

**ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ КОКСОВАНИИ
НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ
В НЕОБОГРЕВАЕМЫХ РЕАКТОРАХ**

Зарипов Н.Н., Попков В.Ф., Кретинин М.В.

Производительность установок замедленного коксования (УЗК) и качество нефтяного кокса в значительной степени определяется теплотехнической обстановкой в необогреваемых реакторах. Многими авторами [1...10, 14...19] на ранней стадии развития процесса замедленного коксования много внимания уделялось влиянию температуры нагрева сырья коксования на качество нефтяного кокса. Даже незначительное снижение теплового режима оказывает существенное влияние на процесс деструктивных превращений нефтяных остатков [3, 5, 6, 8...10, 13...15, 17...19]. Установлено [10, 13, 15] снижение качества кокса в пристеночных зонах реакторов, которое авторы объясняют потерей тепла в окружающую среду через теплоизоляционный слой аппарата. Однако, количественная оценка непроизводительных потерь тепла, поступающего в реактор с сырьем коксования, находится в начальной стадии разработки. Авторами [13] предложен метод расчета тепловых потерь с учетом теплофизических свойств материала оболочки реактора, теплоизоляции и защитного кожуха. Принцип расчета базировался на разбивке изоляции на целое число слоев, в пределах которого изменение температуры внутри каждого слоя подчинялось прямолинейному закону, величины тепловых потоков в этих слоях за элементарный промежуток времени Δt принимались пропорциональными начальному значению для этого времени, а повышение энтальпии – пропорционально повышению температуры в середине слоя. Однако данная методика не полностью учитывает реальные условия эксплуатации реакторов коксования.

В соответствии с технологическим регламентом температура реактора после его разогрева парами нефтепродуктов должна быть не менее 360°C , то есть ниже температуры сырья коксования на $120...150^{\circ}\text{C}$. Дальнейшее повышение температуры оболочки реактора происходит за счет тепла, поступающего с

сырьем коксования. Исследованиями, проведенными в промышленных условиях [11], установлено, что ни на одной из десяти обследованных УЗК реакторы, перед заполнением их сырьем коксования, не прогреваются до 360°C . Среднестатистическое значение температуры разогрева реакторов составляет 330°C . В случае даже непродолжительного простоя реактора, после его прогрева парами нефтепродуктов, температура оболочки снижается до 260°C . Если учесть, что масса реакторов составляет 113...314 т, то при повышении его температуры от $260...330^{\circ}\text{C}$ до $460...480^{\circ}\text{C}$, от сырья коксования отбирается существенная доля тепла. В значительной мере это относится к нижней части реактора, которая разогревается при непосредственном контакте сырья коксования с корпусом аппарата. Последующие участки по высоте аппарата дополнительно прогреваются парами нефтепродуктов, испаряющихся из сырья.

Оценка температурного режима эксплуатации реакторов может служить основанием для поиска оптимальных решений, направленных на уменьшение материалоемкости аппаратов и тепловых потерь, влияющих на качество вырабатываемой продукции, для оптимизации конструкций реакторов и их тепловой изоляции.

При проектировании реакторов коксования потери тепла в окружающую атмосферу определяют по наружной поверхности обечайки аппарата, исходя из допустимых удельных потерь для данного типа теплоизоляционного материала. Анализ показал [13], что удельные потери тепла при проектировании занижены в 5...6 раз. В расчетах неверно определяется верхняя поверхность аппарата, которую следует принимать по большему (наружному) диаметру, то есть по покровному слою. Коэффициент теплоотдачи (α_n) принимается также заниженным, как для аппаратов, установленных в помещении. Расчеты многослойной стенки внешней изоляции ведутся из условия плотного прилегания слоев друг к другу, к аппарату и покровному листу, что практически не реализуется на практике. При этом, если наличие замкнутого воздушного зазора между отдельными слоями изоляции обуславливает увеличение общего термического сопротивления (ввиду низкой теплопроводности воздуха), то неплотное прилегание теплоизоляции к корпусу аппарата приводит к дополнительному охлаждению реактора за счет интенсивного движения воздуха в

образовавшемся зазоре. Влияние этого фактора для реакторов коксования обусловлено термоциклическим характером их работы, в процессе которой происходит изменение геометрических размеров аппаратов (по высоте и диаметру) в течение каждого цикла. Не учитывается также увеличение тепловых потерь при снижении теплоизоляционных свойств наружной теплоизоляции в результате воздействия атмосферных осадков, загрязнения нефтепродуктами и старения.

