**Практическая работа 19.**

***Понятие и состав топлива для судовых дизелей.***

[Топливом](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) называется горючее [вещество](https://xumuk.ru/encyklopedia/721.html" \o "Химическая энциклопедия), используемое в качестве источника получения теплоты в энергетических, промышленных и отопительных установках.

В зависимости от типа [реакций](https://xumuk.ru/bse/2325.html" \o "БСЭ), в результате которых выделяется теплота из [топлива](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия), различают органическое и [ядерное топливо](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/5459.html" \o "Химическая энциклопедия).

В настоящее время и по прогнозам до 2030 г. органическое [топливо](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) является основным источником энергии (теплоты) для промышленного использования.

В органических [топливах](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) теплота выделяется в результате [химической реакции](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/3845.html" \o "Химическая энциклопедия) [окисления](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/3013.html" \o "Химическая энциклопедия) его горючих частей при участии [кислорода](https://xumuk.ru/encyklopedia/1990.html" \o "Химическая энциклопедия), а в [ядерных топливах](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/5459.html" \o "Химическая энциклопедия) – в результате распада [деления ядер](https://xumuk.ru/encyklopedia/1218.html" \o "Химическая энциклопедия) тяжелых элементов ([урана](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4669.html" \o "Химическая энциклопедия), [плутония](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/3412.html" \o "Химическая энциклопедия) и т.д.).

[Классификация](https://xumuk.ru/encyklopedia/2006.html" \o "Химическая энциклопедия) органических [топлив](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) по [агрегатному состоянию](https://xumuk.ru/bse/20.html" \o "БСЭ).

|  |  |
| --- | --- |
| [Топливо](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) | [Агрегатное состояние](https://xumuk.ru/bse/20.html" \o "БСЭ) |
|  | Твердое | Жидкое | Газообразное |
| Природное | Дрова, [торф](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4529.html" \o "Химическая энциклопедия), [бурые](https://xumuk.ru/encyklopedia/649.html" \o "Химическая энциклопедия) и [каменные угли](https://xumuk.ru/encyklopedia/1839.html" \o "Химическая энциклопедия), [антрацит](https://xumuk.ru/encyklopedia/345.html" \o "Химическая энциклопедия), [горючие сланцы](https://xumuk.ru/encyklopedia/1134.html" \o "Химическая энциклопедия) | [Нефть](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/2865.html" \o "Химическая энциклопедия) | [Природный газ](https://xumuk.ru/bse/2223.html" \o "БСЭ) |
| Искусственное | [Древесный уголь](https://xumuk.ru/encyklopedia/1490.html" \o "Химическая энциклопедия), [полукокс](https://xumuk.ru/bse/2179.html" \o "БСЭ), [кокс](https://xumuk.ru/bse/1310.html" \o "БСЭ), угольные и торфяные брикеты | [Мазут](https://xumuk.ru/encyklopedia/2396.html" \o "Химическая энциклопедия), [керосин](https://xumuk.ru/encyklopedia/1961.html" \o "Химическая энциклопедия), [бензин](https://xumuk.ru/encyklopedia/507.html" \o "Химическая энциклопедия), [соляровое масло](https://xumuk.ru/bse/2538.html" \o "БСЭ), [газойль](https://xumuk.ru/encyklopedia/874.html" \o "Химическая энциклопедия), печное [топливо](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) | [Газы](https://xumuk.ru/encyklopedia/879.html" \o "Химическая энциклопедия) нефтяной, коксовый, генераторный, доменный, [газ](https://xumuk.ru/encyklopedia/879.html" \o "Химическая энциклопедия) подземной газофикации |

Твердые и жидкие [топлива](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) состоят из горючих ([углерода](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4636.html" \o "Химическая энциклопедия) - С, [водорода](https://xumuk.ru/encyklopedia/633.html" \o "Химическая энциклопедия) - Н, летучей [серы](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4017.html" \o "Химическая энциклопедия) - Sл == Sор + Sк) и негорючих ([азота](https://xumuk.ru/encyklopedia/68.html" \o "Химическая энциклопедия) - N и [кислорода](https://xumuk.ru/encyklopedia/1990.html" \o "Химическая энциклопедия) - О) элементов и балласта (золы - А, влаги - W).

Элементарный состав твердого и жидкого [топлива](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) дается в процентах к массе 1 кг [топлива](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия). При этом различают рабочую, сухую, горючую и органическую массу [топлива](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия).

Рабочая масса – это масса и состав [топливо](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия), в котором поступает к потребителю и подвергается сжиганию.

