

Modelowanie zapotrzebowania na paliwo gazowe w obiektach gastronomicznych

Modeling of gas fuel requirements in food service facilities

ANDRZEJ JEDLIKOWSKI, SEBASTIAN ENGLART, MACIEJ SKRZYCKI

DOI 10.36119/15.2022.10.3

W artykule scharakteryzowano występujące w Polsce zakłady i placówki gastronomiczne. Opisano metody obliczeniowe umożliwiające wyznaczenie zapotrzebowania na gaz dla tego typu obiektów. Zwrócono uwagę na częstotliwość wykorzystywanych urządzeń gazowych do przygotowania potraw dla konsumentów. Przedstawiono problemy wynikające z braku uwzględniania współczynników jednoczesności podczas wyznaczania projektowanego natężenia gazu. Opracowano oryginalny model matematyczny uwzględniający zużycie paliwa gazowego podczas przygotowania dań w placówce gastronomicznej. Na podstawie modelu napisano program komputerowy potrzebny do przeprowadzania symulacji numerycznych. Następnie za pomocą danych pomiarowych uzyskanych z zakładu zbiorowego żywienia dokonano walidacji modelu. Ponadto za pomocą metod obliczeniowych dostępnych w literaturze oszacowano natężenie przepływu gazu. Uzyskane wyniki symulacji porównano z rezultatami pomiarów. Wysoka zgodność modelu pozwoliła na uzyskanie wielu istotnych informacji. Brak uwzględniania współczynników jednoczesności prowadzi do otrzymywania podwyższonych wartości strumienia godzinowego przepływu gazu. Standardowa obsługa urządzeń gazowych wymusza konieczność stosowania niekiedy niższego płomienia gazowego palnika. Dzielne zużycie gazu podlega znacznym wahaniom spowodowanym zróżnicowanym czasem przygotowania potraw dla konsumentów. W analizowanym przypadku zaobserwowano konieczność uwzględnienia współczynników jednoczesności wykorzystania urządzeń gazowych z zakresu 0,4–0,6. Dokładne określenie wartości redukcji projektowego zapotrzebowania na gaz wymaga dalszych badań i symulacji numerycznych dotyczących funkcjonowania zakładów gastronomicznych.

Słowa kluczowe: urządzenia gazowe, model matematyczny, przepływ obliczeniowy gazu

The paper characterizes the activities of food service and mass caterers in Poland. Calculation methods are described to determine the gas requirements for this type of facility. Special attention was paid to the frequency of gas appliances used to prepare food for consumers. Problems arise from the inability to include simultaneity coefficients when determining the design gas flow rate. An original mathematical model has been developed that considers the consumption of gaseous fuel during the preparation of dishes in a food service facility. Based on the model, a computer program needed for numerical simulations was written. The model was then validated using measurement data obtained from the mass catering facility. Furthermore, the gas flow rate was estimated using calculation methods available in the literature. The simulation results obtained were compared with the measurement results. The high level of compliance of the model has yielded a wealth of relevant information. Failure to include simultaneity coefficients leads to elevated values of the hourly gas flow rate. Standard operation of gas appliances sometimes forces the need to use a lower gas burner flame. Daily gas consumption is subject to significant fluctuations due to the varying cooking times of meals for consumers. In the case under review, it was observed that simultaneity coefficients for the use of gas appliances in the range of 0.4–0.6 must be considered. Accurate determination of the reduction value of the design gas demand requires further research and numerical simulations of the operation of food service facilities.

Keywords: gas appliances, mathematical model, design gas flow rate

Wprowadzenie

Placówka gastronomiczna zgodnie z definicją Głównego Urzędu Statystycznego [1, 2] stanowi zakład lub punkt gastronomiczny stały, lub sezonowy, którego przedmiotem jest przygotowanie oraz

sprzedaż posiłków i napojów do spożycia na miejscu lub na wynos. Takie zakłady można podzielić zazwyczaj na placówki ogólnodostępne oraz prowadzone w obrębie innych obiektów (hotele, moteli, zajazdów, schronisk, pól kempingowych, w pensjonatach, domach wypoczynkowych i in-

nych miejscach krótkotrwałego pobytu, jak też w wagonach kolejowych wchodzących w skład taboru kolejowego oraz na statkach pasażerskich). Sezonowe obiekty gastronomiczne obejmują placówki uruchamiane okresowo i działające nie dłużej niż sześć miesięcy w roku kalendarzowym.

Dr inż. Andrzej Jedlikowski: <https://orcid.org/0000-0002-2456-253X>, dr inż. Sebastian Englart: <https://orcid.org/0000-0002-5407-4617>, dr inż. Maciej Skrzycki: <https://orcid.org/0000-0002-8098-0795> – Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza, Wrocław. Autor do korespondencji/ Corresponding author: Andrzej Jedlikowski e-mail: andrzej.jedlikowski@pwr.edu.pl

Warto zaznaczyć, że do placówek gastronomicznych nie są zaliczane ruchome punkty sprzedaży detalicznej oraz automaty sprzedażowe [2].

Na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego [2] można przedstawić aktualny wykaz zakładów gastronomicznych oraz ich zmienność w wybranych latach 2010–2020 (tab. 1).

Tab. 1. Wykaz liczby zakładów gastronomicznych w Polsce w latach 2010–2020 [2]
Table 1 List of the number of catering establishments in Poland in 2010 – 2020 [2]

Rodz. zakładu	Lata											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
	Liczba zarejestrowanych obiektów i placówek gastronomicznych											
Restauracje	14 937	15 287	16 478	16 202	17 414	18 789	19 648	20 127	19 675	20 015	17 676	
Bary	27 145	25 866	25 885	24 931	23 514	22 290	20 926	19 410	19 317	19 588	17 170	
Stołówki	4 509	4 271	4 304	4 072	3 924	4 183	4 356	4 221	4 174	4 585	3 517	
Punkty gastronomiczne	23 892	21 932	22 120	21 761	21 493	23 080	24 484	26 350	26 663	28 167	26 086	
Suma	70 483	67 356	68 787	66 966	66 345	68 342	69 414	70 108	69 829	72 355	64 449	

Liczba zarejestrowanych w Polsce w latach 2010–2020 zakładów gastronomicznych istotnie się zmieniła. Przykładowo, od 2010 r. widać stopniowy wzrost liczby restauracji z równoczesnym spadkiem liczby barów i stołówek. Mimo, że do 2015 roku można zaobserwować stabilizację liczby punktów gastronomicznych, to w kolejnych latach stwierdzono ich zdecydowany wzrost. Na szczególną uwagę zasługują jednak lata 2019–2020, w których na liczbę zarejestrowanych obiektów gastronomicznych główny wpływ miały obostrzenia sanitarne dotyczące pandemii wirusa SARS-CoV-2. W wyniku tego odnotowano wyraźny spadek liczby konsumentów powodujący wstrzymanie działania lub zamknięcie i późniejszą likwidację sporej grupy zakładów gastronomicznych. Powodem tego były głównie wysokie koszty utrzymania takiej placówki wynikające z braku klientów a przez to zapewnienie prawidłowej eksploatacji takiego zakładu.

