



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42689 (13) C2

(51) 7 B01J8/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ РЕАКТОРА ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО ЕКЗОТЕРМІЧНОГО СИНТЕЗУ І СПОСІБ ПРОВЕДЕННЯ ГЕТЕРОГЕННОГО ЕКЗОТЕРМІЧНОГО СИНТЕЗУ

(21) 94105974

(22) 28.10.1994

(24) 15.11.2001

(31) 03257/93-3

(32) 29.10.1993

(33) CH

(46) 15.11.2001, Бюл. № 10, 2001 р.

(72) Зарді Умберто, СН, Пагані Джорджо, СН, Ерманно Філіппі, СН

(73) АММОНІА КАЗАЛЕ С.А., СН, ЗАРДІ УМБЕРТО, СН

(56) 1. SU 1773236, А3, 30.10.1992.

2. US 7935210, А, 19.06.1990.

3. US 5254316, А, 19.10.1993.

4. СН 666197, А5, 15.07.1988.

5. Патент EP 386692, А2, 12.09.1990.

6. EP 0142170, А2, 22.05.1985

(57) 1. Способ модернизации реактора для гетерогенного экзотермического синтеза, содержащего корпус с расположенным в нем, по крайней мере, одним каталитическим слоем для обеспечения сообщения жидкости с выпускным соплом, расположенным в нижней части корпуса, причем выпускное сопло имеет отверстие для выпуска продуктов реакции, покидающих, по крайней мере, один каталитический слой, **отличающийся** тем, что вне корпуса устанавливают бойлер для генерирования пара высокого давления, соединяют бойлер с корпусом вблизи выпускного сопла корпуса, соединяют, по крайней мере, один каталитический слой с входным коллектором газа в бойлере посредством трубопровода, расположенного в выпускном сопле корпуса с образованием кольцевого воздушного зазора, причем трубопровод и воздушный зазор образуют соответствующие каналы для прореагировавших газов в направлении к упомянутому бойлеру и из бойлера за пределы реактора.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что бойлер соединяют с корпусом посредством соединения сопла для выпуска газа бойлера с выпускным соплом корпуса.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что трубопровод располагают коаксиально в выпускном сопле корпуса.

4. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что упомянутый, по крайней мере, один каталитический слой соединяют с трубопроводом посредством устройства для сбора и передачи газа, имеющегося в реакторе, при этом в трубопроводе включен трубный коллектор продуктов реакции, оставляющих, по крайней мере, один каталитический слой.

5. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что в качестве бойлера использован бойлер трубно-корпусного типа.

6. Способ проведения гетерогенного экзотермического синтеза с регенераций тепла, заключающийся в том, что подают газообразные реагенты к, по крайней мере, одному каталитическому слою, расположенному внутри реактора для синтеза, проводят реакции между газообразными реагентами в, по крайней мере, одном каталитическом слое, удаляют из реактора продукты реакции, покидающие, по крайней мере, один каталитический слой через выпускное сопло корпуса, снабженного соответствующим отверстием для выпуска газа, **отличающийся** тем, что подают продукты реакции, покидающие, по крайней мере, один каталитический слой, в бойлер, размещенный снаружи реактора посредством трубопровода, расположенного в выпускном сопле корпуса с образованием кольцевого воздушного зазора, охлаждают продукты реакции в бойлере с одновременной генерацией пара высокого давления, удаляют охлажденные продукты реакции, покидающие бойлер через кольцевой воздушный зазор и отверстие для выпуска газа.

7. Способ по п. 6, **отличающийся** тем, что продукты реакции, оставляющие самый нижний из нескольких каталитических слоев, расположенных в реакторе, подают в бойлер.

8. Способ по п. 7, **отличающийся** тем, что охлаждают продукты реакции, покидающие бойлер, в теплообменнике, установленном в реакторе для синтеза перед выпускным отверстием для газа.

(19) UA (11) 42689 (13) C2

Изобретение относится к области химического машиностроения, а именно к способу модернизации реактора для проведения гетерогенного экзотермического синтеза и способу проведения гетерогенного экзотермического синтеза.

