

Р Авторефер  
Р-93

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
имени М.В.Домошова

На правах рукописи  
Для служебного пользования  
Экз. № 00099

РЫБНИКОВ Михаил Викторович

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
НЕКОТОРЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ ТОПЛИВ

Специальность 01.04.14 - теплофизика  
и молекулярная физика

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

ДСП. Исх. №	10
Осн.	л. Протокол
„ 23 ”	11 1991 г.

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

Научный руководитель - доктор технических наук,  
профессор ГЕДЛЕР В.З.

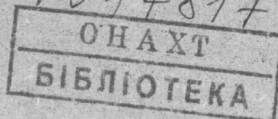
Официальные оппоненты - доктор технических наук,  
профессор ГРИГОРЬЕВ Б.А.  
- кандидат технических наук,  
доцент ЖЕЛЕЗНЫЙ В.П.

Ведущая организация - ВНИИНефтемаш, г. Москва

Защита состоится 25 декабря 1991 г. в 15<sup>30</sup> часов  
на заседании специализированного совета К 068.35.04 при Одесском  
технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова:  
270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского  
технологического института пищевой промышленности имени  
М. В. Ломоносова

Автореферат разослан 23 ноября 1991 г.



Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат технических наук,  
доцент

В. Н. Тищенко

ОНАХТ 13.10.10  
Теплофизические свой



v017817

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Теплофизические свойства технически важных веществ представляют собой ценную информацию, необходимую для расчета и проектирования разнообразного технологического оборудования. Исследование этих свойств актуально также и потому, что получаемые результаты вносят вклад в развитие молекулярно-кинетической теории жидкостей и газов и методов обобщения и прогнозирования их термодинамических и кинетических характеристик.

К числу практически неисследованных жидкостей относятся гептил, синтина, нафтил - синтетические топлива, а также децилин, которые используются в системах специального назначения. Перечисленные вещества имеют сложный состав с неизвестной, как правило, структурой химических связей. В связи с этим весьма важно наряду с экспериментальными исследованиями предложить методику предсказания теплофизических свойств аналогичных жидкостей по минимальному объему достоверной исходной информации.

Диссертационная работа выполнена в рамках исследования теплофизических свойств веществ, проводимых в ОТИП им. М. В. Ломоносова в соответствии с комплексной программой АН СССР на 1986-1990 гг. "Теплофизика и теплоэнергетика" (шифр I.9.I.).

Цель работы заключается в экспериментальном исследовании комплекса теплофизических свойств (давления насыщенных паров, сжимаемости, коэффициентов теплопроводности и вязкости) гептила, синтина, нафтила и децилина в широком диапазоне параметров состояния, разработке аппроксимационных уравнений для расчета таблиц справочных данных, создании на основе полученных результатов обобщенной методики расчета свойств подобных веществ.

Научная новизна. Получены экспериментальные данные о давлении насыщенных паров, плотности, коэффициентах теплопроводности и вязкости гептила, синтина, нафтила и децилина в интервалах температур соответственно: 390...595; 372...600; 136...598 и 225...587 К при давлениях до 60 МПа. Большинство данных получено впервые.

Показана возможность использования однопараметрического закона соответственных состояний для обобщения данных о коэффициентах переноса жидкостей со сложной структурой. Разработана методика расчета определяющего критерия подобия таких жидкостей при отсутствии экспериментальных данных по критическим свойствам. Установлено, что их значения с приемлемой погрешностью могут быть рассчитаны по плотности насыщенной жидкости на основе корреляции Ямады-Ганна.

Получен набор обобщенных уравнений вязкости и теплопроводности, позволяющих рассчитывать кинетические свойства широкого круга веществ с приемлемой для решения практических задач точностью по минимальной исходной информации.

Практическая ценность результатов работы. Экспериментальные данные о теплофизических свойствах могут быть использованы при расчете и проектировании оборудования и систем, где исследуемые жидкости применяются в качестве рабочих тел и теплоносителей. Эти данные включены в САПР "Теплообменные аппараты" ВНИИНефтемаш (г.Москва).

