

Таблица 2

Показатели	Режим		
	1	2	3
Режим крекинга			
Производительность, т/ч	157,9	213,8	234,5
% проектной	63	86	94
Расход шлама, т/ч	31,8*	13,9*	15,2**
Давление в отстойной зоне, МПа	0,105	0,113	0,120
Температура крекинга, °С	510	515	515
Кратность циркуляции катализатора, кг/т	9,1	8,8	7,7
Время контакта фаз, с	4,4	3,9	4,0
Конверсия сырья (газ+бензин+кокс), %	72,8	69,1	67,0
Октановое число бензина:			
по ММ	79,6	79,2	80,3
по И М	89,6	90,0	90,0
Режим регенерации			
Расход воздуха, тыс. м³/ч	107,9	124,0	126,3
Температура кипящего слоя, °С	636	646	647
Температура в отстойной зоне, °С	658	662	667
Высота кипящего слоя, м	6,2	6,8	6,4
Количество сгорающего кокса, т/ч	7,3	9,5	9,5
Время пребывания катализатора, мин	8,0	6,0	6,1
Массовое содержание остаточного кокса на катализаторе, %	0,12	0,17	0,17
Объемный состав дымовых газов, %:			
O ₂	6,6	4,2	4,6
CO ₂	12,1	13,5	13,3
CO	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Материальный баланс крекинга, % по массе			
Взято:			
Сырье	100	100	100
Получено:			
Сухой газ	6,2	5,6	5,0
ППФ	3,0	2,4	2,3
ББФ	6,6	6,4	5,5
Стабильный бензин	51,0	49,2	48,9
Легкий газойль	18,1	15,8	16,9
Тяжелый газойль	9,5	15,2	16,3
Кокс	4,6	4,4	4,1
Потери	1,0	1,0	1,0
Всего:	100	100	100

* Традиционная подача в основание прямоточного реактора.

** Подача в середину прямоточного реактора.

повышение содержания остаточного кокса на катализаторе вызвано низким временем пребывания катализатора в регенераторе (менее 7 мин) при недостаточной высоте кипящего слоя. При этом в условиях поступления закоксованного катализатора на поверхность слоя наблюдается дождик СО как в отстойной зоне, так и в сборной камере.

Подача шлама в середину прямоточного реактора (режим 3) приводит к повышению текущей активности катализатора и температуры на начальном участке прямоточного реактора, что положительно отражается на октановых характеристиках бензина.

В последующие пробегі 1996 и 1997 г., в зависимости от производственных обстоятельств, установка рабо-

тала с производительностью 85-100% проектной. Выявленные ограничения в работе установки были преодолены в период освоения путем подбора технологических режимов.

Анализ работы установки за весь период показывает, что реакторный блок каталитического крекинга работает стабильно в широком диапазоне изменения производительности, качества сырья и параметров технологического режима с высокими показателями процесса.

Как отмечалось выше, работа комплекса КТ-1/1 неразрывно связана с совместной эксплуатацией двух установок каталитического крекинга в условиях дефицита сырья и изменяющейся загрузки установок. Для повышения гибкости и надежности работы установки

43-103 была проведена частичная модернизация ее оборудования (без существенных капиталовложений). В настоящее время НПФ "Элиstek" по заданию ОАО "Омский НПЗ" разработала проект комплексной поэтапной реконструкции установки 43-103, включающий реконструкцию реакторного блока с выносной системой пылеулавливания и основной ректификационной колонны с системой конденсации и охлаждения продуктов верха колонны. Реализация 1-го этапа реконструкции, затрагивающего реакторный блок, намечена на 1-е полугодие 1998 г.

Проведенное ОАО "Омский НПЗ" совместно с НПФ "Элиstek" после пуска комплекса КТ-1/1 обследование работы входящей в его состав вакуумной колонны К-601, вырабатывающей вакуумный газойль - сырье секции каталитического крекинга, позволило выявить ограничения в ее работе. Ограничения, связанные с проектными просчетами, приводили к невозможности эксплуатации колонны в проектном режиме с обеспечением требуемого качества продуктов. На основании расчетной проработки НПФ "Элиstek" был разработан проект и летом 1997 г. проведена реконструкция внутренних устройств колонны. Одной из целей реконструкции кроме расширения ограничений в работе было расширение диапазона устойчивой работы колонны с увеличением отбора вакуумного газойля при снижении его содержания в дизельных фракциях и за счет повышения температуры конца кипения. Это позволяет существенно расширить ресурсы сырья каталитического крекинга и загрузить секцию каталитического крекинга на 100% в случае уменьшения загрузки комплекса при снижении поставок нефти на завод. Обследование работы реконструированной колонны показало, что все поставленные перед реконструкцией задачи достигнуты, в том числе увеличен выход вакуумного газойля с обеспечением резерва для дальнейшего его повышения.

