

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИТУМА ДЛЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Холмунинова Д.А. старший преподаватель

Мамадалиева Ч. студентка 1-го курса  
(Джизакский политехнический институт)

### АННОТАЦИЯ

Обобщить особенности развития технологии производства битума для дорожных покрытий. Выявить преимущества применения в дорожном строительстве нефтяных (искусственных) битумов, получаемых переработкой нефтяного сырья. В данной статье представлена информация о совершенствовании технологии производства битума для дорожного строительства.

**Ключевые слова:** нефтяной битум, гудрон, твердый битум, дорожный битум, строительный битум, природный асфальт, черные покрытия, битумное производство, дорожное строительство, качественные дорожные битумы.

Придя на сегодняшний день технический прогресс невозможно представить без развития автомобильного транспорта и строительства скоростных автомобильных дорог. В связи с этим нефтяной битум как товарный нефтепродукт и связующий материал для приготовления асфальтобетона, востребован в народном хозяйстве каждой страны. В дорожном строительстве широко применяют нефтяные (искусственные) битумы, получаемые переработкой нефтяного сырья. Искусственные (технические) битумы – остаточные продукты переработки нефти, каменного угля и сланцев. По составу они сходны с природными битумами. Природные битумы представляют собой вязкое смолистое вещество, образующееся из тяжелых фракций нефти в результате длительного выветривания. Встречается в виде пластовых жильных залежей, а также озер в местах естественного выхода нефти на поверхность земли [1].

Первое обозначение битума происходит от слова «jatu» (санскрит), что означало смолу, выделяющуюся из некоторых деревьев, которое со временем трансформировалось в «Gvitymen» (смолистый, липкий), а в латинском языке, оно упростилось до «bitumen» и со временем перешло во все европейские словари [2].

Использование природных битумов (асфальтов) известно еще на заре цивилизации. Самое древнее сооружение с применением природного асфальта - битумсодержащей породы было обнаружено в Индии [3]. Известно применение природных битумов – асфальтов в качестве клеящего материала в 2500-3000 годах до н. э. народом, населявшим долину Евфрата. В качестве строительного материала битум применяли вавилоняне (700-500 лет до н. э.) для возведения внутренней и внешней стен Вавилона. В царствование Семирамиды (около 700 лет до н. э.) был построен тоннель под Евфратом в Вавилоне длиной около 1 км из жженных кирпичей, покрытых битумом. Асфальт был также использован при строительстве знаменитых висячих садов Семирамиды [2,3]. В Древнем Египте 5000 лет назад пол и стены в амбарах для хранения зерна покрывали асфальтом. За 400-500 лет до нашей эры в Мидии стены крепостей строились из кирпичей, скрепляемых битумом. На битуме возводились первые участки Великой китайской стены. Битумы и асфальты использовались для строительства зданий и башен, водопроводных и водосточных каналов, туннелей, а в медицине для мумификации трупов и др. [3]. В XIX веке улицы всех городов мира в городах мостились камнями, и лишь в период 1832-1835 гг. упоминается опыт по мощению городских улиц и тротуаров Парижа асфальтом. Позже, в 1835–1840 гг., битумы нашли применение при устройстве дорог Лондона, Вены, Лиона, Филадельфии и других городов [3]. В связи с открытием месторождений битумсодержащих пород во Франции, Швейцарии, Германии, в 1700-1800 гг. в Западной Европе начинаются работы по их применению в устройстве полов, тротуаров и гидроизоляции. В 1835 г. были уложены первые тротуары в Париже, затем в Лондоне, через три года в Филадельфии [3]. С середины XIX века во Франции, США, Швейцарии и других странах дорожное покрытие начинают делать из битумно-минеральных смесей. Так, первое асфальтобетонное покрытие впервые применили во Франции для покрытия тротуаров Королевского моста в Париже. В Российской империи первое асфальтовое покрытие тротуаров было осуществлено в 1866 г. в Петербурге, и в 1869 г. - в г. Кронштадте с использованием ганноверской битуминозной породы, хотя к этому времени было уже открыто несколько месторождений битумосодержащих пород в России. Первое из них (битуминозные известняки) было открыто в Сызрани в 1724 г., а в 1871 г. в этом городе стало функционировать предприятие по изготовлению асфальтовой мастики. В США литой асфальт, приготовленный с использованием природных битумов, впервые применили в 1876 году [3].