Przed rozpoczęciem działalności gastronomicznej, każdy właściciel zmuszony jest do poniesienia szeregu określonych kosztów – kupno lub najem, projekty technologii oraz wymaganych instalacji wraz z uzgodnieniami i niezbędnymi pozwoleniami na prowadzenie działalności, w tym także potrzebne wyposażenie. Trzeba także pamiętać o podstawowych układach wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń technologicznych. W dalszych zobowiązaniach należy wymienić koszty obejmujące dostawę mediów (energii, wody, gazu, sieci komputerowej i telefonicznej). Oprócz tego trzeba mieć na uwadze istotne koszty eksploatacji, czyli utrzymanie należytej czystości, okresowe przeglądy i naprawy

wykorzystywanego sprzętu. Kolejną grupę utrzymania placówki gastronomicznej stanowią koszty związane z zatrudnieniem pracowników tj. przeprowadzanie okresowych badań, zapewnienie odzieży dla personelu, wynagrodzenia, składki na ubezpieczenia, premie itp. Grupę kosztów podstawowych zamykają produkty, z których przygotowywane są potrawy i napoje

wraz z ich dostawą. Zazwyczaj do ponoszonych nakładów dochodzą dodatkowe opłaty wynikające z wyższego standardu danej placówki. Zakres dodatkowych świadczeń może obejmować koncesję na sprzedaż alkoholu, pozwolenie na emisję muzyki w lokalu, wentylację i klimatyzację sali obsługi klientów, ochronę obiektu, systemy informatyczne umożliwiające realizację zamówień zewnętrznych oraz dostawy do klientów z wykorzystaniem pojazdów dostawczych. Coraz bardziej popularne są także terminale obsługi płatności elektronicznej wykorzystywane zarówno w lokalu, jak i podczas obsługi rozliczeń za posiłki dostarczane bezpośrednio do klienta. Podsumowując powyższe koszty, warto także mieć na uwadze konieczność utrzymania wysokiej renomy obiektu z wykorzystaniem odpowiedniego marketingu – reklamy, witryny internetowe, obsługa portali społecznościowych itp. [3, 4].

Na tej podstawie można zauważyć, że tematyka funkcjonowania placówki gastronomicznej jest dość rozległym zagadnieniem. W niniejszej pracy postanowiono znacznie dokładniej przyjrzeć się kwestiom związanym z przygotowaniem potraw, które wymagają obróbki termicznej. Do tego celu wykorzystywane zazwyczaj są różnicowane urządzenia grzewcze. Podczas projektowania technologii gastronomicznej, a więc wyposażenia niezbędnego do funkcjonowania obiektu gastronomicznego, stosowane są zwykle urządzenia elektryczne lub gazowe. W celu obniżenia kosztów eksploatacji placówki gastronomicznej bardzo często wielu właścicieli takich obiektów decyduje się na zastosowanie rozwiązań zasilanych paliwem gazowym [5].

Metody obliczeniowe

Dobór gastronomicznych urządzeń gazowych przeprowadzany jest na podstawie potrzeb związanych z zapewnieniem odpowiedniej obsługi konsumentów. Przygotowany przez technologa projekt należy także sprawdzić pod względem wymagań kubaturowych dla lokalizacji urządzeń gazowych. W wielu przypadkach bowiem w pomieszczeniu kuchni montowane są jednocześnie urządzenia gazowe typu A i B (bez odprowadzenia spalin oraz z odprowadzeniem spalin). Odpowiednim przykładem mogą być zainstalowane w jednym pomieszczeniu urządzenia gazowe, takie jak: trzon kuchenny oraz piec konwekcyjno-parowy. Dla pomieszczeń nieprzeznaczonych na stały pobyt ludzi, w tym kuchni, łączne obciążenie cieplne przypadające na 1 m³ kubatury pomieszczenia nie powinno wówczas przekraczać 4 650 W [6]. W przypadku braku spełnienia tego wymogu konieczne może być zastąpienie jednego z urządzeń gazowych urządzeniem elektrycznym. Kolejną kwestią są możliwości uzyskania odpowiedniej ilości paliwa gazowego z sieci gazowej. Wprawdzie przy braku zapewnienia przez dostawcę odpowiedniej przepustowości gazociągu, podobnie można dokonać zamiany niektórych urządzeń gazowych na elektryczne. Aczkolwiek zanim taka decyzja zostanie podjęta, należy wcześniej wyznaczyć zapotrzebowanie na gaz dla dobranych urządzeń gazowych. Podczas projektowania sieci, przyłączy oraz instalacji gazowych dotyczących budynków mieszkalnych stosowane są na ogół wzory i formuły obliczeniowe zawierające współczynniki jednoczesności lub nierównomierności [7–9]. Natomiast w gastronomicznych instalacjach gazowych przyjmuje się nominalne zużycie gazu przez wszystkie zainstalowane urządzenia. Problem w tym, że sumaryczne wykorzystanie paliwa gazowego przez wszystkie urządzenia gazowe jednocześnie jest sprawą dość dyskusyjną. Warto zaznaczyć, że w pełni zasadne jest stosowanie takiej procedury (obliczanie całkowitego zapotrzebowania na gaz poprzez sumowanie wartości nominalnego zużycia gazu) w mniejszych placówkach gastronomicznych wyposażonych np. w opiekacz, grill kontaktowy i frytkownicę. Wówczas istnieje wysokie prawdopodobieństwo działania wszystkich urządzeń równocześnie. Aczkolwiek w dużych obiektach gastronomicznych wyposażonych w znacznie większą liczbę urządzeń gazowych, taka procedura może prowadzić do uzyskiwania zawyżonych wartości natężenia przepływu gazu. Z tego względu warto więc zastanowić się, czy konieczne

jest zapewnienie dostawy gazu na podstawie sumarycznego zapotrzebowania nominalnego z kilku lub kilkunastu urządzeń zamontowanych w obiekcie gastronomicznym. Czy istnieje możliwość jednoczesnego wykorzystania przez personel gastronomiczny wszystkich urządzeń gazowych nawet przy 100-procentowej frekwencji klientów?

Stosowanie współczynników jednoczesności działania urządzeń kuchennych można odnaleźć w literaturze [10–12]. Istnieje wiele opracowań, w których zamieszczono przykładowe wartości współczynników jednoczesności w odniesieniu do rodzaju kuchni i jej rozmiaru (tab. 2). Przedstawione współczynniki wykorzystywane są do określenia strumienia ciepła jawnego powstałego podczas użytkowania urządzeń kuchennych.

Strumień ciepła jawnego można wyznaczyć za pomocą zależności:

$$Q_j = Q_i \cdot b \cdot \varphi \quad (1)$$

gdzie:

- Q_j – jednostkowy strumień ciepła jawnego wytworzonego przez urządzenie kuchenne, W;
- b – udział ciepła jawnego przekazywanego na skutek konwekcji, bezwymiarowy; przyjmowany $b=0,5$;
- φ – współczynnik jednoczesności działania urządzeń, bezwymiarowy.