Таблицы теплофизических свойств гептила, синтина, нафтила и децилина приняты ВНИЦ МВ Госстандарта СССР для аттестации в качестве рекомендуемых справочных данных.

Обобщенная методика расчета кинетических свойств жидкостей со сложной структурой позволяет существенно сократить объем экспериментальных исследований и прогнозировать коэффициенты переноса по минимуму исходных данных.

Научные положения, новизна которых защищается в диссертации:

- показано, что в рамках однопараметрического закона соответственных состояний возможно обобщение кинетических свойств жидкостей, в том числе со сложной химической структурой, при этом полученные корреляции позволяют прогнозировать указанные свойства с достаточной для решения практических задач точностью;

- для расчета критических параметров веществ с неизвестными химическими связями могут быть использованы обобщенные корреляции для плотности насыщенной жидкости совместно с ограниченными экспериментальными данными; удовлетворительные результаты при этом дает применение корреляции Ямады - Ганья.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на Всесоюзной научной конференции "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания" (г.Харьков, 1990 г.), IV Всесоюзной конференции молодых исследователей "Актуальные вопросы теплофизики и физической гидродинамики" (г.Новосибирск, 1991 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 4 печатные работы.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 196 страницах, из них 60 - машинописного текста, и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 103 наименований, приложения. Работа содержит 35 таблиц, 28 рисунков.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведено краткое обоснование выбора методик экспериментального исследования давления насыщенных паров, плотности, теплопроводности и вязкости жидкостей.

Во второй главе дано описание экспериментальных установок и методик измерения теплофизических свойств. При разработке экспериментальных установок учитывалось, что объекты исследования представляют собой агрессивные, токсичные и взрывоопасные вещества.

Для измерения давления насыщенных паров и сжимаемости используется метод безбалластного пьезометра постоянного объема с мембранным нуль-индикатором. Объем пьезометра составил  $\sim 2 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>.

Термостатирование пьезометра осуществляется в массивном медном блоке, на поверхности которого имеется конфигурационная двухзаходная резьба для основного и регулирующего нагревателей, а в сверлениях установлены измерительный и регулирующий платиновые 100-омные термометры сопротивления и пятиспайная медь-константановая термопара. Медный блок установлен внутри изотермической оболочки. При термостатировании её температура поддерживалась автоматически на 2-3 К ниже температуры пьезометра. Пьезометр при помощи нержавеющей капилляра диаметром 1 мм был соединен с мембранным блоком и запорным вентилем, которые термостатировались при температуре опыта в алюминиевом термостате. Принятая схема термостатирования позволяла длительное время поддерживать температуру на заданном уровне с отклонениями на  $5 \cdot 10^{-3}$  К.

Исследование коэффициента теплопроводности, учитывая специфику объектов исследования, было выполнено методом коаксиальных цилиндров. Коаксиальные цилиндры были изготовлены из стали 12Х18Н10Т и имели следующие размеры: внутренний цилиндр -  $d_{вн} = 19,01$  мм,  $l = 192,20$  мм; наружный цилиндр -  $d_{ан} = 20,02$  мм,  $d_{нар} = 34,50$  мм,  $l = 196,20$  мм, величина рабочего зазора 0,51 мм. Центрирование внутреннего цилиндра в наружном осуществлялось в двух взаимноперпендикулярных плоскостях при помощи керамических штифтов. Для создания перепада температур во внутреннем цилиндре установлен нагреватель, измерение перепада температур проводилось при помощи трехспайной медь-константановой дифференциальной термопары. Рабочие участки термопар и нагревателя были разгружены от давления.

Для исследования вязкости использован метод капиллярного вискозиметра с ртутным насосом-расходомером конструкции И.Ф.Голубева.

