

*У статті розглядається порівняльний аналіз основних фізико-хімічних властивостей різних палив, у тому числі сумішей важкого дизельного палива і газового конденсату. В результаті досліджень встановлено, що суміші газового конденсату (ГК) з температурою початку кипіння (нагрівання) не менше 1200 °С і топкового мазуту (М) з температурою спалаху не менше 1300 °С при концентрації 15 % ГК+85 % М відповідає вимозі морського Регістру і їх можна використовувати на суднових дизелях*

*Ключові слова: суднові дизелі, дизельне паливо, моторне паливо, топковий мазут, газовий конденсат*

*В статье рассматривается сравнительный анализ основных физико-химических свойств различных топлив, в том числе смесей тяжелого дизельного топлива и газового конденсата. В результате исследований установлено, что смеси газового конденсата (ГК) с температурой начала кипения (нагрева) не менее 1200 °С и топочно-го мазута (М) с температурой вспышки не менее 1300 °С при концентрации 15 % ГК+85 % М отвечает требованию морского Регистра и их можно использовать на судовых дизелях*

*Ключевые слова: судовые дизели, дизельное топливо, моторное топливо, топочный мазут, газовый конденсат*

УДК 621.43  
DOI: 10.15587/1729-4061.2015.44385

# НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ ТОПЛИВ

**Г. М. Бабаев**

Старший преподаватель

Кафедра «Судовые энергетические установки»

Азербайджанская государственная

морская академия

пр. З. Алиевой, 18, г. Баку,

Азербайджан, Аз1000

E-mail: nizism@mail.ru

## 1. Введение

Протекание рабочего процесса дизелей наряду с конструктивными особенностями их, а также определяется и физико-химическими свойствами применяемого топлива. При этом следует отметить, что работа дизеля на различных топливах, отличающихся по своим физико-химическим свойствам от традиционных, диктуется необходимостью расширения ресурса дизельных топлив и обеспечения многотопливности самого двигателя.

Решение этой проблемы может быть достигнуто применением альтернативных топлив. Одним из таких видов альтернативных топлив считается газоконденсатные месторождения. Так как, газовый конденсат несколько раз дешевле, чем дизельное топливо, и на территории стран СНГ, в том числе на территории Азербайджана, имеются свыше 600 нефтегазоконденсатных месторождений.

В настоящее время к разработке и эксплуатации нефтегазоконденсатных месторождений Азербайджанского сектора Каспийского моря широко привлечены известные мировые нефтяные компании. В эксплуатируемых на данный момент в Азербайджанском секторе Каспийского моря газоконденсатных месторождениях «Бахар» и «Булла-дениз» запасы газового конденсата составляют более 3,0 млн. тонн. В новых месторождениях «Шахдениз», «Гюнешли», «Умид» и «Карабах» обнаружены большие запасы газового конденсата и в ближайшее время ожидается их эксплуатация.

Учитывая вышеизложенное, обеспечение дизельного двигателя, особенно судового дизеля, топливом, получаемого с использованием газового конденсата без его глубокой переработки встает как актуальная научно-техническая задача.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Практика использования газового конденсата в качестве топлива для дизельных двигателей известно давно. В этой области в научно-исследовательских учреждениях и некоторых высших учебных заведениях СНГ были проведены значительные работы. В основном были изучены моторные свойства газовых конденсатов добываемых в Восточной и Западной Сибири и Узбекистане [1–3].

В работах [4, 5] отмечается, что в ЦНИТА был проведен большой комплекс исследований работы топливной аппаратуры, а также автотракторных и стационарных дизелей на газовом конденсате Вуктыльского месторождения (Коми). Результаты испытаний показали, что количественное соотношение тяжелых и легких фракций конденсата этих месторождений не полностью соответствует требованиям современного дизеля, в связи с чем конденсат целесообразно использовать либо компаундировав конденсат в разумных соотношениях с сезонным дизельным топливом, либо

получая из конденсата широкофракционное дизельное топливо посредством отбора легких фракций, выкипающих до 90–120 °С.

В работе [6] на основе анализа физико-химических, моторных и эксплуатационных свойств местных видов топлива (природного и сжиженного газов, легкого и тяжелого газоконденсатов), оценки их ресурсов, а также результатов сравнительных лабораторных и эксплуатационных испытаний двигателей и автомобилей, работающих на стандартных и местных видах топлива, даются научно-обоснованные рекомендации по применению этих видов топлива на автомобильном транспорте Средней Азии.

