

Д.Р.Умышев¹, Ж.А. Айдымбаева¹, А.М. Достиярова²,
Б.Онгар^{2,3}, Б.А. Биэхметов⁴

¹Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан

²Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

³Satbayev University, Алматы, Казахстан

⁴Казахский аграрно-технический университет имени Сакена Сейфуллина,
Астана, Казахстан

E-mail: diararu@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. В статье рассматривается актуальный вопрос обогащения биогаза водородом для сжигания в дизельном двигателе. Для Казахстана данная проблема пришла в последние 20 лет, так как ежегодно идет повышение стоимости дизельного топлива или его нехватки к осени во время сбора урожая. Возможности эффективного сжигания водорода в парниковых двигателях были известны еще во время блокады Ленинграда. Здесь мы обращаем внимание, что сжигание в дизельном двигателе богатого водородом биогаза и дизельного топлива повышает эффективность дизеля и снижает ее воздействие на окружающую среду. Так как имеются доступные публикации, то и наши исследования будут полезны. Результаты дальнейших исследований будут опубликованы в данном Вестнике.

Ключевые слова. Водородосодержащий газ, углеродные нанотрубки, катализатор, дизельный двигатель.

Введение.

Две взаимосвязанные проблемы, связанные с глобальным потеплением и загрязнением воздуха, с которыми столкнулось человечество, были вызваны широким использованием ископаемого топлива [1]. Несмотря на широкое распространение дизельного двигателя внутреннего сгорания во всем мире благодаря ряду конструктивных преимуществ (высокий КПД, надежность, крутящий момент), он способствует кризису изменения климата и загрязнению окружающей среды. Стоит отметить, что основными выбросами дизельного двигателя, которые необходимо значительно снизить, являются сажа, NOx и другие вредные компоненты. Конференция COP 26, проходившая в Глазго с 1 октября по 12 ноября 2021 г., заявила, что инновационные, более чистые технологии должны стать одним из факторов сокращения парниковых и других выбросов [2,3].

Также можно выделить еще один центральный вопрос в контексте Казахстана, требующий безотлагательных действий. Сельскохозяйственная отрасль Казахстана ежегодно испытывает трудности из-за дефицита дизельного топлива во время посева и уборки урожая [4]. Обычно это приводит к удорожанию дизельного топлива и, следовательно, влияет на стоимость урожая и других конечных продуктов для потребителей. Более того, если фермеры не уберут урожай вовремя, это может привести к потерям урожая. Сельское хозяйство, как и нефтегазовая промышленность или полезные ископаемые, является одним из основных драйверов экономики Казахстана, поэтому вопрос с дефицитом дизельного топлива требует решения.

В настоящее время в РК и за рубежом исследуются большое количество технических средств и методов, снижающих токсичность и дымность ОГ дизелей. Существующие средства, направленные на снижение вредных выбросов дизелей в эксплуатации, можно условно разделить на две группы, как представлено на (рисунок 1).

