

6
А-62

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ИНСТИТУТ**

УДК 656.13:662.767:629.113.3/5(575)

**Кандидат технических наук
А. А. МУТАЛИБОВ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
РЕСПУБЛИК СРЕДНЕЙ АЗИИ НА МЕСТНЫХ
ВИДАХ ТОПЛИВА**

(Специальность 441 — автомобильный транспорт)

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук**

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Кандидат технических наук
А. А. МУТАЛИБОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИК
СРЕДНЕЙ АЗИИ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ
ТОПЛИВА

(Специальность 441 — автомобильный транспорт)

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
доктора технических наук

62

Работа выполнена в Среднеазиатском научно-исследовательском институте природного газа (СредазНИИГаз).

Научный консультант заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор И. М. Ленин.

Официальные оппоненты:

Академик АН УзССР, доктор технических наук, профессор Н. В. Лавров.

Доктор технических наук, профессор Л. А. Бронштейн.

Доктор технических наук В. С. Молярчук.

Ведущее предприятие — Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт (НАМИ).

Автореферат разослан 30 августа 1971 г.

Защита диссертации состоится 6 октября 1971 г.

на заседании Совета факультета автомобильного транспорта Московского автомобильно-дорожного института (г. Москва, А—319, Ленинградский проспект, 64).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Директивами XXIV съезда КПСС выпуск автомобилей в СССР увеличится за пятилетие 1971—1975 гг. с 916 тыс. до 2000—2100 тыс. т. е. более чем в 2 раза, что позволит резко увеличить насыщенность страны и отдельных республик автомобильным транспортом. Это особенно важно для Средней Азии с ее особыми природно-климатическими условиями.

Насыщенность республик Средней Азии автомобильным транспортом на сегодняшний день явно недостаточна, она на 30% ниже, чем в среднем по СССР.

Произведенный анализ показал, что одной из причин ограниченности автомобильного парка Средней Азии является то, что местное производство жидких нефтепродуктов недостаточно для удовлетворения потребности автомобильного транспорта в бензине и дизельном топливе.

Исходя из этого, настоящая работа посвящена проблеме изыскания заменителей, равноценных привозному жидкому топливу, а также исследованию особенностей работы автомобильных двигателей на этих топливах, технико-экономическому и народнохозяйственному обоснованию целесообразности их применения в республиках Средней Азии.

Для решения поставленной задачи необходимо было рассмотреть состояние и тенденции развития экономики республик Средней Азии и роль автомобильного транспорта в осуществлении транспортно-экономических связей, определить моторные и эксплуатационные свойства местных видов топлива и сферы их возможного применения. Помимо этого необходимо было провести комплекс стендовых, лабораторно-дорожных, пробеговых, эксплуатационных и износных испытаний двигателей и автомобилей на местных видах топлива и на основе полученных результатов разработать рекомендации по их использованию.

Решение этих вопросов потребовало разработки специальных методик и оригинального лабораторного оборудования для всесторонней оценки физико-химических и «моторных» свойств топлив-заменителей, установок для определения параметров двигателей, работающих на топливах-заменителях в естественных природно-климатических условиях республик Средней Азии, оборудования для определения влияния вида топлива и природно-климатических условий на износ двигателя.

Представляемая работа является обобщением указанных исследований.

Раздел I

Основные технико-экономические предпосылки использования местных видов топлива республик Средней Азии.

Использование для серийных автомобилей местных видов топлива взамен бензина и дизельных топлив возможно при соблюдении следующих условий:

1) двигатели, работающие на местных топливах, не должны снижать мощность, экономичность, долговечность и надежность работы, грузоподъемность и другие показатели автомобиля также не должны снижаться;

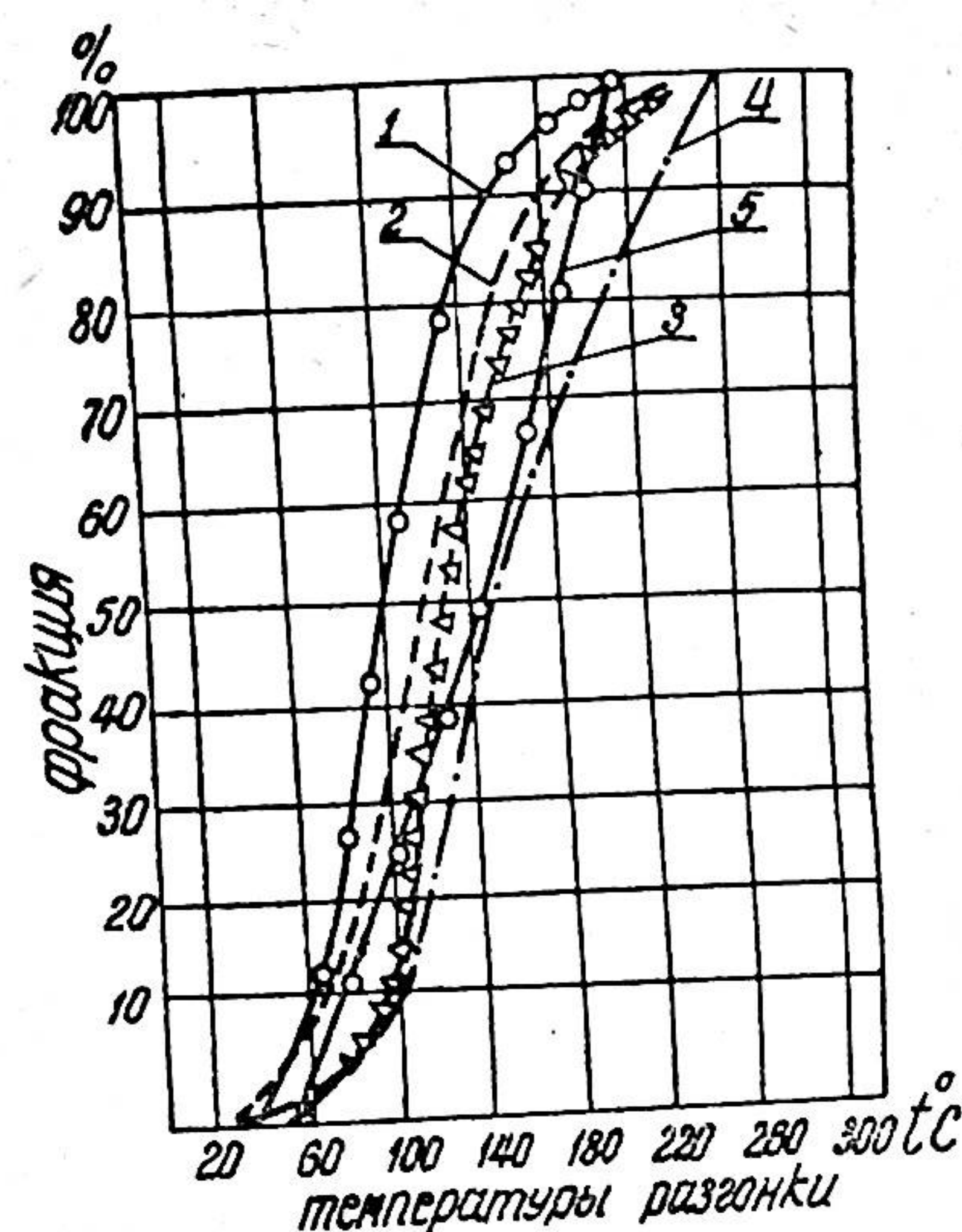
2) стоимость местных топлив на месте их потребления должна быть не выше, а по возможности ниже стоимости стандартных топлив.

Этим требованиям при известных условиях отвечают природный и попутный газы, а также побочные продукты их добычи и переработки. Для проверки технических характеристик упомянутых топлив был проведен теоретический анализ факторов, влияющих на мощностные и экономические показатели двигателей. Этот анализ показал, что при переводе серийных двигателей на природный газ неизбежно снижение их мощности. На сжиженном пропан-бутановом газе это снижение незначительно. На газовых конденсатах мощность двигателя сохраняется такой же, как и при работе на бензине.

На основании этого анализа разработаны мероприятия, позволяющие на всех видах местного топлива сохранять мощность двигателя такой же, как и на бензине.

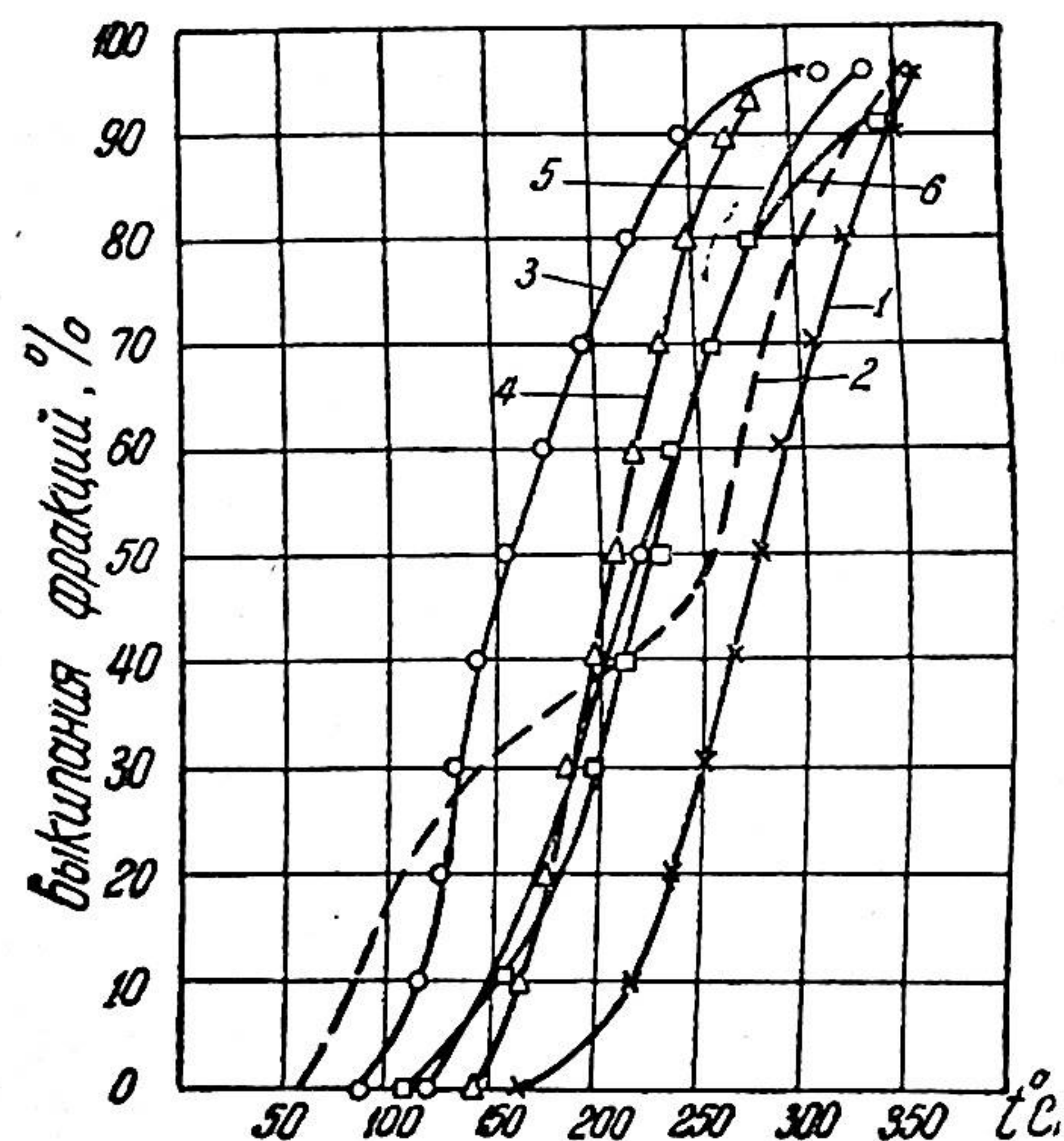
В работе рассмотрены основные оценочные параметры четырех видов местного топлива республик Средней Азии: природных и сжиженных (пропан-бутановых) газов, легких и тяжелых газовых конденсатов. Индивидуальный состав природных и сжиженных пропан-бутановых газов определяется с помощью хроматографов ХГ-2М и «ЦВЕТ-164»; фракционный состав легких и тяжелых газовых конденсатов — по ГОСТ 2177—66.

Большинство природных газов среднеазиатских месторождений содержат 90,0—98,0% метана. В сжиженных пропан-бу-



Фиг. 1. Фракционный состав газоконденсата и бензина А-66:

1—газоконденсат Южного Мубарека; 2—газоконденсат Северного Мубарека; 3—газоконденсат Газли; 4—газоконденсат Ка; 5—бензин—А-66



тановых газах содержание пропана составляет порядка 85 %. Фракционный состав газовых конденсатов приведен на фиг. 1 и 2, элементарный состав газовых конденсатов и стандартных жидких топлив—в табл. 1.

Наиболее близок к бензину газовый конденсат Южно-Мубарекского месторождения. Заменителями дизельного топлива могут служить конденсаты Самантепинского, Шахпахтинского и Ачакского месторождений.

Для республик Средней Азии особое значение имеет вопрос о склонности топлива к образованию в бензопроводах системы питания двигателя паровых пробок. Для газовых конденсатов этот и ряд других оценочных параметров пришлось определять впервые при проведении настоящей работы.