В работе [7] приводятся результаты углубленного исследования физико-химических и эксплуатационных свойств газоконденсатов ряда месторождений, а также некоторые результаты их моторных испытаний, позволяющие оценить возможность использования газовых конденсатов как топлива для дизельных двигателей. В заключение работы указывалось, что результаты исследования газоконденсатов Западной Сибири (месторождения Уренгой) и Средней Азии (месторождения Янги-Казган, Култук, Уртабулак и др.), значительно различающихся по фракционному составу, показали принципиальную возможность их использования в качестве дизельного топлива.

В работе [8] приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований обеспечения дизельных двигателей, эксплуатирующихся на морских нефтегазоконденсатных месторождениях Азербайджанского сектора Каспийского моря путем использования местных газовых конденсатов.

Таким образом, проведенный краткий обзор выполненных работ по использованию газовых конденсатов в качестве топлива для дизельных двигателей по данным литературных источников показал, что, несмотря на большое количество работ в этой области, а также на то, что газовый конденсат на нефтегазоконденсатных месторождениях стран СНГ и Азербайджанском секторе Каспийского моря добывается давно, его моторные свойства и пригодность в качестве топлива для дизельных двигателей, особенно для судовых дизелей, практически не изучены.

Свыше пятнадцати лет на кафедре "Судовые энергетические установки" Азербайджанской Государственной Морской Академии проводились исследования по изучению моторных и физико-химических свойств смесей газового конденсата и тяжелых моторных топлив для применения на судовых дизелях. При проведении экспериментальных исследований использовались газовые конденсаты месторождения "Булла-дениз" Азербайджанского сектора Каспийского моря [9, 10].

### 3. Цель и задачи исследования

Целью работы является исследование физико-химических свойств смесей газового конденсата месторождений Азербайджанского сектора Каспийского моря и тяжелых моторных топлив, а также возможности их использования в судовых дизельных двигателях.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- изучение физико-химических свойств исследуемых топлив и повышения температуры вспышки смеси газового конденсата и тяжелого моторного топлива;
- исследование возможности использования в судовых дизельных двигателях смесей газового конденсата месторождений Азербайджанского сектора Каспийского моря и тяжелых моторных топлив.

### 4. Изучение физико-химических свойств смесей газового конденсата и тяжелых моторных топлив и исследование работы судового дизеля

В табл. 1 показаны некоторые физико-химические показатели смесей газового конденсата (ГК) месторождения "Булла-дениз" и моторного топлива (ДТ) в различных соотношениях. Плотность и вязкость, как известно, является одними из основных показателей качества топлива, что оказывает большое влияние на нормальную работу топливной аппаратуры дизеля. При их повышенных значениях ухудшаются процессы распыливания и смесеобразования, а при малых значениях наблюдается падение мощности двигателя и увеличение износа прецизионных деталей топливной аппаратуры.

Как видно из табл. 1, вязкость и плотность газового конденсата, в том числе смесей, ниже, чем у моторного топлива. В связи с этим улучшается текучесть смеси, в результате которого затрачивается меньше энергии для подогрева смеси, а также обеспечивается высокое качество распыливания топлива, а, следовательно, и интенсификация процесса смесеобразования в цилиндре двигателя. Низшая теплота сгорания, или теплотворная способность газового конденсата несколько выше, чем у моторного топлива, которая будет способствовать улучшению эффективности процесса сгорания.

Как известно, сернистые соединения, содержащиеся в топливе, представляют собой опасность с точки зрения коррозии топливной аппаратуры. Повышенное содержание сернистых соединений приводит как к увеличению износа и нагарообразования в дизеле, так и к сокращению моторесурса дизельного двигателя. По содержанию серы, исследуемые газовые конденсаты относятся к бессернистым (не выше 0,2 %) [8, 9].

Известно, что нормальная работа дизельных двигателей осуществляется при цетановом числе топлива выше 40. Учитывая это, можно сказать, что как видно из табл. 1, цетановое число исследуемого газового конденсата находится в допустимых пределах (45÷48). Температура вспышки газового конденсата, определяемая в закрытом тигле равна 11 °С. Это и является основным препятствием для применения газовых конденсатов на судовых дизелях, так как, по требованию морского Регистра эта температура должна быть не менее 61 °С.

