

OCENA STOSOWALNOŚCI WZORÓW DO OBLICZANIA WYDAJNOŚCI POMPY
ZĘBATEJ TŁOCZĄCEJ SYROP SKROBIOWY

Zbislaw Martini, Wojciech Ratajczak

Instytut Maszyn Roboczych Politechniki Poznańskiej

WPROWADZENIE

Powszechnie stosowane wzory służące do obliczania wydajności pomp zębatach dotyczą głównie wody lub cieczy o zbliżonych właściwościach reologicznych. Obliczone na ich podstawie wydajności oraz sprawności wolumetryczne znacznie odbiegają od rzeczywistości, gdy pompa tłoczy inne ciecze, jakie często spotyka się w przemyśle rolno-spożywczym.

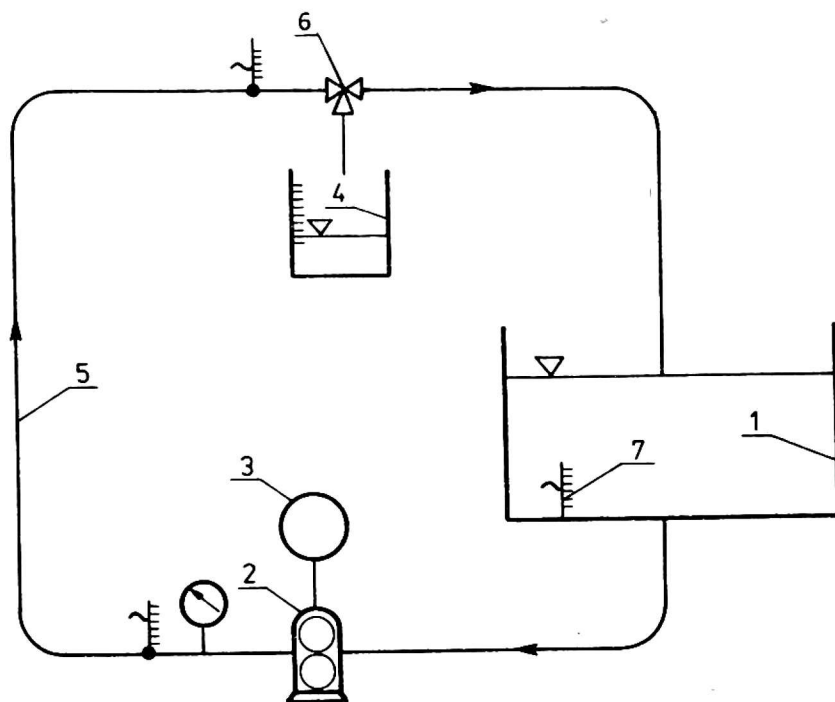
Przedstawione opracowanie dotyczy pracy pompy zębatej CPA-39, tłoczącej syrop ziemniaczany. Wyniki doświadczeń porównano z wydajnościami obliczonymi ze wzorów:

- prof. Zassa,
- „przybliżonego”,
- prof. Falca,
- Stowarzyszenia Niemieckich Inżynierów (VDI),
- prof. Thomy,
- Judina,
- wzoru stosowanego w literaturze polskiej.

BADANIA EKSPERYMENTALNE

Metodyka pomiarów

Pomiarów wydajności dokonano na specjalnym stanowisku do badania pomp, przedstawionym na rysunku 1. Składa się ono z następujących części: 1 - zbiornik masy, 2 - pompa zębata CPA-39, 3 - tyristorowy zespół napędowy, 4 - wyskalowane naczynie do pomiaru objętości, 5 - rury ze stali kwasoodpornej, 6 - zawór trójdrożny, 7 - termometry.



Rys. 1. Schemat stanowiska do badania pomp

Rury, pompę oraz zbiornik masy obudowano płaszczami grzejnymi, do których doprowadza się ciepłą wodę z elektrycznego podgrzewacza typu WEA-1-100. Elementy robocze badanej pompy stanowią dwa jednakowe koła zębate o następujących parametrach: moduł - $m_0 = 10$ mm, kąt przyporu - $\alpha = 20^\circ$, ilość zębów - $Z_1 = Z_2 = 6$, szerokość wieńca - $b = 100$ mm.