Таблица 1

Элементарный состав некоторых видов местных и стандартных топлив

Топливо	Элементарный состав в %			
	С	Н	С+Н	О ₂ +S+N ₂
Бензин	85,3	14,5	99,8	0,2
Керосин, лигроин	86,0	13,0	99,0	1,0
Дизельное топливо	86,2	12,5	98,7	1,3
Топливо широкого фракционного состава (Ш. Ф. С.)	85,5	13,82	99,32	0,68
Ачакский газовый конденсат	85,8	14,2	100,0	—
Шахпахтинский газоконденсат	82,8	14,2	97,0	3,0
Южно—Мубарекский газовый конденсат	84,2	15,1	99,3	0,7

Параметры, близкие к параметрам стандартных топлив, были рассчитаны по данным индивидуального, группового химического или фракционного состава. Для определения других параметров были разработаны специальные экспериментальные установки, результаты испытаний обрабатывались таким образом, чтобы получить аналитические зависимости.

Так, например, при проведении исследований по определению условий образования паровых пробок на стенде замерялась температура начала массового образования пузырьков, а при лабораторно-дорожных испытаниях автомобилей — температура топлива в поплавковой камере карбюратора. Результаты этих экспериментов приведены в табл. 2.

Таким образом, установлено, что в газовом конденсате паровые пробки образуются при более низкой температуре, чем в бензине, а температура газового конденсата достигает более высоких значений, чем температура бензина.

Исходя из этого на газовом конденсате вероятность образования паровых пробок выше, чем на бензине, что объясняется большим количеством легких фракций. Числовые значе-

ния температур однако показывают, что температура топлива в поплавковой камере карбюратора все же несколько ниже (примерно на 10°) температуры начала образования паровых пробок, что гарантирует устойчивую работу двигателя на легком газовом конденсате даже при высоких температурах наружного воздуха, характерных для республик Средней Азии.

Анализ полученных данных показывает, что аналитические зависимости, предложенные проф., д. т. н. А. А. Гуреевым для оценки склонности бензина к образованию паровых пробок могут быть использованы для газовых конденсатов, но с некоторым дополнительным уточнением. В работе приводятся полученные нами эмпирические формулы для оценки склонности газовых конденсатов к образованию паровых пробок:

Таблица 2

Условия образования паровых пробок

Условия проведения опытов	Измеряемый параметр	Вид топлива	
		Бензин	Газовый конденсат
На стенде	Температура в поплавковой камере, при которой происходит массовое образование паровых пробок (двигатель глохнет)	74,5	66,0
На автомобиле	Температура в поплавковой камере карбюратора:		
	при температуре наружного воздуха $42-44^\circ\text{C}$ и $P_6 = 721$ мм. рт. ст.;	46—51	48—55
	при температуре наружного воздуха $20-25^\circ\text{C}$ и $P_6 = 607$ мм. рт. ст.	35—38	40—41

$$t_{\text{п.п.}} = 2,05 t_{\text{нк}} - 4 \quad (\text{для } t_{\text{нк}} \text{ в пределах } t = 35-60^\circ\text{C})$$

$$t_{\text{п.п.}} = 1,58 t_{10\%} - 32 \quad \text{для } t_{10\%} \text{ в пределах } t = 70-105^\circ\text{C})$$

где: $t_{\text{п.п.}}$ — температура начала образования паровых пробок;

$t_{\text{п.п.}}$ — температура начала кипения;

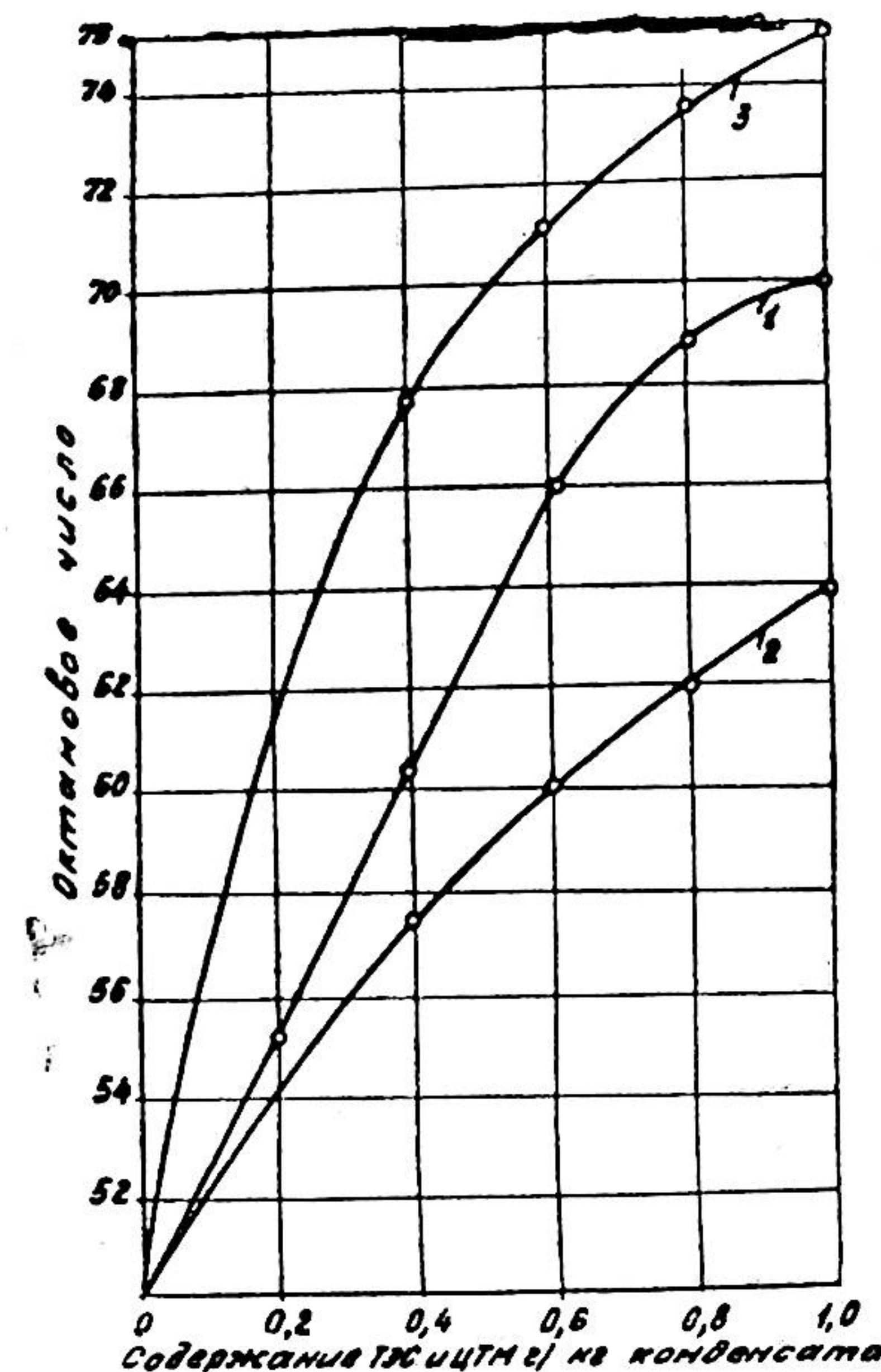
$t_{10\%}$ — температура выкипания 10% топлива.

Сравнение этих формул с формулами проф. А. А. Гуреева показывает, что влияние легких фракций здесь несколько ниже, чем для стандартных моторных топлив, что вполне объяснимо разным химическим составом этих топлив и в частности отсутствием в газовых конденсатах непредельных углеводородов.

Большое значение для работы автомобильных двигателей имеют антидетонационные характеристики новых видов топлива. Метод определения антидетонационной стойкости жидких топлив, применяемые для бензина и легких газовых кон-

денсатов, оказался непригодным для горючих газов, для которых октановые числа значительно выше, чем для изооктана. Поэтому для них был разработан новый метод, в основу которого положены «критические» значения степени сжатия, при которых двигатель развивает максимальные значения мощности и топливной экономичности.

На базе установки ИТ9-6 была создана для этой цели установка ИТ9-6Г. Установка ИТ9-6Г включает модернизированный двигатель ГЧ 8,5/11,0 с переменной степенью сжа-



Фиг. 2. Влияние содержания ТЭС и ЦТМ на октановое число газоконденсата:

1 — газоконденсат + ТЭС; 2 — газоконденсат + ЦТМ; 3 — газоконденсат + ТЭС + ЦТМ (ТЭС и ЦТМ в равных концентрациях);

тия в пределах от 10:1 до 20:1. В установку ИТ9-6Г входят также измерительный блок с устройствами для регистрации индикаторных диаграмм, прибор для замера расходов воздуха и газового топлива. На этой установке были определены зоны бездетонационного сгорания метана и пропана. Преддетонационные явления были отмечены на метане при

$\epsilon=16-17$, на пропане при $\epsilon=10-11$. Искажение индикаторных диаграмм, снижение мощности и экономичности наступали при $\epsilon=11,5$ на пропане и $\epsilon=19$ на метане.

Октановое число легкого газового конденсата месторождения Южный Мубарек равно 53,5, что недостаточно для современных двигателей. Поэтому необходимо было исследовать возможности повышения антидетонационной стойкости газового конденсата с помощью антидетонационных присадок. Результаты эксперимента представлены на фиг. 3.

Газовый конденсат обладает высокой чувствительностью к этиловой жидкости. Добавление тетраэтилсвинца к газовому конденсату в пределах, допускаемых ГОСТ 2084-67, повышает октановое число легкого газового конденсата месторождения Южный Мубарек с 53,5 до 66 единиц. В таком виде газовый конденсат может быть использован для ранее выпускавшихся нашими заводами двигателей со степенью сжатия, не превышающей $\epsilon=6,2$.

Экспериментальное определение цетановых чисел тяжелых газовых конденсатов проводилось на установке ИТ9-3М. лишь для газовых конденсатов Ачакского и Шахпахтинского месторождений, причем цетановые числа соответственно равны 39,5 и 50,5 единиц. Эти данные показывают, что газовые конденсаты указанных месторождений не уступают стандартным дизельным топливам. Формула, предложенная проф. докт. техн. наук Н. Г. Пучковым для оценки цетанового числа топлива по содержанию в нем парафиновых (П), нафтеновых (Н) и ароматических (А) углеводородов, дает несколько завышенные результаты. Поэтому для тяжелых газовых конденсатов нами предложено уточнить формулу в следующем виде:

$$\text{Ц. Ч.} = 0,553 \text{ П} + 0,13 \text{ Н} + 0,449 \text{ А.}$$

Сравнение двух формул показывает, что на цетановое число газовых конденсатов парафиновые и нафтеновые углеводороды оказывают меньшее влияние, чем ароматические углеводороды, что в основном объясняется их малым относительным количеством.

Исследование влияния температурного режима на вязкость и плотность легкого газового конденсата и бензина в интервале температур от 20 до 50°C показало, что эти величины для газового конденсата и бензина близки, поэтому при переводе двигателя с бензина на газовый конденсат не следует изменять регулировку жиклеров карбюратора.

Результаты опытов по определению плотности и вязкости тяжелых газовых конденсатов приведены в табл. 3.

Эти данные показывают, что вязкость газовых конденсатов несколько ниже вязкости дизельного топлива.

Исходя из этого, была исследована возможность повышения вязкости газового конденсата добавлением присадок. Наилучшие результаты обеспечила полиизобутиленовая присадка (фиг. 4).

Для выявления влияния температуры на вязкость различных топлив, было проведено специальное исследование, которое показало, что при повышенных температурах разница в вязкости дизельного топлива и газовых конденсатов уменьшается.

