

Наиболее простой и доступной для работы и понимая происходящих процессов является технология FDM (Fused Deposition Modelling) - это самый распространенный метод 3-D печати, принцип заключается в послойном наложении расплавленного материала (филамента) на печатную платформу.

Следующие технологии, которые можно применить в образовательном процессе это SLA и DLP. Расшифровываются эти аббревиатуры как Stereolithography (стереолитография) и Digital Light Processing (цифровая обработка светом). Процесс печати по этим технологиям получил название полимеризация в емкости. Принцип работы этих технологий заключается в том, что фотополимерная смола, находящаяся в емкости, селективно полимеризуется источником света. [3]

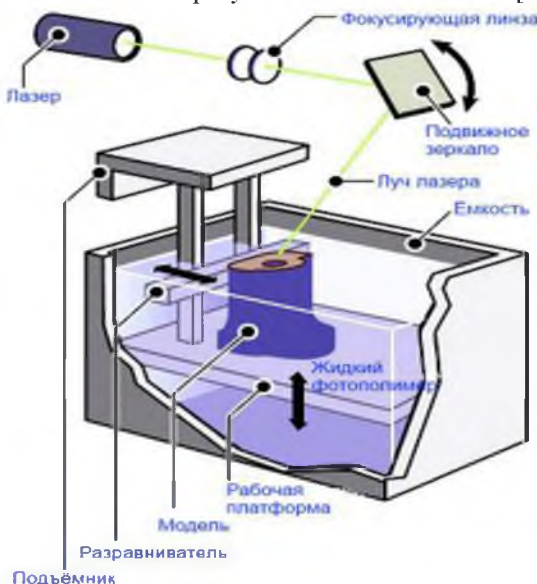


Рисунок 3 – SLA технология

Отличие SLA от DLP заключается в использовании разных источников света. SLA-принтеры используют координатный лазер, а DLP-принтеры используют ультрафиолетовый проектор для одномоментной засветки слоя.

Необходимость внедрения цифровизации и, в частности, 3-D технологий в учебную и научно-исследовательскую жизнь вузов очевиден, так как это внедрение поможет по-новому взглянуть на образовательный процесс, сформировать у курсантов и студентов новый подход к изучению традиционных технических дисциплин, в свете современных инноваций.

Литература

1. Инновации в системе высшего образования: сборник научных трудов. – Кинель: РИО Самарского ГАУ, 2020. – 344 с.
2. Аддитивные технологии: настоящее и будущее: материалы международной конференции (Москва, 8-9 октября 2020 г.), [Электронный ресурс] / ФГУП «ВИАМ». – М.: ВИАМ, 2020. – 216 с.
3. Внедрение аддитивных технологий в образовательные процессы. //Наукофера.– 202.–1№8(1)
4. Аддитивные технологии в образовании. [Электронный журнал] Современное образование: актуальные вопросы и инновации. Токарева Н. М, Генеральный директор ООО «3Д комплекс», г. Воронеж.
5. Коперчак О.П. Техническое обеспечение безопасности морских судов: практикум. –Новоросси́йск: РИО ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2021.

Referens:

1. Innovacii v sisteme vysshego obrazovaniya : sbornik nauchnyh trudov. – Kinel' : RIO Samarskogo GAU, 2020. – 344 s.
2. Additivnye tekhnologii: nastoyashchee i budushchee : materialy mezhdunarodnoj konferencii (g. Moskva, 8-9 oktyabrya 2020 g.), [Elektronnyj resurs] / FGUP «VIAM». – M. : VIAM, 2020. – 216 s. :
3. Vnedrenie additivnyh tekhnologij v obrazovatel'nye processy. Naukosfera. №8(1), 2021
4. Additivnie tekhnologii v obrazovanii. [Elektronnij jurnal] Sovremennoe obrazovanie_aktualnie voprosi i innovacii. Tokareva N. M_ Generalnii direktor ООО «3D kompleks»_ g. Voronej.
5. Tekhnicheskoe obespechenie bezopasnosti morskikh sudov. Praktikum. O.P. Koperchak .Novorossijsk: RIO GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2021. 3.9 p.1

УДК 621

DOI: 10.34046/aumsuomt101/25

УГЛЕРОДНО-НЕЙТРАЛЬНОЕ ТОПЛИВО. ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ (ВКЛЮЧАЯ МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ)

