

**Sergiy FILIN**  
**Michał CHMIEŁOWSKI**



## SPĘŻARKOWE WYTWORNICE LODU KOSTKOWEGO

W sprężarkowych wytwornicach lodu kostkowego używane są następujące technologie zamrażania wody:

- 1) zamrażanie w formach komórkowych i wannach, bez wymieszania wody;
- 2) zamrażanie na pochylonej powierzchni płaskiej, przy naciekaniu na nią wody;
- 3) zamrażanie na powierzchni elementów kształtowanych, przy natryskiwaniu na nie wody;
- 4) zamrażanie przez zanurzenie elementów chłodzonych w wannie z wodą, z jej wymieszaniem.

W pierwszym przypadku powstaje lód nieprzezroczysty, w pozostałych - przezroczysty. Po kolei przyjrzymy się typowym rozwiązaniom konstrukcyjnym, reprezentującym wyżej wymienione technologie.

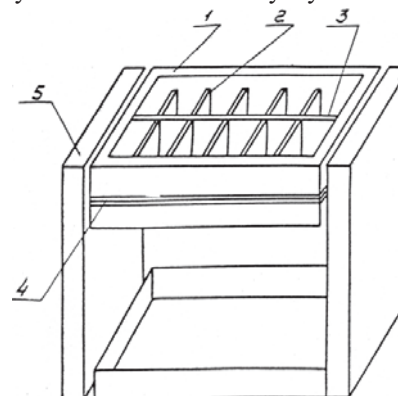
### Wytwornice z formami lodowymi

Urządzenia bardzo popularne 20-30 lat temu, w chwili obecnej nie należą już do powszechnie stosowanych. Mimo to, we współczesnych źródłach patentowych i literaturowych nie brakuje interesujących rozwiązań, ukierunkowanych na udoskonalenie ich pracy oraz polepszenie parametrów techniczno-ekonomicznych.

Komórkowa, lub niedzielona forma lodowa, może być wykonana oddzielnie od parownika i mocowana do niego za pomocą śrub, lub jako całość z parownikiem. W tym drugim przypadku, wrzenie czynnika chłodniczego w kanałach parownika następuje w bezpośrednim sąsiedztwie z komórkami, co eliminuje opory strumienia ciepła w miejscach połączeń elementów konstrukcji wytwornicy. "Wąskim gardłem" tego typu wytwornicy zwykle jest węzeł zalewania wody i urządzenia mechaniczne, służące do wyjmowania lodu z formy. Najczęściej blok parownik-forma jest zainstalowany z możliwością obracania się wokół osi poziomej, a doprowadzenie czynnika do parownika odbywa się poprzez przewody elastyczne. W rozwiązaniu klasycznym, po zakończeniu procesu zamrażania, forma obraca się o kąt 180° i do parownika kierowana jest gorąca para czynnika, w efekcie tego następuje podgrzanie formy i kostki lodu opadają do zbiornika.

W licznych rozwiązaniach alternatywnych proponuje się między innymi: rezygnację z silnika napędu obrotu formy na korzyść wykorzystania napędu elektromagnetycznego,

wykorzystanie ścianek ruchomych, przesłon, różnych urządzeń mechanicznych, w tym popychaczy, do wypychania kostek z komórek formy lodowej. Jednym z przykładów może być wytwornica kompanii "Hoshizaki Electric", której schemat ideowy przedstawiono na rys. 1. Podział objętości formy 1 na komórki jest zapewniony dzięki umieszczeniu w niej przegród 2 i 3. Między parownikiem a formą znajduje się blacha bimetalowa 4 przeznaczona do wyciskania lodu z formy. Blok parownik-forma zamocowano na wale, między bocznymi ścianami 5 obudowy wytwornicy.



