

На правах рукописи

ПУСТЫННИКОВ АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ
ОКИСЛЕННЫХ БИТУМОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Специальность 05.17.07 – "Химия и технология топлив
и специальных продуктов"

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа – 2005

Работа выполнена на кафедре химической технологии топлив и углеродных материалов Пермского государственного технического университета.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Рябов Валерий Германович.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
Грудников Игорь Борисович;
доктор химических наук, профессор
Чекрышкин Юрий Сергеевич.

Ведущая организация: ГУП "Институт нефтехимпереработки" АН РБ.

Защита состоится "18" февраля 2005 г. в 15-30 на заседании диссертационного совета Д 212.289.03 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул.Космонавтов, 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан "14" января 2005 года.

Ученый секретарь

диссертационного Совета  Абдульминев К.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. За последние годы существенно увеличилась доля автомобильного транспорта в общем объеме грузоперевозок, в связи с чем возросла актуальность проблемы строительства новых и ремонта существующих дорожных покрытий, для производства которых необходимы качественные связующие. Интенсификация процесса получения окисленных битумов, используемых в основном в качестве связующего в дорожных покрытиях, является на сегодняшний день достаточно важной задачей.

В настоящее время существуют различные методы повышения эффективности процесса окисления, в частности, увеличение поверхности контакта фаз за счет совершенствования устройств подачи воздуха, использования диспергаторов воздушного потока. Оптимизация параметров технологического процесса и подбор оптимального состава сырья также оказывают положительное воздействие. Известно применение катализаторов окисления и специально вводимых в систему окислителей.

Весьма перспективным направлением интенсификации процесса получения окисленных битумов и улучшения их качества может быть введение в систему различных модифицирующих добавок, изменяющих физико-химические свойства и реакционную способность исходного сырья. Такими добавками могут выступать поверхностно-активные вещества (ПАВ). Их применение не связано со значительными материальными затратами и достаточно просто в аппаратном оформлении. Количество вносимых веществ, как правило, не превышает десятых долей процента. Поэтому использование ПАВ в процессах переработки нефтяных остатков является перспективным направлением в технологии, позволяющим интенсифицировать различные технологические процессы и повысить качество товарных нефтепродуктов, в частности, нефтяных битумов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Разработка способа интенсификации процесса получения окисленных битумов с использованием поверхностно-активных веществ.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Исследование влияния ПАВ на физико-химические свойства нефтяных остатков.
2. Изучение влияния ПАВ различных классов на качество получаемого окисленного битума.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Впервые изучен процесс получения окисленных битумов в присутствии поверхностно-активных веществ различных классов. Экспериментально доказано, что интенсифицирующее воздействие на процесс оказывают катионные ПАВ.

Установлено, что оптимальная концентрация катионного ПАВ "Амины алифатические" в исходном сырье составляет 0,05 мас. %.

Показано, что введение оптимального количества ПАВ "Амины алифатические" приводит к снижению динамической вязкости сырья при нормальных условиях, а в случае его окисления – к увеличению доли асфальтенов в получаемом битуме.

Эффективность действия ПАВ сохраняется при различной организации воздушного потока.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. Предложен способ получения окисленного битума с использованием сырья, активированного добавками катионных ПАВ, в присутствии которых сокращается время окисления на 12%, или уменьшается на 15% расход воздуха, или снижается на 15°C температура проведения процесса, а получаемый битум обладает лучшими показателями качества, в частности, индексом пенетрации.

Результаты лабораторных исследований подтверждены при проведении опытно-промышленных испытаний на установке производства окисленного битума ООО "ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез". Окисленный битум,

полученный из модифицированного ПАВ сырья, обладает улучшенными пластическими свойствами. Кроме того, сокращается расход подаваемого на окисление воздуха, и снижается температура процесса.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Материалы диссертации доложены: на Международной конференции "Перспективы развития естественных наук на Западном Урале" (г. Пермь, 1996); Международной научно-технической конференции "Перспективные химические технологии и материалы" (г. Пермь, 1997); 1-м Международном симпозиуме "Наука и технология углеводородных дисперсных систем" (г. Москва, 1997); 29-й научно-технической конференции "Химия и химическая технология" (г. Пермь, 1998); 12-й Международной конференции молодых ученых по химии и химической технологии "МКХТ-98" (г. Москва, 1998); Межрегиональной научно-технической конференции, посвященной 25-летию Дзержинского филиала НГТУ "Химическая промышленность: современные задачи техники, технологии, автоматизации, экономики" (г. Дзержинск, 1999); 10-й Всероссийской научно-технической конференции "Поверхностно-активные вещества и препараты на их основе" (г. Белгород 2000).

ПУБЛИКАЦИИ. По материалам диссертации опубликованы тезисы 11 докладов, 5 статей. Получено 2 патента на изобретение.

ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ. Работа изложена на 133 страницах, состоит из введения, 5 глав, включающих 23 таблицы, 27 рисунков, приложения и списка литературы из 113 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе обсуждены имеющиеся в научно-технической литературе данные по интенсификации процессов переработки нефтяных остатков различными способами.

Проанализированы современные представления о строении и составе нефтяных остатков, а также возможных путях их переработки. Наиболее

распространенным является окисление нефтяных остатков до битумов. Рассмотрены методы интенсификации процесса получения окисленных битумов, учитывающие коллоидно-химические свойства исходного сырья. Подробно освещено использование добавок различного происхождения, которые оказывают влияние на дисперсную систему нефтяных остатков и переводят ее в активированное состояние. Изложены теоретические предпосылки применения поверхностно-активных веществ в качестве модификаторов сырья.

На основе анализа литературных данных сформулированы основные цели и задачи научных исследований диссертационной работы.

Во второй главе приведена характеристика объектов и методов исследования. Объектами исследования выбраны различные гудроны – остатки вакуумной перегонки мазута смеси западносибирских нефтей. Образцы указанных продуктов отобраны на соответствующих установках ООО "ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез".

В качестве активирующих добавок применяли поверхностно-активные вещества различных классов: анионоактивные – "Волгонат", неионогенные – "Дипроксамин-157", катионоактивные – "ФОМ-9-20", "Оксимид", "Алкамон ОС-2", "Амины алифатические".

Эффективность воздействия вводимых ПАВ на структуру нефтяных остатков оценивали по изменению динамической вязкости сырья, определяемой с помощью ротационного вискозиметра "Реотест-2" при температурах 20 и 50°C.

С помощью физического уширения дифракционной линии при рассеивании рентгеновского излучения определяли средний размер дисперсных частиц. Рентгенограммы подготовленных образцов получали на установке ДРОН – 2.0.

Методом малоуглового рассеяния рентгеновских лучей на дифрактометре "АМУР-К", спроектированном и сконструированном в СКБ

ИК РАН, исследовано влияние поверхностно-активного вещества "Амины алифатические" на структуру и параметры дисперсности гудрона.

Оценку изменения интенсивности межмолекулярных взаимодействий в зависимости от количества вводимой добавки проводили с помощью инфракрасной спектроскопии. Спектрограммы таблетированных с KBr образцов получали на приборе "Specord-75 JR".

Термическую стабильность ПАВ, используемых в качестве интенсифицирующей добавки к исходному сырью, исследовали на Q-дериватографе в диапазоне температур от 20 до 300 °С.

Влияние ПАВ на технологические параметры процесса окисления при переработке нефтяных остатков исследовали на лабораторной установке, которая представляет собой пустотелый цилиндрический реактор периодического действия с регулируемым электроподогревом и подачей воздуха через барботер. Определяли пенетрацию и дуктильность полученных образцов битума при 25°С, температуру их размягчения по КиШ в соответствии с действующими стандартами.

При проведении ряда экспериментов определяли содержание кислорода в отходящих из реактора газах окисления. Пробы газа анализировали на хроматографе ЛХМ-2, снабженном детектором по теплопроводности и колонкой, заполненной молекулярными ситами СаХ.

Групповой углеводородный состав исходного сырья и полученных окисленных битумов определяли с помощью жидкостной хроматографии. Последовательно десорбированные углеводороды разделяли на группы по значениям показателя преломления.

В третьей главе рассмотрены результаты изучения влияния поверхностно-активных веществ различных классов на динамическую вязкость и размер частиц дисперсной фазы гудрона. Исследована термическая стабильность используемых ПАВ.

Результаты изучения динамической вязкости гудрона при температуре 20°С в зависимости от содержания в нем поверхностно-активных веществ

различных классов (рис. 1) показывают, что при использовании в качестве активирующих добавок катионных ПАВ наблюдается полиэкстремальное изменение вязкости гудрона.

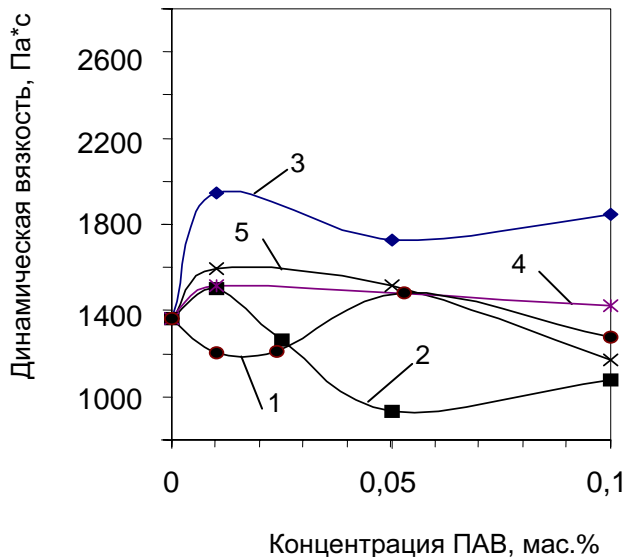


Рис. 1. Влияние природы и концентрации ПАВ на динамическую вязкость гудрона

- 1 – Алкамон ОС-2;
- 2 – Амины алифатические;
- 3 – Оксимид n=7, m=9;
- 4 – Волгонат;
- 5 – Дипроксамин-157