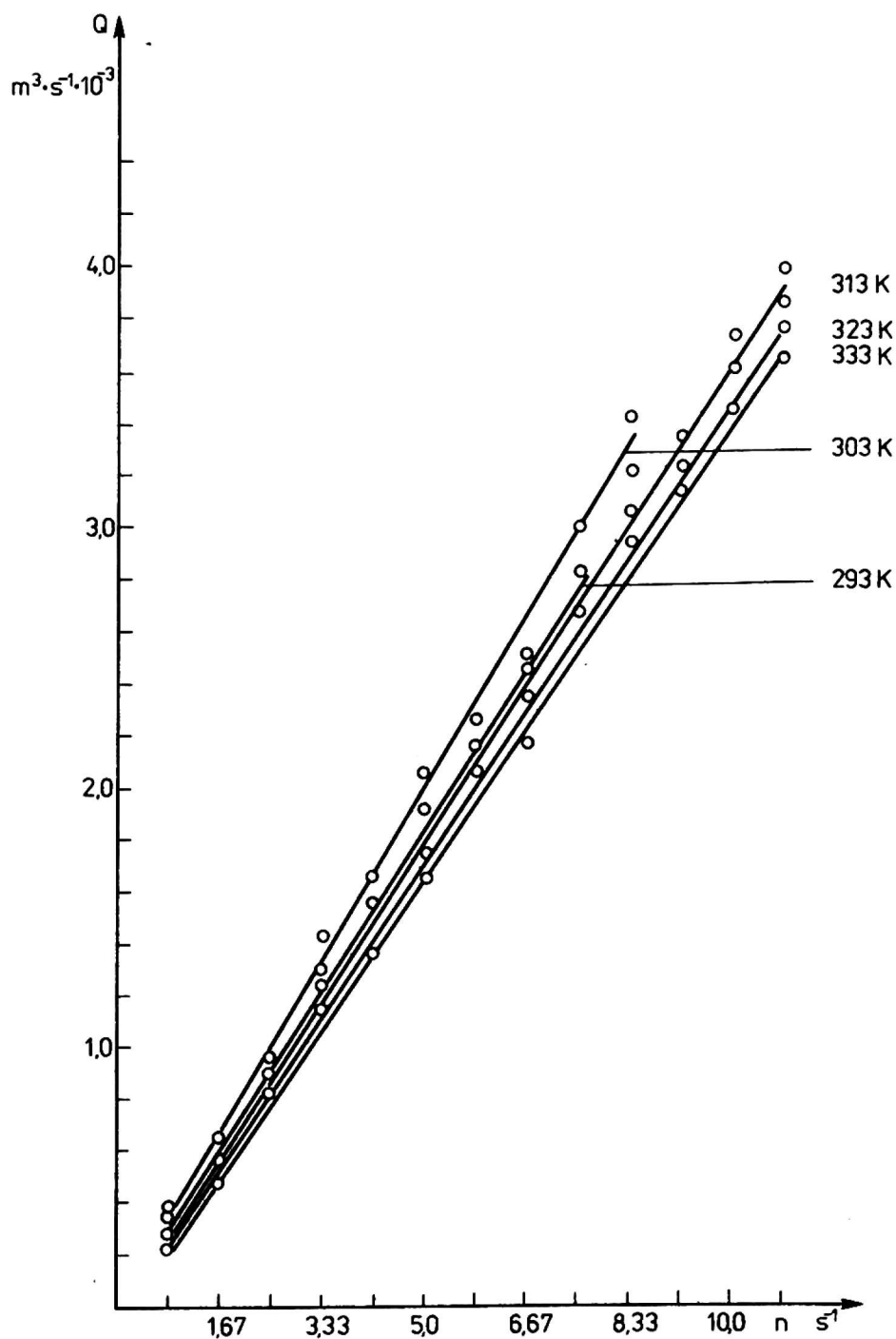
Jako zmienne niezależne przyjęto w badaniach:

- prędkość obrotową elementów roboczych pompy w zakresie $n = 0.83 - 10.83 \text{ s}^{-1}$,
- zawartość procentowa suchej masy w syropie, s.m. = 55% i 75%,
- temperaturę syropu w zakresie $T = 293 - 333 \text{ K}$.

Zmienną zależną jest wydajność objętościowa Q . Wydajność mierzono metodą objętościową. Pomiarów suchej masy dokonywano refraktometrem Abbego. Temperaturę mierzono zestawem Mera-KFM o zakresie 273 - 423 K, z czujnikami umieszczonymi w trzech różnych miejscach na drodze tłoczzonej cieczy. Pomiar i regulację prędkości obrotów pompy przeprowadzano za pomocą tyrystorowego układu napędowego, którym zastąpiono oryginalny napęd pompy CPA-39.