Во всех экспериментах измерения температуры осуществлялись образцовыми платиновыми термометрами сопротивления, давления -

грузопоршневыми манометрами типа МП-2,5; МП-60; МП-600, временное истечение - частотомером хронометром Ф-5049, термоЭДС термодатчик - универсальным вольтметром Ш-31 класса 0,005/0,001.

Выполненные нами контрольные опыты по хорошо изученным веществам воде, толуолу, фреону R22 и R318 показали хорошее согласование со стандартными справочными данными, что свидетельствует о работоспособности установок.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований и дана оценка их погрешностей.

Исследование давления насыщенных паров гептила, синтина, нафтила и децилина проведено в диапазонах температур соответственно: 394...472; 451...596; 456...560; 485...595 К. Эти результаты приведены в табл. I.

Плотность топлив исследована в диапазонах температур, соответственно, 383...520; 373...600; 398...595 и 373...600 К при давлениях до 60 МПа. Измерения проводились по "квазиизохорам". Для контроля точности полученных результатов часть опытов выполнена по изотермам.

Теплопроводность исследована в диапазонах температур соответственно 296...502; 228...587; 241...598 и 236...588 К при давлениях до 60 МПа. Диапазон измерений вязкости топлив составил соответственно, 295...506; 226...587; 248...581 и 244...583 К при давлениях до 60 МПа.

Измерения теплопроводности и вязкости производились как по "квазиизохорам", переход на следующую квазиизохору производился путем выпуска части вещества в буферную емкость, так и по изотермам.

В табл. 2-4 приведены результаты измерений плотности, теплопроводности и вязкости гептила.

На рис. I представлено сравнение экспериментальных данных по теплопроводности и вязкости синтина с данными, полученными в НИО МАСМА.

Анализ погрешности опытных данных показал, что доверительная граница общей погрешности измерений давления насыщенных паров, плотности, теплопроводности и вязкости составляет соответственно 0,55...0,90%, 0,63...0,88%, 1,44...1,88%, 1,5...1,8%.

В четвертой главе выполнены обработка и обобщение результатов измерений. Рассмотрены методы расчета теплофизических свойств жидкостей, основанные на молекулярно-кинетической теории и возможностях теории термодинамического подобия.

При обработке опытных данных по плотности гептила было составлено уравнение состояния в виде

$$\rho_r = \sum_{i=0}^4 \sum_{j=0}^3 \alpha_{ij} T_r^i \rho_r^{2j+1} \quad (1)$$

где	$\rho_r = \rho / 100;$	$T_r = T / 100;$	$\rho_r = \rho / 1000.$
$\alpha_{00} = 0,158301 \cdot 10^4$	$\alpha_{01} = -0,139628 \cdot 10^5$	$\alpha_{02} = -0,559342 \cdot 10^4$	
$\alpha_{03} = -0,221862 \cdot 10^3$	$\alpha_{10} = 0,103273 \cdot 10^5$	$\alpha_{11} = 0,219927 \cdot 10^5$	
$\alpha_{12} = 0,192752 \cdot 10^4$	$\alpha_{13} = -0,444594 \cdot 10$	$\alpha_{20} = -0,236775 \cdot 10^5$	
$\alpha_{21} = -0,914974 \cdot 10^4$	$\alpha_{22} = 0,752173 \cdot 10^2$	$\alpha_{23} = 0,302366 \cdot 10^2$	
$\alpha_{30} = 0,121262 \cdot 10^5$	$\alpha_{31} = -0,395764 \cdot 10^3$	$\alpha_{32} = -0,629248 \cdot 10^3$	
$\alpha_{33} = -0,214162 \cdot 10^2$	$\alpha_{40} = 0,304577 \cdot 10^3$	$\alpha_{41} = 0,482211 \cdot 10^4$	
$\alpha_{42} = 0,507869 \cdot 10^3$	$\alpha_{43} = 0,260046 \cdot 10^2$		

при этом максимальная погрешность расчета плотности гептила не превышает 0,3%, средняя квадратическая - 0,1%.