Для изучения параметров дисперсной фазы гудрона проведен рентгеноструктурный анализ нефтяных остатков с различной концентрацией ПАВ "Амины алифатические".

С помощью физического уширения дифракционной линии определен средний размер дисперсных частиц, имеющих относительно упорядоченную структуру. Установлено, что независимо от количества используемой добавки средний размер частиц практически не меняется и составляет около 12 \AA , что соответствует размерам молекул асфальтенов.

С помощью малоуглового рассеяния в угловом диапазоне от 0 до 8° не выявлено какого-либо преобладающего размера частиц и соответственно их распределения по размерам. Установлено также, что концентрация ПАВ не оказывает заметного влияния на дисперсность системы.

Добавление к гудрону "Аминов алифатических" в количестве $0,05$ мас.% приводит к смещению полосы поглощения валентных колебаний группы ОН. Наиболее вероятной причиной такого смещения, является некоторая деструктуризация, "разуплотнение" межмолекулярных ассоциатов, присутствующих в гудроне.

В связи с тем, что процесс получения окисленных битумов протекает при температуре около 250°C, исследована термическая стабильность в среде воздуха используемых в качестве добавок к исходному сырью поверхностно-активных веществ, в частности, "Аминов алифатических" (рис. 2). Установлено, что данное вещество имеет температуру плавления 50°C, т.к. при этой температуре наблюдается эндотермический эффект, не сопровождающийся изменением массы образца.

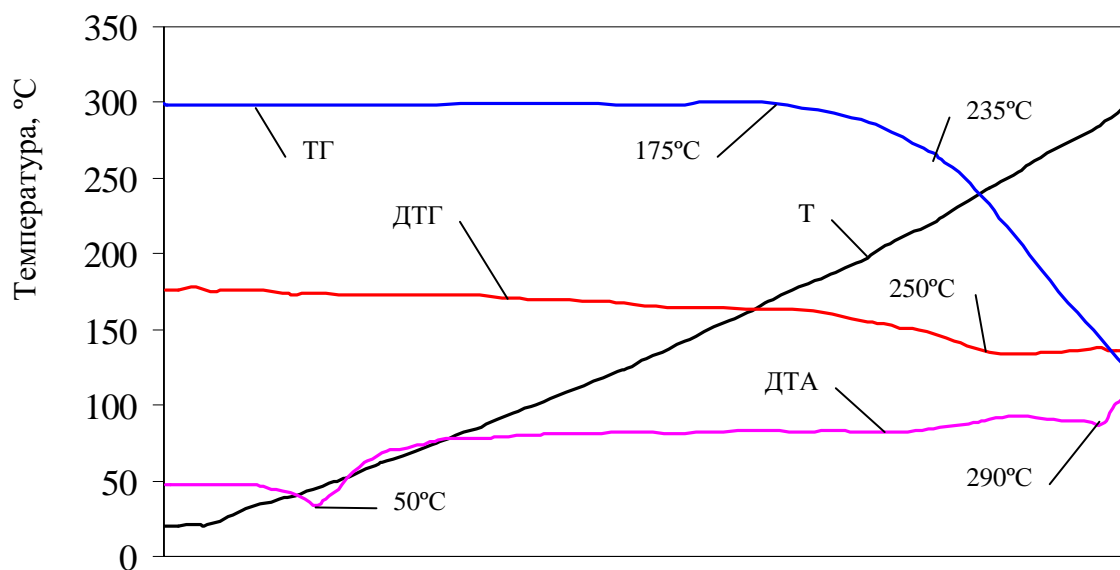


Рис.2. Дериватограмма ПАВ "Амины алифатические"

При температуре 175°C масса исследуемого вещества начинает уменьшаться, причем скорость изменения массы, фиксируемая на дифференциально-термогравиметрической кривой, возрастает вплоть до 250°C и далее остается неизменной, и при нагреве до 300°C масса образца исследуемого ПАВ уменьшается практически на 40%. Очевидно, что именно при температурах выше 175°C начинается разложение "Аминов алифатических", сопровождаемое возгонкой продуктов расщепления. При температурах выше 290°C наблюдается значительный экзотермический эффект за счет реакций окисления.