WYNIKI POMIARÓW

Wyniki badań (ok. 250 pomiarów) opracowano statystycznie i na ich podstawie sporządzono prezentowane wykresy. Rysunek 2 przedstawia zależność wydajności Q od prędkości obrotowej pompy dla



Rys. 2. Wykres zależności wydajności od prędkości obrotowej dla różnych T

różnych temperatur. Na podstawie doświadczeń optymalizacyjnych prowadzonych pod kątem: maksymalizacji wydajności, maksymalizacji ciśnienia, i minimalizacji zużycia mocy, autorzy określili optymalne dla danych warunków wartości temperatury $T = 303$ K i prędkości obrotowej $n = 5,83$ s^{-1} . Dla tych wartości przedstawiono na rysunku 3 zależności wydajności od temperatury dla różnych zawartości su-

czej masy. Załączona tabela obejmuje zestawienie wydajności omawianej pompy, wyliczonych na podstawie następujących wzorów:

1) wzór prof. Zassa

$$Q = 0,12 S \cdot b \cdot z \cdot n$$

gdzie

S - powierzchnia zęba w przekroju prostopadłym do osi,

b - szerokość wieńca koła zębatego,

z - ilość zębów,

n - prędkość obrotowa,

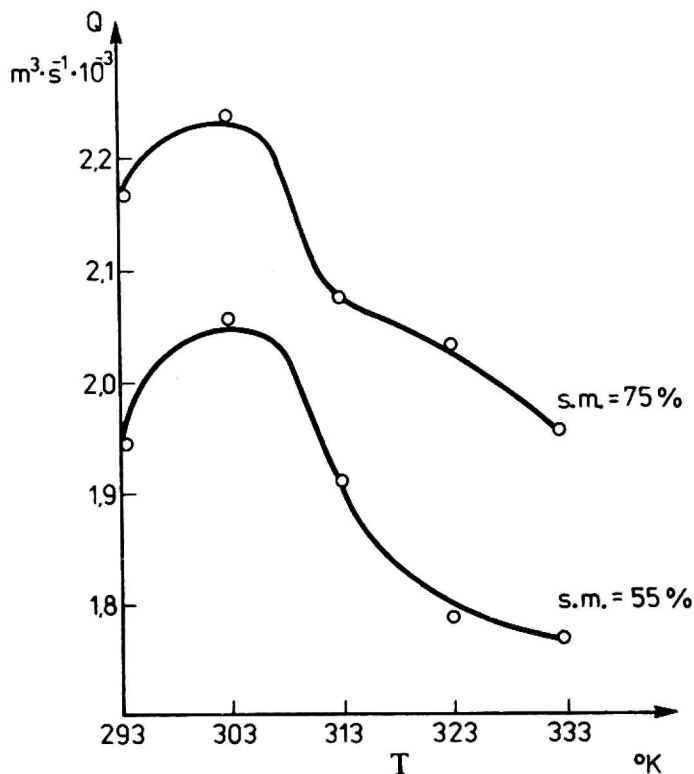
2) wzór tzw. „przybliżony”

$$Q = 0,015 \pi \cdot (d_w^2 - d_s^2) \cdot b \cdot n$$

gdzie

d_w - średnica koła wierzchołkowego,

d_s - średnica dna wrębów,



Rys. 3. Wykres zależności wydajności od temperatury i zawartości s.m. dla $n = 5,83 \text{ s}^{-1}$

3) wzór prof. Falca

$$Q = 0,21 b \cdot n \cdot (r_w^2 - r_s^2)$$

gdzie

r_w - promień koła wierzchołkowego,

r_s - promień koła dna wrębów,

4) wzór Stowarzyszenia Niemieckich Inżynierów (V.D.I.)

$$Q = V \cdot z \cdot n$$

gdzie

V - objętość wrębu międzyzębnego,

5) wzór prof. Thomy

$$Q = \frac{2 \cdot l \cdot b \cdot n}{m_0 \cos \alpha_0} \left(m_0^2 + m_0^2 \cdot z - \frac{l^2}{12} \right)$$

gdzie

l - długość odcinka roboczego linii przyporu,

m_0 - moduł,

α_0 - kąt przyporu.

Dla wzoru tego przedstawiono tylko jeden wynik rezygnując z dalszych, z uwagi na nieosiągalną wartość wydajności pompy, obliczoną na jego podstawie. Wynika to jak stwierdza Judin [3] z zakresu jego stosowalności tylko dla stopnia pokrycia $\varepsilon = 1$. Pompa CPA-39 posiada stopień pokrycia zębów większy od 1.

