

УДК 504.064.45; 661.961.6

## ПРОЦЕСС ГАЗИФИКАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА И НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ В ХИМИЧЕСКУЮ ПРОДУКЦИЮ

Сидельников В.А., Нисковская М.Ю.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,  
e-mail: vadim.sidelnikow@mail.ru

Рост потребностей в продуктах отрасли химического комплекса страны обуславливается необходимостью эффективного и усиленного развития сырьевой базы, расширением ассортимента и повышением необходимого качества сырья. Рациональное использование ресурсов является чрезвычайно важной задачей в масштабах страны и всего мира. В связи с увеличением объемов переработки тяжелых нефтей, все большую актуальность приобретает проблема использования тяжелых остаточных продуктов (гудрона, тяжелых газойлей, мазута), получающихся после первичных и вторичных процессов переработки сырья. Варианты использования данных остатков качестве котельного топлива или на битумном производстве не позволяют полностью израсходовать данные остаточные продукты, так как проводится повсеместная газификация электростанций, а битумное производство обладает сезонным характером. В связи с ограниченностью запасов углеводородных ресурсов все большую актуальность приобретает расширение сырьевой базы нефтепереработки и нефтехимии за счет вовлечения биомассы – возобновляемого сырья растительного происхождения. Таким образом, разработка технологических решений, позволяющих вовлечь в переработку нефтяные отходы и нефтесодержащие отходы совместно с некондиционным растительным сырьем для получения такой востребованной продукции, как нефтехимическая, является весьма актуальной задачей для многих стран нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего комплекса.

**Ключевые слова:** нефтесодержащие отходы, нефтехимическая продукция, нефтяные отходы, растительные отходы, акустическое излучение, газификация, электромагнитное излучение, синтез-газ, механоактивация, пиролиз

## GASIFICATION IN THE TECHNOLOGY OF JOINT PROCESSING OF WASTE FROM THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX AND OIL RESIDUES INTO CHEMICAL PRODUCTS

Sidelnikov V.A., Niskovskaya M.Y.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: vadim.sidelnikow@mail.ru

The growing demand for products of the chemical industry of the country is due to the need for effective and enhanced development of the raw material base, expanding the range and improving the quality of raw materials. The rational use of resources is an extremely important task at the national and global levels. Due to the increase in the volume of processing of heavy oils, the problem of using heavy residual products obtained after primary and secondary processes of processing of raw materials is becoming increasingly important. Options for using these residues as a boiler fuel or in bitumen production do not allow to completely consume these residues, since the widespread gasification of electrical installations is carried out, and bitumen production has a seasonal nature. Due to the limited reserves of hydrocarbon resources, it is becoming increasingly important to expand the raw material base of oil refining and petrochemistry by involving biomass. Thus, the development of technological solutions to involve in the processing of oil residues and oily waste together with substandard plant raw materials to obtain such demanded products as petrochemical, is a very urgent task for many countries of the oil production and refining complex.

**Keywords:** oil-containing waste, petrochemical products, oil residues, plant waste, acoustic radiation, gasification, electromagnetic radiation, synthesis gas, mechanical activation, pyrolysis

Рост потребностей в продуктах отрасли химического комплекса страны обуславливается необходимостью эффективного и усиленного развития сырьевой базы, расширением ассортимента и повышением необходимого качества сырья. Рациональное использование природных сырьевых ресурсов является чрезвычайно важной задачей мирового масштаба.

В связи с увеличением объемов переработки тяжелых нефтей, все большую актуальность приобретает проблема квалифицированного использования наиболее тяжелых продуктов (гудрона, тяжелых каталитических газойлей, мазута), остающихся после первичных и вторичных процессов. Вари-

ант их переработки в котельное топливо теряет свою актуальность из-за повсеместной газификации энергетических установок. Другой относительно крупный потребитель тяжелых нефтяных остатков – битумное производство – характеризуется сезонным режимом работы, что также не позволяет в достаточной мере решить обозначенную проблему.

Также в последние годы наблюдается тенденция к усовершенствованию методов использования биомассы (возобновляемого сырья растительного происхождения) не только в качестве источника энергии, но и в качестве сырья для получения ценных химических продуктов.

Традиционным сырьем для нефтехимической промышленности служат продукты переработки нефти и газа. В связи с ограниченностью запасов углеводородного сырья все большую актуальность приобретает расширение сырьевой базы нефтепереработки и нефтехимии за счет вовлечения биомассы, в том числе за счет рационального использования растительных сельскохозяйственных отходов.

В последние десятилетия мировой тенденцией является создание технологий переработки растительных отходов с получением из них различных видов биотоплив, которые завоевывают все большее энергетическое пространство. Биотопливные источники энергии становятся не менее эффективными по основным показателям, чем нефть или газ. В настоящее время более 20 стран производят жидкое биотопливо из различного сырья растительного происхождения [1].