Проведенные технологические обследования работы установок показали возможность и пути реализации улучшения показателей процессов.

Решение комплексной задачи эксплуатации двух установок каталитического крекинга позволяет оптимизировать технологическую схему завода и обеспечить высокие показатели работы Омского НПЗ.

И.Б.Бронфин
(ОАО "Сибнефть"),
А.И.Гужелов, В.М.Фомичев,
П.А.Абрашников,
В.В.Храпов (АО "Омский
НПЗ"), Н.Л.Ющенко,
К.О.Шаховский, Б.В.Андреев
(ЗАО НПФ "Элиstek")

I.B.Bronfin (OAO "Sibneft"), A.I.Gujelov,
V.M.Fomichev, P.A.Abrashnikov, V.V.Hrapov
(AO "Omskiy NPZ"), N.L.Yuschenko,
K.O.Shahovskiy, B.V.Andreev
(ZAO NPF "Elistek")

Реконструкция вакуумной колонны К-601 в составе комплекса глубокой переработки мазута КТ-1/1

Refurbishment of the vacuum column K-601 in the structure of fuel oil deep processing complex KT-1/1

It is shown, that successful realization of vacuum column K-601 refurbishment has enabled to increase raw material resources of required quality, needed for the process of catalytic cracking, with simultaneous decrease of primary distillation unit loading and corresponding increase of processing depth and process profitability.

Пуск в 1994 г. комплекса глубокой переработки мазута КТ-1/1 производительностью 4 млн. т/год по мазуту явился событием не только для Омского НПЗ, но и для всей отечественной нефтепереработки и позволил довести глубину переработки до рекордного для России показателя 83%.

Основной функцией вакуумной колонны К-601, расположенной в начале технологической схемы комплекса КТ-1/1, является получение качественного вакуумного газойля - сырья процесса каталитического крекинга. Другими продуктами вакуумной перегонки мазута являются гудрон и дизельная фракция, используемая как компонент при компаундировании в производстве товарного дизельного топлива. При этом, как показывает отечественный и зарубежный опыт эксплуатации аналогичных колонн с регулярной насадкой, качество получаемой на них вакуумной дизельной фракции выше, чем у дизельных фракций с атмосферных колонн.

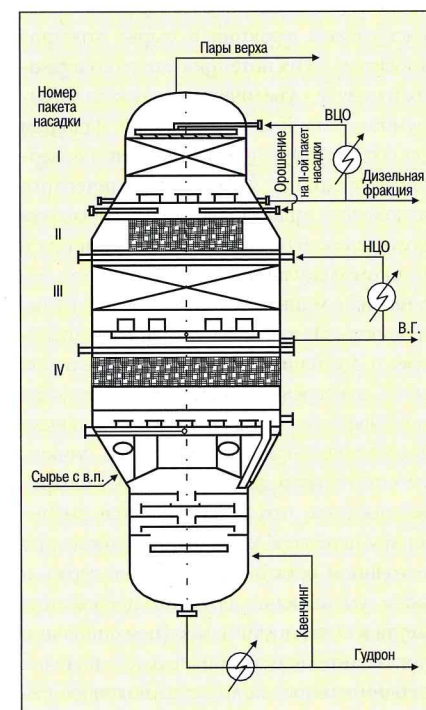
Насадочная вакуумная колонна К-601 имеет переменное сечение по высоте 5500/8800/5500 мм. Концентрационная часть колонны разделена глухими тарелками на три секции (см. рисунок) - верхнюю секцию отбора дизельной фракции (I-й пакет насадки), секцию отбора вакуумного газойля с двумя пакетами насадки (II-й и III-й) и промывочную секцию (IV-й пакет). До реконструкции во всех секциях колонны была установлена однотипная регулярная насадка конструкции ВНИИНефтемаш, причем в

