

УДК 66.013

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БИТУМОВ



OPTIMAL DESIGN OF BITUMEN PRODUCTION PROCESS

Гусейнли Нигяр Джалал кызы
магистрант,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности
nikow-97@mail.ru

Юсубов Фахраддин Вали оглы
профессор,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности
yusfax@mail.ru

Аннотация. В качестве основных факторов, влияющих на количество, битума (%), выбраны следующие показатели: количество воздуха подаваемого в реактор; температура в реакторе; давление в реакторе. Получена математическая модель процесса получения битума. Оптимальный выходной параметр количество битума оказался равным 4,1 %. А значения параметров получения битума, обеспечивающих оптимальность этого условия, следующие: $X_1 = 3200$ кг/ч, $X_2 = 285$ °C; $X_3 = 1,8$ кг/см².

Ключевые слова: дорожный битум, математическая модель, оптимизация.

Guseinli Nigar Jalal kyzy
Graduate student,
Azerbaijani state oil and industry university

Yusubov Fakhraddin Wali oglu
Professor,
Azerbaijani state oil and industry university

Annotation. The following indicators were selected as the main factors affecting the amount of bitumen (%): the amount of air supplied to the reactor; temperature in the reactor; pressure in the reactor. A mathematical model of the process of obtaining bitumen is obtained. The optimal output parameter was the amount of bitumen equal to 4.1 %. And the values of the parameters for producing bitumen, ensuring the optimality of this condition, are as follows: $X_1 = 3200$ kg/h, $X_2 = 285$ °C; $X_3 = 1,8$ kg / cm².

Keywords: road bitumen, mathematical model, optimization.

В дорожной отрасли потребляется 90 % вязких битумов. Они используются для производства асфальтобетонов (для строительства всех видов усовершенствованных дорожных покрытий и оснований) и гидроизоляции транспортных сооружений. При изготовлении смесей битума с каменным материалом к этому вяжущему предъявляются два основных требования: оно должно хорошо смачивать каменный материал, образуя на нем оптимальную толщину пленки, и прочно прилипать к поверхности минеральных частиц.

При соблюдении этих требований частицы каменного материала будут равномерно покрыты битумной пленкой, а смесь получится однородной и способной при ее уплотнении образовать прочный монолит. Поэтому вязкость битума при образовании смеси и при ее уплотнении должна быть в требуемых пределах. Если вязкость битума больше допустимой, такую смесь трудно уплотнять, если же меньше допустимой, смесь не может уплотняться из-за своей пластичности [1–3].

Исходя из особенностей погодно-климатических условий и механических транспортных нагрузок для надежной работы дорожной битум должен соответствовать определенным требованиям. *Летний период.* Пленка структурированного битума должна быть малодеформативной, а вязкость объемного битума (в межзерновых пустотах) должна быть достаточно высокой. В противном случае в слое покрытия и основания могут появляться пластические деформации в виде волн и колея. В *осенний и весенний периоды* главным разрушающим фактором является вода. Поэтому пленка битума на минеральных частицах должна быть водостойкой, прочной и не отслаиваться водой.

Поскольку в эти периоды несущая способность переувлажненных грунтов под дорожной одеждой снижается, появляются сдвиговые деформации, стремящиеся сместить битумные пленки с поверхности минеральных частиц. При нарушении указанных условий (снижения адгезионной способности битума) в дорожной одежде могут возникнуть микротрещины, и она начнет постепенно разрушаться при воздействии

транспортных нагрузок. Зимой структурированный и объемный битумы покрытий должны обладать достаточной деформативностью (вязкостью), что особенно важно при резком перепаде отрицательных температур (включая циклы перехода через нулевую температуру при оттепелях). Битум должен быть устойчивым к старению, поскольку энергия факторов внешней среды приводит к хрупкости, связанной с потерей им со временем вязкопластических свойств. Старение дорожных битумов зависит от различных факторов: температуры и продолжительности нагрева при их подготовке к использованию; температуры, при которой происходит перемешивание битума с каменными материалами (когда битум находится в пленочном состоянии); свойств каменных материалов и др. Под воздействием комплекса этих факторов изменяются основные физико-механические свойства битумов: повышается вязкость, снижается пластичность и увеличивается хрупкость.