Для расчета плотности остальных веществ, необходимой для обобщения данных по коэффициентам переноса, были использованы уравнения П.М.Кессельмана, полученные в ОИИТЭ, с учетом наших опытных данных.

Экспериментальные данные по теплопроводности были аппроксимированы уравнением вида:

$$\lambda = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \alpha_{ij} \rho^i T^j \quad (2)$$

Уравнение (2), коэффициенты которого для исследованных веществ приведены в табл. 5, описывает экспериментальные данные со средней квадратической погрешностью 0,37; 0,08; 0,23 и 0,09% соответственно.

В результате обработки экспериментальных данных по вязкости расчетное уравнение представлено в виде:

$$\ln \eta = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \alpha_{ij} (T/100)^i (\rho/10)^j \quad (3)$$

коэффициенты которого представлены в табл. 6. Средняя квадратическая погрешность описания опытных данных для гептила, синтина, нафтила, децилина составила соответственно 0,26; 0,30; 0,13; 0,33%.

Для обобщения экспериментальных данных по кинетическим свойствам топлив на основе однопараметрического закона соответствующих состояний необходимо располагать значениями критических параметров. Их непосредственное измерение связано с известными трудностями, а

расчетному определению критических свойств широко применяемым методом структурных составляющих препятствует отсутствие сведений о характере химических связей. В связи с этим исследована возможность получения значений псевдокритических параметров по данным о плотности жидкости в состоянии насыщения. Из ряда проанализированных методов наиболее предпочтительным с точки зрения точности и простоты реализации является метод, базирующийся на использовании корреляции Ямады и Ганна:

$$\begin{cases} \frac{1}{\rho_1} = \frac{1}{\rho_R} Z_{кр}^{[\varphi_1]} \\ \frac{1}{\rho_2} = \frac{1}{\rho_R} Z_{кр}^{[\varphi_2]} \end{cases}, \quad (4)$$

где:  $Z_{кр} = 0,29056 - 0,08775 \omega$ , (5)

$$\omega = -\lg P_{vpr} - 1,000, \quad (6)$$

$$\varphi_i = \left(1 - \frac{T_i}{T_{кр}}\right)^{2/7} - \left(1 - \frac{T_R}{T_{кр}}\right)^{2/7}, \quad (7)$$

$P_{vpr}$  - приведенное давление насыщенных паров;  $T_i$  - температура в  $i$ -точке;  $T_R, \rho_R$  - температура и плотность в опорной точке. В принципе, для нахождения критических свойств необходимо располагать лишь тремя значениями плотности на кривой насыщения. Сравнительные расчеты, проведенные на примере хорошо изученных углеводородов, показали, что ошибка в определении критических значений температуры, давления и коэффициента сжимаемости не превышает 1,5; 2 и 1,5% соответственно.

Для обобщения данных о теплофизических свойствах большой группы нормальных (неассоциированных) веществ можно ограничиться одним определяющим парам тром (критерием) подобия. На основе полученных данных о критических параметрах для вычисления определяющего параметра  $A$  была использована полученная А.П. Филипповым зависимость

$$\frac{1}{Z_{кр}} = 3,92 - 0,85 \lg A. \quad (8)$$

В обобщения, кроме собственных экспериментальных данных по теплопроводности и вязкости топлив, были включены наиболее достоверные данные для веществ аналогичной природы, в том числе углеводородов различных групп, нефтепродуктов и т.д. Диапазон изменения определяющего параметра с учетом этого составляет от 0,5 до 3.

Для вязкости и теплопроводности жидкостей на линии насыщения получены обобщенные зависимости

$$\nu \eta_s = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^3 C_{ij} \frac{A^j}{\tau^i}, \quad (9)$$

$$\lambda_s = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^1 \nu_{ij} A^i \tau^j. \quad (10)$$

Максимальная погрешность описания всего массива данных по вязкости (более 20 веществ) составила 8,6%, средняя - 1,4%, а по теплопроводности соответственно 3% и 0,8%.

