



поставщик оборудования для НПЗ

456318, Россия,
Челябинская обл. г. Миасс,
пр. Октября, 72
тел. (3513) 536- 400
reef@reefing.ru www.reefing.ru



М.Р. Гусев
директор
ООО «Рифинг»

Приоритетные направления деятельности - создание оборудования для нефтеперерабатывающих предприятий. Это, в первую очередь, внутренние устройства реакторов риформинга и гидроочистки, внутренние устройства для колонных теплообменных аппаратов, внутренние устройства реакторов процессов гидрокрекинга, теплообменники, а также устройства фильтрации различных сред.

Виды выполняемых работ: от проведения предпроектных исследований и опытно-конструкторских работ до разработки рабочей документации, изготовления продукции, участия в монтаже оборудования на объекте заказчика и авторского надзора при эксплуатации.

Основа инженерного персонала фирмы - сотрудники с большим опытом создания образцов новой техни-

ки для ракетно-космической отрасли.

Мы выполняем весь цикл работ по созданию изделий: анализ исходных данных, расчеты параметров, согласование проекта с Заказчиком, разработку документации и изготовление оборудования. Готовое к поставке оборудование проходит процесс макетирования на нашем производстве в присутствии заказчика. Таким образом подтверждается качество продукции и происходит первичное обучение персонала заказчика процедурам сборки и демонтажа наших изделий.

Компанией осуществляется авторский контроль процесса монтажа внутренних устройств в реакторы и сбор информации о работе оборудования при эксплуатации.

Специалистами компании разработаны собственные методики расчета параметров внутренних устройств и для реакторов риформинга, и для реакторов гидроочистки. Комплекс расчетно-аналитических и экспериментальных работ, эксплуатация в реальных условиях подтвердили высокое качество распределения газосырьевой смеси конструкциями, произведенными "РИФИНГ".

Наше оборудование работает на заводах по территории всей России (22) и стран СНГ (8): от Мозыря и Надвирны на Западе до Хабаровска

на Дальнем Востоке и от Ухты на Севере - до Чимкента на Юге.

За 15 лет нашей компанией изготовлено более 80 комплектов оборудования для реакторов гидроочистки дизельного топлива, вакуумного газойля, бензиновых и керосиновых фракций, а также более 130 комплектов внутренних устройств для реакторов риформинга.

Основная цель, которую мы преследуем при разработке внутренних устройств, - обеспечение более эффективной работы нефтеперерабатывающих установок. Этому способствует решение следующих задач:

- равномерное распределение газосырьевой смеси по сечению и объему катализатора;

- достижение минимального перепада давления (за счет выбора оптимальных соотношений проходных сечений в элементах конструкции);

- увеличение межремонтного периода (благодаря увеличению жизненного цикла изделий);

- сокращение продолжительности монтажа нашего оборудования (путем применения новых технических решений, разработки инструкций на монтаж, обучения персонала монтажников).

Компания своей продуктивной деятельностью способствует реконструкции и модернизации нефтеперерабатывающего комплекса России и стран СНГ.

Распределительные тарелки реакторов нефтехимических производств. Выбор конструктива рассекателя форсунок

**В.В. Ленчевский,
Г.З. Сулейманов,
Г.В. Шевченко**
/ООО "РИФИНГ", г. Миасс/

Ужесточение требований к качеству продуктов нефтепереработки, в частности по содержанию вредных примесей (например, серы), обуславливают поиск новых путей повышения эффективности технологических процессов и совершенствования внутренних устройств реакторов, содержащих слои катализаторов.

В настоящее время применяются современные распределительные тарелки с большим количеством трубчатых форсунок различного конструктивного исполнения. Некоторые фирмы применяют в реакторах форсунки открытого типа, т.е. на выходе - прямой открытый срез трубы. Другие закрывают выходное сечение патрубком форсунки плоским рассекателем, устанавливая его на определённом расстоянии от поверхности тарелки и формируя тем самым истечение потока из боковой кольцевой щели. Использование таких форсунок позволяет (в зависимости от параметров форсунки) формировать различные поля течения в зоне между тарелкой и поверхностью слоя катализатора.

