

УДК 66.097.3

UDC 66.097.3

**КОНСТРУКТИВНАЯ ПРОРАБОТКА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА
КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ЭНЕРГИИ ПРИ АНАЭРОБНОЙ
ПЕРЕРАБОТКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

**CONSTRUCTIVE DESIGN OF THE
EXPERIMENTAL MODELS OF CATALYTIC
SYSTEMS FOR ENERGY PRODUCTION AND
TRANSFORMATION DURING ANAEROBIC
PROCESSING OF ORGANIC WASTE**

Медяков Андрей Андреевич
к. т. н.

Medyakov Andrei Andreevich
Cand.Tech.Sci.

Онучин Евгений Михайлович
к.т.н., доцент

Onyuchin Evgeny Mikhailovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

Каменских Александр Дмитриевич
аспирант
*Поволжский государственный технологический
университет, Йошкар-Ола, Россия*

Kamenskikh Aleksandr Dmitrievich
postgraduate student
*Volga State University of Technology, Ioshkar-Ola,
Russia*

Приводится описание разработанных авторами моделей каталитических устройств сжигания, биореактора для анаэробной переработки органических отходов и исследовательского стенда. Они являются элементами экспериментального образца каталитических систем для производства и преобразования энергии и позволяют исследовать особенности функционирования каталитических систем при анаэробной переработке органических отходов

The article presents the description of the models of catalytic combustion systems, bioreactor for anaerobic digestion of organic waste and the research stand developed by the authors, which are the elements of the experimental sample of catalytic systems for the production and transformation of energy and allow us to study features of functioning of the catalyst systems in the anaerobic treatment of organic waste

Ключевые слова: КАТАЛИТИЧЕСКИЙ
НАПОЛНИТЕЛЬ, ЦИРКУЛИРУЮЩИЙ СЛОЙ,
КАТАЛИТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО
СЖИГАНИЯ, КАТАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА,
НЕСТАЦИОНАРНЫЙ РЕЖИМ

Keywords: CATALYTIC FILLER, CIRCULATING
BED, CATALYTIC COMBUSTION DEVICE,
CATALYTIC SYSTEMS, NONSTATIONARY
MODE

Введение

Конструктивные особенности каталитических систем [1–5] позволяют создавать новые схемно-конструктивные решения устройств производства и преобразования энергии для процессов анаэробной переработки. Полное сгорание топлива в каталитических системах позволяет без избытка окислителя получать дымовые газы, не содержащие продуктов неполного сгорания. Подобные дымовые газы являются нейтральными для анаэробных бактерий, участвующих в процессе переработки. При этом в работе [6] описывается положительный эффект, получаемый от введения топочных газов, связанный с возможностью увеличения нагрузки на установку. При этом также сниженная температура процесса горения

позволяет сократить тепловые потери от нагретых поверхностей каталитических систем.

В работе [7] приведены технические решения составных частей и узлов каталитических систем для производства и преобразования энергии в виде общих принципиальных схем. Для натурной реализации и проведения экспериментальных исследований необходимо провести подробную конструктивную проработку с учетом возможностей использования стандартных комплектующих для изготовления экспериментальных образцов каталитических систем.

Конструктивная проработка

При конструктивной проработке предложенных схемно-конструктивных решений каталитических систем для производства и преобразования энергии при анаэробной переработки органических отходов было проведено трехмерное моделирование каталитических устройств сжигания.

Для предложенного технического решения каталитического устройства сжигания с циркулирующим слоем наполнителя было разработано конструктивное исполнение, продольное сечение трехмерной модели представлено на рисунке 1.

Каталитическое устройство состоит из трех частей: входной секции, секции протекания реакции и выходной секции. Входная секция состоит из патрубка с резьбой для подключения к потоку сжигаемой смеси, расширяющегося перехода, небольшого куска трубопровода с диаметром равным основной секции и фланца для подключения к основной секции. Основная секция протекания реакции состоит из двух фланцев, куска трубопровода, и гильзы для размещения термодатчика. Выходная секция состоит из фланца для подключения к основной секции, сужающегося перехода и патрубка с резьбой для отвода уходящих газов.

Циркулирующее движение каталитического наполнителя в основной секции создается с помощью двух направляющих, устанавливаемых между секциями при их сборке.

