

6
А-29

СОВЕТ АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТА НЕФТИ И ХИМИИ им. М. АЗИЗБЕКОВА
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПО ЭНЕРГЕТИКЕ И АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

На правах рукописи

С. М. АДАМОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА
БЫСТРОХОДНОГО ДИЗЕЛЯ НА ТОПЛИВАХ
ШИРОКОГО ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА
ИЗ НЕФТЕЙ АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

(190. Тепловые двигатели)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель —
доктор технических наук,
профессор К. В. ПОКРОВСКИЙ

Баку — 1968

СОВЕТ АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТА НЕФТИ И ХИМИИ ИМ. М. АЗИЗБЕКОВА ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПО ЭНЕРГЕТИКЕ И АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

На правах рукописи

С.М. АДАМОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА БЫСТРОХОДНОГО
ДИЗЕЛЯ НА ТОПЛИВАХ ШИРОКОГО ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА
ИЗ НЕФТЕЙ АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Специальность № 190 - Тепловые двигатели

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Баку - 1968

Создание и развитие материально-технической базы коммунизма требует ускоренного развития всех видов транспортных силовых установок.

В век атомной энергии, реактивных двигателей и газовых турбин в транспорте дизель продолжает оставаться основной энергетической установкой в диапазоне от 10 до 20.000 л.с.

В связи с широким распространением дизелей, во многих странах резко возросло потребление дизельных топлив. Развитие дизельного парка опережает темпы развития нефтеперерабатывающей промышленности, создавая тем самым известную напряженность в топливном балансе.

В нашей стране за последние 10 лет переработка нефти возросла в 3,5 раза, а потребление дизельного топлива увеличилось в 10 раз. Среднегодовой прирост потребности в дизельном топливе за период с 1966 по 1975 год составит 7,1%. Создавшееся положение остро ставит вопрос расширения ассортимента топлив для дизелей.

Лучшим для быстроходных дизелей является топливо, выкипающее в сравнительно узком диапазоне температур 200-350°C. Однако целесообразность использования топлива определяется не только условиями его применения в двигателе, но и располагаемыми топливными ресурсами. Поэтому необходимо расширение производства дизельных топлив за счет вовлечения в переработку новых, более тяжелых, нефтяных остатков, использование в качестве готовых топлив или их компонентов таких нефтепродуктов, которые ранее непосредственно не вовлекались в товарное производство.

Реферируемая диссертация посвящена исследованию влияния топлив широкого фракционного состава, полученных из нефтей Ширванских (Азербайджан) месторождений, на показатели работы быстроходного дизеля.

В первой главе показаны пути расширения топливных ресурсов для дизелей. Анализируются отечественные и зарубежные работы по вопросу использования различных топлив в дизельных двигателях.

Анализ исследований, испытаний и опыт применения в дизельных утяжеленных и тяжелых топливах позволяют сделать следующие выводы:

а) важнейшими показателями, влияющими на качество сгорания и эффективность использования утяжеленных топлив, является повышенная вязкость и пониженная испаряемость этих топлив;

б) наличие высококипящих фракций приводит к неполному сгоранию, дымному выхлопу и повышенному нагарообразованию на деталях двигателя; при этом, повышенное содержание серы приводит к увеличенному коррозионному износу;

в) наиболее чувствительны к качеству топлива, в особенности к его фракционному составу, следует считать двигатель с непосредственным смесеобразованием;

г) в связи с вышесказанным, необходимо соблюдение специальных условий, которые обеспечат применение указанных топлив без снижения моторесурса дизелей (введение ряда конструктивных изменений в существующие двигатели, применение присадок и т.д.).

Тот факт, что бакинские дизельные топлива практически не содержат серы и имеют сравнительно низкие температуры застывания, сделал целью настоящей диссертации исследование работ быстрого дизеля на топливах широкого фракционного состава, полученных из нефти Азербайджана.

Одно из опытных топлив, в дальнейшем именуемое ТШФ-1, выкипало в пределах $205 \pm 400^\circ \text{C}$, интервалы выкипания другого образца (ТШФ-2) составляли $159 \pm 400^\circ \text{C}$. В качестве эталонного топлива было принято товарное топливо ДД.

Целью расширения границ выкипания испытуемых топлив в выбранных пределах являлось увеличение выхода дизельных топлив, не нарушающее при этом требований к основным физико-химическим показателям, которые предусмотрены действующим в настоящее время ГОСТом 4749-49 на топливо ДД.

Для ликвидации чрезмерного нагарообразования в двигателе, связанного с наличием высококипящих фракций в экспериментальных топливах, была применена эффективная топливная присадка, разработанная сотрудником Азербайджанского института нефти и химии им. М. Азизбекова к.т.н. В.П. Алексеевым.