Rys. 1. Schemat ideowy sprężarkowej wytwornicy lodu kostkowego japońskiej kompanii "Hoshizaki Electric": 1 - forma lodowa, 2, 3 - wstawki-przegródki, 4 - blacha bimetalowa, 5 - ściana boczna

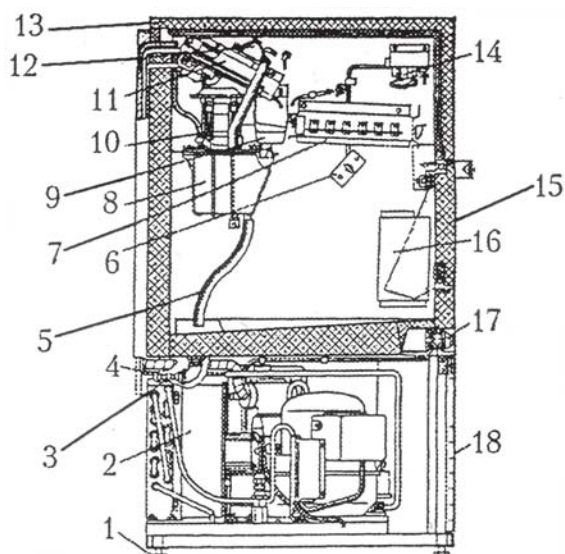
### Wytwornice z pochyloną powierzchnią płaską

Technologie druga i trzecia wymagają zastosowania obiegu wody i jej ciągłej cyrkulacji. W skład takiego obiegu wchodzi: pompa, zbiornik wody, przewody, zawory i system rozpylaczy lub rozprowadzenia wody po chłodzonej powierzchni. Typowymi przedstawicielami urządzeń z pochyloną powierzchnią płaską są wytwornice francuskiej firmy "Samifi Bubcock", oraz rosyjska wytwornica "Toros-2M" (rys. 2). Pompa pobiera wodę ze zbiornika i przez kolektor rozdzielczy kieruje ją do parownika. Woda służy cienką warstwą do zbiornika, po idealnie gładkiej powierzchni parownika, na której powstaje warstwa lodu. W miarę wzrostu grubości lodu, ciągle obracająca się sonda zaczyna dotykać powierzchni lodu i stopniowo unosi dźwi-

gnię wyłącznika trybu zamrażania. Przy osiągnięciu grubości 10...15 mm, agregat jest przełączany w tryb odmrażania (gorącymi parami czynnika). Po jego nagraniu do temperatury +2...+4°C, blok lodu ześlizguje się na gorącą kratkę tnącą wykonaną z drutu wolframowego, przez którą przepływa prąd. W ciągu kilku sekund blok ten zostaje rozcięty na kawałki o wymiarach 25 x 25 lub 30 x 30 mm, które spadają do zbiornika. Dalej cykl produkcji lodu się powtarza.

Ubytek wody w obiegu wskutek jej częściowego zamrażania jest automatycznie dopełniany z sieci wodociągowej, do czego służy zainstalowany w zbiorniku wody zawór pływakowy. Mimo okresowego dolania i zastosowania filtrów na dolocie wody, stężenie soli w wodzie obiegowej rośnie. W efekcie, zaczynając od 20...25 cyklu, przezroczystość produkowanego lodu ulega pogorszeniu. Wada ta jest właściwa dla większości wytwornic z zastosowaniem obiegu wody.

Temperatura parowania czynnika utrzymuje się w granicach -10...-12°C. Jej obniżenie przyspiesza proces zamrażania, ale jednocześnie prowadzi do utraty przezroczystości lodu.