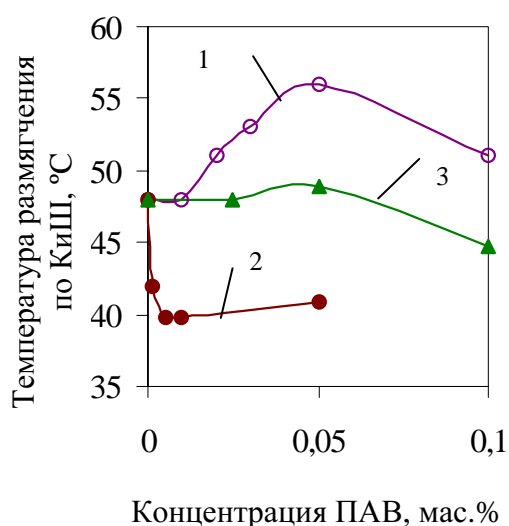
Выдвинуто предположение, что при окислении нефтяных остатков интенсифицирующее воздействие оказывают радикалы, образующиеся в

процессе разложения ПАВ. Для подтверждения данной гипотезы было проведено более детальное изучение влияния поверхностно-активных веществ на свойства нефтяных остатков и на процесс получения окисленных битумов.

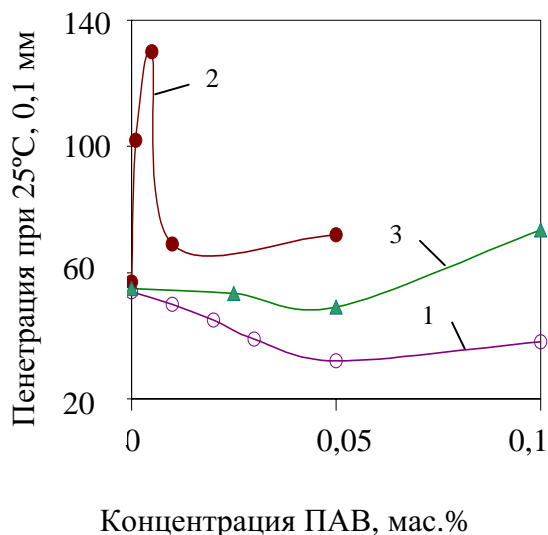
В четвертой главе обсуждаются результаты интенсификации процесса получения окисленных битумов с использованием добавок поверхностно-активных веществ. Изучено влияние концентрации ПАВ на качество получаемого битума и основные технологические параметры процесса (температура окисления, расход воздуха, продолжительность проведения процесса).

Эффективность влияния активирующих добавок оценивали по изменению глубины окисления сырья, а именно, по температуре размягчения битума по КиШ. Окисление нефтяных остатков осуществляли при температуре 250°C, расходе воздуха 1,5 л/мин и продолжительности процесса 150 мин. Среди исследованных поверхностно-активных веществ различных типов наибольшее интенсифицирующее воздействие оказывает катионоактивное ПАВ "Амины алифатические" (см. рис. 3). При его концентрации в исходном сырье, равной 0,05 мас.%, достигается максимальная температура размягчения битума, и снижается пенетрация при 25°C. Как показано на рис.1, при таком содержании "Аминов алифатических" в исходном сырье аномально снижается динамическая вязкость нефтяного остатка.

Интенсифицирующее воздействие на исследуемый процесс оказывают и другие поверхностно-активные вещества катионного типа, такие как "Алкамон ОС-2", "Оксимид $n=m=3$ " и "Оксимид $n=7, m=9$ " (см. рис. 4). Определена оптимальная концентрация каждого из этих веществ в исходном сырье, при которой достигается наибольший эффект. Для "Алкамона ОС-2" она составляет 0,01 мас.%, а для "Оксимида $n=m=3$ " и "Оксимида $n=7, m=9$ " – 0,07 и 0,06 мас.% соответственно.



