

Ильинец А.М., к.ф.-м.н.

# Энергосберегающая технология

## производства долговечного дорожного битума

*Решение такой непростой задачи, как строительство высококачественных дорог, требующей больших капиталовложений, в настоящее кризисное время затруднительно без внедрения новых технологий, которые позволят существенно увеличить сроки эксплуатации дорожных покрытий. Одна из них, к тому же не требующая значительного финансирования, а именно технология обменных резонансных взаимодействий (ОРВ-технология), предлагается вашему вниманию.*

Одной из важнейших задач повышения эффективности дорожного строительства и продления сроков службы дорожных покрытий является повышение качества дорожных нефтяных битумов. И хотя ГОС-Товские показатели стандартного дорожного битума на большинстве нефтеперерабатывающих заводах соблюдаются, дорожное покрытие не удовлетворяет всем эксплуатационным требованиям, в первую очередь, из-за коротких сроков службы асфальтобетонных покрытий. Одним из основных факторов, определяющих долговечность асфальтобетона в процессе эксплуатации, является старение битума. Под влиянием внешних воздействий на дорожное покрытие, таких как кислород и температура воздуха, вода, динамические нагрузки, в битуме происходят необратимые процессы, приводящие к изменению его структуры и свойств.

В целях получения битумов, обладающих повышенной стабильностью свойств в процессе эксплуатации, рекомендуют использовать окисленные битумы с добавками поверхностно-активных веществ (ПАВ), битумы, модифицированные различными полимерами. Однако это сопряжено с дополнительными затратами, увеличением расхода материалов, усложнением технологии. Последнее потребует значительного финансирования на приобретение нового оборудования и, как следствие, все это приведет к значительному удорожанию дорожного битума.

На действующем оборудовании по производству окисленных нефтяных битумов без изменения технологических регламентов можно получать дорожные битумы не только с увеличенным в 1,5–2 раза сроком старения, но и улучшенными адгезионными и низкотемпературными свойствами по сравнению с битумами, получаемыми в настоящий момент. Это утверждение базируется на успешно проведенных лабораторных и промышленных испытаниях, результаты которых представлены ниже.

Принцип действия ОРВ-технологии состоит в следующем. В процессе окисления гудрона или другого битумного сырья кислородом атомы и молекулы, участвующие в этом процессе, находятся в постоянном колебательном, вращательном и поступательном движении и излучают

в окружающее окислительную колонну пространство сверхслабые электромагнитные колебания. С помощью специально разработанного оборудования часть этого сверхслабого излучения фиксируется, модулируется и возвращается назад, в зону, где протекают реакции окисления гудрона. При этом спектр частот излучения, возвращаемого в зону реакции окисления, совпадает со спектром излучения атомов и молекул, участвующих в реакциях окисления, но его мощность, естественно, меньше той, что первоначально излучали атомы и молекулы. Следовательно, на атомы и молекулы, которые можно рассматривать как колебательные системы, воздействуют слабые внешние силы, с частотой, совпадающей с собственной частотой их колебания. Но, несмотря на слабость этих воздействий, благодаря явлению резонанса амплитуда колебаний атомов и молекул увеличивается, возрастает их энергия, а значит, и скорость протекания химической реакции окисления. Такое «обратное положительное воздействие» действует в режиме реального времени практически на каждый атом и молекулу, пока они находятся в колонне окисления, и обеспечивает в целом значительное увеличение скорости окисления.

Чтобы не загромождать статью многочисленными результатами исследований и испытаний, приведу данные, которые наиболее ёмко показывают преимущества битумов, полученных с помощью ОРВ-технологии.

Демонстрационные испытания ОРВ-технологии в лаборатории отдела битумов института нефтехимической промышленности в г. Уфе (ГУП «ИНХП РБ») показали более чем двухкратное увеличение скорости окисления гудрона. Характеристики нефтяных битумов, окисленных до марки БНД60/90 с использованием ОРВ-технологии и без нее, приведены в [таблице 1](#).

Интенсификация процесса окисления гудрона позволяет понизить температуру окисления без уменьшения скорости его окисления и тем самым устранить сразу несколько проблем, мешающих производить на существующих окислительных установках высококачественные долговечные дорожные битумы.

