

17/1936

Korateev, I.G., Vdovkin, E.E., Serych, G.M., Trubicyn, N.V.
Polytechnisches Institut Krasnodarsk

ÜBER DIE WÄRMELEITFÄHIGKEIT VON SONNENBLUMENKERNEN

Übersetzung aus:

Izvestija vyssich učebnych zavedenij. Piščevaja tehnologija.
Moskva, 1971, Nr 6, S. 23 - 25.

Russ.: О ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

О теплопроводности семжан подсолнечника.

Das Trockenverhalten von Sonnenblumenkernen hängt vom Wärmetransport ab. Für die Durchführung ist es wichtig zu wissen, wie sich die Koeffizienten der Wärmeleitfähigkeit λ , der Temperaturleitfähigkeit a und der spezifischen Wärme C ändern.

Sonnenblumenkerne haben kapillarporöse Struktur. Die Porosität eines Werkstoffs hat entscheidenden Einfluß auf die Dichten und ihre Wärmeeigenschaften. Im Trockenzustand ist die Sonnenblume ein Zweiphasensystem (festes Skelett - Luft), und im feuchten Zustand ein Dreiphasensystem (festes Skelett - Luft - Feuchtigkeit). Feuchtigkeit verändert die physikalischen und Wärmeeigenschaften eines kapillarporösen Körpers sehr stark.

Im Kornhaufwerk wird die Wärme durch die Wärmeleitfähigkeit über die Kontaktflächen bei gegenseitiger Berührung der Körner übertragen und durch die Wärmeleitfähigkeit des die Kornshhicht füllenden Gases. Dabei ist die Luft viel kleiner als der Körperfeststoff. Nach den Angaben [1 - 4] wird die Hauptwärmemenge während des gemischten Übergangs von fester zu gasförmiger Phase übertragen. Deshalb stellt der kapillarporöse Werkstoff eine bestimmte Größe dar, die

eine Zwischengröße zwischen den λ der Bestandteile des Systems ist.

Wir haben λ , γ_H — spezifisches Gewicht der Körner, die das Kammergewicht eines Bikalorimeters füllen, und ρ — Sonnenblumenkörnerdichte in Abhängigkeit von ihrer Feuchtigkeit W bestimmt.

Als Untersuchungsgegenstand dienten Sonnenblumenkörner der Sorte VNIIMK¹⁾ 8931, die 1968 im Gebiet Krasnodarsk gezüchtet wurden. Die Körner wurden von Unkraut und Fett vorgereinigt. Der Sollwert W wurde auf gewöhnliche Weise erreicht: Befeuchten durch Wasser mit anschließendem Feuchtigkeitssentzug während 48 Stunden bei $t = 5 - 10^\circ \text{C}$.

Die Größe W der der Sonnenblumenkerne wurde nach GOST²⁾ 3040-55 auf allgemein gebräuchliche Weise bestimmt. Durch die Versuche wurde die Abhängigkeit γ_H von W des Materials festgestellt, die innerhalb von $W = 6 + 17,8 \%$ in Form der linearen Gleichung

$$\gamma_H = 341,35 + 2,34 W \text{ kg/M}^3 \quad (1)$$

beschrieben wird, oder bei Umwandlung von W ins Trockengewicht durch

$$\gamma_H = 342,90 + 1,91 W^t \text{ kg/M}^3 \quad (2)$$

Die Gleichungen (1) und (2) stimmen gut mit den Versuchsdaten überein; die größte Fehlerabweichung liegt nicht über 0,11 %.