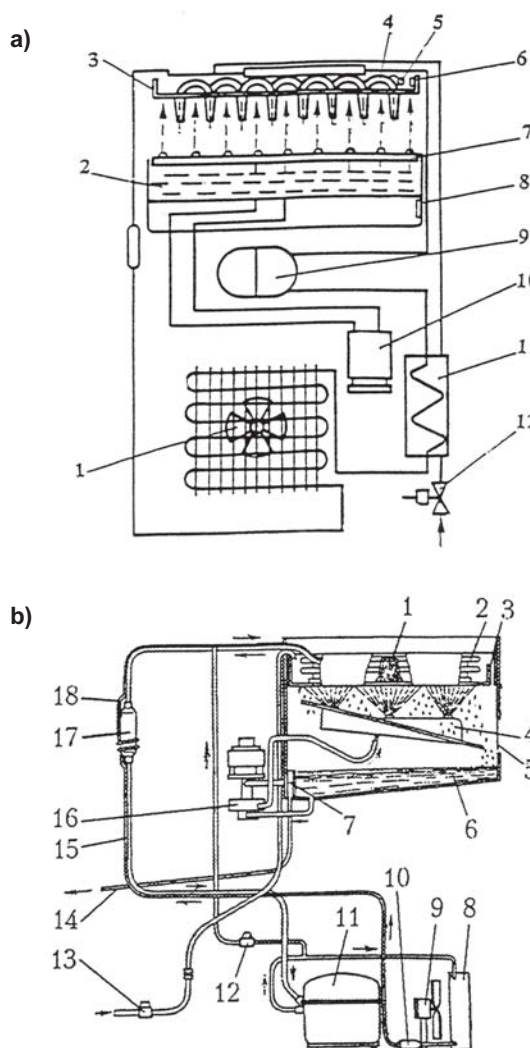


Rys. 2. Schemat ideowy sprężarkowej wytwornicy lodu kostkowego "Toros-2M": 1 - nóżka, 2 - agregat chłodniczy, 3 - króciec podłączenia wody, 4 - rurociąg freonowy, 5 - rurociąg wodny, 6 - czujnik temperatury, 7 - kratka tnąca, 8 - wanna, 9 - taca, 10 - pompa, 11 - parownik, 12 - pokrywa, 13 - izolacja cieplna, 14 - czujnik zbiornika, 15 - drzwi zbiornika, 16 - zbiornik lodu, 17 - przełącznik, 18 - żaluzje

### Wytwornice z natryskiwaniem wody

W większości współczesnych, sprężarkowych wytwornic lodu kostkowego stosowana jest trzecia technologia, w której można rozróżnić dwa warianty: natryskiwanie wody na zewnętrzną powierzchnię chłodzoną z powstaniem lodu w kształcie miseczki ("Icematic", "Paradice" - Włochy, LT-50, LT-20 - Rosja, LM25 - Słowenia, "Metos Icecold 500/1" - Finlandia) i z natryskiwaniem na powierzchnię wewnętrzną, z powstaniem kostki w kształcie ściętego stożka

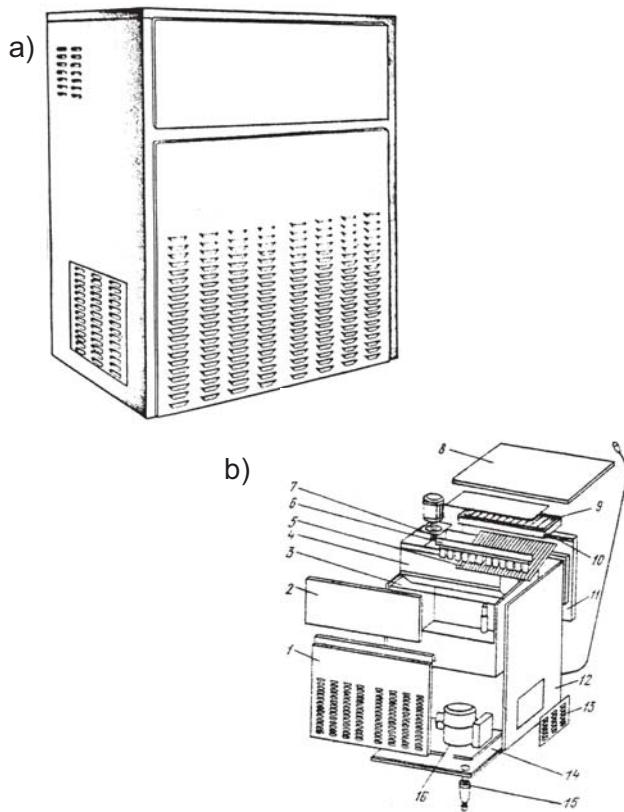
lub wydrążonego cylindra "Hoshizaki" - Japonia, "Dexion", Scotsman - Włochy). Podobnie, jak w innych technologiach, w celu zapewnienia wyjmowania lodu wykorzystywane jest odmrażanie ciepłą wodą ("Metos Icecold", LT-20) lub gorącą parą czynnika chłodniczego. Przejście do produkcji lodu cienkościennego przy zachowaniu masy kostki, pozwoliło na istotną poprawę wydajności i wskaźników energetycznych generatorów lodu, przede wszystkim jednostkowego zużycia energii E [Wh/kg]. Grubość i masę produkowanych kostek można regulować poprzez odpowiednie ustawienie przełącznika czasowego.