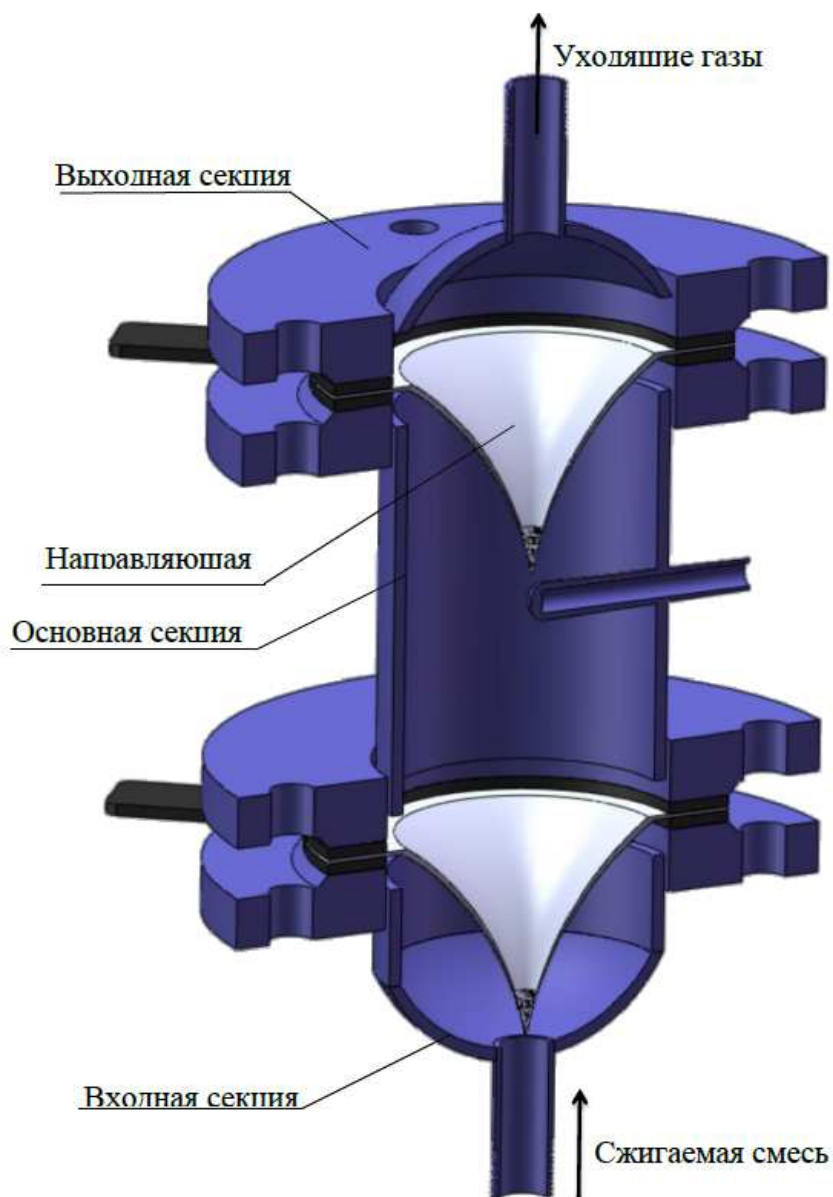


Рисунок 1. Продольное сечение каталитического устройства сжигания с циркулирующим слоем наполнителя

Между входной (выходной) и основной секциями устанавливаются последовательно: прокладка, направляющая, прокладка, затем секции стягиваются болтами с помощью фланцевого соединения. Подобный способ соединения позволяет обеспечить герметичность соединения, простоту конструкции основной секции и возможность замены вышедших

из строя направляющих или отдельных секций. В связи с тем, что направляющие монтируются между секциями и основная часть направляющей находится в секции, из которой поступает поток, приходится удлинять входную секцию элементом трубопровода, чтобы исключить касание направляющей и самой секции.

Были также разработаны варианты последовательного и параллельного соединения каталитических устройств сжигания с циркулирующим слоем наполнителя, представленные на рисунках 2 и 3.

