

OPRACOWANIE INNOWACYJNEGO URZĄDZENIA MAINBOX DO PRZECHOWYWANIA ŻYWNOŚCI

Magdalena Wróbel-Jędrzejewska, Urszula Stęplewska, Elżbieta Polak

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
im. prof. Waława Dąbrowskiego
Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Technologii i Techniki Cłódnictwa
Al. Marszałka J. Piłsudskiego 84, 92-202 Łódź

magdalena.jedrzejewska@ibprs.pl

Streszczenie

Omówiono wybrane prace zrealizowane w projekcie badawczym „Przeprowadzenie prac badawczo - rozwojowych w firmie D&K Technology mających na celu opracowanie innowacyjnego produktu MainBox, umożliwiającego odbiór artykułów spożywczych bez konieczności czekania na dostawcę”. Przedstawiono wyniki badań i analiz, które umożliwiły opracowanie i zbudowanie prototypu urządzenia (paczkomatu dla żywności), złożonego z niewielkich komór (boksów) chłodniczych i mroźniczych, zapewniających warunki temperaturowe (+5°C lub -18°C), umożliwiające przechowywanie żywności. Zapewnienie optymalnych warunków temperaturowych wewnątrz boksów (chłodniczych i mroźniczych) jest możliwe dzięki odpowiedniej konstrukcji urządzenia (materiały, instalacja chłodnicza) i prawidłowo funkcjonującym systemom (sterowania agregatami chłodniczymi, zabezpieczeń, monitoringu temperatury).

Słowa kluczowe: łańcuch chłodniczy, e-zakupy, paczkomat dla żywności, przechowywanie żywności

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE FOOD STORAGE DEVICE MAINBOX

Summary

Selected works carried out in the research project "Conducting research and development works at D&K Technology" aimed at developing an innovative MainBox product, enabling the collection of food products without having to wait for a supplier, were discussed. The results of research and analyzes were presented, which enabled the development and construction of a prototype device (food parcel locker), consisting of small cooling and

freezing chambers (boxes) ensuring temperature conditions (+5°C or -18°C), enabling food storage. Ensuring optimal temperature conditions inside the boxes (cooling and freezing) is possible thanks to the appropriate construction of the device (materials, cooling installation) and properly functioning systems (control of chillers, security, temperature monitoring).

Keywords: cold chain, e-shopping, food parcel locker, food storage

1. WSTĘP

Utrzymanie dobrej jakości płodów rolnych oraz produktów spożywczych można osiągnąć dzięki zagwarantowaniu ciągłości łańcucha chłodniczego [James, James 2010]. Natomiast ograniczanie marnotrawienia żywności, szczególnie w gospodarstwach domowych, jest możliwe poprzez racjonalne nabywanie produktów [Borrello i in. 2017]. Obecnie poszukuje się nowych kanałów dystrybucji żywności, które ułatwiłyby dostarczenie jej w odpowiednich warunkach przechowalniczych (temperatura) i w dogodnym czasie.

Z przeprowadzonych w 2018 r. badań wynikało, że co siódmy internauta regularnie nabywa produkty spożywcze w sieci. Najczęściej drogą elektroniczną kupowane były napoje, pieczywo, owoce i warzywa [Raport 2018]. Dla zapewnienia ciągłości dostaw konieczne jest opracowanie nowych rozwiązań umożliwiających swobodę dostarczania produktów przez dystrybutorów, jak i odbioru ich przez klienta, przy ograniczonym kontakcie osób trzecich. Sprawne zapewnienie społeczeństwu łatwego dostępu do żywności o dowolnej porze, jest możliwe z zastosowaniem innowacyjnego urządzenia typu paczkomat z odpowiednimi warunkami temperaturowymi wewnątrz komór.

W artykule opisano pierwszy etap prac dotyczących opracowania prototypów modułów chłodniczego i mroźniczego urządzenia (Mainbox) do przechowywania żywności, wykonanych w ramach projektu, którego wnioskodawcą była firma D&K Technology Sp. z o. o. Projekt zrealizowano w okresie od stycznia do października 2019 r. Skonstruowany produkt będzie wzmocnieniem potencjału innowacyjnego wielkopolskiego przedsiębiorstwa.