В качестве примера одной из таких проблем приведу опыт получения низкотемпературно-окисленных битумов

Таблица 1

Показатели	Окисление без ОРВ		Окисление с ОРВ	
	Режим 1	Режим 2	Режим 1	Режим 2
Температура окисления, °С	260	280	260	280
Расход воздуха	1,2 л/мин	1,8 л/мин	1,2 л/мин	1,8 л/мин
Время окисления, час	20,5	8,5	9,5	3,8
Температура КиШ, °С	51	54	47	49
Пенитрация				
	при 25 °С	66	51	103
при 0 °С	24	20	35	75
Растяжимость, см				
	при 25 °С	91	68	>100
при 0 °С	3,6	3,4	4,8	4,4
Температура хрупкости, °С	-24,4	-19	-24,2	-22,9
После прогрева в тонком слое				
Потеря масс, %	0,015	0,012	0,079	0,08
Изменения КиШ, °С	7,3	6,8	4,2	7,4
Пенитрация				
	при 25 °С	56	41	71
Растяжимость, см				
	при 25 °С	18	13	84
				32

мов без использования ОРВ-технологии. В 2003 году на Волгоградском НПЗ было получено 300 тонн опытной партии дорожного битума на стандартном действующем оборудовании при уменьшении на 20-30 °С температуры окисления битумного сырья, состоящего из смеси асфальтов деасфальтизации и экстрактов селективной очистки масляных фракций. При этом производительность окислительной установки понизилась более чем в 2 раза. Это и явилось основной причиной отказа от производства низкотемпературно-окисленных битумов, хотя долговечность асфальтобетонных покрытий, изготовленных с использованием низкотемпературно-окисленных битумов в 1,3–1,5 раза превышала их долговечность, изготовленных с использованием битумов, полученных по традиционной технологии с температурой окисления в 250 °С. Эти данные получены из диссертации А.И. Лескина «Улучшение качества дорожного вязкого нефтяного битума на стадии его производства при снижении тем-

пературы окисления (на примере сырья Волгоградского нефтеперерабатывающего завода ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка»»).

Проведенные с 1 по 28 сентября 2006 года на той же окислительной установке Волгоградского НПЗ демонстрационные испытания по интенсификации процесса окисления аналогичного битумного сырья, состоящего из смеси асфальтов деасфальтизации и экстрактов селективной очистки масляных фракций с использованием ОРВ-технологии, показали возможность стабильно получать дорожные битумы требуемого по ГОСТу качества при температуре окисления 220 °С без потери производительности окислительной установки. Кроме этого, было зафиксировано, что низкотемпературные показатели полученных битумов превосходят аналогичные показатели битумов, производимых на заводе по стандартной технологии. В таблице 2 показаны усредненные значения дорожного битума марки БНД 60/90, обычно получае-

Таблица 2

ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка»	Производительность, м <sup>3</sup> /час	Тем-ра размягчения t <sub>киш</sub> , °С	Тем-ра хрупкости, °С	Пенитрация 0,1 мм, при:		Дуктильность (см) при:		Изменение, t <sub>киш</sub> , °С
				t=25 °С	t=0 °С	t=25 °С	t=0 °С	
Обычный режим окисления 250 °С (усредненные значения)	20-36	51	-17	82	21	100	3,7	4,0
Опытная партия в 300 тонн, полученная 08. 2003 г. при 220 °С	14-18	48	-18	86	22	98	4,0	4,0
ОРВ-технология 1-28.09.2006г. при 220 °С (усредненные значения)	20-36	50	-20	85	28	100	4,7	3,0
ГОСТ 22245-90		≥47	≤-15	61–90	≥20	≥55	≥3,5	≤5

мые на Волгоградском НПЗ, усредненные показатели битумов той же марки, полученные во время опытных и демонстрационных пробегов при пониженных температурах окисления без применения и с применением ОРВ-технологии.

Результаты запотоколированы в утвержденных руководством завода актах проведения испытаний, мы приводим выводы из них: «Таким образом, демонстрационный пробег показал, что:

- выпуск товарных битумов, обеспечивающих производственную программу, при пониженных температурах с использованием ОРВ-технологии возможен с сохранением производительности установки прямым окислением;

- улучшилось качество дорожного битума по низкотемпературным свойствам;

- качественно и количественно изменились выбросы отработанного воздуха из установки, сократилось количество «черного соляра», выбрасываемого в канализацию;

- стабилизировался процесс окисления на установке;

- качество выпускаемого битума с использованием ОРВ-технологии стабильно на протяжении длительного (тридцать суток и более) хранения битума при температуре окружающей среды.

