

U/254

Danilova, G.N. (Kand. d. techn. Wiss.),
Kuprijanova, A.V.

WÄRMEÜBERGANGSKOEFFIZIENTEN BEIM SIEDEN VON FREON C-318 UND 21
AN EINEM HORIZONTALLEN ROHR

Deutsche Übersetzung aus:

Cholodil'naja tehnika. Moskva, 44 (1967),
Nr 11. S. 15 - 21

Russ.: Коэффициенты теплоотдачи при кипении фреонов C-318 и 21
на горизонтальной трубке

Koefficienty teplootdači pri kipeanii
freonov C-318 und 21 na gorizonta'l'noj
trubke

Ermittelt wurden die Wärmeübergangskoeffizienten für siedendes Freon C-318 und 21 bei Temperaturen von -20 bis $+80^{\circ}$ und von 0 bis 50° sowie empirische Berechnungsgleichungen. Es wurde festgestellt, daß im Druckbereich, wie er im Verdampfer von Wärmepumpenkreisläufen üblich ist, der Wärmeübergangskoeffizient von Freon C-318 um 15 % und von Freon 21 um 50 % größer ist als von Freon 12. Es wurde nachgewiesen, daß die Wärmeübergangskoeffizienten bei behandelter Oberfläche um das 1,5 - 2fache größer sind als bei glatter Oberfläche. Die Versuchangaben über den Einfluß des Drucks auf den Wärmeübergang wurden mit den Berechnungsgleichungen anderer Autoren verglichen.

Freon C-318 und 21 können wegen ihrer thermodynamischen Eigenschaften in Wärmepumpenkreisläufen eingesetzt werden. Freon 21 ist außerdem als Arbeitsmittel in der unteren Stufe des binären Kreislaufs von großen Energieanlagen sehr vielversprechend [1].

Der vorliegende Aufsatz befaßt sich mit den Ergebnissen einer Untersuchung über den Wärmeübergang beim Behältersieden von Freon C-318 und 21 bei freier Konvektion.

Übersetzungsstelle
der Universitätsbibliothek Stuttgart

Die Versuche wurden an einer üblichen Versuchsanlage durchgeführt. Durch die thermisch regelbare Kammer, in der der Siedebehälter und der Kondensator untergebracht sind, konnten Siedetemperatur t_o und Kondensationstemperatur t_k gleich und konstant gehalten werden. Dadurch blieb der Druck im Siedebehälter während der Versuche konstant.

Als Heizfläche diente ein Rohr aus nichtrostendem Stahl mit 5,1 mm Durchmesser. Die Länge der Meßstrecke betrug 91 mm, die Wanddicke 0,2 mm. Eine Hälfte der Rohraußenfläche war mit Korundpulver vorbehandelt worden, die andere (glatte) Hälfte hatte keine Vorbehandlung erfahren. An beiden Rohroberflächen wurde über Profilmessungen die Rauigkeit bestimmt: sie betrug für die glatte Oberfläche $R_z = 3,84$ und für die behandelte 9,13 m.

In den Versuchen wurde die Temperatur der Innenfläche der glatten und der vorbehandelten Rohrseite gemessen. Dafür wurde in die Rohrmitte ein Wattepfropfen eingeschoben, der die Zirkulation von Luft innerhalb des Rohres verhinderte. Von den beiden Stirnseiten wurden Thermolemente eingeführt. Um den isothermen Bereich zu vergrößern, wurden die Thermolemente innerhalb des Rohres zu Schleifen gedreht. Die warmen Lötstellen der Thermolemente lagen 15 mm von der Rohrmitte entfernt. Nach den Anzeigen der Thermolemente wurde die Temperatur der Heizfläche bestimmt.

Bei der Auswertung der Meßwerte wurde als Siedetemperatur die Dampftemperatur gewählt, die von dem im Dampfraum des Siedebehälters über dem Flüssigkeitsspiegel angebrachten Thermolement gemessen wurde. Für Freon 21 stimmten ihre Angaben mit der Temperatur überein, die nach der Messung des Dampfdrucks aus der Sättigungskurve ermittelt wurden [2]. Die Übereinstimmung war bei Freon C-318 ausreichend, wenn die Sättigungstemperatur nach der vom Leningrader Technologischen Institut der Kälteindustrie¹⁾ angegebenen Dampfdruckkurve ermittelt wird. Verwendet man die in Arbeit [2] angegebenen Dampfdruckkurve für Freon C-318, so ergibt sich eine Differenz von 3 % bei p und von 2 % bei T_o .

