

КАЧЕСТВО ВЯЖУЩИХ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Александр ИСАКОВ,
главный технолог ООО «РБМ»

СПОРЫ ВОКРУГ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ У НАС ИДУТ УЖЕ НЕ ОДИН ГОД. ПРОИЗВОДИТЕЛИ УТВЕРЖДАЮТ, ЧТО У НИХ ВСЕ ПО СТАНДАРТУ, И ПРЕТЕНЗИЙ НЕ ПРИНИМАЮТ. ОДНАКО ПОТРЕБИТЕЛИ ЖАЛУЮТСЯ, ЧТО ПОКАЗАТЕЛИ НЕ СТАБИЛЬНЫ, ТРУДНО ПРОГНОЗИРУЕМЫ И В ЦЕЛОМ КАЧЕСТВО С КАЖДЫМ ГОДОМ ВСЕ ХУЖЕ. В ПОИСКАХ ИСТИНЫ СДЕЛАЕМ НЕБОЛЬШОЙ ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ ДОРОЖНЫХ ВЯЖУЩИХ В РОССИИ И РАССМОТРИМ ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ.

Напомню, битум и нефть на самом деле — два наиболее похожих материала, в отличие от светлых (топливных) продуктов, которые производятся из все той же нефти. Светлые нефтепродукты узкофракционные, т. е. каждый из них содержит в своем составе преимущественно какую-то одну углеводородную фракцию либо близкий по значению узкий диапазон фракций. Совсем другое дело с темными остатками нефтепереработки. Они содержат в себе весь спектр нефтяных фракций, и только их правильное соотношение дает нужный по качеству вяжущий материал.

ПО МЕТОДУ S.A.R.A.

Сегодня мы практически ушли на международный стандарт классификации группового состава битума, по сути являющийся стандартом оценки группового состава нефти, разделяя материал на четыре основных фракции — Saturates (насыщенные), Aromatics (ароматические), Resin (смолы, может еще быть Polar resin) и Asphaltenes (асфальтены) — сокращенно S.A.R.A. Но в Старой битумной школе (СБШ) при СССР применяли более тонкий метод, где ароматическая фракция разделялась на три группы, а смолы — на две, и получалось семь групп, а не четыре.

Визуализируем современные методы оценки (рис. 1).

Обратите внимание на линию «НПЗ-1», имеющую самый высокий показатель по насыщенным углеводоро-

Таблица 1.
Групповые составы (%) современных битумов разных НПЗ в сравнении с рекомендациями А. С. Колбановской* по методу S.A.R.A.

	Насыщенные	Ароматика	Смолы	Асфальтены
По Колбановской	10,07	36,66	33,65	19,62
НПЗ-1	22,63	43,5	24,68	9,19
НПЗ-2	16,35	40,08	29,17	14,40
НПЗ-3	19,49	41,79	26,92	11,80
НПЗ-4	16,6	41,3	32,6	9,5
Китайский битум	11,1	46	34,5	8,4

* — групповой состав по А. С. Колбановской приведен с суммированием показателей (МЦА+БЦА+ПЦА и СБС+ПБС)

дам. В СБШ он называется «парафин-нафтены» (ПН) и отвечает за низкотемпературные характеристики битума, а также за способности насыщать вводимый в него СБС-полимер. Но это немного более высокомолекулярные «тяжелые» насыщенные углеводороды (твердые парафины), которые не улучшают, а ухудшают низкотемпературные характеристики битума, снижают его дуктильность и устойчивость к колееобразованию.

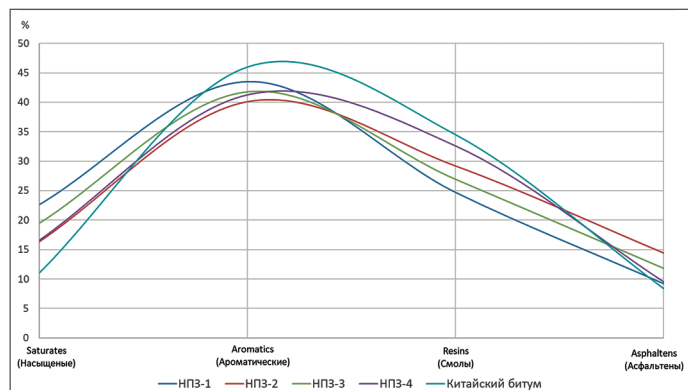


Рис. 1. Визуализация групповых составов современных битумов по методу S.A.R.A., 4 НПЗ + битум КНР

Данный условный НПЗ использует в своей сырьевой корзине высокопарафинистый газовый конденсат. Это хорошо повышает «светлые» выходы, но совершенно губительно для битума. Он также имеет самый низкий показатель по количеству смол в своем составе, что снижает еще и его адгезионные свойства.

