



Отчет по результатам предварительных испытаний переработки высоковязкой битумной нефти на оборудовании «ЯРУС-ФР»

Природные битумы месторождений Республики Татарстан отличаются высоким содержанием асфальтеносмолистых компонентов и сернистых соединений (см Табл. 1), что существенно осложняет атмосферно-вакуумную перегонку в связи с коррозией оборудования и термодеструкцией высокомолекулярных соединений, поэтому обычно проводят предварительное обезвоживание и деасфальтизацию для выделения асфальтосмолистого концентрата (АСК).

Таблица 1. Характеристика тяжёлых нефтей пермских отложений месторождений РТ

Показатели	Значение	
Плотность при 20°C	940 – 970	кг/м ³
Вязкость при 20°C	400 – 5000	мПа·с
Содержание общей серы	3,0 – 4,6	% масс.
Содержание смол и асфальтенов	19 – 34	% масс.
Массовая доля масел	66 – 81	% масс.
Массовая доля парафинов	0,04 – 1,6	% масс.
Температура застывания	от –18 до 0	°С
Коксуемость	8,7 – 12	%
Выход фракций, выкипающих до 300 °С	8 – 33	% об.

На Рис. 1 показан фрагмент схемы переработки высоковязкой нефти (ВВН) и природных битумов (ПБ), приводимой РНТЦ ВНИИнефть, г. Бугульма. Схема прошла испытания на опытно-промышленных установках Шугуровского НБЗ и Института проблем нефтехимпереработки (г. Уфа) и принята в качестве основной схемы Программы освоения ресурсов ПБ в Республике Татарстан.

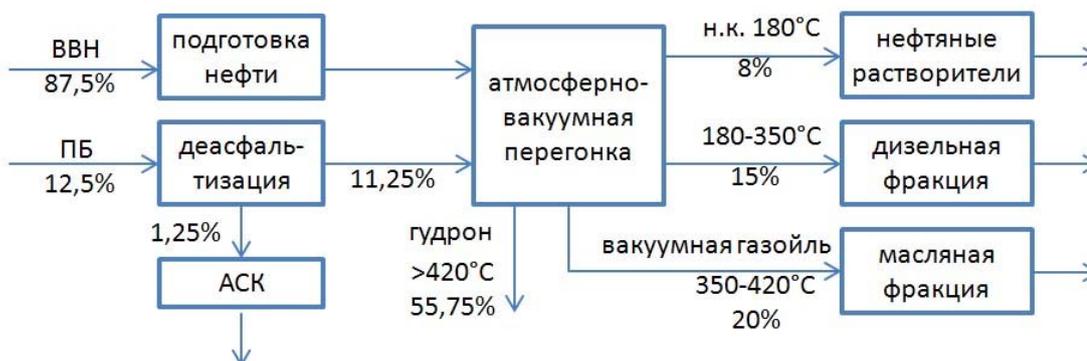


Рис. 1. Базовая схема переработки ВВН и ПБ

Атмосферно-вакуумная перегонка дает небольшой выход светлых нефтепродуктов (10 – 20 %), для увеличения доли используются дорогие процессы гидрокрекинга, каталитического крекинга, термокрекинга и т. д.

При переработке ВВН с использованием реактора «ЯРУС» не проводится предварительная подготовка сырья, выход светлых фракций составляет 75 %, вязкий остаток смолистой консистенции составляет порядка 15 %, выход неконденсируемых легких фракций порядка 10%.