Другим существенным преимуществом является экологичность продуктов сжигания биотоплива в сравнении с канцерогенными выхлопами бензиновых и дизельных двигателей. К существенным недостаткам

биотоплива можно отнести следующие: низкая теплотворная способность в сравнении с бензином; более высокая себестоимость производства биотоплива; коррозионность состава масел биотоплива для тех материалов, которые используются в частях машин и механизмов.

Для того, чтобы рассматривать углеродсодержащую растительную массу в качестве сырья для получения продукции нефтехимии, к ней необходимо добавлять углеводородсодержащее сырье с целью улучшения химического состава и соответственно качества композитного сырья.

Таким образом, разработка технологических решений, позволяющих вовлечь в совместную переработку тяжелые нефтяные остатки, нефтесодержащие отходы и растительное сырье, прежде всего некондиционное, для получения такой востребованной продукции, как нефтехимическая, представляет научный и практический интерес.

Основные стадии разрабатываемой технологии совместной переработки углеродсодержащего сырья растительного происхождения (УССРП) и углеводородсодержащего нефтяного сырья (УВЧНС) представлены на рис. 1.

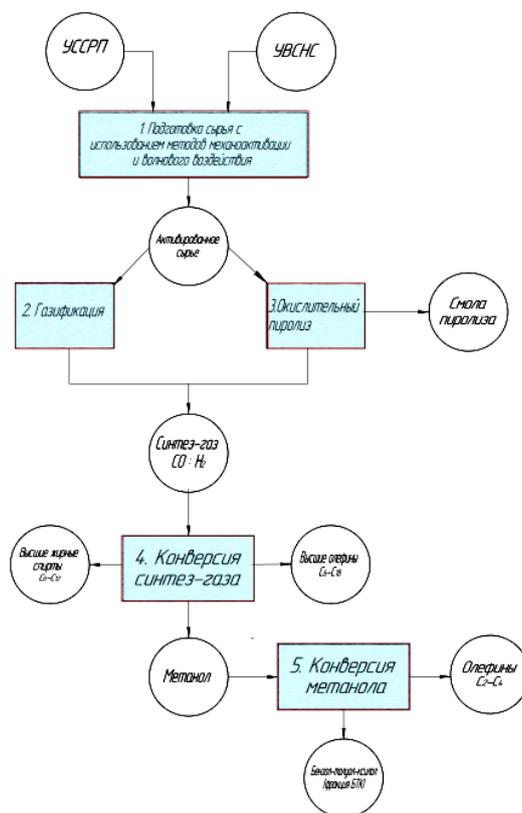


Рис. 1. Стадии разрабатываемой технологии совместной переработки углеродсодержащего сырья растительного происхождения (УССРП) и углеводородсодержащего нефтяного сырья (УВЧНС)

Первая стадия состоит в подготовке сырья с использованием методов волнового воздействия и механоактивации [2].

Для активации композитного сырья предложено объединить следующие процессы:

– механоактивация твердого углеродсодержащего сырья, заключающаяся в его дроблении и измельчении с последующим диспергированием и эмульгированием в среде углеводородсодержащего сырья с целью гомогенизации полученной смеси с содержанием твердых частиц размером 1–100 мкм;

– волновая обработка полученной смеси с использованием уникальной конструкции проточного активатора, представляющего собой центробежный насос с встроенными гидродинамической камерой и камерой высокочастотного электромагнитного излучения и позволяющего создавать акустическое и электромагнитное излучение различного набора частот и мощности.

Вторая и третья стадии разрабатываемой технологии – это газификация и пиролиз – термодеструктивные процессы переработки подготовленного сырья.

Использование композитного активированного сырья позволит получить синтез-газ с высоким значением соотношения  $H_2/CO$ , что необходимо для дальнейшего синтеза из него химических продуктов.

Четвертая и пятая стадии представляют собой каталитические процессы получения ряда нефтехимической продукции конверсией синтез-газа и метанола [3].

Проведенные аналитический обзор литературы и патентные исследования показали [1, 4], что имеется большой опыт крупномасштабного промышленного использования таких технологий деструктивной переработки углеродного сырья, как

газификация и пиролиз. Сравнительная оценка эффективности различных вариантов указанных технологий позволила сделать вывод, что известные технологические решения и методы разработаны только для переработки отдельно или нефтяных остатков, или растительного сырья. Отсутствие данных о технологиях, позволяющих совместить переработку нефтяных остатков и растительного сырья в едином технологическом цикле, обуславливает целесообразность самостоятельного проведения теоретических и экспериментальных исследований.