Новизна исследованных топлив вызвала необходимость рассмотрения следующих вопросов:

а) изменение физико-химических показателей дизельного топлива при расширении его фракционного состава;

б) определение оптимального процента присадки и её влияния на основные показатели этих топлив;

в) подбор наиболее выгодного угла опережения впрыска топлива для каждого из опытных образцов;

г) исследование рабочего процесса дизеля на этих топливах без присадки и с присадкой;

д) определение эффективных и экономических показателей работы двигателя;

е) проведение моторных испытаний на износ и отложение нагара. После чего был сделан вывод о целесообразности использования указанных топлив в современных быстроходных дизелях.

Применение выбранных топлив в быстроходных дизелях позволяет увеличить топливные ресурсы последних: так, например, расширение пределов выкипания дизельного топлива в интервале $159 \pm 400^\circ \text{C}$ увеличит его выход в весовых процентах на нефть с 26,7% до 42,5%, что соответственно должно повысить производство дизельного топлива на 59%.

Физико-химические свойства экспериментальных топлив и влияние на них присадки

Опытные образцы топлив были приготовлены путем вовлечения в топливо ДД соляра и керосина Т-1. Компоненты были получены из нефти Ширванских месторождений, дизельные топлива из которых имеют средние показатели цетановых характеристик.

Расширение фракционного состава дизельных топлив вызвало повышение кинематической вязкости при 20°C для ТШФ-1 на 1,83 сст, для ТШФ-2 на 1,45 сст. При этом вязкость указанных топлив соответствовала требованиям ГОСТа 4749-49 на топливо ДД. Содержание серы в топливах ТШФ-1 и ТШФ-2 соответственно равно 0,12% и 0,112%, что также не выходит за рамки действующего в настоящее время ГОСТа на топливо ДД.

При расширении фракционного состава топлива в выбранных нами пределах не произошло отклонений от технических условий и по остальным физико-химическим показателям.

В результате расширения фракционного состава произошло незначительное увеличение цетанового числа. Было установлено,

что вовлечение присадки не влияет сколько-нибудь значительно на цетановую характеристику топлив.

При выборе процента присадки руководствовались методом ЦЭИ, который позволяет установить с достаточной точностью оптимальный процент присадки в отношении её противонагарного действия.

Нагарообразующая способность топлив ТШФ-1 и ТШФ-2, определенная этим методом, выросла в сравнении с топливом ДЛ соответственно на 14% и 11%. С вовлечением присадки в эти топлива наблюдалось заметное снижение нагароотложений (рис.1).

Установлен оптимальный процент присадки - 5%. 5% присадки в топливе ТШФ-1 уменьшили количество нагара на 19,3%. При этом нагарообразующая способность ТШФ-1 стала ниже товарного топлива ДЛ, принятого за эталон. При дальнейшем (выше 5%) добавлении присадки эффект противонагарного воздействия снижается. Эта присадка не оказала сколько-нибудь значительного воздействия на физико-химические показатели топлива.

Присадка стабильна. Помутнения и выпадения осадка после шестимесячного хранения присадки в смеси с топливом не наблюдалось, а противонагарные свойства её остались на прежнем уровне (рис.1). Несколько повышенное содержание присадки в топливе может быть оправдано тем, что сырьём для неё служат недефицитные, выпускаемые промышленностью в большом количестве, побочные продукты нефтепереработки. Стоимость присадки ниже стоимости товарного топлива ДЛ, технология производства проста, а установка для её получения не требует значительных капиталовложений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Для испытаний предлагаемых образцов был выбран двухтактный опстрогодный двигатель ЯАЗ-204 с непосредственным смесеобразованием, весьма чувствительный к фракционному составу топлива.

Эффективная мощность измерялась гидравлическим тормозом фирмы "Дикеро".

Регистрация процесса изменения давления в цилиндре работающего двигателя осуществлялась при помощи электронной аппаратуры, включающей в себя пьезокварцевый датчик с электро-

метрическим усилителем, которые соединены в схеме со шлейфным универсальным осциллографом Н-102.

Ввиду большой насыщенности деталями серийной головки блока цилиндров двигателя ЯАЗ-204, нами была использована для установки индикаторной аппаратуры специально спроектированная и изготовленная головка блока, в результате чего конфигурация камеры сгорания и степень сжатия не изменились.

Для привязки индикаторных диаграмм применяли индукционный отметчик В.М.Т.

Начало впрыска топлива определяли при помощи электроконтактного приспособления, смонтированного в насос-форсунке.

Длиность отработанных газов оценивали при помощи фотоэлектрического индикатора длинны. Перед началом исследований была проведена тарировка всех измерительных устройств и 50-часовая обкатка двигателя.