Opracowane urządzenie jest odpowiedzią na obecną potrzebę społeczeństwa. Jest właściwym rozwiązaniem na dostarczenie żywności dla konsumentów w trudnej rzeczywistości reżimu sanitarnego, spowodowanego stanem zagrożenia epidemiologicznego, dotyczącego zachorowań na COVID-19 (koronawirus). Aktualnie, potencjał rozwoju takiej formy handlu żywnością zwiększył się dzięki zapewnieniu optymalnych warunków przechowalniczych.

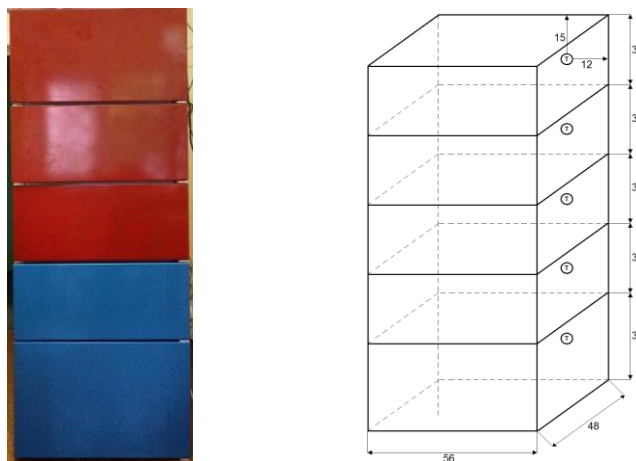
2. PROTOTYP KORPUSÓW MODUŁÓW CHŁODNICZEGO I MROŹNICZEGO

Zbudowanie prototypu korpusów modułów: chłodniczego i mroźniczego, wymagało określenia wielkości urządzenia i wyboru materiałów konstrukcyjnych, m.in. materiału izolacyjnego, uszczelnienia, materiału wyłożenia wnętrza boksów oraz opracowanie ich konstrukcji w celu wykonania ich zgodnie z przyjętymi założeniami. Urządzenie wykonano ze stali kwasoodpornej i uwzględniono w nim przestrzeń na instalację chłodniczą. Przy projektowaniu optymalnych parametrów konstrukcji korpusu uwzględniono następujące wytyczne:

- niezbędną kubaturę dla:
 - przechowywanej żywności (komory - boksy na produkty spożywcze),
 - prawidłowego rozmieszczenia instalacji układu chłodniczego,
 - oprzyrządowania pomiarowego i obsługującego system dostępu klienta do danego boksów;
- zapewnienie odprowadzenia ciepła (generowanego w skraplaczu) na zewnątrz, dla zapewnienia ochrony wnętrza przed przegrzaniem i zapewnienia poprawnej pracy układu chłodniczego;
- ochronę wrażliwych komponentów wewnętrznych przed wpływem czynników zewnętrznych, tj. wilgocią (opady atmosferyczne) i zmienną temperaturą;
- ochronę elementów instalacji chłodniczej, zainstalowanych układów (kontrolnych i pomiarowych), jak i samych boksów przed ingerencją osób trzecich (akty wandalizmu).

Uwzględnienie tych wytycznych umożliwiło optymalizację i określenie wymiarów urządzenia (modułu chłodniczego i mroźniczego) - 230 x 70 x 70 cm (rys. 1). Moduł podzielono na 5 komór (boksów) do przechowywania żywności, każdy otwierany z przodu osobnymi drzwiami. Z tyłu modułu, na całej wysokości, usytuowano wspólną komorę o głębokości ok. 5 cm, która umożliwia zasilanie każdego boksów zimnym powietrzem. Przy opracowywaniu koncepcji niezbędnych instalacji w modułach, przeanalizowano następujące aspekty:

- dobór i rozmieszczenie elementów układu chłodniczego (m. in. sprężarka, skraplacz, wentylator, kapilara, osuszacz),
 - umiejscowienie parownika oraz sposób jego odtajania,
 - sposób zasilania każdego boksów zimnym powietrzem,
- system monitoring temperatury,
- system zabezpieczeń (alarmy z powiadomieniem i blokadą otwarcia drzwi, sygnalizacja dźwiękowa zbyt długiego otwarcia drzwi).



