



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2007129753/12**, **21.09.2005**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.09.2005

(30) Конвенционный приоритет:
03.01.2005 US 60/641,459

(43) Дата публикации заявки: **10.02.2009**

(45) Опубликовано: **27.10.2009** Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **EP 0318185 A1**, **31.05.1989. RU 2236899 C1**,
27.09.2004. US 3565593 A, **23.02.1971. US 6012652 A**,
11.01.2000. SU 895193 A3, **30.12.1981.**

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: **03.08.2007**

(86) Заявка РСТ:
US 2005/034092 (21.09.2005)

(87) Публикация РСТ:
WO 2006/073521 (13.07.2006)

Адрес для переписки:
**129090, Москва, ул.Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мишу, рег.№ 364**

(72) Автор(ы):

**ДЮЙВЕСТЕЙН Виллем П. С. (US),
УИКЕР Гордон Р. (US)**

(73) Патентообладатель(и):

ВЕСТЕРН ОЙЛ СЭНДС, ИНК. (CA)

(54) СОПЛОВЫЙ РЕАКТОР И СПОСОБ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к сопловым реакторам и способам их использования, в частности для крекинга углеводородов. В реакторе обеспечивается взаимодействие между первым и вторым исходными материалами. Корпус реактора имеет канал с впускным концом и выпускным концом. Реактор оснащен инжектором для первого материала, имеющим канал для инъекции первого материала. Инжектор установлен в реакторе в сообщении с впускным концом корпуса реактора. Канал для инъекции первого материала имеет

впускную секцию увеличенного объема, выпускную секцию увеличенного объема и среднюю секцию уменьшенного объема. Канал для инъекции первого материала имеет конец для впуска материала и конец для выпуска материала, соединенные с возможностью инъекции с каналом корпуса реактора. В корпусе реактора выполнено сопловое отверстие для подачи второго материала. Отверстие расположено рядом с концом для выпуска материала канала для инъекции первого материала и поперек осевой линии канала для инъекции первого материала,

вытянутой от конца для впуска материала и конца для выпуска материала в канале для инъекции первого материала. При осуществлении способа крекинга подаваемый материал инжектируют в реакционную камеру

поперек потока крекирующего материала, выходящего из инжектора. Обеспечивается высокая эффективность работы соплового реактора и снижение образования осадка на его стенках. 2 н. и 36 з.п. ф-лы, 1 табл., 9 ил.

RU 2 3 7 1 2 4 6 C 2

RU 2 3 7 1 2 4 6 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007129753/12, 21.09.2005**

(24) Effective date for property rights:
21.09.2005

(30) Priority:
03.01.2005 US 60/641,459

(43) Application published: **10.02.2009**

(45) Date of publication: **27.10.2009 Bull. 30**

(85) Commencement of national phase: **03.08.2007**

(86) PCT application:
US 2005/034092 (21.09.2005)

(87) PCT publication:
WO 2006/073521 (13.07.2006)

Mail address:
**129090, Moskva, ul.B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. A.V.Mitsu, reg.№ 364**

(72) Inventor(s):
**DJuJVESTEJN Villem P. S. (US),
UIKER Gordon R. (US)**

(73) Proprietor(s):
WESTERN OIL SERVICES, INC. (CA)

(54) JET REACTOR AND METHOD OF ITS USAGE

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to jet reactors and methods of its usage, particularly for cracking of hydrocarbon. In reactor it is provided interaction between the first and the second initial materials. Reactor casing allows channel with inlet end and exhaust end. Reactor is outfitted by steam injector for the first material, allowing channel for injection of the first material. Injector is installed in reactor in connection to inlet end of reactor's casing. Channel for injection of the first material allows inlet section of increased volume, exhaust section of increased volume and mid section of decreased volume. Channel for injection of the first material allows end for inlet of material and end for

inlet of material, connected to ability of injection with channel of reactor casing. In the casing of reactor it is implemented nozzle opening for feeding of the second material. Hole is located near by the end for discharge of channel material for injection of the first material and crosswise the axial line of channel for injection of the first material, extended from the end for inlet of material and end for inlet of material in the channel for injection of the first material. At implementation of cracking method fed material injected into reaction chamber crosswise the flow of cracking material, outlet from injector.

EFFECT: high efficiency of operation of jet reactor and reduction of deposit formation on its walls.

38 cl, 9 dwg

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к сопловым реакторам и способам их использования и, более конкретно, к сопловым реакторам для приема исходного материала и инъекции исходного материала и дополнительного материала в реакционную камеру, обеспечивающей взаимодействие между сырьем и дополнительным материалом внутри реакционной камеры.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Сопловые реакторы давно используются для инъекции материалов различного вида в реакционную камеру в сопловом реакторе, чтобы вызвать взаимодействие данных материалов внутри реакционной камеры и достигнуть изменения механических или химических свойств одного или нескольких материалов.

Одним из примеров описания соплового реактора является заявка на патент Канады №2224615 (Публикация '615). Эта ссылка устанавливает, что описанный в ней сопловый реактор сконструирован для приема потока смеси битум/пар в единственный центральный канал соплового реактора, вытянутый вдоль осевой длины соплового реактора. Данная ссылка устанавливает, что сопло образует канал для протекания потока с круглым поперечным сечением, имеющий следующие секции, расположенные последовательно от впускного отверстия для потока смеси битум/пар: первую секцию приведения в соприкосновение с уменьшающимся диаметром для ускорения течения потока и уменьшения размера капель битума; секцию диффузора с увеличивающимся диаметром для замедления потока и образования ударной волны; вторую секцию приведения в соприкосновение для ускорения потока смеси в большей степени, чем в первой секции приведения в соприкосновение; и выпускное отверстие для образования выпускной струи или распыления. Публикация '615 также устанавливает, что описанный сопловый реактор уменьшает размер капель битума от величины примерно 12000 мкм до примерно 300 мкм.

Помимо прочего, в сопловый реактор по Публикации '615 поступает жидкая среда в виде предварительно образованной смеси битум/пар. Вследствие этого устройство с сопловым реактором по Публикации '615 требует выполнения одного или нескольких этапов основного предварительного смешивания, чтобы образовать и доставить требуемую жидкую среду битум/пар в центральный канал соплового реактора. Кроме того, предварительно смешанная жидкая среда (включающая битум в смеси) по своей природе является причиной ограниченных скоростей перемещения среды через сопловый реактор.

Другой пример соплового реактора показан на фиг. 3 прилагаемой публикации заявки на патент США № 2004/0065589 (Публикация '589) (см. фиг. 4 данной заявки). Сопловый реактор, рассмотренный в Публикации '589, имеет два паровых инжектора, которые расположены: (i) со смещением в поперечных направлениях с противоположных сторон центрального инжектора для парового расширенного сырья, вытянутого в осевом направлении, (ii) под острым углом к оси центрального инжектора для парового расширенного сырья. Паровые инжекторы, таким образом, расположены для выпуска материала из данных паровых инжекторов в направлении перемещения исходного материала, инжектированного инжектором для исходного материала. Каждый из трех инжекторов имеет выпускной конец для подачи материала в центральный кольцевой реактор или трубчатый реактор, вытянутый от центрального исходного инжектора соосно ему. Как показано в Публикации '589, центральный сырьевой инжектор представляется, как если бы он мог иметь расширяющееся и затем сужающееся поперечное сечение при почти перекрытом

суженном конце, однако, как показано в прилагаемой отсылочной заявке на патент Канады № 2346181 (Публикация '181), центральный сырьевой инжектор имеет прямоточное отверстие (см. фиг. 5 данной заявки).

5 Как разъяснено в Публикации '589, перегретый пар инжектируется через два паровых инжектора, расположенных один напротив другого с боковых сторон, 10 внутри трубчатого реактора для столкновения с предварительно нагретым и расположенным в центральной части сырьевым потоком из тяжелых углеводородов определенных видов, одновременно инжектируемого из инжектора для парового 15 расширенного сырья внутри трубчатого реактора (см., например, Публикацию '589, параграф 18). Публикация '589 устанавливает, что целью соплового реактора по '589 является крекинг материала исходного потока с образованием более легких углеводородов посредством столкновения подаваемых потоков пара с сырьем из 20 тяжелых углеводородов внутри трубчатого реактора (см., например, ту же Публикацию, параграфы 29-31). В соответствии с Публикацией '589 видами тяжелых углеводородов, обработанных посредством соплового реактора по '589, являются сырая нефть, продукты отгонки и тяжелые дистилляты (та же Публикация, 25 параграф 32). Посредством сопловых реакторов в соответствии с Публикацией '589 или Публикацией '181 центральная струя сырьевой нефти пересекает струи пара на некотором расстоянии от места выпуска этих струй из соответствующих инжекторов.

Заявители обнаружили, что, помимо прочего, сопловые реакторы такого типа, который представлен в Публикации '589 и Публикации '181, и соответствующие 30 способы их использования: (i) являются неэффективными; (ii) обычно и, возможно, всегда обеспечивают лишь звуковую и субзвуковую скорость исходного потока в соответствующем трубчатом реакторе; и (iii) выпускают в чрезмерно большом 35 количестве тяжелые углеводороды, не подвергнутые крекингу или подвергнутые ему в недостаточной степени, что требует рециркуляции или иной передачи тяжелых углеводородов, не подвергнутых крекингу. Именно эти сопловые реакторы также 40 обычно склонны к чрезмерному образованию кокса и образованию осадка на стенках соплового реактора, что снижает эффективность соплового реактора и требует значительных усилий для удаления осадка внутри соплового реактора.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

35 Ниже описаны типичные варианты осуществления, которые не предполагают ограничений каким-либо образом. Вместо этого раскрытие данного изобретения направлено на рассмотрение новых и неочевидных особенностей, аспектов и эквивалентов вариантов осуществления соплового реактора и способа его 40 использования, описанных ниже. Описанные особенности и аспекты вариантов осуществления могут быть использованы по отдельности или в различных новых или неочевидных комбинациях и субкомбинациях одних с другими.

Здесь описаны в общих чертах сопловый реактор, имеющий множество аспектов, и 45 способы использования соплового реактора. В определенных вариантах осуществления такой сопловый реактор предоставляет сопловый реактор для крекинга углеводородов. В определенных вариантах осуществления способ включает в себя образование сверхзвуковой струи материала и столкновение углеводородного материала со сверхзвуковой струей.

50 В одном из вариантов соплового реактора данный реактор может иметь инжектор для исходного материала, вытянутый в секцию реакционной камеры, обычно поперечно осевой линии выпуска или впуска крекирующего газа и/или движущего материала инжектором. В определенных вариантах осуществления по меньшей мере

один инжектор для крекирующего газа может быть расположен коаксиально связанному с ним трубчатому реактору, и по меньшей мере один инжектор для исходного материала может быть расположен для инъекции исходного материала для столкновения с крекирующим газом возле выпускного конца инжектора для крекирующего газа.

В другом варианте сопловый реактор может иметь секцию инжектора для крекирующего газа, состыкованную с секцией центральной реакционной камеры, и сопло для исходного материала, вытянутое в секцию реакционной камеры поперек оси инжектора для крекирующего газа и расположенное рядом с выпускным концом инжектора для крекирующего газа. Сопловая секция инжектора для крекирующего газа может иметь нелинейный инжекционный канал, открытый в центральную реакционную камеру.