Большим стимулом для развития нефтяной промышленности стало появление автомобилей (1896 г. – собран первый автомобиль Г. Форда). Для бурно развивавшейся автомобильной индустрии лучшим решением по

обустройству дорожного покрытия оказался асфальт (асфальтобетон). Дороги, покрытые асфальтом, изготавливались с использованием искусственных битумов. Битумы получали окислением воздухом тяжелых остатков перегонки нефти при температурах 240°-300 °С. Впервые в промышленных масштабах окисленные нефтяные битумы начали производить в 1844 г. (по предложению Ж.Г. Биерлея) путем барботажа воздуха через слой нефтяных остатков при 204° и 316 °С [4].

Производство нефтяных битумов во всем мире в 1970 г. составило более 50 млн. т, в том числе в США 32,6 млн. т. [5]. Процесс окисления битумов осуществляется в аппаратах разного типа: кубах периодического действия, трубчатых змеевиковых реакторах и пустотелых колоннах непрерывного действия. В последние годы широко применяются полые окислительные колонны в качестве реакторов непрерывно действующих битумных установок. Основным сырьем для процесса служит гудрон, к которому в различных соотношениях могут быть добавлены затемненный остаток вакуумной перегонки нефти, экстракты селективной очистки масел, асфальты деасфальтизации, висбрекинг-остатки и др.

В 80-годах прошлого века начаты исследования в области получения вяжущих материалов на основе битума путем введения в битум эластомеров, каучуков, латексов, термоэластомеров. Уделялось большое внимание разработке различных марок битумов для производства горячей, теплой и холодной асфальтобетонных смесей. Нефтеперерабатывающая промышленность выпускала 2-3 марки вязких битумов и 2-3 марки жидких медленногустеющих битумов. Ограниченность выпуска битумов по маркам затрудняло строительство дорожных покрытий в различных климатических условиях, а также использование местных минеральных материалов [6]. Большое значение для повышения качества и долговечности черных покрытий имели исследования, связанные с улучшением свойств дорожных битумов и с применением поверхностно-активных веществ (В.В. Михайлов, А.С. Колбановская, Р.С. Ахметова и др.) [7]. В исследованиях зарубежных авторов теоретически обоснованы и сформулированы требования к дорожным битумам, определены оптимальные структуры для различных типов, даны предложения по технологии получения битумов оптимальной структуры с учетом природы перерабатываемой нефти [8,9].

Сегодня битумное производство выходит на позиции полноценного сегмента нефтеперерабатывающей промышленности. Прочность и долговечность верхнего слоя дорожной одежды во многом определяется качеством битума, используемого для изготовления асфальтобетона. По оценкам

экспертов, до 25-28% производимых битумов дорожного назначения не удовлетворяют стандарту по одному или даже целому ряду показателей, в частности характеризуются низкой теплостойкостью и морозостойкостью, плохим сцеплением с минеральными материалами, что в конечном итоге ведет к преждевременному разрушению дорожных покрытий.

Качество дорожных битумов и, соответственно, эксплуатационная долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий в значительной степени зависят от качества сырья для производства битумов. Могут быть использованы различные виды органического сырья (см. табл. 1).

Таблица-1

Вид сырья	Сырьё для производства битумных материалов
Нефти	Высокосмолистые, смолистые, высокопарафинистые, парафинистые
Природные битумы	Твердые, вязкие, жидкие
Битумсодержащие породы	Пески, песчаники, известняки, доломиты, киры
Ископаемые угли	Пригодные для терморастворения и терморазложения
Горючие сланцы	Пригодные для терморастворения и терморазложения
Побочные продукты промышленного производства	Отходы нефтепереработки, нефте-, коксо-, лесожилии, производство синтетических смол, полимеров, каучуков, волокон
Вторичное сирьё	Изношенная резина, отходы синтетических смол, полимеров, отработанные смазочные масла

В дорожном строительстве преобладающим является применение нефтяных битумов, получаемых путем переработки тяжелых остаточных фракций нефти.

Существующие тенденции в нефтепереработке и, в частности, все более глубокая переработка нефтяного сырья ставят задачу учета особенностей химического состава и структуры нефтяного сырья, используемого для производства дорожных битумов, и, соответственно, состава, структуры и физико-механических свойств получаемых дорожных битумов.