Обобщающие зависимости для коэффициентов переноса в однофазной области получены в виде:

$$\eta/\eta_s = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \sum_{k=0}^3 a_{ijk} \tau^i \pi^j A^{2k}, \quad (11)$$

$$\lambda/\lambda_s = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^3 \sum_{k=0}^2 a_{ijk} \tau^i \left(\frac{\pi}{10}\right)^j A^{2k/3}. \quad (12)$$

Коэффициенты уравнений (9)-(12) приведены в диссертации. Необходимость введения определяющего параметра в обобщающие зависимости иллюстрируется рис.2, на котором представлены значения комплекса  $\eta/\eta_s$  в зависимости от  $\pi$  при фиксированных  $\tau$  для различных веществ. Погрешность расчета теплопроводности не превышает 3-4%, а вязкости 7% в диапазонах  $\tau = 0,4 \dots 0,8$ ;  $\pi = 0,02 \dots 40$ ;  $A = 0,2 \dots 3,5$ .

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

I. Выполнено экспериментальное исследование давления насыщенных паров, плотности, коэффициентов вязкости и теплопроводности гептила, синтина, нафтила, децилина в широком интервале температур и давлений. Большая часть опытных данных получена впервые.

Погрешность опытных данных в давлении насыщенных паров составила 0,55...0,90%, плотности - 0,63...0,88%, вязкости - 1,44...1,8%, теплопроводности - 1,5...1,8%.

2. Составлены уравнения и таблицы теплофизических свойств гецтила, синтина, нафтила и децилина в широком интервале параметров состояния.

3. Показана возможность применения однопараметрического закона соответственных состояний для обобщения данных о теплофизических свойствах веществ со сложной химической структурой.

4. Необходимые для построения обобщенных зависимостей значения критических параметров веществ могут быть получены по данным о плотности жидкости на линии насыщения с использованием корреляции Ямады - Ганна.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Рыбников М.В., Геллер В.З., Запорожан Г.В. Теплофизические свойства рабочих веществ тепловых аппаратов с вторичным обогревом / Тез. докл. Всес. науч. конф. "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов" - Харьков, 1990. - С. 232-233.

2. Рыбников М.В. Теплофизические свойства некоторых синтетических топлив / Тез. докл. IV Всес. конф. молодых исследователей "Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики" - Новосибирск, 1991. - С. 30-31.

3. Вязкость некоторых специальных жидкостей / М.В. Рыбников, Г.В. Запорожан, В.З. Геллер, В.Н. Халайджи / ОТИШ им. М.В. Ломоносова. - Одесса, 1991. - 10 с. - Библиограф.: 2 назв. - Деп. в НИИЭИР, реферат № 3-8849.

4. Рыбников М.В., Запорожан Г.В., Геллер В.З. Исследование и данные о теплопроводности некоторых специальных жидкостей / ОТИШ им. М.В. Ломоносова. - Одесса, 1991. - 11 с. - Библиограф.: 3 назв. - Деп. в НИИЭИР, реферат № 3-8854.

Таблица I

Экспериментальные значения давления насыщенных паров

Гецтил			Синтин			Нафтил			Децилин		
T, К	$\rho$ , МПа	$\rho$ , МПа	T, К	$\rho$ , МПа	$\rho$ , МПа	T, К	$\rho$ , МПа	$\rho$ , МПа	T, К	$\rho$ , МПа	$\rho$ , МПа
390,97	0,4218	0,1485	451,68	0,1485	456,62	485,05	0,05460	485,05	0,1983		
394,60	0,7316	0,2331	471,76	0,2331	466,85	500,01	0,06472	500,01	0,2572		
397,31	0,7766*	0,3949	498,58	0,3949	477,78	519,48	0,07671	519,48	0,3687		
407,37	0,9592	0,5390	515,82	0,5390	484,73	537,63	0,08649	537,63	0,5073		
415,25	1,1259	0,8240	541,76	0,8240	498,26	555,56	0,1067	555,56	0,6718		
423,37	1,3197	1,6205	595,94	1,6205	512,03	571,43	0,1290	571,43	0,8541		
435,16	1,6362	0,1486	451,70*	0,1486	529,66	595,24	0,1639	595,24	1,1990		
445,83	1,969				539,08		0,1868				
459,14	2,453				544,96		0,1983				
467,29	2,794				552,79		0,2192				
471,70	2,990				560,22		0,2399				
					456,60*		0,05462				