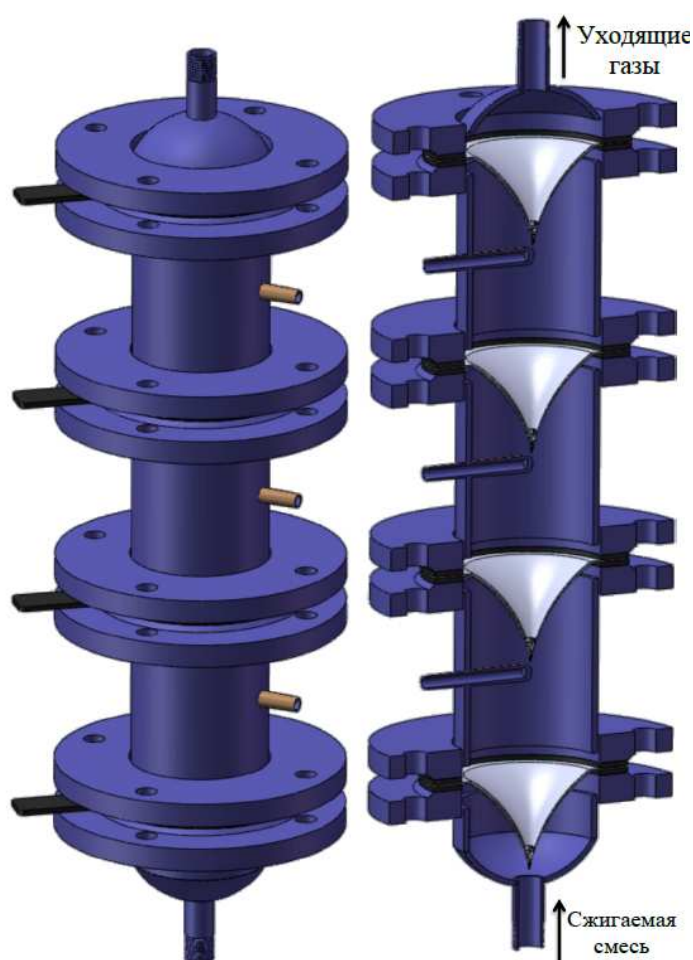


Рисунок 2. Последовательное соединение каталитических устройств сжигания с циркулирующим слоем наполнителя

При последовательном соединении каталитических устройств сжигания используются одна входная секция, одна выходная секция и требуемое количество основных секций для протекания реакции. При этом

выходная направляющая для одной секции является входной для следующей секции. При таком способе соединения сжигаемая смесь последовательно проходит через все секции с каталитическим наполнителем, и тем самым увеличивается полнота конверсии сжигаемой смеси.

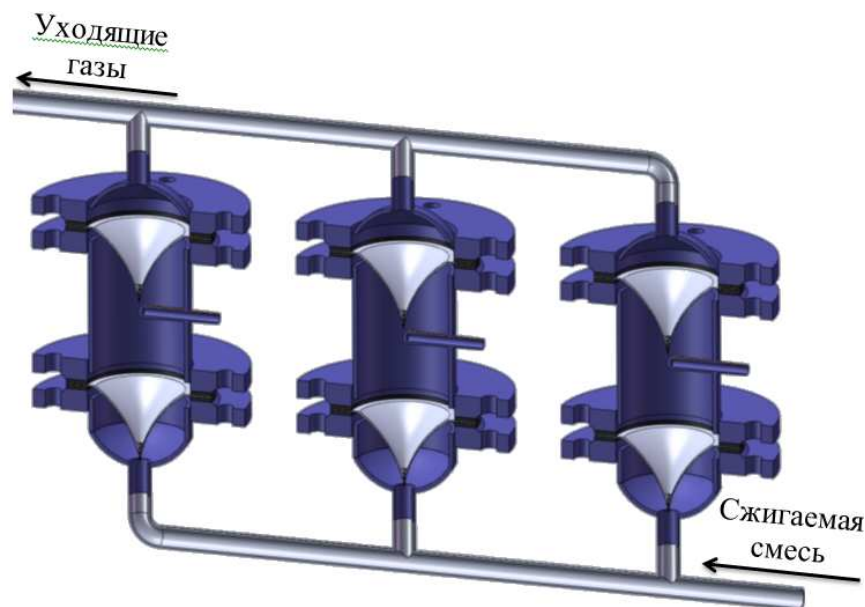


Рисунок 3. Параллельное соединение каталитических устройств сжигания с циркулирующим слоем наполнителя

При параллельном соединении каталитических устройств сжигания входные патрубки объединяются с помощью коллектора со сжигаемой смесью, а выходные патрубки объединяются с помощью коллектора уходящих газов. Тем самым конструкция устройства, представленная на рисунке 1, не изменяется, а устройств становится больше. При таком способе соединения сжигаемая смесь равномерно распределяется между устройствами, и обеспечивается возможность конверсии большего объема сжигаемой смеси.