6) wzór Judina

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot n \cdot \left(r_w^2 - r_t^2 - k \frac{t_z^2}{12} \right) \cdot 10^{-6}$$

gdzie

r_t - promień koła podziałowego,

t_z - podziałka zasadnicza,

$k = 4 - 6\varepsilon + 3\varepsilon^2$,

ε - stopień pokrycia,

7) wzór stosowany w literaturze polskiej [7]

$$Q = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot b \cdot m_0^2 \left(z + 1 - \frac{\pi^2 \cdot \cos^2 \alpha_0}{12} \right) \cdot 10^{-9}$$

Wzory powyższe podano w ich najczęściej stosowanej postaci, nie zmieniając przeliczników jednostek. Wymiary liniowe podawane są w cm, zaś w dwu ostatnich wzorach w mm. Obliczenia przeprowadzono i wykresy opisano w jednostkach układu SI.

Kolumny 9 i 10 tabeli zawierają wartości wydajności pompy CPA-39 wyznaczone eksperymentalnie. Na podstawie wymienionej tabeli sporządzono wykres porównawczy zależności wydajności od prędkości obrotowej (rys. 4.).

WNIOSKI

Otrzymane wyniki wskazują że:

1. Wydajności obliczane według cytowanych wzorów wykazują między sobą różnice dochodzące do 20%.

2. Rzeczywiste wartości wydatków badanej pompy tłoczącej syrop ziemniaczany o zawartości 75% suchej masy są zbliżone najbardziej do wartości obliczanych na podstawie wzoru „przybliżonego”. Dla syropu o zawartości 55% suchej masy bardziej odpowiedni jest wzór Judina.

Porównanie wydajności teoretycznej Q obliczanej według różnych wzorów - z danymi doświadczalnymi

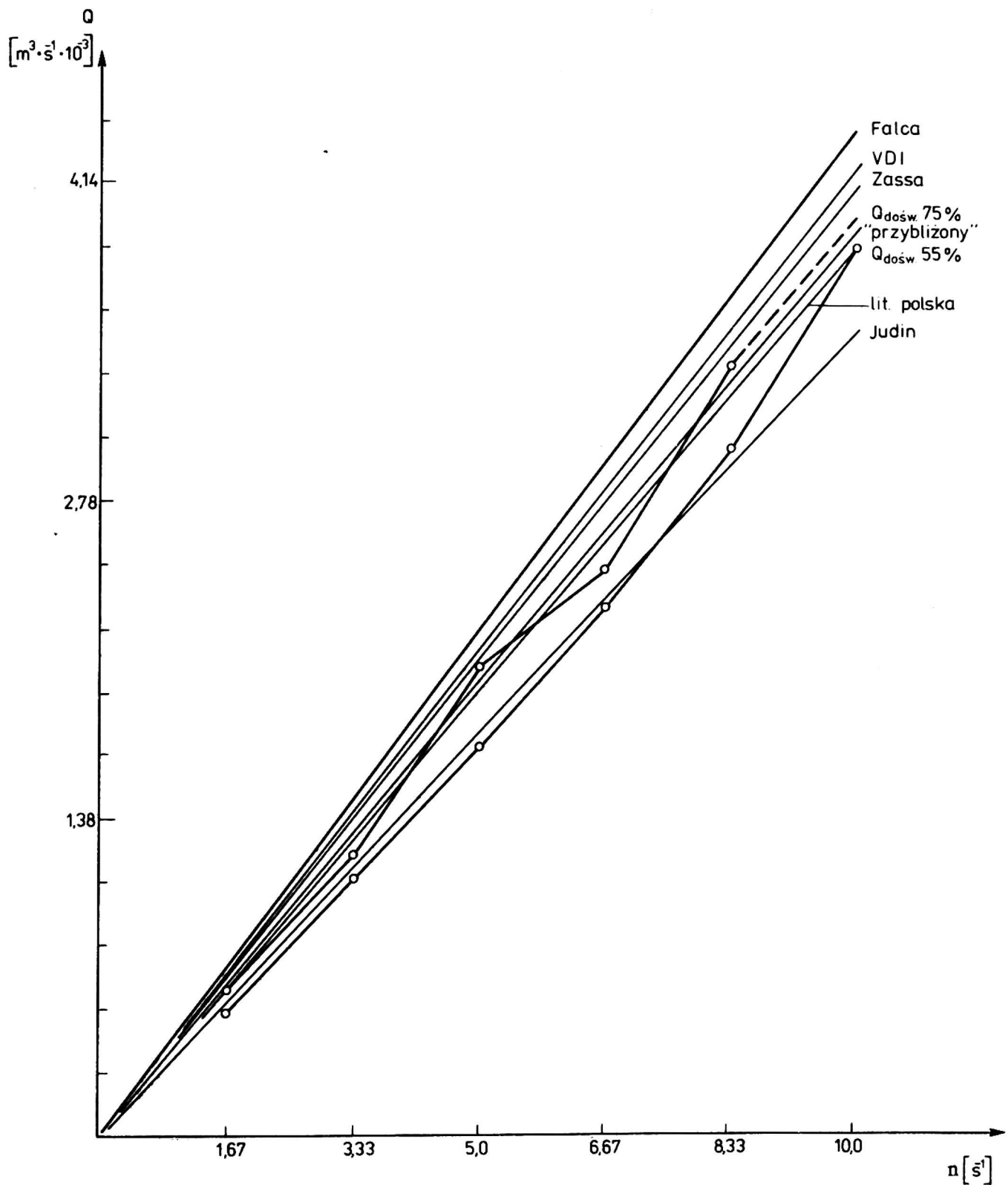
transportowana ciecz - syrop ziemniaczany