Die Dichte der Sonnenblumenkerne ρ wurde mit Hilfe eines Volumeters für Korn mit $W = 6 - 17,8 \%$ bestimmt [5]. Die Wärmeleitfähigkeit wurde unter Laborbedingungen mit Hilfe des flachen Bikalorimeters PB-63 ohne Luftzirkulation in der Materialschicht untersucht [6]. Der Methode zur Messung der Wärmeleitfähigkeit lag die Theorie des geregelten Betriebs zugrunde [7], die für den Fall der Kühlung eines Dreikomponentensystems unter den Bedingungen des intensiven Wärmetransports entwickelt wurde [8]. Mit dem flachen Bikalorimeter kann man λ und den Widerstand des Schüttguts δ/λ unabhängig von seinem ρ bei Umgebungstemperatur $t = 15 - 30^\circ \text{C}$ messen. Während der Versuche schwankte t des Kühlwassers zwischen $22 \pm 0,1^\circ \text{C}$. In die Bikalorimeterkammer wurden jeweils 70 g Körner mit gleicher Feuchtigkeit eingefüllt.

In den Musterproben lag der Temperaturabfall nicht über 3°C . Dies läuft auf ein Minimum an Feuchtigkeitsverschiebung im Material infolge Wärmeleitfähigkeit hinaus. Die Probendicke δ in den Bikalorimeterkammern variierte zwischen 8,7 und 9,4 mm. Die Größe der Kühlfolgen differierte in den Versuchen um nicht mehr als 4 %. Da Erwärmung und Abkühlung der Körner schnell erfolgten (ungefähr 14 min), wurden die Kurven der Erwärmung und Abkühlung mit dem Elektronenpotentiometer

1) Abkürzung für: Unions-Forschungsinstitut für Ölfruchtanbau - Anm.d.Übers.

2) Staatlicher Unions-Standard - Anm.d.Übers.

EPP-09MZ aufgezeichnet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle angegeben.

T a b e l l e

W, %	γ_H	p	λ		c		$a \cdot 10^6$		$\frac{\partial \lambda}{\partial W}$	$m_m \cdot 10^4$
			$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{grad}}$	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{grad}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$	$\frac{\text{m}^2}{\text{h}}$	$\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$		
6,0	355	710	0,0734	0,0854	0,403	1,688	512	0,142	0,1105	6,99
8,5	361	723	0,0816	0,0950	0,419	1,753	541	0,150	0,0968	7,75
8,9	362	725	0,0827	0,0962	0,421	1,764	542	0,151	0,0951	7,80
10,5	366	734	0,0857	0,0997	0,431	1,806	542	0,151	0,0912	8,46
11,0	367	736	0,0851	0,0990	0,434	1,820	535	0,148	0,0914	8,81
12,3	370	743	0,0814	0,0947	0,443	1,854	496	0,138	0,0950	7,81
13,9	374	752	0,0856	0,0997	0,453	1,896	506	0,141	0,0891	8,26
15,9	379	762	0,0829	0,0965	0,465	1,939	469	0,131	0,0911	8,00
17,8	383	772	0,0874	0,1017	0,477	2,000	478	0,133	0,0855	8,43

Das Kühltempo wurde nach dem bekannten Ausdruck errechnet:

$$m_m = \frac{\ln \theta' - \ln \theta''}{\tau_2 - \tau_1} \quad (3)$$

mit θ' und θ'' — Übertemperaturen in den Zeitmomenten τ_1 und τ_2 .

Mit zunehmendem W der Sonnenblumenkerne nimmt m bis zu einem bestimmten Maximum zu und bleibt dann ab W = 9 - 11 % annähernd konstant innerhalb der Versuchsfehlergrenze. Eine derartige Veränderung von $m_m = f(W)$ hängt offenbar von den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Sonnenblumenkerne ab.

Der Wärmeleitfähigkeitskoeffizient der Sonnenblumenkerne nimmt mit zunehmendem W anfänglich zu und bleibt ab W = 10 - 11 % innerhalb der Versuchsfehlergrenze konstant. Der thermische (Wärme-) Widerstand $\frac{\partial \lambda}{\partial W}$ der Probe nimmt mit zunehmendem W der Körner ab, und bleibt ab W = 10 - 11 % annähernd konstant innerhalb der Versuchsfehlergrenze.