Одновременно с этим проведены опыты по определению влияния вида топлива на цикловую подачу топливной аппаратуры дизеля ЯМЗ-236. Исследования проводились на газовых конденсатах месторождений Шахпахты и Ачак. В качестве

Таблица 3

Плотность и вязкость газовых конденсатов некоторых среднеазиатских месторождений

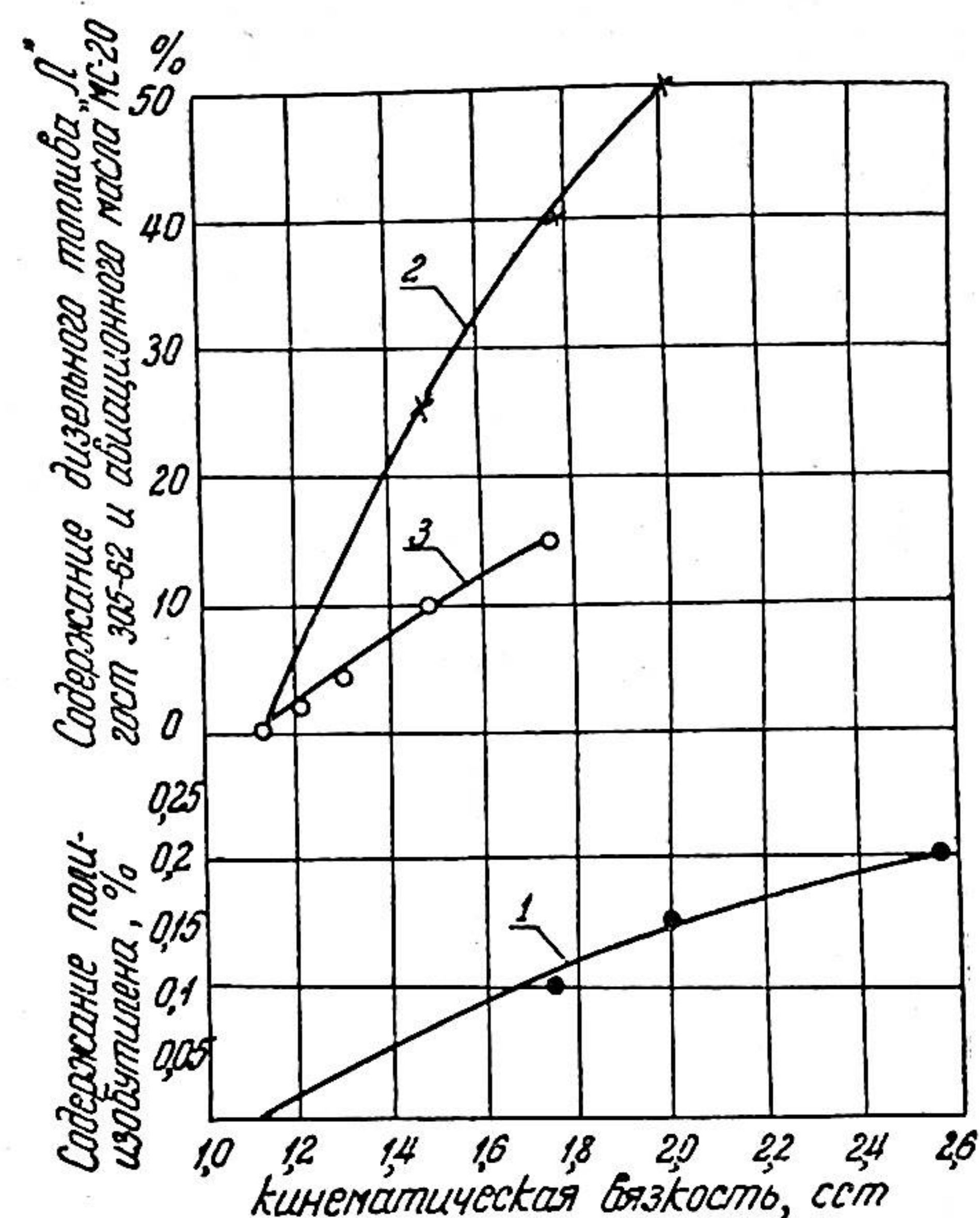
Месторождения	Плотность	Вязкость в сст при 20°C
1	2	3
Южный Мубарек	0,720	0,760
Северный Мубарек	0,731	0,765
Газли, XII	0,757	0,889
Учкыр	0,787	0,170
Шахпаты, II-a	0,772	2,290
Ачак	0,7795	1,13
Саман-Тепе	—	5,41
Бензин А-66	0,7400	0,750
Дизельное топливо зимнее	0,8220	2,2—3,3
Дизельное топливо летнее	0,8440	3,0—6,0
Топливо ШФС	0,7900	1,8—2,3

эталонных принимались и цикловые подачи дизельного топлива. При одинаковом положении рейки топливного насоса цикловая подача газового конденсата несколько ниже цикловой подачи дизельного топлива. При положениях рейки, соответствующих максимальной и номинальной подаче, разница в цикловых подачах составляет 7—8%, а при минимальной подаче разница увеличивается до 12—17%.

На основе этих данных были установлены оптимальные положения рейки топливного насоса для каждого вида топлива, которые обеспечили для всех топлив цикловые подачи порядка 530 мг/цикл.

Определение физической и химической стабильности газовых конденсатов подтвердило их высокие качества, что может быть в значительной мере объяснено отсутствием в этих топливах непредельных углеводородов.

Специальные опыты показали, что по содержанию вредных примесей: сернистых соединений, воды и кислот местные виды топлива превосходят стандартные топлива.



Фиг. 4. Влияние содержания полиизобутилена, дизельного топлива и авиационного масла на вязкость газоконденсата Ачакского месторождения (при 20°C):

1—газоконденсат + полиизобутилен; 2—газоконденсат + дизельное топливо; 3—газоконденсат + авиационное масло.

Полученные данные подтвердили техническую возможность применения рассмотренных видов местного топлива для автомобильного транспорта. В то же время широкое внедрение нового вида топлива невозможно без технико-экономической оценки целесообразных сфер и объемов его применения. Экономическая целесообразность применения местных топлив была определена в результате рассмотрения народнохозяйственного значения проблемы использования этих топлив для автомобильного транспорта республик Средней Азии и установления оптимальных зон использования отдельных видов местных топлив.

Дана краткая характеристика развития народного хозяйства республик Средней Азии, рассмотрены транспортно-экономические связи, проведено транспортно-экономическое районирование исследуемого региона и выяснена роль автомобильного транспорта в осуществлении экономических связей.

Рассматриваемый регион разделен на девять подрайонов: Западно-Туркменский; Ашхабадский; Восточно-Туркменский; Нижне-Амударьинский; Бухаро-Самаркандский; Ферганский; Ташкентский; Фрунзенско-Тяньшанский и Душанбинско-Памирский.

На основе анализа этих подрайонов рассмотрены тенденции развития автомобильного транспорта республик Средней Азии.

Таблица 4

Парк автомобилей республик Средней Азии по видам применяемого топлива в % %.

Виды топлива	Количество автомобилей			
	1965 г.	1966 г.	1967 г.	1968 г.
Бензин А-66	85,8	80,9	75,8	66,9
Бензины А-72, А-76, АИ-93	11,3	15,6	20,5	29,1
Дизельное топливо	2,9	3,5	3,7	4,0

По плановым данным парк автомобилей четырех республик Средней Азии возрастет за пятилетие на 31,0%, а его грузоподъемность на 40,8%.

Анализ структуры и динамики изменения затрат, определяющих себестоимость транспортной работы, показывает тенденцию к снижению себестоимости перевозок.

Анализ балансов показывает, что расходы на топливо составляют от 11 до 15%. При перевозках по сдельному тарифу наблюдается тенденция к росту топливной составляющей в структуре себестоимости. Таким образом, затраты на топливо являются одной из крупных статей затрат и изыскание путей их снижения представляет несомненный интерес.

Применяемые в настоящее время топлива могут быть разделены на три группы: низкооктановый автомобильный бензин А-66; автомобильные бензины А-72, А-76 и АИ-93, дизельное топливо. Наблюдается постепенное снижение расхода низкооктанового бензина А-66 и увеличение расхода высокооктановых бензинов и дизельного топлива (см. табл. 4).

Поскольку в табл. 4 не приведены грузоподъемность автомобилей, условия эксплуатации и другие факторы, по ее данным нельзя определить потребность в различных видах топлива.

Потребление бензина типа А-66 в 1970 г. составит около 40—45% от общего расхода топлива, а к 1972—74 гг. этот вид топлива почти полностью выйдет из употребления.

В табл. 5 приведены предварительные данные по потребности в топливе на текущую пятилетку.

Таблица 5

Предварительные данные по потребности в различных видах топлива для республик Средней Азии (по данным Госпланов) в тыс. тонн

Виды топлива	1968 г.	1970 г.	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.
Автомобильный бензин	2915	3230	3547	3907	4277	4673	5077
Дизельное топливо	3466	3826	4071	4349	4629	4894	5238

Основным потребителем дизельного топлива является не автомобильный транспорт, а тракторный парк. Запланированная для республик Средней Азии тенденция к снижению соотношения количеств дизельного топлива и бензина (1970 г. — 1,20 и 1975 г. — 1,03) находится в противоречии с общесоюзными тенденциями и является, видимо, результатом перестройки технологических процессов Среднеазиатских НПЗ. Для сравнения приведем данные ВНИИ НП, согласно которым это соотношение изменилось с 1,5 в 1965 г. до 1,8 в 1970 г.

Данные по потребности топлива для различных подрайонов необходимы при определении возможности и целесообразности использования местных ресурсов топлива.

В работе приведены данные по абсолютным величинам и динамике роста добычи нефти в Туркменской и Узбекской республиках, в которых добывается 95% нефти рассматриваемого региона.

Если в 1970 г. пришлось завезти из других республик около 200—250 тысяч тонн бензина и 800—850 тысяч тонн дизельного топлива, то в 1975 г. эти цифры возрастут соответственно до 1,2 и 1,3 млн. т, т. е. за счет местного производства можно будет удовлетворить лишь часть потребности.

Во избежание необходимости увеличения масштаба транспортирования жидкого топлива в республики Средней Азии из других районов СССР, необходимо осуществить перевод части автомобильного парка на местные виды топлива.

Полноценными заменителями моторного топлива, как ранее было доказано, могут быть природный и сжиженный газы, а также газовый конденсат.

Плановые данные по добыче природного и попутного газов в республиках Средней Азии на текущую пятилетку приведены в табл. 6.

Таблица 6

План добычи природного и попутного газов в республиках Средней Азии на 1971—1975 гг. (в млн. м³)

Республики	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.
Узбекская ССР	30908	34790	37893	40525	42885
Туркменская ССР	17090	23550	31829	38606	55939
Таджикская ССР	900	1000	1200	1500	1730
Киргизская ССР	430	470	500	550	600
Итого	49328	59810	71372	81181	87830

Потребление природного и попутного газа для нужд народного хозяйства республик Средней Азии оценивается на 1975 год в 34,1—37,1 млрд. м³.

В 1968 г. было выработано в СССР 4,2 млн. т сжиженных углеводородных газов, в 1969 г. 4,5 млн. т, а в 1970 г. почти 5,0 млн. т. В Средней Азии сжиженные углеводородные газы производятся на трех нефтеперерабатывающих заводах. В 1970 г. их производство составило 58,5 тыс. т., а на 1975 г. запланировано 188,6 тыс. т. По данным Института «Узгипрокомунинжпроект» потребность Узбекской ССР в сжиженном газе составила в 1970 г. 202,9 тыс. тонн, а в 1975 г. возрастет до 337,2 тыс. т. Дефицит покрывается за счет завоза из Башкирской и Татарской АССР.

Добыча газового конденсата в СССР составляет около 1% добычи нефти, в США — 21,2%.

В табл. 7 приведен план добычи газового конденсата в УзССР и Туркменской ССР на 1971—75 и 1980 гг.

Таблица 7

План добычи конденсата в республиках Средней Азии в 1971-75 и 1980 гг. (в тыс. тонн)

Республики	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1980 г.
Узбекская ССР	201	289	347	394	409	600
Туркменская ССР	116	122	122	122	122	1500
Итого	317	411	469	516	531	2100

Использование газового конденсата без предварительной переработки обеспечит заметное повышение ресурсов моторного топлива. Расширение ресурсов моторного топлива имеет не только экономическое значение. В частности, важное значение имеют и социальные факторы: развитие новых районов, снижение токсичности отработавших газов и др.

В табл. 8 приведены данные по себестоимости производства отдельных видов топлива.

Приведенные данные показывают, что по первоначальной себестоимости все виды местного топлива, кроме сжиженного пропан-бутанового газа, дешевле стандартных видов моторного топлива.

Таблица 8

Себестоимость производства жидких нефтепродуктов, сжиженного и природного газов и газовых конденсатов в республиках Средней Азии (в руб/тонна, руб/ 1000м³)

Виды продукции	Себестоимость по годам				
	1965	1967	1969	1970	1975 (план)
Бензин А—66	20,74— —23,53	23,45— —29,62	23,40— —30,50	23,32— —33,16	30,05
Дизельное топливо	20,74	—24,91	—28,15	—28,58	29,38
Сжиженный газ	—	29,21— —58,21	29,72— —68,51	28,50— —67,91	29,32
Газовый конденсат	—	3,82— —7,41	3,80— —5,85	4,61— —7,62	4,02— —7,41
Природный газ	1,167	1,254— —1,600	1,368	1,244— —1,573	1,338— —1,555

Себестоимость производства сжиженного газа также может быть снижена, что следует из опыта его производства на Минибаевском и Туймазинском газобензиновых заводах, где она составляет 12,40 руб/т и 11,73 руб/т.

С экономической точки зрения наиболее перспективно применение для автомобильного транспорта газовых конденсатов.

В крупных городах применение сжиженного газа целесообразно, в первую очередь, для снижения токсичности отработавших газов.

Анализ хозяйственного развития отдельных районов республик Средней Азии показал, что в Восточно-Туркменском, Нижне-Амударьинском, Бухаро-Самаркандском и Душанбино-Памирском подрайонах вся потребность в дизельном топливе может быть удовлетворена за счет газового конденсата.

В то же время для Ташкентского и Западно-Туркменского подрайонов целесообразнее применение сжиженного газа.

РАЗДЕЛ II

Разработка методики определения эксплуатационных показателей автомобилей, работающих на местных видах топлива в республиках Средней Азии

Разработка рекомендаций по применению местных видов топлива для автомобильного транспорта была проведена в результате комплекса исследований работы автомобилей в реальных условиях эксплуатации в природно-климатических условиях Средней Азии.

В большинстве районов Средней Азии условия эксплуатации автомобилей имеют свою характерную специфику. Поэтому было необходимо детально исследовать вопрос о возможности использования в данной работе стандартных методов испытаний автомобилей.