1) ЛТИЧП - Ленинградский технологический институт холодильной промышленности (Anm. d. Übers.)

Um einen Hystereseeinfluß zu vermeiden, wurde die Wärmestromdichte (von Versuchspunkt zu Versuchspunkt) von großen nach kleinen Werten verändert. Der Bereich betrug dabei 600 bis 53 000 W/m^2 [515 - 45 500 $kCal/(m^2 \cdot h)$]. Die Versuche mit Freon C-318 wurden bei $t_0 = -20 - +80^\circ C$ und $p = 0,57 - 13,5$ bar ($p = 0,58 - 13,7$ ata) durchgeführt, und mit Freon 21 bei $t_0 = 0 - +50^\circ C$, $p = 0,7 - 4,1$ bar (0,72 - 4,2 ata).

Während der Versuche wurde die Dampfbildung an der Rohroberfläche beobachtet. Es wurde festgestellt, daß an der glatten Oberfläche das Sieden bei höheren Wärmestromdichten begann und aufhörte als bei der vorbehandelten Rohroberfläche. Die Zahl der Keimstellen war dabei gering.

Die Wärmestromdichte, bei der das Sieden aufhörte oder einsetzte, hing auch von der Siedetemperatur (dem Druck) ab: war t_0 größer, so kam es bei niedrigeren Wärmestromdichten zu einem Abbruch (bzw. Einsatz) des Siedens, wobei das Sieden zuerst an der glatten Rohrseite aufhörte und erst danach an der aufgerauhten. Die Zahl der Keimstellen wurde mit zunehmender Wärmestromdichte größer. Bei gleicher Wärmestromdichte waren die Abreißdurchmesser der Dampfblasen an der glatten Oberfläche wesentlich größer als unter gleichen Bedingungen an der vorbehandelten Oberfläche.

Diese Feststellungen beziehen sich auf den stabilen Zustand (nach 10-stündigem Sieden und 24-stündige Verweildauer des Rohres im Kältemittel).

Am vorbehandelten Rohrabschnitt war die Temperaturdifferenz zwischen Wand und Sattdampf $\theta = t_{Wand} - t_0$ bei gleichen spezifischen Wärmestromdichten q und gleichen t_0 geringer als am glatten Rohr. Die Differenz betrug $0,4^\circ$ (bei hohen t_0 und geringen q) bis $4^\circ C$ (bei niedrigen t_0 und großen q). Dies führt bei den numerischen Werten der Wärmeübergangskoeffizienten zu einem Fehler, da die Wärme infolge Wärmeleitung in der Rohrwand von der glatten zur aufgerauhten Oberfläche strömt.

