

Ivanov, O.P.

Leningrader technologisches Institut für Kälteindustrie<sup>1)</sup>

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG DES WÄRMEÜBERGANGS BEIM SIEDEN  
VON FREON-ÖL-GEMISCHEN

Deutsche Übersetzung aus:

Cholodil'naja tehnika. Moskva, 42 (1965),  
Nr 3, S. 32 - 35.

УДК 536.24:521.564.3

Russ.: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ МАСЛОФРЕОНОВЫХ  
РАСТВОРОВ

Eksperimental'noe issledovanie teploobemena pri  
kipenii maslofreonovykh rastvorov

Untersucht wurde der Wärmeübergang beim Blasensieden von Freon-12 und -142 und ihrer Gemische mit Öl ChF-12. Angegeben sind die Abhängigkeiten des Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha$  von der Wärmestromdichte für Freon-12- und -142-Gemische mit Öl ChF-12. Es wurde festgestellt, daß die Anzahl der Blasenkeimstellen mit zunehmender Ölkonzentration abnimmt, wodurch  $\alpha$  abnimmt, wobei die Abnahme bei höheren Heizflächenbelastungen stärker ist. Desweiteren wurde festgestellt, daß der Einfluß der Ölbeimischung auf  $\alpha$  beim Sieden eines Freon-12-Öl ChF-12-Gemisches wesentlich stärker ist als bei einem Freon-142-Öl ChF-12-Gemisch; verglichen mit einem reinem Kältemittel nimmt  $\alpha$  somit bei einer Ölkonzentration von 20 % und einem Wärmestrom von 3 000 W/m<sup>2</sup> beim Freon-142-Öl ChF-12-Gemisch um das 1,8fache und bei einem Freon-12-Gemisch mit demselben Öl um das 2,3fache ab.

G. Lemeško

Referativnyj žurnal. Chimija, 1965 Nr 23I60

1) LTICHП-Leningradskij tehnologičeskij institut cholodil'noj promyšlennosti (Anm. d. Übers.)

Am Lehrstuhl für theoretische Grundlagen der Wärme- und Kältetechnik des LTICHP wurde eine experimentelle Untersuchung über den Wärmeübergang beim Blasensieden von Freon-12 und Freon-142 und von Freonmischungen mit Öl ChF-12 durchgeführt.

In diesem Aufsatz werden die Versuchsanlage, die Methode, nach der die Versuche durchgeführt wurden, und die Versuchsergebnisse beschrieben.

Die Versuchsanlage (Abb. 1) bestand aus dem Verdampfer 5, der in einer thermostatisierten Kammer mit Sichtgläsern untergebracht war, und dem Kondensator 4; dieser befand sich in einem Flüssigkeitsthermostaten.

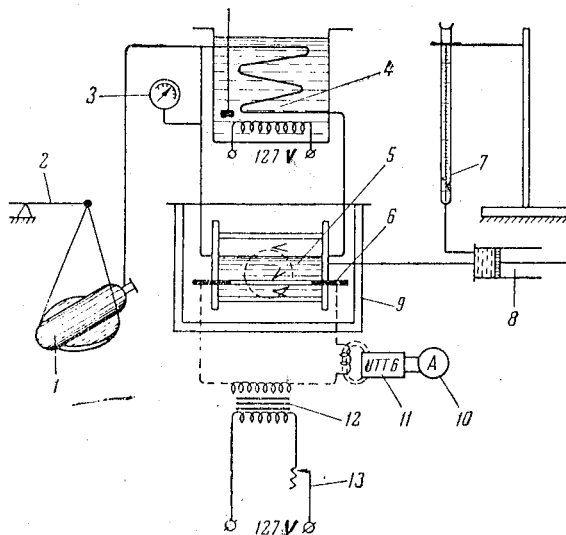


Abb. 1. Schematische Darstellung der Versuchsanlage:

- 1 - Freonbehälter; 2 - Hebelwaage; 3 - Manometer; 4 - Kondensator mit Thermostat; 5 - Verdampfer; 6 - Versuchsrohr; 7 - konische Meßmensur; 8 - Öltauchkolbenpumpe; 9 - thermostatisierte Kammer; 10 - Ampèremeter (die Stellen, an denen die Thermoelemente angebracht waren, sind mit  $\langle$  gekennzeichnet); 11 - Stromwandler UTT6; 12 - Transformator; 13 - Labortransformator in Sparschaltung.