В некоторых вариантах осуществления канал инжектора может иметь профиль поперечного сечения, в котором противоположные внутренние стенки канала изогнуты внутрь в направлении к центральной оси инжекционного канала вдоль осевой длины инжекционного канала. Предпочтительно изогнутая стенка инжекционного канала отшлифована и не имеет острых краев или резких изменений профиля, наиболее предпочтительно вдоль всей осевой длины инжекционного канала. В некоторых вариантах осуществления изогнутая стенка инжекционного канала может образовывать почти или по существу изэнтропический или свободный от трения канал для протекания крекирующего газа через секцию инжектора в центральную секцию реакционной камеры.

В другом варианте сопловый реактор может включать в себя инжектор для исходного материала, имеющий одно или несколько инжекционных отверстий и, при необходимости, одно или несколько частично или полностью кольцеобразных инжекционных отверстий, открытых во внутреннее пространство секции реакционной камеры. В некоторых вариантах осуществления инжектор для исходного материала может включать в себя инжекционный канал для исходного материала или распределительный канал, открытый по меньшей мере на основной части или, при необходимости, на всей внешней окружной периферийной части кольцеобразного инжекционного отверстия. Последняя конфигурация может в случае полностью кольцеобразного инжекционного отверстия, например, обеспечивать столкновение потока исходного материала по всей окружности потока инжектированного крекирующего газа.

В некоторых вариантах осуществления участок инъекции материала или конец кольцеобразного отверстия для подачи исходного материала расположен рядом с осевой линией канала газового инжектора и открыт во внутреннее пространство секции реакционной камеры. В этом случае материал может быть инжектирован через отверстие для подачи исходного материала радиально внутрь смежного потока крекирующего газа, инжектированного из сопловой секции инжектора для выпуска крекирующего газа, и, опционально, поперек ему.

В некоторых вариантах осуществления реакционная камера может содержать кольцеобразную или иную вставку с отверстием, смонтированную между трубчатым реактором и сопловой секцией инжектора. Периферийный конец трубчатого реактора, противоположный сопловой секции инжектора, может иметь инжекционный канал, через который могут проходить крекирующий газ и другие материалы. Инжекционный канал может иметь форму усеченного конуса.

В некоторых вариантах осуществления может быть предусмотрен конический,

ступенчатый или телескопический канал для протекания крекирующего газа и исходного материала, или же комбинированный конический или с иным профилем канал для исходного материала, вытянутый вдоль осевой длины внутреннего пространства корпуса реактора. Канал для исходного материала может быть сформирован таким образом, чтобы, как правило, обеспечить взаимодействие, соприкосновение с образованием турбулентности, опционально ограниченное соприкосновение с конической или расширяющейся струей газа, инжектированной через канал для подаваемого материала инжектором для крекирующего газа. Канал для исходного материала может быть снабжен вставкой, объединенной с трубчатым реактором.

В некоторых вариантах осуществления канал для инъекции первого материала сопла соплового реактора включает вставку, смонтированную в канале для инъекции первого материала, и имеет тонкое-толстое-тонкое поперечное сечение вдоль осевой длины вставки. Вставка может иметь радиально изогнутую наружу периферию вдоль ее осевой длины.

Некоторые варианты осуществления могут также предоставлять способ инъекции крекирующего газа и исходного материала в сопловый реактор. Некоторые из вариантов осуществления могут включать инъекцию крекирующего газа из сопла для инъекции крекирующего газа в реакционную камеру вдоль осевой длины реакционной камеры и инъекцию материала в реакционную камеру поперек осевому направлению реакционной камеры. В некоторых вариантах осуществления исходный материал инжектируют рядом с концом сопла для инъекции крекирующего газа, открытым в реакционную камеру. В результате этого крекирующий газ сталкивается с исходным материалом практически сразу же после выпуска из сопла для инъекции крекирующего газа. Это столкновение может иметь место перед тем, как скорость крекирующего газа снизится заметным образом.

В некоторых вариантах осуществления крекирующий газ или движущий газ может содержать перегретый пар, а сырьевой материал может содержать предварительно нагретые тяжелые углеводороды. Тяжелые углеводороды могут включать в себя большей частью или в основном битум или состоять из него. Крекирующий газ также может содержать природный газ, диоксид углерода или другие газы.

В некоторых из вариантов осуществления сырьевой материал инжектируют таким образом, чтобы обеспечить столкновение с ним крекирующего газа при его выпуске из инъекционного сопла для крекирующего газа, при угле столкновения примерно 90° (а не при существенно меньшем угле с более слабым столкновением между крекирующим газом и сырьевым материалом, как в некоторых соплах, соответствующих известному уровню техники).

В некоторых вариантах осуществления уровень давления в барах перегретого пара в основном больше и предпочтительно больше в два раза или более уровня давления внутри реакционной камеры или корпуса. В некоторых вариантах осуществления крекирующий газ инжектируют через инъекционное сопло в реакционную камеру при сверхзвуковых скоростях.

В некоторых вариантах осуществления скорость инъекции крекирующего газа превышает скорость звука в два раза или более.

Некоторые варианты осуществления предоставляют уменьшенную величину противотока и улучшенное механическое усилие сдвига внутри корпуса реактора. В некоторых вариантах осуществления это может иметь место, и они обеспечивают практически полный крекинг требуемого углеводорода очень быстро и обычно

безотносительно ко времени задержки исходных материалов внутри корпуса реактора.

Некоторые варианты осуществления устройства и способов предоставляют более эффективные образование и перенос кинетической энергии от крекирующего газа к исходному материалу. Некоторые варианты осуществления могут также
 5 предоставлять повышенную способность к обработке материала и более высокий выход при пониженном содержании материала, не подвергнутого крекингу, или других побочных материалов в выходном продукте соплового реактора, или поддерживать сопловый реактор в определенных пределах, например, в отношении
 10 пониженного образования осадка на боковых стенках реакционной камеры. Некоторые варианты осуществления также предоставляют сравнительно экономичный сопловый реактор с продолжительным сроком службы, который легко обслуживать и ремонтировать.

Некоторые варианты осуществления могут предоставить механический крекинг
 15 тяжелой нефти или асфальтенов. В некоторых из этих вариантов осуществления реакция крекинга может быть вызвана первоначально механическим образом посредством приложения экстремального сдвигового усилия, а не посредством температурного воздействия, времени задержки или взаимодействия с катализатором.
 20 В некоторых вариантах осуществления крекинг может быть селективным, такой как, например, селективный крекинг первоначально лишь определенных тяжелых углеводородов в углеводородном сырье.

В некоторых вариантах осуществления крекирующий газ, компоненты
 25 крекирующего газа и их использование, описанное выше, могут в качестве альтернативы или в дополнение содержать крекирующую текучую среду или другие движущие материалы, компоненты движущего материала и их соответствующее использование.

В некоторых вариантах осуществления сопловый реактор может предоставлять не
 30 только более селективный и эффективный крекинг тяжелых углеводородов, но также, или в качестве альтернативы, уменьшенное образование кокса и осадка на корпусе реактора. В некоторых вариантах осуществления корпус реактора может быть даже исключен.

Вышеуказанные и другие особенности и преимущества данного изобретения станут
 35 более ясными из приведенного ниже подробного описания, которое представлено со ссылками на сопроводительные чертежи.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг.1 представляет собой схематическое изображение поперечного сечения
 40 соплового реактора по одному из вариантов осуществления.

Фиг.2 представляет собой изображение поперечного сечения соплового реактора
 фиг. 1, показывающее дополнительные детали конструкции данного соплового реактора.

Фиг.3 представляет собой изображение поперечного сечения соплового реактора
 45 по альтернативному варианту осуществления.

Фиг.4 представляет собой сопловый реактор, показанный на фиг. 3 Публикации '589.

Фиг.5 представляет собой сопловый реактор, показанный на фиг. 3 Публикации '181.

Фиг.6 представляет собой схематическое изображение поперечного сечения одного
 50 из вариантов осуществления инжекционного сопла для использования с сопловым реактором.

Фиг.7 представляет собой вид с торца инжекционного сопла фиг. 6 со стороны
 впускного конца сопла.

Фиг.8 представляет собой схематическое изображение поперечного сечения одного из вариантов осуществления инжекционного сопла для использования с сопловым реактором, с соплом, имеющим инжекционный канал для исходного материала, сформированный в корпусе сопла.

Фиг.9 представляет собой схематическое изображение поперечного сечения одного из вариантов осуществления инжекционного сопла для использования с сопловым реактором, с соплом, имеющим инжекционный канал для исходного материала, сформированный в направляющей вставке.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

На фиг.1 сопловый реактор, обозначенный в целом как 10, имеет впускной конец 12, трубчатый корпус 14 реактора, вытянутый от впускного конца 12, и выпускное отверстие 13, сформированное в корпусе 14 реактора на конце, противоположном его впускному концу 12. Впускной конец 12 включает в себя инжекционный канал 15, открытый во внутреннее пространство реакционной камеры 16 корпуса 14 реактора. Центральная осевая линия А инжекционного канала 15 соосна центральной осевой линии В реакционной камеры.

Также, что касается фиг.1, инжекционный канал 15 имеет круглое поперечное сечение, и, как показано в сечении вдоль осевого направления на фиг. 1, противоположные участки 17, 19 боковой стенки, искривленные в направлении внутрь (т.е. искривленные внутрь, в направлении к центральной осевой линии А инжекционного канала 15), вытянуты вдоль осевой длины инжекционного канала 15. В некоторых вариантах осуществления участки 17, 19 боковой стенки инжекционного канала 15, искривленные внутрь, в направлении к осевой линии, обеспечивают более высокую скорость инъекции газа, проходящего через инжекционный канал 15 в реакционную камеру 16.

В некоторых вариантах осуществления боковая стенка инжекционного канала 15 может предоставлять одно или несколько особенностей из: (i) равномерного осевого ускорения газа, проходящего через канал инжекционного сопла; (ii) минимального радиального ускорения такого газа; (iii) гладкой шлифованной поверхности; (iv) отсутствия острых краев; и (v) отсутствия внезапных или резких изменений направления. Профиль боковой стенки может обеспечить в основном изэнтропический инжекционный канал 15. Эти последние виды особенностей боковой стенки и инжекционного канала 15 могут быть, помимо прочего, особенно полезны для сопловых реакторов минимального размера для опытных заводов.

Канал для исходного материала или канал 18 вытянут от внешней стороны участка соединения впускного конца 12 и трубчатого корпуса реактора 14 к реакционной камере 16 перпендикулярно осевой линии В внутреннего пространства реакционной камеры 16. Канал для исходного материала 18 проходит через кольцообразное отверстие 20 для исходного материала, расположенное рядом со стенкой 22 реакционной камеры на конце 24 внутреннего пространства реакционной камеры 16, примыкающего к впускному концу 12. Отверстие 20 для исходного материала включает кольцообразную, вытянутую в радиальных направлениях щель 26 для подачи исходного материала в камеру, которая соединена с внутренним пространством реакционной камеры 16 и обеспечивает инъекцию в нее исходного материала. Отверстие 20 для исходного материала соответственно сформировано для инъекции исходного материала: (i) под углом примерно 90° к осевой линии перемещения крекирующего газа, инжектированного из канала 15 инжекционного сопла; (ii) по всей периферийной окружности крекирующего газа, инжектированного

через инжекционный канал 15; и (iii) для столкновения по всей периферийной окружности потока свободного крекирующего газа практически сразу же после его выпуска из инжекционного канала 15 в реакционную камеру 16.