А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент

А.А. Иванченко, доктор технических наук, профессор

М.Р. Нейжмак, аспирант

Статья посвящена рассмотрению перспектив использования углеродно-нейтрального топлива в различных отраслях и сферах деятельности. Отдельное внимание уделено транспортному сектору, включая

морской транспорт. Также проанализированы возможности применения углеродно-нейтрального топлива в туризме, пищевой промышленности, сельском хозяйстве. Кроме того, в статье отражены результаты аналитических исследований основных технико-эксплуатационных показателей работы судового дизельного двигателя LDW 2204 M на дизельном биотопливе и его смесях с дизельным топливом. Полученные результаты позволили зафиксировать технологическую и экологическую эффективность биодизеля по сравнению с традиционным дизельным топливом, а также различными смесями.

Ключевые слова: углеродно-нейтральное топливо, декарбонизация, промышленность, транспорт, туризм, выбросы, парниковые газы.

CARBON-NEUTRAL FUEL. APPLICATION POSSIBILITIES IN VARIOUS INDUSTRIES (INCLUDING MARITIME TRANSPORT)

A.I. Epikhin, A.A. Ivanchenko, M. R. Neizhmak

The article is devoted to the consideration of the prospects for the use of carbon-neutral fuel in various industries and fields of activity. Special attention is paid to the transport sector, including maritime transport. The possibilities of using carbon-neutral fuels in tourism, food industry, agriculture are also analyzed. In addition, the article reflects the results of analytical studies of the main technical and operational indicators of the operation of the LDW 2204 M marine diesel engine running on diesel biofuel and its mixtures with diesel fuel. The results obtained made it possible to record the technological and environmental efficiency of biodiesel in comparison with traditional diesel fuel, as well as various mixtures.

Keywords: carbon neutral fuel, decarbonization, industry, transport, tourism, emissions, greenhouse gases.

Загрязнение окружающей среды в результате сжигания ископаемых видов топлива и «нефтяное рабство» современного общества приводят к поискам человечеством альтернативных видов получения энергии. Сегодня многочисленные компании ищут топливо будущего. Всех их объединяет один вопрос: возможно ли сократить огромные выбросы CO₂, производимые различными отраслями промышленности, с помощью технологических инноваций в дополнение к электронной мобильности (см. рис. 1).

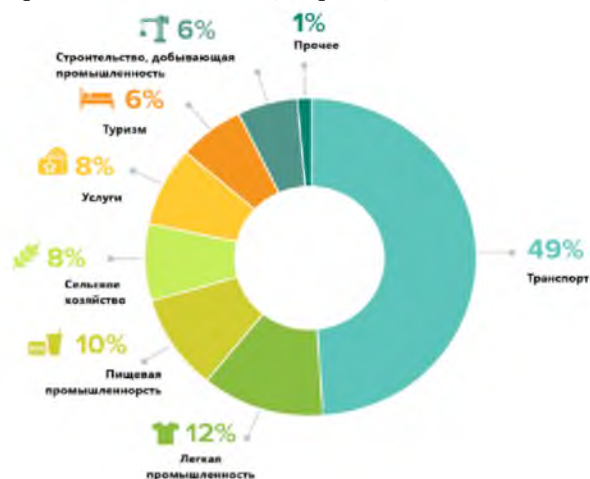


Рисунок 1 – Карбоновый след от разных отраслей промышленности [1]

Со времени принятия Парижского соглашения 2015 года, наряду с ростом осведомленности в вопросах изменения климата и давлением гражданского общества, «углеродная нейтральность» приобретает все большее значение в общественном обсуждении как среди потребителей, так и производителей. Парижское соглашение определило цель «достичь баланса между антропогенными выбросами и абсорбцией парниковых газов во второй половине XXI столетия» (статья

4.1) (UNFCCC, 2015) для того, чтобы «сдержать рост глобальной средней температуры ниже 2°C» (статья 2.1.а). Для содействия общей цели в рамках своих «долгосрочных стратегий по сокращению выбросов парниковых газов» некоторые страны установили цели «углеродной нейтральности» (статья 14.9) [2]. Кроме этого, все больше компаний предлагают «климатически или углеродно-нейтральные продукты», начиная от услуг по организации отдыха в формате «все включено», и заканчивая курьерской доставкой и перелетами с использованием всех видов транспорта.