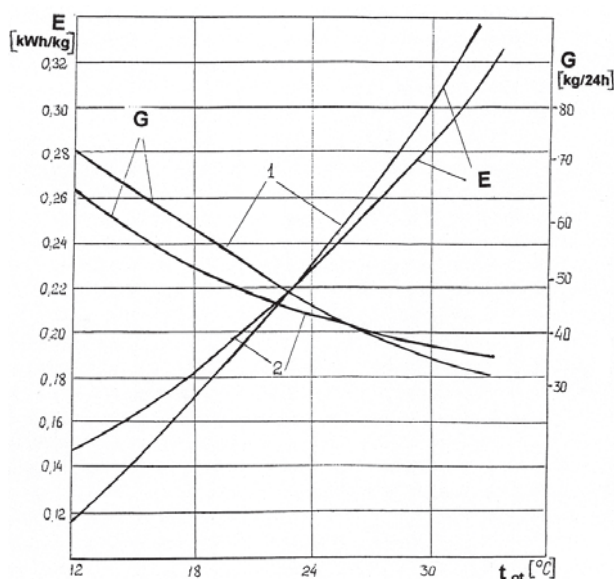
Rys. 3. Schematy ideowe sprężarkowych wytwornic lodu kostkowego: a) LT-20 z odmrażaniem gorącą wodą; 1 - wentylator skraplacza, 2 - zbiornik, 3 - wanna parownika, 4 - parownik, 5 - czujnik temperatury, 6 - czujnik poziomu wody, 7 - natryskiwacze, 8 - czujnik poziomu lodu, 9 - sprężarka, 10 - pompa, 11 - wymiennik ciepła, 12 - zawór elektromagnetyczny; b) "Hoshizaki" z odmrażaniem gorącymi parami czynnika, 1 - forma lodowa, 2 - parownik, 3 - taca parownika, 4 - kolektor z natryskiwaczami, 5 - kurtyna, 6 - wanna, 7 - rurka przelewu wody, 8 - skraplacz, 9 - wentylator, 10 - filtr, 11 - sprężarka, 12 - zawór elektromagnetyczny, 13 - wodny zawór elektromagnetyczny, 14 - zlew wody, 15 - rurociąg ssawny, 16 - pompa, 17 - oddzielnik cieczy, 18 - rurka kapilarna

Dla przykładu, przedstawiony zostanie tryb pracy wytwornicy LT-20 (rys.3). Termostat, którego czujnik zainstalowano na powierzchni parownika, po osiągnięciu zadanej temperatury jego powierzchni, w zakresie od  $-6^{\circ}\text{C}$  do  $-12^{\circ}\text{C}$ , włącza przełącznik czasowy, który z kolei, po 13 minutach pracy, wyłącza agregat i otwiera zawór elektromagnetyczny dopływu ciepłej wody do tacy, obejmującej górną część parownika. W konstrukcji wytwornicy realizowana jest zasada tzw. zewnętrznej regeneracji ciepła, ponieważ dopływająca do parownika woda wstępnie podgrzewa się w wymienniku 11, chłodząc w nim parę sprężonego czynnika. Odmrożone kostki lodu opadają do zbiornika. Po 2 minutach, przełącznik ponownie uruchamia sprężarkę i pompę. Cykle produkcji lodu automatycznie się powtarzają, aż do wypełnienia nim zbiornika. Kontakt górnej warstwy lodu w zbiorniku z czujnikiem prowadzi do zatrzymania pracy wytwornicy. Po zużyciu części przygotowanego lodu, wytwornica automatycznie włącza się.

