

С. А. Антонов (к.х.н, зав. лаб., доц.)^{1,2}, В. В. Поздняков (к.х.н., гл. спец.)³,
С. Г. Кутеева (инж.-технолог)³, А. И. Матвеева (с.н.с., асп.)^{1,2},
И. А. Пронченков (н.с., асп.)^{1,2*}, П. М. Тюкилина (д.т.н., зам. ген. дир.)³,
Р. В. Бартко (к.т.н, нач.отд.)¹

ВЛИЯНИЕ ОТБОРА ДИСТИЛЛЯТНЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ НАФТено-АРОМАТИЧЕСКОЙ НЕФТИ НА КАЧЕСТВО ОКИСЛЕННЫХ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ PG МАРОК

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти,
отдел смазочных материалов

111116, г. Москва, ул. Авиамоторная, 6; e-mail: antonovsa@vniinp.ru

² Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина,
кафедра химии и технологии смазочных материалов и химмотологии,
*кафедра технологии переработки нефти,

119991, г. Москва, Ленинский пр., 65; e-mail: pronchenkova@vniinp.ru

³ Средневолжский научно-исследовательский институт по нефтепереработке,
отдел битумов и тяжелых продуктов – специализированного института
446200, г. Новокуйбышевск, ул. Научная, 1; e-mail: pozdniakovvv@sni.rosneft.ru

S. A. Antonov^{1,2}, V. V. Pozdnyakov³, S. G. Kuteeva³, A. I. Matveeva^{1,2},
I. A. Pronchenkov^{1,2}, P. M. Tyukilina³, R. V. Bartko¹

INFLUENCE OF INCREASING THE SELECTION OF DISTILLATE FRACTIONS FROM TARS OF HEAVY NAPHTHENIC AROMATIC OILS ON THE QUALITY OF OXIDIZED ROAD BITUMENS OF PG GRADES

¹ All-Russian Research Institute of Oil Refining

6/2, Aviamotornaya Str., 111116, Moscow, Russia; e-mail: antonovsa@vniinp.ru.

² Gubkin Russian State University of Oil and Gas

65, Leninsky Prospekt Str., 119991, Moscow, Russia; e-mail: pronchenkova@vniinp.ru

³ Middle Volga Oil Refining Research Institute

1, Nauchnaya Str., 446200, Novokuybyshevsk, Russia; e-mail: pozdniakovvv@sni.rosneft.ru

Рассмотрены варианты получения окисленных дорожных битумов марок PG из трех различных образцов гудронов тяжелой нафтенно-ароматической нефти. Образцы гудронов различались глубиной отбора фракций при вакуумной дистилляции мазута: вакуумный остаток, выкипающий при температуре более 470, 500 и 520 °С. Представлены результаты окисления образцов гудронов до битумов с разным значением сдвиговой устойчивости по ГОСТ Р 58400.10. Показано, что оптимальным вариантом переработки тяжелых нафтенно-ароматических нефтей для получения востребованных дорожных битумных вяжущих марок PG по ГОСТ Р

The article discusses the options for obtaining oxidized road bitumen grades PG from three different samples of heavy naphthenic-aromatic oil tar. Tar samples differed in the depth of sampling of distillate fractions during vacuum distillation of fuel oil: vacuum residue boiling off at a temperature of more than 470 °C, more than 500 °C and more than 520 °C. Oxidation of tar samples to bitumen with different values of shear stability according to GOST R 58400.10 was carried out on a laboratory installation of periodic action. It is shown that the optimal option for processing heavy naphthenic-aromatic oils to obtain PG road bitumen binders in demand in the Russian Federation according to GOST R 58400.1 is the selection of no

58400.1 является отбор на АВТ из мазутов таких нефтей не более 42% дистиллятных фракций с последующим их окислением.

Ключевые слова: битумные вяжущие марок PG; дорожный битум; тяжелая нафтенно-ароматическая нефть; тяжелые нефтяные остатки.