верхней секции колонны насадка была размещена в зауужающем коробе квадратного сечения. Согласно первоначальному проекту дизельная фракция должна отбираться с верха колонны боковым погоном при температуре верха колонны 65-120°C. Качественное деление вакуумный газойль/дизельная фракция обеспечивается работой II-го пакета насадки и должно регулироваться посредством изменения расхода орошения (испаряющейся флегмы), подаваемого на данный II-й пакет с вышележащей глухой тарелки отбора дизельной фракции.

Однако с момента пуска вакуумной колонны никакие технологические приемы (например, варьирование расходов циркуляционных орошений и, прежде всего, верхнего циркуляционного орошения - ВЦО) не позволили вывести колонну на проектный режим работы: дизельная фракция не конденсировалась в верхней секции, а выводилась в парах с верха колонны при температуре 210-230°C. Температура верха колонны перестала быть регулируемым технологическим параметром, увеличение расхода орошения на II-й пакет насадки для улучшения деления и снижения содержания вакуумного газойля в дизельной фракции не приводило к желаемому результату, а лишь усугубляло ситуацию: массовое содержание вакуумного газойля в дизельной фракции, отбираемой в парах с верха колонны, достигало 30%. Работа колонны в непроектом режиме с высокой и нерегулируемой температурой верха, большим перепадом давления по колонне (порядка 20 мм.рт.ст.), вывод дизельной

фракции в парах с верха колонны и низкое ее качество, которое невозможно регулировать, а также связанные с этим существенные потери вакуумного газойля на фоне нестабильного технологического режима - вот основные причины, заставившие выявить узкие места и ограничения в работе оборудования, пересмотреть принятые первоначальные проектные решения по колонне К-601 и приступить к устранению причин неудовлетворительной работы.

В результате проведенного промышленного обследования работы вакуумной



колонны, ревизии оборудования в период плановой остановки и последующей про- работки с использованием адекватной расчетной модели колонны было уста- новлено, что причиной неудовлетвори- тельной работы колонны К-601 являют- ся проектные просчеты. Это привело, в частности, к режиму захлебывания верх- ней секции колонны по парам вследствие размещения пакетов насадки непосред- ственно на опорных балках со снижением свободного сечения. Именно захлебыва- ние верхнего пакета насадки не позволяет осуществить необходимый теплосъем в секции ВЦО, сконденсировать и вывести дизельную фракцию боковым погоном. Захлебывание верхней секции колонны является ограничением в подъеме произ- водительности установки и, кроме того, препятствует нормальной работе II-го па- кета насадки, обеспечивающего деление вакуумный газойль/дизельная фракция, так как с увеличением расхода испаряю- щейся флегмы на орошение данного паке- та возрастает паровая нагрузка на верх- нюю секцию и режим захлебывания усу- губляется, при этом возрастает перепад давления по колонне.

Другими технологически значимыми эффектами, выявленными в ходе промыш- ленного обследования и учтенными при проектировании реконструкции колонны, были термический крекинг мазута в нагре- вательной печи и внутреннее флегмирова- ние промывочной секции колонны. Терми- ческое разложение мазута приводит, по- мимо образования избыточного количест- ва газов разложения и коксования змеви- ков печи, к изменению содержания кон- денсируемых фракций в сырье колонны относительно их потенциального содержа- ния в мазуте - увеличению содержания ва- куумного газойля и дизельной фракции при соответствующем уменьшении содер- жания гудрона. Эффект термического разложения зависит как от состава мазута (прежде всего от содержания сернистых и высокомолекулярных парафиновых со- единений с минимальной термической ста- бильностью), так и от условий (темпера- туры и давления) и времени пребывания сырья в нагревательной печи. Уменьше- нию эффекта термического разложения способствует, при прочих равных, сниже- ние остаточного давления в зоне испаре- ния колонны, что обеспечивается умень- шением перепада давления по колонне при постоянном остаточном давлении верха, а также уменьшение времени пребывания мазута в печи, достигаемое (при снижении производительности по сырью) подачей дополнительного количества водяного пара в печь.