Таким образом, из-за маленького значения температуры вспышки газовые конденсаты в чистом виде не могут использоваться на судовых дизелях. Поэтому нами были проведены исследования по изучению температуры вспышки смесей газового конденсата с тяжелыми моторными топливами.

Как видно из табл. 1, из смесей газового конденсата и моторного топлива, только у смеси 10 %ГК+90 %ДТ температура вспышки равна 70 °С, что отвечает требованию Морского Регистра. Но содержание в смеси

10 %-ов газового конденсата очень мало. Поэтому нами были продолжены исследования по увеличению количества газового конденсата в смеси, сохранив при этом температуру вспышки смеси не менее 61 °С.

Таблица 1

Некоторые физико-химические показатели смесей газового конденсата (ГК) с моторным топливом (ДТ)

Показатели	Топливо				
	ГК	50 % ГК+ +50 % ДТ	25 % ГК+ +75 % ДТ	10% ГК+ +90 % ДТ	ДТ
1	2	3	4	5	6
1. Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с: при 20 °С при 50 °С	1,4 –	7,03 –	– 9,85	– 20,84	– 34,46
2. Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	0,7812	0,872	0,87	0,889	0,905
3. Цетановое число	46,4	–	–	–	–
4. Массовое содержание механических примесей, %	0,014	0,026	0,026	0,027	0,028
5. Температура вспышки в закрытом тигле, °С	11	35	48	70	155
6. Низшая теплота сгорания, МС/кq	43,42	–	–	–	41,42
7. Содержание воды, %	следы	следы	следы	следы	следы

Предварительные результаты проведенных исследований показали, что с увеличением температуры нагрева газового конденсата увеличивается и его температура вспышки [11]. Так как, при нагревании газового конденсата до 120 °С температура вспышки повышалась от 11 °С до 37 °С. Поэтому пришли к выводу, что целесообразно смешивать газовый конденсат с температурой начала кипения не менее 120 °С с более тяжелыми моторными топливами, например, с топочным мазутом. В табл. 2 показаны некоторые физико-химические показатели смесей с различными соотношениями газового конденсата (ГК) и топочного мазута (М).

Как видно из табл. 2, с уменьшением количества газового конденсата в смеси увеличивается температура вспышки смеси. Так, при содержании 50 %-ов газового конденсата в смеси ее температура вспышки равна 44 °С, а при содержании 10 %-ов к 67 °С. При содержании газового конденсата в смеси более 23 %-ов интенсивность изменения температуры вспышки смеси незначительная. Но при содержании газового конденсата в смеси меньше 23 %-ов интенсивность изменения температуры вспышки смеси резко увеличивается.

Используя график, можно определить концентрацию смеси, отвечающей требованию морского Регистра. При концентрации 15 % ГК+85 % М температура вспышки смеси больше 61 °С.

Таким образом, рассмотрев основные физико-химические показатели исследуемых смесей можно за-

ключить, что смеси газового конденсата с температурой начала кипения (нагрева) не менее 120 °С и топочного мазута с температурой вспышки не менее 130 °С при концентрации 15 % ГК+85 % М отвечает требованию морского Регистра и ее можно использовать на судовых дизелях.

Таблица 2

Некоторые физико-химические показатели смесей газового конденсата (ГК) с печным мазутом (М)

Показатели	Топливо				
	ГК	10 % ГК+ +50 % М	25 % ГК+ 75 % М	50% ГК+ +90 % М	М
1	2	3	4	5	6
1. Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с: при 50 °С	2,25	24,26	11,2	4,35	43,04
2. Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	0,7805	0,8784	0,8776	0,8507	0,904
3. Цетановое число	46,4	–	–	–	–
4. Массовое содержание механических примесей, %	отсут.	0,015	0,015	0,01	0,025
5. Температура вспышки в закрытом тигле, °С	37	67	53	44	134
6. Низшая теплота сгорания, МС/кq	43,42	–	–	–	40,8
7. Содержание воды, %	следы	следы	следы	следы	0,06

Для оценки моторных качеств исследуемых топлив экспериментальное исследование вспомогательного судового дизеля 2Ч10,5/13 проводилось при работе на моторном топливе (ДТ), стандартном дизельном топливе (ДЛ), газовом конденсате (ГК), топочном мазуте (М), а также на смеси газового конденсата и топочного мазута в соотношении 15 % ГК+85 % М.