В данной статье обобщены результаты экспериментальных работ, вы-

полненных в ООО "РИФИНГ", по исследованиям структуры потока в зоне между тарелкой и слоем катализатора, формируемой различными форсунками, а также по выбору оптимальной конструкции рассекателя форсунки и его расположения относительно среза патрубка. В экспериментах был использован метод визуализации потока, часто применяемый в гидрогазодинамике.

Типовая конструкция распределительной тарелки приведена на **рис. 1**.

Диапазон изменения параметров общего газожидкостного потока при входе в реакторы:

Расход:	
массовый, т/ч	- 40-140
объёмный, куб. м/ч	- 2000-6000
Плотность, кг/куб.м	- 23,5-45,7
Давление, МПа	- 1,0-6,0
Температура, °С	- 250-450

Показатели динамической вязкости газовой части потока, сП - 0,027-0,0324

Поток подается на тарелку высокодисперсного распределения, имеющую степень перфорации 2-3%, с равномерным расположением форсунок по площади тарелки. Соответствующие скорости потока в патрубке

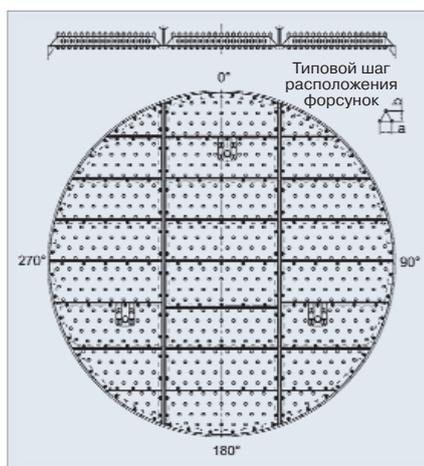


Рис. 1. Типовая конструкция распределительной тарелки

ках форсунок обеспечиваются заданием степени перфорации тарелки и составляют 2,4-4,15 м/с для указанного диапазона расхода.

Поскольку течение происходит при высоком давлении и температуре, то имитация этих условий в ходе экспериментальной работы требует отдельного рассмотрения. Так, из гидрогазодинамики известно, что структуры потоков характеризуются числами, определяемыми для течения в рассматриваемой зоне:

число Рейнольдса $Re = Vd/\nu$,

где V - скорость потока, d - характерный линейный размер, ν - кинематическая вязкость;

число Эйлера $Ei = P/\rho V^2$, где P - давление, ρ - плотность;

число Фруда $Fr = V^2/gL$, где g - ускорение свободного падения, L - линейный размер.

Эти параметры являются коэффициентами безразмерных уравнений Навье-Стокса, описывающих движение потока в рабочей зоне реактора. Равенство соответствующих коэффициентов для двух или нескольких подобных конструкций будет обеспечивать идентичность решений уравнений Навье-Стокса, а значит, и физических параметров движения потоков, т.е. подобие или равенство полей скоростей, давлений и т.д.

Опыт гидрогазодинамики показывает, что на характере движения потока в зоне между распределительной тарелкой и слоем катализатора влияние чисел Фруда и Эйлера практически не сказывается. Структура потока определяется в основном числом Рейнольдса, т.е. влиянием сил вязкости, поэтому при определении параметров экспериментальной установки исходили из требования равенства чисел Рейнольдса для потоков в натуральных (в реакторах) и экспериментальных условиях, что обеспечивало бы идентичность картины течений в исследуемых зонах.

Число Рейнольдса для рассматриваемой зоны течения целесообразно определить по параметрам патрубка форсунки: внутреннему диаметру d_0 и скорости потока через форсунку V .



Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки ТМ-001.000

Остановимся на выборе вида потока как рабочей среды и сравним соответствующие показатели кинематической вязкости ν .