В частности изобретение относится к способу модернизации реактора для синтеза аммиака или метанола, содержащего корпус, в котором закреплен, по крайней мере, один каталитический слой, герметически связанный с выпускным соплом, расположенным ниже корпуса, причем указанное сопло имеет отверстие для удаления продуктов реакции, покидающих упомянутый, по крайней мере, один каталитический слой.

В следующем ниже описании и в формуле изобретения слово модернизация имеет значение: модификация существующего реактора для улучшения его эксплуатационных характеристик и получения, например, производительности и/или выхода реакции, сравнимой с этими же характеристиками нового реактора.

Используя терминологию, принятую в данной области, этот тип модернизации называют также доработкой или реконструкцией.

При модернизации реакторов для гетерогенного синтеза, в частности экзотермических, все более ощущается потребность в получении более высокой температуры тепла, генерируемого при проведении реакции, при сохранении в как можно менее изменяемом состоянии внешней структуры реактора, в особенности корпуса, крышки и выпускного сопла для прореагировавших газов.

Основное внимание уделяется сохранению внешней структуры реактора, поскольку любое изменение последней могло бы сделать желаемую модернизацию не только экономически неразрешимой, но также и потенциально опасной из-за возможных дефектов реактора в местах, где были проведены изменения.

Известные способы модернизации в основном заключаются в простой замене частей, содержащихся внутри корпуса, в частности существующих каталитических слоев, новыми радиальными или аксиально-радиальными высокопроизводительными слоями [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Хотя эти способы модернизации позволяют получить, с одной стороны, повышение производительности и/или выхода конверсии при неизменяемости внешней структуры реактора, они не позволяют, с другой стороны, отобрать высокотемпературное тепло, генерируемое во время реакции синтеза.

В качестве прототипа выбран способ модернизации реактора для гетерогенного экзотермического синтеза, содержащего корпус с расположенным в нем, по крайней мере, одним каталитическим слоем, для обеспечения сообщения жидкости с выпускным соплом, расположенным в нижней части корпуса, причем сопло имеет отверстие для выпуска продуктов реакции, оставляющих, по крайней мере, один каталитический слой [5].

Однако, в таком реакторе почти во всех случаях сопло для выпуска газа не в состоянии поддерживать температуру продуктов реакции, покидающих наиболее низко расположенный каталитический слой, вплоть до того, что их нужно охлаждать перед тем, как выпустить наружу. Необходи-

мость удерживать внешнюю структуру реактора для синтеза неизменной позволяет известным способом осуществлять отбор тепла продуктов реакции только при ограниченной температуре, что позволяет только осуществить предварительный подогрев воды, поступающей в бойлер, или производство пара низкого давления (до 40 бар). Это обстоятельство существенно затрудняет достижение необходимого технического результата: отбор при более высокой температуре тепла, выделившегося в реакторе для синтеза, при удержании практически в неизменном состоянии внешней структуры реактора.

Задачей, стоящей перед изобретением, является разработка способа модернизации реактора для гетерогенного экзотермического синтеза, который позволяет восстанавливать более высокий температурный уровень реакционного тепла, выделяющегося в реакторе для синтеза, при удержании практически в неизменном состоянии внешней структуры реактора.

Эта задача решается при помощи доработки вышеуказанного способа путем введения следующих операций:

устанавливают вне корпуса бойлер для генерирования пара высокого давления, соединяют бойлер с корпусом вблизи выпускного сопла корпуса, соединяют, по крайней мере, один каталитический слой с входным коллектором газа в бойлере посредством трубопровода, расположенного в выходном сопле корпуса с образованием кольцевого воздушного зазора, причем трубопровод и воздушный зазор образуют соответствующие каналы для прореагировавших газов в направлении к упомянутому бойлеру и из бойлера за пределы реактора.

Кроме того, в отличие от известных способов, в предлагаемом способе дополнительно бойлер соединяют с корпусом посредством соединения сопла для выхода газа бойлера с выпускным соплом корпуса; трубопровод располагают коаксиально в выпускном сопле корпуса; упомянутый, по крайней мере, один каталитический слой соединяют с трубопроводом посредством устройства для сбора и передачи газа, имеющегося в реакторе, при этом в упомянутом трубопроводе включен трубный коллектор продуктов реакции, оставляющих, по крайней мере, один каталитический слой; а также в качестве бойлера использован бойлер трубно-корпусного типа.