В контексте обозначенных тенденций и инициатив в последнее время появилось множество проектов, направленных на создание конкуренции нефтепродуктам, и самую высокую популярность среди них получило так называемое углеродно-нейтральное топливо. Этот вид топлива не увеличивает объем оксида углерода в атмосфере при сгорании. Некоторые из углеродно-нейтральных видов топлива включают водородные элементы, биодизель, биоэтанол, биобутанол, метанол и водоросли. Компании, работающие на мировом рынке углеродно-нейтрального топлива, делают акцент на производстве топлива путем улавливания углекислого газа, присутствующего в атмосфере, и его объединения с водородом.

Таким образом, перспективы использования углеродно-нейтрального топлива для решения неотложных проблем удовлетворения запросов потребителей в энергетических ресурсах, запасы которых постоянно уменьшаются, а потребность постоянно растет, обуславливают актуальность данного исследования и его научно-практическую значимость.

Вопросы внедрения и использования альтернативных источников энергии исследовали в

своих научных трудах такие ведущие ученые, как Hossain, Nazia; Hasan, M.H.; Mahlia, T.M.I.; Shamsuddin, A.H.; Синха П., Гаурав К., Рой Ш.

Ключевые аспекты, связанные с финансированием, строительством и эксплуатацией объектов для производства углеродно-нейтрального топлива рассматриваются Li, Runzhao; Herreros, Jose Martin; Tsolakis, Athanasios; Yang, Wenzhao; Шипкова О.Т., Вдовенко З.В., Алиевым Р.А., Захарчевой К.С.

Проблемные вопросы перехода на углеродно-нейтральное топливо в различных отраслях промышленности детально исследуются в работах Януша О.Б., Мастепанова А.М., Миллера А.Е., Liu, Jianting; Wei, Liling; Wang, Huiqiang.

Несмотря на актуальность изучаемой проблематики, а также значительное количество научных работ, в которых раскрываются ее отдельные аспекты, остается еще ряд нерешенных вопросов, требующих отдельного внимания и более углубленной проработки.

Так, в частности, открытыми остаются проблемы экономического обоснования производства и внедрения углеродно-нейтрального топлива в отдельных производствах и сферах деятельности, особенно это касается сферы услуг. Фрагментарными и не системными являются исследования возможности использования углеродно-нейтрального топлива в качестве накопителя электроэнергии.

Итак, принимая во внимание вышеизложенное, цель статьи заключается в изучении возможности использования углеродно-нейтрального топлива в различных отраслях промышленности (включая морской транспорт).

Вызовы реальной декарбонизации в настоящее время очень сильно отличаются в зависимости от страны, отрасли и конкретной компании. Некоторые государства богаты на возобновляемые ресурсы энергии, новейшие технологии, имеют значительные запасы капитала и не полагаются на тяжелую промышленность - другие в большей степени зависят от ископаемого топлива, располагают меньшими финансовыми возможно-

стями и нуждаются в помощи для проведения декарбонизации.

Рассмотрим более подробно основные сектора, которые являются первыми претендентами на переход к углеродно-нейтральному топливу.

Транспортный сектор. Проводимые на сегодняшний день исследования свидетельствуют о том, что углеродно-нейтральное топливо может использоваться в транспортных средствах либо в качестве добавки к бензину и дизельному топливу, либо в качестве полной замены. Фактически, транспорт, работающий на чистом углеродно-нейтральном топливе, потенциально может приводиться в действие почти безвредным для климата способом, поскольку он выделяет ровно столько CO_2 , сколько ранее поступало из атмосферы в процессе производства - замкнутый цикл без увеличения в уровнях углекислого газа [3]. Можно отметить еще одно преимущество углеродно-нейтрального топлива для транспортных систем, которое заключается в том, что его можно легко хранить, транспортировать и распространять в существующей инфраструктуре.

Углеродно-нейтральное топливо с нулевым выбросом углерода находит применение во многих областях транспортной сферы: железнодорожный транспорт, водный транспорт, трубопроводный транспорт, автомобильный транспорт, воздушный транспорт, промышленный транспорт, общественный транспорт. Экологические правила, установленные Европейской комиссией и Агентством по охране окружающей среды США для сокращения выбросов углерода в транспортном секторе, вероятно, будут стимулировать спрос на углеродно-нейтральное топливо в ближайшем будущем. Кроме того, согласно отчетам ОПЕК, ожидается, что к 2040 году нефть и газ в совокупности продолжат удовлетворять не более половины мирового спроса на энергию, что также, способно внести существенный вклад в рост рынка.