Das Gehäuse des Verdampfers war ein Glaszylinder mit dem Durchmesser 90 x 5, der zwischen zwei Flanschen eingespannt wurde; der Kondensator war eine Kupferrohrschlange.

Als Heizfläche diente ein Rohr (Durchmesser 9 x 0,5 und Länge  $l = 160$  mm) aus Stahl 1Ch18N9T (0,1 % C; 18 % Cr; 9 % Ni;  $\leq 1$  % Ti). Die Oberfläche des Rohres war feinbearbeitet  $\nabla 7$  mit einer Rauhtiefe  $R_z < 6,3 \mu\text{m}$ . Der Wärmestrom wurde durch direktes Beheizen des Rohres mit Wechselstrom erzeugt.

Das Rohr wurde geeicht, indem die Abhängigkeit seines elektrischen Widerstands  $R$  von der Temperatur gemessen wurde.

Zur Messung der Temperatur des Dampfes, der Flüssigkeit und der Rohrwand wurde eine Kompensationsschaltung aus dem Galvanometer M-17 und dem Potentiometer PPTN verwendet. Die Thermoelemente waren aus Kupfer und Konstantan hergestellt.

Die Anlage wurde evakuiert und aus dem auf der Waage 2 liegenden Kältemittelbehälter 1 mit Freondampf gefüllt; dieser kondensierte im Verdampfer. Danach wurde mit Hilfe der Ölpumpe Öl aus der Messensur in den Verdampfer gegeben.

Der Ölmassegehalt wurde nach Gleichung

$$\xi_{\text{öl}} = \frac{G_{\text{öl}}}{G_f + G_{\text{öl}}}, \quad (1)$$

bestimmt, wobei  $G_{\text{öl}}$  und  $G_f$  die benutzten Öl- und Freonmassen bezeichnen.

Am Ende des Versuchsrohres wurde über den Transformator die Spannung aufgegeben. Die Stromstärke  $I$  wurde mit einem Amperemeter der Klasse 0,5 gemessen.

Der Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha$  wurde nach der Gleichung

$$\alpha = \frac{I \cdot R}{\pi \cdot d_n \cdot l \cdot (t_{\text{wand}}^i - t_0)} \quad (2)$$

berechnet.

Nach Durchführung der Versuche wurde aus dem Verdampfer zur Kontrolle der Ölkonzentration in die vorher gewogene leere Flasche eine Probe gefüllt, gewogen und langsam verdampft, und danach wieder gewogen. Die Ölkonzentration wurde nach der Gleichung

$$\xi_{\text{öl}} = \frac{g_{\text{pr}} - (g_1 + g_2 + g_3)}{g_{\text{pr}}} \quad (3)$$

ermittelt, mit	$g_{\text{pr}}$	Gewicht der entnommenen Probe, kg;
	$g_1$	Gewicht des verdampften Kältemittels, kg;
	$g_2$	Gewicht des gasförmigen Kältemittels, das in der Flasche über dem Öl zurückbleibt, kg;
	$g_3$	Gewicht des im Öl gelösten Kältemittels bei vorgegebener Temperatur, kg.

Die Differenz zwischen eingegebener und überprüfter Konzentration betrug 1 - 2 %.

Untersuchung des Gemisches Freon-12 und Öl ChF-12. Die Wärmestromdichte wurde zwischen 2 000 und 25 000 W/m<sup>2</sup> variiert<sup>2)</sup>. Durchgeführt wurden Versuche mit reinem Freon-12 und 5 Gemischen verschiedener Konzentration:  $\xi_{\text{öl}} = 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5$  bei drei Drücken  $p = 5,88; 2,84; 1,57$  bar<sup>3)</sup>; die entsprechenden Siedetemperaturen von reinem Freon waren:  $t_0 \approx 21; -2; -19^\circ \text{C}$ .