Преимуществом предложенного, в соответствии с изобретением, способа модернизации является то, что он позволяет проводить отбор реакционного тепла при высокой температуре, позволяя, таким образом, использование горячих газов с температурой значительно более высокой, чем расчетная температура выпускного сопла для газообразных продуктов реакции. Такая регенерация тепла может быть выполнена исключительно эффективным способом, например, путем производства пара высокого давления (80-120 бар, 250°-350°С) в бойлере, установленном вне реактора.

Для этого в способе, в соответствии с изобретением, предусмотрена операция соединения каталитического слоя, или наиболее низко расположенного каталитического слоя в реактора с упо-

мянутым бойлером при помощи трубопровода, расположенного внутри выпускного сопла для продуктов реакции, совместно с которым он образует кольцевой воздушный зазор.

Таким образом, продукты реакции, покидающие наиболее низкий каталитический слой при высокой температуре, подают непосредственно в бойлер без входа в непосредственный контакт с соплом, от которого они отделены, благодаря упомянутому кольцевому воздушному зазору. Последний, внутри которого протекают газы, охлажденные в бойлере, в котором они генерируют пар высокого давления, обеспечивает то, что при работе температура выпускного сопла не превышает расчетных значений.

В конкретном и имеющем преимущество воплощении способе модернизации бойлер присоединяют к реактору для синтеза путем соединения друг с другом выпускных сопел корпуса и бойлера.

Предпочтительно, чтобы трубопровод для подачи продуктов реакции в бойлер был установлен коаксиально в выпускном сопле для газа, что позволяет осуществить равномерное охлаждение его стенок.

Способ, в соответствии с изобретением, поэтому позволяет оптимально восстанавливать тепло продуктов реакции без необходимости замены или модернизации выпускного сопла для газов.

Преимуществом изобретения является то, что каталитический слой или самый низкий из каталитических слоев соединен с трубопроводом для подачи в бойлер через уже имеющиеся в реакторе коллекторы и трубопроводы (устройство для сбора и подачи газа), что снижает объем работ по доработке реактора и тем самым стоимость модернизации.

Способ, в соответствии с изобретением, можно также с выгодой осуществлять в сочетании с другими известными способами модернизации, направленными на повышение эффективности реактора.

В соответствии с другим аспектом изобретения, в качестве прототипа выбран способ проведения гетерогенного экзотермического синтеза, в частности способ проведения гетерогенного экзотермического синтеза аммиака и метанола, заключающийся в том, что подают газообразные реагенты к, по крайней мере, одному каталитическому слою, расположенному внутри реактора для синтеза, приводят реакции между газообразными реагентами в, по крайней мере, одном каталитическом слое, удаляют из реактора продукты реакции, покидающие, по крайней мере, один каталитический слой через выходное сопло корпуса, снабженного соответствующим отверстием для выпуска газа [6].

Однако, этот способ не позволяет обеспечить достаточно эффективный отбор тепла, генерируемого во время реакции синтеза.

В соответствии с другим аспектом изобретения, в основу изобретения поставлена задача создания способа проведения гетерогенного экзотермического синтеза, позволяющего использовать более высокий уровень тепла, выделяющегося при проведении реакции синтеза, в частности аммиака и метанола, при удержании практически

в неизменном состоянии внешней структуры реактора.

Эта задача решается при помощи доработки вышеописанного способа путем введения следующих операций:

- подают продукты реакции, покидающие, по крайней мере, один каталитический слой, в бойлер, размещенный снаружи реактора посредством трубопровода, расположенного в выходном сопле корпуса с образованием кольцевого воздушного зазора,
- охлаждают продукты реакции в бойлере с одновременной генерацией пара высокого давления,
- удаляют охлажденные продукты реакции, покидающие бойлер через кольцевой воздушный зазор и отверстие для выхода газа.

Кроме того, в отличие от известных способов, в предлагаемом способе дополнительно продукты реакции, оставляющие самый нижний из нескольких каталитических слоев, расположенных в реакторе, подают в бойлер, а также охлаждают продукты реакции, покидающие бойлер, в теплообменнике, установленном в реакторе для синтеза перед выпускным отверстием для газа.