Установлено (рис. 1), что работа реакторов и их теплоизоляции характеризуется нестационарным тепловым режимом, определенным образом изменяющимся в пространстве и во времени: в начальной стадии заполнения реактора сырьем коксования отбирается тепло, большая часть которого аккумулируется в корпусе аппарата и теплоизоляционном слое (рис. 1, линия 2); в дальнейшем расход тепла на разогрев реактора и теплоизоляционного слоя стабилизируется, а потери в окружающую атмосферу постоянно увеличиваются (рис. 1, линия 3).

Общие потери тепла (на аккумуляцию и в окружающую атмосферу) по высоте ректора распределяются неравномерно (рис. 2). Наиболее интенсивный отвод тепла происходит от нижней зоны реактора, что обуславливается ее повышенной удельной поверхностью (по отношению к объему этой зоны). По этой же причине повышение потерь тепла наблюдается и в верхней части аппарата. По мере заполнения аппарата сырьем коксования потери тепла постоянно увеличиваются по всей высоте реактора и зависят от температуры внешней поверхности теплоизоляционного слоя.

Обсуждаемые результаты (см. рис. 1) получены из условия идеального состояния теплоизоляционного слоя. При заданных температурах внутри реактора (455°C) и окружающей атмосферы (0°C) расчетная температура внешней поверхности покровного листа составила 7°C . При ухудшении теплофизических свойств наружной теплоизоляции температура ее внешней поверхности значительно повышается, обуславливая увеличение потерь тепла.

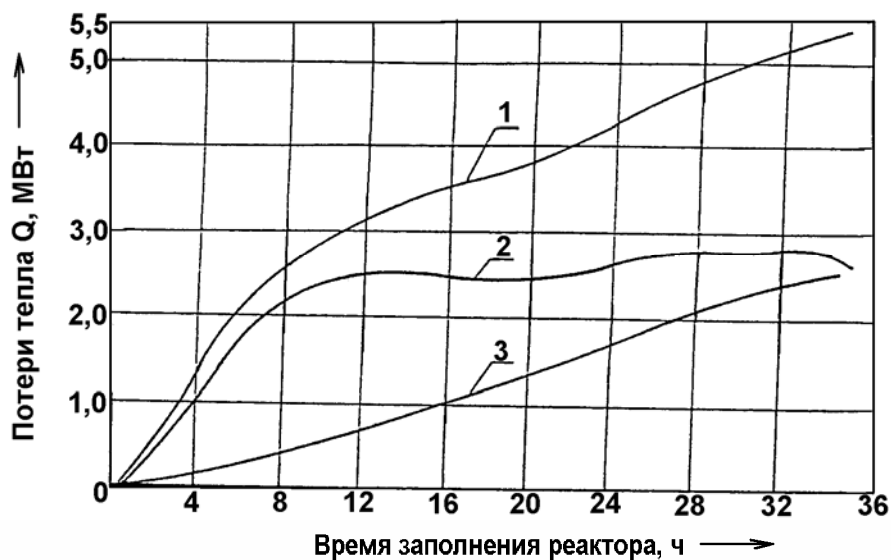


Рис. 1 Динамика изменения потерь тепла в зависимости от времени заполнения реактора

1 - общие потери тепла; 2 - тепло, аккумулированное реактором;
3 - потери тепла в атмосферу.