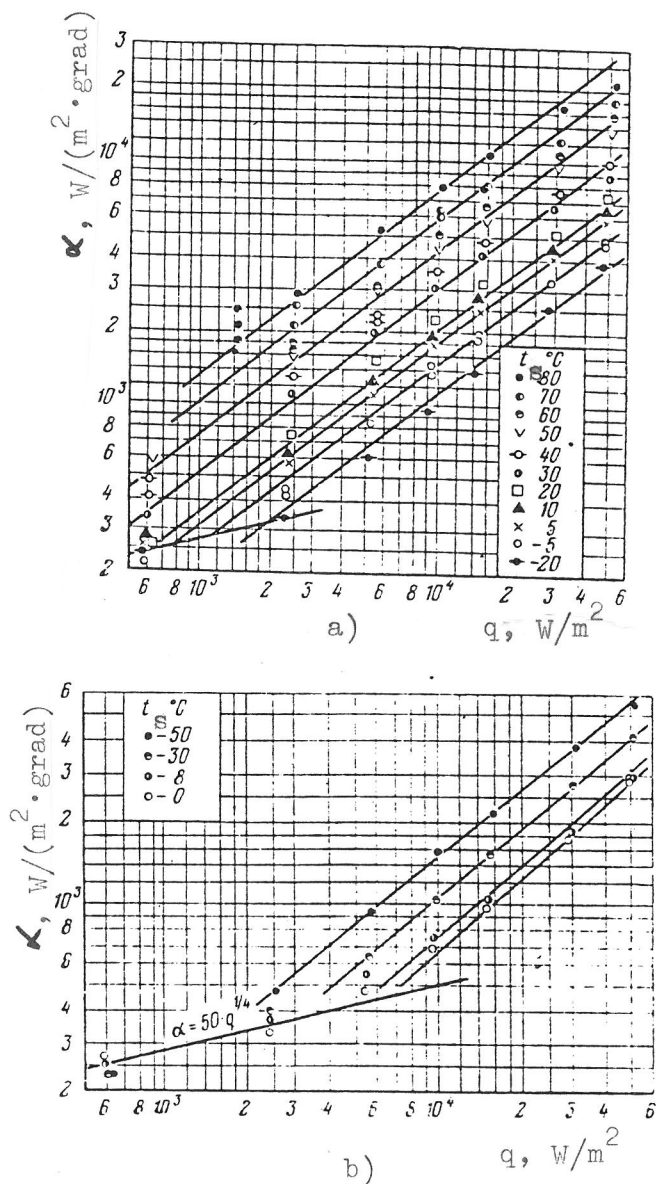


Abb. 1. Wärmeübergangskoeffizienten beim Sieden von Freon C-318 (a) und Freon 21 (b) am glatten Rohrabschnitt.

Die niedrige Wärmeleitfähigkeit des Stahls 1Ch18N9T (0,1 % C; 18 % Cr; 9 % Ni; ≤ 1 % Ti), die geringe Wanddicke sowie die Lage der warmen Lötstellen der Thermoelemente in gewissem Abstand von der Rohrmitte lassen eine Vernachlässigung dieses Fehlers zu. Der Sicherheit halber wurde jedoch an einem zweiten 90 mm langen Rohr zur Überprüfung eine Versuchsreihe durchgeführt. Die Oberfläche dieses Rohres wurde dabei nicht speziell vorbehandelt und war annähernd so rauh wie der glatte

Abschnitt des ersten Rohres. Die sonstigen Abmessungen und der Werkstoff beider Rohre waren gleich. Die Testversuche wurden mit Freon C-318 bei $t_0 = -5; +20; +40^\circ\text{C}$ durchgeführt und ergaben eine gute Übereinstimmung mit den Hauptversuchen.

Die Versuchsergebnisse für eine Oberfläche mit der Oberflächengüte $\nabla 7$, $R_z = 3,84 \mu\text{m}$ sind in Abb. 1 angegeben.

Wie bei anderen Versuchen mit Kältemitteln nahm der Exponent von q in der Gleichung $\alpha = A \cdot q^n$ mit zunehmendem Druck etwas ab. Bei Veränderung von t_0 von -20 auf $+80^\circ\text{C}$ veränderte sich in den Versuchen mit Freon C-318 der Wert n von $0,75$ auf $0,6$ am glatten und von $0,8$ auf $0,67$ am rauhen Rohrabschnitt. Die Ausgleichskurven in Abb. 1a) haben den gleichen Anstieg, der $n = 0,75$ entspricht. Bei den Versuchen mit Freon 21 änderte sich der Wert n beim glatten und rauhen Abschnitt von $0,91$ auf $0,75$.

T a b e l l e 1

$t_0, ^\circ\text{C}$	$\frac{\alpha_{\text{rauh}}}{\alpha_{\text{glatt}}}$ bei $q, \text{W/m}^2$				
	52000	32000	16000	10000	6000
Freon C-318					
+80	1,65	1,70	1,83	1,96	2,04
-20	1,56	1,59	1,67	1,72	1,75
Freon 21					
+50	1,72	1,72	1,77	1,86	1,89
0	1,72	1,77	1,76	1,76	1,73

Bei gleichen Bedingungen sind die Wärmeübergangskoeffizienten am behandelten Rohr höher als am glatten. Bei Freon C-318 wirkte sich die Rauigkeit bei hohen Drücken etwas stärker auf den Wärmeübergangskoeffizienten aus als bei niedrigen. Bei Freon 21 war der Einfluß der Rauigkeit im untersuchten Druckbereich gleich. Mit zunehmender spezifischer Wärmestromdichte wurde der Einfluß der Rauigkeit auf den Wärmeübergangskoeffizienten in beiden Fällen etwas geringer (Tab. 1)

Die Versuchsangaben wurden mit den empirischen Abhängigkeiten

$$\alpha = A \cdot q^n p^m$$

ausgewertet.

T a b e l l e 2

Bezeichnungen und Dimensionen	Freon 21		Freon C-318		Bemerkung
	glatt	rauh	glatt	rauh	
	m=0,41		m=0,58		
A, W ^{0,25} /(m ^{0,5} ·grad)	0,82	1,50	1,42	2,4	p, bar; q, W/m ²
A, kcal ^{0,25} /h ^{0,25} ·m ^{0,5} ·grad)	0,79	1,44	1,37	2,31	p, ata; q, kcal/(m ² ·h)

Der Exponent n in der Gleichung war für beide Kältemittel im gesamten Druckbereich gleich 0,75. In Abb. 2 ist die Abhängigkeit $\frac{\alpha}{q^{0,75}} = f(p)$ von Freon 21 und C-318 für den glatten und rauhen Rohrabschnitt dargestellt. Die Werte des Exponenten m und des Koeffizienten A in dieser Gleichung sind in Tab. 2 angegeben.