Новые виды топлива влияют на рабочий цикл и параметры двигателя. Поскольку детальное исследование двигателя в эксплуатационных условиях затруднительно, в основу изучения влияния вида топлива на параметры двигателя были положены и стендовые испытания двигателя, включающие индицирование.

Разработка методики проведения лабораторно-дорожных и пробеговых испытаний двигателей и автомобилей на различных видах топлива и в разных природно-климатических условиях потребовала больших подготовительных работ. Развитие конструкции грузовых автомобилей происходит в направлении увеличения грузоподъемности, повышения мощности и степени форсировки двигателей и их дизелизации. Учитывая, что в настоящее время насыщенность автомобильного транспорта автомобилями с нефорсированными двигателями еще значительна, проблема обеспечения автомобильного транспорта топливом должна рассматриваться в отношении большого ассортимента наличного парка и перспективных моделей автомобилей. В связи с этим объектами испытаний приняты:

а) автомобили ЗИЛ-164А с нефорсированными двигателями

($N_e = 16,2$ л. с./л);

б) автомобили ЗИЛ-130 и ЗИЛ-138 с форсированными карбюраторными двигателями ($N_e = 25,0 \div 26,6$ л. с./л);

в) автомобили МАЗ-500 с дизелями ЯМЗ-236 ($N_e = 16$ л. с./л).

Испытания, как правило, проводились без изменения конструкции двигателей. Лишь в отдельных случаях изменялась степень сжатия и регулировка двигателя.

Важным элементом был выбор типпажей дороги, характерный для большинства районов республик Средней Азии.

Показано, что для среднеазиатских республик наиболее характерны дороги, пролегающие на значительной высоте над уровнем моря и в зонах высоких температур. На основе проведенного анализа были выбраны для проведения испытаний трасса Душанбе—Гузар—Карши—Бухара, районы Шаартуза и Анзобского перевала суммарной протяженностью 1000 км и с максимальной высотой 2000—2500 м над уровнем моря.

Для проведения стендовых исследований двигателей в выбранных природно-климатических условиях были разработаны и изготовлены два передвижных испытательных стенда: для двигателей мощностью до 150 л. с. и мощностью до 350 л. с.

Испытательные стенды были снабжены устройствами для поддержания постоянных значений температуры воды и масла в двигателях. Для энергоснабжения была использована электростанция мощностью 8 квт. Для исследования влияния вида топлива на характер протекания рабочего цикла двигателя был использован 9-ти шлейфный осциллограф, пьезоэлектрические и другие датчики. Изучение индикаторных диаграмм производилось визуально и по фотокопиям диаграмм. На индикаторной диаграмме отмечались момент появления искры, начало и конец впрыска топлива, давление в топливопроводе, начало подъема иглы форсунки и др. С помощью специального устройства снимались диаграммы отдельных циклов и усредненные диаграммы. Тарировка масштаба давлений производилась систематически в течение всего периода исследований.

По индикаторным диаграммам определялись давление конца сгорания, скорость нарастания давления, период видимого сгорания, период задержки воспламенения и др. Индикаторные диаграммы снимались одновременно со снятием регулировочных, внешних и нагрузочных характеристик двигателя, т. е. с переменными и оптимальными регулировочными параметрами.

Поскольку испытания проводились в различных природно-климатических условиях, предварительно определялось влияние этих условий на величину оптимального угла опережения зажигания, состав горючей смеси и т. п.

Применение различных видов топлива потребовало предварительной оценки влияния параметров топлива на величину цикловой подачи, на оптимальное значение угла предварения вспыска, на давление начала подъема иглы форсунки и др.

При лабораторно-стендовых испытаниях двигателей измерялись: крутящий момент, расходы топлива и воздуха, температуры отработавших газов, воздуха, горючей смеси,

стенок цилиндров и головок блока, давление топлива, горючей смеси во впускном трубопроводе двигателя, угол опережения зажигания и впрыска, состав отработавших газов и др. Для обеспечения возможности одновременной регистрации столь большого количества параметров была разработана автоматическая измерительная система (АИС), обеспечивающая одновременную запись многих быстроизменяющихся процессов. Основой АИС является логический автомат, служащий для определения момента начала и конца записи, выбора момента записи одноцикловой диаграммы процессов сжатия и расширения при отсутствии сгорания. Фиксация расхода топлива производилась с помощью электронносчетного блока ЭСБ, учет времени выполнялся электронным хронометром. Расход топлива учитывался с помощью фотоэлемента, вмонтированного в весовое устройство. Источниками питания АИС являются выпрямители, снабженные электронной стабилизацией. Доводка и испытания АИС показали, что погрешность при измерениях зависит в основном от класса точности первичных приборов и характера помех.

При проведении износных испытаний двигателей на различных видах топлива оказалось возможным применить общеизвестные методы, в частности, метод, базирующийся на определении содержания «железа» в масле. Одновременно при пробеговых испытаниях дополнительно применялся метод вырезанных лунок. Концентрация металла в масле определялась спектральным анализом, обладающим чувствительностью до $10^{-5}\%$. Выделением отдельных составляющих металлического осадка делалась попытка определить износ наиболее характерных деталей или групп деталей. Продолжительность опыта по определению износа двигателя на каждом виде топлива составляла пять часов. Линия износа строилась по методике проф., докт. техн. наук И. М. Ленина как функция пути, пройденного поршнем.

Одновременно с замерами содержания металла в масле определялась теплонапряженность цилиндро-поршневой группы двигателя на различных видах топлива. Для этой цели были разработаны специальные датчики и применен переносной потенциометр. Особенностью датчиков является то, что они позволяли определить температуру стенок в двух точках по толщине стенки цилиндра.

Характер проводимых исследований потребовал разработки специальной методики и оригинального оборудования для проведения сравнительных лабораторно-дорожных и пробеговых испытаний автомобилей на различных видах топлива. В связи с тем, что при лабораторно-дорожных испытаниях автомобилей одновременно фиксировалось большое количество

во параметров, в кузове автомобиля пришлось разместить специальный контейнер. Управление всеми приборами было вынесено на специальный пульт. Питание приборов осуществлялось от аккумуляторных батарей напряжением 24 вольт. Для исследования режимов движения автомобилей на различных видах топлива был разработан и изготовлен специальный режимомер с 20-ю каналами по которым велись необходимые записи. Режимомер состоит из механизма подачи ленты, пишущего устройства, датчиков, устройства для записи барометрического давления. Перемещение ленты может осуществляться двумя скоростями. Датчики позволяют записывать: передачу, расход топлива, время, обороты вала двигателя, скорость движения автомобиля, барометрическое давление и др.

Пробеговые испытания проводились, как уже указывалось, в Узбекской, Таджикской, Киргизской и Туркменской республиках. Во время пробеговых испытаний износ цилиндров двигателей определялся не только спектральным анализом масла, но и методом вырезанных лунок. Вырезание лунок производилось без полной разборки двигателя с помощью специального прибора.

РАЗДЕЛ III

Эксплуатационные показатели автомобилей, работающих в республиках Средней Азии на различных видах местного топлива

Перед определением основных характеристик двигателей была снята серия регулировочных характеристик, на основе которых были подобраны для каждого вида топлива оптимальные составы горючей смеси, требуемые углы опережения зажигания или предварения впрыска и др. На основе результатов сравнительных испытаний было установлено следующее:

1) для бензина и газового конденсата регулировочные параметры весьма близки между собой;

2) по мере снижения плотности воздуха коэффициент избытка воздуха α сдвигается в сторону более богатых смесей;

3) на газообразных топливах лучшие показатели по мощности и топливной экономичности двигателя достигаются при более бедных смесях, чем на бензине и газовом конденсате, что можно объяснить более широкими пределами воспламенения.

Для выявления влияния вида топлива на внешние показатели двигателя, являющиеся, как правило, определяющими при решении вопроса о выборе вида топлива для данного

автомобиля, были сняты скоростные характеристики двигателя.

Основные показатели двигателей ЗИЛ-164А, ЗИЛ-138, ЗИЛ-130 и МАЗ-500 при работе на различных видах топлива приведены в табл. 9 и 10.

Приведенные данные показывают, что мощностные и экономические показатели двигателей, работающих:

1) на газовых конденсатах и на стандартных топливах практически одни и те же;

2) на сжиженном газе, при степени сжатия до $\epsilon=7,3$, несколько выше, чем на бензине;

3) на природном газе при той же степени сжатия меньше, чем на бензине;

4) на тяжелом газовом конденсате получены такие же или несколько меньшие удельные расходы топлива, чем на дизельном топливе.

Изменение параметров наружной среды с $P_6=727$ мм. рт. ст. и $t_6=40\div44^\circ\text{C}$ до $P_6=607$ мм. рт. ст. и $t_6=25\div29^\circ\text{C}$ вызвало заметное снижение показателей двигателей, работающих на всех видах топлива.

Приведение мощности и крутящего момента двигателя по формуле:

$$\frac{530+t}{545} \cdot \frac{760}{v}$$

обеспечивает результат, отличный от реально получаемого при различных значениях P_6 и t_6 .

Сравнение значений индикаторной мощности, определенных по показаниям динамометра, прокруткой вала двигателя, по индикаторным диаграммам показало, что они отличаются не более чем на 3%

Обработка индикаторных диаграмм, производилась с помощью ЭВМ «Минск — 22» по разработанной нами программе. Для определения законов тепловыделения индикаторная диаграмма разбивалась на отдельные участки по 5° п. к. в. в каждом.

Основные индикаторные данные приведены в табл. 11 и 12. Эти данные позволяют определить влияние вида топлива на продолжительность периодов задержки воспламенения и видимого сгорания. На газообразных топливах продолжительность видимого сгорания меньше, чем на других видах топлива. Несколько большее значение периода видимого сгорания при работе двигателя на бензине объясняется, видимо, разницей в величинах степени сжатия. Для газового конденсата и бензина период видимого сгорания практически одинаков.

Таблица 9
Внешние показатели двигателя ЗИЛ—164А на различных видах топлива при разных значениях P_6 и t_B

Показатели	$P_6 = 727$ мм.рт.ст. $t_B = 40-44^\circ\text{C}$						$P_6 = 607$ мм.рт.ст. $t_B = 25-29^\circ\text{C}$						Изменение параметров в %					
	Бензин $\epsilon=6,2$		Газовый конденсат $\epsilon=6,2$		Сжиженный газ $\epsilon=7,53$		Природный газ $\epsilon=7,3$		Бензин $\epsilon=6,2$		Газовый конденсат $\epsilon=6,2$		Сжиженный газ $\epsilon=7,3$		Природный газ $\epsilon=7,3$		Бензин $\epsilon=6,2$	
	Бензин $\epsilon=6,2$	Природный газ $\epsilon=7,3$	Бензин $\epsilon=6,2$	Природный газ $\epsilon=7,3$	Бензин $\epsilon=6,2$	Природный газ $\epsilon=7,3$	Бензин $\epsilon=6,2$	Природный газ $\epsilon=7,3$	Бензин $\epsilon=6,2$	Природный газ $\epsilon=7,3$	Бензин $\epsilon=6,2$	Природный газ $\epsilon=7,3$	Бензин $\epsilon=6,2$	Природный газ $\epsilon=7,3$	Бензин $\epsilon=6,2$	Природный газ $\epsilon=7,3$	Бензин $\epsilon=6,2$	Природный газ $\epsilon=7,3$
Максимальный крутящий момент, в кгм M_k	30,5	33,5	30,0	31,7	35,0	29,8	27,6	27,2	30,1	38,7	27,3	35,1	30,1	38,7	27,2	35,0	-9,5	-8,6
Максимальная мощность при 2600 об/мин. л. с. N_e	91,5	100,8	90,0	91,0	103,5	83,7	76,0	73,6	82,3	105,5	78,3	100,5	82,3	105,5	73,6	94,5	-5,0	+6,7
Минимальный удельный расход топлива в г/л. с. ч. для жидкого топлива, в м ³ /л. с. ч. для газа	261	264	264	0,110	0,274	313	321	0,123	0,320	—	—	—	—	—	—	—	+21,5	+17,0

Таблица 10

Мощностные и экономические показатели двигателей ЗИЛ—130, ЗИЛ—138 и ЯМЗ—236 на различных видах топлива ($P_6 = 727$ мм. рт. ст. $t_B = 40-44^\circ\text{C}$)

