

Автор ер.

П 24

Министерство высшего и среднего специального образования УССР

**ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

имени М. В. ЛОМОНОСОВА

НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

**ПЕРЕДРИЙ
ВАЛЕРИЙ ГЕОРГИЕВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ФРЕОНОВ
МЕТАНОВОГО
И ЭТАНОВОГО РЯДОВ**

Специальность № 05.04.03 — Гидравлические машины,
машины и аппараты холодильной и криогенной техники

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

Перунов 10 87

ОДЕССА — 1975

Министерство высшего и среднего специального образования УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

на правах рукописи

ПЕРЕДРИЙ
ВАЛЕРИЙ ГЕОРГИЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ФРЕОНОВ
МЕТАНОВОГО И ЭТАНОВОГО РЯДОВ.

Специальность № 05.04.03 - Гидравлические
машины, машины и аппараты холодильной и
криогенной техники.

Диссертация написана на русском языке.

АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК.

v012542

Одесса - 1975 г.

АХТ 26.06.12
Исследование теплопр



v012542

Одесский технологический
институт пищевой промышлен-
ности им. М. В. Ломоносова

БИБЛИОТЕКА

Работа выполнена на кафедре теоретических основ тепло-хладотехники Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ: доктор технических наук, профессор

ЧАЙКОВСКИЙ В. Ф.

кандидат технических наук, доцент

ГЭДЛЕР В. Э.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ: доктор технических наук, ст. науч. сотр.

СИРОТА А. М.

кандидат технических наук, доцент

ГРИГОРЬЕВ Б. А.

Ведущее предприятие - лаборатория физико-технических исследований Государственного института азотной промышленности.

Автореферат разослан " 19 " апреля 1975 г.

Защита диссертации состоится " 23 " мая 1975 г.

на заседании Ученого Совета механического факультета Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОТИПИ имени М. В. Ломоносова.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направить в Совет института по адресу: 270039, г. Одесса-ГСП, ул. Свердлова, 112.

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

К. Т. И.

ШАПОРОВЕН Б. А.

интенсификация рабочих процессов в технологических аппаратах и установках, а также создание нового высокопроизводительного оборудования связаны с интенсификацией процессов тепло- и массообмена, в связи с чем значительно возросли требования к точности необходимых при проектировании и расчёте теплообменной аппаратуры данных по теплофизическим свойствам и, в частности, по коэффициентам теплопроводности (λ) рабочих тел, перспективных для применения в различных областях техники. К одной из групп таких веществ относятся фреоны — предельные галогидпроизводные углеводородов, которые, как известно, обладают рядом весьма благоприятных качеств. Они в большинстве своём не горючи и не взрывоопасны, имеют низкую температуру кипения, маловязкие, термически стабильны, инертны по отношению к конструкционным, уплотняющим и смазочным материалам.

Одной из традиционных сфер применения фреонов является область получения искусственного холода для обработки, производства и хранения пищевых продуктов. В последнее время искусственное охлаждение находит широкое применение в машиностроительной и химической промышленности, авиационной и космической технике, радиоэлектронике, медицине, промышленном и транспортном кондиционировании и т.д. Вместе с тем фреоны используются в ряде отраслей промышленности и для других целей. Они служат растворителями при химических реакциях, являются пропеллентами в аэрозольных упаковках, применяются для очистки герметичных систем, используются в качестве рабочих тел теплоэнергетических утилизирующих станций и геотермальных теплосиловых установок.

Для тепловых расчётов технологической аппаратуры и про-

цессов, связанных с применением фреонов, необходимо знание их теплопроводности не только в области параметров, традиционной для холодильной техники, но также и в более широком диапазоне температур и давлений. Следует отметить, что возможности теоретического расчёта λ фреонов крайне ограничены в связи с отсутствием строгой теории теплопроводности веществ в состоянии жидкости и плотного газа, используемые для вычислений эмпирические и полуэмпирические формулы не удовлетворяют современным требованиям к их точности. Результаты немногочисленных экспериментальных исследований теплопроводности относятся, в основном, к атмосферному давлению для газообразных и к линии насыщения для жидких фреонов и охватывают во многих случаях крайне ограниченный интервал температур. К тому же, данные, полученные различными исследователями, значительно отличаются между собой (расхождения достигают 20-30% и более).

В связи с изложенным, целью настоящей работы явилось экспериментальное исследование и обобщение данных по теплопроводности наиболее важных и перспективных фреонов метанового ряда Ф-11, Ф-12, Ф-13, Ф-14, Ф-21, Ф-22, Ф-23 и фреоны этанового ряда Ф-113 в интервале температур $-80 \pm +160^\circ\text{C}$ при давлениях до 600 бар.

В первой главе диссертации приведен краткий обзор основных методов расчётного и экспериментального определения теплопроводности газов и жидкостей. Рассмотрены различные варианты конструкций измерительных ячеек для экспериментального изучения λ методом нагретой нити, обоснована целесообразность выбора рабочей методики.

Во второй главе дано описание конструкций измерительных

ячеек и экспериментальной установки, рассмотрены вопросы методики определения теплопроводности, проанализированы факторы, определяющие точность определения λ .

В третьей главе в виде графиков и таблиц экспериментальных и сглаженных данных приведены результаты контрольных опытов и измерений коэффициента теплопроводности фреонов. Обсуждаются некоторые особенности поведения λ в различных областях параметров состояния.

В четвертой главе результаты экспериментального исследования λ фреонов сопоставлены с опытными данными других исследователей, проанализированы причины расхождений. Проведена обработка и обобщение экспериментального материала по группам фреонов на основе теории соответственных состояний и получены уравнения, позволяющие рассчитывать и прогнозировать коэффициенты теплопроводности в широком диапазоне температур и давлений.