На рис. 2 представлена структура рынка углеродно-нейтрального топлива в 2030 году по видам транспорта.

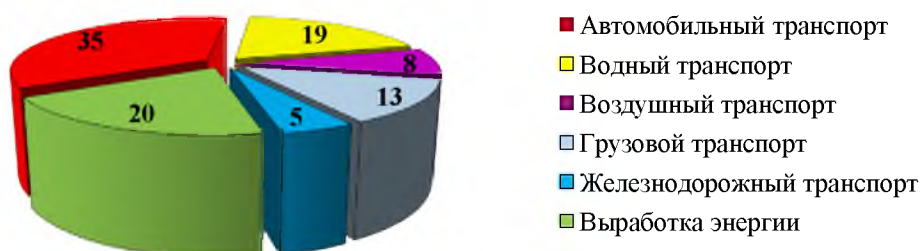


Рисунок 2 – Доля мирового рынка углеродно-нейтрального топлива по секторам, % [4]

Автомобильный транспорт

В настоящее время к примеру компания Porsche проводит обширные исследования в области промышленного производства и использования углеродно-нейтрального топлива и недавно запустила пилотный проект совместно с Siemens

Energy и другими партнерами: проект «Hazu Oni» - это первый в мире интегрированный коммерческий завод по производству углеродно-нейтрального топлива в промышленных масштабах (e-fuel).

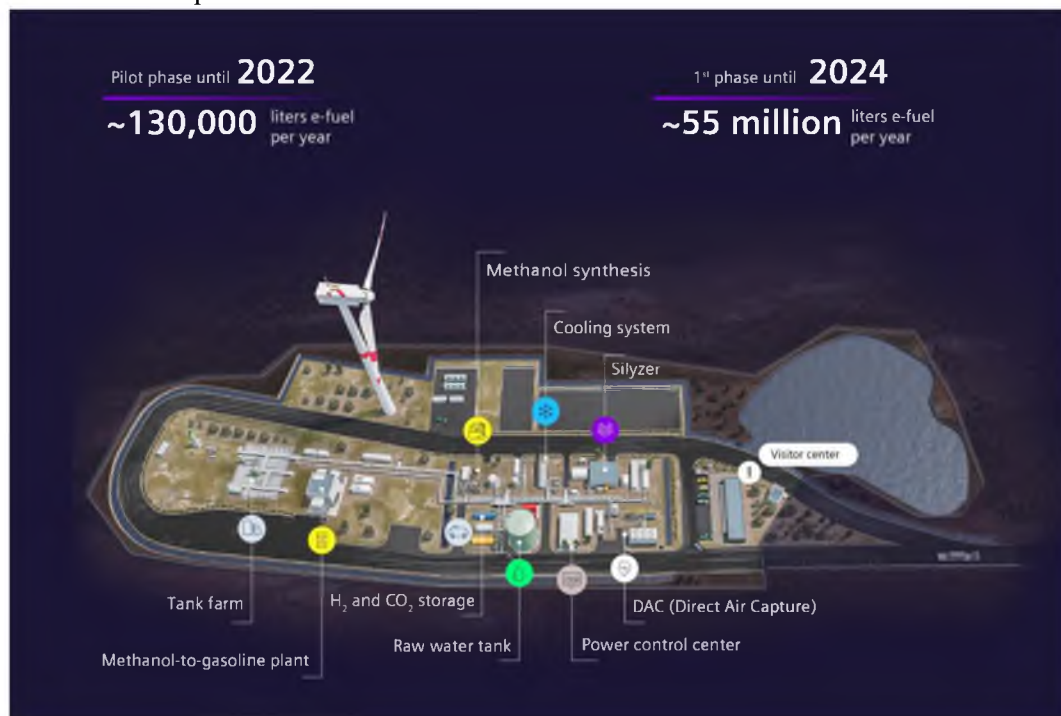


Рисунок 3 – Проект Hazu Oni по производству углеродно-нейтрального топлива [8]

Цель проекта Hazu Oni – использовать сильные ветры Чили в регионе Магальянес для производства климатически нейтрального топлива. Благодаря отличным ветровым условиям и, как следствие, низкой стоимости электроэнергии, Чили имеет очень высокий потенциал для производства, экспорта и местного использования зеленого водорода на фоне мировых аналогов.

Проект Хазу Они демонстрирует широкий спектр инновационных технологий, влияющих на климат, расположенных в одном месте.