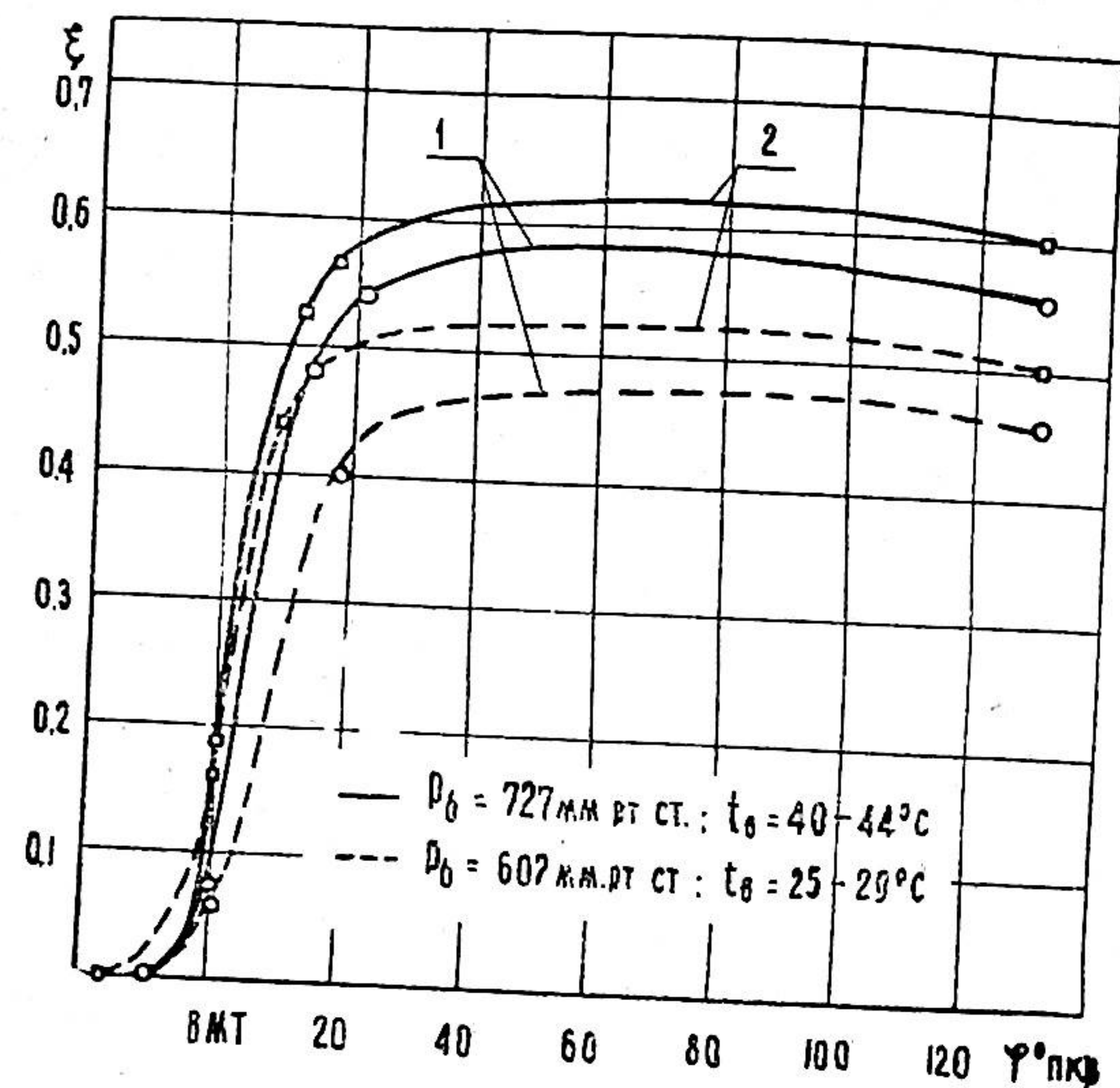
Показатели	Двигатель ЗИЛ—130	Двигатель ЗИЛ—139	Двигатель ЯМЗ—236			
	Бензин А—76	Сжижен- ный газ	Дизельное топливо „Л“	Газовые конденсаты		
				Ачак- ский	Ачак- ский с прис.	Шах- пахтин- ский
Максимальный крутя- щий момент M_k в кгм	41,0	39,4	65,5	67,2	67,7	66,3
Максимальная мощ- ность N_e в л. с.	150,0	157,0	180,0	180,0	180,0	180,0
Минимальный удель- ный расход топлива $d_{e\min}$ в г/л. с. ч. для жидкого топлива, в м ³ /л. с. ч. для газа	254,0	0,082	176,0	171,0	172,0	174,0

С увеличением числа оборотов вала двигателя период задержки воспламенения, выраженный в $^\circ\text{пкв}$, для всех видов топлива увеличивается. Величина максимального давления конца сгорания зависит, как известно, от степени сжатия двигателя, теплотворности горючей смеси и скорости сгорания топлива.

На фиг. 5 приведены характеристики активного тепловыделения при работе двигателя на сжиженном газе и бензине в разных климатических условиях. Снижение атмосферного давления вызвало уменьшение коэффициента активного тепловыделения, однако, на газе оно менее заметно.

Индицирование рабочего цикла дизеля ЯМЗ—236 при его работе на дизельном топливе и трех видах газового конденсата производилось при $n=900, 1300, 1700, 1900$ и 2100 об/мин (см. табл. 12). Обработка индикаторных диаграмм показала, что характер изменения параметров рабочего цикла по оборотам идентичен для всех видов топлива, однако абсолютные значения максимального давления цикла скорости нарастания давления и степени его повышения на газовом конденсате несколько выше, чем на дизельном топливе. Эта разница не столь значительна, чтобы представить опасность для прочности и износа деталей. На газовом конденсате индукционный период больше, а период видимого сгорания меньше, чем на дизельном топливе.

На фиг. 6 приведены характеристики износа двигателя ЗИЛ—164А на четырех видах топлива, построенные на ос-



Фиг. 5. Характеристики активного тепловыделения при работе двигателя на бензине и сжатом газе в разных климатических условиях ($n=1200$ об/мин; $\alpha_{NI} \text{ max}$):

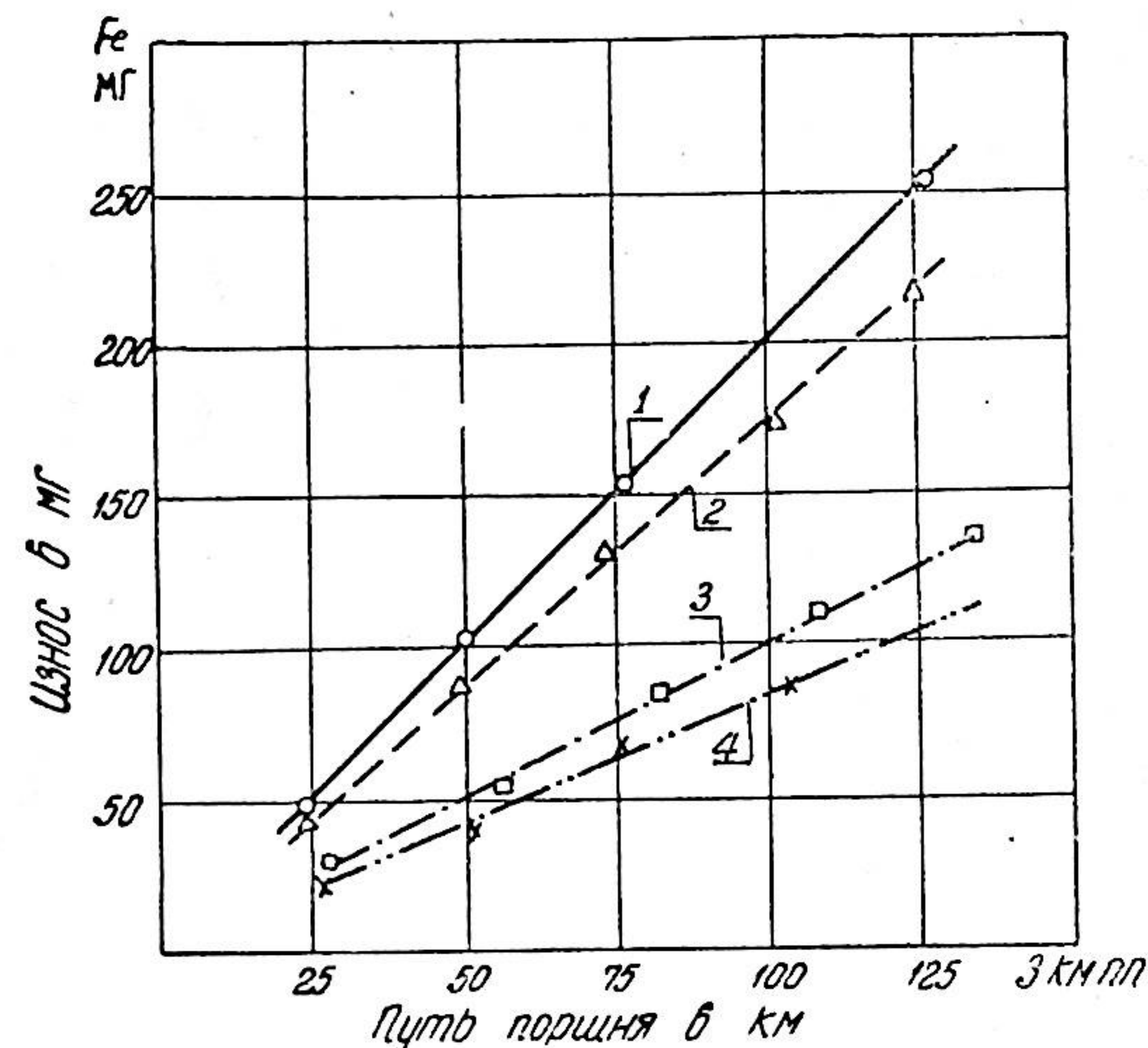
1—бензин А-66; 2—сжиженный газ.

новые данные по спектральному анализу металла в масле. В работе была сделана попытка увязать износные характеристики со значениями температуры стенок цилиндров. Однако четкой зависимости между этими характеристиками не удалось выявить. Хотя на сжиженном газе температура стенок выше, чем на бензине и газовом конденсате, износ на этом виде топлива на 50% меньше, чем на бензине. На природном газе теплонапряженность и износ двигателя ниже, чем на других видах топлива.

Лабораторно-дорожные испытания проводились с прицепом и без прицепа. Результаты лабораторно-дорожных испытаний автомобилей на разных видах топлива показаны на фиг. 7, 8, 9, 10. Они позволяют сделать следующие выводы:

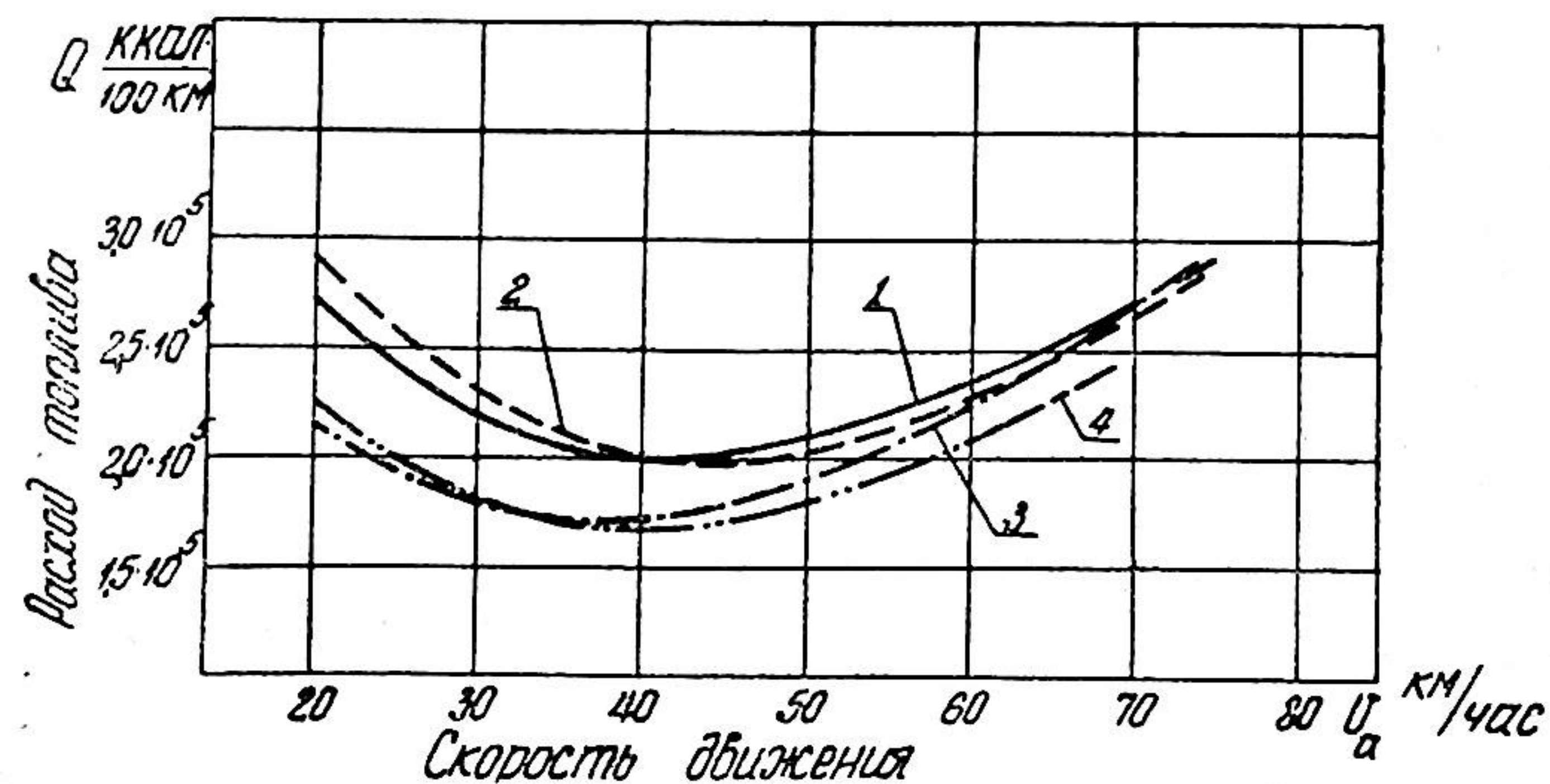
1) на газообразных топливах при $\epsilon=7,3$ топливная экономичность автомобиля выше, чем при работе на бензине;

2) на газовых конденсатах топливная экономичность автомобиля практически такая же, как и на стандартных видах жидкого топлива;



Фиг. 6. Линии износа двигателя ЗИЛ—164А при работе на различных топливах:

1—бензин $\epsilon=6,2$; 2—газоконденсат $\epsilon=6,2$; 3—сжиженный газ $\epsilon=7,3$; 4—природный газ $\epsilon=7,3$.