2) 1 000 W/m<sup>2</sup> = 860 kcal/(m<sup>2</sup>·h)

3) 1 bar = 1,0197 kp/cm<sup>2</sup>

Die Meßwerte für den Druck  $p = 1,57$  bar sind in Abb. 2a) dargestellt. Die Abhängigkeiten für drei Drücke und verschiedene Konzentrationen sind in den logarithmischen Koordinaten  $\alpha = f(\dot{q})$  in Abb. 2b) wiedergegeben (wegen der großen Anzahl von Kurven sind die Versuchspunkte nicht aufgetragen).

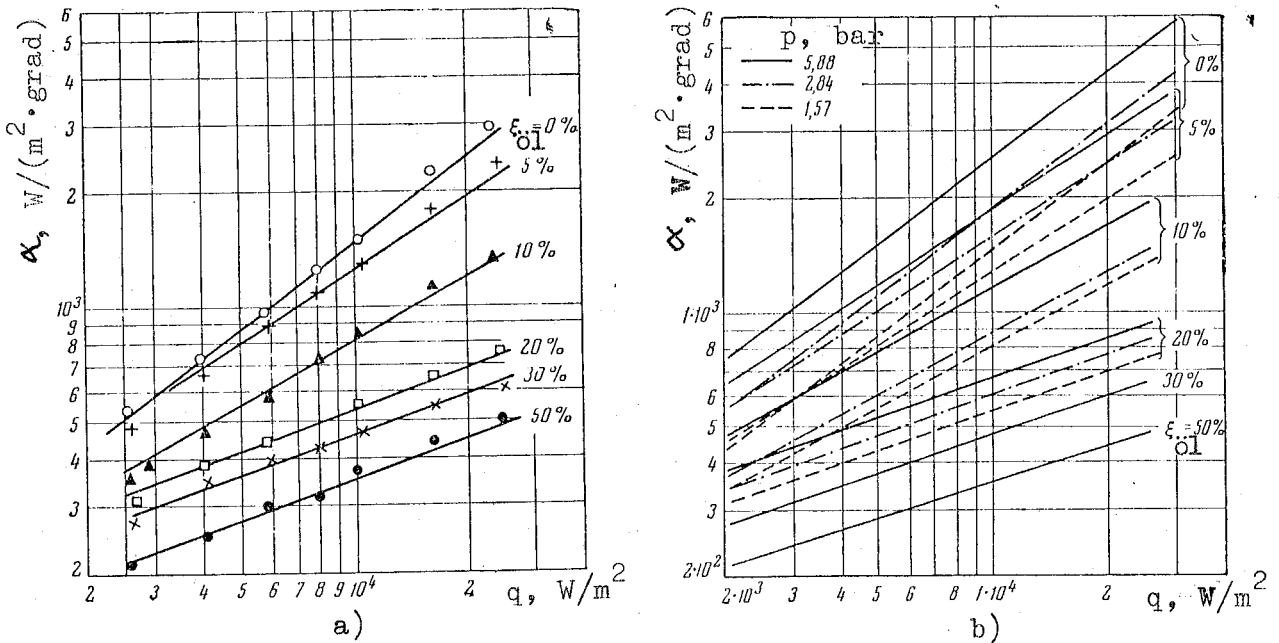


Abb. 2. Abhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten von der Wärmestromdichte für ein Freon-12-Öl ChF-12-Gemisch:

a) bei  $p = 1,57$  bar; b) bei verschiedenen Drücken.

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, nimmt die Steigung der Ausgleichsgeraden mit zunehmender Ölkonzentration ab.

Innerhalb von  $\xi_{\text{öl}} = 0 - 20\%$  kann die Abhängigkeit zwischen dem Wärmeübergangskoeffizienten, dem Wärmestrom und der Konzentration durch die Gleichung

$$\alpha = Aq^{(0,75-0,02\xi_{\text{öl}})} \quad (4)$$

beschrieben werden, mit  $\xi_{\text{öl}}$  für die Ölmassenkonzentration, %.

