

для способа смешения — 2,2 МПа. Для получения одинаковых прочностных результатов необходимо при инъектировании уменьшить содержание смолы до 12 % (2,2 МПа) или увеличить при смешении до 20 % (2,5 МПа).

В связи с этим, пересчитывая расход вяжущего материала на участок автомобильной дороги протяженностью 1000 м, где укреплению подвергался слой песчаного грунта глубиной 0,3 м и шириной 6 м, получим, что в зависимости от необходимого предела прочности при сжатии в случае инъектирования расходуется от 282 (2,2 МПа) до 352 (2,5 МПа) т карбамидной смолы. При способе смешения для получения тех же прочностных результатов потребуется от 352 до 469 т смолы. В результате на каждом километре дороги только за счет экономии вяжущего материала стоимость строительства 1 км дороги уменьшается на 7—12 тыс.руб.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Разработка способа инъектирования, позволяющего экономить вяжущий материал при неизменных прочностных результатах, является важной и актуальной задачей.

Использование карбамидной смолы для укрепления грунтов дает возможность получить прочные дорожные конструкции.

Экономия вяжущего материала позволяет снизить стоимость строительной конструкции в среднем на 10 тыс.руб.

ЛЮБОВЬ

УДК 546.226.325.665.63

И.И.ЛЕОНОВИЧ, д-р техн.наук,  
Г.Д.ЛЯХЕВИЧ, канд.техн.наук (БПИ)

## ПОЛУЧЕНИЕ ВЯЖУЩИХ ОКИСЛЕНИЕМ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ

Ранее была показана возможность окисления высокомолекулярных нефтепродуктов серной кислотой с получением дорожных и строительных битумов [1—4].

Целью исследования явилось изучение процесса получения вяжущего из нефтяных гудронов в динамическом режиме с использованием в качестве окислителя отработанной серной кислоты (ОСК). Исходным сырьем служили гудроны западно-сибирской и ромашкинской нефтей. Характеристика их представлена в [4].

Окисление нефтяных гудронов осуществляется в динамическом режиме отработанной серной кислотой на установке, рассмотренной в [3]. Характеристика отработанной серной кислоты: плотность при 20 °С — 1,7501 г/см<sup>3</sup>, вязкость условия по вискозиметру с отверстием 5 мм при 20 °С — 3,5 с; компонентный состав в мас. % — серная кислота 87,1, органическая масса (ОМ) — 4,7, вода — 8,2; групповой химический состав в (ОМ) мас. % — смолисто-масляные вещества 65,8, смолисто-асфальтеновые вещества 5,9; карбоновые кислоты — 1,2; сульфокислоты — 18,7, сложные кислые эфиры — 8,4. Окисле-

Таблица 1

## Выход и характеристика качества вяжущих, полученных окислением нефтяных гудронов отработанной серной кислотой

Наименование	Образцы вяжущих из гудронов нефтей						
	ромашкинской			западно-сибирской			
Выход вяжущего на смесь гудрона и ОСК, мас. %	76,3	74,1	70,5	70,5	75,4	74,6	72,8
Характеристика качества вяжущих							
Глубина проникания иглы при 25 °С	94	65	42		106	64	43
0 °С	42	24	15		48	21	14
Температура, °С размягчения	45	50	56		48,5	48	53
вспышки	227	236	241		218	221	230
Растяжимость при 25 °С, см	71	53	40		64	52	42
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С	4	3	1		5	4	3
Содержание водорастворимых соединений, мас. %	0,2	0,2	0,05		0,3	0,2	0,1
Сцепление с мрамором	выдерживает по контрольному образцу № 2.						

Таблица 2

## Групповой химический, элементный состав и функциональный анализ вяжущих

Наименование показателей	Образцы вяжущих из гудронов нефти						
	ромашкинской			западно-сибирской			
Групповой химический состав, мас. %	20,9	19,2	18,9	14,2	13,8	13,5	
парафино-нафтеновые							
циклические ароматические	13,1	12,5	10,7	12,5	11,9	11,3	
моно-	10,4	8,7	8,4	22,7	22,4	21,5	
би-	13,6	13,1	12,7	4,0	3,7	2,4	
поли-	21,8	21,4	20,8	27,0	25,2	24,6	
смолы	20,2	25,1	28,5	19,6	23,0	26,7	
асфальтены							
Элементный состав, мас. %	86,87	86,58	86,73	86,23	86,68	83,01	
углерод	10,91	10,83	10,73	10,29	10,15	10,08	
водород	2,04	1,95	1,98	2,46	2,89	2,01	
сера	0,68	0,64	0,63	1,02	0,98	0,95	
азот и кислород (разность)							
Содержание кислородсодержащих функциональных групп, мг КОН/г:							
карбокислых	1,25	1,51	1,63	1,62	1,69	1,73	
гидрокислых	9,12	10,14	10,18	10,05	10,18	11,50	
сложноэфирных	21,67	24,62	24,90	21,33	22,09	23,19	

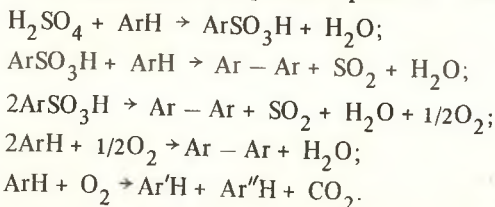
ние гудронов осуществляется при температуре 280–300 °С. Показатель  $\alpha$  составил 8–12 и находился из выражения

$$\alpha = \frac{G_{\text{н.г}} + G_{\text{оск}} (C_{\text{ом}} - C_{\text{ск}})}{C_{\text{оск}} C_{\text{H}_2\text{SO}_4}}$$

где  $G_{\text{н.г}}$  — количество нефтяного гудрона, г;  $G_{\text{оск}}$  — количество отработанной серной кислоты, г;  $C_{\text{ом}}$  — содержание органической массы в отработанной серной кислоте, мас. %;  $C_{\text{ск}}$  — содержание сульфокислот в органической массе, мас. %;  $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  — содержание серной кислоты (в пересчете на моногидрат) в ОСК, мас. %.