Rysunek 1. Prototypowe urządzenie (modułu chłodniczego i mroźniczego) z wewnętrznymi wymiarami komór i rozmieszczeniem czujników temperatury *Prototype device (cooling and freezing module) with internal dimensions of chambers and arrangement of temperature sensors*

2.1 MATERIAŁ IZOLACYJNY I USZCZELNIENIE

Dobór materiału izolacyjnego wymagał określenia optymalnego współczynnika przewodzenia ciepła oraz uwzględnienia aspektów ekonomicznych i energetycznych. Właściwe uszczelnienie urządzenia zapewnia ochronę izolacji termicznej przed zawilgoceniem oraz zminimalizowanie wnikania pary wodnej do wnętrza boks. Skroplenie pary wodnej na ściankach wewnętrznych prowadzić może do pogorszenia warunków przechowalniczych oraz psucia się produktów spożywczych. Przy doborze materiału do wyłożenia wnętrza boks, uwzględniono także aspekt jego dopuszczenia do kontaktu z żywnością.

Na podstawie analizy parametrów materiałów izolacyjnych dostępnych na rynku, wybrano optymalny produkt z wymaganym współczynnikiem przewodzenia ciepła – styrodur (polistyren ekstrudowany, pianka polistyrenowa), który powstaje ze spienionego polistyrenu i składa się z małych, zamkniętych komórek, przez co zachowuje większe właściwości izolacyjne niż np. styropian [Radziszewska-Zielina 2009]. Wykonano obliczenia i analizę wpływu grubości izolacji na temperatury i warunki przechowywania oraz na koszty budowy i eksploatacji urządzenia (zużycie energii). Im mniejszy jest współczynnik przenikania ciepła, tym lepsza izolacyjność cieplna przegrody. Współczynnik przewodzenia i oporu cieplnego w modułach mroźniczym i chłodniczym, przy zastosowanej izolacji typu styrodur, w zależności od grubości, przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Współczynnik przewodzenia i oporu cieplnego w modułach mroźniczym i chłodniczym
Coefficient of thermal conductivity and resistance in freezing and cooling modules

Grubość izolacji [mm]		Umieszczenie styroduru w modułach	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m·K)]	Współczynnik oporu cieplnego [m ² ·K/W]	
w module mroźniczym	w module chłodniczym			modułu mroźniczego	modułu chłodniczego
70	60	boki	0,035	2,00	1,70
70	60	dno	0,035	2,00	1,70
50	50	tył	0,033	1,50	1,50
200	200	górze	0,036	5,50	5,50
60	60	drzwi	0,035	1,70	1,70

Następnie dobrano materiał wyłożenia wnętrza komór, spełniający wymagania do kontaktu z żywnością oraz gwarantujący odpowiednie uszczelnienie, zapewniające bezproblemowe otwieranie i zamykanie. Wyznaczono przenikalność cieplną korpusu urządzenia. Uwzględniając wszystkie przyjęte założenia oraz opracowaną konstrukcję, zbudowano prototyp korpusu modułów chłodniczego i mroźniczego.

3. WYMAGANIA DLA INSTALACJI CHŁODNICZYCH

Dla projektowanego urządzenia wybrano instalację chłodniczą na propan (R290). Właściwości tego czynnika, w świetle przepisów i prognoz Unii Europejskiej, są kluczowym argumentem do zastosowania w meblach chłodniczych komercyjnych, do których należy projektowany MainBox (paczkomat dla żywności).

