ТЕХНОЛОГИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Л.А. Губачева¹, Д.Ю. Чижевская², И.В. Макарова², А.А. Андреев¹

¹Луганский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск

²Казанский федеральный университет (Набережночелнинский институт)

agubacheva_snu@bk.ru, bshevchenkodu@mail.ru, ckamivm@mail.ru, dtmtl_snu@mail.ru.

Аннотация. В современных условиях проблема загрязнения отходами недр земли, атмосферы, естественных и искусственных акваторий является особенно острой. Бытовые отходы сжигаются или вывозятся на полигон, тем самым наносится экологический ущерб – увеличивается площадь отчуждаемых земельных ресурсов и загрязняется атмосфера. Негативное воздействие твердых бытовых отходов (ТБО) на окружающую среду, приводящие к изменению климата, усилению парникового эффекта и увеличению числа опасных природных явлений, вызывает необходимость поиска решений по снижению вредных выбросов в атмосферу, повышению энергоэффективности процессов, в частности, в транспортных системах, за счет эффективности использования топлива. Самое негативное воздействие на состояние воздушной среды оказывают выбросы в отработавших выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, в том числе и использующих в качестве топлива природный газ, моно – и диоксидов азота. Снижение вредных выбросов возможно, например, путем совершенствования технологии получения генераторного газа как альтернативного топлива, позволяющего снизить концентрацию оксидов азота в любых устройствах для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива в двигателях внутреннего сгорания.

В статье рассмотрены вопросы образования отходов и их воздействия на окружающую среду, представлены технологии рационального природопользования на транспорте и методы усовершенствования технологий переработки отходов.

Разработана новая горизонтальная конструкция комбинированного автомобильного газогенератора, позволяющая осуществлять перевод питания с жидкого моторного топлива на генераторный газ, полученный из отходов деревообрабатывающей промышленности, сельскохозяйственных отходов, твердых бытовых и полиэтиленсодержащих отходов. Это позволит снижать загрязнения медленно разлагаемым полиэтиленом мирового океана, которое сейчас приобретает характер катастрофы планетарного масштаба.

При модернизации установки по переработке отходов для получения энергоносителей для транспорта, будет достигнуто повышение экологического уровня бензиновых двигателей и снижения количества отходов при эксплуатации автомобильного транспорта, что позволит сформировать природно-техническую систему, для обеспечения экологической безопасности и защиты природной среды.

Ключевые слова: пеллеты; отходы полиэтилена; технология переработки отходов; модернизированный автомобильный газогенератор; модернизированная газогенераторная установка; генераторный газ.

Введение

Во многих странах, включая наиболее развитые, активизировались работы по развитию технологий использования местных и возобновляемых источников энергии. Средний уровень использования отходов в России составляет менее 25 %, в том числе промышленные отходы перерабатываются на 35 %, а твердые коммунальные отходы – всего на 3–4 % [1].

Ежегодно в России образуется более 390 млн. тонн органических отходов, из которых сельскохозяйственное производство образует 250 млн. тонн. 100 млн. тонн приходится на растениеводство, деревообрабатывающую и лесную промышленность. И только 52,5 % подвергается утилизации (топливо, строительные материалы) [2, 3].

Мировое производство пластика на 2018 год составило около 380 млн. тонн в год и из них 311 млн. тонн составляет полиэтилен. Бесконтрольное производство пластика и недостаточная вторичная его

переработка приводит к загрязнению им окружающей среды, в том числе мировых океанов, что отрицательно влияет на диких, домашних животных и здоровье людей. По данным WWF в мировых океанах оказывается до 12 млн. тонн пластика ежегодно из них от 1,15 до 4,38 млн. тонн в год попадает в них из рек [4–13].

Одним из основных источников загрязнения атмосферы в настоящее время является автотранспорт, особенно работающий на жидком топливе (60–70 %), который насчитывает более 600 млн. единиц. Наибольшее загрязнение наблюдается над городами – в 10 раз больше аэрозолей и в 25 раз больше газов, чем за его пределами. [14]. Одно из перспективных направлений повышения экологической ситуации является перевод автомобилей, работающих на жидком топливе на генераторный газ, получаемый из производственных, бытовых и полиэтиленсодержащих отходов.