Na rys.5 zaprezentowano wyniki badań trybów pracy wytwornicy LT-50 z przełącznikiem czasowym i bez niego. W tym ostatnim przypadku, zakończeniem procesów zamrażania i odmrażania sterują czujniki temperaturowe. Z przedstawionych charakterystyk widać, że rozwiązanie z przełącznikiem zapewnia większą wydajność masową, przy mniejszym właściwym zużyciu energii, przy temperaturze otoczenia powyżej  $26^{\circ}\text{C}$ .



Rys. 4. Wytwornica lodu kostkowego LT-50: a) widok ogólny, b) budowa urządzenia; 1 - żaluzje, 2, 8 - pokrywy, 3 - zbiornik, 4, 10 - wanny, 5 - pochylnia, 6 - kurtyna, 7 - pompa, 9 - parownik, 11 - tylna ściana, 12 - boczna ściana, 13 - zasłona okna, 14 - taca, 15 - nóżka, 16 - agregat chłodniczy



Rys. 5. Zależności wydajności masowej  $G$ , oraz właściwego zużycia energii  $E$  wytwornicy lodu LT-50 od temperatury otoczenia  $t_{0t}$ ; 1 - schemat z przełącznikiem zegarowym, 2 - schemat z czujnikiem temperaturowym końca odmrażania

#### Wytwornice zanurzeniowe

Wytwornice wykorzystujące dwie ostatnie, z wyżej wymienionych technologii, mają wspólną wadę, a mianowicie obecność obiegu cyrkulacji wody, co prowadzi do zwiększenia masy, gabarytów, ceny i wiąże się również z pogorszeniem niezawodności działania urządzenia.

Zanurzenie do wanny z wodą kształtowanych elementów chłodzonych w postaci palców realizowane jest w konstrukcjach wytwornic "Castel Mak" (Włochy) i "Mirkez" (Węgry). Kontrolę końca procesu zamrażania dokonuje się za pomocą umieszczonych w wodzie mieszalników, których ruch obrotowy wstrzymuje się przy kontakcie łopatek z narastającym lodem. Dalej, następuje odwrócenie wanny i inicjowany jest proces odmrażania gorącymi parami czynnika.

Interesującą próbę połączenia w jednym urządzeniu zalet pierwszej i trzeciej technologii, podjęła niemiecka firma "Wessamat" (rys. 6). Palce parownika są zanurzone w wydłużonej wannie z wodą. Jedna strona wanny jest przymocowana do obudowy, zaś druga, przy użyciu elektromagnesu, wykonuje ruch pionowy, z częstotliwością około 1/s. W ten sposób w wannie tworzy się fala wzdłużna, pobudzająca ruch wody względem chłodzonej powierzchni. W efekcie powstaje lód przezroczysty (lub prawie przezroczysty) i dzieje się to bez zastosowania obiegu cyrkulacji wody. Co 10-15 cykli woda w wannie powinna być wymieniona na świeżą, ponieważ stężenie w niej domieszek stopniowo rośnie.

#### Charakterystyki techniczne i trendy rozwojowe

W tabeli zestawiono charakterystyki techniczne znanych na rynku europejskim wytwornic lodu kostkowego. W tej klasie urządzeń, niekwestionowanym liderem są wytwórcy włoscy. Ogółem, w autorskiej bazie danych znalazło się ponad 40 światowych producentów wytwornic lodu kostkowego, każdy z nich oferuje od 3...5 do 25 modeli urzą-



dzeń. Przykładowo, w USA, jeden z liderów produkcji, firma "Manitowoc", oferuje wytwornice o wydajności od 45 do 500 kg lodu na dobę (rys.7). W ofercie tej znajdują się urządzenia z możliwością magazynowania lodu w zbiorniku, z pakowaniem kostek lodu, a także automaty do sprzedaży lodu z dozownikami.