Значительную роль в увеличении межремонтных сроков эксплуатации асфальтобетонных покрытий играет качество применяемых органических вяжущих (в части важнейших требований устойчивости к колееобразованию и низкотемпературной деформативности) ¹. Разработанная в конце XX века в США комплексная система проектирования составов асфальтобетонных смесей Super-pave (Superior Performing Asphalt Pavements – высококачественные асфальтобетонные покрытия) с заданными эксплуатационными характеристиками с учетом транспортных нагрузок и климатических условий эксплуатации, хорошо зарекомендовала себя во многих странах мира и сейчас активно внедряется на территории РФ ². Приняты национальные стандарты РФ для приготовления асфальтобетонных смесей методом объемного функционального проектирования ГОСТ Р 58401.2-2019, а также методом проектирования «Евроасфальт» 58406.1-2020, в рамках которых предполагается применение современных битумных вяжущих по новым техническим требованиям ГОСТ Р 58400.1-2019, ГОСТ Р 58400.2-2019 ³. По этой технологии за последние годы построено 13 объектов в различных областях Центрального и Южного федерального округов. Одним из наиболее амбициозных проектов по реализации данного метода является строительство скоростной дороги М-12, которая в ближайшее время соединит Москву, Нижний Новгород и Казань. При строительстве предусмотрено использование разных битумных вяжущих марок PG по ГОСТ Р 58400.1-2019 при устройстве верхнего слоя основания (PG 64-28, PG 58-28), нижнего слоя покрытия (PG 64-34, PG 64-28) и верхнего слоя покрытия (PG 70-34, PG 70-28, PG 64-28) ⁴⁻⁶.

Таким образом, получение востребованных битумных вяжущих марок PG по ГОСТ Р 58400.1-2019 из доступного нефтяного сырья и желательно с невысокой стоимостью для обеспечения потребностей дорожников РФ является крайне актуальной задачей. Традиционным сырьем для получения битумов в европейской части РФ являются нефти Западной Сибири, Урала и Поволжья, однако, дорожный битум получаемый окислением тяжелых вакуумных остатков таких смесевых нефтей (легких и средних) методом прямого одностадийного окисления кислородом воздуха, часто не соответствуют современным

more than 42% of vacuum distillate fractions from fuel oils of such oils, followed by their oxidation to the required PG grades.

Key words: heavy naphthenic aromatic oil; heavy oil residues; oxidized petroleum road bitumen; PG grade.

нормативным документам РФ на битумные вяжущие, так как повышенное содержание парафиновых соединений является причиной их низкой пластичности ⁷. В отличие от традиционных нефтей, использование в переработке специальных нефтей, в частности нафтенно-ароматических, позволяет получать масла, битумы и нефтяные коксы уникального качества ⁸. Дорожные битумы, полученные из тяжелых нефтей, имеют более высокие показатели динамической вязкости, лучшие низкотемпературные показатели. Особое внимание заслуживает Ярегское месторождение нефти Тимано-Печорской провинции, из вакуумных остатков которой в СССР на Ухтинском НПЗ получали широкую линейку специальных битумных продуктов востребованных как внутри страны, так и за границей ^{9,10}.

В связи с этим, исследование оптимальных вариантов переработки тяжелых нафтенно-ароматических нефтей для получения дорожных битумов, отвечающих современным требованиям марок PG, в частности Ярегской, является актуальным для обеспечения качественными вяжущими материалами дорожной отрасли.

Целью настоящей работы было изучение физико-химических свойств гудронов Ярегской нефти с различной глубиной отбора дистиллятных фракций (вакуумные остатки, выкипающие выше 470, 500 и 520 °С), а также окисленных битумов разных марок PG по ГОСТ Р 58400.1-2019, полученных на их основе.

Материалы и методы

Мазут из Ярегской нефти (остаток с температурой кипения выше 360 °С) в лабораторных условиях был подвергнут вакуумной перегонке с получением трех остатков (образцов гудронов), выкипающих выше 470, 500 и 520 °С. Физико-химические свойства гудронов определяли стандартными методами ГОСТ (табл. 1).

Определение ГХС (группового химического состава) образцов гудронов проводили согласно методике АО «ВНИИ НП» в несколько стадий: выделение и определение содержания асфальтенов по ГОСТ 1185, определение содержания в мальтеновой части групп углеводородов на адсорбционной колонке. Результаты ГХС образцов гудронов представлены на диаграмме (рис. 1). На ос-