По результатам демонстрационных положительных испытаний рекомендовать внедрение ОРВ-технологии для производства окисленных нефтяных битумов прямым окислением на установке».

Хотя испытания асфальтобетонных покрытий, изготовленных с использованием дорожных битумов, полученных с помощью ОРВ-технологии, не проводились, мы можем воспользоваться результатами исследований, проведенных в рамках той же диссертационной работы А.И. Лескина, выполненной в Волгоградском государственном архитектурно-строительном университете под руководством д.т.н. профессора С.И. Романова. В этой работе приведены результаты исследований, показывающих зависимость качества дорожного покрытия и его долговечность от температуры окисления битумного сырья. Выводы, полученные в этой работе, можно отнести и к низкотемпературно-окисленным битумам, изготовленным с использованием ОРВ-технологии:

1. Изучение химического состава битумов и их компонентов методами Маркуссона и ИК-спектроскопии подтвердило снижение в битуме, полученном окислением сырья при температурах 200–220 °С, содержания асфальтенов, которое приводит к повышению пенетрации, снижению температуры хрупкости и увеличению интервала пластичности, который в свою очередь ведет к повышению адгезионных свойств битума.

2. Оценка условной дисперсности полученных битумов оптическим методом показала, что снижение температуры окисления способствует увеличению светопропускания битума. Это говорит о том, что битумы, полученные при температуре окисления 200–220 °С, имеют наименьшие размеры частиц дис-

персной фазы. Размеры частиц дисперсной фазы определяют физико-химические и эксплуатационные свойства битума. Кроме того, битумы, полученные при снижении температуры окисления, обладают более устойчивой во времени дисперсной системой.

3. Методом ЭПР (электронного парамагнитного резонанса) зафиксировано снижение интенсивности парамагнитного поглощения у битумов, полученных окислением сырья при 200–220 °С. При данной температуре, по-видимому, появляются в достаточной мере свободные радикалы с периферийно расположенными неспаренными электронами, которые комбинируя повышают разветвленность молекул асфальтенов.

4. Проведенные эксперименты по изучению термоокислительной устойчивости битумов, полученных окислением сырья при различных температурных режимах, показали, что снижение температуры окисления до 200–220 °С в процессе производства битума, позволяет получать вязущее с повышенной термоокислительной устойчивостью к старению в 1,3 раза выше, чем при стандартном температурном режиме.

5. Проведенный регрессионный анализ доказал закономерность влияния температуры окисления сырья при производстве битумов на их термоокислительную устойчивость к старению. Чем выше температура производства битума, тем быстрее он стареет.

6. Снижение температуры окисления ведет к росту диэлектрической проницаемости полученных битумов. С увеличением диэлектрической проницаемости битума будут расти и его адгезионные свойства. Для получения битума с хорошей сцепляемостью с минеральным материалом температура окисления должна составлять 200–220 °С.

7. Использование битумов, полученных окислением сырья при температуре 220 °С для приготовления асфальтобетонных смесей на их основе, позволяет получать более качественные дорожные покрытия. А замедленное старение битума позволит продлить их срок службы в процессе эксплуатации в 1,3–1,5 раза.

Результаты, полученные при производстве и укладке опытных партий асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах ДСУ-1 и ДСУ-2 МУП трест «Дормостстрой» г. Волгоград и ДРСУ Котельниковского района Волгоградской области, подтвердили выводы, полученные в процессе теоретических и экспериментальных исследований в настоящей работе. Анализ данных результатов свидетельствует о более высоких показателях физико-механических свойств у асфальтобетонов, приготовленных на битумах, полученных окислением сырья при снижении температуры. А освидетельствование опытных участков покрытия в 2005 г. позволило установить, что покрытие опытных участков находится в хорошем состоянии; колеи, выбоины, провалы, трещины и другие какие-либо разрушения покрытия отсутствуют.

Как следует из **таблицы 3**, показатели свойств асфальтобетонов выше там, где применялся в качестве вязущего битум, полученный окислением сырья при темпе-

Таблица 3

Физико-механические свойства асфальтобетонов, приготовленных на битумах, полученных промышленным окислением сырья при температурах 220 и 250 °С

Наименование показателей	Асфальтобетон на битуме, полученном окислением сырья при температуре:		
	220 °С	250 °С	
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,41	2,40	
Предел прочности при сжатии (МПа) при температуре:	20 °С	4,27	3,24
	50 °С	2,04	1,48
	0 °С	8,23	9,35
Коэффициент водостойкости	0,99	0,84	
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	0,89	0,76	
Водонасыщение, %	1,58	2,31	
Набухание, %	0,10	0,34	
Коэффициент внутреннего трения	0,86	0,82	
Сцепление при сдвиге, при температуре:	50 °С	0,61	0,42
	0 °С	3,84	4,22