А теперь сравните кривые «НПЗ-1 и «битума КНР». Китайский продукт обладает примерной такой же температурой хрупкости, но втрое более высокой дуктильностью при 250С (66 см и <150 см), лучшей адгезией, и одинаковой температурой размягчения по КиШ (49, 47 соответственно) из-за меньшего количества асфальтенов. Кривые остальных битумов примерно посередине между этими двумя. Три НПЗ (2,3,4) в данных тестах получают 100% своего сырья по трубе. И все продукты, указанные на рис. 1, при этом соответствуют требованиям на БНД 70/100 по ГОСТ 33133-2014.

Теперь наложим на представленный график групповой состав, который считался «основным усредненным» во времена создателей СБШ и на который ссылается в своей работе А. С. Колбановская.

Обратите внимание, что у добавленного в график продукта минимум насыщенных и ароматики из всех приве-

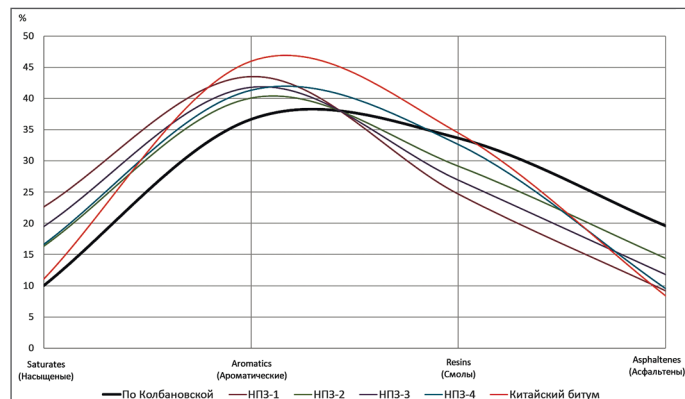


Рис. 2. Визуализация групповых составов современных битумов по методу S.A.R.A., 4 НПЗ + битум КНР + данные по А. С. Колбановской

денных вяжущих, но максимальное количество асфальтенов. При этом данный битум не уступал современным в температуре размягчения (45–49 °С) и имел более низкую температуру хрупкости (–20–22°С) при минимальном значении «масляных» фракций.

Также следует обратить внимание на то, что диаграммы китайского битума и группового состава по А. С. Колбановской находятся практически в одной точке по смолам и выше современных отечественных. Хотя продукту из КНР при таком сравнении больше «похвастаться» нечем, но он демонстрирует куда лучшую дуктильность и адгезию, чем сегодняшние российские аналоги, не уступая им по температурам хрупкости и размягчения.

ПО МЕТОДУ СБШ

Но это еще «полбеда». Посмотрите теперь на кривые, сделанные по методологии СБШ (рис. 3), где вяжущий материал разбивался не на четыре, а на семь фракций: парафин-нафтенy (ПН); моноциклоароматика (МЦА); бициклоароматика (БЦА); полициклоароматика (ПЦА); спиртобензольные смолы (СБС); петролейнобензольные смолы (ПБС); асфальтены (А).

Таблица 2.

Групповые составы (%) современных битумов разных НПЗ в сравнении с рекомендациями А. С. Колбановской по методу СБШ

	ПН	МЦА	БЦА	ПЦА	СБС	ПБС	А
По Колбановской	10,07	19,43	14,35	2,88	14,28	19,37	19,62
НПЗ-1	22,63	6,21	4,22	33,07	7,58	17,1	9,19
НПЗ-2	16,35	12,82	9,29	17,97	10,93	18,24	14,40
НПЗ-3	19,49	9,52	6,75	25,52	9,26	17,66	11,80
НПЗ-4	16,6	7,5	10,6	23,2	8,6	24	9,5
Китайский битум	11,1	8,4	4,3	33,3	14,7	19,8	8,4