Таблица 1

**Физико-химические свойства вакуумных остатков >470, >500, >520 °С,
полученных из мазута Ярегской нефти**

Наименование показателей	Вакуумный остаток			Метод испытания
	>470 °С	>500 °С	>520 °С	
Вязкость условная при 80 °С (ВУ80), с	99	188	326	ГОСТ 11503
Температура размягчения КиШ (кольцо и шар), °С	28	32	38.2	ГОСТ 33142
Кинематическая вязкость при 80 °С, мм ² /с	2308	4099	7245	ГОСТ 33
Вязкость динамическая, Па·с, при скорости сдвига 65 с ⁻¹ при температуре испытания: а) 60 °С б) 135 °С	16.05 0.13	31.1 0.17	73.02 0.28	ГОСТ 33137
Содержание парафинов, % мас.	1.73	1.38	0.99	ГОСТ 11851
Содержание серы, % мас.	1/43	1.72	1.95	ГОСТ Р 32139
Отбор дистиллята из мазута, % масс.	42.0	47.0	49.0	-

ПА – парафино-нафтеновые углеводороды; ЛА, СА, ТА – легкие, средние и тяжелые ароматические углеводороды.

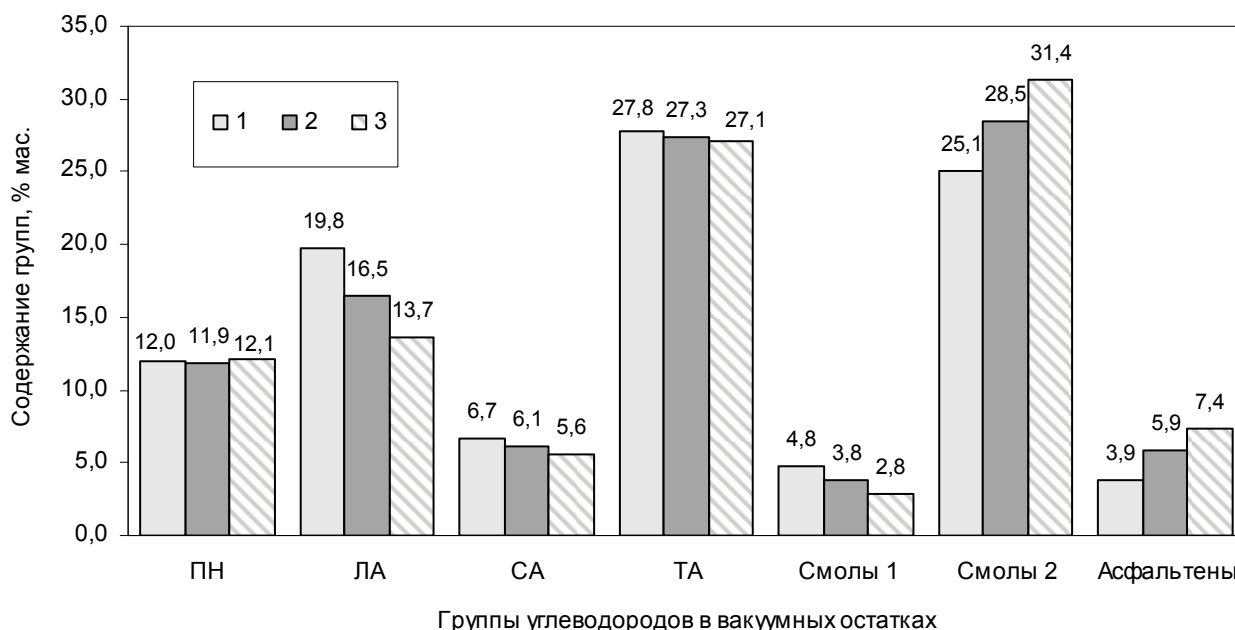


Рис. 1. Групповой химический состав вакуумных остатков разной глубины отбора, полученных из мазута Ярегской нефти: 1 – вакуумный остаток, выкипающий выше 470 °С; 2 – вакуумный остаток, выкипающий выше 500 °С; 3 – вакуумный остаток, выкипающий выше 520 °С

новании индекса коллоидной неустойчивости (Gaestel Index) (отношение суммы насыщенных компонентов и асфальтенов к сумме ароматических компонентов и смол) вакуумные остатки располагаются в ряд: остаток 470 °С (0.284) > остаток 500 °С (0.255) > остаток 520 °С (0.224). Полученные результаты показывают, что углубление отбора дистиллятных фракций с 470 до 500 °С (на 4.9%) и до 520 °С (на 2.5%) оказывает заметное влияние на ГХС остатков и их стабильность к термоокислительному старению.

Окисление образцов гудронов до битумов разных марок PG проводили в лабораторном реакторе с механическим перемешиванием периодического действия АО «СвНИИ НП». Загрузка сырья – 2.0–2.2 кг. Условия окисления: температура процесса 235–240 °С, расход воздуха на окисление –

1.5 л/мин на 1 кг сырья.