ратуре 220 °С. Столь пристальное внимание к выводам, приведенным в вышеуказанной диссертационной работе, объясняется тем, что их можно отнести и к низкотемпературно-окисленным битумам, полученным с помощью ОРВ-технологии. Достаточно сравнить характеристики битумов в таблице 2. Видно, что битумы, изготовленные с применением ОРВ-технологии, обладают наилучшими показателями, особенно это касается низкотемпературных свойств.

Кроме демонстрационного испытания на Волгоградском НПЗ, ранее, в октябре 2003 г., в течение 18 дней проводился опытно-экспериментальный пробег на Новокуйбышевском НПЗ. Его результаты приводятся в таблице 4.

В отчете о проведении опытно-промышленных испытаний ОРВ-технологии отмечается:

«Использование ОРВ-технологии позволило производить «мягкое» окисление гудрона для получения дорожных ▶

Таблица 4

Сравнительная таблица битума марок БНД 60/90 и БНД 90/130, полученных с 1.09.03 г. по 6.10.03 г. (контрольный этап), и битума марок БНД 60/90 и БНД 90/130 с 7.09.03 г. по 26.10.03 г. (экспериментальный этап)

Показатели		БНД 60/90		БНД 90/130		Гудрон КиШ, °С		Температура окисления в К-3, °С		Температура из печи П-1, °С		Производительность, м <sup>3</sup> /час	
		контр.	эсп.	контр.	эсп.	контр.	эсп.	контр.	эсп.	контр.	эсп.	контр.	эсп.
Пенитрация	25 °С	75	75	105	109,5	29-37	29-33	240-250	204-223	190-200	150-170	12-16	12-20
	0 °С	23	24	31	30								
Дуктильность	25 °С	88	103	93	90								
	0 °С	4,2	5,8	5,2	6,3								
Температура КиШ, °С		51	51	48	47								
Температура хрупкости, 0 °С		-19	-28	-20	-30								
Изменение КиШ, °С		5	2,4	5	3,1								

битумов марок БНД 60/90 и БНД 90/130. Были продемонстрированы следующие возможности ОРВ-технологии:

1. Снижение температуры входа гудрона из П-1 в колонну К-3 на 20–30 °С
2. Снижение температуры окисления гудрона в колонне К-3 на 30 °С
3. Увеличение производительности установки на гудроне с пониженной вязкостью на 5–7 м<sup>3</sup>/час.
4. Улучшить качества битумов по сравнению с контрольным периодом, при этом следует отметить значительное понижение температуры хрупкости до -30 °С
5. Стабилизация температурного режима колонны К-3.

Улучшение экологической ситуации и охраны окружающей среды за счет уменьшения выбросов «черного соляра» в атмосферу и промышленные стоки.

Рекомендовать внедрение ОРВ-технологии для производства дорожных битумов после реконструкции установки».

Последняя демонстрация ОРВ-технологии по интенсификации процесса окисления гудрона на пилотной установке Московского НПЗ проводилась в октябре 2008 года. В испытаниях участвовали сотрудники кафедры нефтепереработки Университета нефти и газа им. Губкина. Выдержки из акта испытаний приведены ниже.

«В период с 20 по 24 октября 2008 г. в лаборатории мониторинга цеха № 11 на стенде получения битума и проведения процесса висбрекинга были проведены два пробега:

1. Контрольный пробег (без применения ОРВ-технологии).
2. Пробег с применением ОРВ-технологии.

В качестве сырья в обоих пробегах использовался одинаковый гудрон с установки ЭЛОУ-АВТ-6, с температурой размягчения 31 °С и содержанием фракций до 500 °С – 10%.

Процесс осуществлялся в окислительной колонне К-1 (см. технологическую схему), емкостью 18 дм<sup>3</sup>. Подача сырья производилась плунжерным насосом Н-1 со скоростью 1,5 л/час.

Результаты анализа битумов, полученных в контрольном пробеге и в пробеге с применением ОРВ-технологии, приведены в **таблице 5**.

Текущий контроль при проведении пробегов осуществлялся по температуре размягчения по кольцу и шару (КиШ).