W celu obliczenia strumienia ciepła jawnego (1) powstałego w kuchni przedstawione dane należy uzupełnić wartościami jednostkowego strumienia ciepła jawnego wydzielanego przez urządzenia gazowe. Na tej podstawie zestawiono wybrane wartości tego strumienia (tab. 3). Pełne dane zawarte są w niemieckiej normie VDI 2052 [10].

Tab. 2. Współczynniki jednoczesności działania urządzeń gastronomicznych w zależności od rodzaju oraz wymiarów kuchni w placówce lub zakładzie gastronomicznym [10–12]

Table 2 Simultaneity coefficients of food service equipment depending on the type and dimensions of the kitchen in a food service facility or establishment [10–12]

Rodzaj kuchni	Rozmiar kuchni						
	Małe		Średnie		Duże		
	Porcje dzienne / obiadowe szt.	Wsp. jedn. dział. φ	Porcje dzienne / obiadowe szt.	Wsp. jedn. dział. φ	Porcje dzienne / obiadowe szt.	Wsp. jedn. dział. φ	
Kuchnie gastronomiczne (kawiarnie, restauracje, hotele)	<100 / –	1,0	<250 / –	0,7	>250 / –	0,7	
Kuchnie w kantynach, klubach, stołówkach	– / 150	0,8	– / <500	0,6	– / >500	0,6	
Kuchnie w szpitalach	centralne	– / 250	0,8	– / <650	0,6	– / >650	0,6
	oddziałowe	– / 40	1,0	– / –	–	– / –	–
Kuchnie w mieszkaniach	– / 100	0,9	– / <250	0,6	– / >250	0,6	
Kuchnie do przygotowania posiłków, kuchnie mieszane	– / 50	0,9	– / <400	0,6	– / >400	0,6	
Przemysłowe przygotowanie posiłków, (kuchnie: odległe, zimne, pokładowe, centralne)	– / –	–	<3000 / –	0,7	>3000 / –	0,7	

Tab. 3. Jednostkowy strumień ciepła jawnego wydzielany przez gazowe urządzenia kuchenne [10]
Table 3 Unit sensible heat flux released by gas cooking appliances [10]

Rodzaj obróbki kuchennej	Rodzaj urządzenia kuchennego	Rodzaj działania	
		normalne	ograniczone
		Q_i W/kW	Q_f W/kW
gotowanie, duszenie, pieczenie	kotły warzelne i automaty kotłowe	100	75
	kotły ciśnieniowe	–	–
	wysokociśnieniowe parowe urządzenia do pieczenia: jednorazowego / przelotowego	– / –	– / –
smażenie, grillowanie, pieczenie	piece konwekcyjno-parowe	150	85
	brytfanny przechylne do smażenia	450	450
	patelnie do grillowania i pieczenia	350	250
	urządzenia do grillowania i pieczenia	720	720
	piece do pieczenia	350	250
	urządzenia powietrzne do rozmrażania	100	50
	automaty do szybkiego grillowania i pieczenia / automaty do sosów	– / –	– / –
	frytkownice	90	–
automaty do frytek z odciążeniem / bez odciążu	– / –	– / –	
obróbka, przechowywanie, transport	kuchenki, płyty grzejne	250	150
	tabelety grzejne	250	200
	kuchenki mikrofalowe	–	–
	kąpiel wodna (rozmrażanie)	195	–
	witryny podgrzewane	350	–
	lodówki / maszyny kuchenne (do obróbki) / podajniki / urządzenia do zaparzania napojów	– / – / – / –	– / – / – / –

Na podstawie tych danych można założyć, że obciążenie urządzeń kuchennych może się wahać w przedziale 60–100%. Poza tym istnieje również rodzaj ograniczonego działania, obejmujący szczególnie urządzenia z regulacją płomienia gazowego (kotły, piece, patelnie, kuchenki, płyty i tabelety grzejne). Stanowi to więc dodatkowe potwierdzenie zmiennej eksploatacji tych urządzeń, które także może być powodem do zmniejszenia obliczeniowego strumienia przepływu gazu. Wprowadzając przedstawione współczynniki jednoczesności działania przeznaczone są do obliczania strumienia wydzielanego ciepła jawnego, aczkolwiek mają one również bezpośrednie przełożenie

na zużycie paliwa gazowego. Należy podkreślić, że przedstawiony, dość duży zakres zmian, w odniesieniu do realnego zapotrzebowania na paliwo gazowe może powodować zauważalne oszczędności. Większe zapotrzebowanie na gaz związane jest bowiem z koniecznością wyboru wyższej grupy taryfowej zakupu tego paliwa.

Konsekwencją tego mogą być zgodnie ze składowymi rachunku gazowego [13]:

- Wyższa lub niższa opłata za zużyte paliwo gazowe, gdyż jej wysokość uzależniona jest od rzeczywistego zużycia gazu.
- Wyższa opłata abonamentowa, która jest stała, lecz zależna od grupy taryfowej i dostarczaniem faktur, obliczaniem należności, prawidłowością rozliczeń itp. (pobierana za każdy miesiąc niezależnie od zużycia gazu).
- Wyższa opłata dystrybucyjna stała zależna od obszaru, na którym znajduje się zasilany paliwem gazowym obiekt gastronomiczny. Wysokość tej opłaty uzależniona jest od utrzymania sieci gazowej (kosztów eksploatacji, monitorowania, unowocześniania, napraw lub remontów). Ta opłata jest również pobierana w każdym miesiącu niezależnie od zużycia gazu i przekazywana do Operatora Systemu Dystrybucyjnego.
- Wyższa lub niższa opłata dystrybucyjna zmienna zależna od zużycia paliwa gazowego, pobierana za dostarczanie gazu o odpowiednich parametrach

i ilościach zawartych w warunkach umowy. Opłata przekazywana jest także do Operatora Systemu Dystrybucyjnego.

Z tego względu warto dokładnie przeanalizować sposób określania strumienia przepływu gazu w obiektach i placówkach gastronomicznych.

Model matematyczny

Głównym celem modelu matematycznego jest obliczenie natężenia przepływu gazu dla objętego opracowaniem obiektu gastronomicznego. Podstawowym sposobem wyznaczenia strumienia gazu jest zsumowanie nominalnego przepływu gazu zamontowanych w kuchni urządzeń gazowych. Do tego celu zazwyczaj może posłużyć poniższa formuła:

$$\dot{V}_C = \dot{V}_N^{U1} + \dot{V}_N^{U2} + \dots + \dot{V}_N^{Un} \quad (2)$$

gdzie:

\dot{V}_C – całkowity strumień gazu dostarczanego do wszystkich urządzeń gazowych, m^3/h ;

\dot{V}_N^{Ux} – nominalny strumień gazu dostarczany do konkretnego urządzenia gazowego (x), m^3/h .

