

**ПРОИЗВОДСТВО ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА****Мардиев Умид Комилжон угли**

Ассистент Джизакский политехнический институт

**Маматкулов Муроджон Одил угли**

Ассистент Джизакский политехнический институт

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7179666>

**Аннотация.** В настоящее время реализуются многочисленные проекты, поскольку спрос на экологически чистое топливо повышает интерес к ДМЭ, получаемое из возобновляемых материалов в развитых странах. Может использоваться в качестве топлива в бензиновых двигателях, газовых турбинах и дизельных двигателях. Своим чистым свойствам горения, это перспективный чистый возобновляемый материал для будущего.

**Ключевые слова:** ДМЭ, метан, газ, биотопливо, синтетическое топливо.

**PRODUCTION OF DIMETHYL ETHER**

**Abstract.** Numerous projects are underway as the demand for cleaner fuels increases interest in renewable DME in developed countries. Can be used as a fuel in gasoline engines, gas turbines and diesel engines. With its clean burning properties, it is a promising clean renewable material for the future.

**Keywords:** DME, methane, gas, biofuels, synthetic fuel.

**ВВЕДЕНИЕ**

Будущий спрос на энергию, особенно в Тихоокеанском и Азиатском регионах, будет огромным. Поэтому ограниченное энергоснабжение, а также проблема окружающей среды, вызванная потреблением топлива, будут существенными препятствиями для осуществления постоянного экономического роста в этих регионах. Диметиловый эфир станет решением для надежного энергоснабжения и сохранения окружающей среды.

Диметиловый эфир представляет собой бесцветный газ при температуре окружающей среды и легко сжижается под высоким давлением. Поскольку его физические и химические характеристики очень похожи на характеристики сжиженного нефтяного газа, он может легко заменить сжиженный нефтяной газ. Он также является чистой заменой моторного топлива, поскольку транспортное средство, работающее на ДМЭ, не выделяет ни сажи, ни токсичных газов.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Во время нефтяного эмбарго ОПЕК (организация стран-экспортеров нефти) с середины 1970-х до начала 1980-х годов высокие цены на нефть подтолкнули к разработке альтернатив топливам, полученным из сырой нефти. До этого времени промышленное значение имели только два процесса синтеза топлива. Первым был процесс Бергиуса, в котором для производства синтетической сырой нефти использовалась масляно-угольная суспензия и железный катализатор. Вторым был процесс Фишера-Тропша, который производил углеводороды из угля. Оба этих процесса давали углеводороды низкой селективности и плохого качества. Эта проблема была преодолена с помощью процесса конверсии метанола Mobils из метанола в бензин (МБ) на высокоселективном цеолитном катализаторе. Процесс МБ позволяет синтезировать высококачественный бензин с высоким октановым числом без необходимости дорогостоящей постпроизводственной

обработки. Если цены на нефть останутся высокими, МБ может стать конкурентоспособным методом производства бензина.

Процесс МБ был случайно открыт исследователями Mobil Corporation. Они пытались использовать цеолит ZSM-5 для превращения метанола в добавку к топливу. Вместо этого в процессе производился диметиловый эфир, который с увеличением времени производства затем производил олефины (алкены) и, наконец, парафины (алканы) и ароматические соединения. Эта смесь парафинов и ароматических углеводородов широко известна как бензин. Чанг и другие исследователи из Mobil Corporation, начиная с середины 1970-х годов, активно изучали МБ. Она достигла своего коммерческого апогея в начале 1980-х годов, когда планировалось построить завод производительностью 14 000 баррелей в день (продукт бензина) New Zealand (Meyers, 1984). Однако, когда в середине 1980-х годов цены на нефть снова упали, МТГ уже не был столь экономичным и не использовался в значительных масштабах с тех пор, как ученые из Института нефтехимического синтеза им. Гопчиева РАН завоевали Золотую медаль и бонусный грант. на 49-й Всемирной выставке изобретений, исследований и промышленных инноваций («Эврика») в Брюсселе за работу «Синтез диметилового эфира». Вечная мечта нескольких поколений химиков наконец-то сбылась. Московские ученые придумали, как производить моторное топливо не из нефти, а из нефтяного газа.

#### **Химические свойства:**

Диметиловый эфир может разлагаться на метан, этан, формальдегид, диоксид углерода или монооксид углерода в зависимости от условий реакции и используемых катализаторов. Он также может действовать как метилирующий агент, поскольку он реагирует с бензолом с образованием толуола, ксилола и полиметилированного бензола при катализе силиката алюминия. Диметиловый эфир реагирует с монооксидом углерода и диоксидом углерода с образованием уксусной кислоты/ацетата и метоксиуксусной кислоты соответственно. Реагирует с HCN с образованием ацетонитрила. Образует комплекс с трифторидом бора.  $(\text{CH}_3)_2\text{O} \cdot \text{BF}_3$ .