Для измерения теплопроводности газообразных и жидких фреонов использован абсолютный стационарный метод нити. Разработаны и изготовлены три варианта измерительных ячеек, основным элементом которых являются тонкостенные металлические (никелевый и платиновые) капилляры, которые использовались в качестве наружных термометров сопротивления. Наружный диаметр капилляров измеряли при помощи микроскопа УИМ-21 через каждые 15-20 мм по длине в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях, внутренний диаметр - относительным методом на специально изготовленном стенде с погрешностью ± 3 мкм. В качестве нагревателей и внутренних термометров сопротивления измерительных ячеек выбрана платиновая проволока марки ПЛ-1 диаметром 0,1 мм, имеющая весьма высокое $R_{100}/R_0 = 1,3924$. Диаметр проволоки опреде-

дился по обычной методике.

В первом варианте измерительной ячейки в качестве наружного термометра сопротивления использован никелевый капилляр, имеющий внутренний диаметр 1,450 мм. При сборке ячейки один конец платиновой нити запаивался в стеклянном капилляре, другой прикреплён к вольфрамовой пружине, которая устанавливалась в регулировочном винте, изолированном от корпуса при помощи стеклянных соломок. Центрирование капилляра осуществлялось в специальном каркасе с помощью установочных винтов в направляющих втулках каркаса. Для создания радиального температурного поля, а также с целью уменьшения потерь тепла на концы капилляра плотно надеты тонкостенные стеклянные трубки. Токоподводящие и потенциальные провода капилляра, а также потенциальные отводы нити выполнены из платиновой проволоки.

Во втором и третьем вариантах измерительных ячеек в качестве наружных термометров сопротивления были применены платиновые капилляры с внутренним диаметром 1,100 мм, которые с незначительным зазором помещены в стеклянную трубку, выполняющую изоляционные функции, предотвращающую утечки тепла по установочным винтам и обеспечивающую капилляру необходимую механическую прочность. Конструкция каркаса, система центрирования капилляра относительно нити и методика сборки в первом и втором вариантах ячейки идентичны.

Опыт длительной эксплуатации обоих вариантов измерительной ячейки, а также анализ приведенных в литературе сведений, показали, что при исследовании λ легкокипящих жидкостей (к которым, естественно, относятся и фреоны), в особенности, в околокритическом районе, в зазорах между измерительным капилляром, каркасом и автоклавом возможно возникновение естественной кон-

векции, искажающей результаты измерений. Поэтому в третьем варианте массивный латунный каркас измерительной ячейки был изготовлен таким образом, чтобы радиальные зазоры между измерительным капилляром, каркасом и автоклавом не превышали 0,2-0,4 мм. Центрирование капилляра относительно нити осуществлялось через специальные смотровые окна, профрезерованные в стенке каркаса и имеющие размеры 4 x 8 мм. Такая конструкция, также обеспечивая несложность сборки и центрирования, позволяет устранить конвективные токи вне рабочего зазора и проводить эксперимент в широкой области параметров состояния, включая и околокритическую область.

Геометрические характеристики измерительных ячеек приведены в табл. I. Следует отметить, что использование металлических капилляров в качестве наружных термометров сопротивления позволило исключить наиболее существенные ошибки, имеющие место в классическом варианте метода нагретой нити и связанные с неточностью определения перепада температур в стенке стеклянного капилляра и неопределенностью отнесения температуры, измеряемой навитым на стеклянный капилляр наружным термометром сопротивления.

Градировка всех термометров сопротивления измерительных ячеек проводилась по двум реперным точкам (тройной точке и точке кипения воды), а также по образцовому платиновому термометру сопротивления, изготовленному и градуированному во ВНИИФТРИ, через каждые 20 град в рабочем интервале температур. Для определения барической поправки к показаниям термометров сопротивления измерительные ячейки в среде чистого толуола подвергались давлению 200, 400 и 600 бар и их термометры гра -

дуровались в интервале температур $-80 \pm +160^{\circ}\text{C}$ по образцовому платиновому термометру сопротивления, измерительная часть которого находилась в жидкостном термостате в непосредственной близости от измерительной ячейки. Полученные таким образом значения барической поправки приведены в диссертации.

При измерении коэффициента теплопроводности измерительная ячейка помещалась в автоклав из нержавеющей стали, установленный в массивном медном блоке. Для создания изотермических условий по длине ячейки медный блок находился под слоем термостатирующей жидкости в малоинерционном термостате, снабжённом чувствительным электронным терморегулятором, что обеспечивало отсутствие видимых колебаний температуры внутри автоклава. Градиент температур по высоте автоклава контролировался дифференциальной трёхспайной медь-константановой термопарой и не превышал в опытах $3 \cdot 10^{-5}$ град/мм.

Все потенциометрические измерения осуществлялись полуавтоматическими потенциометрами постоянного тока типа Р-348 класса 0,002 и Р-309 класса 0,005. Для исключения влияния паразитных термо-э.д.с. рабочие цепи термометров реверсировались бестермочными переключателями типа П-308. Давление в опытах создавалось и измерялось при помощи грузопоршневого манометра МП-600 класса 0,05. Разделение масла гидравлического пресса и исследуемого вещества производилось посредством ртутного U-образного разделительного сосуда. В некоторых опытах в качестве разделителя был использован тонкостенный фторопластовый стакан, обладающий незначительной жёсткостью и помещенный в сосуд высокого давления.

Коэффициент теплопроводности из данных опыта рассчитывал-

ся по уравнению

$$\lambda = \frac{IU \ln d_2/d_1}{2\pi l (\Delta t_{изм} \pm \Delta t_{град})} \quad (1)$$

где I — сила тока в цепи нити, а;

U — падение напряжения на рабочем участке нити, в;

d_2 — внутренний диаметр капилляра, м;

d_1 — диаметр нити, м;

l — длина рабочего участка нити, м;

$\Delta t_{изм}$ — измеренная разность температур, град;

$\Delta t_{град}$ — градуировочная поправка, град.