5 Кольцеобразное отверстие 20 для исходного материала может иметь, помимо прочего, U-образное или С-образное поперечное сечение. В некоторых вариантах осуществления отверстие для исходного материала может быть открыто во внутреннее пространство реакционной камеры 16 при отсутствии ответвлений или барьеров на пути протекания текучей среды от канала 18 для исходного материала о
10 внутреннее пространство реакционной камеры 16. Соединение отверстия 20 для исходного материала и канала 18 для исходного материала может иметь круговое поперечное сечение.

В альтернативных вариантах осуществления канал 18 для исходного материала, связанный с отверстием 20 для исходного материала, и/или инжекционный канал 15
15 могут иметь разную ориентацию и конфигурацию, и может иметься более чем одно отверстие для исходного материала со связанной с ним структурой. Аналогичным образом, в некоторых вариантах осуществления инжекционный канал 15 может быть расположен на боковой стороне 23 реакционной камеры 16 или в ней (и, при необходимости, может включать кольцеобразное отверстие для протекания
20 крекирующего газа), а не возле впускного конца 12 реакционной камеры 16; и отверстие 20 для исходного материала может быть не кольцеобразным и быть расположенным возле впускного конца 12 реакционной камеры 16.

В варианте осуществления, представленном на фиг. 1, внутреннее пространство
25 реакционной камеры 16 может быть ограничено ступенчатыми телескопическими трубчатыми боковыми стенками 28, 30, 32, вытянутыми вдоль осевой длины корпуса 14 реактора. В некоторых вариантах осуществления ступенчатые боковые стенки 28, 30, 32 сформированы таким образом, что: (i) обеспечивают свободное
30 протекание инжектированного движущего газа, такого как перегретый пар, природный газ, диоксид углерода или другой газ, для перемещения в основном вдоль и внутри конической траектории струи С, образованной каналом 15 инжекционного сопла вдоль осевой линии В реакционной камеры 16, наряду с тем, что (ii) уменьшается величина или вовлеченность областей противотока, например 34, 36, с
35 внешней стороны конической или расширяющейся траектории струи С, посредством чего принудительно увеличивается степень соприкосновения высокоскоростного газового потока внутри конической траектории струи С и подаваемого материала, такого как тяжелые углеводороды, инжектированного через отверстие 20 для подачи
40 исходного материала.

Как указано разрывами 38, 40 на чертеже в варианте осуществления, представленном на фиг. 1, трубчатый корпус 14 реактора имеет осевую длину (вдоль осевой линии В), которая много больше его ширины. В варианте осуществления на
45 фиг. 1 примерное соотношение длины и ширины обычно находится в интервале от 2 до 4 или более.

В соответствии с частным вариантом осуществления, представленным на фиг 2, корпус 44 реактора включает обычно трубчатую центральную секцию 46 и оконечную эжекторную часть 48 в виде усеченного конуса, вытянутую от центральной секции 46, противоположной оконечной вставке 50, которая состыкована с инжекционным
50 соплом 52. Оконечная вставка 50 центральной секции 46 состоит из обычно трубчатой центральной части 51. Центральная часть 51 имеет трубчатый канал 54 для исходного материала, вытянутый от внешней периферийной части 56 оконечной вставки 50 в

радиальном направлении внутрь и соединенный с возможностью инъекции с кольцеобразным окружным отверстием в виде углубления или канала 58 для исходного материала на другом плоском участке 59 ступенчатой поверхности 61 оконечной вставки 50, вытянутым в радиальных направлениях внутрь. Участок 59, 5
вытянутый в радиальных направлениях внутрь, состыкован с плоским участком 53 сопряженной ступенчатой поверхности 55 инжекционного сопла 52, вытянутым в радиальных направлениях внутрь. Канал 58 с отверстием для исходного материала и расположенный напротив него участок 53 инжекционного сопла 52, вытянутый в 10 радиальных направлениях, образуют совместно кольцеобразное отверстие 57 для исходного материала, расположенное перпендикулярно с боковой стороны или в радиальных направлениях наружу по отношению к осевой линии А предпочтительно нелинейного инжекционного канала 60 в инжекционном сопле 52.

Трубчатая часть 51 оконечной вставки 50 закреплена на окружающей ее 15 внутренней поверхности 64 корпуса 44 реактора. Механизм для закрепления оконечной вставки 50 в этом положении может состоять из гаек и болтов, вытянутых вдоль осевого направления (не показаны), которые пропущены через линейно сопряженные отверстия (не показаны) в: (i) верхней вытянутой в радиальных 20 направлениях фланцевой части 66 на корпусе 44 реактора; (ii) состыкованной и вытянутой в радиальных направлениях наружу утолщенной части 68 шейки оконечной вставки 50; и (iii) последовательно состыкованной сопловой секции инжектора 52. Другие механизмы закрепления оконечной вставки 50 в корпусе 44 реактора могут включать в себя прижимное приспособление (не показано) или 25 сопряженную резьбу (не показана) на внешней периферийной поверхности 62 трубчатого корпуса 51 и на внутренней поверхности 64 корпуса 44 реактора. При необходимости уплотнения, например уплотнения 70, могут быть использованы между вытянутой в радиальных направлениях фланцевой частью 66 и состыкованной 30 с ней утолщенной частью 68 и состыкованным с ней соплом инжектора 52.

Нелинейный инжекционный канал 60 имеет в изображении поперечного сечения 35 вдоль осевого направления противоположащие участки 72, 74 боковой стенки, сопряженные один с другим и искривленные в радиальных направлениях внутрь, которые вытянуты вдоль осевой длины нелинейного инжекционного канала 60. Впускной конец 76 инжекционного канала 60 имеет закругленную периферическую 40 поверхность, примыкающую к трубе 78 для инъекции сырья, которая может быть прикреплена болтами (не показаны) к сопряженной плоской внешней поверхности 80 инжекционного сопла 52, вытянутую в радиальных направлениях наружу.

В варианте осуществления на фиг. 2 сопловый канал 60 представляет собой сопло 40 Лавали и имеет суживающуюся в осевом направлении секцию 82, примыкающую к промежуточной, сравнительно более узкой, секции 84 горловины, которая, в свою очередь, примыкает к секции 86, расширяющейся в осевом направлении. Сопловый канал 60 также имеет круглое поперечное сечение (т.е. сечение, перпендикулярное 45 осевой линии соплового канала) вдоль всей его осевой длины. В некоторых вариантах осуществления сопловый канал 60 может также иметь профиль поперечного сечения инжекционного канала 60 в инжекционном сопле 52 с округло искривленным утолщенным участком 82, менее искривленным и более толстым участком 84 и 50 сравнительно плоским, менее искривленным и имеющим меньший наклон относительно тонким участком 86, которые расположены в осевом направлении от впускного конца 76 к впускному концу 88 соплового канала 60 в инжекционном сопле.

Сопловый канал 60 может быть соответственно сконфигурирован таким образом,

чтобы образовать в основном изэнтропическую или свободную от трения конфигурацию для инжекционного сопла 52. Эта конфигурация может, однако, варьироваться в зависимости от вида применения, чтобы добиться по существу изэнтропической конфигурации для данного вида применения.

Инжекционный канал 60 формируют в сменной инжекционной сопловой вставке 90, запрессовываемой или ввинчиваемой в монтажный канал 92 сопряженного инжекционного сопла, вытянутый в осевом направлении внутри корпуса 94 инжекционного сопла 52. Вставку 90 инжекционного сопла предпочтительно изготавливают из закаленной легированной стали, а остальные компоненты соплового реактора 100, исключая уплотнения, если они имеются, предпочтительно изготовлены из стали или нержавеющей стали.

В частном варианте осуществления, показанном на фиг. 2, диаметр D наиболее узкого участка инжекционного канала составляет 140 мм. Диаметр E отверстия 96 эжекторного канала в выпускном конце 48 корпуса 44 реактора составляет 2,2 метра. Осевая длина корпуса 44 реактора от впускного конца 88 канала 60 инжектора до отверстия 96 эжекторного канала составляет 10 метров.

Внутренние края 89, 91 оконечной вставки 50 и трубчатой центральной секции 46 соответственно совместно образуют ступенчатую или телескопическую структуру, вытянутую в радиальных направлениях наружу от впускного конца 88 инжекционной вставки или канала 60 инжектора к концу 48 в форме усеченного конуса корпуса 44 реактора. Конкретные размеры различных компонентов будут, однако, варьироваться в зависимости от специфического вида применения соплового реактора, обозначенного в целом как 100. Факторы, принимаемые во внимание при определении конкретных размеров, включают в себя физические свойства крекирующего газа (плотность, энтальпия, энтропия, теплоемкость и т.п.) и коэффициент давления от впускного конца 76 к впускному концу 88 канала 60 инжектора.

Вариант осуществления, представленный на фиг. 2, может быть использован, например, для крекинга тяжелого углеводородного материала, включая битум, если это требуется, в легкие углеводороды и другие компоненты. Для выполнения этого в некоторых вариантах осуществления перегретый пар (не показано) инжектируют в инжекционный канал 60. Перепад давления от впускного конца 76, где давление сравнительно высокое, к выпускному концу 88, где давление ниже, способствует ускорению перегретого пара внутри инжекционного канала 60.

В некоторых вариантах осуществления, имеющих один или несколько нелинейных каналов для инъекции крекирующего газа, например 60, таких как канал с сужающейся/расширяющейся конфигурацией, как на фиг. 2, перепад давления может приводить к постоянному увеличению кинетической энергии крекирующего газа при его перемещении вдоль осевой длины канала (каналов) 60 для инъекции крекирующего газа. Крекирующий газ может посредством этого выпускаться из выпускного конца 88 инжекционного канала 60 во внутреннее пространство корпуса 44 реактора при сверхзвуковой скорости с соответствующей сравнительно высокой величиной кинетической энергии. В этих вариантах осуществления величина кинетической энергии при выпуске крекирующего газа со сверхзвуковой скоростью поэтому больше, чем та, которая может быть достигнута в некоторых прямоточных инжекторах, соответствующих известному уровню техники, или других инжекторах, таких как сужающийся, расширяющийся и сужающийся сопловый реактор по Публикации '615.

В других вариантах осуществления канал для инъекции крекирующего газа может не быть изэнтропическим, однако может обеспечить существенное увеличение скорости и кинетической энергии крекирующего газа при его перемещении внутри инъекционного канала 60. Например, инъекционный канал 60 может содержать последовательность конических или тороидальных секций (не показано) для обеспечения возможности варьирования ускорения крекирующего газа внутри канала 60 и, в некоторых вариантах осуществления, выпуска крекирующего газа из канала 60 со сверхзвуковой скоростью.