Для технического решения каталитического устройства сжигания с сонаправленным и противоположным движением наполнителя и сжигаемой смеси было разработано конструктивное исполнение, представленное на рисунке 4.

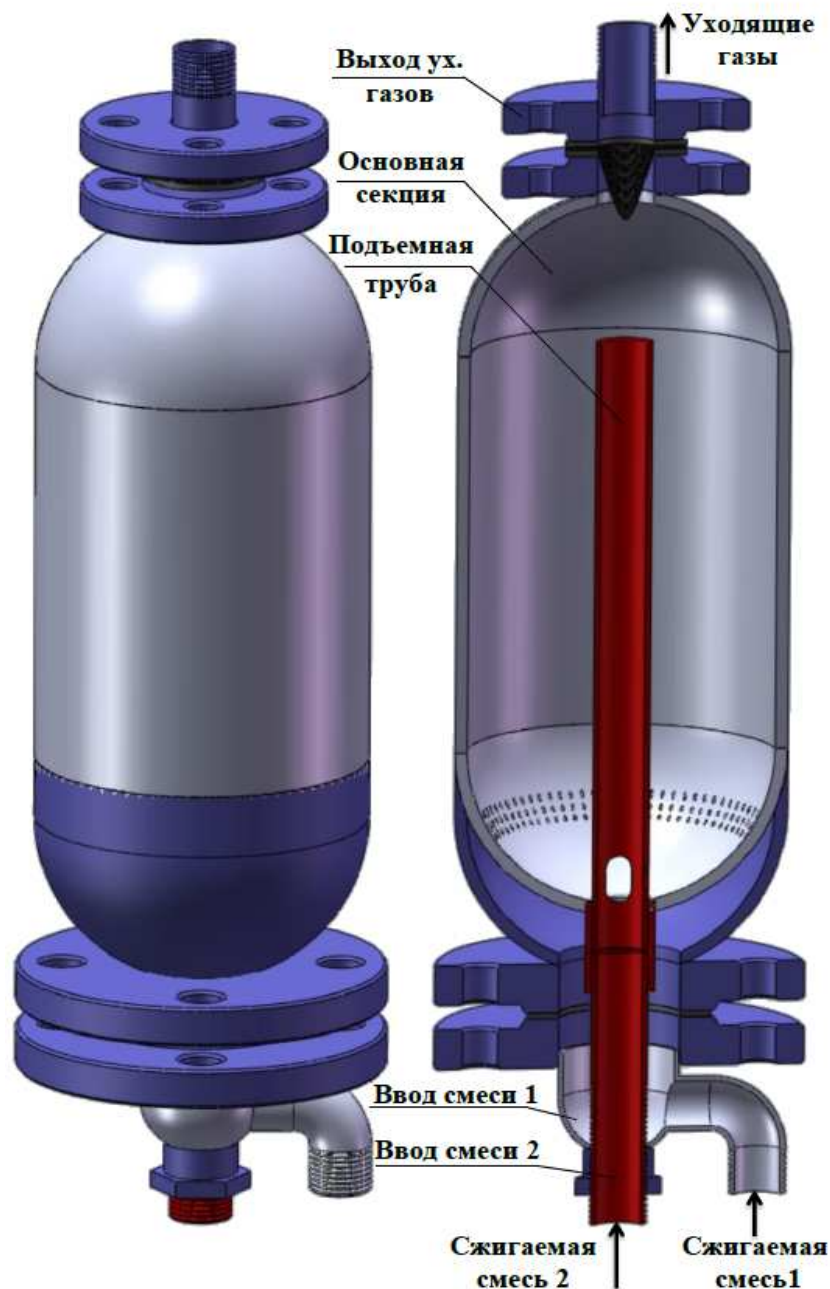


Рисунок 4. Конструктивное исполнение каталитического устройства сжигания с сонаправленным и противоположным движением наполнителя и сжигаемой смеси

Каталитическое устройство состоит из пяти частей: 2 вводов сжигаемой смеси 1 и 2, основной секции протекания реакции, подъемной трубы и выхода уходящих газов. Ввод сжигаемой смеси 1 представляет собой камеру, состоящую из патрубка с внутренней резьбой для присоединения ввода сжигаемой смеси 2, расширяющегося перехода,