Der unterschiedliche Exponent von p läßt sich dadurch erklären, daß der untersuchte Druckbereich nicht gleich war. Vergleicht man die verschiedenen Flüssigkeiten genauer, kann man den Druckeinfluß berücksichtigen durch $\frac{p}{p_{kr}}$ [3 - 5]. Die Versuche mit Freon 21 wurden bei $0,013 \leq \frac{p}{p_{kr}} \leq 0,076$ und mit Freon C-318 bei $0,02 \leq \frac{p}{p_{kr}} \leq 0,5$ durchgeführt. Unserer Meinung nach ist deshalb m im ersten Fall kleiner als im zweiten.

Die punktierte Linie in Abb. 2 zeigt die Veränderung von m für Freon C-318 im Druckbereich $\frac{p}{p_{kr}} < 0,076$. Man darf annehmen, daß in diesem Fall der Druckeinfluß für beide Kältemittel annähernd gleich ist. Dies wird teilweise auch durch die Angaben aus Arbeit [6] bestätigt, wo die Versuche mit Freon 112 im Bereich $0,0294 \leq \frac{p}{p_{kr}} \leq 0,116$,

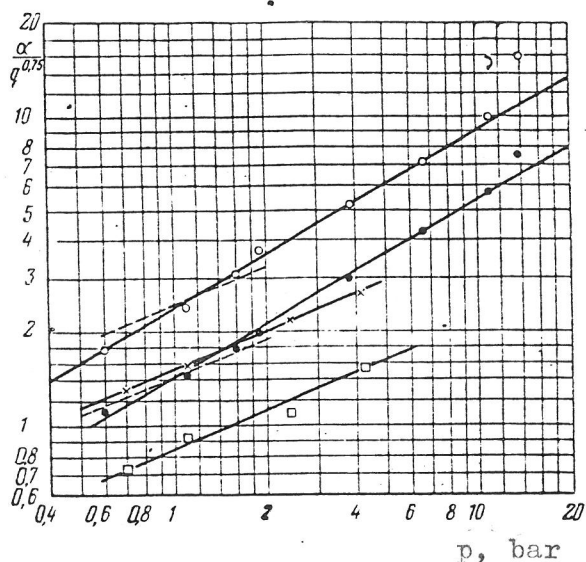


Abb. 2. Abhängigkeit $\frac{\alpha}{q^{0.75}} = f(p)$:

o Freon C-318 (rauhe Oberfläche); • Freon C-318 (glatte Oberfläche); x Freon 21 (rauhe Oberfläche); □ Freon 21 (glatte Oberfläche); — Freon C-318 bei $p \leq 0,08 p_{kr}$.

mit Freon 113 bei $0,029 \leq \frac{p}{p_{kr}} \leq 0,3$ und mit Freon 12 bei $0,124 \leq \frac{p}{p_{kr}} \leq 0,55$ durchgeführt wurden. In den ersten beiden Fällen betrug $m \approx 0,31$, im zweiten $m \approx 0,53$.

T a b e l l e 3

$t_s, ^\circ\text{C}$	Angaben	$\frac{\alpha_{22}}{\alpha_{12}}$	$\frac{\alpha_{\text{C-318}}}{\alpha_{12}}$	$\frac{\alpha_{21}}{\alpha_{12}}$
20	experimentell	1,26	0,83	0,34
	berechnet	1,38	0,70	0,44
0	experimentell	1,59	0,85	0,46
	berechnet	1,33	0,67	0,53

Um den Wärmeübergangskoeffizient von Freon C-318 und 21 mit anderen Kältemitteln beim Einsatz im Wärmepumpenkreisläufen vergleichen zu können, wurden am gleichen Heizrohr und in derselben Anlage mit Freon 12 und 22 bei $t_0 = 0$ und 20°C (Tab.3) und mit Freon 22 bei Umgebungsdruck Versuche durchgeführt (Abb. 3).

Bei $t_0 = 0 - 20^\circ\text{C}$ sind die Wärmeübergangskoeffizienten von Freon C-318 um annähernd 15 % und von Freon 21 um 50 % niedriger als bei Freon 12 (Tab. 3). Bei atmosphärischem Druck hat Freon C-318 den größten Wärmeübergangskoeffizienten, danach kommen Freon 22 und Freon 21 (siehe Abb. 3).