Określono wydajność chłodniczą każdego z modułów, uwzględniając w nich: temperatury przechowywania +5°C i -18°C, pojemność urządzeń, ich izolację, a także przeznaczenie i umiejscowienie (warunki temperaturowe wewnątrz i na zewnątrz). Sumaryczną pojemność komór w jednym module określono na ok. 350 litrów (0,35 m³). Komercyjne meble chłodnicze posiadają najczęściej agregat o wydajności, odpowiednio dla układu chłodniczego – ok. 200 - 250 W, a dla układu mroźniczego – ok. 230 - 410 W. W ramach prac badawczych, na podstawie poboru mocy elektrycznej, wyznaczono wydajności:

- dla modułu chłodniczego 298 W, przy temperaturach: parowania -5°C, komory +2°C i otoczenia +40°C,
- dla modułu mroźniczego 410 W, przy temperaturach: parowania -25°C, komory -18°C i otoczenia +40°C.

Dostosowano instalację chłodniczą, poprzez zaprojektowanie odpowiednich zabezpieczeń (m.in. presostat, grzałka elektryczna), do zmiennych warunków środowiskowych (temperatur powietrza w zakresie od -20°C do $+35^{\circ}\text{C}$), gdyż moduły do przechowywania żywności będą montowane na zewnątrz budynków sklepowych. Presostat (czujnik pokazujący różnicę ciśnień z przekaźnikiem) utrzymuje ciśnienie w określonym zakresie na skraplaczu. Gdy ciśnienie spadnie poniżej ustalonej wartości zostanie wyłączony wentylator, a po przekroczeniu określonego ciśnienia włączony. Gdy temperatura otoczenia osiąga wartości minusowe, konieczne jest zastosowanie dodatkowej grzałki elektrycznej, która w przypadku modułu chłodniczego zabezpieczy przed spadkiem temperatury w komorach poniżej $+5^{\circ}\text{C}$, co pozwoli utrzymać w nich optymalną temperaturę przechowywania produktów.

3.1 CHARAKTERYSTYKA CZYNNIKA CHŁODNICZEGO ZASTOSOWANEGO W MODUŁACH

Począwszy od roku 2020 wszystkie urządzenia chłodnicze mogą być napełniane jedynie czynnikiem chłodniczym o niskim współczynniku tworzenia efektu cieplarnianego (GWP – Global Warming Potential). Takie wymagania spełnia propan o wskaźniku $\text{GWP}=3$ oraz zerowym potencjale niszczenia warstwy ozonowej (ODP – Ozone Deplation Potential), dzięki czemu nie wykazuje szkodliwego wpływu na środowisko [Grzebielec i in. 2017]. Jednocześnie, propan jako proekologiczny czynnik chłodniczy jest wydajnym ziębniakiem (posiada zbliżone właściwości do R22 - dwufluorochlorometanu, który jest obecnie wycofany z użycia).

Propan charakteryzuje się wysoką wydajnością energetyczną, dobrą pojemnością wolumetryczną i ma duże zakresy pracy sprężarki w porównaniu z czynnikami grupy HFC (obecnie wycofywanymi z zastosowań). Ograniczeniem w jego stosowaniu jest palność i wybuchowość. Klasyfikowany jest jako czynnik klasy bezpieczeństwa A3. Cechy te limitują jego stosowanie do małych układów chłodniczych, np. klimatyzatorów zainstalowanych na zewnątrz budynków oraz urządzeń handlowych hermetycznych i agregatów wody lodowej. Założono, że napełnienie w agregacie chłodniczym nie przekroczy 150 g propanu w celu zapewnienia bezpieczeństwa projektowanego urządzenia. Ponadto, zastosowano specjalne urządzenia elektryczne do pracy w atmosferze wybuchowej. Urządzenie MainBox jest dedykowane do działania na powietrzu w przestrzeni otwartej, co minimalizuje ryzyko powstania atmosfery wybuchowej w wypadku wycieku czynnika chłodniczego.

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono obiegi sprężarkowe jednostopniowe propanu (R290) (wykresy Moliera), odpowiednio dla modułu chłodniczego i mroźniczego. Cykl przemian termodynamicznych jakim podlega propan w instalacji jest następujący. Czynnik jako para sucha przegrzana (punkt 1) jest zasysany przez sprężarkę i następnie tłoczony od ciśnienia parowania (P_0) do skraplania (P_k), osiągając temperaturę tłoczenia (punkt 2). Następnie, gorąca para propanu jest schładzana w skraplaczu do temperatury skraplania (T_k), a po całkowitym skropleniu oraz przechłodzeniu opuszcza skraplacz, w postaci tzw. cieczy przechłodzonej (punkt 3). Ciecz ta jest rozprężana w zaworze termostatycznym (do ciśnienia parowania (P_0)) i jako para mokra (punkt 4) wpływa do parownika. Tam odparowując (przy stałym ciśnieniu (P_0)) i temperaturze parowania (T_k)) odbiera ciepło od powietrza chłodzonego oraz ulega przegrzaniu (punkt 1).