Полученные образцы битумных вяжущих были проанализированы на соответствие техническим условиям ГОСТ Р 58400.1-2019 стандартизованными методами:

- динамической вязкости по ГОСТ 33137 на приборе Реометр Rheolab QC «Anton Paar» (Австрия);

- сдвиговой и усталостной устойчивости по ГОСТ Р 58400.10, устойчивости к сдвиговым деформациям по ГОСТ Р 58400.6 на динамическом сдвиговом реометре (DSR) Physica MCR 102 SmartPave «Anton Paar» (Австрия);

- старения вяжущих под воздействием высокой температуры и воздуха (RTFOT) по ГОСТ 33140 на аппарате Scavini модель AD2872-100 (Италия);

- старения вяжущих под действием давления и температуры (PAV) по ГОСТ Р 58400.5 в печах для старения PAV и дегазации DVO «IPC global CONTROLSGroup» (Италия);

- определение жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах по ГОСТ Р 58400.8 с помощью реометра, изгибающего балочку (BBR) модель TE-BBR-F «Cannon Instruments» (США).

Результаты исследований образцов окисленного битума, полученных из остатка >470 °С на соответствие маркам PG по ГОСТ Р 58400.1-2019 приведены в табл. 2, из остатка >500 и > 520 °С – в табл. 3 и 4, соответственно.

Результаты и их обсуждение

В последние десятилетия на всех отечественных НПЗ ведутся модернизации АВТ с целью увеличения глубины фракционирования мазута на вакуумных блоках. Увеличение глубины отбора дистиллятных фракций приводит к утяжелению гудронов, которые становятся малоприспособными

в чистом виде для получения дорожных битумов по ГОСТ 33133-2014. Как показали результаты испытания битумных вяжущих PG марок, полученных окислением гудронов, выкипающих выше 470, 500 и 520 °С (табл. 2–4), схожие «негативные» тенденции будут наблюдаться при переработке тяжелых нафто-ароматических нефтей, в частности Ярегской, для получения битумов марок PG по ГОСТ Р 58400.1. При отборе дистиллятных фракций из мазута тяжелой нефти с 42 до 49 % наблюдается существенное увеличение вязкости вакуумного остатка (с 2308 до 7245 мм²/с), что снижает потенциал получения из них битумных вяжущих с низкотемпературными свойствами (минус 30 – минус 20), требуемыми современными стандартами для применения в большинстве климатических зон РФ. Графики, приведенные на рис. 2, наглядно демонстрируют зависимость двух основных показателей: температуры испытания, при которой сдвиговая устойчивость состаренного по методу RTFOT битумного вяжущего $G^*/\sin\delta$ равна 2.2 кПа, по ГОСТ Р 58400.10 и критической низкотемпературной

Таблица 2

Результаты исследований образцов окисленного битума на остатке >470 °С на соответствие маркам PG по ГОСТ Р 58400.1-2019

Метод	Наименование показателей	Исходный	Остаток >470°С								
			Окисленные образцы до марки PG								
			PG 52		PG 58		PG 64		PG 70		
Показатели качества и требования для исходного битума											
ГОСТ 33141	Температура вспышки, °С	> 280	> 280		> 280		> 280		> 280		
ГОСТ 33137	Динамическая вязкость при 135 °С, Па·с	0.13	0.27		0.35		0.50		0.72		
ГОСТ Р 58400.10	Сдвиговая устойчивость (G*/sinδ) не менее 1 кПа при 10 рад/с, при температуре испытания, °С	44.8	55.4		60.7		66.4		72.7		
Показатели качества для битума, состаренного по методу RTFOT											
ГОСТ 33140	Изменение массы после старения, %	0.04	-0.04		-0.12		-0.08		-0.08		
ГОСТ Р 58400.10	Сдвиговая устойчивость (G*/sinδ) не менее 2.2 кПа при 10 рад/с, при температуре, °С	41.9	52.5		58.5		64.7		71.0		
Показатели качества для битума, состаренного по методу PAV											
ГОСТ Р 58400.5	Температура старения по PAV, °С	90				100					
ГОСТ Р 58400.10	Усталостная устойчивость (G* sinδ) не более 5000 кПа при 10 рад/с, при температуре испытания, °С	1.0	6.1		8.7		10.7		13.2		
ГОСТ Р 58400.8	Низкотемпературная устойчивость при температуре испытания, °С: - жесткости S, МПа, - ползучесть m	- 30	-36	-24	-30	-24	-30	-24	-30	-18	-24
		237 0.374	604 0.258	134 0.379	300 0.309	170 0.346	353 0.277	191 0.316	398 0.264	109 0.335	231 0.293
ГОСТ Р 58400.3	Критическая низкая температура испытания по жесткости S (S = 300 МПа) Ts, °С	-31.5		-30.0		-28.7		-27.7		-26.1	
	Критическая низкая температура испытания по параметру m (m = 0.300) Tm, °С	-33.8		-30.8		-28.0		-25.8		-23.0	
ГОСТ Р 58400.1, ГОСТ Р 58400.3	Фактический интервал работоспособности (ТДЭ)	41.9-41.5 (83.4)		52.5-40.0 (92.5)		58.5-38.0 (96.5)		64.7-35.8 (100.5)		71.0-33.0 (104.0)	
	Фактическая марка битумного вяжущего (ТДЭ)	PG 40-40 (80)		PG 52-40 (92)		PG 58-34 (92)		PG 64-34 (98)		PG 70-28 (98)	