Состав рабочей, горючей, сухой и органической массы обозначается соответственно индексами "р", "с", "г" и "о" и выражаются следующими равенствами:

Ср+ Нр+ Sрл+ Nр + Oр+ Aр+ Wр = 100 % ;  
  
Сс+ Нс+ Sсл+ Nс + Oс+ Aс= 100 % .   
  
Сг+ Нг+ Sгл + Nг + Oг = 100 % ;   
  
Со+ Но+ Sоорг+ Nо + Oо= 100 % .

Газообразное [топливо](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) представляет собой смесь горючих и негорючих [газов](https://xumuk.ru/encyklopedia/879.html" \o "Химическая энциклопедия). Горючая часть состоит из предельных и непредельных [углеводородов](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4630.html" \o "Химическая энциклопедия), [водорода](https://xumuk.ru/encyklopedia/633.html" \o "Химическая энциклопедия) Н2, [окиси углерода](https://xumuk.ru/bse/2803.html" \o "БСЭ) СО, и [сернистого водорода](https://xumuk.ru/bse/2463.html" \o "БСЭ) (Н2S). В состав негорючих элементов входит [азот](https://xumuk.ru/encyklopedia/68.html" \o "Химическая энциклопедия) ( N2), [углекислый газ](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4633.html" \o "Химическая энциклопедия) (СO2)и [кислород](https://xumuk.ru/encyklopedia/1990.html" \o "Химическая энциклопедия) (О2). Составы природного и искусственного газообразных [топлив](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4519.html" \o "Химическая энциклопедия) различны. [Природный газ](https://xumuk.ru/bse/2223.html" \o "БСЭ) характеризуется высоким содержанием [метана](https://xumuk.ru/encyklopedia/2551.html" \o "Химическая энциклопедия) (СH4), а также небольшого количества других [углеводородов](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/4630.html" \o "Химическая энциклопедия): [этана](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/5411.html" \o "Химическая энциклопедия) (С2H6), [пропана](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/3699.html" \o "Химическая энциклопедия) (С3H8), [бутана](https://xumuk.ru/encyklopedia/657.html" \o "Химическая энциклопедия) (С4H10), [этилена](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/5422.html" \o "Химическая энциклопедия) (С2H4), и [пропилена](https://xumuk.ru/encyklopedia/2/3704.html" \o "Химическая энциклопедия) (С3H6). В искусственных [газах](https://xumuk.ru/encyklopedia/879.html" \o "Химическая энциклопедия) содержание горючих составляющих ([водорода](https://xumuk.ru/encyklopedia/633.html" \o "Химическая энциклопедия) и [окиси углерода](https://xumuk.ru/bse/2803.html" \o "БСЭ)) достигает 25-45%, в балласте преобладают [азот](https://xumuk.ru/encyklopedia/68.html" \o "Химическая энциклопедия) и [углекислота](https://xumuk.ru/bse/2797.html" \o "БСЭ) – 55-75%.

### Топливо для судовых дизелей

Тип топлива, которое может использовать судовой двигатель – вторая по важности его характеристика, после мощности. Есть два основных вида топлива – д**изель (MDO, Marine Diesel Oil) и тяжелое топливо (HFO, Heavy Fuel Oil). Про сжиженный природный газ (Liquefied Natural Gas, LNG)**поговорим отдельно.

**Тяжелое топливо** имеет гораздо более высокую вязкость, чем дизельное, при той же самой температуре. Образует нагар и много сажи. Выхлоп содержит больше серы, чем от дизеля. HFO требует подогрева до 40°С даже для того, чтобы качать его из танков, и до 120°С для того, чтобы впрыснуть в цилиндры двигателя – а это дополнительные сложные системы, работающие от электричества, горячей воды или пара. Главное достоинство тяжелого топлива, при всех его недостатках – низкая цена, на 30-40% дешевле дизельного. Кроме того, оно тяжелее, а значит, в танк войдёт больше топлива по массе.

HFO может использоваться в среднеоборотных и тихоходных двигателях, высокооборотные двигатели пока требуют качественного дизельного топлива.

**Дизельное топливо** гораздо более «чистое» и требует лишь удаления возможных загрязнений, в том числе воды (сепарация) перед подачей в цилиндры. **Сепараторы** – это специальные центрифуги, в которых более плотные вода и грязь отделяются от топлива. Тяжёлое топливо тоже проходит очистку в сепараторах, только при высоких температурах.

#### Универсальность

Двигатели, работающие на тяжелом топливе, на самом деле универсальные и без проблем (и даже с удовольствием!) работают на дизеле. Более того, им всё равно приходится работать на лёгком топливе в водах Европы, борющейся за экологию, при пуске и во время маневров.

Если инженеры и конструкторы смогут научить работать на тяжелом топливе высокооборотные судовые двигатели, это будет почти что революция – получится сэкономить тысячи и тысячи тонн металла и километры пути, которые мотористы нахаживают за смену вокруг малооборотного двигателя размером с многоэтажный дом. При той же мощности высокооборотные двигатели в разы меньше и легче.