Среднее значение для рабочего потока в реакторах:

$$\nu_{\text{ср}} = 0,9875 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Соответствующие значения для воздуха и воды, $\text{м}^2/\text{с}$:

$$\nu_{\text{воды}} = 1,0 \cdot 10^{-6};$$

$$\nu_{\text{воздуха}} = 18,09 \cdot 10^{-6}.$$

Сравнивая кинематические вязкости рабочего потока в реакторе, воды и воздуха, видим практическое совпадение их значений для рабочей среды и воды. Отсюда следует, что числа Рейнольдса, определенные для зоны реактора и экспериментальной установки, будут совпадать при следующих условиях:

- геометрии форсунок и исследуемой зоны течения идентичны;
- рабочее тело, формирующее поток в экспериментальной установке, - вода;
- скорости потоков через форсунки в натуральных и экспериментальных установках равны.

При реализации этих условий в экспериментальной установке структура потока, его динамика и другие параметры, полученные в ходе экспериментальной работы, будут идентичны параметрам потока в реакторе при рабочих условиях эксплуатации. При этом не требуется создание высоких давлений и поддержание высоких температур.

Геометрический облик экспериментальной установки определен из следующих условий. Для получения кар-

тины течения в зоне действия форсунки с учетом влияния соседних зон осуществлена "вырезка" рабочей зоны по глубине от тарелки до слоя катализатора с тремя расположенными по одной линии форсунками. При этом выбор направления этой линии в плоскости тарелки в силу симметрии расположения форсунок значения не имеет.

Экспериментальная установка разработана исходя из требований обеспечения визуализации потока с последующей видеорегистрацией в темпе эксперимента.

Общий вид сформированной таким образом экспериментальной установки ТМ-001.000 показан на **рис. 2**.

Установка имеет верхнюю съемную прозрачную панель и поперечную металлическую вставку, на которой смонтированы три форсунки со сменными рассекателями. К каждой форсунке подведена магистраль для подачи подкрашенной жидкости в патрубок форсунки для визуализации картины течения. Подкрашенная жидкость подается из отдельной емкости под давлением. В качестве рабочей среды использовалась, как определено выше, вода. Установка рассчитана на работу под давлением до 0,1 МПа.

Экспериментальная работа на установке ТМ-001.000 проводилась в составе аттестованного эталонного проливочного стенда УРП-250, предназначенного для проверки средств измерений для нужд теплотехники. Стенд оснащен средствами измерения и автоматики для создания и поддержания расходов и скорости потока воды с требуемой точностью.

Из большого многообразия вариантов рассекателей форсунок, в том числе и зарубежных фирм, были выбраны и протестированы семь наиболее перспективных функционально и технологичных в изготовлении и монтаже. В данной статье описаны три из них.

Общий вид всех испытанных форсунок приведен на **рис. 3**.

Для каждого варианта рассекателя в ходе испытаний варьировалась ско-



рость потока в патрубке форсунки, м/с: 2,4; 3,3; 4,15.

Структуры потоков в течение 300 секунд регистрировались портативной видеокамерой и после компьютерной обработки превращались в компьютерные видеофильмы и покадровые файловые структуры с частотой 50 кадров/сек. Видеокадры типичных структур течений, формируемых форсунками с различными вариантами рассекателей, приведены на **рис. 4**.

Необходимо отметить, что системы станда формировали и поддерживали скорости потока по форсункам стационарными в течение всего времени проливки конкретного варианта, тогда как для всех вариантов рассекателей и режимов течения в исследуемой зоне формировались нестационарные картины течения с различными линейными масштабами турбулентности и параметрами вихревых структур, что и соответствует числам Рейнольдса $\sim 2,5 \cdot 10^5$.

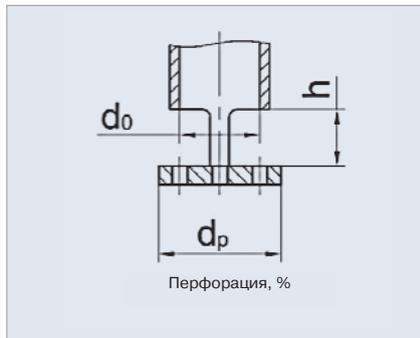


Рис. 3. Общий вид всех испытанных форсунок

Варианты 1...3 рассекателей - экспериментальные.