элемента трубопровода и фланца. Причем сбоку перехода и элемента трубы сделан г-образный патрубок с резьбой, через который непосредственно подводится сжигаемая смесь 1. Ввод смеси 2 представляет собой сгон, с одной стороны которого имеется длинная наружная резьба, а с другой – стандартная. Причем со стороны длинной резьбы в сгоне сделана перекладина для обеспечения возможности закручивания его без использования газового ключа. Со стороны длинной резьбы сгон вкручивается в ввод смеси 1 и фиксируется с помощью контрагайки. Основная секция устройства представляет собой камеру, ограниченную двумя фланцами, двумя переходами и элементом трубопровода требуемой длины. Причем фланец на входе, к которому крепится ввод смеси 1, имеет больший условный проход, чем фланец на выходе. На входе секции установлен второй внутренний расширяющийся переход, по периферии которого просверлены отверстия для прохода сжигаемой смеси 1. Переход соединяется с патрубком с внутренней резьбой, в который вкручивается ввод смеси 2. В указанный патрубок также вкручивается подъемная труба, имеет в нижней части проходы для каталитического наполнителя. В верхней части подъемной трубы также имеется перекладина для закручивания подъемной трубы с помощью удлинителя. Выход уходящих газов представляет собой фланец с прикрепленным к нему патрубком. Выход уходящих газов крепится к основной секции с помощью фланцевого соединения с размещением между фланцами сетчатой преграды, которая не допускает унос каталитического наполнителя. Фланцевые соединения герметизируются с помощью термостойких прокладок, резьбовые соединения с помощью специального термостойкого волокна, либо льна, пропитанного жидким стеклом.

Таким образом, сжигаемая смесь 1 проходит через ввод 1 в основную секцию и распределяется по ее периферии, где взаимодействует со

встречным поток каталитического наполнителя, опускающимся под действием силы тяжести. Сжигаемая смесь 2 через ввод 2 подается в подъемную трубу, где взаимодействует с сонаправленным потоком наполнителя и осуществляет его транспортировку в верхнюю часть основной секции. Затем прореагировавший поток газов удаляется через сетчатую преграду и выход.

В рамках экспериментального образца каталитической системы для производства и преобразования энергии при анаэробной переработке органических отходов планируется использование биореактора, представленного на рисунке 5. Разработанный биореактор позволяет оценить возможности использования каталитических систем для производства и преобразования энергии в рамках разработанных схемно-конструктивных решений.

Корпус биореактора выполняется из пластика (стандартная пластиковая емкость) для снижения веса установки. Цилиндрическая форма биореактора позволяет существенно уменьшить число застойных зон в поперечном сечении. Поперечные перегородки делят биореактор на зоны сбразивания и исключают проскок несброженных отходов к выходному патрубку. Загрузка субстрата осуществляется через входной патрубков, при загрузке субстрат перетекает через поперечные перегородки из одной зоны сбразивания в другую с одновременным вытеснением субстрата через выходной патрубков. Датчики температуры позволяют регистрировать влияние особенностей работы каталитической системы при обогреве и перемешивании субстрата на равномерность распределения температур в реакторе. Перемешивающий теплоноситель от каталитической системы подается в распределительную часть системы барботирования.