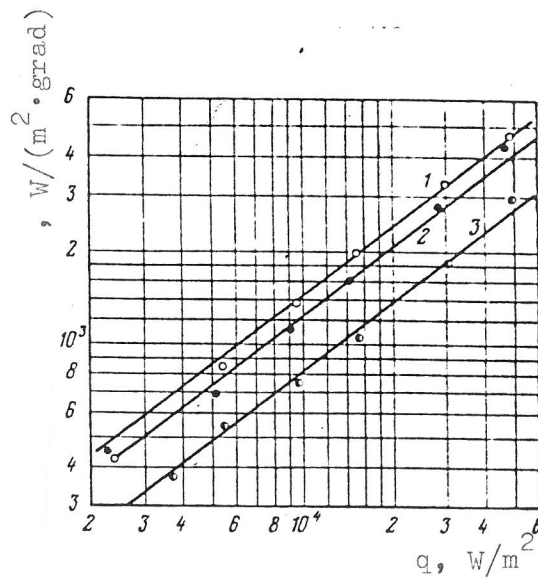


Abb. 3. Vergleich der experimentell ermittelten Wärmeübergangskoeffizienten von Freon 21, 22 und C-318 bei $p = 1$ ata:

- 1) Freon C-318 ($t_0 = - 6,4^\circ\text{C}$); 2) Freon 22 ($t_0 = - 40,8^\circ\text{C}$); 3) Freon 21 ($t_0 = + 8,9^\circ\text{C}$).

In Tab. 3 sind auch die Verhältnisse für den Wärmeübergang der untersuchten Kältemittel angegeben, die nach Formel (9) berechnet wurden. Sie stimmen mit den Versuchsergebnissen innerhalb von $\pm 20\%$ überein.

Die Versuchsangaben wurden mit den Ergebnissen der Berechnungen nach den Formeln verschiedener Verfasser über die Abhängigkeit

$$\frac{\alpha_p}{\alpha_{p_0}} = f\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

verglichen, wobei p den jeweiligen Druck bezeichnet und $p_0 = 1 \text{ ata}$ ist:

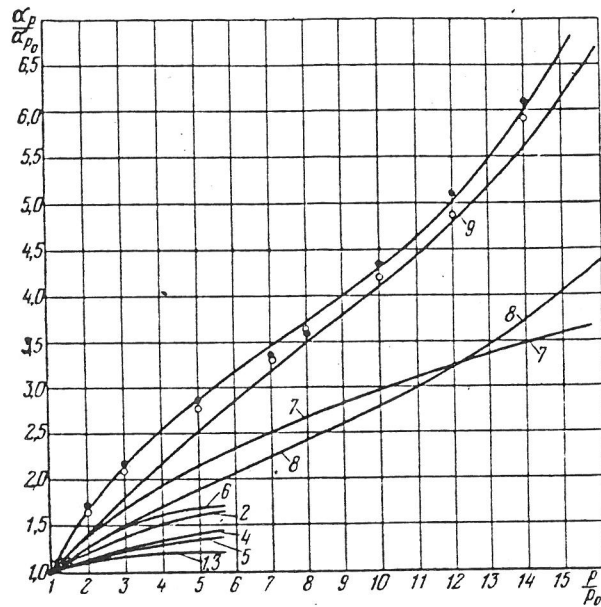
Autor	Berechnungsgleichung
G.N. Kružilin	$Nu_* = 0,082 Pr^{-0,45} K_q^{0,7} K_u^{1,3}$ (1)
S.S. Kutateladze	$Nu_* = 0,55 Re_*^{1,7} Pr^{0,35} K_p^{0,7}$ (2)
D.A. Labuncov	$Nu_* = 0,125 Re_*^{0,65} Pr^{1/3}$ (3)
I.T. Alad'ev	$\frac{\theta}{T_s} = B \left(\frac{10^{-6} q r}{A \lambda T_s} \right)^{0,3} \left(\frac{r}{c_p T_s} \right)$ (4)
V.I. Tolubinskij	$Nu_* = 75 K^{0,7} Pr^{-0,2}$ (5)
U.M. Rozenov	$\frac{\alpha}{\lambda} \sqrt{\frac{\sigma}{\gamma' - \gamma''}} = \frac{1}{c_{sf}} \left[\frac{q}{\mu r} \left[\frac{\sigma}{\gamma' - \gamma''} \right]^{0,5} \right]^{0,7} p^{0,7}$ (6)
G.V. Ratiani, D.I. Avaliani	$\alpha = 1,35 q^{0,7} p^{0,665} T_s^{1,3}$ (7)*
	$\alpha = 600 \frac{p_{kr}^{1/3}}{T_{kr}^{5/6} M^{1/6}} \left(0,37 + 3,15 \frac{p}{p_{kr}} \right) q^{2,3}$ при $\frac{p}{p_{kr}} \leq 0,2$ (8**)
V.M. Borišanskij	$\alpha = 600 \frac{p_{kr}^{1,3}}{T_{kr}^{5/6} M^{1/6}} e^{1,85 \left(\frac{p}{p_{kr}} - 0,2 \right)} q^{2,3}$ при $\frac{p}{p_{kr}} > 0,2$
G.N. Danilova	$\alpha = 530 \frac{p_{kr}^{1,4}}{T_{kr}^{7/8} M^{1,8}} \left(0,14 + 2,2 \frac{p}{p_{kr}} \right) \left(\frac{R_z}{R_{z0}} \right)^{0,2} q^{3,1}$ (9***)