Выбор оптимального угла опережения впрыска топлива для исследуемых образцов

В результате исследования было установлено, что наимыгоднейший угол опережения впрыска для топлив ТШФ-1 и ТШФ-2 с присадкой и без неё составляет $12 + 12,5^{\circ}$. При этом достигается максимальная эффективная мощность двигателя при наименьшем удельном расходе топлива.

Максимальное давление сгорания P_2 и скорость нарастания давления $\Delta P/\Delta \tau$ при изменении угла опережения впрыска топлива от 10° до 16° не превышали средне-допустимого значения для опстрогодных дизелей, период задержки воспламенения τ оказался несколько меньше, чем при работе на топливе ДЛ.

Оптимальный угол опережения впрыска при работе двигателя на дизельном топливе ДЛ равен $14 + 14,5^{\circ}$ до ВМТ, что соответствует углу опережения впрыска, который предлагает завод-изготовитель при подаче топлива насос-форсункой АР-20.

Сравнение индикаторных и эффективных показателей работы двигателя на испытуемых образцах топлив

Сравнительный анализ индикаторных и эффективных показателей работы двигателя на опытных топливах приведен по скоростной характеристике при наимыгоднейшей регулировке начала впрыска топлива для каждого из исследуемых образцов (рис.2 и 3).

Путём сравнения работы двигателя на экспериментальном и эталонном топливах установлено, что заметного изменения индикаторной мощности N_i , эффективной мощности N_e и удельного расхода топлива g_e не наблюдается. То же можно отметить и в отношении скорости нарастания давления сгорания (разница составляла не более $0,08 \text{ кг/см}^2 \text{ град.}$), что можно объяснить меньшим оптимальным углом начала впрыска (12° до ВМТ) для топлив широкого фракционного состава.

Этим же объясняется сокращение индукционного периода при работе на топливах широкой фракции. Причем у топлива ТШФ-1 период задержки воспламенения оказался короче на 16%, а у ТШФ-2 - на 12,5%, чем у дизельного топлива ДЛ ($n = 2000 \text{ об/мин.}$).

С подбором наиболее выгодного угла опережения впрыска для топлив ТШФ-1 и ТШФ-2 максимальное давление сгорания повысилось соответственно на 3 кг/см^2 и 1 кг/см^2 , что составляет всего 4% и 1,5%, а температура отработанных газов осталась приблизительно на одном уровне.

Однако показатель дымности отработанных газов D_B для топлив ТШФ-1 и ТШФ-2 оказался выше в среднем на 10%, в связи с повышением температуры конца кипения у топлив широкой фракции. Соответственно остались без изменений механический, эффективный и индикаторный КПД двигателя.

С вовлечением присадки в экспериментальные топлива произошло сокращение индукционного периода для ТШФ-1 и ТШФ-2 соответственно на 13,7% и 7,5% ($n = 2000 \text{ об/мин.}$), скорость нарастания давления уменьшилась на $5 \div 6\%$.

Заметное действие присадки сказалось на стадии догорания: температура отработанных газов снизилась на $3 \div 4\%$, показатель дымности уменьшился на 9%.

С введением присадки в топлива ТШФ-1 и ТШФ-2 эффективная мощность двигателя выросла на 4,5%, а наименьший удельный расход топлива сократился на 4,7%.

Исследование периода задержки воспламенения топлив

Определение периода задержки воспламенения топлива для дизелей имеет большое теоретическое и практическое значение, так как уменьшение индукционного периода является одним из важнейших факторов, обеспечивающих благоприятное протекание рабочего процесса, мягкую работу дизеля на различных топливах.

Из известных расчетных методов определения периода задержки воспламенения τ_i наиболее приемлемым в нашем случае, когда ставится задача расширения топливных ресурсов для дизелей, является выражение:

$$\tau_i = C \frac{e^{\frac{B}{T}}}{P^n} \cdot 10^{-3} \text{ сек} \quad (I)$$

где: C, B, n - постоянные, зависящие от свойств топлив;
 T и P - температура и давление в индукционный период.

Учитывая новизну исследования топлив на основании экспериментального материала были определены константы C, B и n для этих топлив.

При расчете периода задержки воспламенения топлива параметры давления и температуры обычно принимают в средней точке индукционного периода. Определение индукционного периода таким путём весьма затруднительно, так как, пока неизвестна продолжительность индукционного периода, неопределёнными являются параметры P и T , соответствующие его середине.

Для решения вышеуказанной задачи нами применен метод последовательных приближений. При этом оказалось, что расчет τ_i уже во втором приближении будет достаточно точен.