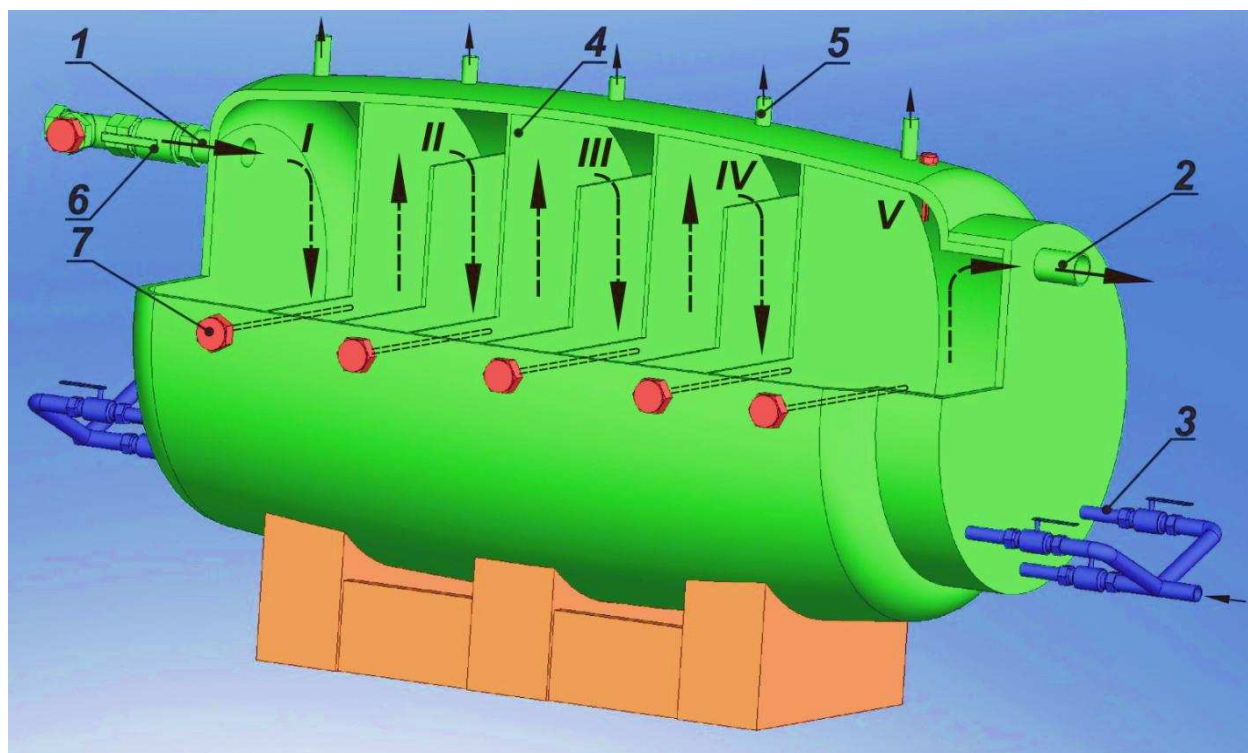


Рисунок 5. Модель биореактора для анаэробной переработке органических отходов: 1 – входной патрубок субстрата, 2 – выходной патрубок субстрата, 3 – распределительная часть системы барботирования, 4 – поперечные перегородки, 5 – выходные патрубки для биогаза, 6 – запорная арматура, 7 – датчики температуры

В составе экспериментального образца каталитической системы для производства и преобразования энергии при анаэробной переработке органических отходов планируется использовать стенд (рисунок 6), позволяющий исследовать особенности функционирования разработанных схемно-конструктивных решений каталитической системы.