В некоторых способах использования соплового реактора по варианту осуществления, показанному на фиг.2, тяжелое углеводородное сырье предварительно нагревают (не показано), например, при 2-15 барах, что обычно является тем же самым давлением, что и в корпусе 44 реактора. В случае битумного сырья предварительное нагревание должно обеспечить температуру сырья от 300 до 500°C и более предпочтительно от 400 до 450°C. При этом предварительно нагретое сырье инжeksiруют в канал 54 для исходного материала и затем через сопряженное кольцообразное отверстие 57 для сырьевого материала. Сырье тем самым перемещается в радиальных направлениях внутрь для столкновения поперек (т.е. по отношению к осевому направлению) перемещению с высокой скоростью струи крекирующего газа (например, пара, природного газа, диоксида углерода или другого газа; не показано) практически сразу же после его выпуска из выпускного конца 88 инъекционного канала 60. Столкновение сырьевого материала, инжeksiрованного в радиальных направлениях, с перемещаемой в осевом направлении с высокой скоростью струей пара придает сырьевому материалу кинетическую и термическую энергию. Заявители полагают, что этот процесс может продолжаться, однако, с меньшей интенсивностью и продуктивностью внутри корпуса 44 реактора при протекании инжeksiрованного сырьевого материала вдоль осевого направления корпуса 44 реактора и при предотвращении устранения соприкосновения струи пара с корпусом 44 реактора посредством телескопических внутренних стенок, например 89, 91, 101. В зависимости от природы сырья и его предварительного нагревания могут быть получены различные результаты, такие как крекинг тяжелых углеводородов, включая битум, в легкие углеводороды и, если они присутствуют в тяжелых углеводородах или инжeksiрованном газе, - другие материалы.

Представленный на фиг.3 альтернативный вариант осуществления соплового реактора, обозначенный в целом как 110, имеет сопло 111 и корпус 128 реактора с оконечной вставкой 112, являющейся промежуточным звеном между корпусом 128 реактора и инжeksiонной вставкой 130. Оконечная вставка 112 имеет коническую внутреннюю периферийную секцию 113, которая: (i) вытянута с расширением в направлениях наружу от впускного конца 114 инъекционного канала 116 сопла 111; и (ii) завершается при максимальном диаметре сопряженной трубчатой внутренней периферийной секцией 115 оконечной вставки 112, противоположной выпускному концу 114 инъекционного канала 116. Этот альтернативный вариант осуществления также имеет инъекционный канал для сырьевого материала 118, образованный линией или трубой 120 для сырьевого материала, соединенной с кольцообразным каналом 122 для распределения сырьевого материала, который, в свою очередь, соединен с более узким в осевом направлении кольцообразным кольцом или отверстием 124 для инъекции сырьевого материала. Кольцо 124 для инъекции сырьевого материала инъекции примыкает с боковых сторон к выпускному концу 114 инъекционного канала 116 для инъекции в радиальных направлениях внутрь сырьевого материала,

такого как битум или другие углеводороды (не показано), например, при соприкосновении с крекирующим газом, инжектированным в осевом направлении (не показано), практически сразу же после выпуска крекирующего газа из выпускного конца 114 во внутреннее пространство 126 корпуса 128 реактора.

Инжекционный канал 116 может быть сконфигурирован для выпуска свободного потока крекирующего газа, такого как перегретый пар (не показано), например, может иметь в основном конический профиль с углом примерно 18°. Коническая внутренняя секция 113 может быть сконфигурирована таким образом, чтобы окружать свободный поток выпускаемого крекирующего газа или взаимодействовать с ним. В некоторых таких вариантах осуществления после объединения инжектированного исходного материала рядом с выпускным концом 114 образованная смешанная струя - из смеси крекирующего газа и сырьевого материала - предпочтительно приводится по меньшей мере в периодическое прерывистое соприкосновение с трубчатой внутренней секцией 113 и, если это требуется, с расположенной ниже по течению трубчатой внутренней секцией 115. Это периодическое прерывистое соприкосновение увеличивает турбулентность и концентрирует сдвиговые усилия в укороченной в осевом направлении зоне внутри корпуса 128 реактора. Предпочтительно, однако, чтобы такая струя смеси перемещалась через внутреннее пространство 126 корпуса 128 реактора с минимальным противотоком любых компонентов данной струи смеси, что приводит к более быстрому жесткому течению всех компонентов струи смеси через корпус 128 реактора.

Как только исходный материал подвергнут крекингу выпускаемым потоком крекирующего газа рядом с впускным концом 114, конфигурация корпуса реактора способствует в основном незамедлительному охлаждению струи смеси. Это охлаждение струи смеси приостанавливает химическую реакцию между сырьевым материалом и крекирующим газом в выпускаемом потоке.

Заявители полагают, что в некоторых вариантах осуществления достаточный паровой крекинг по меньшей мере определенных тяжелых углеводородов может быть достигнут при скоростях струи выше примерно 300 метров в секунду, в то время как время задержки в зоне корпуса реактора, обеспечивающее такое экстремальное сдвиговое усилие, может быть очень коротким, порядка лишь примерно 0,01 секунды. В таких вариантах осуществления крекинг сырьевого материала, например, такого как битум, может быть обусловлен экстремальным сдвиговым усилием крекирующего газа. В некоторых вариантах осуществления этого типа время задержки сырьевого материала или крекирующего газа в корпусе 128 реактора поэтому может влиять лишь в малой степени или совсем не влиять на такой крекинг или, при необходимости, на любой другой основной крекинг.

В некоторых вариантах осуществления в сопловый реактор может быть введен катализатор для улучшения крекинга сырьевого материала выпускаемым потоком крекирующего газа.

С точки зрения заявителей принцип действия сопел того типа, который представлен в проиллюстрированных вариантах осуществления, для инъекции крекирующего газа, такого как пар, может быть основан на следующем уравнении:

$$KE = H_0 - H_1 = -\Delta h, \quad (1)$$

где KE - кинетическая энергия крекирующего материала (рассматриваемого в

качестве свободной струи), сразу после выпуска из инжекционного сопла, H_0 - энтальпия крекирующего материала при введении в инжекционное сопло и H_1 - энтальпия крекирующего материала при выпуске из инжекционного сопла.

Это уравнение является производным от первого закона термодинамики, который относится к сохранению энергии и в котором рассматриваемые виды энергии включают: потенциальную энергию, кинетическую энергию, химическую энергию, тепловую энергию и энергию работы. В случае использования сопел по проиллюстрированным вариантам осуществления для инъекции пара видами энергии, относящимися главным образом к этому случаю, являются лишь кинетическая энергия и термическая энергия. Другие виды - потенциальная, химическая энергия и энергия работы - могут быть равны нулю или быть достаточно низкими, чтобы пренебречь ими. Также кинетическая энергия на входе может быть достаточно низкой, чтобы пренебречь ею. Соответственно результирующая кинетическая энергия крекирующего материала соответствует приведенному выше уравнению.

Из второго закона термодинамики - о том, что энтропия системы не может увеличиваться, - следует, что ни один реальный процесс не является совершенно изэнтропическим. Однако практически изэнтропическим соплом (т.е. соплом, обычно относимым к «изэнтропическим» в данной области техники) является такое сопло, в котором увеличение энтропии внутри сопла приводит к сравнительно полному или очень высокому преобразованию тепловой энергии в кинетическую энергию. С другой стороны, сопла, не являющиеся изэнтропическими, такие как сопла с прямоточным отверстием, не только обладают много меньшей эффективностью преобразования тепловой энергии в кинетическую энергию, но также могут иметь верхние пределы в величине кинетической энергии, получаемой при их использовании.

Например, поскольку скорость идеального газа внутри сопла выражается уравнением

$$V=(-2\Delta H)^{1/2}, \quad (2)$$

а скорость в сопле с прямоточным отверстием ограничена скоростью звука, то кинетическая энергия газовой струи, выпускаемой соплом с прямоточным отверстием, ограничена. Однако практически «изэнтропическое» сужающееся/расширяющееся сопло, такое как показано на фиг. 1-3 и 6-9, может создавать, т.е. выпускать, струю газа, которая является сверхзвуковой. Соответственно кинетическая энергия газовой струи, создаваемой таким изэнтропическим сужающимся/расширяющимся соплом, может быть существенно большей, чем в случае сопла с прямоточным отверстием, таким как это показано в Публикации '181.

Соответственно можно видеть, что некоторые варианты осуществления, рассмотренные выше, могут предоставить сопловый реактор, обеспечивающий более высокую степень передачи кинетической энергии сырьевому материалу благодаря многим особенностям, таким как, например, образование сверхзвуковой струи крекирующего газа, улучшенной ориентации направления потока крекирующего газа (или смеси крекирующего газа) по отношению к направлению потока сырья и/или более полное столкновение потока крекирующего газа с исходным материалом в результате, например, использования кольцеобразного отверстия для исходного материала и телескопического внутреннего пространства корпуса реактора. Некоторые варианты осуществления также могут обеспечивать пониженное удержание побочных продуктов, таких как кокс, на боковых стенках реакционной

камеры. Варианты осуществления соплового реактора могут также быть сравнительно быстрыми в действии, эффективными, надежными, простыми в обслуживании и ремонте, а также сравнительно экономичными в изготовлении и использовании.

Следует заметить, что в некоторых вариантах осуществления, включая, в том числе, варианты осуществления, представленные на фиг. 1-3 выше, инжектируемый материал может содержать крекирующую текучую среду или другие движущие материалы, а не крекирующий газ, или в дополнение к нему. Соответственно следует понимать, что некоторые варианты осуществления могут использовать компоненты, которые содержат компоненты, совместимые с движущим материалом, а не, как описано в частных вариантах осуществления выше, компоненты, совместимые с крекирующим газом, такие как, например, канал для инъекции крекирующего газа, например, канал 60, указанный выше. Однако при использовании с суженным внутри каналом для инъекции движущего материала данный движущий материал предпочтительно должен быть способен к сжатию.

Заявители полагают, что вариант осуществления нелинейного соплового реактора (показанный в целом на фиг.1) и сопловый реактор с линейным инжектором с осевой длиной один дюйм (skonфигурированный, как показано в общем виде на фиг.4) предоставляют следующие теоретические результаты для парового сырья под давлением 30 бар, подаваемого при 660°C во внутреннее пространство корпуса реактора с давлением 10 бар и 3 бара, как показано на чертежах. Однако для сопел обоих этих типов конфигурации сопел должны быть изменены (посредством изменения положения горловины 84 и диаметра выпускного или впускного конца 88), чтобы выпускать 2 барреля в день (объем по воде) пара при давлении 10 бар и 3 бара. Результаты, представленные в таблице, основаны на предположении поведения как идеального газа и использовании k (соотношения удельных теплоемкостей C_p/C_v).

	Таблица			
	Сопловый реактор с прямоточным инжектором		Сопловый реактор с сходящимся/расходящимся инжектором	
	10 бар	3 бара	10 бар	3 бара
Диаметр горловины, мм	1,60	2,80	1,20	1,20
Температура пара, °C	560,0	544,3	464,4	296,7
Скорость пара, м/с	647,1	690,0	914,1	1244,1
Число Маха	0,93	1,00	1,39	2,12
Кинетическая энергия, кВт	0,72	1,12	1,43	2,64

Как можно видеть из результатов расчетов заявителя, представленных выше, теоретически испытанные прямоточные инжекционные сопла прототипа теоретически предоставляют скорость струи пара, равную скорости звука или меньше ее. В противоположность этому, теоретически испытанные сходящиеся/расходящиеся инжекционные сопла по данному изобретению теоретически могут предоставить скорость струи пара в корпусе реактора значительно больше скорости звука, при давлении 3 бара внутри корпуса реактора, превышающую скорость звука более чем в два раза. Аналогичным образом и в результате этого связанные величины кинетической энергии струй пара в сходящихся/расходящихся инжекционных соплах теоретически значительно выше по сравнению со связанными величинами кинетической энергии струй пара в линейных инжекционных соплах.