Problem w tym, że wyznaczony w ten sposób strumień paliwa gazowego może osiągać dość duże wartości. Szczególnie jest to widoczne w przypadku większych placówek i obiektów gastronomicznych, przy uwzględnieniu kilkunastu urządzeń gazowych. W tym miejscu zasadne jest więc zweryfikowanie uzyskiwanych wartości z wynikami rzeczywistego zużycia gazu. Warto zaznaczyć, że podana zależność (2) umożliwia jedynie obliczenie strumienia gazu zużywanego w ciągu godziny, a czas pracy tego typu obiektów jest o wiele dłuższy. Ponadto uzyskane wyniki pomiarów obejmują wartości zużywanego gazu w konkretnym interwale czasowym (dni, tygodni, miesięcy, roku). Z tego względu porównanie obliczonej wartości z rzeczywistym zużyciem gazu nie będzie zbyt miarodajną informacją. Aby zatem móc prześledzić zmienność zużycia gazu w zakładzie zbiorowego żywienia należy opracować model matematyczny. W strukturze takiego modelu trzeba uwzględnić specyfikę funkcjonowania obiektu gastronomicznego (godziny pracy, liczbę klientów, zamawianych potraw, czas ich przygotowania, liczbę dostępnych urządzeń, rodzaj ich eksploatacji itp.).

Przy opracowaniu modelu wprowadzono następujące założenia:

- frekwencja klientów stanowi 80% dostępnych miejsc konsumpcji i może zmieniać się w zakresie $\pm 20\%$,

- analizę przeprowadzono wyłącznie dla potraw przyrządzanych za pomocą urządzeń gazowych,
- wybierane przez klientów potrawy dopasowywano proporcjonalnie za pomocą metody bezpośredniej obserwacji,
- każdy dzień podzielono na konkretne cykle pracy zakładu gastronomicznego: śniadania, obiady, kolacje,
- w danym dniu serwowane są podobne dania z uwzględnieniem odpowiedniego czasu ich przygotowania (zupy dnia, dania główne),
- wszystkie potrawy dla konsumentów przygotowywane są w tym samym dniu,
- czas przygotowania niektórych potraw może przekraczać godzinę; uwzględniono przy tym ich wcześniejsze przygotowanie, zmienną liczbę konsumentów i związany z tym czas wykorzystania urządzenia gazowego,
- czas oczekiwania na danie główne nie może być dłuższy niż 45 min; w przypadku powiadomienia o konieczności zapewnienia dłuższego czasu przygotowania posiłku, konsument dokonuje wyboru innej potrawy,
- urządzenia gazowe eksploatowane są z redukcją i bez redukcji płomienia gazowych,
- zapotrzebowanie na gaz dla urządzeń gazowych nie może być większe niż wynikające z ich działania (nominalny strumień gazu).

Na podstawie powyższych założeń opracowano równania oryginalnych modeli matematycznych potrzebnych do wyznaczenia strumienia przepływu gazu.

Równanie ogólne zużycia gazu można przedstawić następująco:

$$V_M = \sum n \cdot \tau \cdot \dot{V}_N \quad (3)$$

gdzie:

V_M – zużycie gazu podczas przygotowania potraw, m^3 ;

n – liczba przygotowywanych potraw, bezwymiarowa;

τ – czas przygotowania jednej potrawy, h;

\dot{V}_N – nominalny strumień gazu dla konkretnego urządzenia, m^3/h .

W tym równaniu uwzględniono przykładową możliwość wykorzystania palnika gazowego trzonu kuchennego do smażenia na patelni 1 omeleta w ciągu 4 minut. Jeśli wymagane jest usmażenie 30 omeletów z użyciem tego samego palnika o natężeniu przepływu gazu równym $0,5 m^3/h$, to całkowite zużycie paliwa gazowego wynosi $1,0 m^3$. Czas usmaże-

nia tych potraw wynosi 2 godziny, a więc strumień przepływu gazu będzie wówczas równy $0,5 m^3/h$ i można go wyrazić następująco:

$$\dot{V}_M = V_M / \tau_C \quad (4)$$

gdzie:

τ_C – czas całkowity przygotowania potraw, h;

V_M – zużycie gazu podczas przygotowania potraw, m^3 ;

\dot{V}_M – godzinowy strumień przepływu gazu dla konkretnego urządzenia, m^3/h .

Warto podkreślić, że przy uwzględnieniu wykorzystania kilku palników gazowych, czas przygotowania może być odpowiednio krótszy z odpowiednio wyższym zużyciem gazu. Istnieją też potrawy, które podczas jednego cyklu smażenia można przygotować w odpowiednio większej liczbie. Dobrym przykładem są burgery grillowane za pomocą patelni uchyłnej. Wówczas podczas obliczeń przepływu gazu, zamiast pojedynczej potrawy należy uwzględnić liczbę potraw przyrządzanych w danym cyklu obróbki termicznej. W tym miejscu należy zauważyć, że nie wszystkie potrawy wymagają maksymalnej wydajności palnika gazowego. Istnieją bowiem urządzenia o możliwości: płynnej regulacji wysokości płomienia gazowego (trzony kuchenne, taborety grzejne), regulacji temperatury (patelnia uchylna, płyty grillowe, kotły warzelne) oraz brakiem regulacji (frytkownice, frytownice). Z tego względu wymagane jest uwzględnienie możliwości regulacji lub jej braku w równaniach modelu.

Równanie szczegółowe modelu matematycznego można przedstawić w rozbudowanej formie:

$$\begin{aligned} V_M = & n^{U(1)} f^{U(1)} \tau^{U(1)} \dot{V}_N^{U(1)} + \\ & + n^{U(2)} f^{U(2)} \tau^{U(2)} \dot{V}_N^{U(2)} + \dots + \\ & + n^{U(n)} f^{U(n)} \tau^{U(n)} \dot{V}_N^{U(n)} + \\ & + n^{U(1)} f^{U(2)} \tau^{U(1)} \dot{V}_N^{U(2)} + \\ & + n^{U(2)} f^{U(2)} \tau^{U(2)} \dot{V}_N^{U(2)} + \dots + \\ & + n^{U(2)} f^{U(2)} \tau^{U(2)} \dot{V}_N^{U(2)} + \\ & \dots + n^{U(k)} f^{U(k)} \tau^{U(k)} \dot{V}_N^{U(k)} + \\ & + n^{U(k)} f^{U(k)} \tau^{U(k)} \dot{V}_N^{U(k)} + \dots + \\ & + n^{U(k)} f^{U(k)} \tau^{U(k)} \dot{V}_N^{U(k)} \end{aligned} \quad (5)$$

gdzie:

$n^{U(x)}$ – liczba potraw wynikająca z czasu ich przygotowania (τ), użytego urządzenia (x) i wykorzystanego numeru palnika (y), bezwymiarowa;

$f^{U(x)}$ – współczynnik redukcji wysokości płomienia gazowego danego numeru palnika (y) konkretnego

- urządzenia (x), bezwymiarowy; zakres doboru 0,25–1,00,
- $\tau^{U(x,y)}$ – czas przygotowania potrawy za pomocą palnika (y) konkretnego urządzenia (x), h;
- $\dot{V}_N^{U(x,y)}$ – nominalny strumień gazu dla danego palnika konkretnego urządzenia, m³/h;
- V_M – zużycie gazu wszystkich urządzeń wykorzystywanych podczas przygotowania potraw, m³.