Czołowi producenci dokonują całkowitego odnowienia asortymentu produkowanych wytwornic lodu, z reguły co 6...7 lat. Towarzyszy temu zmiana wyglądu zewnętrznego, udoskonalenia konstrukcji, czy podniesienie poziomu automatyzacji. I tak, w ostatniej generacji wytwornic stosowana jest sensorowa nastawa parametrów ich pracy i sterowniki, wykorzystujące logikę rozmytą (fuzzy-logic). Przykładem tego są wytwornice amerykańskiej firmy "Frigidaire".

Współczesny rynek sprężarkowych wytwornic lodu kostkowego charakteryzuje się dużą różnorodnością rozwiązań technicznych i technologicznych. Nawet w ramach jednej serii wyrobów, producent wykorzystuje różne rozwiązania, w celu uzyskania jak najszerszego zakresu wydajności tych urządzeń. Tym można wytłumaczyć nie monotoniczny przebieg zależności jednostkowego zużycia energii E od wydajności G, przedstawiony na rys. 8. Niemniej jednak, podobnie jak dla wytwornic lodu luskowego, i tutaj łatwo można dostrzec podwyższenie wskaźnika E, wraz ze zmniejszeniem wydajności masowej. Zależność ta nie jest charakterystyczna dla wytwornic termoelektrycznych, gdzie wskaźnik E prawie nie zależy od wydajności. Dzięki temu TWL są zdolne skutecznie konkurować z wytwornicami sprężarkowymi w zakresie wydajności masowej poniżej 20 kg/dobę.



Rys. 6. Sprężarkowa wytwornica lodu kostkowego "Wessamat"



Rys. 7. Sprężarkowa wytwornica lodu kostkowego firmy "Manitowoc"

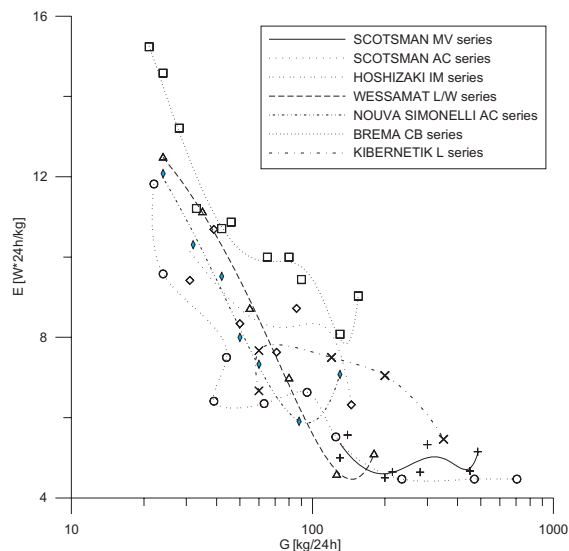
Żaden z modeli, żadne rozwiązanie techniczne nie ma absolutnej przewagi nad innymi. Każdy proces przygotowania lodu o określonych właściwościach, w określonym czasie i za określoną cenę może być rozwiązany na różne sposoby. Większość producentów kostkarek nie ogranicza się do jednej serii wyrobów w dążeniu do oferowania jak najszerszego asortymentu. W ramach jednego typu szeregu wytwornic jest przestrzegana zasada maksymalnej unifikacji zespołów i podzespołów. Skutkiem tego jest duże zróżnicowanie jednostkowych charakterystyk modeli jednej serii. Na tle starannie zoptymalizowanego modelu podstawowego (rzadziej dwóch modeli), pozostałe mają zwykle przewymiarowane zużycie energii lub zauważalne pogorszenie innych parametrów. Ogólną tendencją w budowie wytwornic o najmniejszej wydajności jest rezygnacja z zastosowania agregatów sprężarkowo-skrapających na korzyść schematów właściwych dla chłodziarek i zamrażarek domowych. Na przykład, stosując jedną z najmniejszych sprężarek 1/6 HP o wydajności 125 W można uzyskać wydajność masową wytwornicy lodu 20 kg/dobę (AH-2 "Nuova Simonelli") lub tylko 9 kg/dobę ("Koolatron").

