of heat and fuel in industry: Interuniversity Scientific collection / SSTU. Saratov, 2000. pp.21-25.
9. Atoyan E. M., Semenov B. A., Nazarov S. S. Pyrogasification of oil shales of the Volga region for the purpose of using end products to produce electric and thermal energy // journal "Bulletin" Saratov State Technical University, 2011.
10. Baskakov A.P., Dubinin A.M., Choyznzonov B.L. Gas generator for oxygen-free steam gasification of solid fuels // Problems of heat and mass transfer in modern technology of combustion and gasification of solid fuels. /Materials of the international school-seminar. Minsk: ITMO of the Academy of Sciences of the BSSR.1994. pp.3-13.
11. Kashirskiy V.G. Thermal processing of oil shales and their energy technological use. Saratov: SSTU, 2001. 64 p.
12. Turesebekov A.Kh., Shukurov N.E., Zununov A.Ch., Umarov Sh.A. Current issues of geochemical features of ore-bearing oil shale of Uzbekistan // journal “Oil Province” No. 4 (20) - Bugulma, Republic of Tatarstan, Russian Federation, 2019.
13. Pechenegov Yu.Ya. Heat transfer and heat carriers in the processes of heat treatment of crushed solid fuels. Saratov: Publishing house of SSU. 1983.116 p.