Синтетическое топливо производится из воды, энергии ветра и CO_2 , улавливаемого из воздуха. Это жидкий энергоноситель, который выделяет примерно на 90% меньше CO_2 , чем ископаемый аналог. В случае использования e-fuel совместно с существующей инфраструктурой и технологиями использования ископаемого жидкого топлива.

Планируется, что его годовая производственная мощность в 2022 г. составит примерно 130 000 л., а к 2026 увеличится до 550 млн. л., что является эквивалентом топлива, достаточного для питания одного миллиона автомобилей в течение одного года.

Морской транспорт

Судоходство ответственно за 3,1% ежегодных глобальных выбросов CO_2 и является одним из основных загрязнителей воздуха, поскольку для экономической выгоды использует наиболее дешевые сорта топлива - побочный продукт нефтепереработки, который делает судоходство дешевым для большинства глобальных грузов, но критически вредным для окружающей среды [5].

Одним из вариантов сокращения выбросов CO_2 является использование аккумуляторов энергии, но это может быть удобным и эффективным вариантом лишь для коротких морских перевозок, но не для длительных рейсов.

Датский судоходный гигант Maersk объявил, что к 2023 г. будет эксплуатировать первое в мире грузовое судно с использованием углеродно-нейтрального топлива. Компания обещала создать контейнеровоз с нейтральным уровнем выбросов углерода к 2030 г., но теперь заявляет, что представит судно на семь лет раньше запланированного срока. Оно будет способно перевозить 2 тысячи 20-футовых контейнеров и будет работать на «углеродно-нейтральном метаноле». Согласно ряду отчетов, контейнеровоз будет сто-

ить 175 млн. дол., в дальнейшем компания планирует запустить еще 7 аналогичных судов, которые в совокупности смогут перевозить около 16 000 контейнеров [9].

Суда будут оснащены двухтопливными двигателями, что увеличивает затраты на их изготовление. Дополнительные капитальные расходы на двухтопливную установку, которая будет работать как на метаноле, так и на обычном топливе с низким содержанием серы, составят 10-15% от общей стоимости [6].

Для обоснования эффективности и целесообразности с технологической, экологической и экономических точек зрения перехода морского транспорта на использование углеродно-нейтрального топлива проведем аналитические расчеты технико-эксплуатационных показателей работы судового двигателя марки LDW 2204 M. В качестве примера рассмотрим работу на обычном дизельном топливе, дизельном биотопливе и смеси дизельного топлива с 25% и 75% биодизеля.

Состав топлива и его смесей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание элементов в дизельном топливе, дизельном биотопливе и их смесях

Тип топлива	Дизельное топливо	Дизельное топливо + 25% биотоплива	Дизельное топливо + 75% биотоплива	Дизельное биотопливо
C, %	87	84,675	80,025	77,3
H, %	12,6	12,525	12,375	12,3
O, %	0,4	2,8	7,6	10

Как известно, для сгорания топлива необходимо определенное теоретическое количество воздуха, которое зависит от элементарного химического состава топлива. Для процесса горения используется кислород, содержание которого в воздухе составляет 23,2% масс. Для жидкого топлива количество кислорода определяется по формуле:

$$L_0 = (2,67C + 8H + S - O) / 23,2, \text{ кг}_{\text{воз.}}/\text{кг}_{\text{топ}}$$

где C, H, S, O – содержание в топливе соответствующих элементов, % масс.

С учетом плотности воздуха:

$$L_0' = L_0 / \rho_0, \text{ м}^3/\text{кг}$$

При работе дизельного двигателя в цилиндры попадает большее количество воздуха, чем теоретически необходимо, что оценивается коэффициентом избытка воздуха.

Коэффициент избытка воздуха α – отношение действительного количества воздуха, попавшего в цилиндры двигателя, к теоретически необходимому количеству рассчитывается следующим образом:

$$\alpha = \frac{L_d}{L_0}$$

Чтобы определить теплоту сгорания по формулам, необходимо знать элементарный состав топлива, а это в повседневной производственной практике не всегда возможно. Поэтому теплоту сгорания топлива чаще определяют опытным способом. Низшая теплота сгорания и теоретическое количество воздуха для различных типов топлива приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Низшая теплота сгорания и теоретическое количество воздуха различных типов топлива

Тип топлива	Дизельное топливо	Дизельное топливо + 25% биотоплива	Дизельное топливо + 75% биотоплива	Дизельное биотопливо
$L_0, \text{ кг}_{\text{воз.}}/\text{кг}_{\text{топ}}$	14,452	14,052	13,252	12,852
Разница, %	-	2,8	8,3	11,1
Низшая теплота сгорания $Q_n, \text{ кДж} / \text{кг}$	42437,4	41310,375	39056,325	37929,3
Разница $\Delta Q_n, \%$	-	2,7	8,0	10,6

Как видно из аналитических расчетов, энергетические свойства жидкого биотоплива и его смесей отличаются от традиционного ДТ: температура сгорания ниже; содержание кислорода в биодизеле позволяет снизить подачу воздуха за счет более высокого содержания кислорода в топливе.