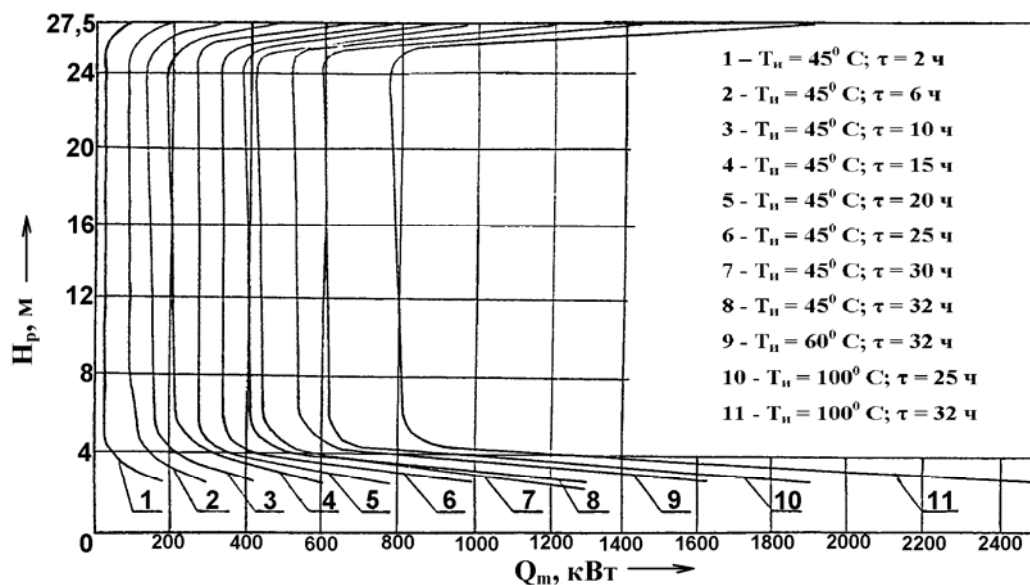


Рис. 2 Потери тепла (Q_m) по высоте реактора (H_p) при различной температуре внешней поверхности теплоизоляции

Это подтверждается исследованиями, проведенными совместно со специалистами ВНИКТИНефтехимоборудования (г. Волгоград) на установке Волгоградского НПЗ, которое заключалось в измерении температуры внешней поверхности теплоизоляционного слоя с помощью переносного инфракрасного пирометра «Термоточка-80» и тепловизора «Петросканер 782 Р» фирмы АГА (Швеция). Установлено, что температура наружной поверхности теплоизоляции ($T_{и}$) значительно отличается от проектной: максимальное значение $T_{и}$ в наших опытах составляло 120°C ; температурные поля в теплоизоляционном слое характеризовались неравномерностью. Значение температуры колебалось в широких пределах: $45\dots 120^{\circ}\text{C}$. Увеличение потерь тепла в результате ухудшения теплофизических свойств теплоизоляционного материала вполне закономерно (рис. 3). Здесь наиболее важным моментом является количественная оценка потерь тепла и ее влияние на качество нефтяного кокса, образующегося в объеме промышленного реактора. При ухудшении теплофизических свойств теплоизоляции происходит интенсивный теплообмен между аппаратом и окружающей атмосферой: при температуре поверхности теплоизоляции 45, 60 и 100°C непроизводительные потери тепла в течение всего цикла заполнения реактора сырьем коксования составляют соответственно: 8,40; 10,52 и 16,02 МВт (рис. 3).

Анализ теплотехнических аспектов процесса замедленного коксования нефтяных остатков в необогреваемых реакторах хорошо согласуется с распределением качественных показателей кокса по объему промышленных реакторов (рис. 4, рис. 5): в нижней зоне аппарата, где наблюдаются наибольшие потери тепла, кокс имеет низкую механическую прочность и повышенное содержание летучих веществ. На качество кокса в этой зоне оказывает влияние также гидродинамика потоков сырья, обуславливающая образование застойных зон и неравномерность температурных условий коксования. Перепад температур в различных участках конусной части аппарата достигает $200\dots 250^{\circ}\text{C}$. Кроме того, время пребывания сырья в этой зоне колеблется в широких пределах: $0\dots \tau_3$ (где τ_3 – время заполнения реактора сырьем коксования). Совместное влияние перечисленных факторов обуславливает механическую прочность кокса,

содержание летучих веществ и их наибольшую неравномерность распределения в рассматриваемой зоне.

Без существенного улучшения условий процесса коксования получить в нижней зоне реактора кокс высокого качества не представляется возможным. В дальнейшем прочность кокса по высоте реактора повышается, достигая максимального значения на отметке 8 м. Независимо от вида сырья коксования прочность кокса снижается на всех уровнях в направлении от центральной вертикальной оси реактора к его периферии (рис. 4 и рис. 5), что свидетельствует о влиянии реактора коксования на формирование кокса из-за дополнительного поглощения тепла и, как следствие, кристаллизации кокса в виде мелкозернистой малопрочной структуры [15, 20].