#### Путь топлива

#### Топливо для судовых двигателей хранится на борту в особых резервуарах, танках. Танки устраивают так, чтобы наружный борт судна никогда не был стенкой танка, обязательно должно быть два слоя металла. Это предохраняет топливо от попадания воды при повреждении борта, и, наоборот, препятствует розливу топлива при авариях.

Судно-бункеровщик закачивает топливо прямо в танки, при этом завзятые курильщики должны потерпеть – курение на палубах во время бункеровки строго запрещено. Из танков топливо забирается в небольшой бак в машинном отделении, откуда попадает в высокий и узкий бак-отстойник, где вода и грязь частично оседают на дно. Отстоявшееся топливо проходит через сепаратор и накапливается в баке для чистого топлива. Вода и грязь из сепаратора возвращаются в отстойник, откуда периодически выкачиваются и утилизируются.

#### Топливный насос и инжекторы

**Классический дизель** имеет отдельный насос высокого давления для каждого цилиндра. Топливо в них подает насос низкого давления. Насос высокого давления впрыскивает топливо в цилиндр через инжектор, распыляющий его внутри. Количество попавшего в цилиндр топлива при этом определяется сечением форсунки инжектора, давлением, создаваемым насосом, и временем, пока это давление действует. Лишнее топливо стекает обратно в бак.

**Современный дизельный двигатель** имеет систему подачи топлива **Common Rail** (на русском – «аккумуляторную»). В ней единственный насос высокого давления (в просторечии ТНВД) закачивает топливо в общую магистраль (англ. Common Rail) большого объёма, аккумулятор. Оттуда топливо через гидроклапаны, управляемые электроникой, попадает в форсунки и цилиндры. Регулирует процесс компьютер двигателя. Это позволяет очень точно дозировать топливо для каждого цилиндра, причём независимо от угла поворота коленвала. Это обеспечивает высокий КПД двигателя и позволяет снижать содержание вредных веществ в выхлопе.

#### Сжиженный природный газ

Здесь мы пока не касались двигателей, работающих на сжиженном природном газе (LNG) и, соответственно, стоящих на судах-газовозах. Эта технология появилась и развивалась вместе с газовозным флотом. На газовозах сжиженный газ хранится в танках низкого давления при температуре -163°С.

Газ в качестве топлива используется не в чистом виде, а с добавлением 5-10% обычного топлива, MDO или HFO. В двухтактных и четырёхтактных дизелях, работающих на LNG, используется разный принцип воспламенения горючей смеси.

1. В четырёхтактных двигателях это классика, принцип Отто – воспламенение от внешнего источника тепла (свечи). Газ поступает в цилиндры под низким давлением как часть горючей смеси. Поэтому мощность двигателя несколько снижается по сравнению с работой на обычном топливе – в камеру сгорания попадает меньше топлива.
2. В двухтактных двигателях по-прежнему используется принцип Дизеля – воспламенение за счет давления. Есть два способа:
   1. Первый способ – газ впрыскивается в цилиндр в виде жидкости под давлением 600 бар через отдельный инжектор. Но проблема в том, что газ под давлением не воспламеняется. Поэтому дополнительно впрыскивается около 5% дизельного топлива, это обеспечивает воспламенение смеси.
   2. Второй способ – газ подаётся в камеру сгорания под низким давлением, сжимается цилиндром, а воспламенение также обеспечивается впрыском обычного топлива в нужное время.

Соотношение MDO (или HFO) и природного газа контролируется компьютером, управляющим мощностью двигателя.

Природный газ – очень чистое топливо, и даже в смеси с тяжелым топливом двигатель удовлетворяет всем нормам в зонах контроля выбросов (ECA).

Вне газовозного флота внедрение двигателей на сжиженном природном газе сдерживается трудностями с логистикой этого вида топлива.

***Задание по тексту:***

1. Что такое топливо?
2. Классификация топлива в зависимости от типа реакции? В чем их главное различие?
3. Классификация органических топлив по агрегатному состоянию. Приведите пример.
4. Распишите состав рабочих и горючих массы.
5. Какие элементы входят в состав газообразного топлива?
6. Основные виды топлив для судовых дизелей?
7. Составьте сравнительную таблицу между тяжёлым и дизельным топливом.
8. Запишите путь топлива на суднах.
9. Запишите главные отличия классического дизеля от современного.
10. Охарактеризуйте главные особенного использования сжиженного природного газа в двигателях.

***Самостоятельное задание:* Запишите принципы действия 4-тактного и 2-тактного дизеля. Зарисуйте схемы.**