Старение битумов происходит по различным причинам, основными из которых являются: испарение легколетучих углеводородов, содержащихся в масле, при повышении температуры; химическое изменение компонентов битумов, а, следовательно, и его группового состава под действием кислорода воздуха, ультрафиолетовых лучей и др. [4]. В результате воздействия на битум комплекса вышеназванных факторов составные части битумов изменяются: масла переходят в смолы, а смолы в асфальтены и т.д. Процесс превращения смол в асфальтены идет значительно интенсивнее, чем масел в смолы. Накопление асфальтенов приводит к потере битумом пластических свойств и увеличению его хрупкости. Одни и те же битумы стареют с различной интенсивностью в зависимости от условий, в которых они находятся.

При длительном нагреве, особенно при высоких технологических температурах, процесс изменения группового состава битума протекает более интенсивно. К тому же битумы, подвергавшиеся длительному нагреву при высоких температурах, оказываются, как правило, более склонными к старению. Воздействие температуры 160 °С и выше в течение 5 ч и более в значительной степени увеличивает вязкость и уменьшает интервал пластичности битумов [5]. На стабильность битума в асфальтобетонах большое влияние оказывают качество заполнителя, его пористость, минералогический состав, характер поверхности (шероховатость). При заполнителях из высокопрочных и плотных каменных материалов с шероховатой поверхностью зерен битумы меньше подвержены старению, чем в асфальтобетонах с пористыми заполнителями. Способствуют старению битумов минеральные материалы, содержащие оксиды железа и алюминия (Fe_2O_3 и Al_2O_3).

Для торможения старения битумов используют специальные добавки – *анти-старители (ингибиторы)*: соли олеиновой, нафтеновой, стеариновой и других жирных кислот; их массовая доля в битуме составляет 0,05...0,5 %. Замедляют старение регенераты бутилкаучуковых отходов шинной промышленности, которые, помимо стабилизации свойств, способствуют повышению теплоустойчивости битумов и расширяют интервал их пластичности. Массовая доля таких веществ в битумах – 6...10 %. Уменьшают интенсивность старения кумароновая смола (при массовой доле до 10 %), полиэфирные ненасыщенные смолы (3...5 %), а также сера, сульфопиридин, ализарин, гидрохинон, фентиазин (до 0,2 % от массы вяжущего). Замедление старения битума в покрытии может быть достигнуто также применением плотных асфальтобетонных, в которых отсутствует циркуляция воздуха и воды, что замедляет процесс окисления битума, находящегося в тонких слоях. Однако в настоящее время нет общепринятых методов повышения стабильности битумов ввиду непостоянства их состава и свойств. Поэтому как методы, так и вещества, замедляющие старение битумов, подбираются в каждом конкретном случае.

В дорожном покрытии битум стареет быстрее, чем в основании, так как слой основания защищен слоем покрытия от непосредственного воздействия солнечной радиации и кислорода воздуха.

При исследовании и планировании эксперимента процесса коксования в общем виде уравнение регрессии, полученное на основании опытных данных, описывается следующим образом (разделения ряда Тейлора) [6].

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^N b_j \cdot x_j + \sum_{\substack{U,j=1 \\ U \neq j}}^N b_{U,j} \cdot x_U \cdot x_j + \sum_{j=1}^N b_{jj} \cdot x_j^2 + \dots \quad (1)$$

где b_0 – свободный член уравнения регрессии; b_j – линейный эффект; b_{jj} – квадратный эффект; $b_{U,j}$ – эффектами парного взаимодействия.