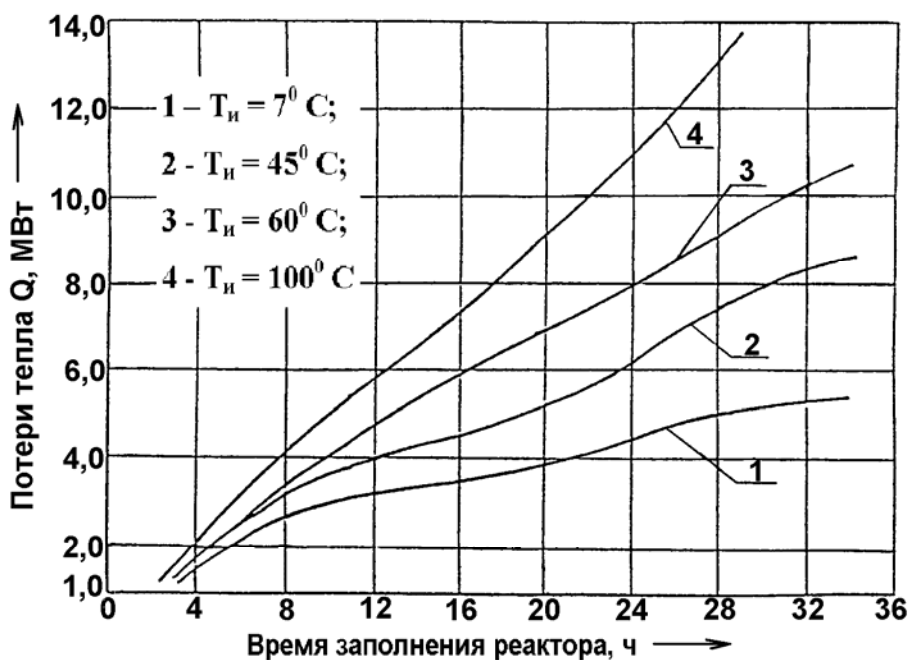


Рис. 3 Зависимость потерь тепла от времени заполнения реактора сырьем коксования и температуры T_n внешней поверхности теплоизоляции