Для определения градуировочной поправки, учитывающей влияние натяжения пружины на показания термометра сопротивления, внутренний термометр перед каждым опытом тарировался по наружному, при этом величина Δt град не превышала $\pm 0,04$ град. С целью проверки отсутствия конвекции опыты проводились на двух-четырёх отличающихся между собой в 1,5-2 раза перепадах температур в слое при числах Радея не более 1700-1800. При подсчёте λ вводились поправки на эксцентриситет нити, отвод тепла с концов, лучистый теплообмен для газообразных фреонов и изменение геометрических размеров измерительной ячейки. Для жидких фреонов поправка на теплообмен излучением не вводилась в связи с отсутствием их ИФ-спектров поглощения. Полученные значения теплопроводности были отнесены к среднеарифметической температуре слоя. Анализ погрешностей измерений показал, что максимальная относительная ошибка опытных данных не превышает $\pm 1,2 \pm 1,6\%$ (в окрестностной области погрешность ориентировочно оценена величиной $\pm 4 \pm 5\%$).

В контрольных опытах была измерена теплопроводность возду-

ола в интервале температур 20-140^oC при давлениях до 600 бар и азота в интервале температур 20-160^oC при атмосферном давлении. Следует отметить, что полученные результаты весьма хорошо согласуются с рекомендуемыми значениями λ указанных веществ.

Использованные в опытах фреоны были синтезированы и аттестованы в Государственном институте прикладной химии и представляли собой весьма чистые вещества. Согласно паспортным данным, подтвержденным нашими хроматографическими анализами, содержание основного компонента для фреона Ф-12 составляло 99,70%; Ф-13 - 98,94%; Ф-14 - 99,50%; Ф-21 - 99,96%; Ф-22 - 99,90%; Ф-23 - 99,95%. Во фреоне Ф-11 примеси не были обнаружены. Для удаления возможных следов воздуха все исследованные фреоны перед опытами подвергались многократной деаэрации при замораживании их в специальном баллончике. Хроматографические анализы, проведенные после окончания опытов, свидетельствуют об отсутствии термического разложения фреонов в процессе измерений.

Методика исследований λ подробно изложена в диссертации. Особое внимание было уделено измерениям в околокритической области, где теплопроводность определялась с небольшим шагом по давлению и температуре. В остальной области параметров температурный шаг составлял 20-30 град. Всего в опытах получено 870 экспериментальных значений λ восьми фреонов метанового и этанового рядов, которые приведены в табл. 2-9. Следует отметить, что для всех фреонов значительно расширена область исследования λ , а при закритических параметрах и при умеренных и высоких давлениях значения теплопроводности фреонов получены впервые.

Качественный анализ результатов измерений показал, что на достаточно близких к критической изобарах в районе критической температуры вторая производная $(\partial^2 \lambda / \partial t^2)_p$ дважды меняет знак, а величины $(\partial \lambda / \partial t)_p$ в этой области значительно возрастают и оказыв.ются достаточно близкими у различных фреонов при одинаковых приведенных параметрах. При сверхкритических температурах изобары λ проходят через минимум, который с ростом давления смещается в сторону более высоких температур. В области высоких давлений эти особенности слабо выражены, в связи с чем, например, для фреона Ф-14 на изобарах 400 и 600 бар теплопроводность практически не зависит от температуры в диапазоне от 40 до 160°C.

При составлении таблиц рекомендуемых значений теплопроводности фреонов необходимо учитывать и результаты исследований других авторов, в связи с чем в диссертации приведен подробный обзор и анализ имеющихся в литературе данных по λ газообразных и жидких фреонов. Рассмотрены работы Марквуда-Беннингта, Червеной, Науялла и Грассмана с сотрудниками, Видмера, Джобста, Сейла, Джалалина, Цветкова, Пураназамриджи, Таушера, Садикова с сотрудниками и др., по λ жидких фреонов вдоль кривой насыщения, проанализированы возможные погрешности и результаты. Для фреона Ф-14 полученные нами данные сопоставлены с результатами Розенбаума и Тодоса при давлениях до 600 бар и показано, что в большинстве экспериментальных точек расхождений сопоставимы с суммарной погрешностью рассматриваемых работ.

Проведена обработка экспериментальных данных по теплопроводности фреонов в виде зависимости избыточной теплопроводности от плотности. В той области параметров, где соблюдается

однозначность указанной зависимости ($0 < \omega < 1,8+2,2$), опытные данные обобщены уравнениями

$$(\lambda_{p,t} - \lambda_t) \cdot 10^4 = \sum_{i=0}^{i=n} A_i (\rho/1000)^i \quad (2)$$

Значения коэффициентов уравнения (2) для фреонов Ф-13, Ф-14, Ф-22 и Ф-23 приведены в табл.10. Среднеквадратичные отклонения экспериментальных и расчётных значений λ для этих фреонов составляют, соответственно, 1,3; 2,0; 0,9 и 1,4%.

При более высоких плотностях наблюдается расслоение изотерм избыточной теплопроводности в $\Delta\lambda, \rho$ -координатах, и поэтому экспериментальные данные по теплопроводности жидких фреонов не могут быть представлены в виде однопараметрической зависимости избыточной теплопроводности от плотности. В связи с этим, для обработки полученных результатов была выбрана следующая схема. Учитывая специфику применения фреонов в качестве рабочих тел холодильных машин, данные по теплофизическим свойствам которых особенно важны вблизи кривой упругости, при составлении системы расчётных уравнений для λ в первую очередь обобщались экспериментальные значения теплопроводности вдоль линии насыщения. Затем была составлена методика учёта барической зависимости λ , при этом расчётные уравнения представлялись в обобщенном виде для каждой группы фреонов (Ф-11, Ф-12, Ф-13, Ф-14 и Ф-21, Ф-22, Ф-23).

Теплопроводность жидких фреонов вдоль кривой насыщения (λ_s) представлена теми в виде

$$\frac{\lambda_s}{\lambda_s^0} = 1 - \sum_{i=1}^n a_i (\tau')^i, \quad (8)$$

где $\tau' = \tau - 0,7$, $a_i = \sum_{j=0}^n \delta_j (M/100)^j$.

M - молекулярная масса.

Значения коэффициентов уравнения (3) для каждой группы фреонов, а также величины λ_s^* приведены в диссертации. Уравнение (3) описывает экспериментальные данные с погрешностью, не превышающей $\pm 2\%$.