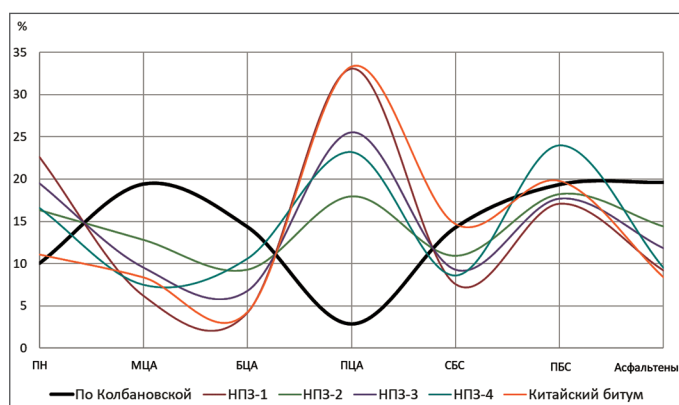


Рис. 3. Визуализация групповых составов современных битумов по методу СБШ

Обратите внимание, насколько по-разному выглядят кривые. Черная, которая «из 1973 года», находится практически в противофазе к другим. Этим можно объяснить ряд моментов. Если сравнить физико-механические свойства и условную вязкость, то температуры размягчений и хрупкости, пенетрация по образцам 1973 и 2019 года (время сбора данных по современным битумам) похожи. За счет высокого содержания полициклоароматики, которая по своей вязкости очень близка к смолам, но не может их заменить (смолы по своей природе полярны, а ароматика нейтральна), это снижает адгезионные свойства вяжущих при контакте с инертными материалами, а также ухудшает когезионные свойства. Ведь ПЦА, в отличие от СБС (не путать с полимером) и ПБС, не связывает асфальтены должным образом, что и видно при проведении тестов на дуктильность при 25 °С.

Также интересная картина наблюдается в мальтеновой (масляной) фазе. В целом же подтверждается тот факт, что до производства современных битумов все более-менее полезное из нефти уже «ушло в бензобаки и двигатели», а место вяжущих заняли материалы, схожие по структуре, но обладающие другими свойствами. На это также накладывается отсутствие тяжелых нефтяных фракций в сырьевой корзине наших НПЗ, особенно смол. Ведь более-менее пригодная для производства битумов нефть имеет плотность 0,9–0,95 г/см³ и выше, а по трубам бежит нефть с плотностью 0,82–0,87 г/см³. Также глубина переработки нефти значительно возросла, поэтому мы видим такую картину с изменениями групповых составов.

Еще одним из факторов, говорящим в пользу «советского» подхода с точки зрения качества вяжущих материалов, являлось то, что тогда все НПЗ страны работали на усредненном сырье, а использование газового кон-

денсата было практически исключено из их сырьевой корзины. А сейчас завод потребляет то сырье, которое ему удобней/выгодней, из которого легче получать более дорогие, светлые выходы в ущерб качеству битумов. В частности, у некоторых НПЗ в стране нефть составляет менее половины в составе сырьевой корзины. Это, конечно же, сказывается на качестве выпускаемых вяжущих.

Но давайте сделаем небольшое отступление и разберем назначение параметра «растяжимость», или «дуктильность». Как ни парадоксально, но битумы с дуктильностью, при 25 °С близкой к 100 см и выше, отличаются лучшей адгезией и пленкообразованием. В данном случае наблюдается способность обволакивать каменный материал. Это один из важнейших параметров клеевых композиций, который достигается необходимым соотношением асфальтенов и смол, а также минимальным количеством твердых парафинов, кристаллизующихся при комнатной температуре.

Давайте посмотрим, как менялось отношение к этому очень важному параметру в исторической перспективе с 1966 года: от ГОСТ 11954-66 (переиздан в 1976 году) в сравнении с ГОСТ 2245-1990 и последним ГОСТ 33133-2014.

Требования к БНД в 1976 году были несколько ниже, чем сейчас (что, в принципе, вполне закономерно), но нет существенного различия. Очень интересно, что температура вспышки указывалась 200 °С — значит, у вяжущих того периода легких фракций, способных воспламеняться при более низких температурах, было больше, но при этом низкотемпературные пределы были выше, чем в современном стандарте.

Возможно, это связано с тем, что до 1966 года БНД выпускались как отход нефтепереработки. Цитата: «Таким образом, впервые в нашей стране дорожные битумы начали выпускаться не как отход от переработки нефти, а как продукты целевого назначения с научно обоснованным комплексом показателей физико-механических свойств» (Л. М. Гохман. «Дорожный полимерасфальтобетон». Москва, 2017). Низкие требования по растяжимости в ГОСТ 11954-1966 при этом обусловлены, скорее всего, тем, что содержание твердых парафинов было достаточно высоким, в сравнении с основными компонентами.

В СРАВНЕНИИ С ЗАРУБЕЖЬЕМ

Каковы же подобные стандарты за рубежом? Сравним современные требования к вяжущим в США и КНР. В ЕС этот параметр вынесли только для модифицированных битумов, с оценкой эластичности и энергии деформации.

Сразу отметим, что не рассматриваем требований к вяжущим по SHRP PG, так как они еще не являются обязательными. В случае со сдвиговой устойчивостью ($G^*/\sin \delta$) аналогии с растяжимостью можно усмотреть в плавности изменения кривой сдвиговой устойчивости с пошаговым повышением температуры сдвига. Т. е. там, где себя проявляют когезионные связи вяжущего материала. (Но об этом подробнее следует поговорить отдельно.)

Так как между требованиями по пенетрации и температуре размягчения существенной разницы (для немодифицированных битумов) в этих странах нет, остановимся только на растяжимости, где наблюдаются самые значительные отличия.