Заявители поэтому полагают, что теоретически испытанные сходящиеся/расходящиеся инжекционные сопла по данному изобретению, такие как

сопло 111 на фиг.3, являются значительно более изэнтропическими, чем теоретически испытанные прямоточные сопла. Как проиллюстрировано теоретическими данными о кинетической энергии, представленными выше, заявители также полагают, что теоретически испытанные сходящиеся/расходящиеся инжекционные сопла могут быть в 2-2,5 раза более эффективными, чем теоретически испытанные прямоточные сопла, указанные выше. Вышеуказанные теоретические результаты были получены при использовании пара в качестве крекирующего газа и поэтому базируются на термодинамических свойствах пара. Однако подобные теоретические результаты могут быть получены при использовании других газообразных движущих сред в качестве крекирующего газа.

Подобным образом величины кинетической энергии струи крекирующего газа в сходящихся/расходящихся инжекционных соплах также могут быть значительно выше связанных величин кинетической энергии среды в сходящемся/расходящемся сопле того типа, который описан в Публикации '615.

В сходящемся/расходящемся/сходящемся сопле по Публикации '615, однако, конструкция предусматривает существенное снижение скорости и кинетической энергии среды битум/пар, по меньшей мере, во второй суживающейся секции, тем самым уменьшая конечную скорость и кинетическую энергию среды при ее выпуске из соплового реактора по Публикации '615. Кроме того, использование в Публикации '615 смешанной среды битум/пар само по себе уменьшает скорость такой среды по сравнению со скоростями и результирующими сдвиговыми усилиями, достигаемыми посредством инъекции по отдельности, например, пара и битумного сырья.

В некоторых вариантах осуществления сопловый реактор по данному изобретению может включать инжекционное сопло с направляющей вставкой, вокруг которой может протекать первый материал для увеличения его скорости при подготовке к взаимодействию со вторым материалом для изменения механических или химических свойств первого и/или второго материалов. Например, как показано на фиг. 6 и 7, инжекционное сопло 150 включает корпус 152 инжекционного сопла, имеющий инжекционный канал 154, вытянутый в осевом направлении внутри корпуса. В некоторых вариантах осуществления канал 154 имеет постоянный диаметр вдоль осевой длины канала. В других вариантах осуществления диаметр канала 154 изменяется, например, уменьшается вдоль осевой длины канала, т.е. канал сужается, или увеличивается вдоль осевой длины канала, т.е. канал расширяется, или же имеют место комбинации этих видов изменения. Направляющая вставка 166 позиционирована внутри инжекционного канала 154, однако не соприкасается непосредственным образом с внутренней поверхностью инжекционного канала благодаря использованию поддерживающей вставки 156. Направляющая вставка 166 может быть соединена с поддерживающей вставкой 156, которая вставлена и закреплена в сопряженном углублении 170 для поддерживающей вставки, сформированном в корпусе 152 инжекционного сопла.

Поддерживающая вставка 156 может включать один или несколько опорных стержней 168, соединенных с цилиндрической частью 165 направляющей вставки 166. Цилиндрическая часть 165 включает внешнюю периферическую поверхность, которая параллельна осевой линии вставки 156. Поддерживающая вставка 156 содержит канал 172 для протекания текучей среды, который имеет обычно кольцеобразный профиль и соответствует инжекционному каналу 154 корпуса 152 инжекционного сопла, так что, когда она вставлена в углубление 170, внутренняя поверхность

канала 172 расположена в основном заподлицо с внутренней поверхностью канала 154. Площадь поперечного сечения канала 172 для протекания текучей среды в плоскостях, перпендикулярных осевой линии канала 172 для протекания текучей среды, остается в основном постоянной на протяжении всей осевой длины канала 172. Другими словами, внешний диаметр и внутренний диаметр канала 172 для протекания текучей среды в основном остается постоянным на всем его протяжении.

В некоторых вариантах осуществления вставки 156, 158 являются сменными. В отдельных вариантах осуществления вставка 156 с закрепленной в ней вставкой 158 может иметь внешнюю резьбу и может быть закреплена с возможностью извлечения в сопряженном углублении 170 для поддерживающей вставки посредством резьбового соединения с внутренней резьбой, сформированной в данном углублении. В отдельных вариантах осуществления вставка 158 запрессована в углубление 170. Кроме того, в других вариантах осуществления вставка 156 соединена с углублением 170 посредством нанесения соединительного материала, такого как адгезив, активируемый при нагревании, адгезив, активируемый при приложении давления Публикации '615, или другой подобный адгезив, между внешней поверхностью вставки и углублением с последующим активированием нанесенного материала.

Текучую среду, такую как крекирующий газ, пропускают через сопло 150, вначале пропуская ее через отверстие 174 для входного потока в поддерживающей вставке 156, канал 172 для протекания текучей среды и выпускное отверстие 176 в поддерживающей вставке. Как показано на фиг. 6, текучая среда протекает вокруг цилиндрической части 165 и опорных стержней 168 при ее протекании через канал 172 в основном при постоянной скорости. Предпочтительно, число и площадь поперечного сечения опорных стержней 168 минимизированы, с тем, чтобы как можно меньше нарушать протекание текучей среды через канал 172.

Когда направляющая вставка позиционирована внутри инъекционного канала 154, то образуется в основном кольцеобразный канал 180 для протекания текучей среды между поверхностью инъекционного канала и внешней поверхностью направляющей вставки 158.

Направляющая вставка 158 содержит расходящуюся или расширяющуюся часть 164, сходящуюся или сужающуюся часть 166 и переходную часть 167, соединяющую расходящуюся и сходящуюся части. В проиллюстрированных вариантах осуществления расходящаяся и сходящаяся части 164, 166 обычно имеют форму усеченного конуса и форму конуса соответственно со стыковочными базовыми поверхностями, соединенными на переходном участке 167. Диаметр расходящейся части увеличивается, а диаметр сужающейся части уменьшается вдоль осевой длины направляющей вставки 158 в направлении протекания текучей среды, как это указано на фиг. 6. Соответственно кольцеобразный канал 180 для протекания текучей среды между расширяющейся частью 164 направляющей вставки 158 и внешней периферийной поверхностью инъекционного канала 154, т.е. сходящаяся часть 200, сужается в направлении протекания текучей среды, а кольцеобразный канал для протекания текучей среды между сужающейся частью 166 направляющей вставки и внешней периферийной поверхностью инъекционного канала, т.е. расходящаяся часть 204, расширяется в направлении протекания текучей среды. Как можно видеть, кольцеобразный канал 180 для протекания текучей среды наиболее узок между переходной частью 167 вставки 158 и внешней периферийной поверхностью инъекционного канала 154, т.е. в переходной части канала или горловине 202.

Текучая среда, протекающая через канал 172 в поддерживающей вставке 156, выпускается через выпускное отверстие 176 канала 172 в кольцеобразный канал 180 для протекания текучей среды. Сопло может быть сконфигурировано таким образом, что текучая среда, протекающая через канал 172 в кольцеобразный канал 180 для протекания текучей среды, протекает при скорости меньше скорости звука, т.е. в виде дозвукового потока. Когда текучая среда протекает через канал 180, то сужение сужающейся области и расширение расширяющейся области способствуют возникновению противодавления, т.е. давление выше на входе канала 180, чем на выходе этого канала, что увеличивает скорость текучей среды. Скорость текучей среды может быть увеличена так, что при выпуске текучей среды из переходной области ее скорость равна скорости звука или выше ее, т.е. образуется сверхзвуковой поток. Текучая среда поддерживается в виде сверхзвукового потока при протекании через расширяющуюся область и в этом состоянии выпускается из сопла 150 на конце расширяющейся области.

Подобно концу сопла 12 на фиг.1, инжекционному соплу 52 на фиг. 3 и инжекционной вставке 130 корпуса реактора фиг. 3, сопло 150 может быть соединено с реакционной камерой. Кроме того, текучая среда, протекающая через сопло, может быть крекирующим газом, который при выпуске из сопла сразу же приводится в соприкосновение с сырьевым материалом, инжектированным в радиальных направлениях внутрь возле выходного отверстия сопла, чтобы вызвать взаимодействие между крекирующим газом и подаваемым материалом.

В альтернативном случае, как показано на фиг. 8, инжекционный канал 190 для сырьевого материала вытянут от внешней стороны корпуса 191 инжекционного сопла к инжекционному каналу 193. Такой инжекционный канал 190 для подаваемого материала проходит через кольцеобразное отверстие 192 для подаваемого материала, расположенное рядом с внешней периферией инжекционного канала 193 в месте переходной области 195. Кольцеобразное отверстие 192 для подаваемого материала включает кольцеобразную, вытянутую в радиальных направлениях щель 194 для подачи исходного материала в камеру, которая соединена с выходной стороной переходной области 195 и обеспечивает инжекцию в нее сырьевого материала. Аналогично фиг.1, отверстие 192 сконфигурировано для инжекции подаваемого материала: (i) под углом примерно 90° к осевой линии перемещения крекирующего газа, протекающего через переходную область 195; (ii) по всей периферийной окружности крекирующего газа, вытекающего из переходной области; и (iii) для столкновения по всей периферийной окружности потока свободного крекирующего газа, практически сразу же после его выпуска из переходной области в расширяющуюся область 197.

При ссылке теперь на фиг. 9, сопло 210 подобно соплу 150 на фиг. 6 и 7 и соплу 189 на фиг. 8, за исключением того, что инжекционный канал 210 для подаваемого материала сформирован в направляющей вставке 212 и вытянут в осевом направлении от конца направляющей вставки вперед к переходному участку 214 вставки. Инжекционный канал 210 проходит через дискообразную щель 216 для подачи подаваемого материала, которая соединена с выходной стороной переходной области 218 и обеспечивает инжекцию в нее подаваемого материала. Подаваемый материал может быть инжектирован через канал 210 и через щель 216 для подачи подаваемого материала по всей периферийной окружности крекирующего газа, выходящего из переходной области 218, под углом 90° к осевой линии пути перемещения текучей среды, например крекирующего газа, протекающей через

переходную область. Подаваемый материал в таком случае сталкивается с текущей средой по всей окружности ее потока, как описано выше.

Некоторые варианты осуществления данного соплового реактора и способа его использования могут поэтому обеспечивать выполнение крекинга битума и других сырьевых материалов в основном или, во всяком случае, более полно посредством механического усилия сдвига на молекулярном уровне, а не посредством температуры, времени задержки или участия катализаторов. Хотя такой крекинг углеводородных молекул образует уменьшенные и несбалансированные по заряду углеводородные молекулярные цепи, которые затем устраняют свою несбалансированность по заряду химическим взаимодействием с другими материалами в смешанном потоке или иным образом, движущая сила процесса крекинга углеводородов может быть механической, а не химической.