#### **Положение в Азии:**

Диметиловый эфир используется в качестве аэрозольного пропеллента, пенообразователя, растворителя, в качестве экстрагента и т. д. Диметиловый эфир нашел коммерческое применение в качестве хладагента. Легко сжижается и обладает хорошим охлаждающим эффектом.

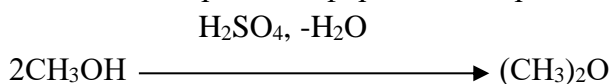
В Азии, к сожалению, он используется только в качестве анестетика в небольших масштабах. Он полностью импортируется из-за рубежа, что дорого, потому что у нас нет завода по производству ДМЭ.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ**

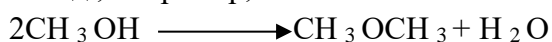
##### **Общие методы производство:**

##### **А. От алкоголя:**

Диметиловый эфир можно получить из метиловых спиртов в кислой среде, т. е. нагреванием избытка спирта с конц. серная кислота или ледяная фосфорная кислота при низкой темп. От двух молекул спирта отщепляется одна молекула воды - отсюда и причина отнесения простых эфиров к ангидридам спиртов:

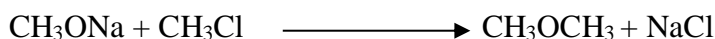


Дегидратацию спиртов до эфира также можно проводить путем пропускания паров спирта над нагретым катализатором, таким как оксид алюминия, фосфат алюминия, цеолит и т. д., например,

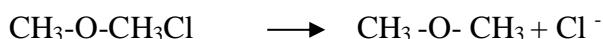
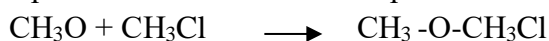


### В. Синтез Вильямсона:

В этом методе алкоксид натрия или калия нагревают с алкилгалогенидом, например, метоксид натрия реагирует с метилгалогенидом с образованием метилового эфира.

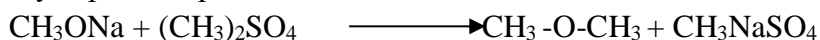


Предлагаемый механизм определяется следующим образом



Также вместо соответствующего алкилгалогенида можно использовать метильную или этильную группу, метилэтилсульфат соответственно, например,

Метоксид натрия реагирует с диметилсульфатом с образованием метилового эфира и метилсульфата натрия.



Промышленная подготовка:

В настоящее время ДМЭ производится с использованием двух процессов: синтеза метанола и процесса дегидратации метанола. Чтобы использовать ДМЭ в качестве топлива, его необходимо производить с большими затратами в больших количествах. Почти 10000 тонн в год производятся в ЯПОНИИ и 150000 тонн в год по всему миру.

### Прямой синтез дмэ из водорода и окиси углерода:

Прямой синтез ДМЭ осуществляется с помощью водорода и монооксида углерода с использованием угля в качестве сырья.

В табл. 2 приведены реакции, связанные с прямым синтезом ДМЭ, и их теплота реакции. Существуют в основном два общих пути реакции, при которых ДМЭ синтезируется из синтез-газа: (синтез-газ: газообразный  $\text{H}_2 + \text{CO}$ ), реакция (а) и (б). Реакция (а) синтезирует ДМЭ в три этапа, которые представляют собой реакцию синтеза метанола (в)

Реакция дегидратации (г) и

Реакция конверсии водяного газа (е).

Когда реакция сдвига не происходит, реакции (с) и (д) объединяются с реакцией (б), которая представляет собой другой путь синтеза ДМЭ. Haldor Top-soe A/S и некоторые другие прямые синтезы ДМЭ следуют реакции (б).

Таблица 2 .

Синтез ДМЭ Реакция	Формулы реакции относительно	Реакция (тепло кДж/моль)
(а) $3\text{CO} + 3\text{H}_2$	$\longrightarrow \text{CH}_3\text{-O-CH}_3 + \text{CO}_2$	-246
(б) $2\text{CO} + 4\text{H}_2$	$\longrightarrow \text{CH}_3\text{-O-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-205
(с) $\text{ICO} + 4\text{H}_2$	$\longrightarrow 2\text{CH}_3\text{OH}$	-182
(д) $2\text{CH}_3\text{OH}$	$\longrightarrow \text{CH}_3\text{-O-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-23
(е) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	$\longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$	-41

Поскольку обе реакции (а) и (b) генерируют две молекулы продуктов из шести молекул синтез-газа, более высокое давление реакции обеспечивает более высокую конверсию синтез-газа.