Основные технико-экономические показатели дизеля оценивались сравнением кривых нагрузочных характеристик, которые снимались при частоте вращения коленчатого вала  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$  (рис. 1). Как видно из рис., кривая удельного эффективного расхода топлива  $g_e$  при работе двигателя на газовом конденсате располагается значительно ниже таковой при работе на топочном мазуте (М) и моторном топливе (ДТ), во всем диапазоне изменения нагрузки. Это особенно проявляется в области малых нагрузок. Объясняется это, на наш взгляд, более полным выгоранием большей части газового конденсата при малых нагрузках. Так, например, при нагрузке  $P_e=0,55 \text{ МПа}$  разница между удельными эффективными расходами топлива  $g_e$  на газовом конденсате и топочном мазуте равняется 8,33 г/(кВт·час), то при  $P_e=0,2 \text{ МПа}$  эта разница составляет 27,8 г/(кВт·час).

Кривые часовых расходов топлива  $G_T$  и коэффициентов избытка воздуха  $\alpha$  при работе на всех топливах имеют идентичный характер. Кривые температур отработавших газов  $t_r$  как по характеру, так и по абсолютному значению, практически одинаковые. Следует отметить, что кривые смеси газового конденсата и топочного мазута в соотношении 15 % ГК+85 % ПМ располагаются между кривыми газового конденсата

и печного мазута, больше приближаясь к таковым топочного мазута.

Таким образом, изменения кривых коэффициентов избытка воздуха и температуры отработавших газов подтверждают характер изменения кривых удельных расходов топлива. Например, при работе дизеля на газоконденсатных топливах температура отработавших газов уменьшается по сравнению с работой на моторном топливе и топочном мазуте, что указывает на то, что в условиях дизельного двигателя облегченные газоконденсатные топлива благоприятно влияют на протекание процессов смесеобразования и последующего сгорания топлива.