Основными технико-эксплуатационными показателями двигателей является эффективная мощность N_e , крутящий момент M_k , удельный эффективный расход топлива g_e и часовой расход

топлива G_m . Эффективная мощность — это мощность двигателя, отдаваемая рабочей машине непосредственно или через силовую передачу. Она определяется следующим образом:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i}{30\tau}, \text{ кВт}$$

где P_e - эффективное давление в цилиндре двигателя, Па;

V_h - рабочий объем двигателя, м³;

n - обороты коленчатого вала двигателя, мин⁻¹;

i - количество цилиндров;

τ - тактность двигателя.

Крутящий момент двигателя:

$$M_k = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot N_e}{\tau \cdot n}, \text{ Нм}$$

Удельный эффективный расход топлива:

$$g_e = \frac{3600}{Q_h \cdot \eta_e} \text{ 1 Кв} \cdot \text{ч}$$

где η_e - эффективный КПД двигателя.

Часовой расход топлива:

$$G_T = N_e \cdot g_e, \text{ кг/час}$$

В результате аналитических исследований получены значения изменения мощности двигателя N_e , крутящего момента M_k , удельного эффективного расхода топлива g_e , часового расхода топлива G_T от частоты вращения коленчатого вала двигателя n . Результаты аналитических расчетов технико-эксплуатационных показателей двигателя LDW 2204 М представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Техничко-эксплуатационные показатели двигателя LDW 2204 М при работе на биотопливе и его смесях с дизельным топливом

Тип топлива	Обороты коленчатого вала, об / мин	Мощность, кВт	Крутящий момент, Нм	Удельный расход топлива, г / (кВт ч)	Часовой расход топлива, кг / ч
Дизельное топливо	800	9,673	115,459	279,902	2,707
	900	10,977	116,472	271,007	2,975
	1000	12,239	116,879	263,744	3,228
	1100	13,440	116,678	258,114	3,469
	1200	14,541	115,871	254,115	3,700
	1300	15,582	114,458	251,748	3,923
	1400	16,484	112,437	251,014	4,138
	1500	17,249	109,810	251,912	4,345
	1600	17,857	106,576	254,441	4,544
	1700	18,289	102,736	258,603	4,730
Дизельное топливо + 25% биодизеля	800	9,685	115,606	287,503	2,784
	900	10,991	116,62	278,367	3,06
	1000	12,255	117,027	270,907	3,32
	1100	13,457	116,827	265,123	3,568
	1200	14,579	116,019	261,016	3,805
	1300	15,602	114,603	258,585	4,034
	1400	16,505	112,58	257,831	4,256
	1500	17,271	109,95	258,753	4,469
	1600	17,88	106,712	261,352	4,673
	1700	18,313	102,867	265,626	4,864
Дизельное топливо + 75% биодизеля	800	9,712	115,927	304,014	2,953
	900	11,022	116,945	294,353	3,244
	1000	12,289	117,353	286,464	3,52
	1100	13,459	117,152	280,349	3,783
	1200	14,62	116,342	276,006	4,035
	1300	15,645	114,922	273,435	4,278
	1400	16,551	112,894	272,637	4,512
	1500	17,319	110,256	273,435	4,739
	1600	17,93	107,009	273,637	4,955
	1700	18,364	103,153	273,612	5,158
Биодизельное топливо	800	9,727	116,104	280,88	3,044
	900	11,039	117,122	287,173	3,345
	1000	12,308	117,531	313,00	3,630
	1100	13,515	117,330	303,053	3,901
	1200	14,642	116,518	294,941	4,161
	1300	15,669	116,097	288,635	4,411
	1400	16,576	113,065	284,164	4,653
	1500	17,345	110,424	281,517	4,886
	1600	17,957	107,172	280,696	5,109
	1700	18,392	103,310	281,700	5,319
	1800	18,630	98,838	284,529	5,505