Битумы представляют собой сложную смесь высокомолекулярных углеводородов нефтяного происхождения, в том числе нафтеновых ( $C_nH_{2n}$ ),

ароматических ( $C_nH_{2n-6}$ ) и метановых ( $C_nH_{2n+2}$ ) рядов, а также их производных, содержащих кислород, серу, азот и комплексные соединения металлов. Основная часть молекул битума включает 25–150 атомов С.

Состав битумов характеризуется элементным и групповым химическим составом.

*Элементный состав битумов* (% по массе): углерода – 80–85; водорода – 8–12,5; кислорода – 0,2–4; серы – 0,5–10; азота – 0,2–0,4. Содержание некоторых металлов в асфальтовых концентратах нефти (типа арланской) составляет (% по массе): V – 0,22; Ni; –0,115; Fe – 0,110; Ca – 0,054 и т.д. Средняя молекулярная масса битумов не превышает 700-800 к.е.

Учитывая большое разнообразие индивидуальных химических соединений, входящих в состав битумов, для определения их химического состава обычно используют данные об их групповом химическом составе.

*Групповой химический состав битумов* предусматривает подразделение всех разнообразных индивидуальных химических соединений, входящих в битум, на три основные группы: асфальтены, смолы и масла (мальтены).

Нефти по пригодности для производства битумов разделяют на три группы:

1. Высокосмолистые малопарафинистые, смолистые малопарафинистые, высокосмолистые парафинистые. Состав таких нефтей соответствует условию  $A + C - 2,5\Pi \geq 8$ , где А – содержание асфальтенов, С – содержание смол,  $\Pi$  – содержание парафинов.

2. Смолистые парафинистые, малосмолистые малопарафинистые, состав которых отвечает условию  $A + C - 2,5\Pi$ , находится в пределах от 0 до 8 при  $A + C$  более 6.

3. Непригодные для производства битумов нефти трех типов: смолистые высокопарафинистые, малосмолистые парафинистые и малосмолистые высокопарафинистые, состав которых отвечает условию  $A + C - 2,5\Pi$ , находится в пределах от 0 до 8 при  $A + C$  менее 6, а также если  $A + C - 2,5\Pi$  менее 0.

Для производства дорожных битумов наилучшим сырьем являются тяжелые смолистые малопарафинистые нефти.

Негативное влияние на качество нефтяного сырья оказывает наличие в его составе асфальтов деасфальтизации, крекинг-остатков.

*Главная цель формирования качественных характеристик сырья направлена на формирование из него наноструктурированного битума.* Как известно, реакции окисления тяжелых нефтяных остатков происходят с образованием мицельных наноагрегатов асфальтенов, перерастающих в кластерные наноагрегатные структуры. От того, как пойдет процесс взаимодействия нанокластеров между собой, от *размеров кластеров*

асфальтенов и скорости процесса образования сетчатого каркаса кластеров наноагрегатов асфальтенов и зависят свойства получаемых битумных вяжущих.

Решающими факторами при выборе технологии являются температура, время и скорость реакции окисления.

**Профессор Ф. Г. Унгер [9] указывал, что «размер и структура каждой коллоидной частицы зависят от равновесия энергий кинетического движения молекул и потенциала их парного взаимодействия. Условия технологического процесса образования, существования и разрушения надмолекулярных структур (ассоциативных комбинаций, мицелл, сложных структурных единиц, макромолекул) нефтяных дисперсных систем смолисто-асфальтеновых веществ определяют структуру и физико-химические свойства битумов.**

Битумные системы являются термодинамически подвижными системами, в которых непрерывно осуществляются гемолитические переходы (диамагнитных молекул в парамагнитные и обратно) и именно парамагнитные молекулы и гемолитические процессы вызывают переорганизацию надмолекулярных структур нефтяных дисперсных систем, т. е. определяют поведение системы в целом и условия образования структуры при изменении внешних условий технологического процесса.

Анализ многочисленных данных различных инструментальных методов исследований и сопоставление их указывают на то, что тяжелые углеродистые молекулы или отдельные атомы углерода соединяются в крупные структуры типа ассоциатов, полимеров или кристаллических решеток за счет спинового возбуждения и спиновой поляризации через влияние растворителя и температуры».

Это позволило сделать вывод о возможности существования равновесной динамики коллоидного состояния таких сложных объектов, как битум, и сформулировать требования к параметрам технологического воздействия на нефтяные дисперсные системы с целью получения битумных вяжущих с заданными свойствами.