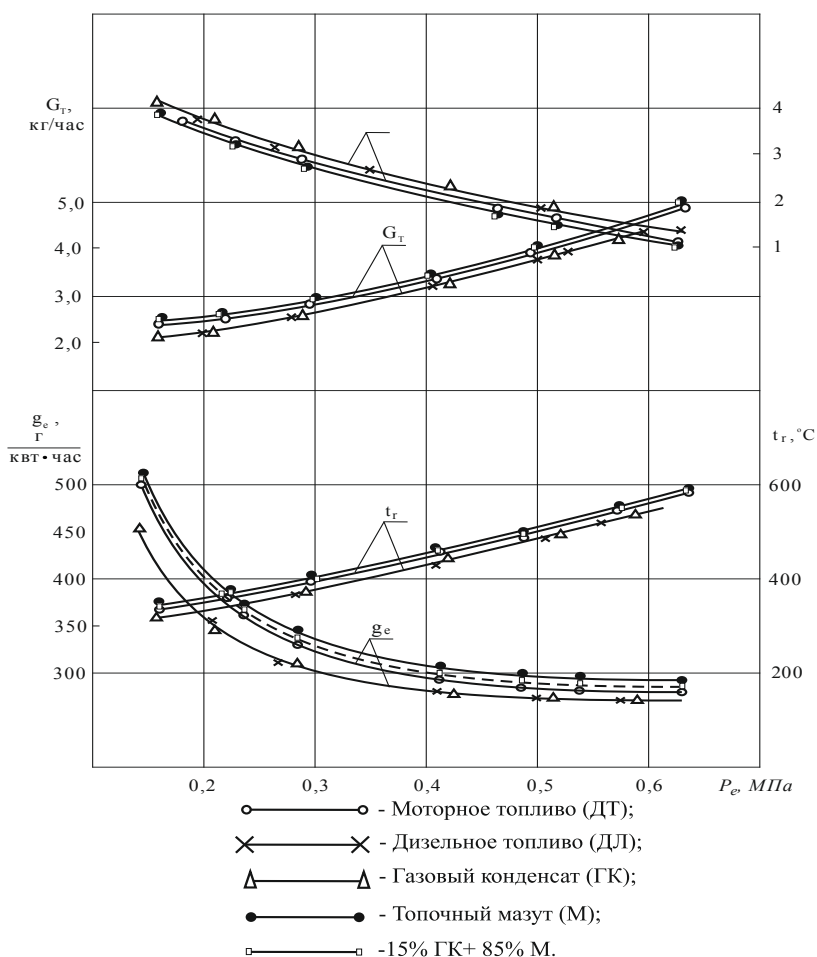


Рис. 1. Нагрузочная характеристика вспомогательного судового дизеля 24 10,5/13 при работе на различных топливах

### 5. Выводы

Таким образом, использование смесей газового конденсата месторождений Азербайджанского сектора Каспийского моря и тяжелых моторных топлив в качестве топлива для судовых дизелей является весьма эффективным, целесообразным и перспективным направлением исследований.

Установлено, что смеси газового конденсата (ГК) с температурой начала кипения не менее 120 °С и топочного мазута (М) с температурой вспышки не менее 130 °С при концентрации 15 % ГК+85 % М отвечают требованиям морского Регистра. Применение предлагае-

мой смеси на судовых двигателях внутреннего сгорания способствует увеличению ресурса дизельного топлива и уменьшению загрязнения окружающей среды.

### Литература

- Гапиров, А. Д. Влияние фракционного состава газоконденсатных дизельных топлив на эндотермические показатели процесса самовоспламенения дизеля [Текст]: автор. диссерт. ... канд. тех. наук / А. Д. Гапиров. – Ташкент, 1988.
- Лаврик, А. Н. Экономия топлив за счет применения газовых конденсатов Восточной Сибири при эксплуатации двигателей тракторов и автомобилей [Текст]: автор. диссерт. ... канд. тех. наук / А. Н. Лаврик. – Ленинград-Пушкин, 1989.
- Ставров, А. П. Использование газовых конденсатов Западной Сибири в качестве топлива для дизелей [Текст] / А. П. Ставров, А. Н. Лаврик и др. – Химия и технология топлив и масел. – 1979. – № 5. – С. 34–36.
- Свиридов, Ю. Б. Об использовании газовых конденсатов для работы дизелей [Текст] / Ю. Б. Свиридов, Э. В. Пьядичев // Труды ЦНИТА. – 1974. – Вып. 60. – С. 28–37.
- Свиридов, Ю. Б. Исследование работы автомобильных дизелей на смесях выктульско-го конденсата с дизельным топливом [Текст] / Ю. Б. Свиридов, Э. В. Пьядичев, Л. И. Гиль // Труды ЦНИТА. – 1974. – Вып. 61. – С. 32–37.
- Муталибов, А. А. Особенности работы автомобильного транспорта республик Средней Азии на местных видах топлива [Текст] / А. А. Муталибов. – Изд-во «Узбекистан», Ташкент, 1974. – 176 с.
- Кукушкин, А. А. Газовые конденсаты как топливо для дизельных двигателей [Текст] / А. А. Кукушкин, В. С. Азев, Г. Н. Герасимова, В. М. Апрепенко, А. И. Кирсанов // Химия и технология топлив и масел. – 1985. – № 11. – С. 20–22.
- Ахмедов, Н. Г. Исследование эффективности использования газовых конденсатов месторождения Азербайджанского сектора Каспийского моря в качестве топлива для дизельных двигателей [Текст]: диссер. ... канд. тех. наук / Н. Г. Ахмедов. – Баку, АзТУ, 2003.
- Алиева, Р. Б. Газовые конденсаты [Текст] / Р. Б. Алиева, Г. Ф. Мираламов. – Баку, Заман, 2000. – 328 с.
- Сомов, В. А. Судовые многотопливные двигатели [Текст] / В. А. Сомов, Ю. Г. Ишук. – Л: Судостроение, 1984. – 240 с.
- Исмаилов, А. Ш. Увеличение температуры вспышки топлива, изготовленного на основе газового конденсата [Текст] / А. Ш. Исмаилов, Г. М. Бабаев, Ш. М. Таиров // Сборник научных трудов Азербайджанской Государственной Морской Академии. – 2005. – № 3. – С. 38–40.