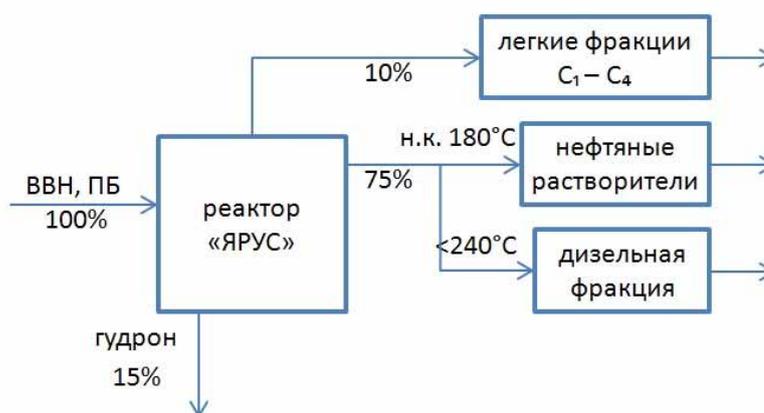


Рис. 2. Схема переработки ВВН и ПБ с использованием реактора «ЯРУС»

Таблица 2. Сравнение удельных затрат при различных способах переработки ВВН и ПБ

Наименование процесса	Удельные затраты энергии		
	кг.у.т./т сырья	МДж/кг	кВт·ч/кг
Переработка ВВН в реакторе «ЯРУС»			
однократная	49 – 74	1,44 – 2,2	0,4 – 0,6
двукратная	74 – 110	2,2 – 3,24	0,6 – 0,9
Типовые процессы переработки ВВН и ПБ			
Первичная переработка нефти	45 – 50	1,32 – 1,5	0,37 – 0,41
Каталитический крекинг	25 – 30	0,73 – 0,88	0,2 – 0,24
Гидрокрекинг	30 – 40	0,88 – 1,2	0,24 – 0,33

Затраты электроэнергии на переработку 10кг:

Источник нагрева – ТЭНы. Затраты энергии: 6 кВт·ч

Стоимость энергозатрат составляет: $(6 \text{ кВт·ч} \times 5 \text{ руб/кВт·ч}) / 10 \text{ кг} = 3 \text{ руб/кг}$

Затраты диз.топлива на переработку 10кг:

Принимаем равные затраты энергии (6 кВт·ч), тогда

$(0,5 \text{ литр} \times 0,86 \text{ кг/л} \times 27 \text{ руб./л} \times 45 \text{ МДж/кг} \times 0,278 \text{ кВтч /МДж}) / 10 \text{ кг} = 1,45 \text{ руб/кг}$

Затраты мазута на переработку 10кг:

$(0,5 \text{ литр} \times 6 \text{ руб./л}) / 10 \text{ кг} = 0,3 \text{ руб/кг}$

Таблица 3. Сравнение стоимости энергозатрат (руб/кг) на переработку ВВН с использованием реактора «ЯРУС», при использовании различных источников нагрева.

Источник нагрева	Расход энергии на переработку сырья (в кол-ве 10 кг)	Стоимость энергозатрат, руб/кг
Электроэнергия	6 кВт·ч	3
Диз.топливо	0,5 литр	1,45
Мазут	0,5 литр	0,3

Удельное потребление энергии на переработку ВВН составило 2,2 МДж/кг при однократной переработке. При использовании в качестве источника нагрева дизельного топлива или мазута стоимость энергозатрат составит 1,45 и 0,3 руб/кг соответственно. Для обеспечения процесса переработки в качестве источника нагрева (топлива) могут использоваться легкие фракции С₁ — С₄, образующиеся в результате разделения. В этом случае стоимость энергозатрат не исчисляется. Также может использоваться попутный нефтяной газ (конструкция «ЯРУС» приспособлена к работе на ПНГ).

Переработка высоковязкой битумной нефти Ашальчинского месторождения

Предварительные испытания по переработке высоковязкой битумной нефти Ашальчинского месторождения на оборудовании «ЯРУС-ФР» (лабораторная установка) были проведены 14.10.2014 г. в г. Казань. Исходное сырье в количестве 10 кг предоставлено ТАТНИПНефть. Характеристики исходного сырья, а также переработанного в реакторе «ЯРУС» материала приведены в Таблице 4.