* p , bar; α , $W/(m^2 \cdot K)$

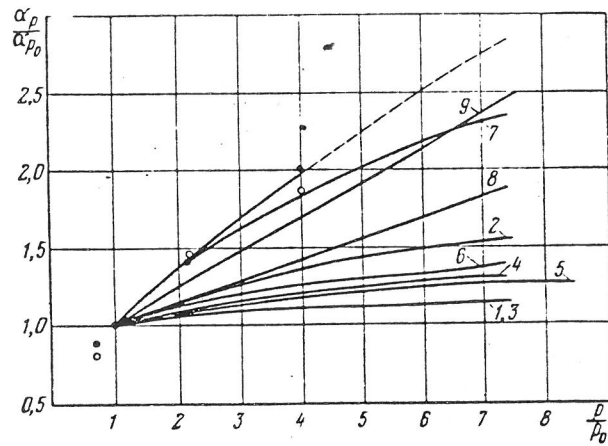
** p , ata; α , $kCal/(m^2 \cdot K \cdot h)$

*** p , ata; α , $kCal/Cm^2 \cdot K \cdot h$

Die Ergebnisse des Vergleichs sind in Abb. 4 dargestellt. Vergleicht man die Versuchskurven in Abb. 4a) und 4b), so sieht man, daß die Veränderung von α sogar bei gleichem p_0 bei Freon C-318 deutlicher ist als bei Freon 21. Dies kann man offensichtlich dadurch erklären, daß die kritischen Drücke verschieden sind: bei Freon C-318 ist $p_{kr} = 27,8 \text{ bar}$ (28,3 ata) und bei Freon 21 $p_{kr} = 51,7 \text{ bar}$ (52,7 ata).



a)



b)

Abb. 4. Einfluß des Druckes auf den Wärmeübergangskoeffizienten beim Sieden von Freon C-318 (a) und 21 (b):

1) Kružilin; 2) Kutateladze; 3) Labuncov; 4) Alad'ev;
 5) Tolubinskij; 6) Rozenov; 7) Avaliani; 8) Borišanski; 9) Danilova.

Versuche: ● glatter Abschnitt; ○ behandelter Abschnitt.

Wie aus Abb. 4 hervorgeht, ist der Einfluß des Drucks auf den Wärmeübergang bei der Vorausberechnung nach den Gleichungen (1) - (6) geringer als tatsächlich festgestellt. Dabei nimmt die Divergenz zwischen Berechnung und Versuch mit steigendem Druck und abnehmendem p_{kr} auch noch zu. Wie bereits in Arbeit [3] bemerkt, kann diese Divergenz durch die unterschiedlichen Stoffeigenschaften von Kältemitteln und Flüssigkeiten erklärt werden, für die die halbempirischen Formeln (1) - (6) aufgestellt wurden. Infolge der niedrigen kritischen Drücke ändern sich die Eigenschaften, die die Größe des Wärmeübergangs bestimmen, bei Kältemitteln stärker als bei anderen Flüssigkeiten wie z.B. Wasser ($p_{kr} = 221,5$ bar). Deshalb kann man nur den Wärmeübergang beim Sieden verschiedener Flüssigkeiten im entsprechenden Zustand vergleichen, d.h. bei gleichen Werten von $\frac{p}{p_{kr}}$.