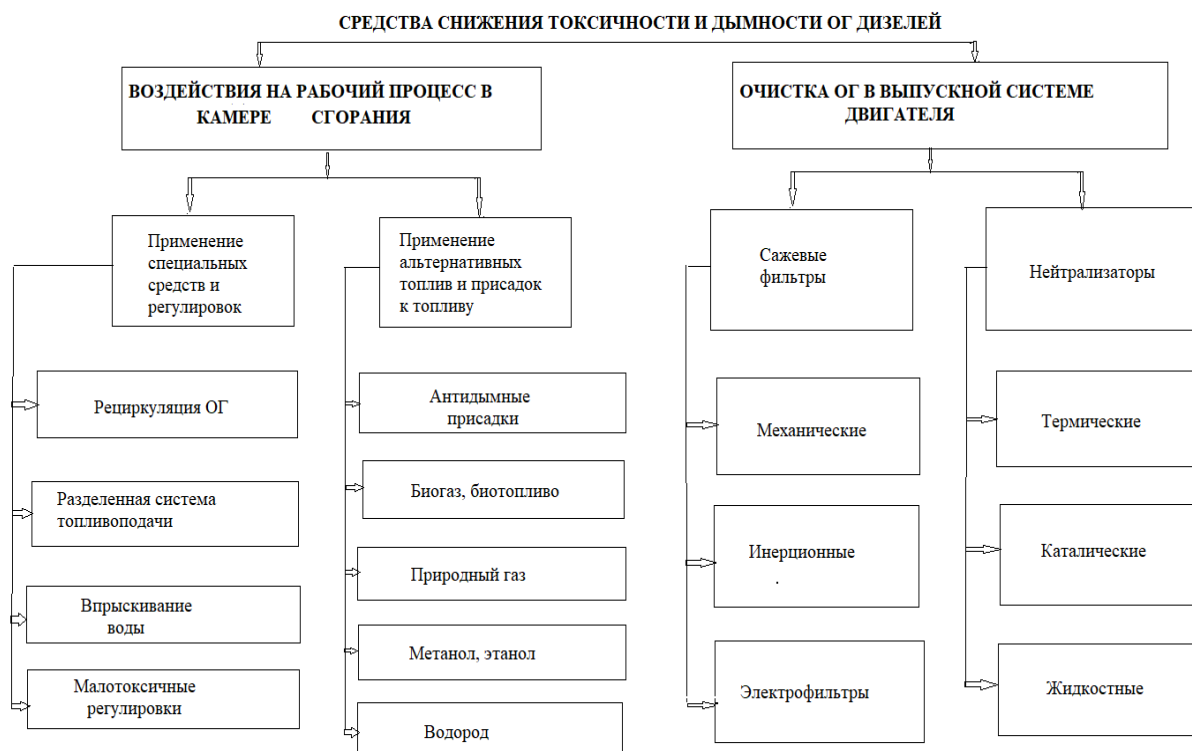


Рисунок 1- Средства снижения токсичности и дымности ОГ дизелей

Повышение экологической безопасности дизеля может быть обеспечено применением специальных средств и регулировок, в частности разделенной системы топливоподачи с добавлением дополнительно к основному дизельному топливу газового топлива: биогаза, природного газа, водорода.

Частичная замена дизельного топлива биогазом могла бы способствовать решению проблем, связанных с дефицитом дизельного топлива и загрязнением воздуха парниковыми газами [4]. Однако хорошо известно, что использование биогаза с дизельным топливом для сжигания в двигателе имеет много недостатков, таких как снижение общей эффективности процесса сгорания, сокращение срока службы двигателя и более высокие выбросы по сравнению с использованием только природный газ. Необходимо разработать новые двигатели или технологии сгорания или оптимизировать существующие технологии для решения проблем выбросов парниковых газов. В настоящее время в некоторых исследованиях изучалась модификация биогаза, чтобы сделать его более подходящим для сжигания с дизельным топливом.

Материалы и методы.

Есть несколько подходов, которые активно исследуются во всем мире, а именно удаление двуоксида углерода и корректировка состава биогаза. Обогащение биогаза водородом может решить текущие проблемы с биогазом. Обогащение биогаза водородом представляет собой процесс, при котором метан и углекислый газ превращаются в водород и монооксид углерода в присутствии катализаторов при

высоких температурах. Этот процесс также позволяет производить углеродные нанотрубки, которые являются материалами с добавленной стоимостью благодаря своим уникальным физическим и химическим характеристикам.

Полученный богатый водородом газ можно использовать с дизельным топливом для сжигания в дизельном двигателе. Несколько исследований показали, что он имеет более высокую тепловую эффективность торможения, чем сжигание смеси необработанного биогаза и дизельного топлива. Кроме того, многие выбросы газов сокращаются. Эта технология нуждается в дальнейшем изучении для оптимизации процесса сгорания в двигателе водородсодержащего газа и дизельного топлива. Более высокая эффективность и снижение выбросов могут быть достигнуты за счет регулировки параметров, связанных с системами впрыска, составом богатого водородом газа и т. д.

Результаты.

Существующие проблемы со сжиганием биогаза и дизельного топлива в дизельных двигателях.