Wzornictwo sprężarkowych wytwornic lodu kostkowego nie jest takie różnorodne, jak ich wyposażenie. Większość konstrukcji wykonuje się jako szafy podłogowe lub stołowe. W ich górnej części mieści się blok zamrażalniczy, w dolnej - agregat chłodniczy, zaś w środkowej części znajduje się zbiornik lodu z przezroczystym

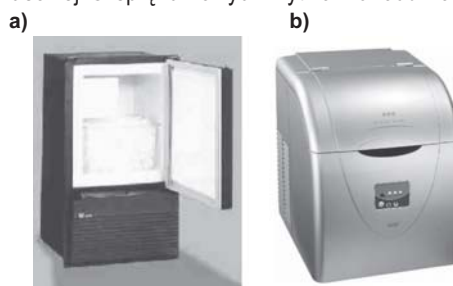
stym oknem. Wyjątkiem są wytwornice lodu "Raritan Icetette" amerykańskiej firmy "Koolatron" (najmniejsze spośród kostkarek sprężarkowych) oraz ukraińska wytwornica "Nord", które swoim wyglądem przypominają zwykłą chłodziarkę (rys. 9). Obudowę przeciętnej, współczesnej kostkarki wykonuje się ze stali nierdzewnej. Ilość stosowanych elementów sterowania i indykatorów jest minimalizowana. Do podłączenia do sieci wodociągowej służą króćce o średnicy 1/2, lub, rzadziej 3/4 cala. Wszystkie współczesne kostkarki posiadają możliwość przełączenia w tryb opcji sanitarnej - "płukanie".

Jeszcze jedną wspólną cechą kostkarek sprężarkowych jest stabilność wskaźnika masy jednostkowej, który waha się w zakresie 30...45 kg/kg/h i prawie nie zależy od wydajności wytwornicy. Natomiast rozrzut wskaźnika E jest znacznie szerszy: od 10...12 W 24h/kg dla wytwornic o wydajności 24...30 kg/dobę do 3,6...4,2 W 24 h/kg dla wytwornic o wydajności powyżej 500 kg/dobę.

W roku 2005 na polskim rynku pojawił się nowy produkt: "Kostkarka do lodu model ZB-15" (rys.9b). Jego producentem jest polska firma "MPM Produkt". Wytwarza ona kostki lodu w trzech rozmiarach w ilości 15 kg/dobę. Kostkarka posiada wbudowany pojemnik na wodę o pojemności 4,5 l i nie wymaga bezpośredniego podłączenia do wody. Posiada również świetlne sygnalizatory braku wody w pojemniku oraz przepełnienia zbiornika na lód. Urządzenie to przeznaczone jest zarówno do gospodarstw domowych, jak i do punktów gastronomicznych.



Rys. 8. Zależności jednostkowego zużycia energii E od wydajności masowej G sprężarkowych wytwornic lodu kostkowego



Rys 9. Sprężarkowe wytwornice lodu dla gospodarstw domowych: a) amerykańskiej firmy "Koolatron", b) polskiej firmy MTM "Produkt"