Аналитические расчеты показывают, что использование чистого биодизельного топлива и его смесей с дизельным топливом существенно не

влияют на мощность и крутящий момент, развиваемый двигателем, однако переход на биотоп-

ливо и его смеси приведет к росту часового расхода топлива примерно на 12,5% и соответственно удельного эффективного расхода топлива. С другой стороны, использование биодизельного топлива позволяет значительно сократить содержание вредных веществ в отработанных газах: серы - на 98%, сажи - от 50 до 61%, гидрокарбонатов - и углекислых монооксидов - на 30-34%. Межремонтный интервал при этом возрастает на 50%.

Индустрия туризма

На туризм приходится примерно 8% мировых выбросов углерода. Начиная от полетов на самолете и катания на лодке до сувениров и проживания - различные виды деятельности способствуют созданию углеродного следа от туристической деятельности. О переходе транспорта на углеродно-нейтральное топливо было уже отмечено ранее, поэтому обратим внимание на вторую по значимости сферу применения экологически чистого топлива в туризме – жилье.

Во многих жилых помещениях используется система отопления и кондиционирования воздуха, чтобы поддерживать в комнатах комфортную температуру. Эти энергоемкие системы создают выбросы CO₂, как и водонагреватели, используемые для подогрева душа, бассейнов и СПА. Это обусловлено тем, что в подавляющем большинстве сама электроэнергия вырабатывается энергетическими установками, работающими на традиционных видах топлива. Электроэнергия, которая необходима для питания освещения, телевизоров, холодильников, стиральных машин и другого оборудования, вносит большой вклад в загрязнение воздуха, особенно в районах с устаревшими или неэффективными системами (см. рис. 4).

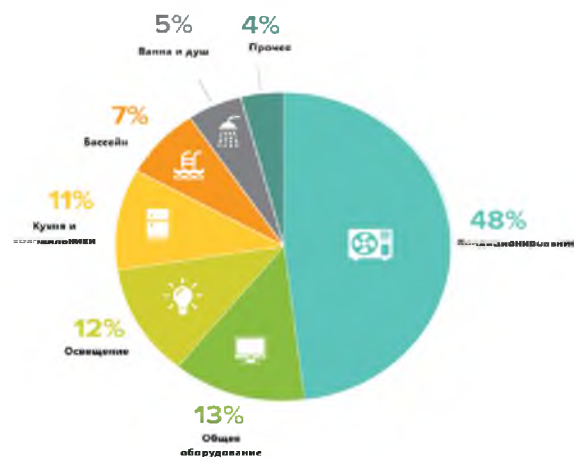


Рисунок 4 – Структура расходов энергии в отелях, % [7]

С учетом возможностей углеродно-нейтрального топлива основными сферами его

применения в индустрии гостеприимства и путешествий являются следующие: освещение, отопление, охлаждение, приготовления пищи и другие конечные цели; локализация цепочек поставок; повторное использование перерабатываемых продуктов.

Пищевая промышленность

Пищевая промышленность является одной из крупнейших процветающих отраслей во всем мире, которая обеспечивает средства к существованию миллионам людей. Обработка пищевых продуктов является энергоемким процессом и часто оказывает влияние на окружающую среду, которое остается не выявленным и, следовательно, не определяется количественно. Пищевая промышленность включает в себя как организованный, так и неорганизованный сектор с различными уровнями потребности в энергии, и поэтому «углеродные следы» также значительно различаются. Более высокое потребление энергии часто связано с более высокими выбросами парниковых газов, которые ответственны за глобальное потепление и изменение климата. Углеродный след пищевой промышленности обусловлен переработкой и доставкой пищевых продуктов потребителю, а также утилизацией упаковки.

Варианты декарбонизации производства продуктов питания и напитков, а также использования углеродно-нейтрального топлива разнообразны и включают в себя автоматизацию и оптимизацию процессов; тепловое управление и рекуперацию тепла; распространение возобновляемых источников энергии; внедрение более экологичной упаковки. Можно отметить несколько ключевых сфер перспективного применения углеродно-нейтрального топлива в пищевой промышленности:

- улучшение землепользования, точного земледелия и более децентрализованного и распределенного производства продуктов питания;
- децентрализация пищевых цепочек и использование распределенных форм с/х или поставок продовольствия. Производство продуктов питания ближе к месту их потребления, что не только сводит к минимуму энергию, необходимую для их транспортировки и доставки, но также может снизить требования к их хранению и охлаждению;
- усовершенствование систем управления энергопотреблением и методов их технического обслуживания, например, предотвращение простаивающего оборудования, улучшение планирования производства, а также правильное определение

размеров и мер технического обслуживания двигателей или паровых сетей.