Существуют две ведущие технологии получения биогаза из биомассы или органических отходов: анаэробное сбраживание и газификация. При анаэробном сбраживании органические вещества, например навоз крупного рогатого скота, разлагаются на CH_4 и CO_2 в анаэробном реакторе в присутствии метаногенных бактерий [5]. Состав биогаза может варьироваться в зависимости от исходного сырья, параметров процесса анаэробного сбраживания и т. д. Сравнение среднего состава биогаза, полученного в результате анаэробного сбраживания, и природного газа проиллюстрировано в таблице 1. Важнейший компонент, определяющий теплотворную способность из этих газов - метан. Биогаз имеет более низкое содержание метана и, следовательно, имеет более низкую теплотворную способность, чем природный газ. Таким образом, биогаз должен подвергаться дальнейшим процессам для увеличения его теплотворной способности, например, очистке от диоксида углерода [5]. Хорошо известно, что углекислый газ в основном ответственен за ухудшение характеристик биогаза. Углекислый газ можно вымыть из биогаза, но этот процесс промывки имеет побочный продукт, а именно кислые сточные воды. Эти сточные воды необходимо очищать перед последующей утилизацией. В настоящее время лучше использовать природный газ, а не биогаз с точки зрения характеристик горения и сокращения выбросов, но природный газ конечен и, конечно же, является ископаемым топливом. Ведущим вопросом в отношении сжигания смеси биогаза и дизельного топлива в дизельном двигателе является то, что биогаз отрицательно влияет на характеристики сгорания и выбросы, например, он влияет как на искровое зажигание, так и на воспламенение от сжатия в двигателях [6].

Таблица 1 - Состав биогаза и природного газа

Составные части	Биогаз (%) [9, 11]	Природный газ (%) [10]
CH_4	50-70	97
CO_2	30-40	-
H_2	5-10	-
N_2	1-2	-
H_2O	0.3	-
H_2S	<1%	-

Обогащение биогаза водородом для решения проблем, связанных со сжиганием дизельного топлива.

Были исследованы некоторые новые технологии модификации биогаза, позволяющие сжигать его вместе с дизельным топливом в двигателе, поскольку в настоящее время для этого существуют определенные технологические барьеры, как обсуждалось в предыдущем разделе. Для улучшения характеристик сгорания и сокращения выбросов можно применить несколько подходов, а именно увеличение доли водорода, добавление сжиженного нефтяного газа и удаление диоксида углерода из состава биогаза [5]. В данной работе оценивается обогащение биогаза водородом. Во многих исследованиях обсуждаемая в данной статье технология обогащения биогаза водородом хорошо известна как процесс сухого риформинга [7,8]. Биогаз можно использовать в качестве сырья для производства углеродных нанотрубок и газа, обогащенного водородом, путем термической обработки в присутствии катализаторов [9]. Углеродные нанотрубки считаются продуктами с добавленной стоимостью благодаря своим уникальным характеристикам (высокая прочность и термостойкость, малый вес) [16-18].

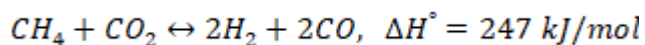
Системная граница процесса обогащения биогаза водородом представлена на рис. 1. Биогаз, полученный в результате анаэробного сбраживания, служит сырьем для получения углеродных нанотрубок и газа, обогащенного водородом. Биогаз закачивается в реактор, а затем его необходимо нагреть в присутствии катализатора. Стоит отметить, что этот процесс требует больших затрат энергии, так как является эндотермической реакцией [8]. Обычно преобразование биогаза в газ, богатый водородом, и углеродные нанотрубки происходит только при относительно высоких температурах и зависит от эффективности используемых катализаторов и качества желаемого конечного продукта. Например, в исследовании Pudukudy, Yaakob, Syahri, Jia и Shan [7] температура процесса конверсии в присутствии катализатора Fe/ZrO₂ составляла 900°C. Де Лобет, Пинилья, Молинер, Суэльвес, Арройо, Морено, Муньос, Монне, Камеан и Рамос [10] разлагали биогаз с получением углеродных нанотрубок и газа, богатого водородом, для сжигания в двигателе с искровым зажиганием при температуре 600-700°C. Что касается термодинамических расчетов, то этот диапазон температур рекомендуется, поскольку в этом диапазоне температур производится большая доля углеродных нанотрубок и газа [10].