Рассмотрение возможных вариантов реализации процессов газификации показывает, что все применяемые технологии имеют те или иные недостатки. Наиболее надежным, как с точки зрения реализации, так и с точки зрения технологичности, является процесс слоевой газификации (газификация в стационарном слое). Он наиболее прост в аппаратном оформлении и хорошо изучен для различных видов сырья, как растительного, так и минерального. Поэтому он выбран в качестве прототипа для разработки процесса газификации смесей растительного сырья и нефтяных остатков.

Результаты, полученные на первом этапе прикладных научных исследований, позволили разработать предварительные технологические схемы отдельных стадий разрабатываемой технологии совместной переработки УССРП и УВСНС и служат основой для проведения дальнейших экспериментальных исследований, направленных на подбор оптимальных условий и режимов процессов подготовки и переработки композитного сырья в синтез-газ [4].

Предварительная технологическая схема процесса газификации сырья с получением синтез-газа представлена на рис. 2.

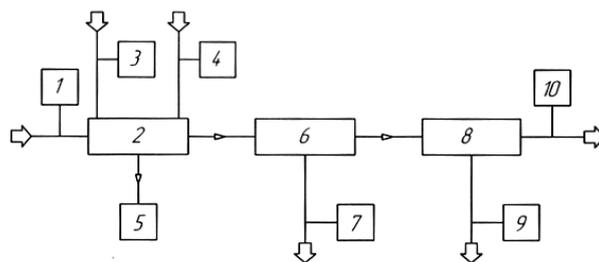


Рис. 2. Предварительная технологическая схема процесса газификации сырья с получением синтез-газа:

1 – подача сырья; 2 – газификация сырья; 3 – подвод тепла (нагрев до 800–1200°C); 4 – подвод воздуха; 5 – сбор золы; 6 – охлаждение газов окисления; 7 – отвод тепла (охлаждение до 350°C); 8 – очистка синтез-газа фильтрованием; 9 – отвод тепла (охлаждение до 60°C); 10 – вывод синтез-газа

Сырье (поз. 1), представляющее собой подготовленную активированную смесь растительного сырья и нефтяных остатков, подается на газификацию (поз. 2), где за счет подачи воздуха (поз. 4) происходит окислительная конверсия органической массы. Аппаратурное оформление процесса должно обеспечить оптимальную температуру (800–1200°C) за счет организации подвода тепла (поз. 3), а также сбор побочного продукта – золы (поз. 5). Процесс газификации проводится при атмосферном давлении. Образующиеся газы окисления подвергаются охлаждению (поз. 6 и 7) до температуры 350°C и после этого поступают на очистку фильтрованием (поз. 8) с целью отделения от них твердых частиц. При этом также осуществляется доохлаждение (поз. 9) газов до температуры 60°C. Полученный газообразный продукт представляет собой очищенный синтез-газ (поз. 10), который может служить сырьем для получения разнообразной нефтехимической продукции [5].

Очевидно, что разрабатываемая технология будет наиболее востребована в регионах, где имеется соответствующая ресурсная база. Таким регионом является Краснодарский край. Здесь расположено около 150 крупных, средних и мелких нефтяных месторождений. В то же время проблема использования нефтяных остатков весьма актуальна для края с позиций снижения экологической нагрузки региона.

С другой стороны, Краснодарский край имеет накопленные и ежегодно увеличивающиеся запасы растительного сырья. В первую очередь – это отходы агропромышленного комплекса.

Весьма важным требованием к новым технологиям также является возможность встраивания их в схемы действующих нефтехимических и нефтеперерабатывающих заводов. Это позволит увеличить долю вторичных процессов в структурах производств НПЗ, а получение ценных продуктов нефтехимии обеспечит улучшение экономических показателей работы заводов. Разрабатываемая технология предусматривает последовательность и взаимосвязь процессов, которые позволят встроить ее в виде единого цикла в существующие схемы заводов без их реконструкции.

*Работы проводятся при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (Уникальный идентификатор работы (проекта) RFMEFI57417X0138; Номер соглашения 14.574.21.0138).*

#### Список литературы

1. Передерий С. – ЛесПромИнформ. – 2013. – № 6. – С. 152–156.
2. Кардашев Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии / Г.А. Кардашев. – М.: Химия, 1990. – 208 с.
3. Ясьян Ю.П., Косулина Т.П., Нисковская М.Ю. Совместная переработка отходов агропромышленного комплекса и нефтяных остатков в химическую продукцию // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: материалы докладов Международной научно-технической конференции, Алушта, 04–08 июня 2018. – С. 212–217.
4. Золотухин В. А. – Сфера Нефтегаз. – 2012. – № 4. – С. 70–75.
5. Кириченко Н.А. Производство водорода, синтез-газа, энергетического газа. – М., 1981. – 195 с.