Чтобы получить требуемый по ГОСТу показатель температуры размягчения битума, при проведении контрольного пробега температуру процесса окисления пришлось постепенно поднять до 250 °С, а расход воздуха – с 370 до 420 л/мин.

При проведении пробега с применением ОРВ-технологии более высокий показатель КиШ был получен при 235 °С и постоянном расходе воздуха 380 л/мин.

Обращает внимание более низкая температура хрупкости битума, полученного в пробеге с применением ОРВ-технологии. Таким образом, применение ОРВ-технологии позволило получить окисленный битум, соответствующий требованиям ГОСТ 22245-90 при температуре процесса на 15 °С ниже и при более низком расходе воздуха, чем в контрольном пробеге.

По результатам испытаний в акте записано: «В соответствии с полученными результатами в лабораторных условиях, рекомендуем провести опытно-демонстрационный пробег с применением ОРВ-технологии на промышленной установке по производству окисленного нефтяного битума».

В процессе многолетних исследований и испытаний, к которым относятся и вышеприведенные демонстрационные испытания ОРВ-технологии при производстве дорожных битумов, выявлены ее основные преимущества и достоинства:

- энерго-ресурсосбережение;
- высокая рентабельность;
- улучшение экологической ситуации на окислительных установках НПЗ;
- не требуется изменений в существующем технологическом оборудовании;
- увеличение производительности действующего оборудования;

**Таблица 5**

Контролируемые показатели	Методы контроля (методы анализа ГОСТ)	Контрольный пробег		Пробег с применением ОРВ-технологии	
		До прогрева	После прогрева	До прогрева	После прогрева
Растяжимость, см	ГОСТ 11505-75	110	19	96	17
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	ГОСТ 11506-73	<b>47</b>	51	<b>49</b>	53
Глубина проникания иглы при 25 °С, см	ГОСТ 11501-78	69	50	67	52
Температура хрупкости, °С	ГОСТ 11507-78 с доп. по п3.2 ГОСТ 22245-90	-19	-15	<b>-24</b>	-20

- потребляемая мощность оборудования не превышает 1,0 Кват/час;
- значительное улучшение качества выпускаемой продукции;
- увеличение сроков службы асфальтобетонных дорожных покрытий, приготовленных из низкотемпературно окисленных битумов, полученных с применением ОРВ-технологии;
- незатруднительный монтаж оборудования, быстрый (не более 7 суток) вывод работы промышленной установки на заданный низкотемпературный режим окисления, стабилизация режима окисления, отсутствие необходимости в дополнительном персонале;
- пожаро- и взрывобезопасность оборудования, легкость его технологического обслуживания действующим персоналом, доступность комплектующих материалов и запасных деталей;
- возможность дальнейшего усовершенствования действующего оборудования и повышение его эффективности без серьезных капиталовложений.

И одно из главных преимуществ ОРВ-технологии – возможность быстрого внедрения на всех нефтеперерабатывающих заводах, без каких-либо технологических изменений на действующих окислительных установках. Это позволит в короткие сроки обеспечить дорожное строительство высококачественным долговечным битумом и существенно снизить финанси-

рование на капитальный ремонт дорог благодаря увеличению сроков эксплуатации дорожного покрытия.

В заключение отмечу, что перспективность применения ОРВ-технологии при производстве нефтяных битумов отмечена ведущими дорожными научно-исследовательскими организациями, такими как ФГУП РосДорНИИ и ГУП НИИМосстрой, а Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков России рекомендовала промышленное внедрение ОРВ-технологии в производстве дорожного битума. Необходимость применения ОРВ-технологии в целях получения дорожных битумов улучшенного качества была детально рассмотрена на специальном совещании по данной проблеме, организованной Российской ассоциацией подрядных организаций в дорожном хозяйстве «АС-ПОР» в 2007г.

На основании вышеизложенного и учитывая актуальность производства дорожных битумов улучшенного качества и повышения эффективности дорожного строительства, представляется целесообразным в рамках государственной программы дорожного строительства предусмотреть организацию производства дорожных битумов улучшенного качества с использованием ОРВ-технологии и применение этих битумов при строительстве и ремонте автомобильных дорог в целях продления сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий. ●

специализированная  
межрегиональная выставка

# ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

3 - 5 марта  
2009 г.  
Казань

Дворец Спорта

Информационная поддержка:



Организатор:



Выставочное предприятие "ЭРГ"

тел./факс: (843) 518-07-41

e-mail: mail@erg-expo.ru, http://www.erg-expo.ru