**Результаты исследований образцов окисленного битума на остатке >500 °С
на соответствие маркам PG по ГОСТ Р 58400.1-2019**

Метод	Наименование показателей	Остаток >500°С									
		Исходный	Окисленные образцы до марки PG								
			PG 52	PG 58	PG 64	PG 70					
Показатели качества и требования для исходного битума											
ГОСТ 33141	Температура вспышки, °С	> 280	> 280	> 280	> 280	> 280					
ГОСТ 33137	Динамическая вязкость при 135°С, Па·с	0.17	0.28	0.38	0.48	0.78					
ГОСТ Р 58400.10	Сдвиговая устойчивость (G*/sinδ) не менее 1 кПа при 10 рад/с, при температуре испытания, °С	49.2	55.8	61.3	65.9	72.7					
Показатели качества для битума, состаренного по методу RTFOT											
ГОСТ 33140	Изменение массы после старения, %	0.04	-0.01	-0.05	-0.03	-0.02					
ГОСТ Р 58400.10	Сдвиговая устойчивость: (G*/sinδ) не менее 2.2 кПа при 10 рад/с, при температуре, °С	46.5	53.5	59.3	64.1	70.6					
Показатели качества для битума, состаренного по методу PAV											
ГОСТ Р 58400.5	Температура старения по PAV, °С	90			100						
ГОСТ Р 58400.10	Усталостная устойчивость (G*sinδ) не более 5000 кПа при 10 рад/с, при температуре испытания, °С	4.4	7.3	10.8	12.2	15.2					
ГОСТ Р 58400.8	Низкотемпературная устойчивость при температуре испытания, °С: - жесткости S, МПа, - ползучесть m	-24	-30	-24	-30	-24	-30	-18	-24	-18	-24
		140	368	176	393	202	422	102	221	113	276
		0.414	0.312	0.346	0.287	0.328	0.268	0.355	0.291	0.315	0.280
ГОСТ Р 58400.3	Критическая низкая температура испытания по жесткости S (S = 300 МПа) Ts, °С	-28.7		-28.0		-27.2		-26.4		-24.6	
	Критическая низкая температура испытания по параметру m (m = 0.300) Tm, °С	-30.7		-28.7		-26.8		-23.2		-20.6	
ГОСТ Р 58400.1, ГОСТ Р 58400.3	Фактический интервал работоспособности (ТДЭ)	46.5-38.7 (85.2)		53.5-38.0 (91.5)		59.3-36.8 (96.1)		64.1-33.2 (97.3)		70.6-30.6 (101.2)	
	Фактическая марка битумного вяжущего (ТДЭ)	PG 46-34 (80)		PG 52-34 (86)		PG 58-34 (92)		PG 64-28 (92)		PG 70-28 (98)	

устойчивости по ГОСТ Р 58400.8, характеризующих изменения фактического интервала работоспособности битумных вяжущих от глубины отбора вакуумных дистиллятов (выше 470, 500, 520 °С). Так, при отборе из мазута Ярегской нефти дистиллятных фракций в количестве 40–42 %, получается пластичный вакуумный остаток, выкипающий выше 470 °С, с температурой размягчения по КиШ 28 °С, который без дополнительного окисления соответствует требованиям к битуму марки PG 40-40. Окисление данного остатка позволяет получать востребованные в разных регионах РФ битумы марок PG 52-40, PG 58-34, PG 64-34, PG 70-28 ⁶. Следует отметить, что получение битумов марок PG 52-40 и PG 64-34 из традиционных (легких и средних) нефтей затруднительно даже с применением пластификаторов.