Полученный таким путем способ позволяет в реакторе, доработанном, в соответствии с вышеописанным способом модернизации, использовать тепло продуктов, покидающих один из нескольких каталитических слоев, для получения, преимущественно, пара высокого давления.

Преимущественно, продукты реакции подают в бойлер после прохода, через наиболее низкий каталитический слой перед окончательным отводом из реактора.

Отличительные признаки и преимущества изобретения будут более наглядно видны из описания способа модернизации, соответствующего изобретению, приведенного ниже для иллюстрации, а не для ограничения, со ссылкой на чертежи.

На фиг. 1 представлен продольный разрез реактора для гетерогенного экзотермического синтеза, иллюстрирующего известный уровень техники.

На фиг. 2 представлен продольный разрез реактора, полученного путем модернизации реактора, показанного на фиг. 1, в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 3 представлен в увеличенном масштабе продольный разрез, изображающий некоторые детали реактора, изображенного на фиг. 2.

Подробное описание предпочтительного исполнения

Со ссылкой на фиг. 1, позицией 1 обозначен известный реактор для гетерогенного экзотермического синтеза, например для производства аммиака или метанола.

Реактор 1 содержит цилиндрическую оболочку, или корпус 2, закрытый сверху газонепроницаемой крышкой 3 и снабженный снизу выпускным соплом 4 для отвода продуктов реакции.

В корпусе 2 недалеко от газонепроницаемой крышки 3 выполнено первое отверстие 5 для подачи в реактор второй части газообразных реагентов и несколько разнесенных относительно друг друга отверстий 6 (из которых на фиг. 1 показано только одно) для подачи в реактор третьей части газообразных реагентов или "погашенных" газов.

Сопло 4, в свою очередь, имеет выходное отверстие 7 для продуктов реакции и отверстие 8 для подачи в реактор первой части газообразных реагентов.

Внутри корпуса 2 закреплен известным образом контейнер 9, который содержит в своей верхней части реакционную секцию 10, а в своей нижней части - теплообменник 11, обычно поддерживаемый корпусом 2. В представленной модификации реакционная секция 10 образована двумя каталитическими слоями 12 и 13, в которые загружен зернистый или гранулированный катализатор, который обеспечивает сообщение жидкости с выпускным соплом 4 через коллектор трубопровода 14.

На фиг. 1 показаны направления течения газов через каталитические слои 12 и 13 и теплообменник 11 для охлаждения продуктов реакции перед их удалением из реактора через выпускное сопло 4.

В этой связи следует заметить, что благодаря этому охлаждению сопло 4 может выдерживать максимальную температуру, значительно более низкую, чем температура продуктов, покидающих реакционную секцию.

На фиг. 2 показан реактор для гетерогенного экзотермического синтеза, полученный путем модернизации реактора, представленного в соответствии с фиг. 1, путем использования способа модернизации, в соответствии с изобретением.

На этой фигуре части реактора 1, структурно и функционально эквивалентны изображенным на фиг. 1, будут обозначены теми же позициями и специально описываться не будут.

Стрелки на фиг. 2 показывают различные направления движения газа в реактор 1 и из него.

В соответствии с наиболее предпочтительным вариантом выполнения настоящего изобретения, контейнер 9 реактора, показанного на фиг. 1, сначала освобождается от своего содержимого и оборудуется каталитическими слоями 15, 16 и 17 с аксиально-радиальным типом потока и с непосредственным охлаждением (путем смешивания с холодным синтез-газом) и с непрямым охлаждением (с помощью теплообменника), в соответствии с известными способами модернизации.

Для этого распределители 18а и 18б газа для быстрого охлаждения устанавливают перед первым и вторым каталитическими слоями 15 и 16, тогда как газ/газ-теплообменник 23 располагает перед третьим каталитическим слоем 17.

Ввод газа для быстрого охлаждения в распределитель 18а обеспечивают через трубопровод 20, который проходит через крышку 3.

После модернизации реактора 1 упомянутым путем проводится доработка реактора способом, соответствующим настоящему изобретению. Первая операция этого способа заключается в установке вне реактора бойлера 21, пригодного для производства пара высокого давления.