temperatura cieczy - $T = 303 \text{ K}$

zawartość suchej masy - s.m. = 55% i s.m. = 75%

n s-1	Wzór	Wzór	Wzór	Wzór	Wzór	Wzór	Wzór	Wzór	Q dośw.	Q dośw.
	Zassa	"przybliż."	Falca	V.D.I.	Thomy	Judina	lit. polsk.	s.m. = 55%	s.m. = 75%	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,67	0,7	0,668	0,774	0,712	5,177	0,596	0,655	0,531	0,64	
3,33	1,4	1,336	1,489	1,424	-	1,192	1,31	1,125	1,23	
5,00	2,1	2,004	2,233	2,136	-	1,788	1,955	1,72	2,05	
6,67	2,8	2,672	2,977	2,848	-	2,384	2,620	2,347	2,49	
8,33	3,5	3,341	3,722	3,560	-	2,980	3,275	3,024	3,414	
10,00	4,2	4,009	4,466	4,272	-	3,576	3,930	3,943	-	

$Q \text{ [m}^3 \text{ s}^{-1} \cdot 10^{-3}]$



Rys. 4. Wykres porównawczy

3. Można przewidywać, że każdy z pozostałych wzorów jest najbardziej odpowiedni dla cieczy o innych określonych właściwościach. Ustalenie zakresu stosowalności tych wzorów wymaga dalszych prac badawczych.

LITERATURA

1. Dokumentacja techniczno-ruchowa pompy CPA-39. Spomasz-Pleszew.
2. Encyklopedyczny sprawocznik - Maszynostrojnie, t.12. Moskwa 1948.
3. Judin E. M.: Pompy zębate, PWT, Warszawa 1958.
4. Ochęduszko K.: Koła zębate t. 1. WNT, Warszawa 1974.
5. Poradnik inżyniera mechanika t. 2.
6. Strzałkowski A., Sliżyński A.: Matematyczne metody opracowania wyników pomiarów, PWN, Warszawa 1978.
7. Stępniewski M.: Pompy, WNT, Warszawa 1978.

Збіслав Мартині, Войціех Ратайчак

ОЦЕНА ФОРМУЛ ДЛЯ ИСЧИСЛЕНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗУБЧАТОВО НАССОТА ПРОТАЛКИВАЮЩЕГО
КРАХМАЛЬНЫЙ СИРОП

Р е з ю м е

В статье изложены результаты исследований производительности зубчатого насоса типа ЦПА-39 проталкивающего крахмальный сироп о концентрации 55% и 75% сухой массы.

Эти результаты сопоставлены с расчётными выполненными по 7-мю различных формулах. Для некоторых формул результаты расчёта отличаются на 20 процентов от экспериментальных. Оказалось что для сиропа с концентрацией 55% результаты наиболее близкие действительным дает формула Юдина, а для 75% сиропа, формула „приблизённая“. Поэтому можно предполагать что каждая из этих формул будет наиболее подходящей в применении для другой жидкости о определённых свойствах.

Zbislaw Martini, Wojciech Ratajczak

ESTIMATION OF APPLICABILITY OF FORMULAE FOR OUTPUT COUNTING
OF GEAR-PUMP PUMPING THE STARCH SYRUP

S u m m a r y

In the paper presented the results of 55% density and 75% of dry bulk starch syrup pumped by the CPA-39 gear-pump have been shown.

The experimental results have been compared with theoretical results computed from 7 formulae. The differences were up to 20%. It has been found that for the syrup about 55% density the best fit is given by Judin formula, for density equal to 75% by „an approximate“ formula, so it must be assumed each formula presented is an appropriate to a given fluid.