Фиг. 7. Экономические характеристики автомобиля ЗИЛ—164А:

1—бензин; 2—газоконденсат; 3—сжиженный газ; 4—природный газ.

Таблица 11

Основные показатели рабочего цикла двигателя ЗИЛ—164А при работе с полной нагрузкой
на различных видах топлива и при разных значениях P_6 и t_b .

Показатели	$P_6 = 727$ мм.рт.ст., $t_b = 40-44^\circ\text{C}$									
	Бензин А-66 $\epsilon=6,2$		Газовый конденсат $\epsilon=6,2$		Сжиженный газ $\epsilon=7,3$		Природный газ $\epsilon=7,3$		$P_6 = 607$ мм.рт.ст., $t_b = 25-29$	
									Бензин А-66 $\epsilon=6,2$	
	$n=1200$	$n=2000$	$n=1200$	$n=2000$	$n=1200$	$n=2000$	$n=1200$	$n=2000$	$n=1200$	Сжиженный газ $\epsilon=7,3$ $n=1200$
$\varphi_{\text{нд}}$ в $^\circ\text{ПКВ}$	5,0	12,0	5,0	11,0	5,0	8,0	7,5	8,0	6,5	7,2
φ_z в $^\circ\text{ПКВ}$	25,5	23,5	26,0	23,0	23,0	21,0	23,0	20,0	29,0	27,0
$P_{1\text{max}}$ в кг/см^2	8,6	7,0	8,5	7,0	8,9	7,7	8,1	7,0	—	—
$P_{z\text{max}}$ в кг/см^2	33,4	28,3	33,4	28,2	41,6	34,3	35,0	31,3	24,3	30,0
$\frac{dP}{d\varphi}$ в $\frac{\text{кг/см}^2}{1^\circ\text{ПКВ}}$	0,95	0,8	0,96	0,78	1,23	0,97	0,95	0,81	—	—

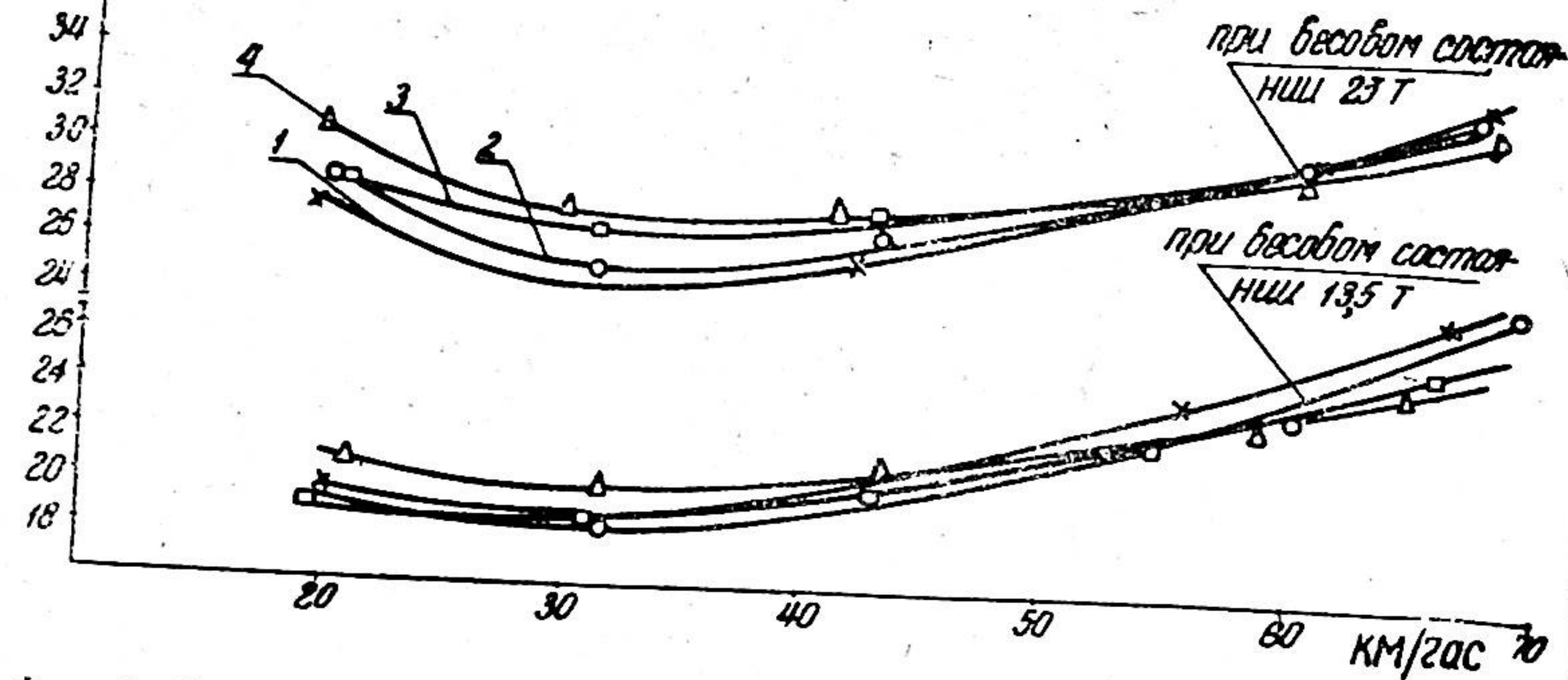
3) динамические качества автомобилей на местных видах топлива, кроме природных газов, несколько выше, чем на базовых топливах. Некоторое снижение динамических показателей автомобиля при работе на природном газе объясняется недостаточной величиной степени сжатия двигателя для этого вида высокооктанового топлива.

Таблица 12

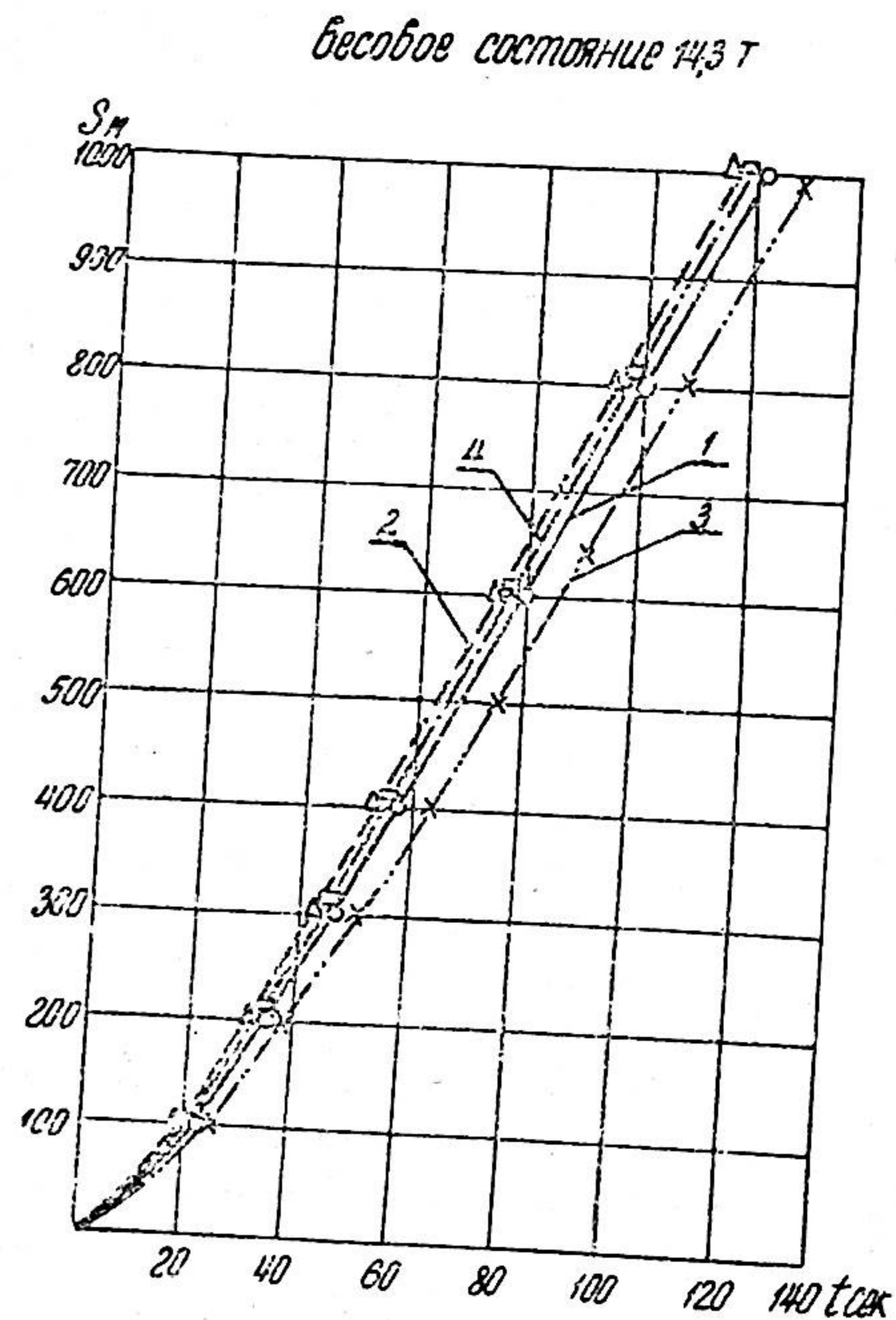
Основные показатели рабочего цикла дизеля ЯМЗ—236 при работе с полной нагрузкой на различных видах топлива

Вид топлива	Параметры	Обороты вала двигателя в минуту				
		900	1300	1700	1900	2100
Дизельное топливо	P_1 в кг/см^2	8,75	9,60	9,75	9,72	9,31
	P_z в кг/см^2	55,00	73,30	79,50	78,50	76,50
	$\varphi_{\text{впр}}$ в $^\circ\text{ПКВ}$	12,80	21,60	26,00	29,00	35,00
	θ в $^\circ\text{ПКВ}$	16,00	19,50	22,40	23,00	26,00
	φ_z в $^\circ\text{ПКВ}$	8,40	9,50	12,70	13,00	14,60
	$\varphi_{\text{в.с.}}$ в $^\circ\text{ПКВ}$	15,50	15,70	17,50	17,80	17,80
	$\frac{dP}{d\varphi}$ в $\frac{\text{кг/см}^2}{1^\circ\text{ПКВ}}$	5,10	7,20	7,40	7,30	6,40
Газовый конденсат Ачакского месторождения (без присадки)	P_1 в кг/см^2	8,91	9,89	9,89	9,98	9,31
	P_z в кг/см^2	58,50	75,50	83,00	82,50	80,10
	$\varphi_{\text{впр}}$ в $^\circ\text{ПКВ}$	15,50	23,50	25,50	29,50	32,60
	θ в $^\circ\text{ПКВ}$	15,80	19,30	21,40	22,50	23,00
	φ_z в $^\circ\text{ПКВ}$	11,00	13,00	14,50	15,00	16,00
	$\varphi_{\text{в.с.}}$ в $^\circ\text{ПКВ}$	12,00	13,70	14,20	14,50	15,00
	$\frac{dP}{d\varphi}$ в $\frac{\text{кг/см}^2}{1^\circ\text{ПКВ}}$	5,60	8,00	8,50	8,30	7,30
Газовый конденсат Ачакского месторождения (с присадкой)	P_1 в кг/см^2	8,88	9,79	9,82	9,78	9,31
	P_s в кг/см^2	57,00	75,50	82,00	81,00	80,00
	$\varphi_{\text{впр}}$ в $^\circ\text{ПКВ}$	15,00	20,90	25,00	29,40	31,40
	θ в $^\circ\text{ПКВ}$	15,70	18,50	21,00	22,30	23,00
	φ_z в $^\circ\text{ПКВ}$	10,50	12,80	14,20	15,50	16,40
	$\varphi_{\text{в.с.}}$ в $^\circ\text{ПКВ}$	12,40	13,50	14,00	14,40	15,00
	$\frac{dP}{d\varphi}$ в $\frac{\text{кг/см}^2}{1^\circ\text{ПКВ}}$	5,50	7,80	8,20	8,10	7,10
Газовый конденсат Шахпактинского месторождения	P_1 в кг/см^2	8,81	9,70	9,80	9,74	9,31
	P_z в кг/см^2	57,00	74,50	81,50	80,50	78,00
	$\varphi_{\text{впр}}$ в $^\circ\text{ПКВ}$	14,00	22,50	25,30	29,60	32,30
	θ в $^\circ\text{ПКВ}$	15,90	18,60	21,40	22,50	24,00
	φ_z в $^\circ\text{ПКВ}$	10,00	11,40	14,00	14,60	15,30
	$\varphi_{\text{в.с.}}$ в $^\circ\text{ПКВ}$	13,00	14,50	14,50	15,00	15,20
	$\frac{dP}{d\varphi}$ в $\frac{\text{кг/см}^2}{1^\circ\text{ПКВ}}$	5,40	7,70	8,00	7,90	7,00