Die Diagramme (siehe Abb. 4) zeigen, daß die Formeln (8) und (9), die auf der Theorie der thermodynamischen Ähnlichkeit und der empirischen Formel (7) basieren, die beste Übereinstimmung mit dem Versuch ergeben. Formel (7) stimmt gut mit den Versuchen im Bereich niedriger Werte von $\frac{p}{p_{kr}}$ überein, weist aber beträchtliche Abweichungen bei den hohen Werten von $\frac{p}{p_{kr}}$ auf. Da Formel (8) auf eine große Zahl verschiedener Flüssigkeiten, darunter auch auf solche, die einen größeren p_{kr} -Wert besitzen als die Kältemittel, angewendet werden kann, weist sie ebenfalls größere Abweichungen von den Versuchsangaben auf als Formel (9). Letztere gibt den Einfluß des Drucks auf den Wärmeübergangskoeffizienten durch die Funktion $f(\pi)$ wieder, die durch Auswertung der Versuche mit verschiedenen Kältemitteln [3, 7] ermittelt wurde; sie hat die Gestalt:

$$\alpha = 550 \frac{p^{1/4}}{p_{kr}} T_{kr}^{-7/8} M^{-1,8} q^{0,75} \left(\frac{R_z}{R_{z0}} \right)^{0,2} f(\pi), \quad W/(m^2 \cdot \text{grad})$$

$$\text{bei } 0,02 \leq \frac{p}{p_{kr}} \leq 0,5 \quad f(\pi) = 0,14 + 2,2 \frac{p}{p_{kr}}$$

Zu Formel (9) gehört auch die Größe $\frac{R_z}{R_{z0}}$, durch die berücksichtigt wird, wie die Rauigkeit der Heizfläche den Wärmeübergangskoeffizienten beeinflusst ($R_{z0} = 1 \mu m$).

T a b e l l e 4

Kennwerte		Berechnungsformeln									exper Werte
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
Freon 21	α	840	680	1095	870	1250	647	820	1260	1010	820
	$\frac{\alpha}{\alpha_{on}}$	1,02	0,83	1,34	1,06	1,52	0,79	1,00	1,54	1,23	—
Freon C-318	α	695	680	975	2720	1110	354	820	1165	1100	1400
	$\frac{\alpha}{\alpha_{on}}$	0,65	0,48	0,70	1,95	0,79	0,25	0,58	0,83	0,79	—

In Tab. 4 sind die Ergebnisse der Berechnung der Wärmeübergangskoeffizienten von Freon C-318 und 21 bei atmosphärischem Druck und glatte Rohr angegeben.

Bei Freon 21 stimmen alle Berechnungsformeln ausreichend mit den Versuchsangaben überein. Sehr gute Übereinstimmung findet sich bei Formel (7), die größte Differenz bei Formel (5) und (8). Die Versuche mit Freon C-318 werden durch die Abhängigkeiten (8) und (9) gut beschrieben. Formel (9) ist besser als die anderen, sie beschreibt die Versuchsangaben für beide Kältemittel bei $p = 1 \text{ ata}$ (mittlere Differenz $\pm 22 \%$).

Beim oberflächenbehandelten Rohrabschnitt sind die experimentell ermittelten Wärmeübergangskoeffizienten größer als die nach sämtlichen Formeln errechneten Werte. Die geringste Differenz ergibt Formel (9), aber sie beträgt immerhin bis zu 50 %. Dies läßt sich dadurch erklären, daß die Eigenschaften einer Oberfläche, die durch Walzen zwischen zwei mit Korundstaub überzogenen Platten behandelt worden war, von den Eigenschaften einer Oberfläche mit dem gleichen R_z -Wert abweichen, da letzterer gewöhnlich behandelt wurde, z.B. mit entsprechend rauhem Schmirgelleinen oder auf der Werkbank. Ähnliche Ergebnisse wurden in [7] bei einem behandelten Rohr in Versuchen mit Freon 12 und 113 festgestellt.

Schlußfolgerungen

Ermittelt wurden die Wärmeübergangskoeffizienten für siedendes Freon C-318 und 21 bei $t_0 = -20 - +80$ und $t_0 = 0 - 50^\circ\text{C}$ sowie empirische Berechnungsformeln.

Beim Einsatz in Wärmepumpenkreisläufen ist der Wärmeübergangskoeffizient von Freon C-318 um annähernd 15 % und von Freon 21 um 50 % geringer als von Freon 12.

Bei einer behandelten Oberfläche sind die Wärmeübergangskoeffizienten um das 1,5 - 2fache größer als bei einer Oberfläche mit einer Oberflächengüte, die den industriell hergestellten Rohren entspricht.

Ein Vergleich der Versuchsangaben über den Druckeinfluß auf den Wärmeübergang mit den Berechnungsformeln verschiedener Verfasser zeigte, daß Formel (9) die Abhängigkeit α vom Druck bei beiden Kältemitteln am genauesten wieder gibt.