Бойлер 21, который в примере, проиллюстрированном на фиг. 2, является бойлером трубного типа, содержит внешний корпус 22, который обычно поддерживает ряд труб 23, противоположные концы которых являются открытыми на входные и выходные коллекторы 24 и 25 со стороны трубы. Бойлер 21 содержит также не-

сколько входных сопел 26 и выходных сопел 27 для протекания со стороны корпуса соответствующей охлаждающей жидкости, например, воды.

Наконец, позицией 28 обозначено сопло для удаления из бойлера 21 газа, поступающего со стороны трубы.

При проведении второй операции способа бойлер 21 соединяют с реактором 1 путем присоединения один к другому выпускных сопел 4 и 28 одним из известных способов, например, обычными болтами, которые не показаны.

Во время последующей операции самый нижний из каталитических слоев 17 соединяют со стороны трубы с входным коллектором газа 24 бойлера 21 посредством трубопровода 29, расположенного внутри выпускного сопла 4, совместно с которым он образует кольцевой воздушный зазор 30.

Камера для сбора газа 31, выполненная совместно с трубопроводом 29, присоединена герметично к трубопроводу 14, во избежание любой возможной протечки жидкости из кольцевого воздушного зазора 30 внутри реактора 1.

Таким образом по завершении упомянутых операций трубопровод 29 и воздушный зазор 30 ограничивают соответствующие газовые каналы, которые позволяют горячим продуктам реакции, покидающим самый нижний каталитический слой 17, попасть в бойлер 21, а затем быть выпущенными из реактора после охлаждения в бойлере.

При помощи доработанного таким образом реактора 1 возможно проводить гетерогенный экзотермический синтез с высокотемпературным отбором тепла следующим путем.

Газообразные реагенты, подаваемые в реактор 1 через отверстие 5, подогревают в теплообменнике 19 и подают в первый каталитический слой 15, через который они проходят аксиально-радиально и центробежно, после смешивания с первой частью газа для быстрого охлаждения, подаваемого через распределитель 18а.

Смесь: реагирующие вещества/продукты реакции, покидая первый каталитический слой 15, поступает во второй каталитический слой 16 после смешивания со второй частью газа для быстрого охлаждения, подаваемой через распределитель 18а.

Эта смесь, которая проходит через второй слой 16 аксиально-радиально в центростремительном направлении, затем частично охлаждается в теплообменнике 19 перед подачей в третий и последний каталитический слой 17 все еще в аксиально-радиальном центростремительном направлении.

При помощи трубопровода 29 продукты реакции, покидающие наиболее третий каталитический слой 17, подаются при температуре около 450°C в бойлер 21, в котором они охлаждаются до температуры около 330-350°C с одновременной генерацией пара высокого давления. Прореагировавший газ, покидающий бойлер 21, выводится из реактора 1 через кольцевой воздушный зазор 30 и отверстие 7 выпускного сопла 4.

Поскольку продукты реакции, протекающие в кольцевом воздушном зазоре 30, отбирают тепло от выпускного сопла 4, способ, по настоящему

изобретению, позволяет поддерживать выпускное сопло 4 при расчетной температуре, что дает экономические и эксплуатационные преимущества, благодаря существенному сохранению внешней структуры модернизируемого реактора.