Кроме того, некоторые варианты осуществления могут использовать повышенную восприимчивость по меньшей мере определенных тяжелых углеводородов к механическому крекингу, чтобы селективным образом подвергать крекингу специфические углеводороды (например, такие как сравнительно тяжелый битум) в противоположность другим, более легким углеводородам или другим материалам, которые могут находиться в сырьевом материале при его прохождении через сопловый реактор.

Также в некоторых вариантах осуществления конфигурация соплового реактора может уменьшать и практически устранять обратное перемешивание при улучшении, например, жесткого течения смеси крекирующего газа и сырьевого материала внутри корпуса реактора и охлаждения смеси внутри корпуса реактора. Это может способствовать не только улучшению механического крекинга подаваемого материала, но также и уменьшению образования кокса и осадка на стенке корпуса реактора. В сочетании с инъекцией с высокой скоростью крекирующего газа или других движущих материалов из инъекционного сопла в корпус реактора образование кокса и осадка на стенке может быть снижено в еще большей степени, если не устранено практически полностью. В этих вариантах осуществления сопловый реактор может соответственно обеспечивать более эффективный и полный крекинг, а при необходимости и селективный крекинг тяжелых углеводородов при уменьшении, а в некоторых вариантах осуществления и при практическом устранении, образования осадка на стенке корпуса реактора.

Принимая во внимание многие возможные варианты осуществления, к которым могут быть применимы принципы данного раскрытого изобретения, следует иметь в виду, что проиллюстрированные варианты осуществления являются лишь предпочтительными примерами данного изобретения и не должны рассматриваться в качестве ограничения объема данного изобретения. Напротив, объем данного изобретения определяется лишь прилагаемой формулой изобретения. Поэтому мы испрашиваем наше изобретение в отношении всего входящего в сущность и объем этой формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Сотовый реактор, используемый для инъекции первого исходного материала и второго исходного материала и обеспечивающий взаимодействие между данным первым исходным материалом и вторым исходным материалом, данный сопловый реактор содержит:

корпус реактора, имеющий канал с впускным концом и выпускным концом;

инжектор для первого материала, имеющий канал для инъекции первого материала и установленный в сопловом реакторе в сообщении с впускным концом корпуса реактора с возможностью инъекции материала, причем канал для инъекции первого материала имеет (а) впускную секцию увеличенного объема, выпускную секцию

5 увеличенного объема и среднюю секцию уменьшенного объема, которая расположена между впускной секцией увеличенного объема и выпускной секцией увеличенного объема, (b) конец для впуска материала и (с) конец для выпуска материала, сообщающиеся с возможностью инъекции с каналом корпуса реактора; и

10 отверстие для подачи второго материала, выполненное в корпусе реактора и расположенное (а) рядом с концом для выпуска материала канала для инъекции первого материала и (b) поперек осевой линии канала для инъекции первого материала, вытянутой от конца для впуска материала и конца для выпуска материала в канале для инъекции первого материала в инжекторе для первого материала.

15 2. Сопловый реактор по п.1, в котором впускная секция увеличенного объема включает сходящуюся секцию центрального канала, а средняя секция уменьшенного объема и выпускная секция увеличенного объема включают расходящуюся секцию центрального канала.

20 3. Сопловый реактор по п.2, в котором сходящаяся секция центрального канала, средняя секция уменьшенного объема и расходящаяся секция центрального канала совместно образуют радиально изогнутую внутрь боковую стенку канала, которая расположена между концом для впуска материала и концом для выпуска материала в инжекторе для первого материала.

25 4. Сопловый реактор по п.2, в котором первый канал для инъекции материала включает вставку, установленную в канале для инъекции первого материала, и имеет тонкое-толстое-тонкое поперечное сечение вдоль осевой длины вставки.

30 5. Сопловый реактор по п.4, в котором вставка имеет радиально изогнутую наружу периферию вдоль осевой длины вставки.

6. Сопловый реактор по п.5, в котором радиально изогнутая наружу периферия вставки и внутренняя периферия канала для инъекции первого материала образуют совместно впускную секцию увеличенного объема, среднюю секцию уменьшенного объема и выпускную секцию увеличенного объема.

35 7. Сопловый реактор по п.1, в котором (а) канал корпуса реактора имеет центральную осевую линию корпуса реактора, вытянутую от впускного конца к выпускному концу канала корпуса реактора, и (b) осевая линия канала для инъекции первого материала является коаксиальной с центральной осевой линией корпуса реактора.

40 8. Сопловый реактор по п.2, в котором (а) канал корпуса реактора имеет центральную осевую линию корпуса реактора, вытянутую от впускного конца к выпускному концу канала корпуса реактора, и (b) осевая линия канала для инъекции первого материала является коаксиальной с центральной осевой линией корпуса реактора.

45 9. Сопловый реактор по п.4, в котором (а) канал корпуса реактора имеет центральную осевую линию корпуса реактора, вытянутую от впускного конца к выпускному концу канала корпуса реактора, и (b) осевая линия канала для инъекции первого материала является коаксиальной с центральной осевой линией корпуса реактора.

50 10. Сопловый реактор по п.1, в котором впускная секция увеличенного объема, средняя секция уменьшенного объема и выпускная секция увеличенного объема в

канале для инъекции первого материала совместно образуют, по существу, изэнтропический канал для первого исходного материала по каналу для инъекции первого материала.

11. Сопловый реактор по п.3, в котором радиально изогнутая внутрь боковая стенка в канале для инъекции первого материала выполнена с возможностью обеспечивать образование, по существу, изэнтропического канала для первого исходного материала по инжектору для первого материала.

12. Сопловый реактор по п.6, в котором радиально изогнутая наружу периферийная вставка выполнена с возможностью обеспечения образования, по существу, изэнтропического канала для первого исходного материала по каналу для инъекции первого материала.

13. Сопловый реактор по п.7, в котором впускная секция увеличенного объема, средняя секция уменьшенного объема и выпускная секция увеличенного объема в канале для инъекции первого материала совместно образуют, по существу, изэнтропический канал для первого исходного материала по каналу для инъекции первого материала.

14. Сопловый реактор по п.1, в котором загрузочное отверстие для второго подаваемого материала является кольцеобразным.

15. Сопловый реактор по п.3, в котором загрузочное отверстие для второго подаваемого материала является кольцеобразным.

16. Сопловый реактор по п.5, в котором загрузочное отверстие для второго подаваемого материала является кольцеобразным с центральной осевой линией кольцеобразного отверстия, коаксиальной с центральной осевой линией корпуса реактора.

17. Сопловый реактор по п.7, в котором загрузочное отверстие для второго подаваемого материала является кольцеобразным с центральной осевой линией кольцеобразного отверстия коаксиальной с центральной осевой линией корпуса реактора.

18. Сопловый реактор по п.1, в котором канал корпуса реактора имеет секцию канала реактора уменьшенного объема, расположенную рядом с впускным концом в корпусе реактора, и, по меньшей мере, первую секцию канала реактора увеличенного объема, вытянутую к выпускному концу в корпусе реактора.

19. Сопловый реактор по п.2, в котором канал корпуса реактора имеет секцию канала реактора уменьшенного объема рядом с впускным концом в корпусе реактора, и, по меньшей мере, первую секцию канала реактора увеличенного объема, вытянутую к выпускному концу в корпусе реактора.

20. Сопловый реактор по п.3, в котором канал корпуса реактора имеет секцию канала реактора уменьшенного объема, расположенную рядом с впускным концом в корпусе реактора, и, по меньшей мере, первую секцию канала реактора увеличенного объема, вытянутую от секции канала реактора уменьшенного объема к выпускному концу в корпусе реактора.

21. Сопловый реактор по п.8, в котором канал корпуса реактора имеет секцию канала реактора уменьшенного объема рядом с впускным концом в корпусе реактора, и, по меньшей мере, первую секцию канала реактора увеличенного объема, вытянутую от секции канала реактора уменьшенного объема к выпускному концу в корпусе реактора.

22. Сопловый реактор по п.11, в котором канал корпуса реактора имеет радиально суженное поперечное сечение рядом с впускным концом в корпусе реактора и, по

меньшей мере, первое радиально расширенное поперечное сечение, вытянутое к выпускному концу в корпусе реактора.

23. Сопловый реактор по п.12, в котором канал корпуса реактора имеет радиально зауженное поперечное сечение рядом с впускным концом в корпусе реактора и, по меньшей мере, первое радиально расширенное поперечное сечение, вытянутое к выпускному концу в корпусе реактора.

24. Сопловый реактор по п.13, в котором канал корпуса реактора имеет секцию канала реактора уменьшенного объема, расположенную рядом с впускным концом в корпусе реактора, и, по меньшей мере, первую секцию канала реактора увеличенного объема, вытянутую к выпускному концу в корпусе реактора.

25. Сопловый реактор по п.13, в котором секция канала реактора уменьшенного объема и секция канала реактора увеличенного объема в канале корпуса реактора совместно образуют телескопический канал корпуса реактора.

26. Сопловый реактор по п.23, в котором зауженное поперечное сечение и расширенное поперечное сечение совместно образуют телескопический канал корпуса реактора.

27. Способ крекинга подаваемого материала, при котором:

А. инжектируют находящийся под давлением поток крекирующего материала через инжектор для крекирующего материала в реакционную камеру; и

В. инжектируют подаваемый материал в реакционную камеру рядом с инжектором крекирующего материала и поперек находящемуся под давлением потоку крекирующего материала, входящему в реакционную камеру из инжектора крекирующего материала.

28. Способ крекинга подаваемого материала по п.27, в котором инжектор крекирующего материала включает сходящийся/расходящийся канал, и этап (А) инжекции крекирующего материала включает прохождение данного крекирующего материала через данный сходящийся/расходящийся канал и ускорение крекирующего материала до сверхзвуковой скорости внутри инжектора для крекирующего материала.

29. Способ крекинга подаваемого материала по п.27, в котором этап инжекции подаваемого крекируемого материала включает инжекцию подаваемого материала в реакционную камеру кольцеобразно вокруг находящегося под давлением потока крекирующего материала.

30. Способ крекинга подаваемого материала по п.28, в котором этап инжекции подаваемого крекируемого материала включает инжекцию подаваемого материала в реакционную камеру кольцеобразно вокруг находящегося под давлением потока крекирующего материала.

31. Способ крекинга подаваемого материала по п.27, в котором крекирующий материал является крекирующим газом.

32. Способ крекинга подаваемого материала по п.30, в котором крекирующий материал является крекирующим газом.

33. Способ крекинга подаваемого материала по п.27, в котором подаваемый материал содержит углеводородный материал.

34. Способ крекинга подаваемого материала по п.27, в котором подаваемый материал содержит битум.

35. Способ крекинга подаваемого материала по п.28, в котором подаваемый материал содержит углеводородный материал.

36. Способ крекинга подаваемого материала по п.28, в котором подаваемый

материал содержит битум.

37. Способ крекинга подаваемого материала по п.30, в котором подаваемый материал содержит углеводородный материал.

5 38. Способ крекинга подаваемого материала по п.28, в котором подаваемый материал содержит битум, а крекирующий газ содержит пар.