Материалы

Массовые перевозки грузов выполняются бензиновыми автомобилями с карбюраторными двигателями (например, автомобили типа ГАЗ 53, ЗИЛ 130, Урал 357, ГАЗ 33.0202 «ГАЗЕЛЬ», УАЗ 469 и др.). К недостаткам эксплуатации автомобилей с бензиновыми двигателями относятся высокое содержание выхлопных газов монооксида углерода (CO – 3 % и более на переходных режимах работы), а также оксидов азота NO_x , которая является главным источником образования смога в городах.

Примерное уравнение стехеометрического сгорания при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,0$ в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания имеет вид:

Согласно расчетам, приведенным в работе [15, 16], при потреблении 114 кг бензина выделяется 5310 МДж теплоты на общую массу 1914 кг выхлопных газов. При теплоте $1 \text{ МДж/кг}^\circ\text{C}$ температура сгорания может достигать величины $+2770^\circ\text{C}$. Согласно теории двигателей внутреннего сгорания после выполнения полезной работы и расширения в момент открытия выпускных клапанов температура снижается до величины $+1385^\circ\text{C}$, а в глушителе – снижается до температуры $+900^\circ\text{C}$. Главным недостатком для бензиновых двигателей является то, что при сгорании 114 кг бензина (с содержанием 3 % токсичного газа CO) выбрасывается 57 кг CO .

Используемые методы

Предлагается метод повышения экологического уровня бензиновых двигателей и снижения количества отходов при эксплуатации автомобильного транспорта, который заключается в переводе питания с жидкого моторного топлива на генераторный газ.

Предлагается конструкция комплексного газогенератора для утилизации резиновых и пластиковых отходов, древесносодержащих и полиэтиленовых твердых компонентов.

Преимуществом предлагаемого комплексного газогенератора по сравнению с обычным вертикальным газогенератором является горизонтальное расположение блока шнекового питателя пеллетного топлива в реакторной зоне и верхнего блока для разовой загрузки твердых отходов, самостоятельно опускающихся в реакторную зону [17].

Загрузку комбинированного автомобильного газогенератора (рис. 1), установленного на раме (6) под кузовом автомобиля, осуществляют при заглушенном двигателе. С помощью пеллетной горелки объемного типа (4) сначала заполняется пеллетным топливом реактор (7), изготовленный из жаростойкой стали,

а затем кусковым твердым топливом через крышку загрузочного бункера (1) топливный бункер (3) при этом между топливным бункером (3) и реактором (7) образуется столб кускового твердого топлива. Пеллетная горелка подает топливо до тех пор, пока резко не возрастет нагрузка на двигатель, вращающий шнек (16) пеллетной горелки. При возрастании нагрузки происходит отключение двигателя.

С помощью воздушного коллектора (12) в реакционную зону подается воздух, который сначала попадает в корпус реактора (7), а затем проходит через пять отверстий (8). Для предотвращения выхода генераторного газа из газогенератора при остановке двигателя предусмотрен обратный клапан.

Розжиг топлива осуществляют через люк розжига (13).

После предварительных операций газогенератор выходит на рабочий режим. В верхней части реактора (7) реализуется процесс пиролизной газификации кускового твердого топлива, в нижней – газификация пеллетного топлива, а в средней – газификация смол, выделяющихся из обоих видов топлива. Образующийся газогенераторный газ движется в нижнюю часть реактора (7), затем по корпусу пеллетной горелки (4), и попадает по трубопроводу в полость между топливным бункером (3) и корпусом газогенератора (5), и далее, к патрубку генераторного газа (14) расположенному в верхней части корпуса газогенератора к которому присоединен магистральный трубопровод, подключенный к двигателю. При таком движении газа происходит обогрев топливного бункера, стабилизируются термохимические процессы, протекающие в реакционной зоне пеллетной горелки (4). При этом происходит подсушка твердого топлива, а газ – охлаждается.