На основании анализа серии индикаторных диаграмм выведена средняя для различных оборотов и регулировок начала впрыска топлива зависимость $T = \psi(P)$ на линии сжатия в интервале 18° поворота коленчатого вала до ВМТ для быстроходного двухтактного двигателя ЯАЗ-204.

Использование зависимости $T = \psi(P)$ в выражении (I) позволило определить для данного типа двигателей $\tau_i = f(P)$. Погрешность при определении τ_i этим способом при различных оборотах и регулировках угла начала впрыска топлива составляла не более $3 \div 4\%$. Последнее видно из рис. 4, где сплошными линиями обозначены кривые изменения индукционного периода, снятого непосредственно с индикаторных диаграмм, а пунктирными - кривые индукционного периода, определенные расчетным путем.

Влияние исследуемых топлив на износ и отложение нагара

Износ деталей двигателя при работе на опытных топливах оценивался по изменению содержания железа в масле, определявшемся полярографическим методом.

По истечении 10-12 часов работы, двигатель был выведен на режим, характеризующийся постоянной скоростью износа. Результаты испытаний показали, что при работе двигателя на топливах ТШФ-1 и ТШФ-2 скорость износа деталей увеличилась соответственно на 10% и 5% в сравнении с топливом ДЛ. С введением присадки в эти топлива суммарный износ деталей в единицу времени снизился на 11% и 8%.

Краткоочерные испытания для определения влияния исследуемых топлив на отложение нагара, проведенные на двигателе ЯАЗ-204, подтвердили результаты относительной оценки нагарообразующей способности этих топлив методом ПЗИ.

Наибольшее количество нагароотложений на деталях двигателя оказалось при работе на топливах, имеющих повышенный конец кипения. При испытании двигателя на топливе ТШФ-1 количество нагароотложений в сравнении с топливом ДЛ выросло на 53%, а при испытании на топливе ТШФ-2 - на 49% (табл. I).

Таблица I

Отложение нагара в мг, в среднем на 1 цилиндр	Т о п л и в о				
	ДЛ	ТШФ-1	ТШФ-1 + 5% присадки	ТШФ-2	ТШФ-2 + 5% присадки
На поршневых кольцах	391	723	388	587	378
На днищах поршней	267	449	379	482	260
На канавках и верхнем поясе поршней	799	1054	575	1100	593
Общий нагар	1457	2226	1342	2169	1231

Таким образом, несмотря на более низкое начало кипения у топлива ТШФ-2 в сравнении с топливом ТШФ-1, количество нагароотложений на деталях двигателя оказалось практически одинаковым.

С введением присадки в топлива ТШФ-1 и ТШФ-2 количество нагара в двигателе уменьшилось соответственно на 39,7% и 43,3%. При этом нагара стало даже меньше, чем при работе двигателя на товарном топливе ДЛ.

В Ы В О Д Ы

1. Основные физико-химические показатели исследованных топлив широкого фракционного состава, условно именуемых ТШФ-1 и ТШФ-2, удовлетворяют требованиям действующего в настоящее время ГОСТа на топливо ДЛ.

2. Произведенный выбор оптимального угла начала впрыска в двигателе ЯАЗ-204 при работе на топливах ТШФ-1 и ТШФ-2 позволил сократить индукционный период в сравнении с наблюдаемым на топливе ДЛ соответственно на 16% и 12% при практически одинаковых жесткости работы двигателя, максимальном давлении сгорания и температуре отработанных газов. Не произошло существенных изменений в эффективной мощности двигателя и удельном расходе топлива. Однако показатель дымности отработанных газов для опытных топлив вырос в среднем на 10%.

3. На основании экспериментального материала для каждого из исследованных топлив были определены постоянные В, С и n выражения:

$$\tau_i = C \cdot \frac{e^{\frac{V}{r}}}{P^n} \cdot 10^{-3} \text{ сек.}$$

Предложен способ предварительного расчета индукционного периода методом последовательных приближений, который может найти применение при проектировании двигателей с воспламенением от сжатия.

Установлена зависимость температуры от давлений $T = \psi(P)$ на линии сжатия в интервале 18° поворота коленчатого вала до ВМТ для быстроходного двухтактного двигателя ЯАЗ-204.

Используя эту зависимость в вышеприведенном выражении для

расчета индукционного периода, можно определять для данного типа двигателей $\tau_i = f(p)$. Погрешность при определении τ_i этим методом на различных оборотах и углах опережения впрыска топлива составляла не более 3-4%.

4. Проведенные сравнительные моторные испытания позволили установить, что применение опытных топлив ТШФ-2 и ТШФ-1 при оптимальной регулировке двигателя приводит к несколько увеличенному износу основных деталей (на 5 + 10%) по сравнению с работой двигателя на товарном топливе ДД.