Для описания барической зависимости теплопроводности использовано уравнение Ленуара

$$(\lambda_{p,T}/\lambda_s)_T = (\rho_{p,T}/\rho_s)_T^m, \quad (4)$$

где $m = 4,90 - 2,94$ для фреонов Ф-11, Ф-12, Ф-18 и Ф-14;

$m = 4,50 - 2,94$ для фреонов Ф-21, Ф-22 и Ф-28.

Использование уравнения (4) требует знания точных P, ν, T -данных в широкой области параметров состояния. Вместе с тем, для ряда фреонов в области высоких давлений экспериментальные значения плотности отсутствуют, а применение расчётных величин ρ может привести к некоторым ошибкам. В связи с этим нам представилось целесообразным в уравнении (4) исключить плотность и представить его в виде

$$(\lambda_{p,T}/\lambda_s)_T = \sum_{i=0}^{i=n} a_i \tau^i, \quad (5)$$

где $a_i = \sum_{j=0}^{j=n} \delta_j (\pi/10)^j$.

Коэффициенты уравнения (5), составленного для двух групп фреонов метанового ряда, а также для фреона Ф-118, приведены в табл. II. Поскольку для других фреонов этанового ряда экспериментальное исследование теплопроводности нами не проводилось, уравнение (5) было использовано для расчёта барической зависимости λ фреонов Ф-114 и Ф-115, при этом данные по λ_s заимствованы из работы Таушера. Сравнение рассчитанных значений

теплопроводности с результатами контрольных экспериментов, проведенных для фреона Ф-11Б при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и давлениях 200 и 400 бар, показало, что расхождения не превышают 1,5%. Таким образом, рассматриваемый метод позволяет с достаточной точностью определять барическую зависимость коэффициента теплопроводности по ограниченному эксперименту на кривой насыщения.

В диссертации рассмотрены также уравнения, позволяющие аппроксимировать λ в функции параметров, непосредственно измеряемых в опытах — температуры и давления. Проанализированы различные сечения λ , P , T -поверхности и показано, что при описании линии постоянной теплопроводности $\lambda = \text{const}$ и избыточной теплопроводности $\Delta\lambda = \text{const}$ фреонов могут быть получены положительные результаты в широкой области параметров состояния. Для фреона Ф-22 на этой основе составлено уравнение, описывающее теплопроводность с погрешностью, незначительно превышающей точность экспериментальных данных лишь при давлениях 600 бар.

Таким образом, полученные уравнения могут быть использованы при составлении экспериментально обоснованных таблиц термодинамических свойств фреонов в широкой области параметров состояния.

В ы в о д ы .

1. Разработаны новые конструкции измерительных ячеек по абсолютному стационарному методу нагретой нити, при этом в качестве наружных термометров сопротивления использованы тонкостенные никелевые и платиновые капилляры, что позволило повысить точность определения теплопроводности. Отсутствие значительных радиальных зазоров между стенками измерительного капилляра, каркаса и оправки в одном из вариантов измерительной ячейки позволило устранить конвективные токи вне рабочего зазора, что имеет особое значение при измерении λ в околокритической области.
2. Металлические капилляры впервые использованы в качестве термометров сопротивления измерительных ячеек в исследованиях теплопроводности при высоких давлениях. Специальные градуировочные опыты позволили достаточно надёжно определить барическую поправку к показаниям термометров сопротивления.
3. Создана экспериментальная установка для исследования коэффициента теплопроводности жидких и газообразных фреонов в широком диапазоне температур и давлений. Приведен анализ факторов, определяющих точность определения λ .
4. Проведено экспериментальное исследование теплопроводности фреонов Ф-11В, Ф-11, Ф-12, Ф-13, Ф-14, Ф-21, Ф-22 и Ф-23 в жидкой и газовой фазах в интервале температур $-80 \pm 160^\circ\text{C}$ при давлениях до 600 бар. Для большинства указанных веществ барическая зависимость λ изучена впервые. Составлены таблицы теплопроводности фреонов, которые могут быть использованы для инженерных расчётов.

В. О. 12542

5. Полученные экспериментальные данные по теплопроводности газообразных фреонов при атмосферном давлении и жидких фреонов вдоль кривой насыщения сопоставлены с результатами измерений других авторов, проанализированы причины расхождений.
6. Проведена обработка экспериментальных данных в координатах избыточная теплопроводность - плотность. Показано, что однозначная зависимость наблюдается только в интервале приведенных плотностей $0 < \omega < 1,8 - 2,2$. В этой области параметров избыточная теплопроводность фреонов Ф-12, Ф-14, Ф-22 и Ф-23 аппроксимирована уравнением (2), позволяющим рассчитывать λ с погрешностью, соизмеримой с ошибкой эксперимента. При более высоких плотностях имеет место расщепление изотер избыточной теплопроводности, что делает невозможным представление её в виде однозначной функции плотности.
7. Обобщены результаты измерения теплопроводности вдоль кривой насыщения. Полученные уравнение (3) позволяет с достаточно высокой точностью определять λ по группам фреонов.
8. Для описания барической зависимости теплопроводности фреонов рассмотрено уравнение Ленуара (4), корректировка которого позволила получить положительные результаты. Предложена зависимость (5), позволяющая с высокой точностью учитывать влияние давления на теплопроводность жидких фреонов. На основе этой зависимости составлены уравнения для описания барической зависимости λ по группам фреонов, рассчитаны коэффициенты теплопроводности фреонов Ф-114 и Ф-115 в широкой области параметров состояния.
9. Рассмотрены особенности сведения изотерной теплопроводности и избыточной теплопроводности в P, T-диаграмме. Для фреона Ф-22 на этой основе составлено уравнение, позволяющее рас -

считывать λ с достаточной точностью.

- Ю. Полученные результаты могут быть использованы при составлении экспериментально обоснованных таблиц теплофизических свойств фреонов в широкой области параметров состояния.

Основное содержание диссертации опубликовано
в работах.