Пробеговые испытания автомобилей, в процессе которых определялись средне-технические скорости движения и средние расходы топлива при работе на разных видах топлива и в различных дорожных и климатических условиях, в основном подтвердили результаты, полученные при стендо-



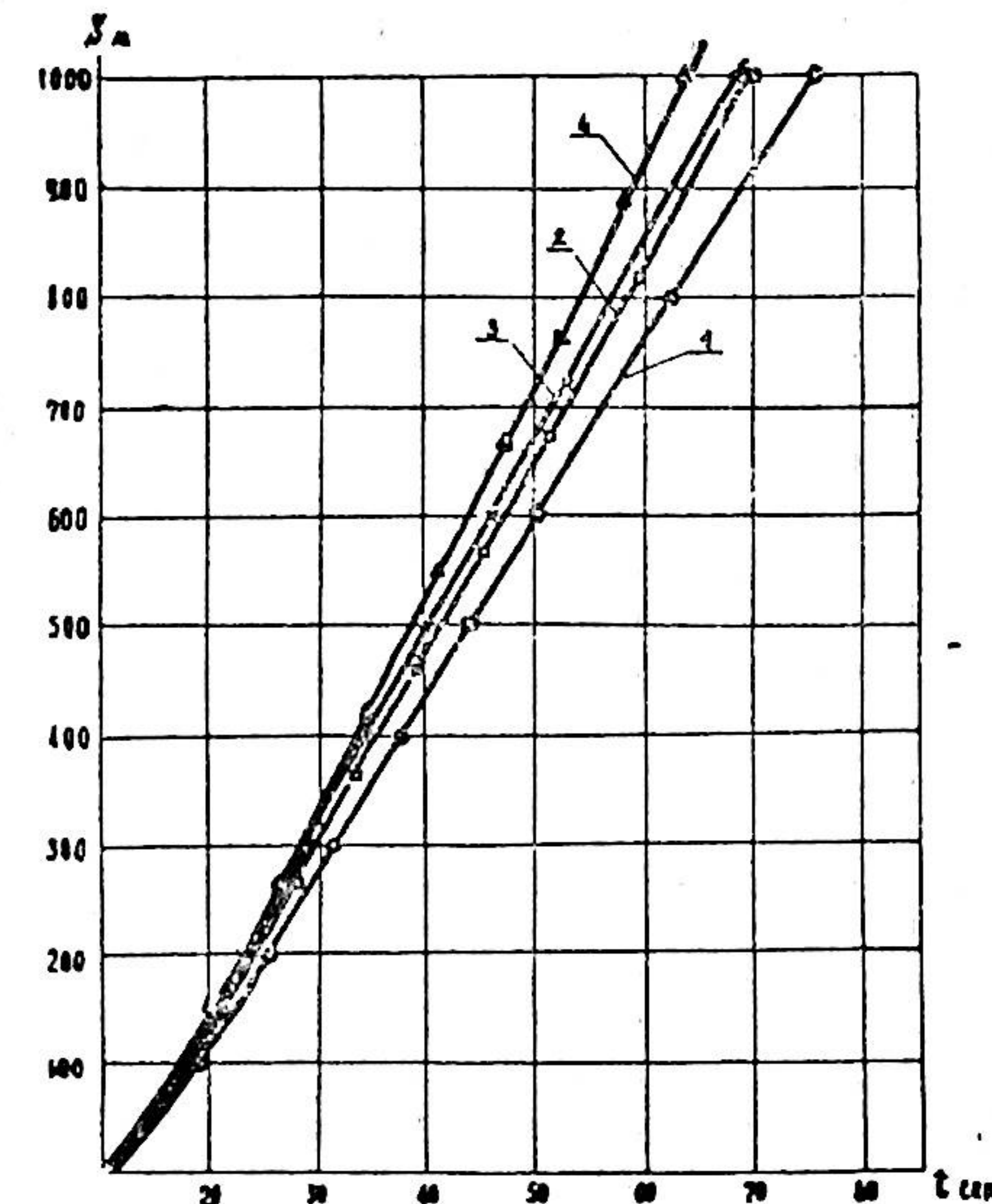
Фиг. 8. Дорожно-экономические характеристики автомобиля МАЗ-500 с дизелем ЯМЗ-236.
1—дизельное топливо; 2—ачакский газоконденсат; 3—ачакский газоконденсат с присадкой 0,2 % полиизобутилена; 4—шахтахтинский газоконденсат.



Фиг. 9. Характеристики разгона автомобиля ЗИЛ-164А с места с переключением передач:
1—бензин А-66; 2—бензин; 3—бензин; 4—бензин.

ний и проведенные по методу вырезанных лунок и анализов масла, показали, что на всех топливах-заменителях интенсивных и лабораторно-дорожных исследованиях. Износные испытания, явившиеся составной частью пробеговых испыта-

Весовое состояние - 23 г



Фиг. 10. Характеристики разгона автомобиля МАЗ-500 с места с переключением передач:

1—дизельное топливо; 2—ачакский газоконденсат; 3—ачакский газоконденсат с присадкой; 4—шахтахтинский газоконденсат.

ность износа меньше, чем на базовых топливах, при этом чем легче топливо, тем меньше износ стенок. Исследование динамики «старения» масла по изменению вязкости, кислотности и др. показало, что на всех видах местных топлив этот процесс протекает медленнее, чем на базовых топливах, особенно на горючих газах.

Технико-экономические и эксплуатационные показатели
автомобильных хозяйств республик Средней Азии,
использующих местные виды топлива
(рекомендации по применению местных видов топлива
на автомобильном транспорте)

Комплекс проведенных исследований обосновал техническую возможность и экономическую целесообразность применения местных видов топлива для автомобильного транспорта республик Средней Азии.

Перед окончательной разработкой рекомендаций было решено провести эксплуатационные испытания.

Переоборудование автомобилей для работы на сжиженном нефтяном газе было осуществлено в автомобильных хозяйствах. В связи с отсутствием в республиках Средней Азии заправочных станций эксплуатационные испытания этих автомобилей проводились в автопарках, осуществляющих перевозки сжиженного газа. Эксплуатационные испытания автомобилей на сжиженном газе проводились в два этапа. На первом этапе (в 1963—64 гг.) испытывались шесть автомобилей ГАЗ—51А, переоборудованных для работы на газе по универсальной схеме.

На втором этапе (1967—69 гг.) проходили эксплуатационные испытания пяти газобаллонных автомобилей, несколько форсированных по степени сжатия и наполнению. Модернизация включала повышение степени сжатия с $\epsilon=6,2$ до $\epsilon=6,7$ за счет установки головки цилиндров и выпускной системы двигателя ГАЗ—12. Для получения сопоставимых данных одновременно проводились также испытания пяти стандартных автомобилей ГАЗ—51.

Сравнение эксплуатационных показателей автомобилей, работающих на сжиженном газе и бензине, показало, что при одинаковых значениях грузоподъемности, средней продолжительности работы, длине ездки, средней технической скорости и др. общая производительность газобаллонных автомобилей на 20% выше производительности бензиновых автомобилей. Достигается это за счет увеличения коэффициента выпуска автомобилей на линию и времени пребывания в наряде. Первое достигается в результате меньшего износа двигателей. Увеличение времени пребывания автомобиля в наряде достигнуто в результате того, что бензозаправочная станция находится на расстоянии 16 км от базы сжиженного газа, а заправка автомобилей сжиженным газом производилась непосредственно на базе.

Полученные данные послужили основой для оценки экономической эффективности перевода автомобилей на сжиженный газ. Основная экономия достигается в результате разницы в затратах на топливо и ремонты. Отпускные цены бензина А—66-68 руб/т, сжиженного газа — 32 руб/т. При среднегодовых расходах топлива на один автомобиль 10 тонн годовой экономический эффект в расходах на топливо составляет 360 руб. в год на каждый автомобиль, экономия на ремонтах составляет около 70 руб. в год на каждый двигатель. Дополнительная экономия получается за счет увеличения объема выполняемой работы. Расчеты показывают, что дополнительные затраты, связанные с переоборудованием автомобилей на питание сжиженным газом, окупятся в срок менее одного года.

Особое внимание нами было уделено вопросам создания устройств, обеспечивающих нормальную эксплуатацию автомобилей на легком и тяжелом газовых конденсатах. В 1967 году на месторождении Южный Мубарек силами производственного объединения «Бухаранефтегаз» была сооружена по проекту СреазНИИгаза и под авторским надзором сотрудников лаборатории газовых двигателей опытно-промышленная установка по этилированию до 100 м³ газового конденсата в сутки. На этилированном газовом конденсате этой установки работали 60 автомобилей Кашкадарьинского облавтотреста, 50 автомобилей Бухарского облавтотреста и 25 автомобилей Автотранспортной конторы объединения «Бухаранефтегаз». Опыт эксплуатации этих автомобилей в течение 1967—68 годов позволяет сделать окончательные выводы о технической возможности и экономической целесообразности использования этилированного газового конденсата в качестве топлива для автомобилей с карбюраторными двигателями. По данным эксплуатирующих организаций, каких-либо трудностей в работе автомобилей на этилированном газовом конденсате отмечено не было. Эксплуатационные показатели автомобилей были такими же, как и при работе на бензине А—66.

Экономическая эффективность данного мероприятия может быть оценена в первом приближении по разности в затратах на топливо. При отпускной цене исходного газового конденсата 20 руб/тонна и дополнительных затратах на этилирование 5 рублей за тонну, примерный годовой экономический эффект в ходе эксплуатационных испытаний составил 47250 руб.

Эксплуатационные испытания автомобилей МАЗ—500 на газовом конденсате Ачакского месторождения с вязкостной полиизобутиленовой присадкой проводились в 3-й автоколонне автотранспортной конторы объединения «Бухара-

нефтегаз». Испытания проводились в течение июля-августа 1969 г. В связи с наличием ограниченного количества полиизобутилена испытания проводились лишь на четырех автомобилях. Полученные данные все же позволили подтвердить техническую возможность и экономическую эффективность применения этого топлива в условиях рядовой эксплуатации. Установлено, что эксплуатационные показатели автомобилей, работающих на газовом конденсате, не отличаются от средних показателей стандартных автомобилей МАЗ — 500. По технико-экономическим показателям автомобили, работавшие на газовом конденсате, имеют несомненные преимущества по стоимости топлива. Затраты на газовый конденсат оценивались исходя из себестоимости его производства, составляющей, по данным «Туркменгазпрома», 4,62 руб/т. Расходы на транспортирование их на расстояние 100 км составили 5,7 руб/т. На добавление вязкостной полиизобутиленовой присадки тратилось 3 руб/т. Таким образом, общая стоимость газового конденсатного топлива составляла 13,32 руб/т. Цена дизельного топлива, по данным АТК «Бухаранефтегаз», составляет 45 руб/тонна.

Расчеты показали, что за счет экономии на топливной составляющей при переходе на новый вид топлива можно снизить общую себестоимость перевозок на 8—10%.

Детально рассмотрены предпосылки, необходимые для широкого применения для автомобилей сжиженного пропан-бутанового газа, легкого газового конденсата. Оценены капитальные и эксплуатационные затраты, связанные с полным использованием газового конденсата месторождения Южный Мубарек. Капитальные затраты оценены в 35 тысяч рублей. Эксплуатационные расходы составят около 150 тысяч рублей при объеме производства в 60000 тонн в год. При полной реализации этого мероприятия экономический эффект составит около 650000 руб. в год.

Рациональное использование тяжелых газовых конденсатов возможно при проведении некоторых мероприятий. Использование шахпахтинского, самантепинского и шехитлинского газовых конденсатов требует лишь создания сборно-раздаточных емкостей. Для газовых конденсатов Ачакского месторождения разработана технология растворения необходимого количества полиизобутилена. На основе разработанного проекта были определены основные объекты технологической установки, а также необходимые капитальные вложения и эксплуатационные затраты. Установка запроектирована на основе оборудования, имеющегося на промыслах и других объектах объединения «Туркменгазпром». Монтаж основных блоков установки начат в пос. Газ-Ачак (ст. Питняк).

При расчете капитальных затрат учтена стоимость конденсатопровода и раздаточной эстакады, а также общестроительные затраты и расходы на обвязку арматурой, электропроводкой.

Общие капитальные затраты на сооружение установки по доведению параметров газового конденсата Ачакского месторождения до параметров дизельного топлива составят 200 000 руб. Производительность этой установки 120 тыс. тонн в год. Общие приведенные эксплуатационные затраты составят около 400 000 руб.

При себестоимости газового конденсата 6 руб. за тонну и отпускной цене 40 руб/т экономический эффект от внедрения этой установки составит более 2 млн. рублей. Дополнительные капитальные затраты окупятся в срок менее года.

С целью оценки перспектив использования природного газа в сжатом и сжиженном виде для нужд автомобильного и других видов транспорта были проведены испытания стационарных двигателей на этом виде топлива.

В ходе эксплуатационных испытаний стационарных газовых двигателей типа 11ГД100 на природном газе была установлена возможность значительного увеличения межремонтного срока службы двигателей. На основе наших рекомендаций завод им. Малышева внес изменение в инструкцию по эксплуатации этих двигателей в части удлинения межремонтного срока службы с 3-х до 6-ти тысяч часов. Это позволило вдвое уменьшить количество ремонтов, что дало экономический эффект, превышающий 500 тыс. рублей.