\* Измерение давления насыщенных паров после исследования при максимальной температуре на той же заправке пьезометра.

Таблица 2

Экспериментальные значения плотности гептила

$T, K$	$\rho, \text{МПа}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$T, K$	$\rho, \text{МПа}$	$\rho, \text{кг/м}^3$
382,99	1,425	681,5	430,50	3,739	610,8
385,71	3,411	681,4	434,51	5,693	610,7
388,20	5,229	681,3	440,38	9,447	610,5
410,02	19,002	680,6	470,02	22,091	609,6
448,91	44,995	679,2	500,49	36,102	608,7
463,51	55,060	678,7	519,98	45,301	608,1
392,31	1,995	659,9	443,03	3,105	590,2
399,91	6,089	659,7	459,99	10,408	589,7
426,01	19,998	658,8	501,02	28,131	588,5
475,02	47,351	657,2	430,39	0,9944	15,387
494,98	58,304	656,5	449,08	1,0801	15,373
412,50	3,297	641,8	472,51	1,3010	15,355
435,08	15,206	641,1	510,03	1,5991	15,326
470,06	33,802	639,4	455,68	2,095	26,50
491,11	45,006	639,3	467,98	2,305	26,48
507,52	54,210	638,8	499,99	2,896	26,44

Таблица 3

Экспериментальные значения коэффициента теплопроводности гептила  
 $\lambda \cdot 10^4 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ 

$T, K$	$\rho, \text{МПа}$	$\lambda$	$T, K$	$\rho, \text{МПа}$	$\lambda$
296,3	0,146	1499	384,0	42,110	1471
303,6	7,122	1498	400,9	57,545	1515
311,0	14,208	1505	372,4	2,403	1294
328,4	30,881	1522	378,9	7,071	1306
345,3	47,009	1554	394,8	18,440	1340
356,4	57,606	1583	417,2	41,660	1389
312,2	0,322	1440	427,2	41,660	1415
318,2	6,003	1448	450,2	58,172	1471
330,8	17,917	1461	408,0	3,052	1230
350,4	36,551	1497	417,8	8,508	1245
373,2	58,099	1548	440,9	21,012	1291
339,2	1,042	1382	472,9	39,470	1355
347,7	8,771	1387	502,4	56,045	1420
361,1	21,040	1410			

Таблица 4

Экспериментальные значения вязкости гептила,  $\eta \cdot 10^6 \text{ Па}\cdot\text{с}$ 

$T, K$	$\rho, \text{МПа}$	$\eta, \text{мкПа}\cdot\text{с}$	$T, K$	$\rho, \text{МПа}$	$\eta, \text{мкПа}\cdot\text{с}$
295,4	0,512	568,1	381,6	41,515	311,8
305,1	9,869	525,9	394,6	53,591	309,0
315,6	20,101	494,4	367,4	0,986	260,5
324,7	28,486	477,6	385,3	13,716	251,2
339,4	42,813	460,0	400,0	24,156	246,0
357,6	59,986	457,1	414,0	34,207	242,8
311,3	1,124	459,8	432,6	47,730	241,0
329,8	18,430	414,8	443,1	55,202	240,5
340,2	27,991	398,7	383,3	2,018	227,0
347,5	35,010	391,0	409,8	18,880	214,1
369,4	56,187	382,0	428,3	31,144	210,0
323,3	1,014	405,6	449,0	45,235	207,1
335,3	11,803	377,3	466,1	58,113	206,7
344,4	20,229	362,0	402,6	1,748	194,5
359,5	33,484	347,1	417,6	10,105	189,2
374,7	47,151	340,1	439,0	22,330	183,5
387,0	58,152	338,9	467,3	38,608	179,5
339,5	3,088	348,8	489,5	50,784	179,0
358,3	19,863	325,8	506,5	60,112	178,7
365,5	26,347	319,9			