5. Основным недостатком выбранных топлив состоит в их повышенной нагарообразующей способности. При работе двигателя на топливах ТШФ-1 и ТШФ-2 общее количество нагароотложений на деталях двигателя выросло в сравнении с топливом ДД соответственно на 53% и 49%.

6. С целью уменьшения нагарообразований на деталях двигателя при работе на топливах широкого фракционного состава была применена недорогостоящая присадка в топливо, получаемая из побочных продуктов нефтепереработки, имеющихся в достаточном количестве.

Установлен оптимальный процент присадки - 5%.

7. Присадка не оказала отрицательного влияния на физико-химические показатели топлива.

Композиция топлива с присадкой не потеряла своих противонагарных свойств после шестимесячного хранения.

8. С введением 5% присадки в топлива ТШФ-1 и ТШФ-2 количество нагара на деталях двигателя уменьшилось соответственно на 39,7% и 43,3%. При этом нагара оказалось меньше, чем при работе двигателя на дизельном топливе ДД (для топлива ТШФ-1 - на 8%, для топлива ТШФ-2 - на 16%).

9. В результате испытаний двигателя ЯАЗ-204 на топливах ТШФ-1 и ТШФ-2 с присадкой наблюдается уменьшение износа деталей двигателя соответственно на 11% и 8%.

10. Влияние присадки на индикаторные показатели работы двигателя сказалось в сокращении индукционного периода и уменьшении скорости нарастания давления. 5-процентная присадка в топлива ТШФ-1 и ТШФ-2 снизила период задержки

воспламенения соответственно на 13,7% и 1,5% ($n = 2000$ об/мин), а скорость нарастания давления - на 5 + 6%. Максимальное давление сгорания осталось почти без изменений.

Заметное действие присадки проявилось на стадии "догорания": температура отработанных газов снизилась на 3 + 4%; показатель дымности отработанных газов уменьшился на 8%. В результате эффективная мощность двигателя выросла на 4,5%, а наименьший удельный расход топлива снизился на 4,7%.