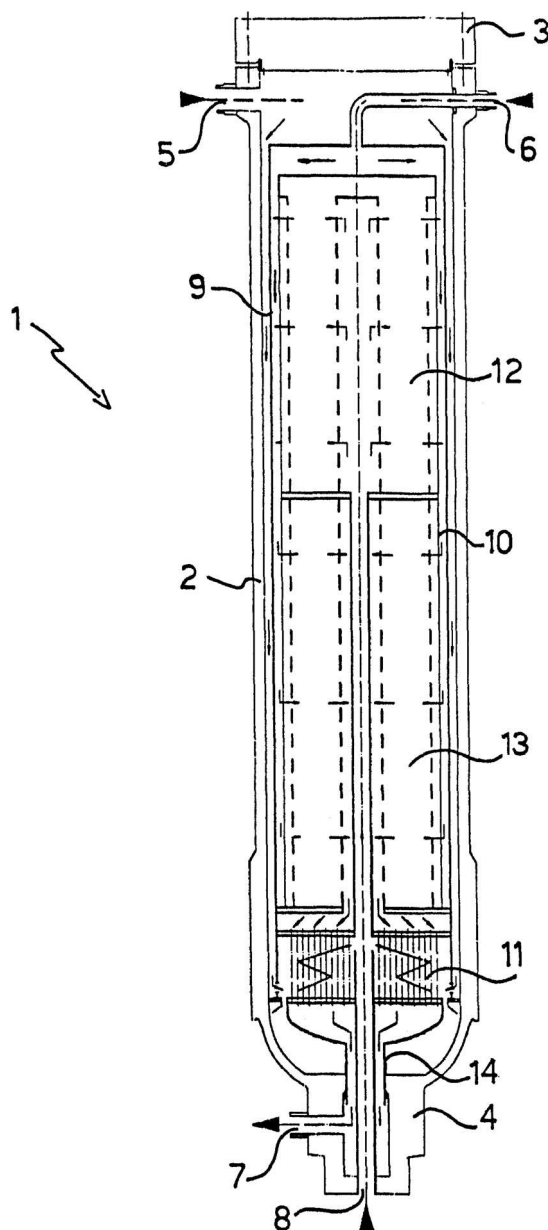
Очевидно, что тепло прореагировавших газов может быть в последующем использовано для нагрева другой жидкости или газа или для подогрева свежего синтез-газа в других теплообменниках, установленных после бойлера 21.

Для удовлетворения специальных требований использования, модернизация реактора для синтеза, в соответствии с настоящим изобретением, может быть выполнена с применением последующих изменений, не выходя за границы защи-

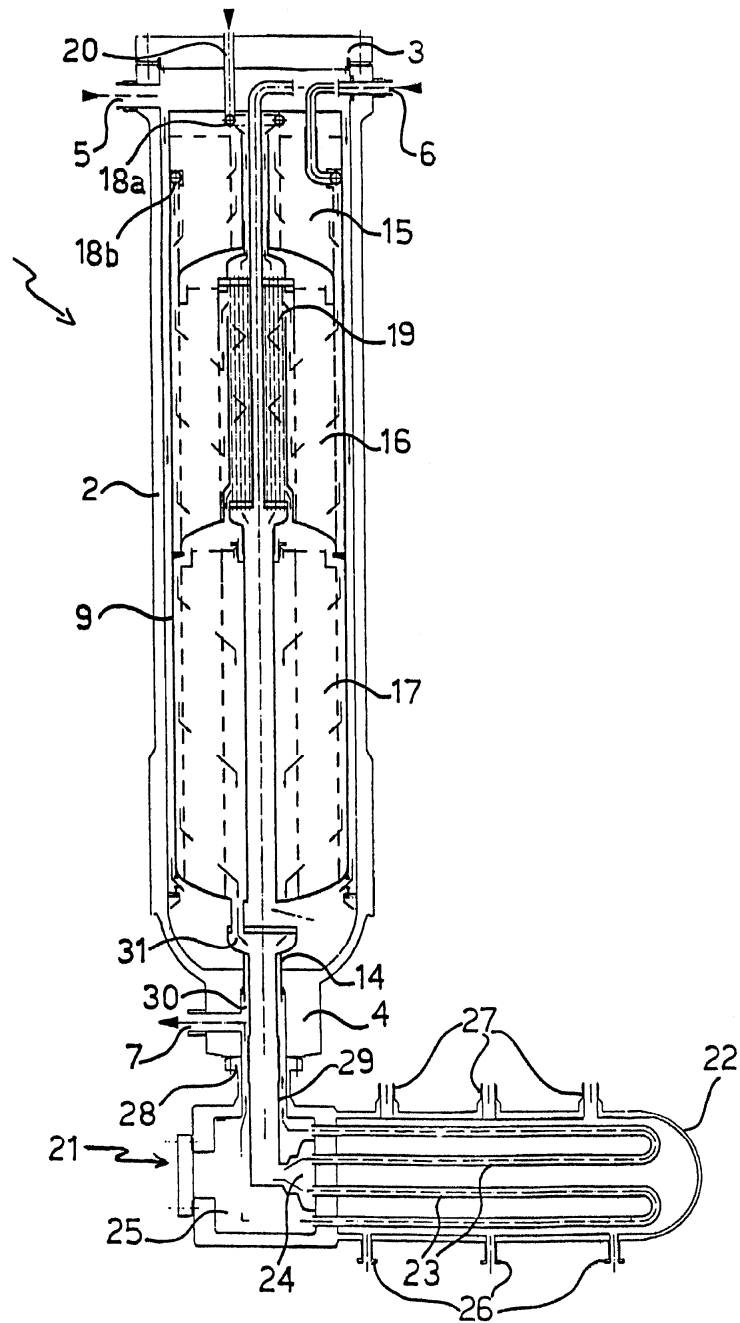
ты, установленной в приведенной формуле изобретения.