В процессе газификации соотношение пеллетного топлива к золе в реакторе (7) уменьшается, и реакционная зона уменьшается, температура газа падает, что фиксирует прибор для измерения температуры (15). Прибор передает сигнал на включение пеллетной горелки (4). Поступающее в реактор (7) пеллетное топливо вытесняет золу. Зола и недогазифицированное топливо осыпаются на колосниковые решетки шуровочного механизма (9) на которых недогазифицированное топливо полностью газифицируются. Периодически выполняют шуровку шуровочным механизмом, при этом зола просыпается в камеру зольника (10), откуда она периодически удаляется через люк зольника (11). При заполнении реактора (7), столб пеллетного топлива поднимается и давит на столб кускового твердого топлива, осыпавшегося из топливного бункера (3), нагрузка на двигатель, вращающий шнек (16) пеллетной горелки, резко возрастает, и он отключается.

Рис. 1. Общий вид комбинированного автомобильного газогенератора

1 – крышка загрузочного бункера; 2 – предохранительный клапан; 3 – топливный бункер; 4 – пеллетная горелка объемного типа; 5 – корпус генератора; 6 – рама; 7 – реактор; 8 – отверстия для подачи воздуха; 9 – шуровочный механизм; 10 – зольник; 11 – люк зольника; 12 – воздушный коллектор; 13 – устройство розжига; 14 – патрубок генераторного газа; 15 – прибор для измерения температуры

В случае повышения давления в газогенераторе излишек газа выходит в атмосферу через предохранительный клапан (2).

Примерное стехеометрическое уравнение сгорания полученного генераторного газа в цилиндрах ДВС при коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1,0$ может иметь вид [18]:

Расчет показывает, что при сжигании в цилиндрах ДВС генераторного газа, полученного из 10,77 кг смеси твердых отходов, состоящих из 90 % древесины и 10 % полиэтилена, выделится теплота 160 МДж на общий вес 185 кг рабочих газов в камере сгорания цилиндров ДВС. При теплоемкости 1 МДж/кг °С это сопровождается повышением температуры до +1880 °С, а в момент открытия выпускных клапанов до 940 °С.

Модернизация известной установки Fortan 4 по переработке отходов работающего на основе процесса термического пиролиза заключалась в установке дополнительно газогенератора [19]. В ходе процесса переработки, которая является абсолютно безопасной для окружающей среды, сжигаются отходы с последующим получением газообразного топлива или электрической энергии.

Результаты

Наиболее важным мероприятием, направленным на снижение концентрации оксидов азота в выхлопных газах при сжигании любых видов топлива в воздухе, является всемерное снижение температуры горения топливно – воздушной смеси.

Практика показала, что при температурах горения до 550 °С азот воздуха практически не окисляется до состояния оксидов NO_x .

Представляется целесообразным оценить уровень снижения количества оксидов азота в выхлопных газах ДВС при использовании газогенераторов на древесных и полиэтиленовых отходах по формуле, которая учитывает изменения избыточной температуры горения топливно-воздушной смеси цилиндров:

$$K_{\text{NO}} = (t_6 - t_{\text{NO}}) / (t_{\text{н}} - t_{\text{NO}}) = (2770 - 950) / (1880 - 950) = 1,96$$

где t_6 – температура сгорания в цилиндрах базового бензинового двигателя, °С;

$t_{\text{н}}$ – температура сгорания в цилиндрах ДВС с предлагаемым газогенератором;

t_{NO} – температура начала образования оксидов азота при сгорании топлива в воздухе.

Сгорание генераторного газа при наличии водяных паров в цилиндрах двигателя обеспечивает полное окисление оксидов СО до CO_2 , в то время как для бензинового двигателя на каждый кг сгоревшего бензина выделяется 1 кг СО.

При сжигании древесины образуется 0,5–2 % золы. Зола используют как минеральное удобрение [20].

Для получения теплоты 160 МДж в базовом варианте потребуется 3,4 кг бензина или 4,5 л. по цене 45 руб. за литр. Затраты на энергоносители составят 225 руб. Для газогенераторного автомобиля по предложенной технологии понадобится 10 кг дров и 1 кг полиэтилена, что с учетом стоимости оборудования автомобилей газогенератором составит 75 руб.

Заключение

Существующая проблема загрязнения отходами недр земли, атмосферы и естественных и искусственных акваторий, находит решение с помощью модернизации известных технологий переработки отходов или разработки новых ресурсосберегаю-

щих и более экологически чистых, в отличие от известных.