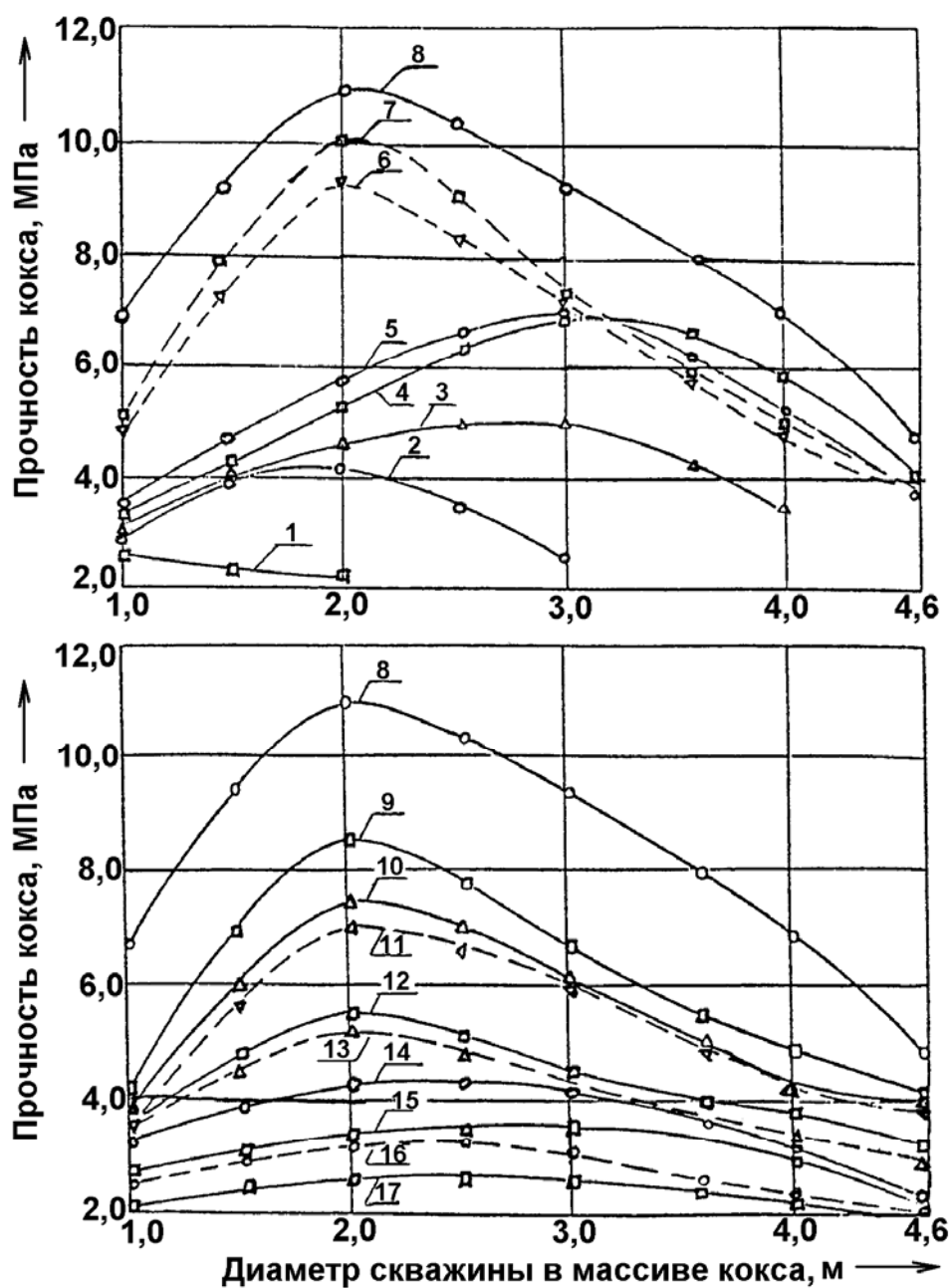


Рис. 4 Изменение в необогреваемом реакторе прочности кокса из гудрона ширванской нефти

1 ... 17 - координаты отбора проб кокса по высоте коксового массива в реакторе.

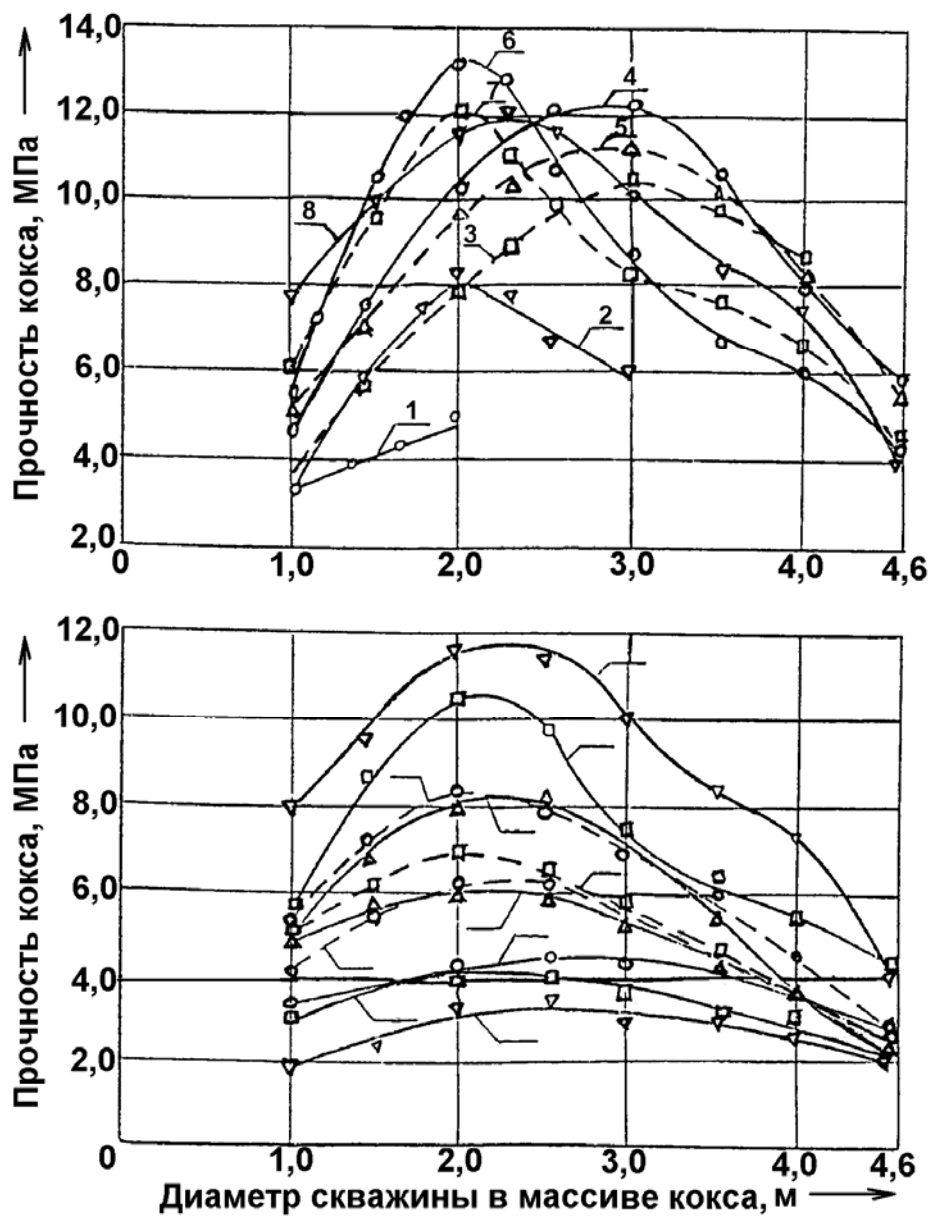


Рис. 5 Изменение в необогреваемом реакторе прочности кокса из гудрона котур-тепинской нефти