Увеличение отбора дистиллятных фракций до 47% приводит к получению менее пластичного остатка с температурой размягчения 32 °С, выки-

пающего выше 500 °С, который без дополнительного окисления соответствует требованиям к битуму марки PG 46-34. Дополнительное окисление данного остатка позволяет получать битумы марок PG 58-34, PG 64-28, PG 70-28.

Дальнейшее увеличение отбора дистиллятных фракций из мазута тяжелой нефти до 49% приводит к получению высоковязкого вакуумного остатка, выкипающего выше 520 °С, с температурой размягчения 38 °С, соответствующего битуму марки PG 52-28. Дополнительное окисление данного остатка позволяет получать лишь битумы марок PG 58-28, PG 64-28 (в узком диапазоне сдвиговой устойчивости на марку), PG 70-22, которые доступны к производству на битумных установках из традиционного сырья (гудронов легких и средних нефтей) по существующим схемам переработки.

Такое резкое изменение свойств остатков Ярегской нефти, выкипающих при температуре выше 520 °С, показывает необходимость перера-

**Результаты исследований образцов окисленного битума на остатке >520°C
на соответствие маркам PG по ГОСТ Р 58400.1-2019**

Метод	Наименование показателей	Остаток >520°С									
		Исходный	Окисленные образцы до марки PG								
			PG 58		PG 64		PG 64		PG 64		
Показатели качества и требования для исходного битума											
ГОСТ 33141	Температура вспышки, °С	> 280	> 280	> 280	> 280	> 280	> 280	> 280	> 280	> 280	> 280
ГОСТ 33137	Динамическая вязкость при 135°С, Па·с	0.28	0.36	0.49	0.63	0.75	0.63	0.75	0.63	0.75	0.75
ГОСТ Р 58400.10	Сдвиговая устойчивость: (G*/sinδ) не менее 1 кПа при 10 рад/с, при температуре испытания, °С	57.1	63.2	66.2	69.6	72.5	69.6	72.5	69.6	72.5	72.5
Показатели качества для битума, состаренного по методу RTFOT											
ГОСТ 33140	Изменение массы после старения, %	0.1	-0.4	-0.1	-0.09	-0.06	-0.09	-0.06	-0.09	-0.06	-0.06
ГОСТ Р 58400.10	Сдвиговая устойчивость: (G*/sinδ) не менее 2,2 кПа при 10 рад/с, при температуре испытания, °С	55.2	61.3	64.3	68.4	70.9	68.4	70.9	68.4	70.9	70.9
Показатели качества для битума, состаренного по методу PAV											
ГОСТ Р 58400.5	Температура старения по PAV, °С	90	100								
ГОСТ Р 58400.10	Усталостная устойчивость: (G* sin δ) не более 5000 кПа при 10 рад/с, при температуре испытания, °С	11.6	14.7	16.0	18.9	19.8	18.9	19.8	18.9	19.8	19.8
ГОСТ Р 58400.8	Низкотемпературная устойчивость при температуре испытания, °С: - жесткости S, МПа, - ползучесть m	- 18	-24	-18	-24	-18	-24	-12	-18	-12	-18
		123 0.391	303 0.302	164 0.343	350 0.282	186 0.326	391 0.275	87 0.365	201 0.291	105 0.328	223 0.281
ГОСТ Р 58400.3	Критическая низкая температура испытания по жесткости S (S = 300 МПа) Ts, °С	-23.9	-22.8	-21.9	-20.9	-20.4	-20.9	-20.4	-20.9	-20.4	-20.4
	Критическая низкая температура испытания по параметру m (m = 0.300) Tm, °С	-24.1	-22.2	-21.1	-17.3	-15.6	-17.3	-15.6	-17.3	-15.6	-15.6
ГОСТ Р 58400.1, ГОСТ Р 58400.3	Фактический интервал работоспособности (ТДЭ)	55.2-33.9 (89.1)	61.3-32.2 (93.5)	64.3-31.1 (95.4)	68.4-27.3 (95.7)	70.9-25.6 (96.5)	68.4-27.3 (95.7)	70.9-25.6 (96.5)	68.4-27.3 (95.7)	70.9-25.6 (96.5)	70.9-25.6 (96.5)
	Фактическая марка итумного вяжущего (ТДЭ)	PG 52-28 (80)	PG 58-28 (86)	PG 64-28 (92)	PG 64-22 (86)	PG 70-22 (92)	PG 64-22 (86)	PG 70-22 (92)	PG 64-22 (86)	PG 70-22 (92)	PG 70-22 (92)