Модернизированные автомобильный газогенератор и установки по переработки производственных и бытовых отходов в горючий газ, могут применяться в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве, а также в городском коммунальном хозяйстве.

Установлено, что модернизированные автомобильный газогенератор и установки по переработке производственных и бытовых отходов в горючий газ или электроэнергию, применимы в природно-технической системе. Внедрение модернизированного автомобильного газогенератора и установки в технологический процесс по переработке производственных и бытовых отходов в горючий газ или электроэнергию приведет к существенным экологическим, экономическим и социальным выгодам.

Список литературы:

1. Лукьянчиков Н.Н. Стратегия управления природопользованием / Н.Н. Лукьянчиков, А.А. Улитин. – М.: Эльзевир, 2005. – 184с.
2. Никулин А.Н. Исследование новых способов переработки отходов растительной биомассы в сельскохозяйственном производстве // Записки Горного института. 2006. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-novyh-sposobov-pererabotki-othodov-rastitelnoy-biomassy-v-selskhozaystvennom-proizvodstve>.
3. Сагдеева Г.С., Патракова Г.Р. Переработка отходов производства и потребления с использованием их ресурсного потенциала // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-othodov-proizvodstva-i-potrebleniya-s-ispolzovaniem-ih-resurnogo-potentsiala>
4. The known unknowns of plastic pollution <https://www.economist.com/international/2018/03/03/the-known-unknowns-of-plastic-pollution>
5. Plastic pollution. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/plastic-pollution>
6. Khan M.I., Yasmeen T., Khan M.I., Farooq M., Wakeel M. Research progress in the development of natural gas as fuel for road vehicles: A bibliographic review (1991–2016) // Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 66, pp 702–741, 2016.
7. Makarova I. et al. Improving the system of warranty service of trucks in foreign markets // Transport Problems. 2015. Vol. 10 Iss. 1. P. 63–78
8. Makarova I., Khabibullin R., Belyaev E. et al. Improving the logistical processes in corporate service system // Transport Problems 2016. Vol. 11, Iss. 1. P. 5–18. DOI: 10.20858/tp.2016.11.1.1
9. Microplastics found in every marine mammal surveyed in UK study. <https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/31/microplastics-found-every-marine-mammal-uk-study>
10. Microplastics found in human stools for the first time. <https://www.theguardian.com/environment/2018/oct/22/microplastics-found-in-human-stools-for-the-first-time>
11. Daniel D. Chiras (2004). Environmental Science: Creating a Sustainable Future. Jones & Bartlett Learning. pp. 517–518. ISBN 0763735698. https://books.google.com.ua/books?id=nC7WQqqBwboC&pg=PA518&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
12. Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. ЮНЕП, 2016, Найроби / UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7720/MPDMP_RU.pdf?sequence=4&isAllowed=y
13. Production, use, and fate of all plastics ever made Roland Geyer, Jenna R, Jambeck and Kara Lavender Law See all authors and affiliations Science Advances 19 Jul 2017: Vol. 3, no. 7, e1700782 DOI: 10.1126/sciadv.1700782. <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>
14. Ситдикова А.А., Святова Н.В., Царева И.В. Анализ влияния выбросов автотранспорта в крупном промышленном городе на состояние загрязнения атмосферного воздуха // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19623>