Таблица 5

## Коэффициенты уравнения ( 2 )

	Гептил	Синтин	Нафтил	Децилин
$\alpha_{20}$	$-0,325879 \cdot 10^{-2}$	$0,171864 \cdot 10^4$	$0,158134 \cdot 10^4$	$0,181494 \cdot 10^4$
$\alpha_{01}$	$0,555339 \cdot 10^2$	$0,916561 \cdot 10^{-1}$	$-0,513195$	$-0,293884 \cdot 10$
$\alpha_{02}$	$-0,606263 \cdot 10^4$	$-0,769494 \cdot 10^{-2}$	$-0,428008 \cdot 10^{-2}$	$0,307945 \cdot 10^{-2}$
$\alpha_{03}$		$0,786455 \cdot 10^{-5}$	$0,413413 \cdot 10^{-5}$	$-0,246061 \cdot 10^{-5}$
$\alpha_{10}$	$0,330678 \cdot 10^{-2}$	$-0,679425 \cdot 10$	$-0,148674 \cdot 10$	$0,991042 \cdot 10$
$\alpha_{11}$	$-0,169027 \cdot 10$	$0,741453 \cdot 10^{-1}$	$0,268119 \cdot 10^{-1}$	$-0,738597 \cdot 10^{-1}$
$\alpha_{12}$	$0,239670 \cdot 10^3$	$-0,180038 \cdot 10^{-3}$	$-0,482781 \cdot 10^{-4}$	$0,235108 \cdot 10^{-3}$
$\alpha_{13}$		$0,169552 \cdot 10^{-6}$	$0,553997 \cdot 10^{-7}$	$-0,197706 \cdot 10^{-6}$
$\alpha_{20}$	$-0,228697 \cdot 10^{-4}$	$0,205486 \cdot 10^{-1}$	$-0,160418$	$-0,212428$
$\alpha_{21}$	$0,136546 \cdot 10^{-1}$	$-0,284534 \cdot 10^{-3}$	$0,120688 \cdot 10^{-2}$	$0,180419 \cdot 10^{-2}$
$\alpha_{22}$	$-0,198028 \cdot 10$	$-0,113945 \cdot 10^{-5}$	$-0,278101 \cdot 10^{-5}$	$-0,480287 \cdot 10^{-5}$
$\alpha_{23}$		$-0,144088 \cdot 10^{-8}$	$0,182009 \cdot 10^{-8}$	$0,385147 \cdot 10^{-8}$

14

Таблица 6  
Коэффициенты уравнения ( 3 )