Углеродный наноматериал осаждается на поверхности катализаторов [11], что в конечном итоге требует отделения, так как это в конечном итоге приведет к загрязнению и дезактивации катализатора [7].



Рисунок 2- Обогащение биогаза водородом

Хорошо известно, что образующийся богатый водородом газ содержит водород и монооксид углерода. Основная реакция, ответственная за производство этих компонентов из биогаза, описана ниже:



Стоит отметить, что состав водородосодержащего газа в основном зависит от параметров процесса конверсии, таких как каталитическая эффективность, температура, состав сырья и т. д. Например, в табл. 2 количество углеродных нанотрубок и состав водородосодержащего газа [10]. В результате разложения биогаза с соотношением $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ 70:30 при 700°C был получен газ, содержащий оптимальное количество водорода и более качественные углеродные нанотрубки. Можно констатировать, что более высокое содержание метана в биогазе и температура положительно влияют на качество продукта. Скорости превращения CH_4 и CO_2 в H_2 и CO могут быть выше результатов, представленных в таблице 2, путем регулирования параметров процесса, например, повышения температуры внутри реактора.

Таблица 2 - Скорости превращения CH_4 и CO_2 в H_2 и CO при различных параметрах (температура и соотношение $\text{CH}_4:\text{CO}_2$) в присутствии катализатора [10]

$\text{CH}_4:\text{CO}_2$ соотношения	T, °C	H_2 , %	CO , %	CH_4 , %	CO_2 , %	χ_{CH_4} , %	χ_{CO_2} , %	ϵ_a , %	Производство углеродных нановолокон, $\text{C g}_{\text{cat}}^{-1}\text{h}^{-1}$
50:50	600	23	23	26	28	37	34	19	2.0
50:50	700	40	39	11	10	71	66	54	1.4
60:40	600	26	19	43	21	33	37	19	2.5
60:40	700	45	34	14	7	65	71	53	2.5
70:30	600	34	17	36	13	37	46	23	3.4
70:30	700	53	29	14	4	67	79	61	3.6

На (рисунок 2) после реактора виден конденсатор. Это необходимо для улавливания пара, образующегося при разложении биогаза [10]. Углеродный наноматериал осаждается на поверхности катализатора, который необходимо отделить, так как он обычно загрязняет и дезактивирует катализатор [7]. Неконденсируемые газы, определяемые как газы с высоким содержанием водорода, после конденсатора закачиваются в хранилище газа. Образующийся богатый водородом биогаз обычно содержит H_2 и CO [12, 13], и его содержание положительно влияет на снижение выбросов парниковых газов по сравнению с обычным биогазом или природным газом. Стоит отметить, что в целом эффективность сжигания водородосодержащего газа намного выше, чем сжигания бензина, биогаза, метана или угля.

Катализаторы.

Многие катализаторы можно использовать в процессе обогащения биогаза водородом. Выбор катализатора важен, так как он влияет на характеристики углеродных нанотрубок и состав образующегося газа [7]. Одной из самых сложных частей разработки процесса обогащения биогаза водородом является выбор катализатора, поскольку существует множество типов катализаторов. В этом разделе обсуждаются основные параметры, которые необходимо учитывать при выборе подходящего катализатора. Некоторые катализаторы способны преобразовывать более 90% метана и углекислого газа в углеродные нанотрубки и газ, богатый водородом [7, 13]. Однако те, которые демонстрируют высокие каталитические характеристики, обычно очень дороги. Есть несколько основных параметров, которые можно использовать в качестве ориентира при выборе подходящего катализатора:

- Кислотность катализаторов. Хорошо известно, что сильнокислотные катализаторы обладают более высокой каталитической эффективностью при разложении любого вещества на более мелкие частицы.

- Пористая структура катализаторов. Во многих исследованиях было замечено, что структура пор играет существенную роль в разрушении вещества на более мелкие и легкие частицы.

Также стоит отметить, что одним из основных недостатков использования катализаторов является их дезактивация из-за нагара на их поверхности. Было обнаружено, что кислотность и микропоры способствуют высокой каталитической эффективности, а также увеличивают скорость дезактивации катализатора [14,15]. Для снижения затрат на катализаторы при их выборе следует учитывать такие факторы, как кислотность и микропоры.