Вариант 1 (рис. 4, а). Рассекатель в виде перфорированного диска со степенью перфорации 15%, диаметром $d = 1,5d_0$ (d_0 внутренний диаметр форсунки), установленный на расстоянии $h = d_0$ от среза патрубка. Картина течения характеризуется равномерным расширением вниз по потоку со слабой турбулентной структурой, т.е. со слабыми

возмущениями скоростей в поперечном сечении струи, что можно принять за необходимую структуру течения. Увеличение скорости потока приводит к увеличению масштаба турбулентности, но до приемлемых величин, т.е. не формируются обширные вихревые структуры с обратными течениями.

Вариант 2 (рис. 4, б). Отличается от варианта 1 увеличением степени перфорации до 27%. Увеличение перфорации привело к увеличению расхода среды по средней части потока за рассекателем, что хорошо видно на кадрах. Положительным результатом является то, что в целом сохранилась спокойная (слабовозмущенная) структура течения по сравнению с вариантом 1.

Вариант 3 (рис. 4, в). Рассекатель по геометрии и степени перфорации аналогичен варианту 1, но его размещение изменено - увеличено на калибр расстояние от среза патрубка: $h = 2d_0$. Поскольку режим течения нестационарный, мелкомасштабные вихревые

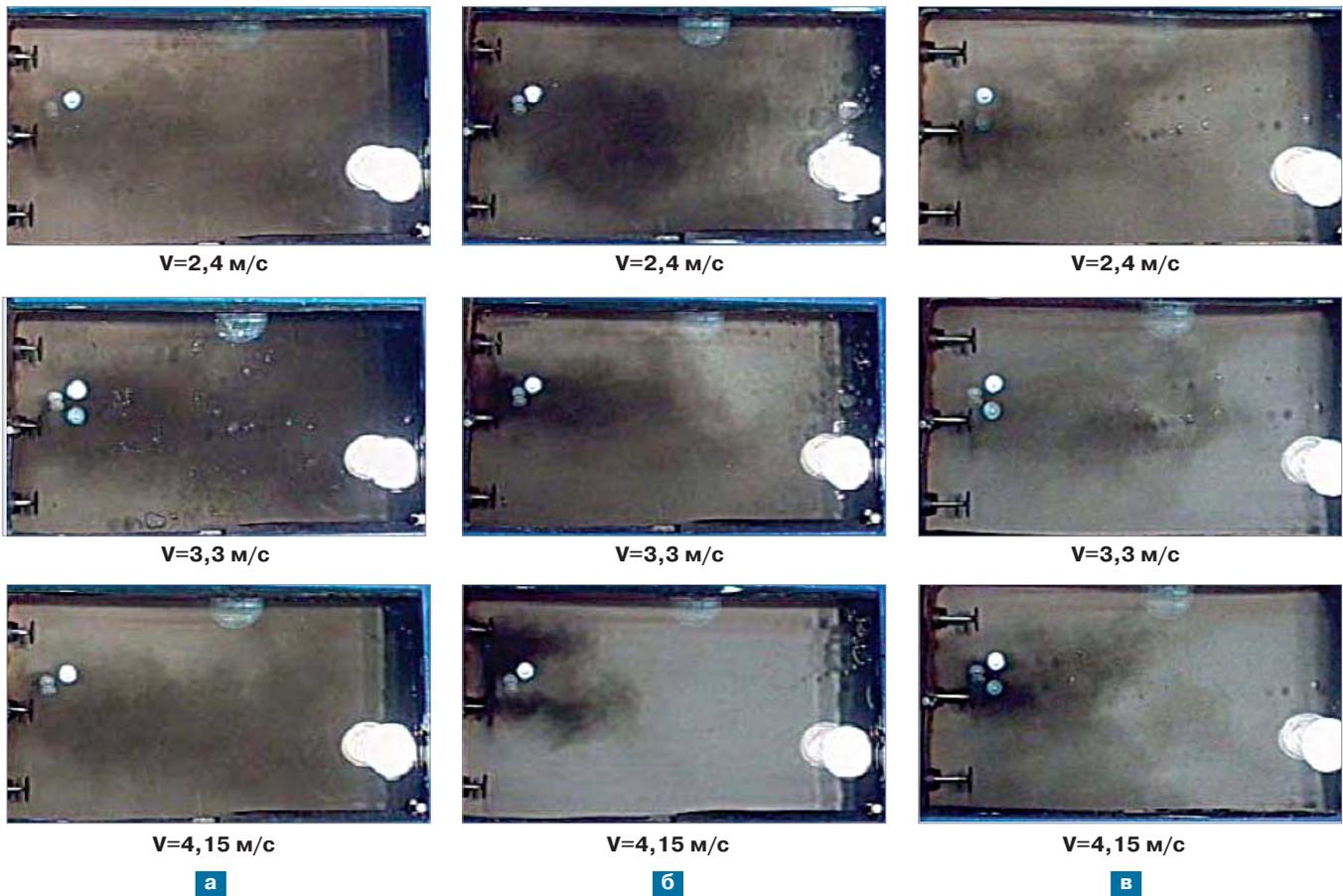


Рис. 4. Видеокадры типичных структур течений

структуры иногда перерастают в крупномасштабные, особенно часто это происходит при увеличении скорости потока, что по сравнению с вариантами 1 и 2 ведет к ухудшению течения.

Таким образом, при сравнении структуры течений, формируемых всеми рассмотренными форсунками, видно, что наибольшую равномерность структуры потока или наименьшую турбулентность обеспечивают форсунки с рассекателями вариантов 1 и 2. Данный рассекатель представляет собой перфорированный диск с диаметром, равным 1,5 диаметра проходного сечения форсунки, со степенью перфорации 15-27% и расположен по оси форсунки на расстоянии $h = d_0$.