Po dokonaniu odpowiednich przekształceń równanie szczegółowe można przedstawić w bardziej przystępnej formie:

$$V_M = V_{M1} + V_{M2} + \dots + V_{Mn} \quad (6)$$

- V_{Mx} – zużycie gazu konkretnego urządzenia (x) wykorzystywanego podczas przygotowania potraw, m³;

Jak można zauważyć, poszczególne iloczyny równania uporządkowano w postaci równań dodatkowych modeli (6) umożliwiających określenie zużycia gazu przez konkretne urządzenia. Suma tego zużycia stanowi całkowite zużycie gazu w obiekcie gastronomicznym. Aczkolwiek w celu wyznaczenia natężenia przepływu gazu nie wolno odnosić zużycia gazu sumarycznego do całkowitego czasu przygotowania potraw, gdyż te składowe nie są ze sobą powiązane. Warto w tym miejscu posłużyć się odpowiednim przykładem działania dwóch urządzeń. Taboret grzejny o przepływie nominalnym 1,0 m³/h może być wykorzystywany przez 3 h, co odpowiada zużyciu 3 m³ paliwa gazowego. Równocześnie przez 1 godzinę, może być używana patelnia uchylna o przepływie nominalnym równym 1,0 m³/h, w wyniku czego wartość zużywanego gazu będzie równa 1 m³. Po zsumowaniu ilości zużytego gazu (4,0 m³) i odniesieniu do całkowitego czasu przygotowania potraw (4 h), strumień gazu będzie równy 1,0 m³/h, co nie jest wynikiem prawidłowym. Trzeba zaznaczyć, że te urządzenia pracowały jednocześnie, a więc wymagane jest zapotrzebowanie na gaz wynoszące 2,0 m³/h.

Z tego względu przy wyznaczeniu modelowego strumienia gazu konieczne jest określenie równoczesnego czasu działania danego urządzenia lub jego palników w odniesieniu do zużywanego paliwa gazowego. Jeśli w danym cyklu eksploatacji różne urządzenia pracowały jednocześnie, to wówczas przepływ gazu stanowi sumę składowych przepływów tych urządzeń (7) lub (8):

$$\dot{V}_M = V_{M1}/\tau_{M1} + V_{M2}/\tau_{M2} + \dots + V_{Mn}/\tau_{Mn} \quad (7)$$

$$\dot{V}_M = \dot{V}_{M1} + \dot{V}_{M2} + \dots + \dot{V}_{Mn} \quad (8)$$

gdzie:

- τ_{Mx} – czas działania danego urządzenia (x) lub jego palników, h;
- V_{Mx} – zużycie gazu urządzenia (x) lub jego palników podczas przygotowania potraw, m³;
- \dot{V}_{Mx} – zapotrzebowanie na gaz danego urządzenia (x) lub jego palników podczas przygotowania potraw, m³/h.

Jeśli placówka gastronomiczna wykazuje się zróżnicowanym charakterem pracy (w godzinach porannych – śniadania, w godzinach południowych i popołudniowych – obiady, a w godzinach wieczornych – kolacje), wówczas należy przyporządkować dodatkowe modele wykorzystania urządzeń gazowych do danej pory dnia (I – rano, II – południe, III – wieczór):

$$\dot{V}_M = (\dot{V}_{M1} + \dot{V}_{M2} + \dots + \dot{V}_{Mn})^I, \text{ lub}$$

$$\dot{V}_M = (\dot{V}_{M1} + \dot{V}_{M2} + \dots + \dot{V}_{Mn})^{II}, \text{ lub}$$

$$\dot{V}_M = (\dot{V}_{M1} + \dot{V}_{M2} + \dots + \dot{V}_{Mn})^{III} \quad (9)$$

Przy takim ujęciu problemu możliwy jest także brak wykorzystania paliwa gazowego o konkretnej porze dnia lub jego wzmożone zapotrzebowanie np. w godzinach porannych. Z tego względu przy wyznaczaniu strumienia przepływu gazu trzeba wybierać wartość maksymalną.

Powyższe równania należy wykorzystywać z uwzględnieniem warunków brzegowych:

$$n = 0 - n^{\max} \quad (10)$$

$$\tau = 0,05 - \tau^{\max} \quad (11)$$

$$f_N = 0,50 - f_N^{\max} \quad (12)$$

$$\dot{V}_N = 0 - \dot{V}_N^{\max} \quad (13)$$

gdzie:

- n^{\max} – maksymalna liczba potraw oferowanych przez placówkę gastronomiczną, bezwymiarowa; założono $n^{\max} = 1000$,
- τ^{\max} – maksymalny czas przygotowania posiłku za pomocą urządzenia gazowego, h; przyjęto $\tau^{\max} = 3$ h,
- f_N^{\max} – maksymalna wartość współczynnika redukcji wysokości płomienia gazowego palnika lub konkretnego urządzenia, bezwymiarowa; przyjęto $f_N^{\max} = 1$, założony krok zmian 0,25,
- \dot{V}_N^{\max} – maksymalne zapotrzebowanie na gaz danego urządzenia lub jego palników podczas przygotowania potraw, m³/h; przyjęto $\dot{V}_N^{\max} = 3,90$ m³/h.

Na podstawie opisanego oryginalnego modelu matematycznego napisano

program z wykorzystaniem języka *Visual Basic* umożliwiający wyznaczenie strumieni przepływu gazu oraz zużycia gazu na potrzeby przygotowania posiłków. Przed rozpoczęciem symulacji przeprowadzona zostanie walidacja programu z wykorzystaniem wyników pomiaru zużycia gazu w jednym z obiektów gastronomicznych zlokalizowanych w Polsce.

Wyniki obliczeń i walidacja modelu

W celu realizacji symulacji pracy obiektu gastronomicznego konieczne jest przeprowadzenie walidacji modelu matematycznego. Najpierw wymagane jest ustalenie podstawowych danych dotyczących funkcjonowania zakładu oraz jego wyposażenia w urządzenia gazowe.

Dane wejściowe do modelu:

- czas pracy obiektu: 12 h przez 7 dni w tygodniu, (10 h wykorzystania paliwa gazowego),
- liczba konsumentów: 80 osób (z uwzględnieniem zmiennej frekwencji 60–100 osób),
- dwa cykle serwowanych posiłków w ciągu dnia z wykorzystaniem urządzeń gazowych: śniadania (głównie rano do godzin południowych) i obiady (w godzinach popołudniowych lub wieczornych),
- rodzaj gazu: E (wysokometanowy),
- rodzaj urządzeń gazowych:
 - a) warkni do makaronu (W) wyposażony w dwa kosze do makaronu ($k1$, $k2$), moc całkowita 11,5 kW, zużycie gazu 1,31 m³/h,
 - b) trzon kuchenny gazowy 2-palnikowy (TK2) \Rightarrow 2 palniki ($p1$, $p2$) każdy o mocy 5,5 kW, moc całkowita 11,0 kW, zużycie gazu 1,26 m³/h,
 - c) trzon kuchenny gazowy 4-palnikowy (TK4) \Rightarrow 4 palniki ($p1$, $p2$, $p3$, $p4$) każdy o mocy 5,5 kW, moc całkowita 22,0 kW, zużycie gazu 2,51 m³/h,
- trzony kuchenne z możliwością regulacji wysokości płomienia gazowego.