1. Геллер В.В., Передрий В.Г. Исследование теплопроводности фреона-118. Холодильная техника 4, 1978.
2. Геллер В.В., Иванченко С.И., Передрий В.Г. Исследование теплопроводности и вязкости фреона-11 при высоких давлениях. В сб. Теплофизические свойства углеводородов, их смесей, нефтей и нефтяных фракций. М., Изд. стандартов, вып. I, 1978.
3. Геллер В.В., Иванченко С.И., Передрий В.Г. Экспериментальное исследование коэффициентов динамической вязкости и теплопроводности дифторхлорметана. Изв. Вузов, серия "Нефть и газ", № 8, 1978.
4. Геллер В.В., Артамонов С.Д., Запорожан Г.В., Передрий В.Г. Экспериментальное исследование коэффициента теплопроводности фреона-12. ИФЖ т. XXVII, № 1, 1974.
5. Геллер В.В., Передрий В.Г. Исследование теплопроводности фреонов Ф-21 и Ф-14. В сб. Холодильная техника и технология, вып. 19, Киев, 1974.
6. Чайковский В.Ф., Геллер В.В., Горькин С.Ф., Артамонов С.Д., Бондарь Г.Е., Иванченко С.И., Ленский Л.Р., Передрий В.Г. Комплексное исследование теплофизических свойств наиболее важных и перспективных фреонов в жидкой и газовой фазах. Тезисы докладов У конференции по теплофизическим свойствам веществ, Киев, 1974.
7. Чайковский В.Ф., Геллер В.В., Горькин С.Ф., Иванченко С.И., Передрий В.Г. Исследование вязкости и теплопроводности хлор-, фтор и бромпроизводных метана в широкой области параметров

состояния. Тезисы докладов X Всесоюзной конференции по физике жидкого состояния вещества. Самарканд, 1974.

8. Геллер В.В., Передрий В.Г. Исследование теплопроводности фреонов Ф-18 и Ф-23. Изв. вузов СССР "Энергетика", № 2, 1975.

Результаты работы докладывались:

1. На XXXIII научной конференции ОТИП им. М. В. Ломоносова, Одесса, октябрь - ноябрь, 1972.
2. На совещании Рабочей группы по фреонам Советской комиссии Международного союза по теоретической и прикладной химии (IUPAC). Одесса, 1972.
3. На XXXIV научной конференции ОТИП им. М. В. Ломоносова, Одесса, апрель - май, 1974.
4. На V конференции по теплофизическим свойствам веществ, Киев, 1974.
5. На X Всесоюзной конференции по физике жидкого состояния вещества. Самарканд, 1974.

Таблица I.

Геометрические характеристики измерительных электродов.

№ п/п	Характеристика	Измерительная ячейка		
		№ 1	№ 2	№ 3
1.	Материал капилляра	Никель	Платина	Платина
2.	Наружный диаметр капилляра, мм	1,550	1,200	1,200
3.	Внутренний диаметр капилляра, мм	1,450	1,100	1,100
4.	Диаметр токовых отводов капилляра, мм	0,15	0,20	0,20
5.	Диаметр потенциальных отводов капилляра, мм	0,07	0,04	0,04
6.	Диаметр нити, мм	0,100	0,100	0,100
7.	Длина рабочего участка нити, мм	104,67	81,46	81,47
8.	Диаметр потенциальных отводов нити, мм	0,05	0,04	0,04
9.	Величина измерительного зазора, мм	0,675	0,500	0,500
10.	Средний эксцентриситет, мм	0,020	0,012	0,016

Таблица 2.

Теплопроводность фреона Ф-118 $\lambda \cdot 10^4$, вт/(м град).

$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ
<u>$P = 1,0$ бар</u>		165,0	580	165,0	598	<u>$P = 589,4$ бар</u>	
-20,0	859	<u>$P = 197,1$ бар</u>		<u>$P = 898,2$ бар</u>		-8,0	944
-18,5	856	-12,1	877	-2,9	901	-1,5	943
9,8	805	-10,9	876	-2,1	900	8,9	926
11,1	804	9,5	847	9,1	889	10,1	926
43,7	740	10,9	843	10,0	887	44,8	885
44,2	739	44,6	792	43,4	889	45,1	885
<u>$P = 10,8$ бар</u>		45,3	790	45,0	887	73,8	850
74,9	682	74,0	741	73,2	790	74,5	840
76,8	685	75,1	737	75,1	791	103,1	798
104,0	685	103,4	688	104,0	745	104,5	796
105,9	628	104,5	690	105,2	744	133,1	765
<u>$P = 20,8$ бар</u>		105,2	692	134,1	698	134,6	760
132,1	590	134,1	648	135,5	700	164,1	728
136,9	591	135,1	642	169,1	655	165,9	724

Таблица 3.

Теплопроводность фреона Ф-II $\lambda \cdot 10^4$, Вт/(м град).

$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ
<u>P = 1,0 бар</u>							
	134,2	660	-22,3	1082	73,3	921	
-75,3	1160	135,0	659	-20,6	1083	74,2	924
-74,2	1150	-75,3	1162	7,2	1010	103,8	857
-46,9	1090	-74,2	1150	8,8	1002	104,2	859
-45,1	1085	-46,9	1089	43,3	932	104,4	860
-22,2	1027	-45,1	1086	44,1	928	134,2	798
-20,5	1034	-22,2	1028	73,5	858	134,5	798
89,8	99,5	-20,5	1031	74,5	862	134,7	800
41,1	99,7	7,9	954	103,9	792	<u>P = 589,4 бар</u>	
70,2	113,2	10,1	955	104,4	794	-74,9	1287
71,0	113,3	43,4	890	104,6	794	-74,3	1275
100,3	126,4	44,2	872	134,1	726	-46,7	1226
101,5	126,6	73,6	809	134,3	728	-46,2	1224
130,1	140,0	74,7	808	134,7	729	-22,6	1177
160,2	153,0	74,9	808	<u>P = 398,2 бар</u>		-20,9	1170
161,3	153,0	102,8	740	-75,1	1245	8,0	1121
<u>P = 10,8 бар</u>							
	103,2	736	-74,5	1242	8,5	1115	
43,2	880	103,3	737	-46,6	1176	43,1	1044
45,2	881	134,0	666	-45,6	1177	43,7	1042
74,3	807	134,3	665	-22,5	1123	73,1	984
77,2	806	<u>P = 197,1 бар</u>		-20,7	1126	74,0	989
75,8	806	-75,1	1208	7,1	1061	103,6	930
<u>P = 20,6 бар</u>							
	-74,7	1195	8,6	1062	104,1	927	
102,9	732	-46,4	1138	43,2	985	104,2	926
103,5	733	-45,9	1138	44,0	986	134,0	872
						134,5	872
						134,9	874

Таблица 4.