Полученные данные послужили основой для оценки возможности применения газовых двигателей и в других отраслях народного хозяйства. В работе показана целесообразность применения их для железнодорожного транспорта, при машинном орошении, для кондиционирования воздуха, при бурении скважин и др. Проведенные расчеты показали, что перевод двигателей буровых установок на газовое топливо обеспечит не менее 20 тысяч рублей экономии при бурении одной скважины глубиной до 2000 м. Об общем экономическом эффекте можно судить по тому, что на крупных месторождениях осуществляется бурение не менее 100 скважин.

Результаты эксплуатационных испытаний послужили основой для разработки рекомендаций по рациональному использованию местных видов топлива на автомобильном транспорте республик Средней Азии и позволили оценить перспективы дальнейших исследований по рассматриваемой проблеме.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ тенденций развития экономики республик Средней Азии на 1971—1975 гг. и их транспортных систем показывает, что в текущем пятилетии автомобильный транспорт явится одним из важнейших видов транспортных средств.

Производство жидких нефтепродуктов в республиках Средней Азии окажется недостаточным для удовлетворения спроса всех его потребителей, и проблема топлив-заменителей приобретает значительную актуальность.

2. Ресурсы местных видов топлива, их географическое расположение и моторные свойства позволяют в текущем пятилетии использовать в качестве топлива для массовых моделей автомобилей газовых конденсатов, сжиженных пропан-бутановых и сжатых природных газов. В следующем пятилетии, вероятно, найдет также применение сжиженный природный газ, который целесообразно использовать комплексно: в качестве топлива для двигателя и хладагента для рефрижераторных установок.

3. Газовые конденсаты целесообразно разделить на две группы: легкие, которые могут быть использованы в качестве заменителя бензина, и тяжелые, являющиеся полноценными заменителями дизельного топлива. Для обеспечения возможности использования газовых конденсатов в стандартных двигателях разработаны и рекомендованы мероприятия по повышению антидетонационной стойкости легких газовых конденсатов и вязкости тяжелых газовых конденсатов.

4. Горючие газы, ресурсы которых весьма значительны в республиках Средней Азии, обеспечивают при использовании их в качестве топлива для автомобильных двигателей не только экономию жидких нефтепродуктов, повышение моторного ресурса двигателей, снижение расхода топлива и масла, но и резкое уменьшение содержания в отработавших газах токсичных и канцерогенных веществ, что делает особо целесообразным их использование на автомобильном транспорте, работающем в местах с повышенной концентрацией автомобильного транспорта и ограниченным воздухообменом.

5. Созданные при проведении настоящей работы передвижные испытательные стенды, автоматическая измерительная система и контейнер с приборами для одновременной записи большого числа показателей при дорожных испытаниях автомобилей позволили наиболее быстро, точно и с меньшей затратой человеческого труда регистрировать при проведении экспериментов в естественных природно-климатических условиях республик Средней Азии весь комплекс параметров, необходимых для анализа влияния вида топлива и природно-климатических условий на показатели работы двигателя и автомобиля.

6. Индицирование рабочего цикла двигателя на различных видах топлива и обработка материалов на электронно-вычислительной машине позволили выявить влияние вида топлива на характер протекания отдельных участков индикаторной диаграммы и объяснить ряд особенностей в работе двигателя на местных видах топлива.

7. Лабораторно-стендовые испытания двигателей, лабораторно-дорожные и пробеговые испытания автомобилей в характерных естественных природно-климатических условиях республик Средней Азии позволили ответить на ряд весьма важных вопросов. Было установлено, в частности, что несмотря на более низкую температуру кипения легкого газового конденсата и большую степень подогрева его в трубопроводе системы питания двигателя, образования паровых пробок не происходит. Характер влияния температуры наружного воздуха и барометрического давления на регулировочные, мощностные и экономические показатели двигателя и автомобиля различны для разных видов топлива.

8. Разработанная и примененная во время испытаний методика оценки влияния вида топлива на износ двигателей в лабораторных и дорожных условиях позволила достаточно точно и быстро установить, что на газовом конденсате износ двигателя практически такой же, как на жидком топливе, а на газообразном топливе он ниже, чем на жидком.

9. Перевод части автомобильного парка республик Средней Азии на местные виды топлива обеспечивает, наряду с экономией жидких топлив и освобождением железнодорожного и других видов транспорта от перевозок жидких нефтепродуктов, значительную экономию, достигающую 2,5—3,0 млн. руб. в год.

10. При рациональном использовании всех ресурсов местных видов топлива республик Средней Азии (природного и сжиженного газов, легкого и тяжелого газовых конденсатов) годовой экономический эффект на уровне 1980 г. может достигнуть 80—100 млн. рублей.

11. Разработаны рекомендации по направлениям рационального использования отдельных видов местного топлива, определены мероприятия, необходимые для их внедрения, подсчитан условный годовой экономический эффект, выявлены ресурсы топлива, которые могут быть использованы в других экономических районах страны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Народнохозяйственное значение работы и рекомендаций, сделанных на основе выводов по ней, заключается в экономии привозных дефицитных жидких нефтепродуктов,

в освобождении железнодорожного, автомобильного и других видов транспорта от их перевозок, в денежной экономии по затратам на топливо, в более рациональном использовании энергетических ресурсов страны. Годовой экономический эффект на уровне 1980 года может достигнуть 80—100 млн/год. При использовании на автомобильном транспорте горючих газов одновременно решается проблема защиты атмосферного воздуха от загрязнения токсичными и канцерогенными веществами.

2. В работе дана сравнительная оценка различных топлив для автомобильного транспорта от наиболее легких природных газов до тяжелого моторного топлива. Показано влияние рода топлива на мощностные, экономические и эксплуатационные показатели двигателей и автомобилей. Даны аналитические зависимости, отражающие эти характеристики.

3. Дальнейшие работы в области применения для автомобильных и других типов двигателей внутреннего сгорания неиспользуемых местных видов топлива и повышения показателей работы двигателей на этих топливах следует проводить в направлениях:

а) выявления возможности использования в качестве моторного топлива газовых конденсатов вновь открываемых месторождений и определения условий, при которых их параметры будут доведены до параметров стандартных видов топлива;

б) разработки рациональных схем комплексного использования сжиженных природных и пропановых газов в качестве топлива для автомобилей;

в) проведения комплекса исследований по дальнейшему снижению токсичности отработавших газов двигателей, работающих на топливах-заменителях.

ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. Муталибов А. А., Гольдфильд М. Л. Результаты исследований по снижению дымности выхлопа дизелей. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 3, «Фан», Ташкент, 1967.
2. Муталибов А. А., Гольдфильд М. Л., Каримов Э. Производство и использование жидкого метана в условиях Средней Азии. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 3, «Фан», Ташкент, 1967.
3. Муталибов А. А., Маннанов Н. Н. Исследование моторных качеств газовых конденсатов месторождения Южный Мубарек. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 4, «Фан», Ташкент, 1967.
4. Муталибов А. А., Гольдфильд М. Л. Определение критических степеней сжатия газовых топлив на установке ИТ9—6Г. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 4, «Фан», Ташкент, 1967.

5. Муталибов А. А., Гольдфильд М. Л., Рахметов Б. Р., Шадеев Р. Г. Эксплуатационные испытания газовых двигателей ИГД100 на газопроводе Бухара—Урал. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 4, «Фан», Ташкент, 1967.
6. Муталибов А. А., Гуреев А. А., Акопов В. Исследование загрязненности топлив и ее влияние на надежность и долговечность автомобилей. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 4, «Фан», Ташкент, 1967.
7. Муталибов А. А., Гольдфильд М. Л., Рахметов Б. Р. Рекомендации по обеспечению эксплуатационной надежности газовых двигателей ИГД100. В сб. УзИНТИ, Ташкент, 1967.
8. Муталибов А. А., Мирюнов М. М. Применение газовых конденсатов в дизелях. В журнале «Янги—Техника», № 5, УзИНТИ, 1968.
9. Муталибов А. А., Гольдфильд М. Л., Маннанов Н. Н. Конденсат просится в дело. Газета «Правда Востока», № 93, 1968.
10. Муталибов А. А., Каримов Э. Х. Использование природных газов Средней Азии в ДВС. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 5, «Фан», Ташкент, 1969.
11. Муталибов А. А., Мирюнов М. М. Использование газоконденсатов как топлива для двигателей с воспламенением от сжатия. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 5, «Фан», Ташкент, 1969.
12. Муталибов А. А., Айзен И. А., Таиров С. Исследование износа двигателя, работающего на различных видах топлива, методом спектрального анализа. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 5, «Фан», Ташкент, 1969.
13. Муталибов А. А., Мирюнов М. М. Исследование работы топливной аппаратуры дизеля на газоконденсате. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 5, «Фан», Ташкент, 1969.
14. Муталибов А. А., Гольдфильд М. Л., Мирюнов М. М. Некоторые результаты сравнительных исследований по применению газоконденсатов в качестве заменителей тяжелого моторного топлива. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 6, «Фан», Ташкент, 1968.
15. Муталибов А. А., Кунко С. М. Повышение точности регулирования и надежности параллельной работы газовых двигателей 6ГЧ 36/45. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 7, «Фан», Ташкент, 1969.
16. Муталибов А. А., Кунко С. М. Исследование двигателей внутреннего сгорания с помощью автоматической измерительной системы. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 7, часть 2, «Фан», Ташкент, 1969.
17. Муталибов А. А., Салиев Ш. Особенности теплопередачи в двигателях внутреннего сгорания. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 7, часть 2, «Фан», Ташкент, 1969.
18. Муталибов А. А., Маннанов Н. Н. Исследование моторных свойств в условиях высоких температур и пониженных плотностей воздуха. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 7, часть 2, «Фан», Ташкент, 1969.
19. Муталибов А. А., Гольдфильд М. Л. и другие. Перевод двигателей буровых установок на газовое топливо. В сб. УзИНТИ, Ташкент, 1969.
20. Муталибов А. А., Маннанов Н. Н. Использование газа в народном хозяйстве. Журнал «Газовая промышленность», № 7, 1969.
21. Муталибов А. А., Маннанов Н. Н., Салиев Ш. Исследование теплонапряженности стенок цилиндров и головки блока двигателя при работе на газовом конденсате. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 8, «Фан», Ташкент, 1970.

22. Муталибов А. А., Хайбулин М. Экспериментальное исследование процесса подачи топлива четырехтактным дизельным двигателем ЯМЗ — 236 при работе на газоконденсатах среднеазиатских месторождений. В сб. «Использование газа в народном хозяйстве», вып. 8. «Фан», Ташкент, 1970.
23. Муталибов А. А., Маннанов Н. Н., Салиев Ш. Исследование рабочего процесса карбюраторного двигателя при работе на газоконденсате. В сб. «Технология сжигания газа и мазута», вып. 9. «Фан», Ташкент, 1971.
24. Муталибов А. А., Салиев Ш., Кунко С. М. Измерение мгновенных значений температур стенок цилиндра и головки блока ДВС. В сб. «Технология сжигания газа и мазута», вып. 9. «Фан», Ташкент, 1971.
25. Муталибов А. А., Таиров С. Исследование топливной экономичности и динамических показателей автомобиля ЗИЛ — 164А при работе на газообразном топливе. В сб. «Технология сжигания газа и мазута», вып. 9. «Фан», Ташкент, 1971.
26. Муталибов А. А., Таиров С. Исследование мощностных и экономических показателей двигателя при работе на газообразном топливе в природно-климатических условиях Средней Азии. В сб. «Технология сжигания газа и мазута», вып. 9. «Фан», Ташкент, 1971.
27. Муталибов А. А., Мирюнусов М. М. Исследование работы топливной аппаратуры дизеля ЯМЗ — 236 на некоторых газовых конденсатах. В сб. «Технология сжигания газа и мазута», вып. 9. «Фан», Ташкент, 1971.

Отдельные части диссертационной работы докладывались на:

- объединенном заседании Ученого совета СредазНИИгаза и Научно-технического совета Объединения «Туркменгазпром» (г. Ашхабад, 1967 г.);
 - всесоюзной конференции «Пути повышения надежности и экономической эффективности автомобилей, работающих в жарком климате и горных районах страны» (г. Душанбе, 1967 г.);
 - I республиканской конференции по технологии использования газового топлива (г. Ташкент, 1969 г.);
 - расширенном заседании кафедр МАМИ (г. Москва, 1970 г.);
 - XXXII и XXXIV научно-теоретических и технических конференциях профессорско-преподавательского состава Ташкентского политехнического института (1968—1970 гг.);
 - расширенном заседании кафедр МАДИ (г. Москва, 1971 г.);
 - технической конференции по вопросу использования Вуктыльского конденсата в качестве дизельного топлива (г. Ухта 1971 г.);
 - II республиканской конференции по технологии сжигания газа и резервных видов топлива (г. Ташкент, 1971 г.).
- Муталибов Абдусалам Абдуганиевич «Исследование особенностей работы автомобильного транспорта республик Средней Азии на местных видах топлива».

P10973 Сдано в набор 16 VII—1971 г. подписано к печати 13 VIII—1971 г., объем 2,0 печ. л. тираж. 150 экз. зак. 876.

Типография Издательство «ФАН» УзССР г. Ташкент ул. Черданцева 21.