Таким образом, подводя итоги проведенного исследования, можно сделать следующие выводы.

Использование углеродно-нейтрального топлива имеет большое значение, учитывая дальнейшую судьбу человечества и планеты в целом. Траектория пути к углеродной нейтральности имеет огромные последствия для климата. Значительные перспективы использования углеродно-нейтрального топлива имеет в таких сферах как транспорт, туризм, пищевая промышленность и сельское хозяйство, энергетика и логистика, строительство. Расширение декарбонизации в обозначенных, а также связанных с ними отраслях, позволит достичь значительного сокращения энергопотребления, финансовой экономии с довольно быстрой окупаемостью, а также получить множество сопутствующих экологических выгод.

Литература:

1. Our Carbon Footprint / Carol Sutters, William Fong. Bloomington, Indiana: AuthorHouse UK, 2021. 34 p.
2. The Paris Agreement URL: [https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-](https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement)

agreement

3. Carbon footprints: case studies from the energy and transport sectors / Subramanian Senthilkannan Muthu, editor. Singapore: Springer, 2019. 265 p.
4. Advanced alternative fuels: technology development report 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020. 198 p.
5. Xing, Hui Alternative fuel options for low carbon maritime transportation: Pathways to 2050 // Journal of cleaner production. 2021. Volume 297; pp 15-28.
6. ben Brahim, Till Pathways to climate-neutral shipping: A Danish case study // Energy: the international journal. 2019. Volume 188; pp 109-117.
7. He, Jianbo On Low-carbon and Its Realization in Tourism // IOP conference series. Earth and environmental science. 2021. Volume 632: Issue 5; pp 89-94.
8. <https://www.siemens-energy.com/global/en/news/magazine/2021/haruni.html>
9. <https://portnews.ru/news/317611/>
10. Epikhin A.I., Kondratiev S.I., Hekert E.V. Application of neural networks based on a multilayer perceptron using fuzzy logic for the technical diagnosis of ship technical means//Operation of sea transport. 2020. No. 3 (96). pp. 111-119.

УДК 629.54

DOI: 10.34046/aumsuomt101/26

ПРИМЕНЕНИЕ ИОННОГЕННЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЛЬЯЛЬНЫХ ВОД

*И.Г. Берёза, доктор технических наук, профессор
Е.И. Шацкова, аспирант*

В статье приведены результаты исследования по применению ионногенных флокулянтов Praestol 852, Praestol 853 и Praestol 2540, которые используются для интенсификации процесса флотационной очистки льяльных вод. Использование данных флокулянтов позволяет избежать негативных последствий, связанных с применением минеральных коагулянтов. На опытном экспериментальном оборудовании методом пробного коагулирования установлено, что наибольшую эффективность очистки обеспечивает катионный флокулянт Praestol 853, определена его доза, при которой достигаются наилучшие результаты очистки. Также проведено исследование дисперсного состава загрязнений до и после введения флокулянта Praestol 853 и сделан вывод о том, что выбранный флокулянт полностью извлекает средне- и грубодисперсные нефтяные частицы.

Ключевые слова: реагентная обработка, льяльные воды, флокулянты, дисперсность загрязнений

APPLICATION OF IONOGENIC FLOCCULANTS FOR INTENSIFICATION OF BILGE WATER TREATMENT PROCESS

I. G. Beryoza, E. I. Shatckova

The article presents the results of a study on the use of the ionogenic flocculants Praestol 852, Praestol 853 and Praestol 2540, which are used for intensification of bilge water flotation treatment process, is considered in the article. The use of these flocculants makes it possible to avoid the negative consequences associated with the use of mineral coagulants. On experimental equipment by the test coagulation method, it was found that the cationic flocculant Praestol 853 provides the greatest purification efficiency, its dose is determined, at which the best purification results are achieved. Also the study of disperse composition of pollution before and after introduction of flocculant Praestol 853 was conducted and the conclusion was made that the selected flocculant fully extracts medium- and coarse-dispersed oil particles.

Key words: reagent treatment, bilge water, flocculants, dispersion of pollutants.