Общее время контакта смеси НГ и ОСК 15–25 мин. Окисление нефтяных гудронов отработанной серной кислотой в реакторе проточного типа при названных параметрах обеспечило получение вяжущих с характеристиками, представленными в табл. 1, 2.

На основании полученных данных (табл. 1, 2), а также того факта, что в условиях опыта при температурах 280–320 °С реакция  $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2$  является термодинамически запрещенной, можно предположить следующий механизм окисления гудронов серной кислотой:



Исследование группового химического состава вяжущих (табл. 2) показывает закономерное уменьшение всех групп углеводов, а также смол при одновременном увеличении количества асфальтенов без образования сильно конденсированных структур. Анализ вяжущих (табл. 1) подтвердил хорошее качество их, т.е. условия процесса исключают развитие нежелательных реакций, обеспечивающих глубокое уплотнение органической массы с образованием веществ коксовой структуры. Окисление нефтяных гудронов ОСК показывает, что основная масса асфальтенов образуется по цепи моно-, би-, полициклоароматические соединения, смолы, асфальтены. Это не исключает возможность получения асфальтенов из смол, образующихся на основе парафинонафтеновых соединений.

Важно также отметить, что для западно-сибирского гудрона характерно асфальтообразование преимущественно за счет смол, моно- и бициклических ароматических соединений.

Исследования показали, что вяжущие, полученные как из гудронов ромашкинской, так и западно-сибирской нефти с использованием в качестве окислителя ОСК, имеют хорошие физико-химические показатели (табл. 1). Эти вяжущие могут успешно использоваться в строительстве, в частности, для приготовления асфальтобетонных смесей.

1. Ля х е в и ч Г.Д., Антонишин В.И., Гонопольский Л.Е. Исследование масляных кислых гудронов для производства битумов. — Нефть и газ, 1969, № 12, с. 57–60. 2. Производство битумов из кислого и прямогонного гудронов на опытно-промышленной установке/Г.Д.Ляхевич, Л.Е.Гонопольский, В.П.Рожин, В.И.Антонишин. — Нефтяная и газовая промышленность, 1969, № 2, с. 45–47. 3. Установка для окисления органических соединений/Г.Д.Ляхевич, П.И.Белькевич, А.Д.Рутковский и др. — Патент Канады № 1 148 335, 1983 г. 4. Ля х е в и ч Г.Д., Белькевич П.И. Окисление органических соединений серной кислотой в динамическом режиме. — Докл. АН БССР, 1976, т. 20, № 7, с. 624–626.

УДК 625.7.06/07

Я.Н.КОВАЛЕВ, канд.техн.наук, А.В.БУСЕЛ, канд.техн.наук,  
В.С.КОЗЛОВ, канд.техн.наук (БПИ)

### ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТОНКОСТИ ПОМОЛА МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ И ДРУГИХ ПОЛИМЕРБЕТОННЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В настоящее время мировое производство порошков составляет миллиарды тонн в год, на это затрачивается около 10 % всей вырабатываемой электроэнергии [1]. Основная масса всех порошкообразных материалов приходится на мелкодисперсные минеральные наполнители и неорганические вяжущие вещества. Тонкость измельчения этих материалов определяет энергоемкость диспергирования. В условиях крупнотоннажного производства наполнителей для дорожных асфальтобетонов и других полимербетонных материалов контроль степени их измельчения приобретает особую актуальность.

В большинстве случаев для контроля тонкости помола используются сита и механические рассеиватели различных типов, в которых рассев осуществляется за счет механических ударов и вибрации. Время отсева на механических приборах относительно велико. Значительно быстрее он осуществляется на пневматических рассеивателях типа РП-2М, УТЦС-2 [2]. Одним из недостатков этих приборов является частое забивание сетки и необходимость периодической ее чистки. Для чистки сит в автоматическом приборе приходится создавать ряд дополнительных узлов, которые усложняют его и понижают надежность эксплуатации. Используемые для этих целей щетки создают механические нагрузки на сетку, повреждая ее и преждевременно выводя из строя.

Известно устройство для автоматического контроля тонкости помола, в котором анализ производится без применения сит [3]. В данной установке материал сепарируется в плоском спиральном воздушном потоке. Установка обеспечивает ряд процессов: автоматический отбор пробы материала из технологического потока после мельницы; транспортировку; осаждение из аэрозоля в циклоне твердой фазы пробы; весовое дозирование первичной навески; сепарирование ее в плоском спиральном классификаторе; взвешивание остатка крупной фракции; удаление из прибора излишков пробы и возврат их в технологический тракт. Анализы в этом случае осуществляются периодически