Poniżej przedstawiono dane charakterystyczne dla obiegów termodynamicznych modułu chłodniczego i mroźniczego, uwzględniając przyjęte założenia. Parametry do analizy dla modułu chłodniczego (+5°C) (rys 2.) są następujące:

- temperatura parowania: -10°C
- temperatura skraplania: +50°C
- wydajność chłodnicza: 389 W
- moc sprężarki: $P = 154$ W
- przegrzanie pary: 5 K
- przechłodzenie cieczy: 3 K

W wyniku analizy powyższych danych otrzymano:

- wydajność skraplacza: 543 W
- ciśnienie parowania: 3,45 bar
- ciśnienie skraplania: 17,085 bar
- spręż: 4,95
- różnica ciśnień: 13,635 bar
- współczynnik wydajności chłodniczej: 2,53
- temperatura tłoczenia około 65°C

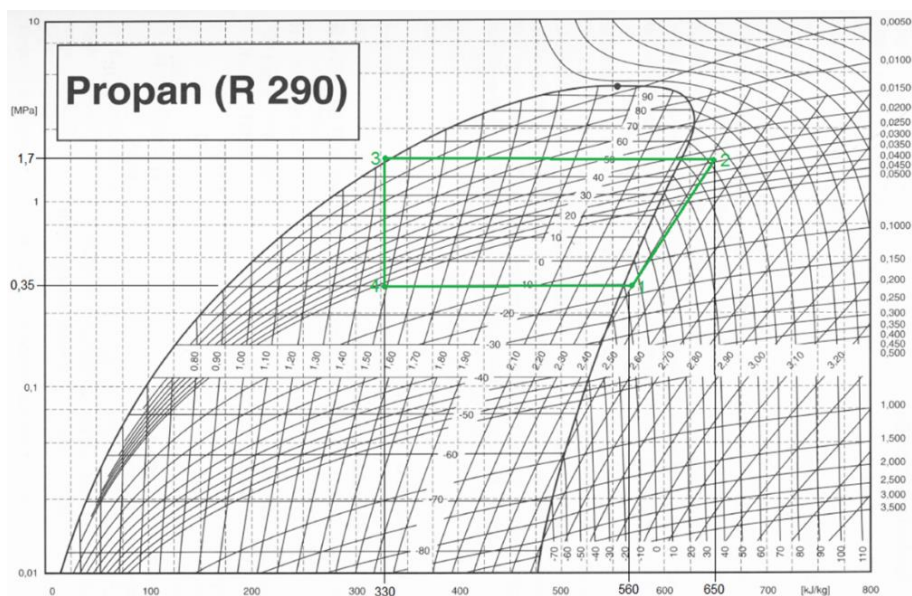
Odczytane z rysunku 3 parametry, do analizy obiegu dla modułu mroźniczego (-18°C) są następujące:

- temperatura parowania: -30°C
- temperatura skraplania: +50°C
- wydajność chłodnicza: 410 W
- moc sprężarki: $P = 314$ W