Таблица 1

Потоки	Материальный баланс вакуумной колонны К-601 до реконструкции	после реконструкции	
		Режим 1	Режим 2
Взято:			
- сырье колонны, %	100.0	100.0	100.0
Получено, %			
- легкая дизельная фракция, отбираемая в парах с верха	6.1	0.4	1.7
- дизельная фракция	0	4.9	6.5
- вакуумный газойль	53.0	52.3	53.5
- гудрон	39.9	41.4	37.3
Разбаланс, %	1.0	1.0	1.0

Таблица 2

Показатели	До реконструкции	После реконструкции	
		Режим 1	Режим 2
Мазут			
Плотность при температуре 20°C, г/см³	0.942	0.936	0.940
Объемное содержание фракции до температуры 350°C, %	7.4	6.0	8.0
Условная вязкость при температуре 80°C, гр.	6.1	6.2	4.2
Массовое содержание серы, %	0.99	1.07	1.03
Температура начала кипения, °C	284	269	260
Коксуемость, %	5.5	5.07	5.13
Температура вспышки, °C	186	161	140
Дизельная фракция			
Плотность при температуре 20°C, г/см³	0.881	0.872	0.869
Кинематическая вязкость, 20°C, мПа·с	10.57	8.63	7.81
Фракционный состав, °C:			
- Начало кипения	185	260	247
- 50%	323	303	298
- 90%	410	345	342
- 96%	426	-	363
Выход до температуры 360°C	69	95	96
Массовое содержание серы, %	0.58	0.44	0.69
Температура вспышки, °C	84	112	126
Температура застывания, °C	-4	-8	-11
Вакуумный газойль			
Плотность при температуре 20°C, г/см³	0.907	0.907	0.902
Фракционный состав, °C:			
- Начало кипения	317	303	303
- 10%	373	370	371
- 50%	446	437	432
- 90%	523	528	511
- 95%	543	549	529
- 98%	559	560	540
Объемный выход дотемпературы 350°C, %	4.7	3.8	6.1
Кинематическая вязкость, 100°C, мПа·с	7.33	6.59	5.88
Массовое содержание серы, %	0.77	0.93	0.79
Коксуемость, %	0.24	0.23	0.13
Температура вспышки, °C	184	185	185
Цвет	5.0	5.0	4.0
Гудрон			
Плотность при температуре 20°C, г/см³	0.992	0.991	0.989
Условная вязкость по вязкозиметру, 80 °C, с	77	43	68
Температура начала кипения, °C	432	369	388
Выход фракций до 500°C	6.0	10.0	10.0
Массовое содержание серы, %	1.32	1.40	1.24
Коксуемость, %	15.64	14.14	12.80
Температура вспышки, °C	Выше 270	Выше 270	Выше 270

Таблица 3

Показатели	До реконструкции	После реконструкции	
		Режим 1	Режим 2
Производительность по мазуту, т/ч	406.9	416.8	517.8
% от проекта	78.2	80.1	99.6
Печь для нагрева мазута:			
- расход водяного пара, % на мазут	0.31	0.33	0.23
- температура мазута на выходе, °C	395	391	394
Вакуумная колонна К-601:			
- температура верха, °C	210	95	111
- давление верха, мм. рт. ст.	30	38	38
- перепад давления по колонне, мм.рт.ст.	19	8	8
Верхнее циркуляционное орошение (ВЦО)			
- расход, м³/ч	146*	150	150
- температура вывода, °C	183	176	179
Орошение II-го пакета насадки			
- расход, м³/ч	5.3	70	55
- температура под 1-й глухой тарелкой, °C	241	236	224
Нижнее циркуляционное орошение (НЦО):			
- расход, м³/ч	472	707	757
- температура над вводом НЦО, °C	280	261	235
- температура отбора вакуумного газойля	274	272	282
Температура под 2-й глухой тарелкой (тарелкой отбора вакуумного газойля), °C	331	343	333
Градиент температуры на 2-й глухой тарелке, °C	57	71	51
Промывочная жидкость (на IV-й пакет):			
- расход, т/ч	1.2	0	0
Зона ввода сырья в колонну:			
- температура, °C	376	373	378
- давление, мм. рт. ст.	49	46	46
Низ колонны:			
- температура, °C	372	370	375
- расход водяного пара, т/ч	0.25	0	0