15. *Makarova I., Gubacheva L., Shevchenko D., Andreev A.* Industry 4.0 in production and household waste processing. – Materials of «12th International Conference on Development in System Engineering (Technically Sponsored by IEEE)» 7–10 October 2019 at Kazan Federal University Kazan Russia.
16. *Makarova I., Gubacheva L., Shevchenko D., Andreev A., Andreev S.* Prospects for the development of green technologies for producing alternative energy resources // Materials of XV Russian- Chinese Symposium Advanced materials and Processes October 16–19 2019 Sochi.
17. Пат. 67440 Украина, МПК F23K 3/00 Пристрій для подачі твердого палива до установок для спалювання / Губачева Л.О., Андреев О.О., Шевченко Д.Ю. патентовласник Східно український національний університет імені Володимира Даля. – № 201107909. заявл. 23.06.2011. опубл. 27.02.2012. Бюл. № 4.
18. *Makarova I., Gubacheva L.D., Andreev S., Andreev A.* Alternative power resources in the motor vehicles supply // Materials Science and Engineering 786 (2020) 012074 Published: 2019. DOI: 10.1088/1757–899X/786/1/012074
19. Пат. 193761 Россия, МПК F23J 7/00 Устройство для термической переработки отходов / Макушин А.А., Мухаметдинов Э.М., Макарова И.В., Губачева Л.А., Андреев А.А., Масленников Е.А. патентообладатель Макушин А.А., Мухаметдинов Э.М. – № 2019107371. заявл. 13.03.2019. опубл. 13.11.2019. Бюл. № 32.
20. *Севастьянова С.Н.* Биоэнергетика. древесные (топливные) гранулы / С.Н. Севастьянова // ВЕСТНИК ОГУ. – 2009. – № 10 (104). С. 133–138

TECHNOLOGIES OF RATIONAL NATURE MANAGEMENT IN TRANSPORT

L.A. Gubacheva¹, D.Yu. Chizhevskaya¹, I.V. Makarova², A.A. Andreev¹¹Vladimir Dahl Lugansk National University, Lugansk²Kazan Federal University NaberezhnyeChelny, Russia

agubacheva_snu@bk.ru, bshevchenkodu@mail.ru, ckamivm@mail.ru, dtmtl_snu@mail.ru.

Abstract. In modern conditions, the problem of waste pollution of the earth bowels, the atmosphere, natural and artificial water areas is especially acute. Domestic wastes are incinerated or taken to a landfill, as a result, there is an environmental damage – the area of alienated land resources increases and the atmosphere is polluted. The negative impact of municipal solid waste (MSW) on the environment, leading to climate change, an increase in the greenhouse effect and an increase in the number of natural hazards, makes it necessary to search for solutions to reduce harmful emissions into the atmosphere, increase the energy efficiency of processes, in particular, in transport systems, due to fuel efficiency using. The most negative impact on the state of the air environment is exerted by emissions in the exhaust gases of internal combustion engines, including those using natural gas, nitrogen monoxides and dioxides as fuel. Reducing harmful emissions is possible, for example, by improving the technology for producing generator gas as an alternative fuel, which makes it possible to reduce the concentration of nitrogen oxides in any devices for burning up solid, liquid and gaseous fuels in internal combustion engines.

The article discusses the issues of waste generation and their impact on the environment, the technologies for rational use of natural resources in transport and methods for improving waste processing technologies are presented.

A new horizontal design of a combined automobile gas generator has been developed. It makes it possible to transfer the power supply from liquid motor fuel to generator gas produced from woodworking industry waste, agricultural waste, solid household and polyethylene-containing waste. This will reduce pollution of the world's oceans by slowly decomposing polyethylene, which are now acquiring the character of a disaster on a planetary scale.

An increase in the environmental level of gasoline engines and a decrease of the amount of waste during the operation of road transport will be achieved with the modernization of the waste processing plant to obtain energy carriers for transport. In its turn, it will make it possible to form a natural and technical system to ensure environmental safety and protect the natural environment.

Key words: pellets; polyethylene waste; waste processing technology; modernized automobile gas generator; upgraded gas generator plant; generator gas.