В качестве основных факторов, влияющих на количество битума (%), выбраны следующие показатели: $m(X_1)$ – количество воздуха подаваемого в реактор; $w(X_2)$ – температура в реакторе; $v(X_3)$ – давление в реакторе. Основные уровни для факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные уровни для факторов

обозначение	m	w	v
факторы	X_1	X_2	X_3
верхний уровень +1	5000	300	3
основной уровень 0	4000	275	2
нижний уровень -1	3000	250	1

Матрица ортогонального центрально-композиционного плана 2-го порядка для 3-х факторов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица ортогонального центрально-композиционного плана 2-го порядка для 3-х факторов

	1 фактор	2 фактор	3 фактор	m	W	v		m	W	v	mW	mv	Wv	mWv						
				x1	x2	x3		x1	x2	x3	x1*x2	x1*x3	x2*x3	x1*x2*x3	x1'=x11-d	x2'=x22-d	x3'=x33-d	Y1	Yn	
верхний уровень +1	5000	300	3																	
основной 0 уровень	4000	275	2	300	300	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	3,9	4,0	
нижний уровень -1	3000	250	1	3000	300	3	2	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	4,1	3,9	
				5000	250	3	3	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	3,8	3,9	
				3000	250	3	4	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0,2697	0,2697	0,2697	4,1	4,0	
				5000	300	1	5	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	4,2	4,1	
				3000	300	1	6	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,2697	0,2697	0,2697	4,1	4,2	
				5000	250	1	7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	3,9	4,2	
				3000	250	1	8	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	4,20	4,3	
				6077	275	2	9	1,2154	0	0	0	0	0	0	0,7468972	-0,7303	-0,7303	4,3	4,0	
				2353,8	275	2	10	-1,215	0	0	0	0	0	0	0,7468972	-0,7303	-0,7303	4,1	4,1	
				4000	364,62	2	11	0	1,2154	0	0	0	0	0	-0,7303	0,7468972	-0,7303	4	4,0	
				4000	196,15	2	12	0	-1,215	0	0	0	0	0	-0,7303	0,7468972	-0,7303	3,9	4,1	
				4000	275	3,646	13	0	0	1,2154	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	0,74689716	3,8	3,9	
				4000	275	0,785	14	0	0	-1,215	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	0,74689716	4,1	4,2	
				4000	275	2	15	0	0	0	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	-0,7303	4,2	4,1	

Получена математическая модель процесса получения битума:

$$Y = 4,043 - 0,042 \cdot X_1 + 0,038 \cdot X_2 - 0,079 \cdot X_3 + 0,063 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,095 \cdot X_1^2 - 0,074 \cdot X_2^2 - 0,074 \cdot X_3^2. \quad (2)$$

Оптимальный выходной параметр количество битума оказался равным $Y = 4,1$ %. А значения параметров коксования, обеспечивающих оптимальность этого условия, следующие:

$$X_1 = 3200 \text{ кг/ч}, X_2 = 285 \text{ }^\circ\text{C}; X_3 = 1,8 \text{ кг/см}^2.$$

Опыты, проведённые при найденных оптимальных режимных условиях, полностью подтвердили достоверность полученных результатов в промышленных условиях.

Литература

1. БИТУМЫ // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2016) (дата обращения: 27.10.2018).
2. Каширцев В.А. Органическая геохимия нафтидов востока Сибирской платформы. – Якутск : ЯФ СО РАН, 2003. – 160 с.
3. Гуреев А.А. [и др.]. Производство нефтяных битумов. – М., 2007. – 103 с.
4. Руденская И.М., Руденский А.В. Реологические свойства битумов. – М., Высшая школа, 1967. – 118 с.
5. Усов Б.А., Горбунова Т.Н. Современные технологии производства дорожных битумов // Системные технологии. – 2017. – № 22. – С. 67–72.
6. Налимов В.В., Чернова И.А. Статистические методы планирования экстремальных эксперимента. – М. : Наука, 1965. – 350 с.

Reference

1. BITUM // Big Russian Encyclopedia. Electronic version (2016) (date of address: 27.10.2018).
2. Kashirtsev V.A. Organic geochemistry of the eastern Siberian platform naphthae. – Yakutsk : IAP SB RAS, 2003. – 160 p.
3. Gureev A.A. [et al.]. Production of oil bitumen. – M., 2007. – 103 p.
4. Rudenskaya I.M., Rudensky A.V. Rheological properties of bitumen. – M., Higher School, 1967. – 118 p.
5. Usov B.A., Gorbunova T.N. Modern Technologies of Production of Road Bitumen // System Technologies. – 2017. – № 22. – P. 67–72.
6. Nalimov V.V., Chernova I.A. Statistical methods of the extreme experiment planning. – M. : Nauka, 1965. – 350 p.