Der Temperaturleitfähigkeitskoeffizient a, der ein Geschwindigkeitsmaß für die Veränderung von t im Material ist, wurde nach der bekannten Beziehung

$$a = \frac{\lambda}{c \gamma_H} \quad (4)$$

berechnet, mit c - räumliche Wärmekapazität im Material, die seine Wärmespeicherfähigkeit beschreibt.

Bekanntlich erwärmt sich ein Stoff, der große Wärmespeicherfähigkeit besitzt, langsamer, doch kühlt er auch langsamer ab.

Zur Bestimmung von a haben wir die Wärmekapazität der Körner c_t nach Formel [9] berechnet.

Die errechneten spezifischen c_t werden beschrieben durch die linearen Gleichungen innerhalb $W = 6 - 17,8 \%$:

$$c_t = 1,528 + 0,026 W \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}, \quad (5)$$

oder bei Umrechnung der Feuchtigkeit auf das Trockengewicht durch:

$$c_t = 1,551 + 0,021 W^e \text{ kJ/kg} \cdot \text{grad}. \quad (6)$$

Für kapillarporöse Materialien ist der Wert a sehr klein und befindet sich in relativ engen Grenzen im untersuchten Bereich W .

Aus der Tabelle kann man ersehen, daß a wie λ von W abhängt und ein klar ausgeprägtes Maximum hat, das die Verbindungsenergie von Feuchtigkeit und Material kennzeichnet.

Die lokalen Werte der äußersten W -Punkte stimmen mit den Untersuchungen überein [10 - 14].

SCHLUSSFOLGERUNGEN

1. Bei zunehmender Feuchtigkeit W der Sonnenblumenkerne von 6 auf 17,8 % nehmen Schüttdichte, Dichte und Wärmekapazität derselben nach dem linearen Gesetz zu.

2. Die Zunahme von W auf 11 % führt zu einer Steigerung des Abkühlungstempos, des Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten und zur Verringerung des thermischen Widerstands. Eine weitere Zunahme von W hat keinen Einfluß auf die Veränderung der Kenngrößen.

3. Der Temperaturleitfähigkeitskoeffizient der Körner nimmt zuerst bei Zunahme von W auf 11 % zu, und bei weiterer Zunahme von W ab.