1 ... 17 - координаты отбора проб кокса по высоте коксового массива в реакторе.

Литература

1. Верба В.В. и др. Пути увеличения отбора электродного кокса на установке замедленного коксования. // Нефтепереработка и нефтехимия.- 1972. - №9. – С. 6-7.
2. Гаскаров Н.С. и др. Распределение сырьевого потока по коксовым камерам установки 21-10 // Химия и технология топлив и масел.- 1974. - №2. – С. 24-25.
3. Гаскаров Н.С. Улучшения показателей работы установки замедленного коксования // Химия и технология топлив и масел.- 1964. - №4. – С. 26-30.
4. Егоров В.Д. и др. Интенсификация выработки кокса на Волгоградском НПЗ. // Химия и технология топлив и масел.- 1980. - №3. – С. 16-17.
5. Ежов Б.М. и др. Интенсификация работы установок замедленного коксования // Химия и технология топлив и масел.- 1980. - №3. – С. 5-9.
6. Ежов Б.М. и др. Снижение содержания летучих веществ и повышение прочности кокса // Химия и технология топлив и масел.- 1980. - №4. – С. 7-9.
7. Ежов Б.М. и др. Современное состояние процесса замедленного коксования в СССР и за рубежом //Тр. /БашНИИ НП.- 1979. – Вып. 18. – С. 3-12.
8. Змиевский П.К., Скобина Е.Е., Яценко В.Г. Исследование качеств нефтяного электродного кокса на установке замедленного коксования.// Нефтепереработка и нефтехимия.- 1969. - №5. – С. 9-12.
9. Змиевский П.К. и др. Промышленный опыт получения электродного кокса из гудрона мангышлакской нефти.// Нефтепереработка и нефтехимия.- 1970. - №1. – С. 5-8.
10. Красюков А.Ф., Седов П.С. Пути снижения содержания летучих веществ в коксе замедленного коксования.// Химия и технология топлив и масел.- 1969. - №4. – С. 24-26.
11. Кретинин М.В., Казачанский А.В., Сергеев Г.А. Измерение температурного поля корпуса камеры коксования. // Химия и технология топлив и масел.- 1983. - №6. – С. 38-39.
12. Кретинин М.В. и др. Исследование температурных полей в оболочке коксовых камер. // Хим. и нефт. Машиностроение.- 1985. - №7. – С. 18-20.

13. Кретинин М.В. и др. Теплотехнические аспекты коксования нефтяных остатков в необогреваемых реакторах УЗК. – Наука и технология углеводородов. – М.: 1998. №1. – С. 30-34.

14. Подлесный Н.К. и др. Увеличение выработки электродного кокса на установке замедленного коксования // Нефтепереработка и нефтехимия.- 1973. - №3. – С. 1-3.

15. Походенко Н.Т. и др. Оценка механической прочности нефтяного кокса // Пробл. развития пр-ва электродного кокса. – Уфа,1975.- С. – 158-156.

16. Сайдахметов Ш.М. Разработка технологии получения нефтяных остатков повышенной коксуемости – сырья для коксования. – Автореф. дисс. к.т.н. – М.: МИНГ им. И.М. Губкина, 1983. – 21 с.

17. Слуцкая С.М. и др. Получение промышленного пробега опытной партии кокса для графитированных электродов// Тр. /БашНИИ НП. – Уфа, 1975. – Вып. 13. – С. 106-114.

18. Смидович Е.В. Подбор сырья и режима коксования для производства кокса улучшенного качества. // Химия и технология топлив и масел.- 1968. - №7. – С. 48-50.

19. Сюняев З.И. Нефтяной электродный кокс: Обзор. // Химия и технология топлив и масел.- 1977. - №7. – С. 48-50.

20. Кузеев И.Р. и др. Кристаллизация нефтяного углерода на металлической поверхности. // Химия и технология топлив и масел.- 1984. - №1. – С. 27-28.