#### **Процесс прямого синтеза ДМЭ JFE:**

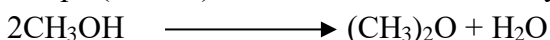
JFE (Japan Future Enterprise) занимается прямым синтезом ДМЭ из природного газа. Процесс состоит в основном из трех секций: подготовки синтез-газа (автотермический риформинг), синтеза ДМЭ (шламовый реактор) и разделения/очистки (CO<sub>2</sub>, ДМЭ, дистилляционные колонны метанола).

Природный газ преобразуется в синтез-газ с O<sub>2</sub> (пар) и побочным продуктом CO<sub>2</sub> в установке автотермического риформинга (АТР). Синтез-газ компримируется и подается в шламовый реактор ДМЭ. Выходящий поток из реактора представляет собой ДМЭ, побочный продукт CO<sub>2</sub>, небольшое количество метанола и непрореагировавший синтез-газ. ДМЭ и другие побочные продукты охлаждают и отделяют в виде жидкости от непрореагировавшего газа. В этом разделении ДМЭ работает как растворитель для удаления CO<sub>2</sub> из непрореагировавшего синтез-газа, который возвращается в реактор. ДМЭ и другие побочные продукты подают в ректификационные колонны. ДМЭ и метанол очищают. CO<sub>2</sub> рециркулируется в АТР и преобразуется в синтез-газ. Метанол также рециркулируется в реактор ДМЭ и, наконец, превращается в ДМЭ.

#### **ОБСУЖДЕНИЕ**

##### **Производство ДМЭ из метанола:**

ДМЭ получают каталитической дегидратацией метанола на цеолитном катализаторе (ZSM-5). Реакция выглядит следующим образом:



В диапазоне температур и давлений нормальной эксплуатации, 250-364 °С, 14,7 бар, побочных реакций нет. Это слабо экзотермическая реакция с тепловыделением 11 770 кДж/кмоль.

#### **ВЫВОДЫ**

Диметиловый эфир выглядит превосходным, экологически чистым и эффективным альтернативным топливом для использования в дизельном двигателе. В отличие от обычного дизельного топлива, которое производится из невозобновляемой сырой нефти, ДМЭ можно производить где угодно с использованием возобновляемых продуктов, таких как муниципальные отходы, биомасса (лесопроductы и отходы животноводства), целлюлозно-бумажные отходы, уголь и т. д. Преимущества ДМЭ по сравнению с обычным дизельным топливом включают: снижение выбросов оксидов азота, углеводородов, твердых частиц и окиси углерода. Кроме того, при использовании ДМЭ в качестве топлива достигается значительное снижение шума сгорания. ДМЭ также можно использовать в качестве добавки к обычному нефтяному топливу, а также к биодизельному топливу. Добавление ДМЭ к другому виду топлива в оптимальных условиях также показывает значительное снижение выбросов вредных соединений в атмосферу по сравнению с нефтяными топливами.

## REFERENCES

1. “Process desing and control of DME synthesis” Loura Martin Mendez, M. Radreguez
2. <https://cajotas.centralasianstudies.org/index.php/CAJOTAS/article/view/221>.
3. Narmatovich K. I. et al. Technology of Producing Dme //Academic Journal of Digital Economics and Stability. – 2021. – Т. 9. – С. 127-133.
4. [http://www.jgc.com/en/02\\_business/03\\_tech\\_innovation/01\\_gas\\_petro\\_chemi/DME.htm](http://www.jgc.com/en/02_business/03_tech_innovation/01_gas_petro_chemi/DME.htm).
5. Патент РФ №2277528 2005
6. Патент РФ №2459799 2008
7. Маматкулов Муроджон Одил угли, Хасилов Илхам Нарматович, Синтез И Моделирование Дмэ Из Метанола. Vol 2 No 8 (2021): August, 2021.
8. Adachi, Y., Komoto, M. & Watanabe, I. (2000). Effective utilization of remote coal through dimethyl ether synthesis. Fuel, 79, 229–234.
9. Galvita, V.V., Semin, G.L., Belyaev, V.D., Yurieva, T.M. & Sobyenin, V.A. (2001). Production of hydrogen from dimethyl ether. Applied Catalyst. 216 (1–2), 85–90.
10. Yoshitugi Kikkawa. & Ichizo Aoki. (1998). Dimethyl Ether Fuel Proposed as an Alternative to LNG. Oil & Gas Journal. 96, 55–59.
11. Розовский, А.Я. Экологически чистые моторные топлива // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 701-712.