Так например, теплообменник 11 реактора 1 может быть с пользой установлен ниже в направлении течения относительно реактора с тем, чтобы предварительно подогреть свежий синтез-газ теплом, оставшимся в прореагировавшем газе, покидающем бойлер 21.

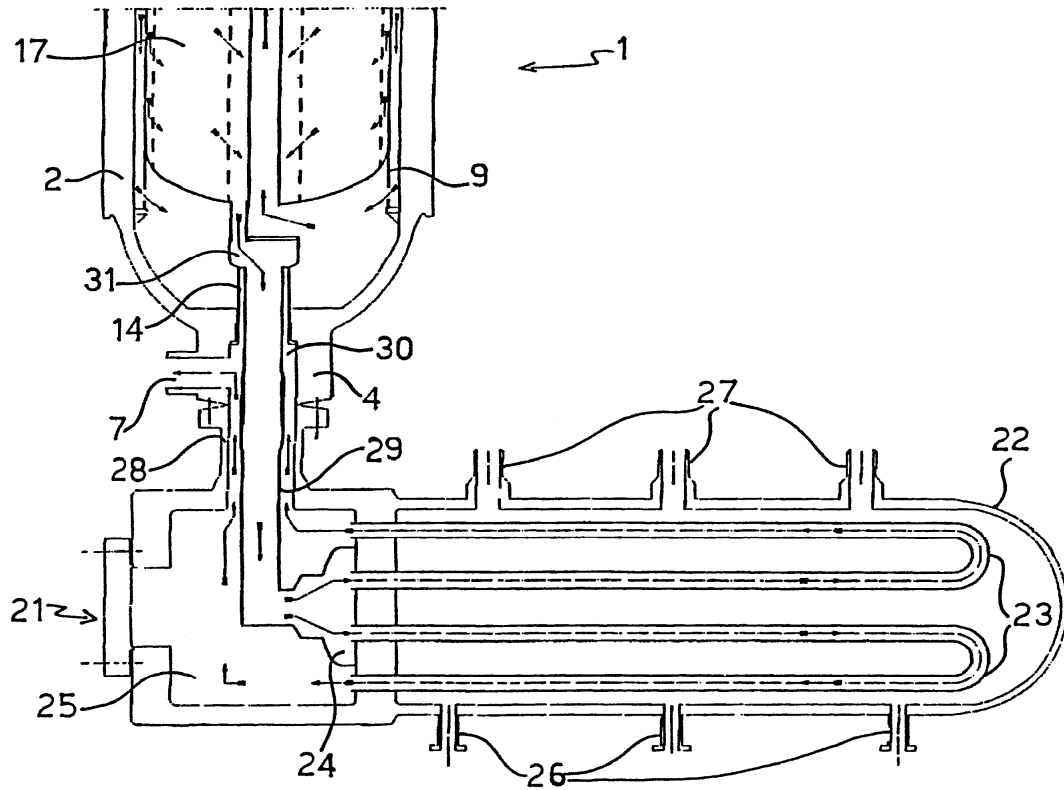
В качестве альтернативы возможно также избежать замены каталитических слоев 12 и 13 и теплообменника 11 реактора 1 за счет установки подходящих средств, которые обеспечивают возможность сообщения жидкости между самым нижним каталитическим слоем и трубопроводом 29, шунтирующим теплообменник 11.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22