Основные способы производства вязких дорожных битумов следующие:

1. Концентрирование нефтяных остаточных фракций путем перегонки их в вакууме в присутствии водяного пара (получение остаточных битумов).
2. Окисление воздухом нефтяных остатков (мазутов, гудронов и пр.), позволяющее получать окисленные битумы.
3. Смещение (компаундирование) жидких нефтяных остатков с вязкими остаточными или окисленными битумами, твердыми природными битумами (асфальтитами, гильсонитами).

В целях получения битумных вяжущих требуемого качества в их состав могут вводиться разного рода добавки, позволяющие получать модифицированные, комплексные и композиционные битумные вяжущие.

Известны многочисленные решения по введению в битум различных модифицирующих компонентов, в том числе адгезионных добавок, полимеров, резиновой крошки, природных битумов, серы, а также структурирующих и стабилизирующих компонентов.

Модифицированные битумные вяжущие получают путем введения в битум специальных добавок (модификаторов), улучшающих те или иные свойства битума. К ним относятся битумы (или другие органические вяжущие), содержащие до 10 % (по массе) добавок модификатора.

В качестве модифицированных битумов широко известны разнообразные полимербитумные, резинобитумные вяжущие, битумы, модифицированные добавками поверхностно-активных веществ, природных битумов, а также продуктов нефтехимии, коксохимических и лесохимических производств.

Комплексные органические вяжущие - это вяжущие, состоящие из двух или более компонентов, в которых содержание основного компонента (нефтяного битума) менее 90% по массе. В качестве компонентов КОВ могут быть использованы природные битумы, тяжелые нефти, каменноугольные и сланцевые битумы, продукты нефтехимических, коксохимических и лесохимических производств. К числу КОВ относятся дегтебитумные и битумодегтевые вяжущие, сернобитумные, вяжущие, получаемые с использованием тяжелых нефтей и природных битумов, остатков от регенерации отработанных смазочных масел, а также композиционные вяжущие.

К композиционным вяжущим относятся КОВ, содержащие более трех компонентов, включая различные модифицирующие добавки, пластификаторы, структурирующие и стабилизирующие добавки (например, тонкодисперсные порошки и волокнистые наполнители).

Сегодня битумное производство выходит на позиции полноценного сегмента нефтеперерабатывающей промышленности. Внедрение новых технологий при переработке остаточных компонентов нефтей, основанных на активировании сырья за счет физического и химического воздействия с применением современного оборудования, включая аппараты, использующие кавитационные эффекты, ультразвуковые и электромагнитные поля, и др., позволяет получать качественные дорожные битумы из большинства нефтей, считавшихся ранее непригодными для производства битумов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коршак А.А. Исторические свидетельства о естественных выходах нефти //Территория нефтегаз. 2010. - № 10 - С.86-89.
2. Золотарев В.А., Сотрэ Р., Пыриг Я.И. От природного битума до искусственного асфальтобетона//Автомобильные дороги. 2014.- №5 - С. 66-72.
3. Руденская И.М., Руденский А.В. Органические вяжущие для дорожного строительства. - М.: Транспорт, 1984. - 229с.
4. Гун Р.Б. Нефтяные битумы. – М.: Химия, 1973. – 152с.
- 5 Строительство и реконструкция автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. I / А.П. Васильев, Б.С. Марышев, В.В. Силкин и др.; М.: Информавтодор, 2005. - 242 с.
- 6 Михайлов В.В. О повышении требований к битумам для строительства скоростных дорог//Проблемы производства и применения нефтяных битумов.Труды БашНИИ НП, Вып. XI.- М.: Химия, 1973. – С.7.
- 7.Строительство и реконструкция автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. I / А.П. Васильев, Б.С. Марышев, В.В. Силкин и др.; М.: Информавтодор, 2005. - 242 с.
8. Selvavathi V., Sekar V.A., Sriram V., Sairam B. Modifications of bitumen by elastomer and reactive polymer - a comparative study. Pet Sci Technol. 2002; 20(5-6):535-47.
9. Cuadri A.A., García-Morales M., Navarro F.J., Partal P. Isocyanatefunctionalized castor oil as a novel bitumen modifier. Chem Eng Sci. 2013; 97:320-7.
9. Унгер Ф. Г., Андреева Л. Н. Фундаментальные аспекты химии нефти. Природа смол и асфальтенов. Новосибирск: Наука, 1995. С.192.