Na podstawie przygotowanych założeń opracowano równania modelu matematycznego do wyznaczenia zużycia gazu oraz natężenia strumienia przepływu paliwa gazowego dla placówki gastronomicznej.

$$V_{M1} = n^{W(k1)} \tau^{W(k1)} \dot{V}_N^{W(k1)} + n^{W(k2)} \tau^{W(k2)} \dot{V}_N^{W(k2)} \quad (14)$$

$$V_{M2} = n^{TK2(p1)} f^{TK2(p1)} \tau^{TK2(p1)} \dot{V}_N^{TK2(p1)} + n^{TK2(p2)} f^{TK2(p2)} \tau^{TK2(p2)} \dot{V}_N^{TK2(p2)} \quad (15)$$

$$V_{M3} = n^{TK4(p1)} f^{TK4(p1)} \tau^{TK4(p1)} \dot{V}_N^{TK4(p1)} + \\ + n^{TK4(p2)} f^{TK4(p2)} \tau^{TK4(p2)} \dot{V}_N^{TK4(p2)} + \\ + n^{TK4(p3)} f^{TK4(p3)} \tau^{TK4(p3)} \dot{V}_N^{TK4(p3)} + \\ + n^{TK4(p4)} f^{TK4(p4)} \tau^{TK4(p4)} \dot{V}_N^{TK4(p4)} \quad (16)$$

Dzienne zużycie gazu będzie stanowiło sumę wartości zużycia gazu wynikającego z wykorzystania wszystkich urządzeń gazowych podczas przygotowania potraw w godzinach pracy obiektu gastronomicznego:

$$\dot{V}_M = V_{M1}/\tau_{M1} + V_{M2}/\tau_{M2} + V_{M3}/\tau_{M3} \quad (17)$$

Po uwzględnieniu dwóch rodzajów dań serwowanych w zależności od pory dnia, strumień przepływu gazu należy wyznaczyć dla dwóch przypadków (śniadania – I lub obiady – II) i na tej podstawie wybrać większą wartość.

$$\dot{V}_M = (\dot{V}_{M2} + \dot{V}_{M3})^I \text{ lub} \\ \dot{V}_M = (\dot{V}_{M1} + \dot{V}_{M2} + \dot{V}_{M3})^{II} \quad (18)$$

W celu przeprowadzenia walidacji modelu konieczne jest sporządzenie zestawienia miesięcznych odczytów wartości zużytego paliwa gazowego (tab. 4). Dla potrzeb analizy wybrano najbardziej reprezentatywne wartości z kilkunastu miesięcy. Wartości wynikające z przerw lub ograniczeń pandemicznych eksploatacji zakładu zostały zastąpione danymi pomiarowymi odpowiadających im miesięcy z lat ubiegłych.

Tab. 4. Miesięczne zużycie paliwa gazowego w modelowym obiekcie gastronomicznym
Table 4 Monthly consumption of gas fuel in a model catering facility

Okres rozliczeniowy	Zużycie gazu		Okres rozliczeniowy	Zużycie gazu	
	m ³ /mc	kWh/mc		miesiąc	m ³ /mc
Styczeń	271	2 976	Lipiec	295	3 239
Luty	266	2 921	Sierpień	253	2 778
Marzec	278	3 052	Wrzesień	269	2 954
Kwiecień	272	2 987	Październik	281	3 085
Maj	318	3 492	Listopad	254	2 789
Czerwiec	331	3 634	Grudzień	256	2 811

Na podstawie literatury przedmiotu istnieje możliwość obliczenia godzinowego przepływu gazu z wykorzystaniem wskazań gazomierzy [14]. Do tego celu należy skorzystać z metody współczynników nierównomierności czasowej.

Współczynnik nierównomierności godzinowej w cyklu dobowym można wyznaczyć z zależności:

$$k_g = \frac{\%V_d}{100\%/d} \quad (19)$$

gdzie:

V_d – maksymalny pobór paliwa gazowego w danym dniu w ciągu jednej godziny, m³;

d – liczba godzin eksploatacji urządzeń gazowych w ciągu dnia, h.

Aby móc skorzystać z zaproponowanej metody należy wyznaczyć maksymalny pobór gazu w danym dniu oraz dokonać wstępnego oszacowania w konkretnych godzinach. Podstawiając liczbę dni danego miesiąca, można wstępnie określić zużycie gazu w danym dniu (tab. 5).

Tab. 5. Maksymalne dzienne zużycie paliwa gazowego w modelowym obiekcie gastronomicznym
Table 5 Maximum daily consumption of gas fuel in a model catering facility

Okres rozliczeniowy	Zużycie gazu		Okres rozliczeniowy	Zużycie gazu	
	m ³ /mc	m ³ /d		miesiąc	m ³ /mc
Styczeń	271	8,7	Lipiec	295	9,5
Luty	266	9,5	Sierpień	253	8,2
Marzec	278	9,0	Wrzesień	269	9,0
Kwiecień	272	9,1	Październik	281	9,1
Maj	318	10,3	Listopad	254	8,5
Czerwiec	331	11,0	Grudzień	256	8,3

Tab. 6. Wstępnie oszacowane zużycie paliwa gazowego w modelowym obiekcie gastronomicznym
Table 6 Preliminary estimated consumption of gas fuel in a model catering facility

Godziny	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	SUMA
V_d , m ³	0,50	0,50	1,00	1,50	3,00	1,50	1,00	1,00	0,50	0,50	11,0
% V_d , %	4,55	4,55	9,09	13,64	27,27	13,64	9,09	9,09	4,55	4,55	100
k_g –	0,45	0,45	0,91	1,36	2,73	1,36	0,91	0,91	0,45	0,45	10,00

Jak można zauważyć, maksymalna wartość dziennego zużycia paliwa gazowego występuje w czerwcu i wynosi 11,0 m³/d. Na tej podstawie należy odpowiednio oszacować zużywane paliwo w ciągu godzin pracy obiektu.

Wyniki oszacowania przeprowadzane są na zasadzie założeń i mają umożliwić wyznaczenie wartości szczytowego poboru gazu (tab. 6, rys. 1).