References

1. Luk'yanchikov N.N. Strategiya upravleniya prirodopol'zovaniem / N.N. Luk'yanchikov, A.A. Ulitin. – M.: E'l'zevir, 2005. – 184s. (In Russian)
2. Nikulin A.N. Issledovanie novy'x sposobov pererabotki otxodov rastitel'noj biomassy' v sel'skoxozyajstvennom proizvodstve // Zapiski Gornogo instituta. 2006. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-novyh-sposobov-pererabotki-othodov-rastitelnoy-biomassy-v-selskoxozyajstvennom-proizvodstve>. (In Russian)
3. Sagdeeva G.S., Patrakova G.R. Pererabotka otxodov proizvodstva i potrebleniya s ispol'zovaniem ix resursnogo potentsiala // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-othodov-proizvodstva-i-potrebleniya-s-ispolzovaniem-ih-resursnogo-potentsiala>(In Russian)
4. The known unknowns of plastic pollution <https://www.economist.com/international/2018/03/03/the-known-unknowns-of-plastic-pollution> (In English)
5. Plastic pollution. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/plastic-pollution> (In English)
6. Khan M.I., Yasmeen T., Khan M.I., Farooq M., Wakeel M. Research progress in the development of natural gas as fuel for road vehicles: A bibliographic review (1991–2016) // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. vol. 66. Pp. 702–741. (In English)
7. Makarova I. et al. Improving the system of warranty service of trucks in foreign markets // Transport Problems 2015. Vol. 10, Iss. 1. P. 63–78 (In English)
8. Makarova I., Khabibullin R., Belyaev E. et al. Improving the logistical processes in corporate service system // Transport Problems 2016. Vol. 11, Iss. 1. P. 5–18 DOI: 10.20858/tp.2016.11.1.1 (In English)
9. Microplastics found in every marine mammal surveyed in UK study. <https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/31/microplastics-found-every-marine-mammal-uk-study> (In English)
10. Microplastics found in human stools for the first time. <https://www.theguardian.com/environment/2018/oct/22/microplastics-found-in-human-stools-for-the-first-time> (In English)
11. Daniel D. Chiras (2004). Environmental Science: Creating a Sustainable Future. Jones & Bartlett Learning. pp. 517–518. ISBN 0763735698. https://books.google.com.ua/books?id=nC7WQqBwboC&pg=PA518&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (In English)

12. Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7720/MPDMP_RU.pdf?sequence=4&isAllowed=y. (In English)
13. Production, use, and fate of all plastics ever made Roland Geyer, Jenna R, Jambeck and Kara Lavender Law See all authors and affiliations Science Advances 19 Jul 2017: Vol. 3, no. 7, e1700782 DOI: 10.1126/sciadv.1700782. <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782> (In English)
14. *Sitdikova A.A., Svyatova N.V., Czareva I.V.* Analiz vliyaniya vy'brosov avtotransporta v krupnom promy' shlennom gorode na sostoyanie zagryazneniya atmosfernogo vozduxa // *Sovremennyy'e problemy' nauki obrazovaniya*. – 2015. – № 3. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19623> (In Russian)
15. *Makarova I., Gubacheva L., Shevchenko D., Andreev A.* Industry 4.0 in production and household waste processing // Materials of « 12th International Conference on Development in System Engineering (Technically Sponsored by IEEE)» 7–10 October 2019 at Kazan Federal University Kazan Russia. (In English)
16. *Makarova I., Gubacheva L., Shevchenko D., Andreev A., Andreev S.* Prospects for the development of green technologies for producing alternative energy resources // Materials of XV Russian- Chinese Symposium Advanced materials and Processes October 16–19 2019 Sochi. (In English)
17. Pat. 67440 Ukraina, MPK F23K 3/00 Pristrij dlya podachi tverdogo paliva do ustanovok dlya spalyvannya / Gubacheva L.O., Andreev O.O., Shevchenko D.Yu. patentovlasnik Sxidn oukraïns'kij nacjonal'nij universitet imeni Volodimira Dalya. – № 201107909; zayavl. 18.06.2011. opubl. 27.02.2012. Byul. № 4. (In Russian)
18. *Makarova I., Gubacheva L.D., Andreev S., Andreev A.* Alternative power resources in the motor vehicles supply // Materials Science and Engineering. 2019. 786 (2020) 012074 DOI: 10.1088/1757-899X/786/1/012074 (In English)
19. Pat. 193761 Rossiya, MPK F23J 7/00 Ustrojstvo dlya termicheskoy pererabotki otxodov / Makushin A.A., Muxametdinov E.M., Makarova I.V., Gubacheva L.A., Andreev A.A., Maslennikov E.A. patentoobladatel' Makushin A.A., Muxametdinov E.M. – № 2019107371. zayavl. 13.03.2019. opubl. 13.11.2019, Byul. № 32. (In Russian)
20. *Sevast'yanova S.N.* Bio'energetika. drevesny'e (toplivny'e) granuly' / S.N. Sevast'yanova // *VESTNIK OGU*. – 2009. – №10 (104). S. 133–138 (In Russian)