10

15

20

25

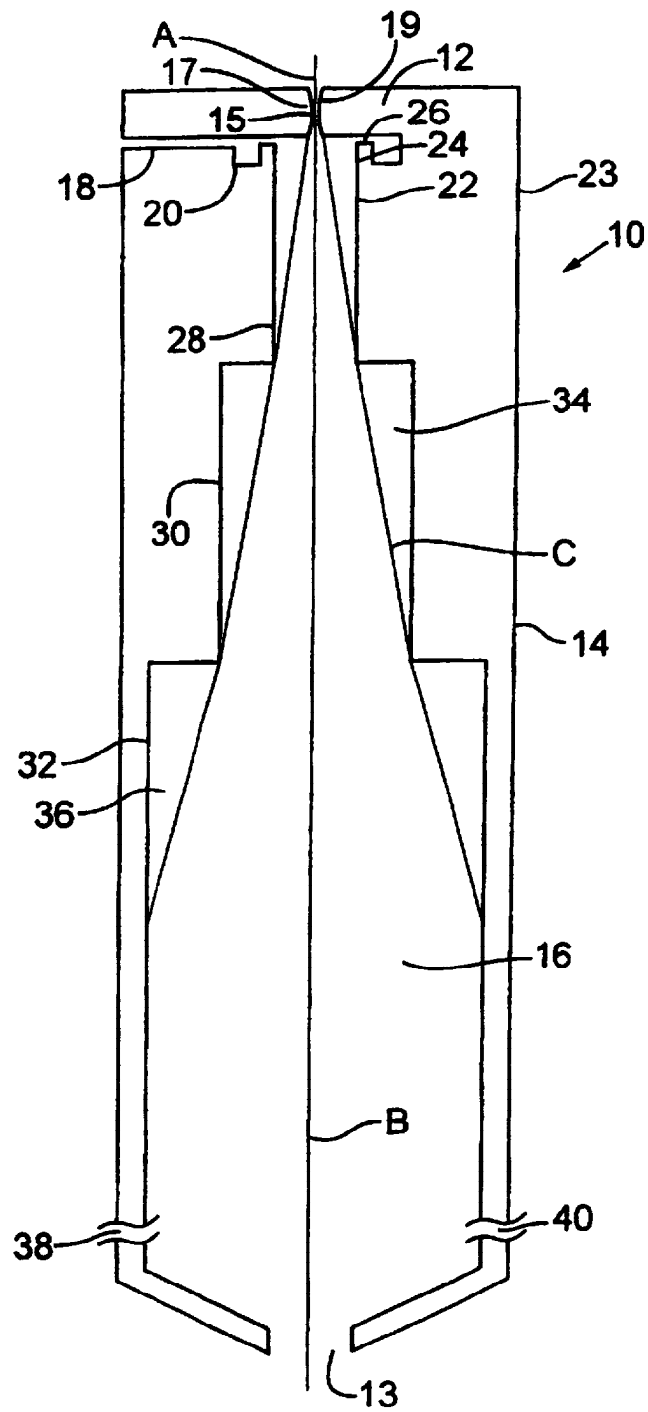
30

35

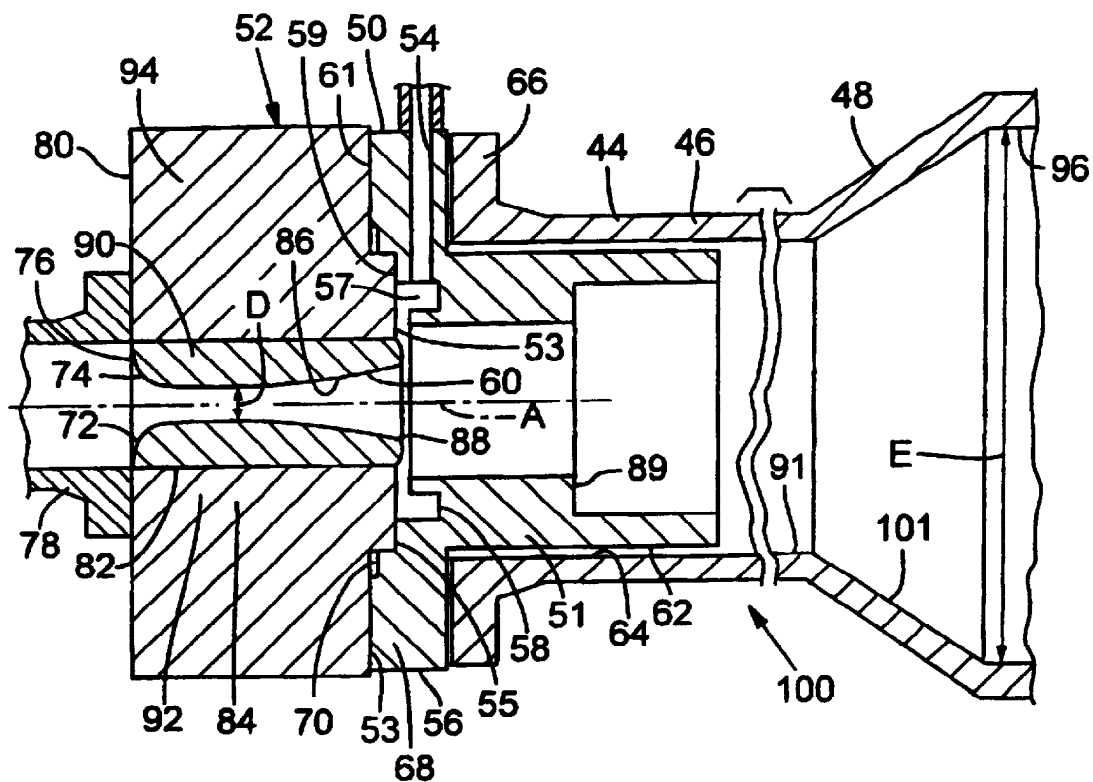
40

45

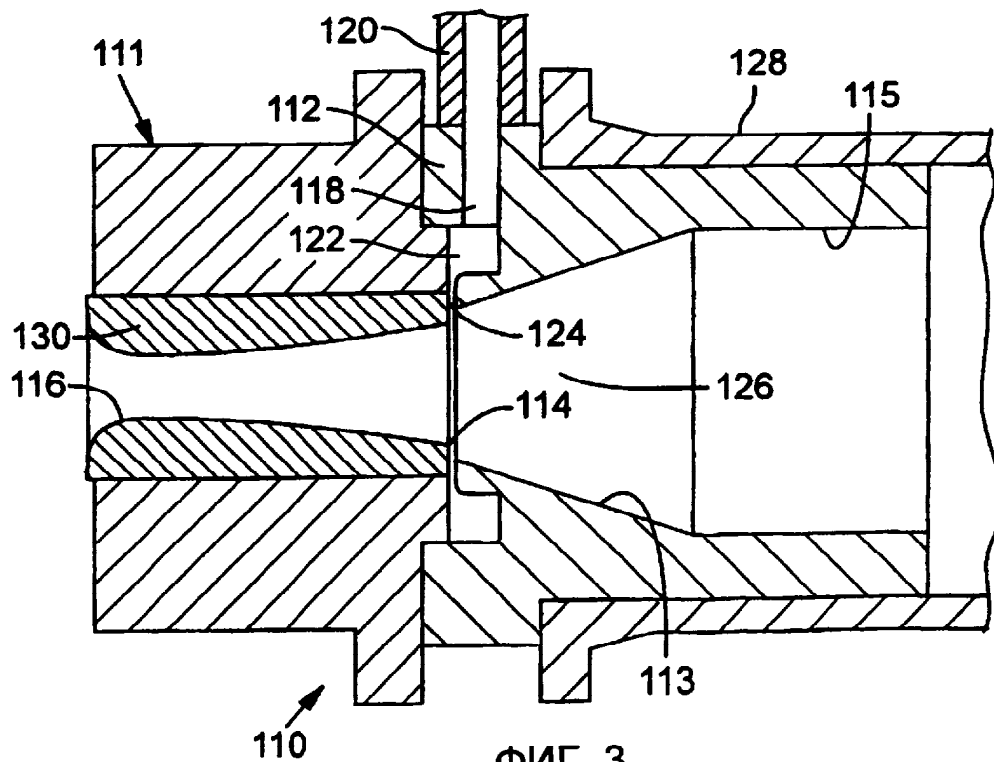
50



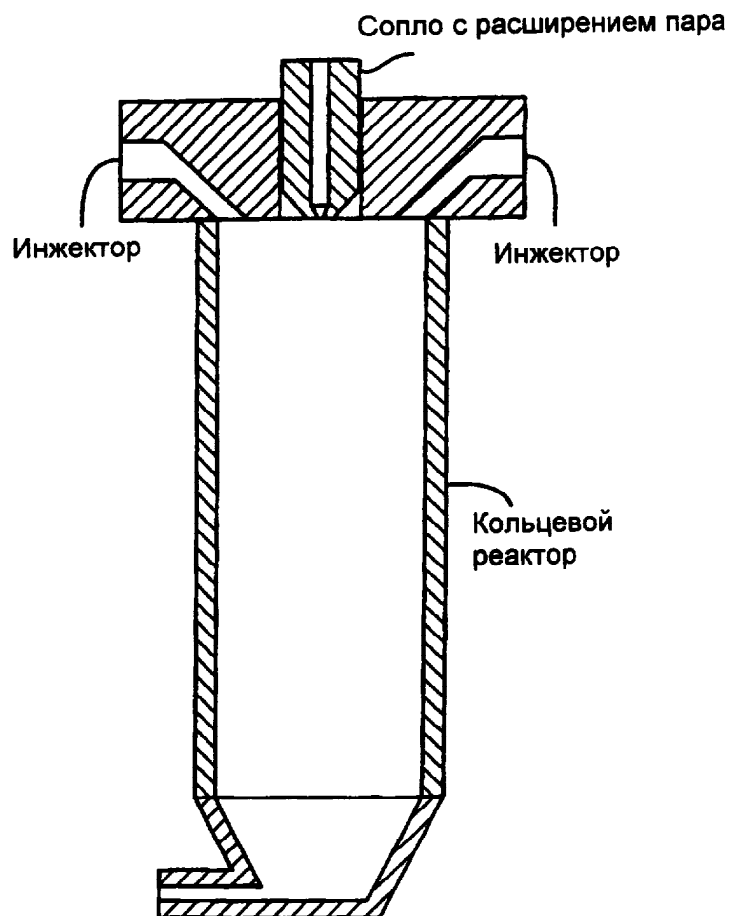
ФИГ. 1



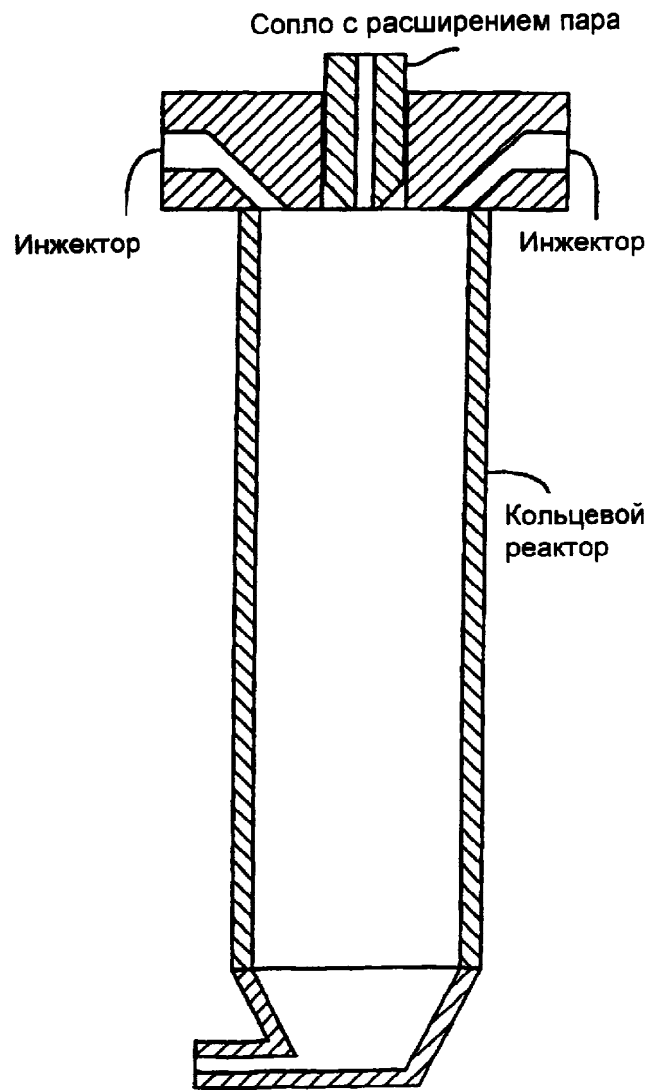