Maksymalna wartość współczynnika nierównomierności godzinowej występuje o godzinie 15:00 i jest równa 2,73 (rys. 1). Na tej podstawie można wyznaczyć godzinowe szczytowe natężenie paliwa gazowego z następującej zależności:

$$\dot{V}_h = \frac{V_{od} \cdot k_g}{\tau_d \cdot \tau_{mc}} \quad (20)$$

gdzie:

V_{od} – miesięczne zużycie paliwa gazowego odczytane w danym dniu, m³;

k_g – współczynnik maksymalnej nierównomierności godzinowej, bezwymiarowy;

τ_d – czas pracy zakładu gastronomicznego, bezwymiarowy;

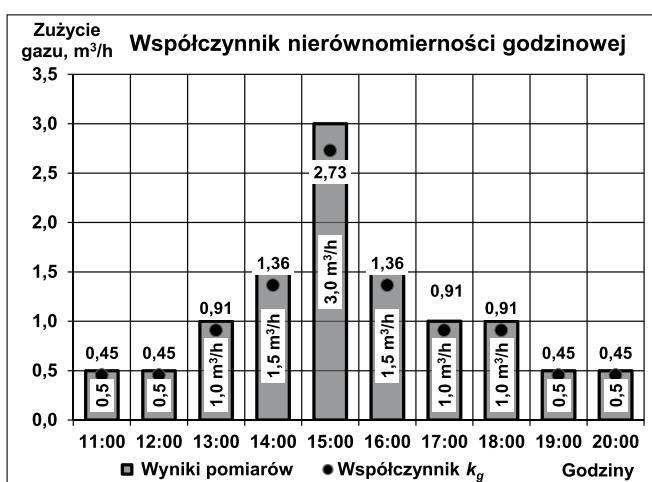
τ_{mc} – liczba dni miesiąca, w którym dokonano odczytu albo liczba dni między odczytami, bezwymiarowa.

Korzystając z przedstawionej formuły (20), można wyznaczyć maksymalny godzinowy strumień przepływu gazu odpowiadający jego zużyciu w ciągu godziny (tab. 7).

Jak można zauważyć, wyznaczony maksymalny strumień przepływu paliwa gazowego wynosi 3,0 m³/h. Skuteczność

Rys. 1. Współczynnik nierównomierności godzinowej dla rozpatrywanego obiektu gastronomicznego
Fig. 1. Hourly irregularity coefficient for the considered catering facility

Fig. 1. Hourly irregularity coefficient for the considered catering facility



Tab. 7. Maksymalne godzinowe zużycie paliwa gazowego w modelowym obiekcie gastronomicznym
 Table 7 Maximum hourly consumption of gas fuel in a model catering facility

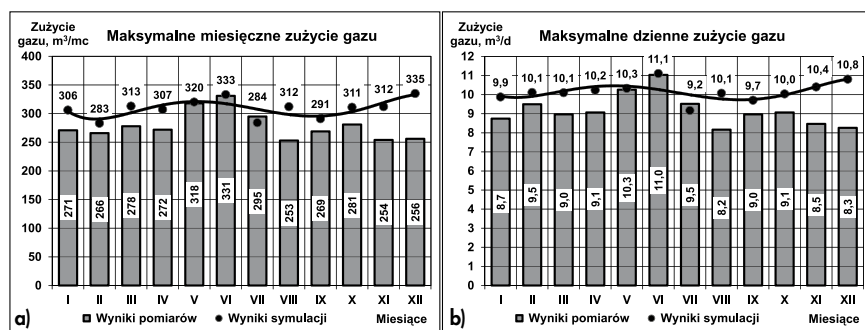
Okres rozliczeniowy	Zużycie gazu		Okres rozliczeniowy	Zużycie gazu	
	m ³ /mc	m ³ /h		m ³ /mc	m ³ /h
miesiąc			miesiąc		
Styczeń	271	2,4	Lipiec	295	2,6
Luty	266	2,6	Sierpień	253	2,2
Marzec	278	2,4	Wrzesień	269	2,4
Kwiecień	272	2,5	Październik	281	2,5
Maj	318	2,8	Listopad	254	2,3
Czerwiec	331	3,0	Grudzień	256	2,3

tej metody wynika w głównej mierze z precyzyjnego oszacowania potrzebnych wartości. Jest zupełnie wystarczająca do określenia orientacyjnego zużycia gazu. W przypadku dokładniejszego ujęcia problemu warto posłużyć się wynikami uzyskanymi za pomocą modelu. Rezultaty symulacji programu obliczeniowego porównano z danymi otrzymanymi na podstawie odczytów zużycia gazu (tab. 8).

Na podstawie rezultatów pomiarów i symulacji miesięcznego zużycia gazu można stwierdzić, że model odwzorowuje wartości z nieznacznym podwyższeniem

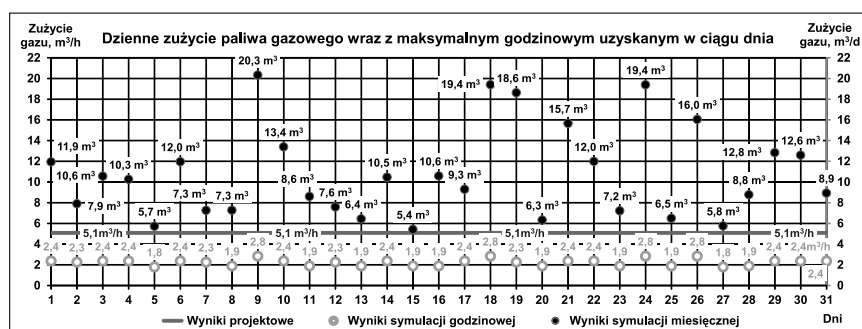
Tab. 8. Porównanie wyników symulacji modelu i rzeczywistego zużycia paliwa gazowego w obiekcie gastronomicznym
 Table 8 Comparison of results of model simulation and actual gas fuel consumption in a catering facility

Okres rozliczeniowy	Zużycie gazu			Okres rozliczeniowy	Zużycie gazu		
	model	pomiar	błąd względny		model	pomiar	błąd względny
miesiąc	m ³ /mc	m ³ /mc	%	miesiąc	m ³ /mc	m ³ /mc	%
Styczeń	306	271	13%	Lipiec	284	295	-4%
Luty	283	266	6%	Sierpień	312	253	23%
Marzec	313	278	13%	Wrzesień	291	269	8%
Kwiecień	307	272	13%	Październik	311	281	11%
Maj	320	318	1%	Listopad	312	254	23%
Czerwiec	333	331	1%	Grudzień	335	256	31%



Rys. 2. Porównanie wyników pomiarów oraz symulacji zużycia gazu w obiekcie gastronomicznym: a) miesięczne, b) codzienne
 Fig. 2. Comparison of the results of measurements and simulations of gas consumption in a catering facility: a) monthly, b) daily

(rys. 2). Istnieją także miesiące, dla których wyniki obliczeń zbliżają się do wartości rzeczywistych (maj i czerwiec). W jednym przypadku (lipiec) uzyskano wartość modelową lekko niższą niż rzeczywiste zużycie gazu. Aczkolwiek należy w tym miejscu zaznaczyć, że model wykazuje prawidłowość. Nieznacznie niższe wyniki pomiarów mogą bowiem skutkować



Rys. 3. Porównanie wyników symulacji oraz projektowego zużycia gazu w obiekcie gastronomicznym
 Fig. 3. Comparison of simulation results and design gas consumption in a catering facility

dziennego zużycia gazu powstał, jako wynik odniesienia wartości miesięcznych do przypadającej konkretnej liczby dni w miesiącu. Ten wykres ma jedynie charakter porównawczy poprawności działania modelu. Nie należy go traktować, jako rezultat symulacji dziennej, gdyż jej wynik może być zupełnie inny.