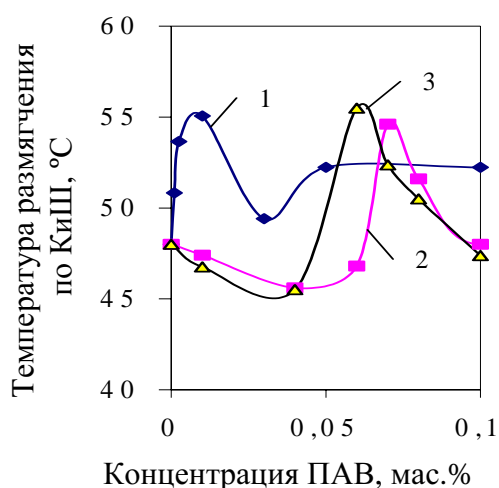
а



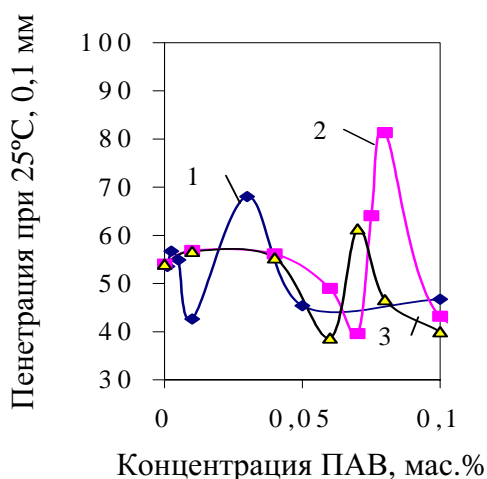
б

Рис. 3. Влияние концентрации ПАВ различных классов на температуру размягчения по КиШ (а) и пенетрацию при 25°C (б) окисленного битума:

1 – Амины алифатические; 2 – Волгонат; 3 – Дипроксамин-157



а



б

Рис. 4. Влияние концентрации катионных ПАВ на температуру размягчения по КиШ (а) и пенетрацию при 25°C (б) окисленного битума:

1 – Алкамон ОС-2; 2 – Оксимид, n=m=3; 3 – Оксимид, n=7, m=9

Интенсификация процесса окисления нефтяных остатков в присутствии катионных ПАВ позволяет проводить процесс в более "мягких" условиях, а именно, при уменьшенном удельном расходе воздуха, сокращенной

продолжительности или пониженной температуре окисления. Влияние наличия в исходном сырье 0,05 мас.% "Аминов алифатических" на технологические параметры процесса отражено в табл. 1.

Как видно из в табл. 1, в случае использования данного поверхностно-активного вещества в качестве активирующей добавки можно получать окисленный битум, температура размягчения которого по КиШ равна 53°C при уменьшенном на 15% расходе воздуха (с 1,5 до 1,28 л/мин). Кроме того, применение данного ПАВ позволяет снизить температуру проведения процесса почти на 10°C. Присутствие в исходном сырье 0,05 мас.% "Аминов алифатических", дает возможность сократить продолжительность процесса окисления от 240 до 210 мин.

На рис. 5 показано влияние концентрации ПАВ "Амины алифатические" в исходном сырье на содержание кислорода в отходящих газах окисления. Использование данного поверхностно-активного вещества приводит к снижению количества кислорода в газах окисления с 3 до 1,5 – 2 об.%.

Известно, что увеличение удельной поверхности контакта фаз газ:жидкость приводит к ускорению протекания процесса, в связи с чем было изучено влияние ПАВ "Амины алифатические" на процесс получения окисленного битума при различной организации воздушного потока (табл. 2). Установлено что, добавление к сырью оптимального количества ПАВ с одновременным диспергированием воздушного потока оказывает дополнительное положительное воздействие на исследуемый процесс.

В реальных условиях производства могут возникать ситуации, когда исходное сырье, модифицированное катионным поверхностно-активным веществом, используется по истечении определенного времени. В связи с этим были выполнены исследования по изучению влияния продолжительности хранения сырьевой смеси, содержащей ПАВ, на эффективность процесса получения битумов.

Влияние присутствия в исходном сырье ПАВ
"Амины алифатические" на технологические параметры
процесса получения окисленных битумов

Технологи- ческий параметр	Расход воздуха, л/мин		Температура проведения процесса, °С			Продолжительность окисления, мин		
	1,28	1,5	225	240	250	180	210	240
Температура размягчения по КиШ, °С	53/49*	59/53	48	54	59/53	37	48	56/48
Пенетрация при 25°С, 0,1 мм	44/53	26/39	65	38	26/39	90	69	32/54
Дуктильность при 25°С, см	12/31	7/10	26	10	7/10	40	33	7/23

*В знаменателе приведены показатели качества битума, окисленного без добавки ПАВ.

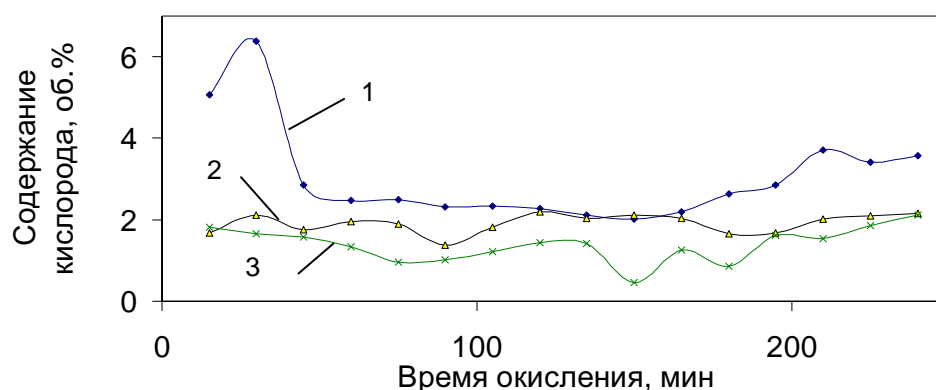


Рис. 5. Зависимость содержания кислорода в газах окисления
от концентрации в сырье ПАВ "Амины алифатические"
и времени окисления:

1 – "базовый" вариант; 2 – 0,03 мас.%; 3 – 0,05 мас.%

Влияние механического диспергирования воздушного потока
на показатели качества окисленного битума,
полученного в присутствии ПАВ "Амины алифатические"

Частота оборотов мешалки, об/мин	0		1400	
	есть	нет	есть	нет
Присутствие ПАВ в сырье				
Температура размягчения по КиШ, °С	74	63	97	84
Пенетрация при 25°С, 0,1 мм	19	26	4	6
Дуктильность при 25°С, см	3	10	2	4
Индекс пенетрации	1,29	0,14	1,55	1,55

Установлено, что из сырьевой смеси, хранившейся при комнатной температуре в течение 25 суток, получается менее окисленный битум (табл. 3). Однако вводимое в исходное сырье ПАВ "Амины алифатические" сохраняет свои интенсифицирующие свойства даже при длительном хранении сырьевой смеси.

Наряду с окисленными битумами, в качестве связующего для приготовления асфальтобетонных смесей могут применяться остаточные битумы, представляющие собой или высококонденсированные остатки от перегонки нефти, или продукт деасфальтизации гудрона пропаном – асфальт. Производимые в ООО "ЛУКОЙЛ – Пермнефтеоргсинтез" гудроны и асфальты не удовлетворяют по своим показателям требованиям к дорожным битумам и поэтому предварительно подвергаются окислению кислородом воздуха при повышенных температурах. Другим способом их переработки является получение компаундированных битумов на основе окисленных и остаточных нефтепродуктов. Использование в качестве компонента битумов, окисленных в присутствии катионного ПАВ "Амины алифатические", позволяет получать компаундированные битумы с улучшенными пластическими свойствами (табл. 4). Однако поскольку в этом случае

Влияние срока хранения сырьевой смеси на эффективность
влияния добавки ПАВ “Амины алифатические”
в процессе получения окисленного битума

Срок хранения, сут	0		25	
	есть	нет	есть	нет
Температура размягчения по КиШ, °С	74	63	64	54
Пенетрация при 25°С, 0,1 мм	19	26	17	25
Дуктильность при 25°С, см	3	10	6	14
Индекс пенетрации	1,29	0,14	-0,46	-1,66

Таблица 4

Основные характеристики компаундированных битумов

Содержание асфальта в компаунде, мас.% на сырье	Температура размягчения по КиШ, °С	Пенетрация при 25°С, 0,1 мм	Дуктильность при 25°С, см	Индекс пенетрации
Окисленный битум получен без использования ПАВ				
0	47,5	44	32	-2,09
10	46,5	48	62	-2,20
20	45,0	55	Более 100	-2,34
Окисленный битум получен с использованием ПАВ				
0	47,0	52	59,5	-1,90
10	46,0	56	Более 100	-2,02
15	44,0	61	Более 100	-2,39
20	43,5	64	Более 100	-2,44
30	41,0	77	Более 100	-2,83

разжижающее действие асфальта более выражено, то его содержание в смеси не должно превышать 10 мас. %.

С помощью жидкостной хроматографии было исследовано изменение группового углеводородного состава образцов битума в зависимости от содержания поверхностно-активной добавки. В результате использования катионного ПАВ "Амины алифатические" в битуме увеличивается доля средних ароматических и парафино-нафтеновых углеводородов, повышается содержание асфальтенов, снижается концентрация тяжелых и легких ароматических, а также смол (табл. 5 и 6).

Таблица 5

Влияние ПАВ "Амины алифатические" на соотношение основных компонентов окисленного битума и его показатели качества

Концентрация ПАВ, мас.% на сырье	0	0,05
Соотношение масла : асфальтены	2,93	1,84
Соотношение асфальтены : смолы	0,58	1,47
Температура размягчения по КиШ, °С	48	56
Пенетрация при 25°С, 0,1 мм	54	32
Дуктильность при 25°С, см	Более 100	Более 100
Индекс пенетрации	-1,54	-0,78

В пятой главе представлены результаты опытно-промышленных испытаний использования ПАВ "Амины алифатические" в качестве активирующей добавки к исходному сырью при производстве окисленных битумов. Статистическая оценка влияния добавок данного ПАВ на параметры проведения процесса и характеристики получаемого окисленного битума приведены в табл. 7.