С учетом очевидных преимуществ в формировании потока за распределительной тарелкой реактора, а также технологичности изготовления данный вариант рассекателя (1, 2) рекомендован для использования в

конструкции форсунки и распределительной тарелки в целом.

Найденное техническое решение признано новым и защищено патентом РФ (№ 2 281 804).

Данная конструкция рассекателя форсунки была впервые реализована в апреле 2004 г. при изготовлении внутренних корпусных устройств шести реакторов установки гидроочистки вакуумного газойля для ОАО "Уфанефтехим".

Иллюстрацией эффективности применения тарелки высокодисперсного распределения на базе форсунок фирмы "РИФИНГ" может служить пример их использования в конструкциях

реакторов установки гидроочистки дизельного топлива Л-24/6 на ОАО "Славнефть-ЯНОС". В ходе поэтапной реконструкции в конце 2006 г. достигнуты устойчивые показатели по содержанию серы в дизельном топливе - не более 10 ppm, что соответствует требованиям стандарта Евро 5. При этом установка гидроочистки длительное время работает на сырье с содержанием серы 0,75-0,85% масс.

Форсунки с этим рассекателем широко используются в проектах компании "РИФИНГ" и к настоящему времени нашли применение более чем в 20 проектах на более чем 60 реакторах.

Литература

1. Ленчевский В.В., Сулейманов Г.З., Пинаев А.С., Шевченко Г.В. // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2005. - №6. - С. 43-47.
2. Ленчевский В.В., Пинаев А.С., Шевченко Г.В., Галлиев Р.Ф. // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2006. - №4. - С.16-19.
3. Ленчевский В.В., Пинаев А.С., Шевченко Г.В., Галлиев Р.Ф. // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2006. - №5. - С. 35-40.
4. Никитин А.А., Никифоров Д.В., Пинаев А.С., Ленчевский В.В., Шевченко Г.В., Bruno Tom Bolesi // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2007. - №10. - С. 6-13.