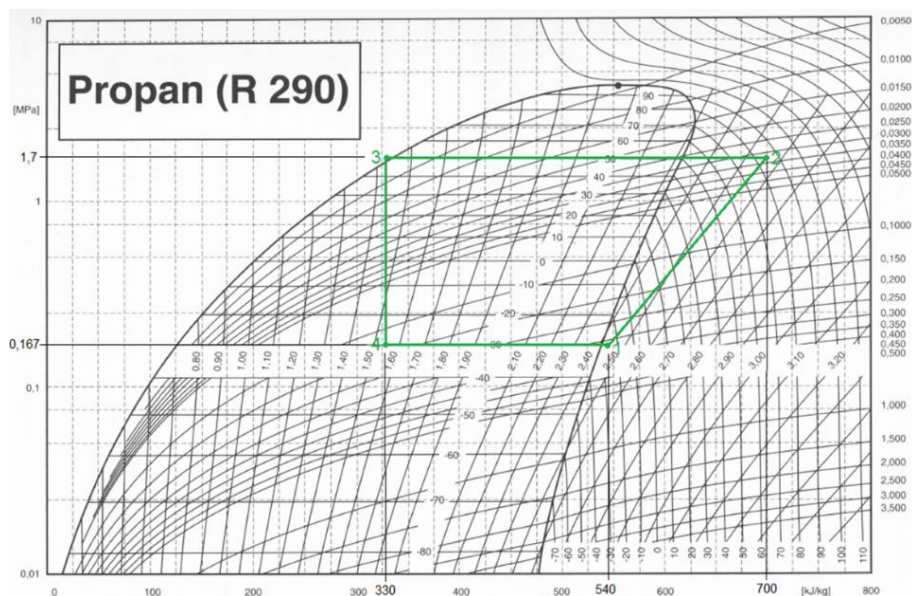
- przegrzanie pary: 5 K
- przechłodzenie cieczy: 3 K

W wyniku analizy powyższych danych otrzymano:

- wydajność skraplacza: 724 W
- ciśnienie parowania: 1,674 bar
- ciśnienie skraplania: 17,085 bar
- spręż: 10,2
- różnica ciśnień: - 15,411 bar
- współczynnik wyd. chłodniczej: 1,3
- temperatura tłoczenia około 85°C



Rysunek 2. Obieg sprężarkowy 1-stopniowy R290, moduł chłodniczy, przegrzanie 5 K, przechłodzenie 3 K, $Q_0 = 389$ W, $P = 154$ W, $t_0 = -10^\circ\text{C}$, $t_k = +50^\circ\text{C}$
R290 single stage compressor circuit, cooling module, superheat 5 K, subcooling 3 K, $Q_0 = 389$ W, $P = 154$ W, $t_0 = -10^\circ\text{C}$, $t_k = +50^\circ\text{C}$



Rysunek 3. Obieg sprężarkowy 1-stopniowy R290, moduł mroźniczy, przegrzanie 5 K, przechłodzenie 3 K, $Q_0 = 410 \text{ W}$, $P = 314 \text{ W}$, $t_0 = -30^\circ\text{C}$, $t_k = +50^\circ\text{C}$
R290 single stage compressor circuit, freezing module, superheat 5 K, subcooling 3 K, $Q_0 = 410 \text{ W}$, $P = 314 \text{ W}$, $t_0 = -30^\circ\text{C}$, $t_k = +50^\circ\text{C}$