Теплопроводность фреона Ф-12 $\lambda \cdot 10^4$, вт/(м град).

$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ
<u>P = 1,0 бар</u>		-48,6	953	39,7	692	-18,3	980
37,9	104,9	-47,4	951	70,1	617	11,1	897
38,4	105,7	-17,2	835	70,6	619	38,9	833
44,7	109,4	-15,9	833	100,8	548	40,3	832
45,2	109,9	10,8	750	101,4	550	69,8	776
45,7	110,1	11,4	752	<u>P = 197,1 бар</u>		71,0	775
73,7	124,6	38,8	664	-48,7	1008	101,0	726
74,1	124,9	38,6	666	-47,6	1009	101,6	728
93,2	133,2	39,2	665	-19,8	915	<u>P = 589,4 бар</u>	
93,6	133,6	69,3	590	-18,8	911	-47,9	1135
99,2	137,6	70,2	588	11,4	825	-47,2	1130
99,6	136,7	100,9	510	39,0	746	-19,4	1051
119,6	149,5	101,6	512	40,0	747	-14,0	1046
120,2	149,7	<u>P = 99,1 бар</u>		70,1	676	10,8	970
133,0	153,4	-48,7	963	71,4	681	39,3	903
133,5	153,6	-47,5	962	101,2	619	40,6	904
145,2	162,0	-19,5	874	102,0	616	69,8	853
163,0	167,7	-18,1	872	<u>P = 393,2 бар</u>		71,1	853
163,4	168,2	11,5	778	-47,9	1074	101,2	806
<u>P = 50,0 бар</u>		39,2	691	-19,1	986	101,8	857

Таблица 5.

Теплопроводность фреона Ф-13 $\lambda \cdot 10^4$, вт/(м·град).

$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ
1	2	3	4	5	6	7	8
<u>$P = 1,0 \text{ бар}$</u>							
-18,6	618	101,3	229	131,9	820		
15,7	118,4	-18,5	616	101,6	228	161,6	309
16,3	118,6	-18,3	617	130,7	241	162,2	311
42,8	137,3	-17,9	618	130,8	242	<u>$P = 197,1 \text{ бар}$</u>	
43,3	137,1	2,3	546	130,9	244	-60,6	868
65,0	150,2	2,7	544	161,0	248	-60,0	866
66,4	150,5	2,8	544	161,6	247	-18,0	731
102,3	175,8	20,9	478	<u>$P = 99,1 \text{ бар}$</u>		-17,8	734
103,5	176,0	21,3	479	0,3	591	0,6	675
132,0	194,1	21,4	472	0,4	597	2,1	673
133,0	193,9	21,5	472	0,5	598	2,7	669
161,5	213,7	42,2	392	42,4	483	17,5	629
162,6	213,6	42,5	390	42,6	487	18,1	624
<u>$P = 20,6 \text{ бар}$</u>							
43,7	393	50,1	468	43,3	577		
42,9	158,3	50,0	342	50,3	463	43,9	570
43,5	158,5	50,2	337	60,1	402	44,1	571
59,8	165,4	63,7	244	80,2	398	64,1	541
61,2	165,4	63,9	248	80,5	398	64,3	543
79,3	173,0	64,3	244	101,1	353	80,0	516
80,5	172,6	65,5	247	101,3	352	80,7	517
<u>$P = 50,0 \text{ бар}$</u>							
80,5	224	130,8	328	101,1	494		
-60,2	793	80,6	233	131,0	323	101,5	492
-59,5	789	80,9	232	131,2	318	131,0	463

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8
131,4	462	43,8	696	161,3	579	43,8	792
160,9	441	63,8	666	P = 589,4 бар		63,2	759
161,5	441	64,5	667	-60,1	1031	64,0	756
P = 393,2 бар		80,2	652	-59,7	1030	80,5	749
-60,9	958	80,4	648	-19,2	910	80,9	743
-59,7	957	80,5	647	-18,6	909	101,4	723
-19,0	825	80,8	647	0,9	861	101,8	726
-18,8	826	101,1	632	1,5	860	130,7	706
1,7	775	101,7	628	2,2	861	131,0	704
2,3	775	131,0	601	17,3	824	160,5	676
17,2	741	131,2	599	17,6	826	161,2	675
17,8	740	160,7	582	43,3	786		

Таблица 6.

Теплопроводность фреона Ф-14 $\lambda \cdot 10^4$, вт/(м град).

$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ
1	2	3	4	5	6	7	8
<u>$P = 1,0$ бар</u>		-15,6	147,4	-10,8	170	101,4	259
-51,4	104,8	-16,6	145,9	-9,6	170	130,0	271
-50,3	104,9	20,4	173,3	<u>$P = 50,0$ бар</u>		130,4	270
-16,4	132,5	22,1	173,1	-79,4	605	160,8	292
-15,3	133,1	41,7	187,5	-78,9	604	161,2	293
20,2	160,5	43,1	188,7	-55,8	512	<u>$P = 59,8$ бар</u>	
22,2	161,2	74,3	213,3	-55,4	511	-39,4	455
50,5	183,4	75,3	219,1	-39,8	440	-36,6	441
52,0	184,2	102,4	233,3	-35,4	412	-36,2	439
75,1	202,1	103,7	232,3	-34,9	407	-30,4	390
77,5	203,0	131,4	252,5	-30,3	362	-29,8	389
102,4	224,0	132,7	251,7	-29,7	360	-22,5	325
103,7	223,2	160,0	273,1	-22,2	252	-17,6	280
131,2	245,2	160,9	272,3	-17,6	219	-17,2	279
132,5	244,7	<u>$P = 40,2$ бар</u>		-17,2	217	-7,2	235
160,1	266,9	-40,2	372	8,9	196	-6,9	233
161,3	266,5	-40,0	372	9,3	192	<u>$P = 74,5$ бар</u>	
<u>$P = 20,6$ бар</u>		-36,6	310	45,2	216	-39,5	475
-55,5	134,2	-32,4	233	46,7	216	-36,8	462
-53,3	136,0	-30,3	200	72,3	231	-30,3	426
-36,2	140,0	-30,1	193	72,6	232	-30,0	425
-33,4	140,2	-13,4	171	101,0	254	-21,4	370

Продолжение таблицы 6.