Die Größe  $A$ , die von  $p$  und  $\xi_{\text{öl}}$  abhängt, kann nach den nachstehend aufgeführten Hilfsformeln errechnet werden:

$$\xi_{\text{öl}}, \% \dots \dots \dots \begin{matrix} 0 & 5 & 10 & 20 \\ 1,1+0,25 p_0 & 2,9+0,3 p_0 & 4+0,57 p_0 & 20,3+p_0 \end{matrix}$$

Hier bezeichnet  $p_0$  den Siededruck, bar.

Bei Ölkonzentrationen von  $\xi_{\text{öl}} = 30\%$  und  $50\%$  kann der Wärmeübergangskoeffizient im Bereich der untersuchten Werte von  $p$  nach den jeweiligen Gleichungen errechnet werden:

$$\alpha = 18,7q^{0,35} \quad \text{und} \quad \alpha = 14q^{0,35} \quad (5)$$

Untersuchung des Gemisches Freon-142 und Öl ChF-12. Die Wärmestromdichte  $\dot{q}$  wurde zwischen 1 000 und 30 000  $\text{W/m}^2$  variiert. Die Versuche wurden mit reinem Freon und mit Gemischen der beiden Konzentrationen 10 und 20 % (bezogen auf die Ölmasse) an einem Rohr mit 9 mm Durchmesser während 1 Monats durchgeführt.

Die Versuchsergebnisse bei einem Druck von  $p = 1,96$  bar (Siedetemperatur von reinem Freon  $20^\circ\text{C}$ ) sind in Abb. 3 dargestellt.

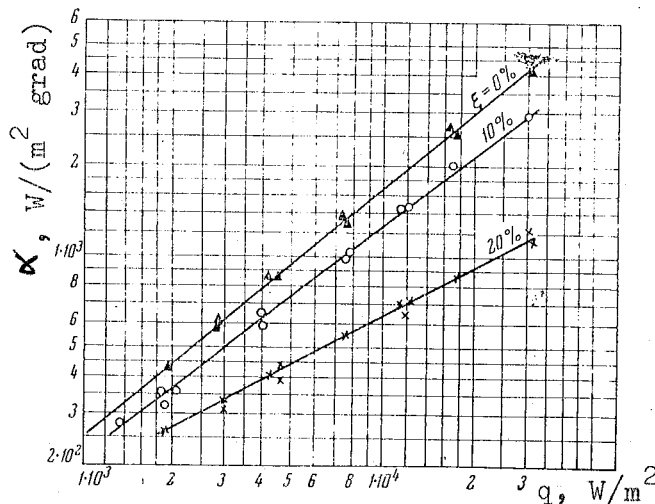


Abb. 3. Abhängigkeit des Wärmeübergangskoeffizienten von der Wärmestromdichte für ein Freon-142-Öl ChF-12-Gemisch bei  $p = 1,96$  bar.

Im Bereich des ausgebildeten Blasensiedens können die Ausgleichsgeraden folgende empirische Gleichungen beschrieben werden:

$$\begin{aligned} \alpha &= 1,059q^{0,8} (\xi_{\text{öl}} = 0); & \alpha &= 1,25q^{0,75} (\xi_{\text{öl}} = 10 \%); \\ \alpha &= 3,89q^{0,55} (\xi_{\text{öl}} = 20 \%). \end{aligned} \quad (6)$$

Diskussion der Versuchsergebnisse. Bei allen Versuchen wurde festgestellt, daß sich das Öl in beiden Kältemitteln vollständig löst. Bei zunehmender Ölkonzentration ändert sich die Farbe des Gemisches von klar bis hellgelb. Bei Heizflächenbelastungen  $\dot{q}$  über  $5\,000\text{ W/m}^2$  stellt man Schaumbildung fest. Mit zunehmender Ölkonzentration nimmt die Zahl der Blasenkeimstellen ab, infolgedessen wird der Wärmeübergangskoeffizient kleiner; bei höheren Wärmebelastungen nahm er dabei noch stärker ab.