Таблица 4. Результаты испытаний переработки ВВН (образец ТАТНИПНефть) на лабораторной установке «ЯРУС-ФР»

Показатели	Исходный материал	Переработанный материал		
		I	II*	
Плотность при 20°С	960	840	800	кг/м ³
Вязкость при 20°С	8,7	7,8		ед.
Температура начала кипения	+150	+28		°С
Выход фракций, выкипающих до 360 °С	12 – 18 %	>85		% об.
Фракционный состав				% об.
	н.к. 110 °С	5		(бенз. фр)
	125 – 240 °С	70		(диз. фр)

*Материал I— получен в результате однократной переработки; материал II— в результате двукратной переработки

Способ переработки с использованием «ЯРУС» может применяться для переработки ВВН и ПБ с получением полусинтетических и синтетических нефтей непосредственно на месте добычи; компаундирование с фракцией н.к. +110 °С до 10 % масс. позволяет снизить вязкость и приготовить нефтепродукт, пригодный для транспортировки в трубопроводе.

Вязкость измерена в относительных единицах, за 1 ед. принята измеренная вязкость воды при 20°С. Значение вязкости 7,8 ед. получено после отбора бензиновой фракции. При компаундировании исходного материала с фракцией 125 – 240 °С (дизельной), получены следующие значения вязкости: 5 % масс. — 8,0 ед.; 10 % масс. — 7,2 ед.; 15 % масс. — 6,9 ед.; 20 % масс. — 6,4 ед.

Способ переработки с использованием «ЯРУС» отличается низким удельным потреблением энергии (2,2 МДж/кг). Процесс переработки проводится в одну стадию, не требует предварительной подготовки сырья. Процесс переработки проводится при атмосферном давлении, при сравнительно низкотемпературном нагреве (+240 °С). Получено существенное увеличение доли светлых фракций (75 %).

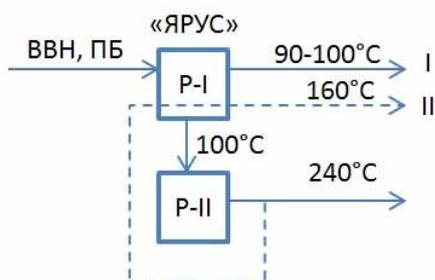


Рис. 3. Схема однократной и двукратной переработки ВВН и ПБ с использованием реактора «ЯРУС»

Для увеличения выхода бензиновой фракции и практически полного удаления серы возможно проведение двукратной переработки.

«ЯРУС» отличается низкой удельной стоимостью. Капиталоемкость оценивается на уровне 1 млн руб. за установку объемом переработки 10 тыс. т в год при промышленном способе производства.

Один из вариантов применения «ЯРУС»: на месте добычи для закачки дистиллята непосредственно в пласт в качестве растворителя тяжелой нефти для повышения коэффициента нефтеотдачи.

Переработка мазута М-200

Мазут М-200 — высокосернистый, вязкий топочный мазут, получаемый из тяжелых остатков переработки нефти, угля и горючих сланцев. Повышенная вязкость мазута М-200 создает трудности и проблемы при его использовании.

Предварительные испытания по переработке мазута М-200 на оборудовании «ЯРУС-ФР» (лабораторная установка) были проведены в ноябре 2014 г. в г. Казань. Исходное сырье в количестве 4,644 кг переработано без предварительной подготовки. Характеристики исходного сырья, а также переработанного в реакторе «ЯРУС» материала приведены в Таблице 5.

Таблица 5. Результаты испытаний переработки мазута на лабораторной установке «ЯРУС-ФР»

Показатели	Исходный материал	Переработанный материал	
	мазут	I	II*
Плотность при 20°C	0,89–1,0	804	кг/м ³
Вязкость при 100°C	8–80		мм ² /с
Температура начала кипения	30		°C
Содержание серы	0,5–3,5		% масс.
Выход фракций, выкипающих до 360 °C		49,6	% масс.
Фракционный состав			% масс.
	н.к. 60 °C	8	(бенз. фр)
	60...100 °C	14	(бенз. фр)
		18,1	(диз. фр)
		4,5	(масло св.)