Согласно полученным данным, введение в исходное сырье поверхностно-активного вещества "Амины алифатические" приводит к сокращению расхода воздуха практически на 7,5%, снижению температуры

Групповой углеводородный состав битумов,
полученных без использования и в присутствии
ПАВ “Амины алифатические”

Наименование групп углеводородов	Содержание групп углеводородов, мас.%	
	Битум, полученный без использования ПАВ	Битум, полученный с использованием ПАВ
Парафино-нафтеновые	3,4	9,2
Легкие ароматические	11,9	6,5
Средние ароматические	6,8	12,6
Тяжелые ароматические	29,4	23,3
Смолы	30,4	19,1
Асфальтены	17,6	28,0
Карбены и карбоиды	0,5	1,3

процесса на 7°C и понижению пенетрации получаемого битума от 115 до 97 0,1 мм, что свидетельствует о достижении более глубокой степени окисления.

Благодаря снижению температуры проведения процесса количество воды, необходимой для охлаждения окисленного битума до температуры налива, сокращается на 3,7%. За счет уменьшения нагрузки на воздушные компрессоры снижается потребление электроэнергии приблизительно на 6,7%.

Статистическая оценка влияния добавок ПАВ

"Амины алифатические" в исходное сырье на параметры проведения процесса и характеристики получаемого окисленного битума

Параметры процесса окисления	Расход воздуха, м ³ /ч		Температура окисления, °С		Пенетрация битума, 0,1 мм	
	нет	есть	нет	есть	нет	есть
Присутствие ПАВ в сырье	нет	есть	нет	есть	нет	есть
Среднее значение	1724,19	1594,58	243,65	236,96	115,13	97,31
Стандартное отклонение	201,61	120,54	10,52	6,68	23,78	22,40
Стандартная ошибка	36,21	24,60	1,89	1,36	4,17	4,57
<i>t</i> -критерий	2,78		2,71		2,83	
Статистическая значимость	0,0074		0,0089		0,0067	
Разность значений, % от "базового" варианта	7,5		2,7		15,5	

ВЫВОДЫ

1. Исследовано влияние добавок поверхностно-активных веществ на процесс получения окисленных битумов. Установлено, что интенсифицирующее воздействие оказывают катионоактивные ПАВ, в частности, "Амины алифатические" при оптимальной концентрации в исходном сырье 0,05 мас.%.
2. ПАВ "Амины алифатические" начинает разлагаться при температуре выше 175°С, в связи с чем выдвинута гипотеза, согласно которой

образующиеся при этом свободные радикалы участвуют в реакциях окисления. В результате в битуме увеличивается соотношение асфальтены : смолы и уменьшается соотношение масла : асфальтены, то есть происходит более интенсивное окисление нефтяных остатков.

3. Экспериментами, проведенными на лабораторной установке, показана эффективность использования ПАВ "Амины алифатические" в качестве интенсифицирующей добавки, вызывающей увеличение степени окисления битумов. В этом случае при всех прочих равных условиях можно получать более окисленный битум, или сократить продолжительность проведения процесса на 12,5 %, или уменьшить расход воздуха на 15 %, или снизить температуру окисления с 250 до 240°C. Установлено, что применение поверхностно-активного вещества "Амины алифатические" эффективно при различной организации воздушного потока и вызывает снижение содержания кислорода в отходящих газах окисления с 3 до 1,5 об. %.
4. Активирующие свойства "Аминов алифатических" сохраняются при длительном хранении приготовленной сырьевой смеси. На основе битумов, окисленных в их присутствии, можно получить компаундированные битумы с лучшим сочетанием эксплуатационных характеристик.
5. Результаты лабораторных исследований по интенсификации процесса получения окисленных битумов за счет введения в исходное сырье поверхностно-активных веществ были подтверждены в ходе опытно-промышленных испытаний на установке получения окисленных битумов 19-10 ООО "ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез". Подтверждено, что катионное ПАВ, в частности, "Амины алифатические", оказывает интенсифицирующее воздействие на процесс окисления нефтяных остатков. Полученный битум обладает улучшенными показателями качества, при этом снижается почти на 7% расход воздуха и на 7°C температура проведения процесса.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Изучение влияния состава сырья на свойства окисленных битумов / А.Ю. Пустынников, Е.В. Вахрушева, В.В. Токарев, А.Н. Нечаев // Перспективы развития естественных наук на Западном Урале : Тез. докл. междунар. конф. / ПГТУ. – Пермь, 1996. – С.73-77.
2. Использование ПАВ в процессе получения окисленных битумов / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов, Л.Г. Тархов // Перспективы развития естественных наук на Западном Урале : Тез. докл. Междунар. конф. / ПГТУ. – Пермь, 1996. – С.69-71.
3. Исследование влияния ПАВ на процесс получения окисленного битума / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов, Л.Г. Тархов, В.И. Кузьмин // Перспективные химические технологии и материалы : Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. / ПГТУ. – Пермь, 1997. – С.75.
4. Влияние ПАВ различных классов на динамическую вязкость гудрона / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов, А.В. Кудинов // Наука и технология углеводородных дисперсных систем : 1-й Междунар. симпозиум / ГАНГ им И.М. Губкина. – М., 1997. – С.59.
5. Влияние ПАВ на динамическую вязкость гудрона / А.Ю. Пустынников, А.В. Кудинов, К.В. Федотов // Химия и химическая технология : Тез. докл. науч.-техн. конф. / ПГТУ. – Пермь, 1998. – С.53-54.
6. Изучение свойств гудрона как дисперсной системы с целью определения метода подбора ПАВ для интенсификации процессов его переработки / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов, А.В. Кудинов, В.В. Маковский // Химия и химическая технология : Тез. докл. науч.-тех. конф. / ПГТУ. – Пермь, 1998. – С.54-55.
7. Влияние поверхностно-активных веществ на процесс получения окисленного битума / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов, Л.Г. Тархов, В.И. Кузьмин // Перспективные химические технологии и материалы : Сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф. / ПГТУ. – Пермь, 1998. – С.148-153.