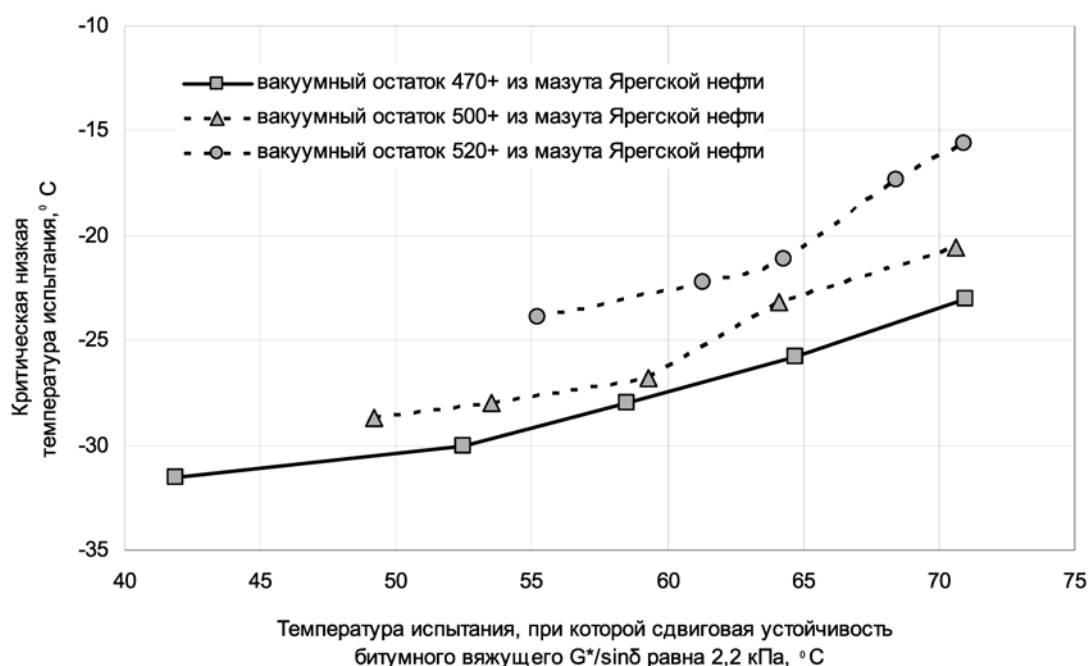


Рис. 2. Изменение свойства окисленных битумов разных марок PG на вакуумных остатках >470, >500 и >520 °C

ботки тяжелых нефтено-ароматических нефтей для получения современных битумов марок PG по ГОСТ Р 58400.1. в режиме ограничения отбора дистиллятных фракций.

Таким образом, на основе представленных экспериментальных данных показано, что подходы к переработке легких и тяжелых нефтей, применительно к задачам получения из них качественных битумных материалов, существенно отличаются. Попытки углубления отборов дистиллятных фракций из тяжелых нефтей на уровне

легких, будут приводить к «неоправданной» потере их уникальных свойств. Оптимальным вариантом переработки тяжелых нефтено-ароматических нефтей на НПЗ при получении современных востребованных дорожных битумных материалов марок PG по ГОСТ Р 58400.1 является отбор на АВТ из мазутов дистиллятных фракций в количестве не более 42%. Представленный уровень отбора дистиллятов обеспечивает глубину переработки нефти и качество вяжущих материалов на современном уровне.