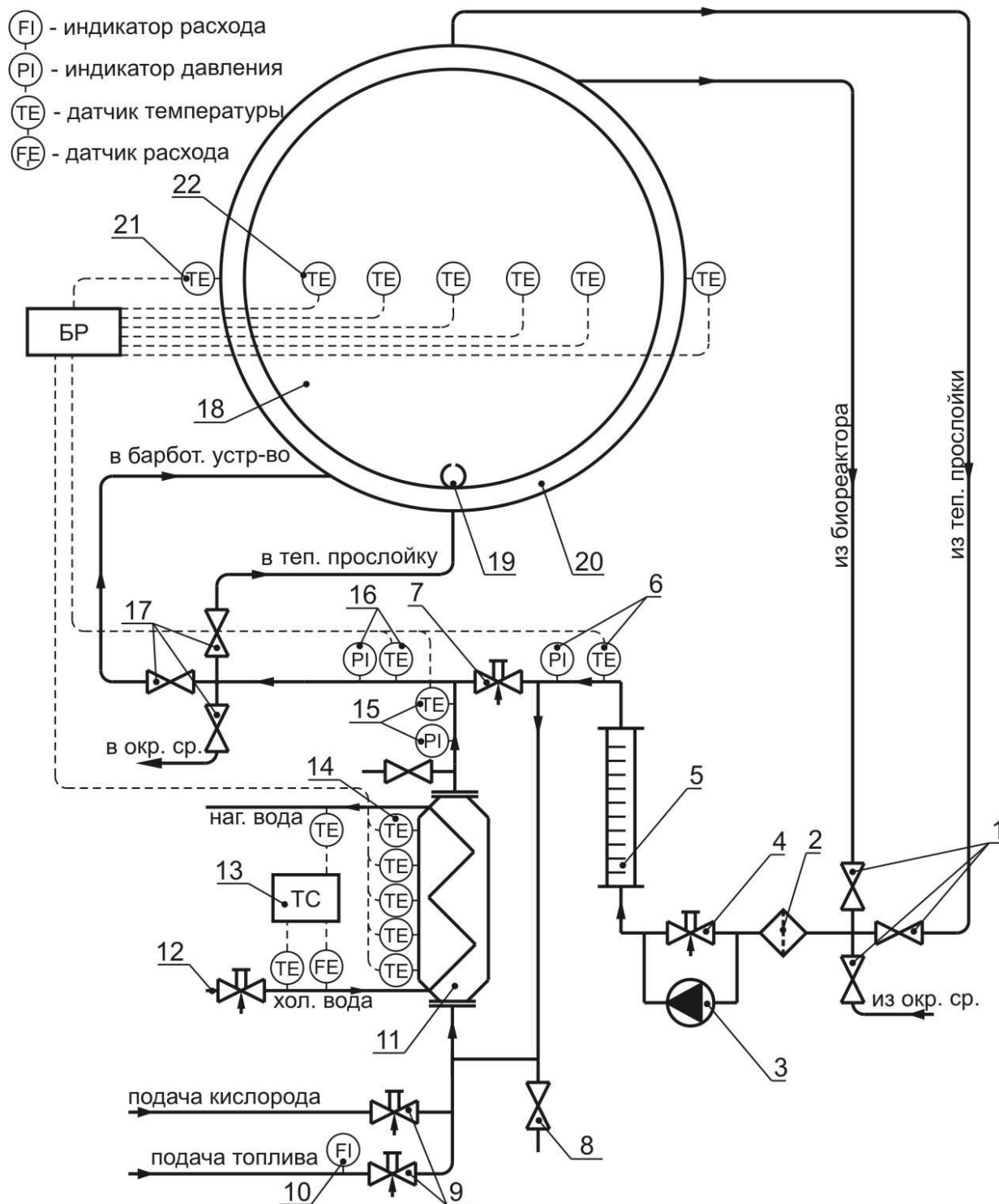


Рисунок 6. Конструктивное исполнение стенда для исследования особенностей функционирования каталитических систем

Принцип функционирования стенда следующий. В стенд через запорные краны 1 подается газообразный теплоноситель из биореактора при перемешивании субстрата нагретым газом, либо из тепловой

прослойки при обогреве в промежутках между перемешиваниями, либо из окружающей среды. Затем теплоноситель проходит через фильтр 2 и поступает в компрессор 3, в котором создается давление для преодоления сопротивления трубопроводов, арматуры и гидростатическое давление. Расход газообразного теплоносителя регулируется с помощью регулировочного клапана 4 и фиксируется с помощью ротаметра 5, расположенного после компрессора. Давление и температура проступившего газа фиксируются с помощью датчиков 6. Затем часть теплоносителя подается в зону смешивания с уходящими газами, а другая часть с помощью регулировочного клапана 7 направляется в зону подачи топлива и кислорода. Патрубок с краном 8 используется для отбора проб газа и для подключения дополнительной измерительной аппаратуры (в случае необходимости). Количества подаваемых топлива и кислорода регулируются с помощью регулировочных клапанов 9, и расход топлива регистрируется с помощью расходомера 10. Сжигаемая смесь подается в каталитическое устройство сжигания 11. Для охлаждения устройств сжигания используется система подачи холодной воды 12, в которую входят входной патрубок с регулировочным вентилем, теплообменник, смонтированный на устройстве сжигания, выходной патрубок нагретой воды. В рамках системы охлаждения устанавливается теплосчетчик 12, в рамках которого в систему охлаждения монтируются два датчика температуры и один расходомер. Изменение температуры внутри каталитической системы измеряется с помощью комплекта высокотемпературных датчиков 14. На выходе каталитического устройства сжигания патрубок с краном для отбора проб газа и датчики температуры и давления 15. Затем параметры смеси, полученной при соединении потоков уходящих газов и теплоносителя, определяются с помощью датчиков 16. С помощью запорных кранов 17 нагретый газообразный теплоноситель подается в барботажное устройство 19 биореактора 18, либо

в тепловую прослойку 20, либо в окружающую среду. Для измерения температуры тепловой прослойки используются датчики 21. Для измерения распределения температуры в биореакторе используются датчики 22. Датчики температуры подключаются к блоку регистрации БР, который позволяет сохранять данные о значениях температуры в определенный момент времени на ПЭВМ.