ФИГ. 2



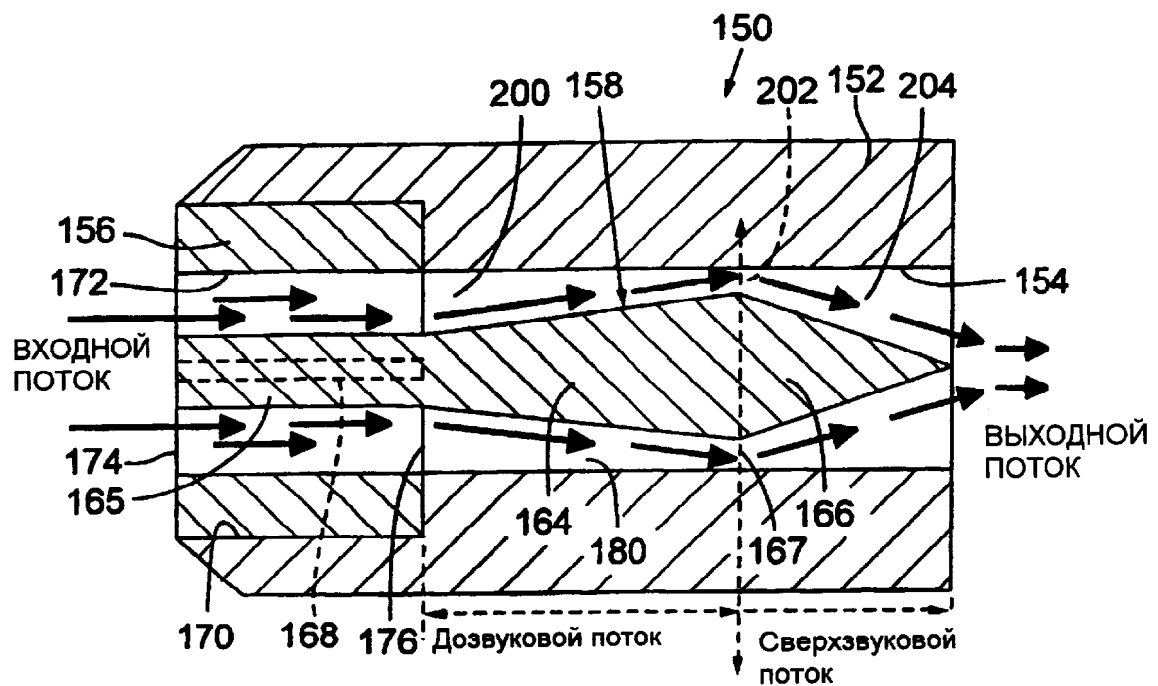
ФИГ. 3



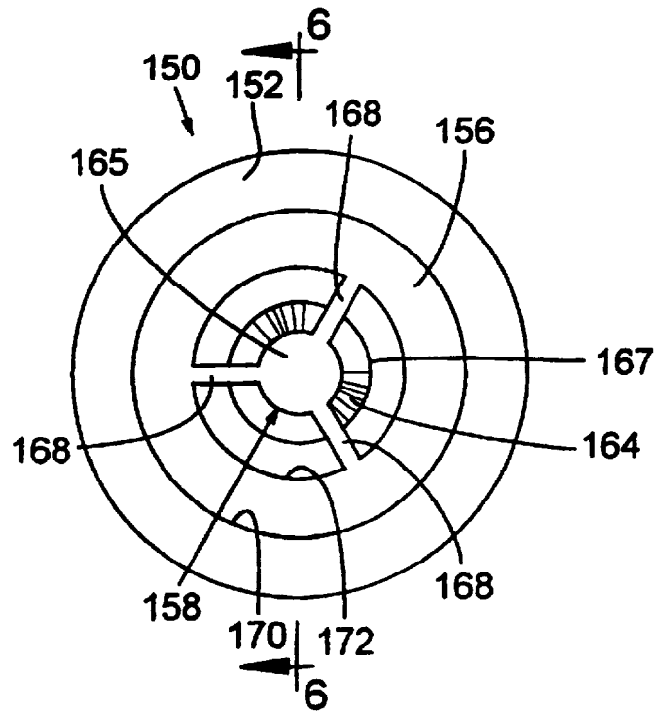
ФИГ. 4



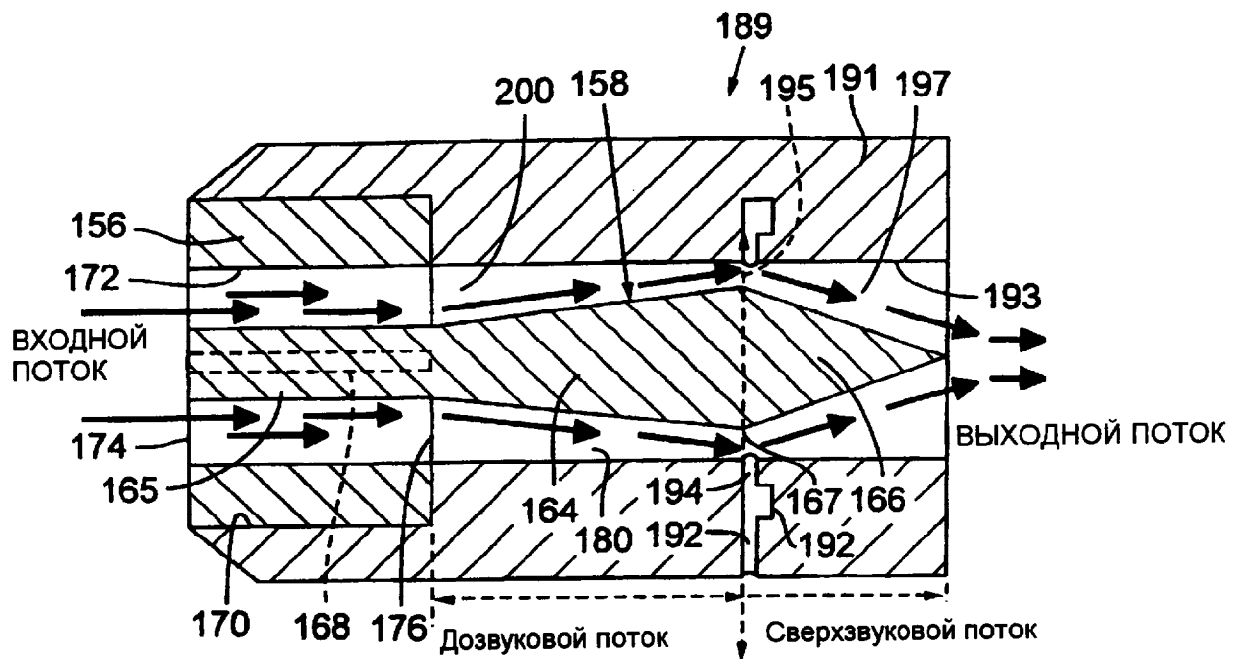
ФИГ. 5



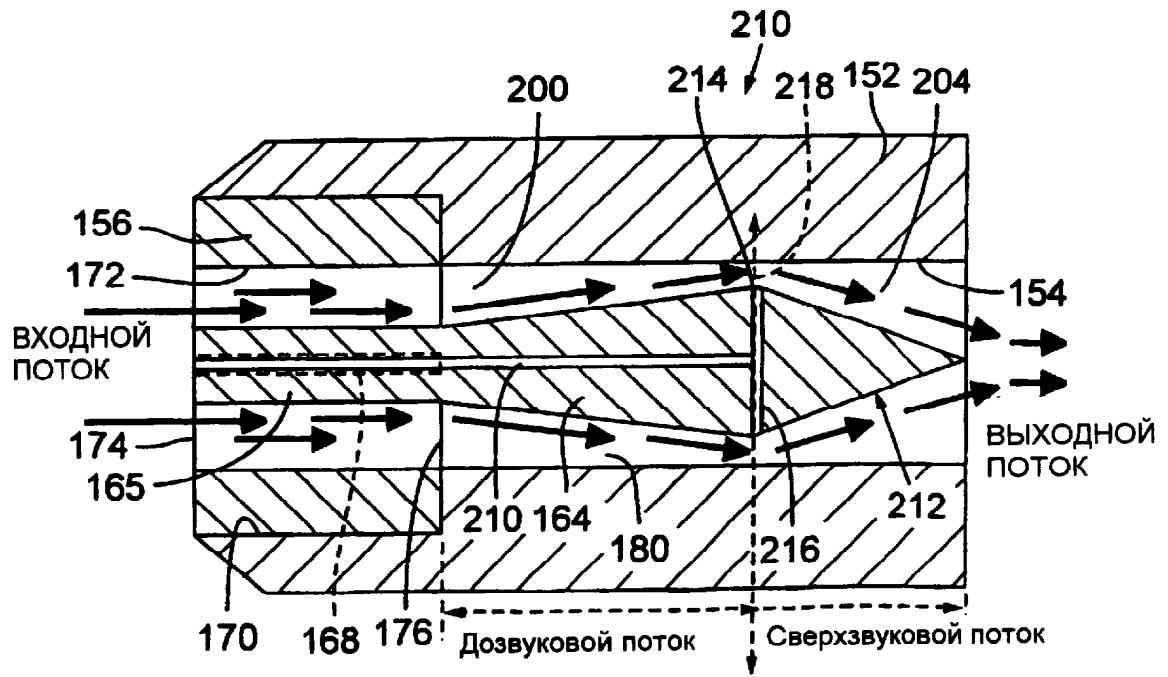
ФИГ. 6



ФИГ. 7



ФИГ. 8



ФИГ. 9