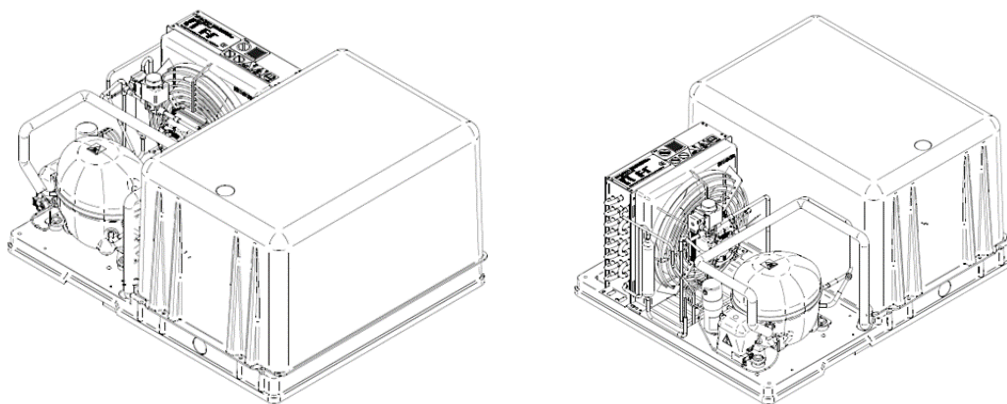
4. INSTALACJA CHŁODNICZA I JEJ USYTUOWANIE W MODUŁACH

Przy wyborze elementów instalacji chłodniczej uwzględniono założenia projektowe oraz możliwości umieszczenia ich w urządzeniu. Dobór elementów obiegu chłodniczego został zapoczątkowany koncepcją oddzielenia parownika od agregatu skraplającego. W trakcie prac uzyskano satysfakcjonującą ofertę na kompaktowe urządzenia do schładzania powietrza (monoblok), możliwe do wykorzystania w MainBox (rys. 4). Urządzenia te posiadają niezbędną certyfikację dostarczaną przez producenta. W oparciu o wytyczne Zakładu Technologii i Techniki Chłodnictwa IBPRS, na potrzeby prac projektowych i badawczych, producent dodatkowo doposażył urządzenia w presostaty zabezpieczające sprężarkę i kontrolujące ciśnienia skraplania oraz w grzałkę, która zapewnia możliwość dogrzewania modułu chłodniczego zimą.

Cały agregat chłodniczy jest zlokalizowany w górnej części modułu z wlotem powietrza do chłodzenia skraplacza usytuowanym z przodu i wylotem ciepłego w tylnej części. Takie umiejscowienie pozwala na swobodny dostęp do wszystkich elementów obiegu chłodniczego, i ułatwia obsługę serwisową. Urządzenia zastosowane dla poszczególnych modułów ($+5^\circ\text{C}$ i -20°C) składają się z następujących elementów:

- agregatu,
 - z presostatem do regulacji wentylatora skraplacza,
 - z presostatem ochronnym sprężarki HP/LP,

- z grzałką do podgrzewania – tylko dla modułu +5°C,
- grzałki elektrycznej do odszraniania 230 W,
- sterownika.



Rysunek 4. Wygląd monobloku chłodniczego i mroźniczego
Appearance of the cooling and freezing monoblock

Parowniki pracujące przy temperaturach parowania czynnika chłodniczego poniżej 0°C, zainstalowane w MainBox, powodowały wykraplanie się wilgoci z powietrza przepływającego przez wymiennik ciepła, zatem konieczne było opracowanie efektywnego systemu odszraniania. Krople wody osadzały się na lamelach parownika, a następnie zamrażając tworzyły szron. Woda w tej postaci stanowi doskonałą izolację cieplną, uniemożliwiającą wymianę ciepła, tj. blokuje chłodzenie. Chcąc temu zapobiec, zastosowano okresowe odszranianie przy pomocy grzałki elektrycznej o odpowiednio dużej mocy dla każdego z parowników, tj.: 230 W dla modułu chłodniczego i 530 W dla modułu mroźniczego.

W obydwu modułach dla każdego z boksów, zaprojektowano i wykonano system kontroli temperatury, układy zabezpieczające, automatykę i sterowanie układami chłodniczymi. Kontrola temperatury w poszczególnych boksach jest skorelowana z temperaturą powietrza powrotnego do agregatu chłodniczego, ponieważ powietrze wraca do agregatu chłodniczego wspólnym kanałem powrotnym. Jest to wartość uśredniona dla wszystkich boksów. Na podstawie odczytu tej temperatury sterownik lokalny modułu załącza i wyłącza pracę agregatu chłodniczego.

W celu ograniczenia wzrostu temperatury w poszczególnych boksach, zamontowano czujniki przy wszystkich otworach wylotowych powietrza z boksów. Jeśli temperatura powietrza powrotnego z jakiegokolwiek boksu przekroczy górną wartość zadaną, wtedy sterownik nadrzędny wymusi chłodzenie całego modułu, niezależnie od odczytu temperatury

we wspólnym kanale powrotnym. Po obniżeniu temperatury do wartości zadanej, sterownik nadrzędny zdejmie sygnał pracy wymuszonej agregatu chłodniczego i urządzenie wróci do pracy ze sterownikiem lokalnym na bazie temperatury powietrza w kanale powrotnym.