Сжигание смеси богатого водородом биогаза и дизельного топлива.

В этом разделе подробно обсуждается принципиальная схема сгорания богатого водородом газа и дизельного топлива в дизельном двигателе, которую можно использовать при проектировании или строительстве экспериментального стенда для потенциальных исследований. Кроме того, в этом разделе кратко обобщены несколько исследований по сжиганию в дизельном двигателе газа, богатого водородом, и дизельного топлива.

На рис. 3 проиллюстрирована принципиальная схема дизельного двигателя, работающего на смеси дизельного топлива и газа, богатого водородом. Систему впуска двигателя необходимо модифицировать, поскольку состав богатого водородом газа совершенно отличается от биогаза или природного газа. Газ, обогащенный водородом, и дизельное топливо вводятся в дизельный двигатель отдельно, поскольку обычно дизельное топливо смешивается с воздухом, тогда как смешивание воздуха и газа, обогащенного водородом, может вызвать преждевременное воспламенение газа, т. е. до подачи в двигатель. Таким образом, двигатель имеет две отдельные форсунки для обогащенного водородом газа и смеси воздуха и дизельного топлива. Расход этих видов топлива измеряется счетчиками. Также эффективность процесса сгорания повышается за счет системы рециркуляции выхлопных газов. Рециркулирующие выхлопные газы, дизельное топливо и воздух смешиваются в смесителе перед подачей в двигатель посредством впрыска. Анализатор выхлопных газов используется для измерения выбросов в процессе сгорания, чтобы определить его воздействие на окружающую среду. Стоит отметить, что вначале в двигатель впрыскивается небольшое количество дизельного топлива для запуска процесса сгорания [5]. Затем в двигатель впрыскивается газ, обогащенный водородом.

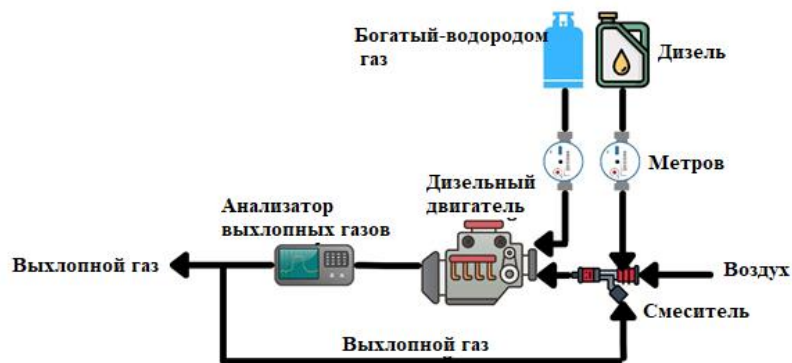


Рисунок 3- Принципиальная схема дизельного двигателя, работающего на смеси дизельного топлива и водородсодержащего газа

Обсуждение.

Было проведено несколько исследований, связанных со сгоранием богатого водородом газа и дизельного топлива в дизельных двигателях, хотя для разработки оптимального процесса сгорания требуются дополнительные и подробные исследования. Было обнаружено, что использование газа, богатого водородом, в смеси с дизельным топливом имеет более высокую тепловую эффективность торможения, чем сырой биогаз. Кроме того, выбросы CO₂, CO и HC из богатого водородом газа ниже, чем для биогаза, за исключением NO_x [10]. Будущие исследования должны определить оптимальные параметры впрыска и соотношения дизельного топлива и газа, богатого водородом, для повышения эффективности процесса сгорания и дальнейшего снижения выбросов.

Заключение.

Анализ наших исследований показывает, что использование биогаза в качестве добавочного газового топлива: улучшает экологические показатели; обеспечивает плавность работы двигателя, снижение теплонапряженности деталей камеры сжигания, но вместе с тем снижает мощность двигателя.