8. Использование ПАВ в процессе получения окисленных битумов / А.Ю. Пустынников, Дюг К.Н. // МКХТ-98 : Тез. докл. XII Междунар. конф. молодых ученых по химии и хим. технологии / РХТУ им. Д.И. Менделеева. – М., 1998. – С. 82-83.

9. Пат. 2115691 РФ, МПК⁶ С 10 С 3/04. Способ получения окисленного битума / В.П. Баженов, В.М. Шуверов, В.Г. Рябов, В.И. Кузьмин, А.Ю. Пустынников, Л.Г. Тархов, Ш.М. Юнусов, М.А. Аликин (РФ). - №97103395/04; Заявлено 06.03.97; Оpubл. 20.07.98.

10. Изучение реологических свойств гудрона с добавками поверхностно-активных веществ различных классов / А.Ю. Пустынников, С.А. Ознобищев // Химическая промышленность: современные задачи техники, технологии, автоматизации, экономики : Тез. докл. межрегион. науч.-техн. конф., посвящ. 25-летию Дзержинского филиала НГТУ / Дзержинский филиал НГТУ. – Дзержинск, 1999. – С.53-54.

11. Пат. 2132353 РФ, МПК⁶ С 10 С 3/04. Способ получения окисленного битума / В.И. Кузьмин, В.П. Баженов, В.М. Шуверов, В.Г. Рябов, А.Ю. Пустынников, М.А. Аликин, Ш.М. Юнусов (РФ). - №98108853/04; Заявлено 05.05.98; Оpubл. 27.06.99.

12. Вовлечение затемненного продукта (слопа) в производство нефтяных битумов / А.Ю. Пустынников, М.Ю. Леонтьев, Е.В. Вахрушева // Проблемы химии и экологии : Тез. докл. обл. конф. молодых ученых и студентов / ПГТУ. – Пермь, 2000. – С.23.

13. Использование модификаторов сырья на основе ПАВ при производстве нефтяных окисленных битумов / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов // Химия, химическая технология, охрана окружающей среды : Материалы конф. / ПГТУ. – Пермь, 2000. – С.94-99.

14. Влияние ПАВ на структурно-механические свойства гудрона / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов // Химия, химическая технология, охрана окружающей среды : Материалы конф. / ПГТУ. – Пермь, 2000. – С.99-102.

15. Влияние модификаторов сырья на основе КПАВ на групповой углеводородный состав окисленных битумов / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов, Т.И. Комаренкова // Поверхностно-активные вещества и препараты на их основе : Тез. докл. 10 Всерос. науч.-техн. конф. – Белгород, 2000. – С.79.

16. Оптимизация состава сырья, используемого в процессе получения нефтяных окисленных битумов / А.Ю. Пустынников, С.А. Абрамова // Проблемы химии и экологии : Тез. докл. обл. конф. молодых ученых и студентов / ПГТУ. – Пермь, 2001. – С.23.

17. Взаимосвязь реологических характеристик исходного сырья и показателей качества окисленных битумов / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов // Проблемы и перспективы развития химической технологии на Западном Урале : Сб. науч. тр. / ПГТУ. – Пермь, 2001. – С.192-195.

18. Модификация сырья при получении окисленных битумов / А.Ю. Пустынников, В.Г. Рябов, Б.П. Туманян, А.Н. Нечаев, В.С. Питиримов // Химия и технология топлив и масел. – 2001.-№3. – С.16-18.