L i t e r a t u r

1. Новости зарубежной техники. Вып. 30. Новые энергетические циклы. ЦКТИ им. Ползунова. Ленинград, 1965.

Novosti zarubežnoj tehniki. "Novye énergetičeskie cikly." Central'nyj naučno-issledovatel'skij i proektno-konstruktorskij kotloturbinnyj institut im. I.I. Polzunova. Leningrad: 30 (1965).

<Neuheiten der ausländischen Technik. "Neue Energiezyklen"; russ.>

2. Холодильная техника. Энциклопедический справочник. Т. 1, Госторгиздат, 1960.

Cholodil'naja tehnika. Énciklopedičeskij spravočnik. Moskva: Gostorgizdat, 1960, Bd 1.

<Kältetechnik. Handbuch in Stichworten; russ.>

3. Данилова Г. Н. Влияние давления и температуры насыщения на теплообмен при кипении фреонов «Холодильная техника», 1965, № 2.

Danilova, G.N.: Vlijanie davlenija i temperatury nasyščenija na teploobmen pri kipeonii freonov.
In: Cholodil'naja tehnika. Moskva, 42 (1965), Nr 2, S. 36 - 42.
Deutsch: Der Einfluß von Sättigungsdruck und -temperatur auf den Wärmeübergang beim Sieden der Freone. - Übersetzung Nr TIB/Ü-5762 der Übersetzungsstelle der Universitätsbibliothek Hannover, 16 S.

4. Боришанский В. М., Козырев А. П., Светлова Л. С. Изучение теплообмена при пузырьковом кипении жидкостей. Сб. «Конвективная теплопередача в двухфазном и однофазном потоках». Изд-во «Энергия», 1964.

Borišanskij, V.M., Kozyrev, A.P., Svetlova, L.S.: Izučenie teploobmena pri puzyr'kovom kipeonii židkosteј.
In: Konvektivnaja teploperedadža v dvuchfaznom i odnofaznom potokach. Moskva: "Энергия", 1964, S. 71 - 104.
<Untersuchung des Wärmeübergangs beim Blasensieden von Flüssigkeiten; russ.>

5. Боришанский В. М. Теплообмен и критические нагрузки при кипении в условиях свободной конвекции. «Котлотурбостроение». Труды ЦКТИ. Вып. 57, Ленинград, 1965.

Borišanskij, V.M.: Teploobmen i kritičeskie nagruzki pri kipeonii v uzlovijach svobodnoj konvekcii.
In: Trudy. Central'nyj naučno-issledovatel'skij i proektno-konstruktor'skij kotloturbinnyj institut im. I.I. Polzunova. Leningrad, 57 (1965), S. 3 - 7.
<Wärmeübergang und kritische Wärmestromdichten beim Sieden bei natürlicher Konvektion; russ.>

6. Ратнани Г. В., Авалнани Д. И. Теплообмен и критические тепловые нагрузки при кипении фреонов. «Холодильная техника», 1965, № 3.

Ratiani, G.V., Avaliani, D.I.: Teploobmen i kritičeskie teplovyje nagruzki pri kipeonii freonov.
In: Cholodil'naja tehnika. Moskva, 42 (1965), Nr 3, S. 23 - 28.
Deutsch: Wärmeübergang und kritische Wärmestromdichten beim Sieden von Kältemitteln. - Übersetzung Nr. Ü/252 der Übersetzungsstelle der Universitätsbibliothek Stuttgart, 10 S.

7. Данилова Г. Н., Бельский В. К. Исследование теплоотдачи при кипении фреонов-113 и 12 на трубках различной шероховатости. «Холодильная техника», 1965, № 4.

Danilova, G.N., Bel'skij, V.K.: Issledovanie teplootdači pri kipeonii freonov-113 i 12 na trubkach različnoj šerochovatosti.
In: Cholodil'naja tehnika. Moskva, 42 (1965), Nr 4, S. 24 - 28.
Deutsch: Untersuchung des Wärmeübergangs beim Sieden von Freon 113 und 12 an Röhren mit unterschiedlicher Rauigkeit. - Übersetzung Nr Ü/253 der Übersetzungsstelle der Universitätsbibliothek Stuttgart, 11 S.

Stuttgart, den 26. März 1982

**Übersetzungsstelle
der Universitätsbibliothek Stuttgart**

übersetzt von

Ottmar Pertschi
(Ottmar Pertschi)
Dipl.-Übersetzer