Tabela

Nazwa handlowa, kraj	Model	Wydajność masowa G [kg/24h]	Moc zużywana, N [W]	Właściwe zużycie energii E [W*24h/kg]	Pojemność (w kg) i typ zbiornika lodu	Wymiary gabarytowe wys., szer., głęb. [mm]	Masa [kg]	Kształt i parametry produkowanej kostki
SCOTSMAN (USA/Włochy)	MV300-AS	140 <sup>1</sup>	780	5,57	brak danych	575x560x620	55	MV- sześcián 13 g;
	MVH1000-WS	450 <sup>1</sup>	2100	4,67	230 dołączany	760x620x800	104	MVH- sześcián 7 g
	AC55	31 <sup>1</sup>	292	9,42	14	738-868x457x522	42	
	AC225	145 <sup>1</sup>	917	6,32	70	1006-1136x1078x662	99	
	ICE ONE	23 <sup>1</sup>	271	11,78	14	725x457x480	39	stożek ścięty 20 g
	ICE THREE	38 <sup>1</sup>	417	10,97	14	790-920x457x522	46	
	CME456-AS	218 <sup>1</sup>	1162	5,33	125 dołączany	711x559x610	141	
BREMA (Włochy)	CME1656	668 <sup>1</sup>	2420	3,62	340 dołączany	711x1220x610	166	piramida 11 g
	CB 184	21 <sup>2</sup>	320	15,24	4 (309 kostek)	355x404x590	28	sześcián 13 g
	CB 1565	155 <sup>2</sup>	1400	9,03	65 (3830 kostek)	840 x 740 x 1075	118	sześcián 18 g
	INCAS 18	21 <sup>2</sup>	320	15,24	4 (310 kostek)	540 x 430 x 470	34	sześcián 13 g
	INCAS 30	33 <sup>2</sup>	370	11,21	16 (950 kostek)	705 x 625 x 560	52	sześcián 18 g
	ICE FINGER 26	22 <sup>2</sup>	310	14,09	6 (280 kostek)	390 x 460 x 668	36	
	ICE FINGER 75	70 <sup>2</sup>	480	6,86	38 (1730 kostek)	738 x 600 x 980	75	misczka wydłużona 22 g
HOSHIZAKI (Japonia)	IM-25	24 <sup>2</sup>	230	9,58	11,5	398x446x770	45	sześcián 28x28x32 mm
	IM 690 DLE	705 <sup>1</sup>	3150	4,47	brak danych	1158x1084x800	155	LE23- sześcián 23x23x20 mm
WESSAMAT (Niemcy)	W 15	19 <sup>1</sup>	300	15,79	7	520/370/540	34	
	L/W 251	180 <sup>1</sup>	920	5,11	180	1165/1000/820	140	
	W 80 ECL/ECW	80 <sup>1</sup>	680	8,50	67	1680/715/600	139	sześcián
	W 240 EL/EW	240	920	3,83	220	1370/1020/830	205	
KIBERNETIK AG (Szwajcaria)	070(L,W)070	60	460	7,67	70	1460x600x600	85	sześcián 7x7x7 mm
	850W250	850	3100	3,65	250	2215x800x600	180	sześcián 7x7x7 mm
NOUVA SIMONELLI (Włochy)	AC 2	24	290	12,08	6,5	670x420x515	34	misczka wydłużona
	AC 12	130	920	7,08	60	1130x930x560	135	Ø=30-37, h=25-40 mm
WHIRLPOOL (USA)	AGH326	24	brak danych	-	10	535x590x555	brak danych	brak danych
	AGH327	40	brak danych	-	20	535x850x555	brak danych	brak danych
LTH (Słowenia)	LM25	22	350	15,91	7	980x600x600	105	misczka
KOOLATRON (USA)	CJ3580	9	180	20	4,9	609x355x355	35	misczka
AO «TOPOC» (Rosja)	LT20	20	350	17,5	4	685x440x345	40	
	LT50	50	500	10	25	1092x550x795	104	misczka Ø=40, h=35 mm

Uwagi:

<sup>1</sup> - warunki pomiaru: t<sub>in</sub>=10°C, t<sub>w</sub>=10°C

<sup>2</sup> - warunki pomiaru: t<sub>in</sub>=21°C, t<sub>w</sub>=15°C.