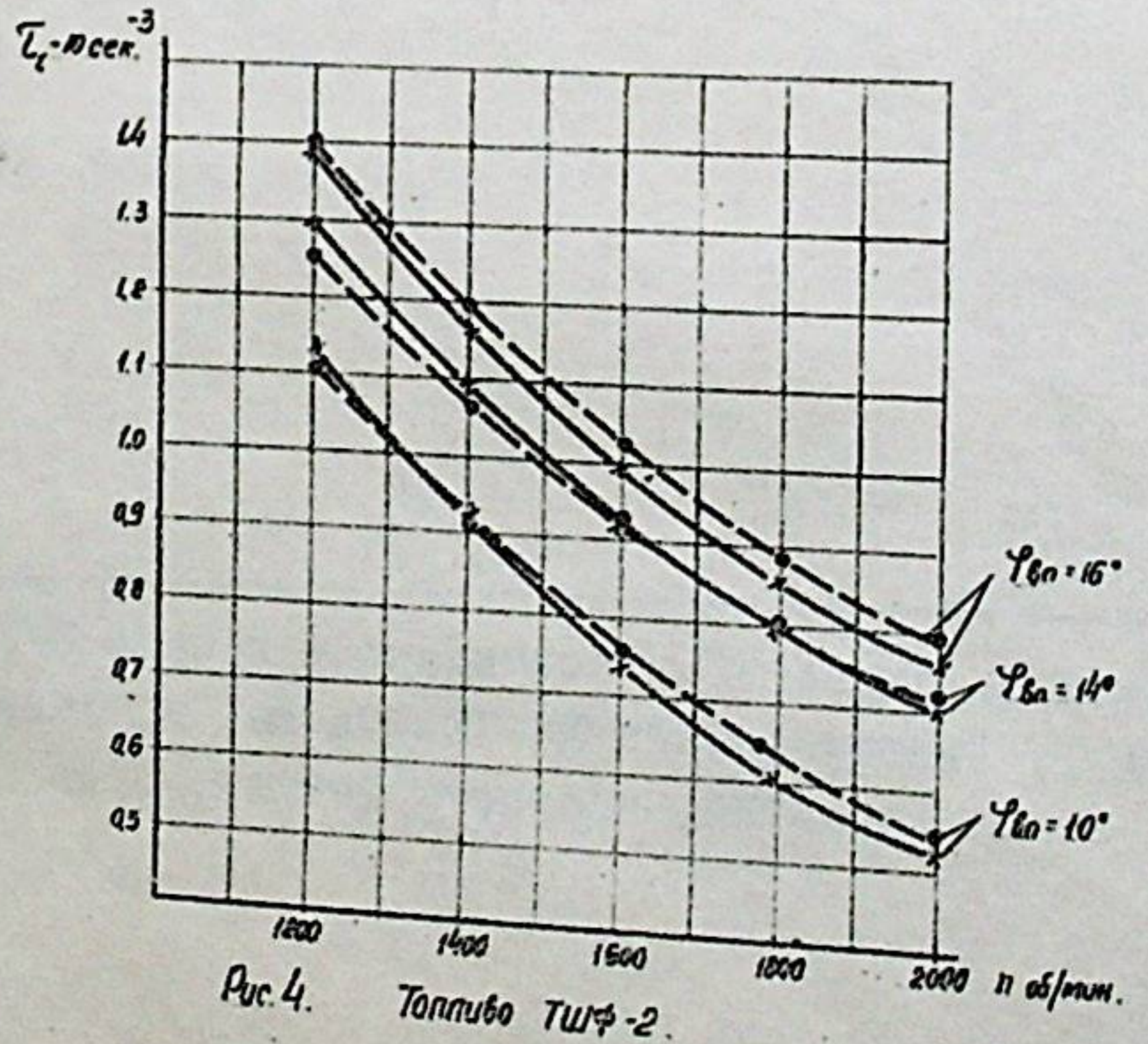
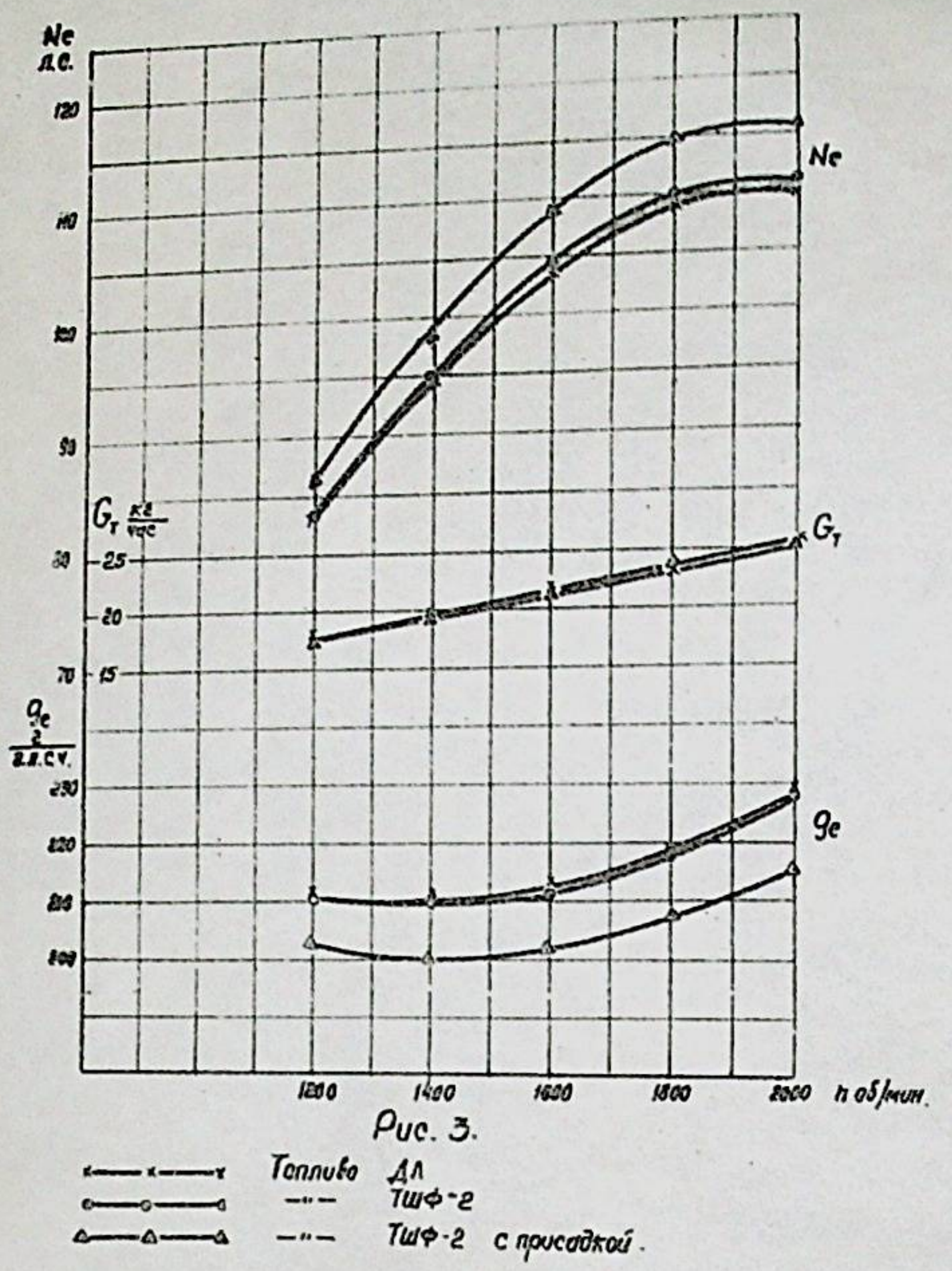
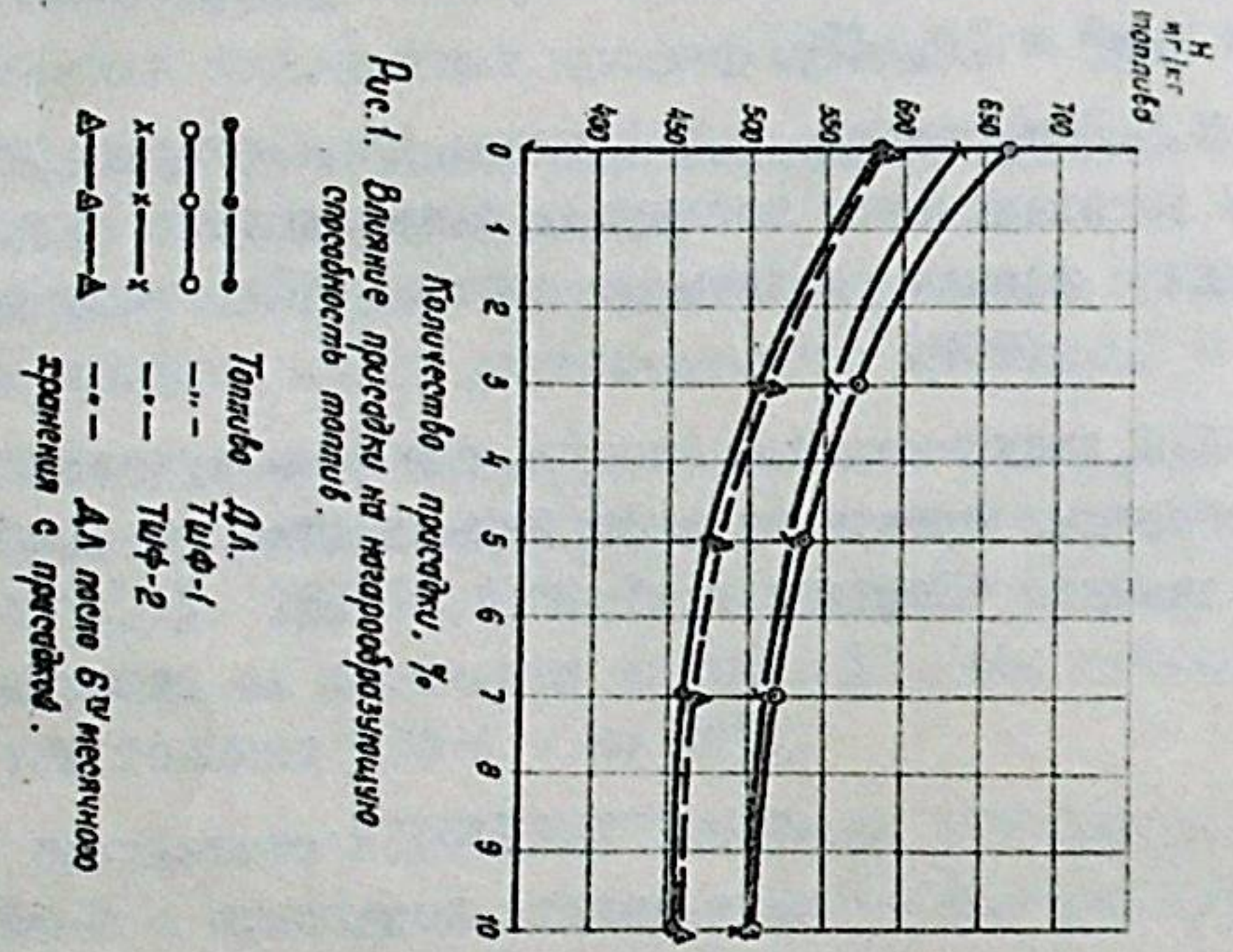
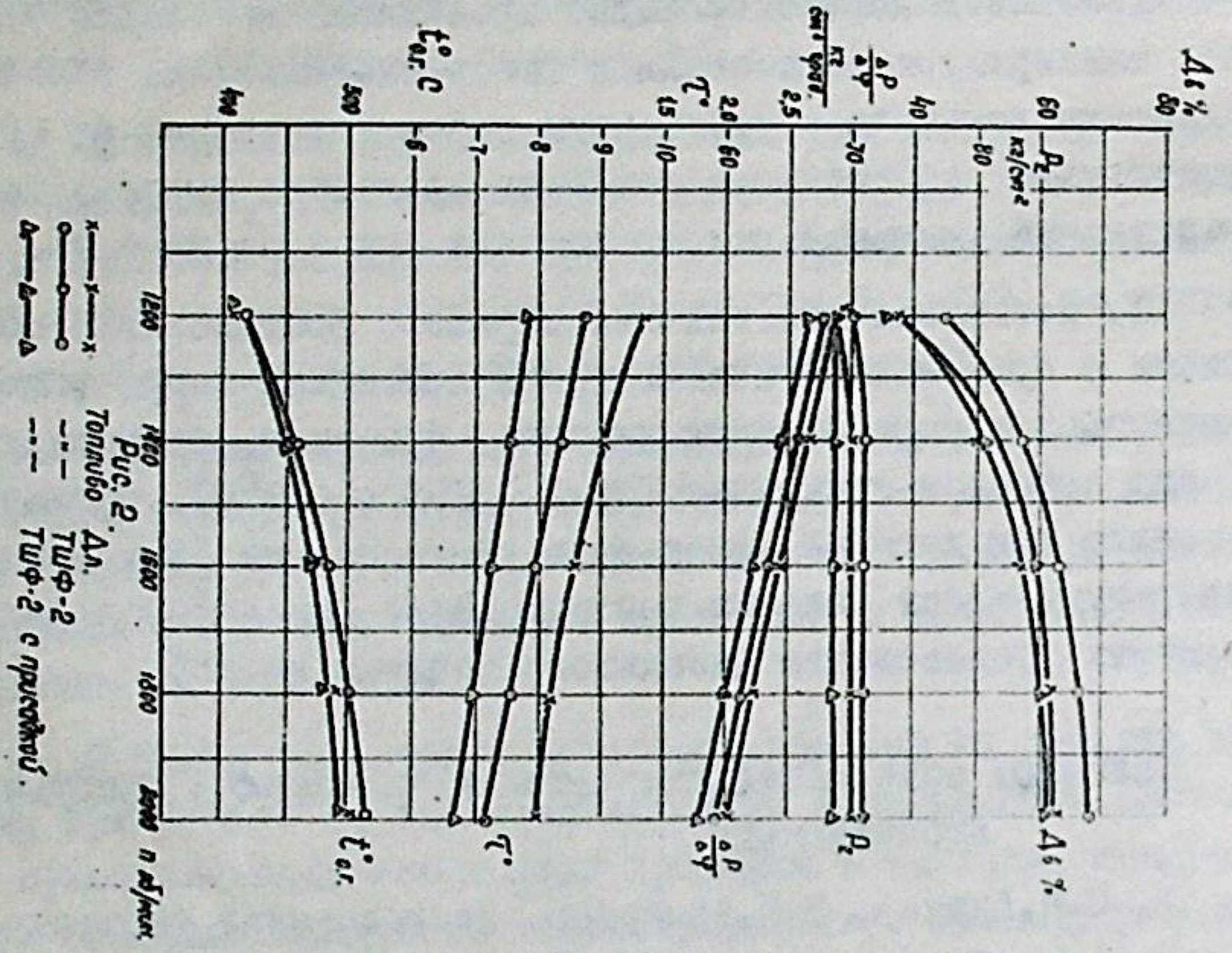
11. Исследования топлива широкого фракционного состава в смеси с примененной антинагарной присадкой могут успешно применяться в быстроходных дизелях. При этом, благодаря расширению пределов выкипания ТШФ-2 ($159 + 400^{\circ}\text{C}$), производство топлив для дизелей может быть увеличено на 59%. Повышение температур конца кипения топлива ТШФ-1 (на 40°C) позволит увеличить производство дизельного топлива на 35%.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

1. С.М.Адамов, В.П.Алексеев. Исследование быстроходного дизеля при работе на топливах широкого фракционного состава. "Нефть и газ" № 10, 1967.

2. К.В.Покровский, С.М.Адамов. Исследование периода задержки воспламенения топлива в быстроходных двухтактных двигателях с воспламенением от сжатия. "За технический прогресс", № 12, 1967.

3. В.П.Алексеев, С.М.Адамов. Влияние присадки, полученной из побочных продуктов нефтепереработки, на работу быстроходного дизеля. "Нефть и газ", № 4, 1968.



322 445