1	2	3	4	5	6	7	8
-17,8	830	<u>P = 197,1 бар</u>		<u>P = 893,2 бар</u>		<u>P = 589,4 бар</u>	
-17,4	826	-79,5	705	-79,7	845	-79,3	954
-7,3	275	-78,8	705	-78,2	842	-78,8	952
-7,0	275	-55,8	618	-55,7	736	-55,8	856
<u>P = 99,1 бар</u>		-55,0	616	-54,8	730	-56,1	859
-79,2	650	-30,5	542	-30,4	613	-30,2	773
-78,5	649	-29,1	540	-30,0	644	-29,8	776
-55,8	555	9,8	461	9,9	582	9,2	693
-55,0	552	45,1	408	45,2	551	9,6	694
-30,5	460	45,8	410	45,7	556	15,6	655
-29,8	459	71,9	400	72,16	550	72,1	651
-15,2	401	72,2	400	73,0	558	72,7	647
-16,7	407	100,9	399	100,9	538	100,6	643
8,7	822	101,4	400	101,4	540	101,4	636
9,5	820	130,0	408	129,8	550	130,3	650
25,5	292	130,6	406	130,6	546	129,6	644
26,8	291	160,8	417	160,4	556	160,2	651
		161,6	416	161,0	551		

Таблица 7.

Теплопроводность фреона Ф-21 $\lambda \cdot 10^4$, Вт/(м·град).

$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ
<u>$P = 50,0$ бар</u>		<u>$P = 191,1$ бар</u>		<u>$P = 393,2$ бар</u>		<u>$P = 589,4$ бар</u>	
-63,4	1333	-63,5	1375	-63,6	1426	-63,7	1474
-61,9	1334	-62,1	1376	-62,2	1425	-62,4	1471
-20,0	1175	-20,1	1227	-20,2	1287	-20,3	1343
-19,1	1174	-19,1	1224	-19,2	1284	-19,4	1340
12,3	1060	12,1	1117	12,1	1185	11,9	1251
18,0	1058	12,9	1116	12,7	1184	12,7	1246
42,5	958	42,1	1023	41,9	1096	41,7	1165
43,5	956	43,2	1024	43,0	1094	43,2	1162
71,6	862	71,4	955	71,2	1044	71,1	1105
72,7	860	72,4	958	72,4	1037	72,2	1098
102,4	768	102,2	848	102,2	951	102,0	1089
103,6	770	103,0	850	102,7	946	102,8	1081
131,4	692	131,9	751	131,6	888	131,4	972
132,0	685	132,6	752	132,1	885	131,8	968
158,5	613	157,9	701	157,5	824	157,7	913
158,8	613	158,2	696	158,0	818	158,1	912

Таблица 8.

Теплопроводность фреона Ф-22 $\lambda \cdot 10^4$, вт/(м град).

$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ
1	2	3	4	5	6	7	8
<u>$P = 1,0$ бар</u>		101,2	178,5	91,9	192,0	-48,7	1211
39,8	121,2	130,6	188,2	92,8	192,4	-19,2	1074
41,6	121,6	131,4	189,2	100,1	193,4	-18,4	1070
42,0	121,7	158,9	207,8	101,8	193,5	11,8	945
71,9	142,0	160,1	208,4	130,2	203,4	12,0	942
72,8	142,2	<u>$P = 20,6$ бар</u>		130,9	204,0	42,1	812
98,7	160,7	70,4	165,4	159,8	222,8	42,8	814
100,1	161,1	71,4	166,2	160,7	223,6	42,9	812
131,4	182,1	79,8	168,4	<u>$P = 40,2$ бар</u>		70,8	688
132,8	182,4	80,6	168,9	90,6	242,0	71,2	689
133,2	183,4	92,0	173,7	91,3	241,4	72,6	691
159,7	200,9	92,6	174,4	100,3	235,1	88,1	620
160,4	201,2	100,2	177,6	101,5	235,6	88,4	620
<u>$P = 10,8$ бар</u>		101,1	178,5	129,4	226,2	100,1	388
70,6	148,8	130,7	194,8	130,2	225,7	100,4	375
71,5	149,3	131,8	195,0	160,4	233,1	109,8	266
80,0	155,1	160,2	214,9	161,6	233,5	111,2	270
81,6	155,9	161,0	215,7	<u>$P = 50,0$ бар</u>		112,4	261
91,7	162,5	<u>$P = 30,4$ бар</u>		-80,1	1352	180,3	242
92,4	163,2	81,2	191,8	-79,2	1357	180,5	241
100,4	168,0	82,4	192,0	-49,9	1214	161,0	241

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8
161,2	241	-77,6	1400	-19,6	1225	11,9	1200
<u>P = 74,5 бар</u>		-49,9	1266	-18,3	1219	41,1	1109
106,7	544	-48,6	1267	10,9	1120	42,4	1105
111,8	492	-19,4	1147	12,2	1122	71,6	1031
112,6	485	-18,5	1136	41,5	1026	72,9	1034
130,4	372	11,3	1024	42,7	1034	91,2	888
131,2	367	12,6	1018	71,9	940	92,1	882
160,8	301	42,6	914	73,2	941	110,8	947
161,0	298	43,3	918	91,1	892	111,8	944
<u>P = 99,1 бар</u>		71,9	824	92,0	890	130,6	909
42,0	858	72,6	825	111,0	842	131,1	911
42,6	854	91,0	764	112,2	846	160,7	858
70,7	746	91,8	763	130,6	809	161,2	859
71,4	749	110,4	711	131,2	807		
89,4	672	110,9	715	160,8	744		
90,3	673	130,7	662	161,4	743		
111,5	577	131,4	660	<u>P = 589,4 бар</u>			
112,4	575	160,9	588	-79,8	1544		
130,0	500	161,5	586	-73,5	1549		
130,9	496	<u>P = 393,2 бар</u>		-50,4	1426		
160,8	398	-79,6	1466	-48,8	1418		
161,4	401	-78,7	1477	-20,0	1302		
<u>P = 197,1 бар</u>		-50,0	1344	-18,7	1297		
-78,9	1404	-48,7	1337	10,6	1198		

Таблица 9.