Таблица 4.
Сравнение требований по растяжимости
между стандартами разных стран

	Россия	США	КНР	
	БНД 70/100 ГОСТ 33133	85/100 ASTM 946**	90-A (80/100) JTG F40-2004	АН-90 (80/100) GB/T 15180***
Растяжимость 25 °С, см, не менее*	62	100		
Растяжимость 15 °С, см, не менее			100	100
Растяжимость 10 °С, см, не менее			45	
Растяжимость 0 °С, см, не менее	3,7			
После RTFOT				
Растяжимость 25 °С, см, не менее		75		75
Растяжимость 15 °С, см, не менее				40
Растяжимость 10 °С, см, не менее			8	
Растяжимость 0 °С, см, не менее				

* – Для ГОСТ 33133-2014 параметр считается неосновным;

** – стандарт допускает, что если растяжимость при 25°С получилась менее 100 см, то допускается измерение при 15°С, и результат должен быть не менее 100 см;

*** – данный стандарт на вяжущие (немодифицированные) для дорог с высокой нагрузкой «Heavy Duty Road Petroleum Asphalt Quality»

Насчет возражений в той части, что у американцев битумы не окисленные, поэтому и лучше, а у нас окисленные, следует отметить, что в Китае битумы тоже являются окисленными. А также обратите внимание, что в данных стандартах обязательным параметром указана растяжимость после RTFOT, наравне с остаточной пенетрацией и температурой размягчения.

Далее – о том, почему я такой акцент делаю на дуктильности при 25 °С. Стабильность нити при растяжимости показывает соотношение когезионных связей в битуме, наличие смол, отсутствие «лишних» твердых парафинов, правильное соотношение смол к асфальтенам, что в сумме дает более четкое понимание клеевых свойств вяжущего. Как правило, получается хорошая растяжимость, а это дополнительная гарантия лучшей адгезии и пленкообразования.

Если сравнить подход к производству дорожных вяжущих в США, КНР и России, то надо констатировать, что по сравнению с 1966 годом у нас концептуально подход к вяжущим материалам у нефтепереработчиков не изменился, т. е. гудрон и битум как были отходами производства, так остаются ими по сей день (2,7–2,9% от общего объема выпускаемых нефтепродуктов, см. <https://minenergo.gov.ru/node/1212>). Да, с одной стороны, немного ужесточили требования, увеличили интервал пластичности, но при этом убрали из обязательных один из основных параметров вяжущего материала, характеризующего его как клеевую композицию. А стандарты в США и КНР, которые в обязательном порядке контролируются государством, вынуждают нефтепереработчиков импортировать тяжелые/вязкие нефти для того, чтобы соответствовать предъявляемым высоким требованиям.

В частности, на официальном сайте государственной китайской компании Sinopec (www.sinopec.com) прямо указано, что «для производства битумов, применяемых на дорогах с высокой нагрузкой, используется импортная сырая нефть». Американцы же, как известно, чтобы соблюдать стандарт ASTM D 946/946M, импортируют тяжелую нефть из Канады, Мексики и Венесуэлы.

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ

В России же, как ни парадоксально, в этом смысле ничего импортировать не надо. У нас все есть, да и требуется совсем немного. Предварительные выкладки показывают, что улучшить выпускаемые в РФ битумы можно добавлением 10-15% экстракта тяжелых нефтей в уже существующие вяжущие. При сегодняшнем объ-

еме производства потребуется всего-то 650–750 тыс. т на всю страну. Это существенно повысило бы качество вяжущих материалов, дав увеличение цены не более чем на 10-15%. Сейчас стоимость БНД у нас неуклонно растет, на пике сезона она уже доходит до 27 тыс. рублей за тонну, но качество в лучшем случае остается на том же уровне, что и 10 лет назад. Еще немного, и получим мировую цену на немодифицированный битум. Тогда зачем будет нужен менее качественный отечественный продукт?

Однако использование тяжелых нефтей в «сырьевых корзинах» отечественных НПЗ связано с рядом трудностей:

- малые объемы по сравнению даже с общим выпуском БНД;
- нет возможности прокачивать тяжелую нефть по системе Транснефти;

■ из-за малых объемов поставки тяжелой нефти по железной дороге уже практически не осуществляются, и требуются определенные вложения для повышения технологичности и снижения издержек при таких поставках.

Поэтому на сегодняшний день улучшения качества вяжущих материалов практически не просматривается без государственного вмешательства, определенных субсидий/льгот на добычу (а вязкие нефти считаются трудноизвлекаемыми) и транспортировку.

Что касается ускорения решения проблемы, то сеть битумных терминалов в данном случае может стать основой для компаундирования имеющихся БНД с экстрактами из тяжелой нефти. Это повысит качество вяжущих до общемировых требований без значительного удорожания.

Ну и, наверно, стоит задуматься над требованиями к госстандартам, которые были в СССР и несоблюдение которых преследовалось по закону. ■