*Материал I— получен в результате однократной переработки; материал II— в результате двукратной переработки

При первичной переработке мазута М-200 получен выход бензино-дизельной фракции с температурой кипения до 360 °C в количестве 49,6 % масс., маляно-битумной фракции жидкой консистенции порядка 11 % масс., гудрона вязкой консистенции порядка 11 % масс., легких неконденсируемых газов порядка 28,4 % масс. Результаты приведены в Табл. 6.

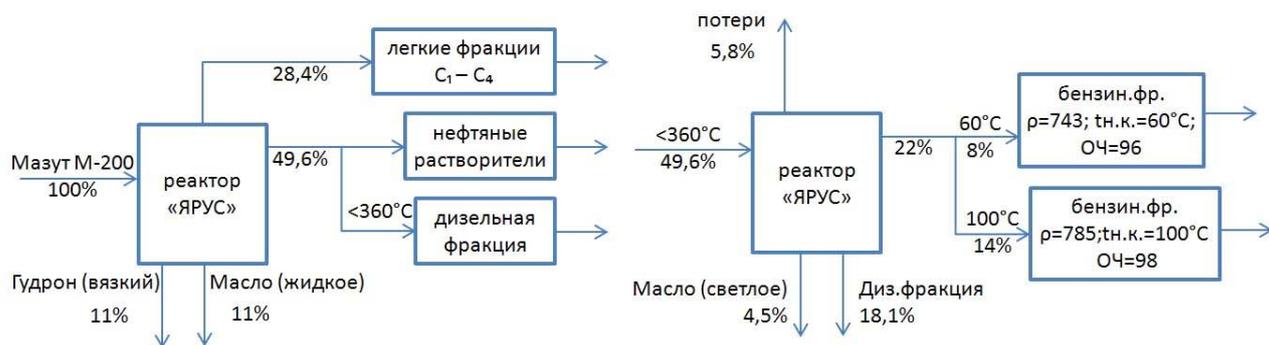


Рис. 4. Схема однократной и двукратной переработки мазута М-200 с использованием реактора «ЯРУС»

Таблица 6. Результаты испытаний переработки мазута на лабораторной установке «ЯРУС-ФР»

Переработанный материал			
I		II*	
	% масс		% масс
легкие фракции	28,4		
<360°C		потери	5,8
бензино-дизельная фракция	49,6	бензиновая фракция (ρ=743; тн.к.=60°C; ОЧ=96)	8,0
ρ=803		бензиновая фракция (ρ=785; тн.к.=100°C; ОЧ=98)	22 14,0
		дизельная фракция (ЦЧ=47)	18,1
		масло (светлое)	4,5
масло(жидкое)	11		
гудрон (вязкий.)	11		

*Материал I— получен в результате однократной переработки; материал II— в результате двукратной переработки

При повторной переработке бензино-дизельной фракции с температурой кипения до 360 °С плотностью $\rho=804 \text{ кг/м}^3$ получен выход бензиновой фракции 22 % масс. (включая 14,0 % масс. — бензина плотностью $\rho=743 \text{ кг/м}^3$, тн.к.=60°C, с октановым числом по исследовательскому методу ОЧ=96; 8,0 % масс. — бензина плотностью $\rho=785 \text{ кг/м}^3$, 60°...100 °С, с октановым числом по исследовательскому методу ОЧ=98), выход дизельной фракции 18,1 % масс. с цетановым числом 47, выход масляной светлой фракции 4,5 % масс, потери около 5,8 % масс. Процентное содержание по массе приведено по отношению к количеству исходного сырья (мазут М-200). Результаты отражены в Табл. 6. Условная схема переработки показана на Рис. 4.