При термическом разложении биогаза, полученного в результате анаэробного сбраживания, в присутствии катализаторов при более высоких температурах образуются углеродные нанотрубки и газ, богатый водородом. Углеродные нанотрубки считаются материалами с добавленной стоимостью, поскольку их можно использовать в производстве аккумуляторов, пластмасс, нано-оптоэлектроники, гибких тонкопленочных устройств и т. д. Полученный богатый водородом газ может заменить биогаз при сгорании дизельным топливом при сжигании. двигатель, так как биогаз снижает общую эффективность процесса сгорания, срок службы двигателя и приводит к большему выбросу парниковых газов, чем только природный газ. В этом процессе обогащения водородом основные компоненты, такие как метан и диоксид углерода, превращаются в водород и монооксид углерода. В будущих исследованиях необходимо скорректировать процесс сгорания в двигателе с учетом химического состава богатого водородом газа и характера его воспламенения. Этот документ способствует разработке оптимизированного процесса сжигания и связанного с этим сокращения количества выделяемых парниковых газов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А.Смайлис В.И. Современное состояние и новые проблемы экологии дизелестроения/ Двигателестроение.-1991, №1
- [2] H. Gürbüz, S. Demirtürk, Investigation of dual-fuel combustion by different port injection fuels (Neat Ethanol and E85) in a DE95 diesel/ethanol blend fueled compression ignition engine, *Journal of Energy Resources Technology* 142(12) (2020). <https://doi.org/https://doi.org/10.1115/1.4047328>.
- [3] H. Mountford, D. Waskow, L. Gonzalez, C. Gajjar, N. Cogswell, M. Holt, T. Fransen, M. Bergen, R. Gerholdt, COP26: Key Outcomes From the UN Climate Talks in Glasgow, (2021).
- [4] Ю. Асташов, Проблема дефицита качественных нефтепродуктов в Казахстане, *Экономика в промышленности* (2) (2015) 110-114.
- [5] N. Ray¹, M. Mohanty, R. Mohanty, Biogas as alternate fuel in diesel engines: A literature review, (2013).
- [6] A. Rimkus, S. Stravinskas, J. Matijošius, Comparative study on the energetic and ecologic parameters of dual fuels (diesel–NG and HVO–biogas) and conventional diesel fuel in

a CI engine, Applied Sciences 10(1) (2020) 359.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app10010359>.

[7] M. Pudukudy, Z. Yaakob, K.M. Syahri, Q. Jia, S. Shan, Production of hydrogen-rich syngas and multiwalled carbon nanotubes by biogas decomposition over zirconia supported iron catalysts, Journal of Industrial and Engineering Chemistry 84 (2020) 150-166.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.12.030>.

[8] P. Rosha, S.K. Mohapatra, S.K. Mahla, A. Dhir, Hydrogen enrichment of biogas via dry and autothermal-dry reforming with pure nickel (Ni) nanoparticle, Energy 172 (2019) 733-739.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.006>.

[9] T. Kludpantanapan, P. Nantapong, R. Rattanaamonkulchai, A. Srifa, W. Koo-Amornpattana, W. Chaiwat, C. Sakdaronnarong, T. Charinpanitkul, S. Assabumrungrat, S. Wongsakulphasatch, Simultaneous production of hydrogen and carbon nanotubes from biogas: On the effect of Ce addition to CoMo/MgO catalyst, International Journal of Hydrogen Energy 46(77) (2021) 38175-38190.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.09.068>.

[10] S. De Llobet, J. Pinilla, R. Moliner, I. Suelves, J. Arroyo, F. Moreno, M. Muñoz, C. Monné, I. Cameán, A. Ramos, Catalytic decomposition of biogas to produce hydrogen rich fuels for SI engines and valuable nanocarbons, International journal of hydrogen energy 38(35) (2013) 15084-15091.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.09.086>.

[11] N.D. Charisiou, S.L. Douvartzides, G.I. Siakavelas, L. Tzounis, V. Sebastian, V. Stolojan, S.J. Hinder, M.A. Baker, K. Polychronopoulou, M.A. Goula, The relationship between reaction temperature and carbon deposition on nickel catalysts based on Al₂O₃, ZrO₂ or SiO₂ supports during the biogas dry reforming reaction, Catalysts 9(8) (2019) 676.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/catal9080676>.

[12] E. Le Saché, J. Santos, T. Smith, M. Centeno, H. Arellano-Garcia, J.A. Odriozola, T. Reina, Multicomponent Ni-CeO₂ nanocatalysts for syngas production from CO₂/CH₄ mixtures, Journal of CO₂ utilization 25 (2018) 68-78.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcou.2018.03.012>.