W kolejnym etapie postanowiono przedstawić wyniki porównania godzinowego

zużycia gazu. W tym celu rezultaty symulacji uzupełniono projektową wartością zapotrzebowania na gaz stanowiącą sumę nominalnego zużycia gazu przez urządzenia zainstalowane w obiekcie gastronomicznym (warnik do makaronu, trzony kuchenne: 2-palnikowy i 4-palnikowy).

Na podstawie opracowanego wykresu (rys. 3) można zauważyć, że wyniki symulacji modelowej (1,9–2,4 m³/h) są zdecydowanie niższe niż projektowe natężenie przepływu gazu (5,1 m³/h). Wynika to głównie z braku jednoczesnego wykorzystania wszystkich źródeł grzewczych dostępnych w placówce gastronomicznej oraz wyraźnie zredukowanej wysokości płomienia użytkowanych palników. Mimo to zaobserwowano występowanie wyraźnie większych wartości zużywanego gazu w ciągu dnia. Warto przy tym podkreślić, że istnieje zatem możliwość długotrwałego przygotowania niektórych potraw, co w konsekwencji przekłada się na większe zużycie paliwa gazowego. To dość istotny wniosek, który wcale nie musi wynikać ze zwiększonego godzinowego strumienia przepływu gazu. Przykładowo 10 dnia strumień przepływu gazu wynosił 2,4 m³/h, co w rezultacie pozwoliło na otrzymanie dziennego zużycia sięgającego 13,4 m³, podczas gdy w dniu 12, przepływ był bardzo podobny (2,3 m³/h), a codzienne zużycie gazu niemal połowę mniejsze (7,6 m³).

Podsumowując należy podkreślić, że opracowany model umożliwia określenie godzinowego strumienia przepływu gazu oraz jego zmienności w poszczególnych

mniejszą liczbą konsumentów, co przekłada się także na mniejszą liczbę wydawanych posiłków. Należy przy tym zaznaczyć, że wyniki pracy modelu wyraźnie oscylowały w okolicy maksymalnej wartości gazu zużywanego przez zakład gastronomiczny (rys. 2a ⇒ 331 m³ oraz rys. 2b ⇒ 11,1 m³). W tym miejscu należy zwrócić uwagę, że wykres maksymalnego

dniah i miesiącach. Na szczególną uwagę zasługuje konieczność zastosowania odpowiednich współczynników jednoczesności przy wyznaczaniu zapotrzebowania na paliwo gazowe w obiektach gastronomicznych. W rozpatrywanym zakładzie współczynnik jednoczesności wahał się w granicach 0,4–0,6.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych prac wyciągnięto następujące wnioski:

- zakładanie braku współczynników jednoczesności w zakładach gastronomicznych prowadzi do uzyskiwania zawyżonych wartości projektowego strumienia przepływu gazu,
- podczas typowej eksploatacji urządzeń gazowych w placówce gastronomicznej rzadko występuje konieczność użytkowania wszystkich urządzeń grzejnych przy pełnym wykorzystaniu płomienia gazowego,
- w celu oszacowania godzinowego przepływu gazu w obiekcie bardzo zasadne jest wykorzystanie wskazanych odczytów pozyskanych z gazomierzy,
- model matematyczny stanowi skuteczne narzędzie do obliczania przepływu godzinowego gazu, a także dziennego oraz miesięcznego zużycia tego paliwa,
- dzienne zużycie gazu może nie wynikać wprost z miesięcznej wartości i ulegać znacznej zmienności, której powodem jest niekiedy wydłużony

czas przygotowania potraw dla konsumentów.

Obecnie brak jest jednoznacznych informacji dotyczących sposobów prawidłowego wyznaczania strumieni przepływu gazu dla obiektów gastronomicznych. Wskutek tego, bardzo często przyjmowane są zasady wynikające z sumowania nominalnego zużycia gazu poszczególnych urządzeń stanowiących wyposażenie placówki gastronomicznej. Innymi słowy, zakładany jest współczynnik jednoczesności równy 1,0 dla wszystkich urządzeń gazowych. Niektóre opracowania dostępne w literaturze proponują przyjęcie współczynników jednoczesności wynoszących 0,7–0,8. Przeprowadzona analiza wykazała konieczność przyjmowania nawet niższych wartości z zakresu 0,4–0,6. Należy przy tym zaznaczyć, że otrzymane wyniki dotyczą jedynie wybranego obiektu gastronomicznego. Precyzyjne ustalenie wartości współczynników jednoczesności nadal wymaga więc dodatkowych badań i symulacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] GUS, Pojęcia stosowane w statystyce publicznej, Placówka gastronomiczna, (dostęp 08.06.2022) <https://stat.gov.pl/metainformacje/sownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej/300,pojcie.html>.
- [2] GUS, Rynek wewnętrzny w 2020 roku (Archiwum lata 2010–2020), (dostęp 08.06.2022), <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ceny-handel/handel/rynek-wewnetrzny-w-2020-roku,7,27.html>.
- [3] MYTUJEMY, Za co płacą restauratorzy? Co wchodzi w koszty prowadzenia restauracji? (dostęp 08.06.2022), <https://mytujemy.pl/>

- [4] GastroWiedza, Koszty operacyjne w działalności gastronomicznej (dostęp 08.06.2022), <https://gastrowiedza.pl/baza-wiedzy/zarzadzanie-lokalem/koszty-operacyjne-w-dzialalnosci-gastronomicznej>.
- [5] Dziedzic T., Analiza techniczno-ekonomiczna opłacalności stosowania w gastronomii urządzeń gazowych, w stosunku do urządzeń zasilanych elektrycznie, *Nafta-Gaz*, R. 67, nr 11, 2011, s. 804–811.
- [6] Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r., w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2019, poz. 1065).
- [7] Englart S., Skrzycki M., Przegląd metod obliczeniowych do wyznaczania zapotrzebowania na gaz, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, nr 1, t. 90, 2016, s. 2-7.
- [8] Jedlikowski A., Englart S., Metody obliczania zapotrzebowania na gaz w gospodarstwach domowych wyposażonych w kotły dwufunkcyjne, *Rynek Instalacyjny* nr 4, 2020, s. 48–52.
- [9] Englart S., Jedlikowski A., Porównanie metod obliczeń zapotrzebowania na gaz w instalacjach gazowych z kotłami dwufunkcyjnymi, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, nr 9, 2017, s. 350–354.
- [10] VDI 2052, Raumluftechnische Anlagen für Küchen (Ventilation equipment for kitchens).
- [11] Szymański T., Wasiluk W., Wentylacja użytkowa. Poradnik, IPPU Masta sp. z o.o., Gdańsk, 1999.
- [12] Hendiger J., Ziętek P., Chludzińska M., Wentylacja i klimatyzacja. Materiały pomocnicze do projektowania, Venture Industries sp. z o.o., Warszawa 2013.
- [13] PGNiG, Rachunek za gaz – od czego zależy i co się na niego składa? (dostęp 09.06.2022), <https://pgnig.pl/rachunek-za-gaz>.
- [14] Bąkowski K., Sieci i instalacje gazowe, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.