LITERATUR

I. Аэров М. Э., Годес О. М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. Изд. «Химия», Л., 1968.

- Aërov, Michail Èmanuilovič, Todes, Oskar Moiseevič: Gidravličeskie i teplovyje osnovy raboty apparatov so stacionarnym i kipjaščim zernistym sloem. Leningrad: Verlag "Chimija", 1968.
<Hydraulische und thermische Grundlagen des Verhaltens von Geräten mit stabiler Wirbelschicht>.
2. Чудновский А. Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. Физматгиз, 1962.
Čudnovskij, Abram Filippovič: Teplofizičeskie charakteristiki dispersnych materialov. Moskva: Fizmatgiz, 1962.
<Wärmephysikalische Eigenschaften dispergierter Stoffe>.
3. Kunii, Daizo, Smith, J.M.: Heat Transfer Characteristics of Porous Rocks. In: American Institute of Chemical Engineers Journal. New York, 6 (1960), Nr 1, S. 71 - 78.
4. Счинобу М., Smith I. M. Ind. Engng. Chem. Fund., 2, 136, 1963.
5. Козьмина Н. П. Зерно. «Колос», М., 1969.
Koz'mina, N.P.: Zerno. Moskva: Verlag "Kolos", 1969.
<Korn>.
6. Коратеев И. Г., Вдовкин Э. Е. Теплофизические характеристики шелушенного риса. Сб. Хранение и переработка зерна, № 2, ЦИИТИ Госкомзага СССР, М., 1968.
Korateev, J.G., Vdovkin, È.È.: Teplofizičeskie charakteristiki selušenogo risa. In: Sammelband: Chranenie i pererabotka zerna. Sbornik 2. Moskva: Central'nyj institut naučno-techničeskoj informacii Gosudarstvennogo komiteta po zagotovkam sel'skochozjajstvennyh produktov SSSR, 2 (1968).
<Wärmephysikalische Eigenschaften von geschupptem Reis>.
7. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим. ГИТТЛ, 1954.
Kondrat'ev, G.M.: Reguljarnyj teplovoj režim. Moskva: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tedhničeskoj literatury, 1954.
<Der reguläre Wärmebetrieb>.
8. Бегункова А. Ф., Емченко М. П. Плоский бикалориметр ПБ-63: Изд. Лесотехн. акад., Л., 1964.
Begunkova, A.F., Emčenko, M.P.: Ploskij bikalorimetr PB-63. Leningrad: Izdatel'stvo Lesotechničeskoj akademii, 1964.
<Das flache Bikalorimeter PB-63>.
9. Гоголев Ф. Т. Теория и практика сушки масличных семян. Снабтехиздат, М.—Л., 1934.
Gogolev, F.T.: Teorija i praktika suški masličnyh semjan. Moskva-Leningrad: Snabtechizdat, 1934.
<Theorie und Praxis des Trocknens von fetthaltigem Saatgut>.
10. Бабьев Н. Н. Универсальный метод определения коэффициентов тепла и массы. Канд. дисс., МТИПП, М., 1953.
Bab'ev, N.N.: Universal'nyj metod opredelenija koëfficientov tepla i massy. Moskva, Kandidatendissertation, Moskovskij tehnologičeskij institut piščevoj promyšlennosti, 1953.
<Universale Methode zur Bestimmung der Wärme- und Stoffkennwerte>.

11. Лыков А. В. Явления переноса в капиллярнопористых телах. Гостехиздат, М., 1954.
Lykov, A.V.: Javlenija perenosa v kapilljaro-poristych telach.
Moskva: Gostechizdat, 1954.
deutsch: Lykov, Aleksaj Vasil'evič: Transporterscheinungen in kapillar-porösen Körpern.
Berlin: Akademie-Verlag, 1958.
12. Резцов Н. Г. Испытания строительных материалов на теплопроводность по методам регулярного режима. Стройиздат, М., 1941.
Rezcov, N.G.: Ispytanija stroitel'nych materialov na teploprovodnost' po metodam reguljarnogo režima.
Moskva: Strojizdat, 1941.
<Wärmeleitfähigkeitsprüfungen von Baustoffen nach den Methoden des regulärem Betriebs>.
13. Чудновский А. Ф. Теплообмен в дисперсных средах. Гостехиздат, М., 1954.
Čudnovskij, Abram Filippovič: Teploobmen v dispersnych sredach.
Moskva: Gostechizdat, 1954.
<Wärmeaustausch in dispersen Medien>.
14. Янкелев Л. Ф. Метод скоростного определения термических коэффициентов материалов и тепловой изоляции без отбора проб. Канд. дисс., МТИИИ, М., 1954.
Jankelev, L.F.: Metod skorostnogo opredelenija termičeskich koëfficientov materialov i teplovoj izoljácii bez otbora prob.
Moskva, Kandidatendissertation, Moskovskij tehnologičeskij institut piščevoj promyšlennosti, 1954.
<Methode zur Schnellbestimmung der Wärmekoeffizienten von Stoffen und der Wärmeisolation ohne Probenentnahme>.

Lehrstuhl für theoretische und
allgemeine Wärmetechnik
Lehrstuhl für Lagerung und Ver-
arbeitungstechnik von Saatgut

Redaktionseingang
3.7.1970

Stuttgart, den 20. November 1976

übersetzt von:

Ottmar Pertschi
(Ottmar Pertschi)
Dipl.-Übersetzer