	Гептил	Синтин	Нафтил	Децилин
$\alpha_{00}$	2,83574	$0,575672 \cdot 10$	$0,426219 \cdot 10$	$0,641007 \cdot 10$
$\alpha_{01}$	4,78877	$-0,378365 \cdot 10^2$	$-0,196975 \cdot 10^2$	$-0,245013 \cdot 10^2$
$\alpha_{02}$	28,94817	$0,296314 \cdot 10^3$	$0,224475 \cdot 10^3$	$0,311455 \cdot 10^3$
$\alpha_{03}$	-37,23881	$-0,733645 \cdot 10^3$	$-0,612380 \cdot 10^3$	$-0,810642 \cdot 10^3$
$\alpha_{04}$		$0,658169 \cdot 10^3$	$0,613284 \cdot 10^3$	$0,693122 \cdot 10^3$
$\alpha_{10}$	-2,73535	$0,870808$	$0,148534 \cdot 10$	$0,673508 \cdot 10$
$\alpha_{11}$	32,75083	$-0,527278 \cdot 10$	$-0,146511 \cdot 10^2$	$-0,451047 \cdot 10^2$
$\alpha_{12}$	-124,41001	$0,600683 \cdot 10$	$0,565009 \cdot 10^2$	$0,602793 \cdot 10^2$
$\alpha_{13}$	154,26209	$0,178123 \cdot 10^2$	$-0,957749 \cdot 10^2$	$-0,917513 \cdot 10^2$
$\alpha_{14}$		$-0,306842 \cdot 10^2$	$0,606214 \cdot 10^2$	$0,722441 \cdot 10^2$
$\alpha_{20}$	0,51313	$0,235958$	$-0,203818$	$-0,355488$
$\alpha_{21}$	-5,89523	$-0,421691 \cdot 10$	$0,242171 \cdot 10$	$0,393151 \cdot 10$
$\alpha_{22}$	22,15727	$0,246264 \cdot 10^2$	$-0,112053 \cdot 10^2$	$-0,145217 \cdot 10^2$
$\alpha_{23}$	-27,19699	$-0,585714 \cdot 10^2$	$0,236050 \cdot 10^2$	$0,340722 \cdot 10^2$
$\alpha_{24}$		$0,491142 \cdot 10^2$	$-0,189223 \cdot 10^2$	$-0,103549 \cdot 10^2$

15

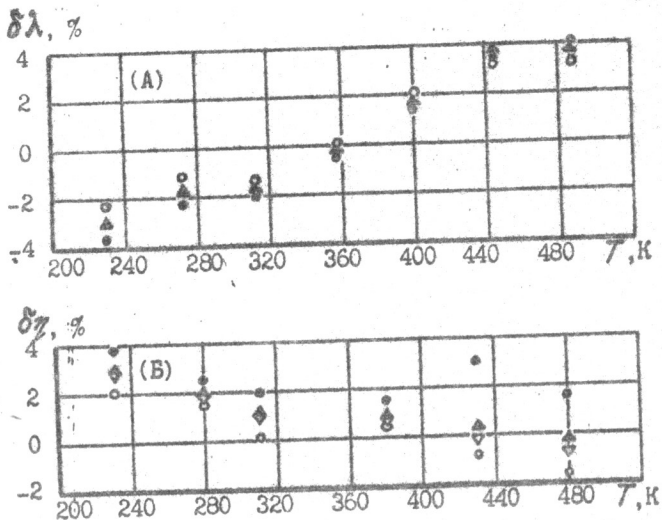


Рис. 1. Сравнение экспериментальных значений теплопроводности (А) и вязкости (Б) синтина с данными НИО МАСМА при давлениях:

○ - 0,1 МПа; ▽ - 5 МПа;  
 ▲ - 10,0 МПа; ● - 20 МПа

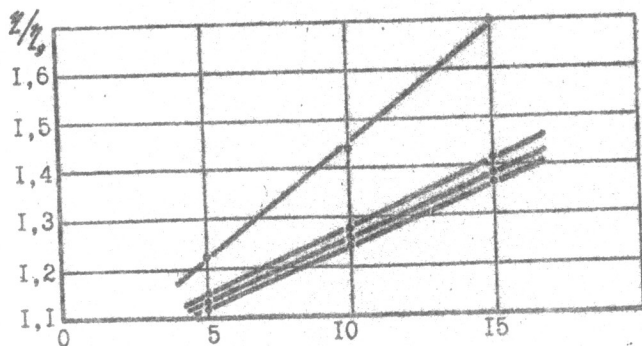


Рис. 2. Зависимость  $(\zeta/\zeta_0)$  от  $\alpha$  при  $\alpha = 0,514$ :

1 - гиптил ( $A=1,55$ ); 2 - синтин ( $A=0,75$ );  
 3 - дицилин ( $A=0,65$ ); 4 - нафтил ( $A=0,56$ )