Теплопроводность фреона Ф-23 $\lambda \cdot 10^4$, вт/ (м·град).

$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ	$t, ^\circ\text{C}$	λ
1	2	3	4	5	6	7	8
<u>P = 1,0 бар</u>		101,8	186,2	70,5	219	71,0	327
10,2	125,1	159,5	213	101,1	200	100,1	276
70,9	125,3	160,3	213	101,8	201	101,1	278
45,0	144,0	<u>P = 40,2 бар</u>		130,4	205	130,2	260
46,1	144,2	39,5	198	131,0	206	130,7	262
70,4	158,0	40,4	197	160,0	227	<u>P = 99,1 бар</u>	
71,2	158,5	70,3	203	160,7	226	8,4	790
100,5	174,9	71,2	204	<u>P = 59,8 бар</u>		8,6	793
101,4	175,3	<u>P = 50,1 бар</u>		8,4	770	18,1	757
130,6	190,0	-79,2	1360	9,0	772	18,5	759
131,8	190,3	-78,1	1355	18,1	701	40,0	625
160,6	207,0	-49,1	1147	18,7	702	40,2	626
161,5	207,0	-48,7	1142	40,0	506	70,2	455
<u>P = 10,8 бар</u>		-21,2	957	40,6	504	70,5	454
10,9	132,5	-21,6	960	70,2	275	100,9	349
10,7	132,1	8,5	750	71,0	276	101,2	348
<u>P = 20,6 бар</u>		9,2	749	<u>P = 74,5 бар</u>		101,6	350
10,2	140,8	18,1	654	8,4	786	130,6	312
11,0	140,9	18,6	656	8,6	788	131,1	313
39,6	160,2	40,0	310	18,1	724	160,4	315
40,6	160,1	40,1	292	18,2	723	161,0	317
70,3	174,0	40,5	288	40,1	565	<u>P = 197,1 бар</u>	
71,3	175,0	41,0	288	40,2	564	-79,0	1422
100,6	187,0	70,3	218	70,1	325	-78,5	1417

Продолжение таблицы 9.

1	2	3	4	5	6	7	8
-49,8	1210	131,7	527	41,0	947	-21,0	1282
-48,8	1214	160,0	500	70,9	845	8,5	1170
-20,7	1053	160,5	498	71,2	846	9,0	1164
-21,1	1054	<u>P = 393,2 бар</u>		100,6	750	18,8	1132
8,5	910	-79,5	1485	101,6	751	19,0	1135
8,9	912	-78,7	1487	130,8	705	40,2	1041
18,7	881	-49,1	1312	180,8	704	40,8	1038
19,2	884	-48,8	1311	160,0	687	71,0	977
40,5	799	-21,1	1176	160,9	685	71,5	977
41,1	800	-20,9	1175	<u>P = 589,4 бар</u>		71,8	980
70,2	681	8,7	1055	-79,0	1566	100,9	915
70,6	683	9,2	1059	-78,6	1562	101,3	917
100,8	580	18,5	1022	-49,1	1414	130,5	875
101,5	585	19,0	1025	-48,8	1405	131,0	874
120,9	525	40,8	945	-21,2	1235	160,0	840
						161,0	839

Таблица Ю.

Значения коэффициентов A_i уравнения (2).

Коэффициент	Греон 1-13	Греон 1-14	Греон 1-22	Греон 1-23
A_0	-0,00268	0,00237	0,00031	-0,00272
A_1	0,36236	0,34702	0,03144	0,08733
A_2	-0,31823	-1,51937	0,00962	-0,07314
A_3	5,43905	21,34949	0,01341	0,00223

Таблица II.

Значения коэффициентов уравнения (5).

	a_0	a_1	a_2	a_3
Фреоны Ф-II, Ф-12, Ф-18 и Ф-14				
a_0	0,885842	0,0868795	0,0880218	-0,148842
a_1	0,828155	-1,49908	1,88561	0,0146257
a_2	-0,782166	4,51617	-6,95897	8,08201
a_3	0,849880	-2,82681	8,57425	-1,48658
a_4	0,724622	-8,70001	6,58807	-8,85628
a_5	-0,780895	4,07664	-7,04223	8,95922
a_6	0,184929	-1,05489	1,88513	-1,09049
Фреоны Ф-21, Ф-22 и Ф-23				
a_0	0,7661091	1,258444	-2,251780	1,082124
a_1	4,205891	-28,62040	44,55698	-22,91872
a_2	-22,00545	125,3338	-234,8488	124,2895
a_3	48,22276	-245,7380	454,6675	-248,2887
a_4	-41,22468	238,5627	-424,4235	228,9949
a_5	19,18160	-108,2998	192,8123	-105,0748
a_6	-8,498261	19,60199	-84,25808	18,89012
Фреон Ф-118				
a_0	0,6787099	1,347577	-1,776876	0,7007902
a_1	4,884186	-18,87280	25,28740	-10,85286
a_2	-19,18811	82,86448	-117,7817	58,45569
a_3	38,74003	-147,0787	211,5581	-98,88808
a_4	-29,19666	128,8478	-186,3814	87,81670
a_5	12,11864	-58,60225	78,88837	-37,28558
a_6	-1,921876	8,546566	-12,55004	5,999814