Таким образом, разработанные варианты конструктивного исполнения экспериментального образца каталитической системы для производства и преобразования энергии (в том числе конструктивное исполнение каталитического устройства сжигания, биореактора для анаэробной переработки органических отходов и исследовательского стенда) позволяют исследовать особенности функционирования каталитических систем при анаэробной переработке органических отходов и установить эмпирические зависимости между их конструктивно-технологическими параметрами и показателями эффективности.

Статья подготовлена в рамках выполнения исследований, поддержанных стипендией Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам на 2012–2014 годы.

Список литературы

1. Лукьянов, Б. Н. Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах / Б. Н. Лукьянов, Н. А. Кузин, В. А. Кириллов, В. А. Куликов, В. Б. Шигаров, М. М. Данилова // Химия в интересах устойчивого развития. – 2001. – № 9. – С. 667–677.

2. Медяков А.А. Разработка новых каталитических систем для процессов получения биогаза / Медяков А.А., Каменских А.Д. // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 88–94.

3. Онучин Е.М. Наноструктурированные наполнители каталитических систем для установок анаэробной переработки органических отходов / Онучин Е.М., Медяков А.А. // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 95–100.

4. Онучин Е.М. Нестационарные каталитические системы для утилизации биогаза / Е.М. Онучин, А.А. Медяков, А.Д. Каменских, П.Н. Анисимов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского

государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/46.pdf>, 1,000 у.п.л.

5. Онучин Е.М. Повышение эффективности разрабатываемых каталитических систем для утилизации биогаза / Е.М. Онучин, А.А. Медяков, А.Д. Каменских, П.Н. Анисимов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №04(78). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/47.pdf>, 0,875 у.п.л.

6. Баадер, В. Биогаз. Теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер — (Пер. с нем. и предисловие М.И. Серебряного) — М.: Колос, 1982. – 148 с., ил..

7. Медяков А. А. Технические решения составных частей и узлов каталитических систем для производства и преобразования энергии / А. А. Медяков, Е. М. Онучин, А. Д. Каменских // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(91). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/26.pdf>.

References

1. Luk'janov, B. N. Jekologicheski chistoe okislenie uglevodorodnyh gazov v kataliticheskix nagrevatel'nyh jelementah / B. N. Luk'janov, N. A. Kuzin, V. A. Kirillov, V. A. Kulikov, V. B. Shigarov, M. M. Danilova // Himija v interesah ustojchivogo razvitija. – 2001. – №9. – s. 667 – 677

2. Medjakov A.A. Razrabotka novyx kataliticheskix sistem dlja processov poluchenija biogaza / Medjakov A.A., Kamenskih A.D. // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie. - 2011. - № 3. – S. 88-94.

3. Onuchin E.M. Nanostrukturirovannye napolniteli kataliticheskix sistem dlja ustanovok anajerobnoj pererabotki organičeskix othodov / Onuchin E.M., Medjakov A.A. // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie. - 2011. - № 3. – S. 95-100.

4. Onuchin E.M. Nestacionarnye kataliticheskie sistemy dlja utilizacii biogaza / E.M. Onuchin, A.A. Medjakov, A.D. Kamenskih, P.N. Anisimov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №04(78). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/46.pdf>, 1,000 u.p.l.

5. Onuchin E.M. Povyshenie jeffektivnosti razrabatyvaemyh kataliticheskix sistem dlja utilizacii biogaza / E.M. Onuchin, A.A. Medjakov, A.D. Kamenskih, P.N. Anisimov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №04(78). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/47.pdf>, 0,875 u.p.l.

6. Baader, V. Biogaz. Teorija i praktika / V. Baader, E. Done, M. Brennderfer — (Per. s nem. i predislovie M-I .Serebrjanogo,) — М.: Kolos, 1982, - 148 с., ил..

7. Medjakov A. A. Tehničeskije reshenija sostavnyh chastej i uzlov kataliticheskix sistem dlja proizvodstva i preobrazovanija jenerгии / A. A. Medjakov, E. M. Onuchin, A. D. Kamenskih // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs].

– Krasnodar: KubGAU, 2013. – №07(91). – Rezhim dostupa:
<http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/26.pdf>.