Внутреннее флегмирование промывоч- ной секции колонны обуславливается конденсацией паров на нижней поверх- ности коллекторной тарелки вакуумного газойля. Движущей силой при этом явля- ется градиент температур на тарелке (разность между температурой паров из промывочной секции - под тарелкой, и температурой отбираемого вакуумного газойля - на тарелке), достигающий при- мерно 80°C. Интенсификация процесса внутреннего флегмирования способству- ют как большая поверхность теплообме- на (полотно коллекторной тарелки с опорными балками), так и большая вели- чина теплосъема, определяемая расхода- ми нижнего циркуляционного орошения (НЦО) и вакуумного газойля, отбирае- мых с тарелки. На технологическую зна- чимость данного эффекта указывает то обстоятельство, что качественный ваку- умный газойль с температурой конца ки- пения 520°C получают вопреки первоначаль- ному проекту практически без пода- чи промывочной жидкости на IV-й слой насадки. Подача на этом фоне проектно-

го количества промывочной жидкости приводит фактически к облегчению ваку- умного газойля по концу кипения и его потерям

Учет при проектировании реконструк- ции эффектов термического разложения мазута в печи и внутреннего флегмирова- ния промывочной секции позволили кор- ректно определить паровые и жидкост- ные нагрузки по сечениям колонны, а также величину теплосъемов по циркуля- ционным орошениям. Вместе с тем, рас- четная проработка показала, что поэтап- ная реализация планов Омского НПЗ по увеличению отбора вакуумного газойля за счет повышения температуры его кон- ца кипения до 540-560°C возможна при условии реконструкции III-го пакета на- садки. С учетом сказанного НПФ "Эли- стек" был разработан технический про- ект реконструкции вакуумной колонны К-601, предполагающий:

- в верхней секции колонны

■ замену насадки на более эффектив- ную с использованием всего сечения вер- ха колонны;

■ установку эффективного распредели- теля ВЦО, новой глухой тарелки и деми- стеров на выходе паров из колонны;

- в секции отбора вакуумного газойля

■ замену насадки в III-м пакете на бо- лее эффективную с большим живым се- чением и расширенным диапазоном ус- тойчивой работы;

■ установку эффективного распредели- теля НЦО.

Технологическая трубопроводная об- вязка колонны, насосное и теплообмен- ное оборудование, а также вакуумсозда- ющая система колонны остались без из- менения. В качестве фирмы-поставщика оборудования была привлечена фирма "Sulzer". Демонтажно-монтажные рабо- ты, пуск и освоение реконструированной вакуумной колонны были осуществлены силами Омского НПЗ при технической поддержке НПФ "Элистек".

Технологический эффект, полученный в результате реконструкции колонны, оце- нивается по данным материального ба- ланса (табл.1), качества продуктов (табл.2) и основным параметрам режима (табл.3). Основными результатами ре- конструкции являются следующие.

■ В верхней секции колонны обеспечи- вается конденсация и вывод боковым по- гонном дизельной фракции требуемого ка- чества; температура верха колонны явля- ется регулируемым технологическим па- раметром и имеет соответствующие рег- ламенту значения (65-120°C).

■ Перепад давления по колонне снижен и составляет 6-8 мм. рт. ст., что положи- тельно отражается на процессе массооб- мена и способствует повышению четкос- ти деления фракций; уменьшение давле- ния в зоне испарения сырья и в нагрева- тельной печи снижает, при прочих рав- ных, эффект термического разложения мазута.

■ Обеспечена устойчивая работа колонны в широком диапазоне производительности 80-100% от проекта с получением качес- венного вакуумного газойля с температурой конца кипения 540-560°C с увеличением его выхода за счет повышения качества де- ления по началу и концу кипения.

В целом, реконструкция привела к улучшению управляемости работой ко- лонны при получении продуктов требуе- мого качества в широком диапазоне из- менения производительности.

Успешное решение задач реконструкции вакуумной колонны К-601 позволило рас- ширить ресурсы сырья требуемого качес- ва для процесса каталитического крекинга при одновременном снижении загрузки установок первичной перегонки и соответ- ствующем повышении глубины перера- ботки и рентабельности производства.