Bei gleichen Werten von  $\xi_{\text{öl}}$  wurde die Steigung der Ausgleichsgeraden  $\alpha - q$  im logarithmischen Maßstab mit abnehmendem Druck etwas geringer (siehe Abb. 2b); dies wurde auch in Versuchen mit reinen Kältemitteln festgestellt [1]. Bei Aufstellung der Gleichung (4) wurden bei allen Werten  $p_n$  und ein und demselben Wert  $\xi_{\text{öl}}$  gleiche Potenzen von  $q$  gewählt.

Im Vergleich zu reinen Freon ändern sich die physikalischen Eigenschaften von Freon-Öl-Gemischen stark. So ist  $Pr = 3,55$  für Freon-12 bei  $20^\circ\text{C}$  und für ein Gemisch mit  $\xi_{\text{öl}} = 20\%$   $Pr = 19,3$ , was sich stark auf den Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha$  auswirkt.

Wie aus unseren Versuchen hervorgeht, wirken sich die Ölbeimischungen beim Sieden des Freon-12-Öl ChF-12-Gemisches stärker auf den Wärmeübergangskoeffizienten aus als beim Freon-142-Öl ChF-12-Gemisch. Bei einer Konzentration von  $\xi_{\text{öl}} = 20\%$  und einem Wärmestrom von  $q = 3\,000\text{ W/m}^2$  nimmt  $\alpha$  beim Freon-142-Öl ChF-142-Gemisch um das 1,8fache ab, verglichen mit einem reinen Kältemittel, und beim Freon-12-Öl ChF-12-Gemisch um das 2,3fache. Der Vergleich wurde bei  $t_o = 20^\circ\text{C}$  durchgeführt.

In Rationis Versuchen [ 2 ] wirkte sich SAG-1-Öl in siedendem Freon-12 weniger stark auf die Wärmeübergangszahl aus als in unseren Versuchen.

Stephan [3] führte Versuche an einer Kupferplatte mit einer Glättungstiefe von  $1 \mu\text{m}$  beim Sieden eines Frigen 12-Shell-Clavus-Öl 129-Gemisches durch, wobei dieses Öl eine etwas größere Viskosität besitzt als Öl ChF-12. In der vorliegenden Untersuchung waren die Wärmeübergangskoeffizienten im Bereich der Ölgehalte von 0 - 10 % etwas geringer und bei Ölgehalten von 20 - 30 % um 10 - 12 % höher als in Arbeit [3]. Es muß noch hinzugefügt werden, daß die Ölmenge in Stephans Versuch auf die Kältemittelmenge bezogen wird und nicht auf das Gemisch.

## L i t e r a t u r

1. Данилова Г. Н. Тезисы докладов на Всесоюзной конференции по теплообмену и гидравлическому сопротивлению при движении двухфазного потока в элементах энергетических установок. Издание ЦКТИ им. Ползунова, Ленинград, 1964.

Danilova, G.N. -

In: Tezisy dokladov na Vsesojuznoj konferencii po teploobmenu i gidravličeskomu soprotivleniju pri dviženii dvuchfaznogo potoka v elementach energetičeskich ustanovok. Leningrad: Izdanie CKTI im. Polžunova, 1964.  
<Konferenzbericht, russ; nicht zu ermitteln>

2. Ратиани Г. В. Труды института Энергетики, т. 13, Изд. АН Грузинской ССР. 1960, стр. 155-162.

Ratiani, G.V.: Issledovanie kipeņija freona-12 v bol'som ob'eme pri naličii primesi masla.

In: Trudy. Institut energetiki (Akademija nauk Gruzinskoj SSR). Tbilisi, 13 (1960), S. 155 - 162.

<Untersuchung des Behältersiedens von Freon-12 bei Ölbeimischungen; russ.>

3. Stephan, K.: Einfluß des Öls auf den Wärmeübergang von siedendem Frigen 12 und Frigen 22.  
In: Kältetechnik - Klimatisierung. Karlsruhe, 16 (1964), Nr 6, S. 162 - 166.

Stuttgart, den 28. Dezember 1979

**Übersetzungsstelle  
der Universitätsbibliothek Stuttgart**

übersetzt von

*Ottmar Pertschi*  
(Ottmar Pertschi)  
Dipl.-Übersetzer