Литература

1. Крупин Н.В. Обзор современных мировых тенденций развития асфальтобетонов // Дороги России. – 2020. – №1. – С.6-13.
2. Копотилов А. Улучшение свойств дорожных битумов // Дороги России. – 2020. – №2 (116). – С.42-49.
3. Копотилов А. Битум. Без альтернатив // Дороги России. – 2021. – №2 (122). – С.7-21.
4. Кошкараров Е. Главная тенденция - повышение качества битумных материалов дорожных покрытий // Автомобильные дороги. – 2022. – №3 (1084). – С.68-69.
5. Лазарев А. Битум двигает дорожную сеть вперед // Автомобильные дороги. – 2022. – №5(1086). – С.78-81.
6. Рубежанский А., Кузин К. Переход на новые методы проектирования влечет за собой качественные изменения в привычном формате строительного контроля // Автомобильные дороги. – 2022. – №8 (1089). – С.44-47.
7. Сомов В.Е., Залищевский Г.Д., Бруснин А.Г., Рябинин И.В., Васильев В.В., Саламатова Е.В., Садчиков И.А., Никитин Е.Е. Влияние группового химического состава смеси западносибирских нефтей на качество дорожного битума // ХТТМ. – 2016. – №5(597). – С.40-44.
8. Антонов С.А., Матвеева А.И., Пронченков И.А., Бартко Р.В., Никульшин П.А., Килякова А.Ю., Герасимов А.В. Особенности химического состава и свойств тяжелой нефтено-ароматической нефти и варианты ее квалифицированной переработки // ХТТМ. – 2022. – №4(632). – С.3-8.
9. Игнатов Э.М. Производство битумов на Ухтинском НПЗ // Научные труды ИП НКП (БашНИИ НП). – 1973. – Вып. XI. – С.149-155.
10. Пискунов И.В., Глаголева О.Ф. Основные перспективы переработки нефти, производства топлив и нетопливных нефтепродуктов в условиях перехода к низкоуглеродной энергетике // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2021. – №7. – С.5-19.

References

1. Krupin N.V. *Obzor sovremennykh mirovykh tendentsiy razvitiya asfal'tobetonov* [Overview of current global trends in the development of asphalt concrete]. *Dorogi Rossii* [Roads of Russia], 2020, no.1, pp.6-13.
2. Kopotilov A. *Uluchshenie svoystv dorozhnykh bitumov* [Improving the properties of road bitumen]. *Dorogi Rossii* [Roads of Russia], 2020, no.2, pp.42-49.
3. Kopotilov A. *Bitum. Bez al'ternativ* [Bitumen. Without alternatives]. *Dorogi Rossii* [Roads of Russia], 2021, no.2, pp.7-21.
4. Koshkarov E. *Glavnaya tendentsiya – povyshenie kachestva bitumnykh materialov dorozhnykh pokrytiy* [The main trend is to improve the quality of bituminous pavement materials]. *Avtomobil'nye dorogi* [Car roads], 2022, no.3(1084), pp.68-69.
5. Lazarev A. *Bitum dvigaet dorozhnuyu set' vpered* [Bitumen moves the road network forward]. *Avtomobil'nye dorogi* [Car roads], 2022, no.5(1086), pp.78-81.
6. Rubezhanskii A., Kuzin K. *Perekhod na novye metody proektirovaniia vlechet za soboy kachestvennye izmeneniya v privychnom формате stroitel'nogo kontrolya* [The transition to new design methods entails qualitative changes in the usual format of construction control]. *Avtomobil'nye dorogi* [Car roads], 2022, no.8(1089), pp.44-47.
7. Somov V.E., Zalishchevskii G.D., Brusnin A.G., Ryabinin I.V., Vasil'ev V.V., Salamatova E.V., Sadchikov I.A., Nikitin E.E. [Effect of group chemical composition of a mixture of West Siberian oils on road asphalt quality]. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 2016, vol.52, no.5, pp.527-535.
8. Antonov S.A., Matveeva A.I., Pronchenkov I.A., Bratko R.V., Nikulshin P.A., Kilyakova A.Yu., Gerasimov A.V. [Distinctive features of composition and properties of heavy naphthenic-aromatic oil and options for its proficient refining]. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 2022, vol.58, no.4, pp.575-581.
9. Ignatov E.M. [Bitumen production at the Ukhta Refinery]. *Nauchnye trudy IP NKhP (BashNII NP)* [Proc. of the BashNII NP], 1973. vol.XI, pp.149-155.
10. Piskunov I.V., Glagoleva O.F. *Osnovnye perspektivy pererabotki nefsti, proizvodstva topliv i netoplivnykh nefteproduktov v usloviyakh perekhoda k nizkouglerodnoy energetike* [The main prospects for oil refining, the production of fuels and non-fuel oil products in the context of the transition to low-carbon energy]. *Neftepererabotka i neftekhimiya* [Oil refining and petrochemistry], 2021, no.7, pp.5-19.