[13] P.S. Roy, J. Song, K. Kim, J.-M. Kim, C.S. Park, A.S. Raju, Effects of CeZrO₂-Al₂O₃ support composition of metal-foam-coated Pd-Rh catalysts for the steam-biogas reforming reaction, Journal of industrial and engineering chemistry 62 (2018) 120-129.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.12.050>.

[14] Z. Chen, X. Zhang, F. Yang, H. Peng, X. Zhang, S. Zhu, L. Che, Deactivation of a Y-zeolite based catalyst with coke evolution during the catalytic pyrolysis of polyethylene for fuel oil, Applied Catalysis A: General 609 (2021) 117873.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apcata.2020.117873>.

[15] J. Huang, Y. Jiang, V.R. Marthala, A. Bressel, J. Frey, M. Hunger, Effect of pore size and acidity on the coke formation during ethylbenzene conversion on zeolite catalysts, Journal of Catalysis 263(2) (2009) 277-283.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcat.2009.02.019>.

Диас Умышев, PhD, қауымдастырылған профессор, Ф. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, umishev_d@mail.ru

Жанар Айдымбаева, PhD, Ф. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, diararu@mail.ru

Алия Достиярова, т.ғ.к, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, adostiyarova@mail.ru

Бұлбұл Онғар, PhD, қауымдастырылған профессор, Satbayev University, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, ongar_bulbul@mail.ru

Бауыржан Биакхметов, докторант, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан, bauyrzhanbiakhmetov@gmail.com

ҚОС ОТЫНДЫ ДИЗЕЛЬДІ ЖАНУ ҮШІН СУТЕКТІ БАЙЫТУ АРҚЫЛЫ БИОГАЗДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Мақалада дизельді қозғалтқышта жану үшін биогазды сутегімен байытудың өзекті мәселесі қарастырылған. Қазақстан үшін бұл мәселе соңғы 20 жылда туындады, өйткені дизельдік отынның құны жыл сайын өседі немесе егін жинау кезінде күзге қарай тапшылық болады. Жылыжай қозғалтқыштарында сутегінің тиімді жану мүмкіндіктері Ленинградты қоршау кезінде де белгілі болды. Бұл жерде дизельдік қозғалтқышта сутегіге бай биогаз мен дизельдік отынның жануы дизельдік қозғалтқыштың ПӘК-ін арттырып, оның қоршаған ортаға тигізетін әсерін азайтатынын атап өтеміз. Қолда бар басылымдар болғандықтан, зерттеуіміз пайдалы болады. Бұдан әрі зерттеу нәтижелері осы журналда жарияланатын болады.

Түйінді сөздер. Құрамында сутегі бар газ, көміртекті нанотүтіктер, катализатор, дизельдік қозғалтқыш.

Dias Umyshev, PhD, associate professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, umishev_d@mail.ru

Zhanar Aidymbayeva, PhD, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, diararu@mail.ru

Aliya Dostiyarova, candidate of technical sciences, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, adostiyarova@mail.ru

Bulbul Ongar, PhD, associate professor, Satbayev University, Академия логистики и транспорта, Almaty, Kazakhstan, ongar_bulbul@mail.ru

Bauyrzhan Biakhmetov, doctoral student, S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan, bauyrzhanbiakhmetov@gmail.com

OPTIMIZATION OF BIOGAS VIA ENRICHMENT WITH HYDROGEN FOR COMBUSTION IN DUAL-FUEL DIESEL ENGINE

Annotation. The article deals with the topical issue of biogas enrichment with hydrogen for combustion in a diesel engine. For Kazakhstan, this problem has come in the last 20 years, as the cost of diesel fuel increases every year or its shortage by the autumn at harvest time. The possibilities of efficient combustion of hydrogen in greenhouse engines were known even during the siege of Leningrad. Here we note that the combustion of hydrogen-rich biogas and diesel fuel in a diesel engine increases the efficiency of a diesel engine and reduces its environmental impact. Since there are available publications, our research will be useful. The results of further research will be published in this Bulletin.

Keywords. Hydrogen-rich gas, carbon nanotubes, catalyst, diesel engine.