Zapewniono odpowiednią cyrkulację powietrza chłodzonego. Właściwa ilość powietrza schłodzonego dopływająca do poszczególnych boksów jest utrzymywana na odpowiedniej wartości poprzez ustawienie przysłon otworów nawiewnych lub powrotnych dla poszczególnych boksów i została zweryfikowana na etapie testowym poprzez pomiar temperatury powietrza wylotowego w poszczególnych boksach. Celem tej regulacji było uzyskanie jednakowej temperatury w każdym ze strumieni powietrza powrotnego z dokładnością $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Istotnym zagadnieniem było opracowanie optymalnego sposobu otwierania drzwi boksów. Opracowano rozwiązanie, w którym po wczytaniu właściwego kodu, blokada zamka jest znoszona i jednocześnie wyłączany agregat chłodniczy. Otwarcie drzwi powinno trwać jak najkrócej. W tym celu drzwi zaopatrzone w sygnał dźwiękowy, informujący o ich otwarciu oraz system samozamykający. Po upływie zbyt długiego czasu otwarcia drzwi, obsługa techniczna jest informowana o konieczności interwencji. Szczególne ryzyko występuje w module mroźniczym, w którym znajdujący się towar po rozmrożeniu, nie nadaje się do spożycia.

Dodatkowym problemem w module mroźniczym jest ryzyko przymarzania drzwi do obudowy z powodu pojawiania się wody lub szronu na ich krawędzi. Chcąc temu zapobiec należy na obrzeżach otworów boksów, w miejscu przylegania drzwi zamontować odpowiednią instalację grzewczą.



Rysunek 5. Urządzenie MainBox (paczkomat dla żywności) z układami chłodniczymi współpracującymi z automatyką i sterowaniem
MainBox device (food parcel locker) with cooling systems cooperating with automation and control

Rysunek 5 przedstawia urządzenie MainBox z układami chłodniczymi współpracującymi z automatyką i sterowaniem. Schładzanie boksów odbywa się poprzez nawiew schłodzonego powietrza z parownika kanałem wentylacyjnym, umieszczonym w tylnej części modułu oraz poprzez otwory nawiewne w tylnych ścianach boksów, natomiast boczne ściany boksów są zaopatrzone w kierownice powietrza. Powrót powietrza do parownika odbywa się poprzez otwory wywiewne w tylnych ścianach boksów i wspólnym kanałem powrotnym umieszczonym w tylnej części modułu (obok nawiewnego). Otwory nawiewne lub powrotne są wyposażone w elementy regulacji przepływu powietrza. Urządzenie chłodnicze schładzające powietrze jest zamontowane w górnej części modułu, co umożliwi dobre chłodzenie skraplacza i łatwy dostęp serwisowy. Takie rozwiązanie zwiększa bezpieczeństwo przeciwpożarowe na wypadek wycieku czynnika chłodniczego. Uniemożliwia także gromadzenie się czynnika w jednym miejscu, gdyż gęstość propanu jest większa od gęstości powietrza.

PODSUMOWANIE

Zapewnienie prawidłowych warunków przechowywania produktów rolno-spożywczych wymaga właściwego zaprojektowania urządzeń chłodniczych, które będą przyjazne środowisku oraz zapewnią ciągłość łańcucha chłodniczego. Przy konstrukcji urządzeń konieczne jest uwzględnienie polskich i unijnych aktów prawnych, które narzucają działania zmierzające do ograniczenia zagrożeń m. in. dziury ozonowej i efektu cieplarnianego. Zatem, stosowanie syntetycznych czynników chłodniczych (HFC) jest redukowane i dlatego, dla nowo projektowanych urządzeń dedykowane jest zastosowanie naturalnych czynników chłodniczych.

W projekcie "Przeprowadzenie prac badawczo - rozwojowych w firmie D&K Technology", Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa IBPRS w Łodzi wykonał prace badawcze, które umożliwiły skonstruowanie i zbudowanie innowacyjnego urządzenia MainBox. Produkt ten ma służyć przechowywaniu żywności w określonych warunkach temperaturowych i umożliwiać odbiór klientom zamówionych produktów spożywczych bez konieczności czekania na dostawę.

W ramach prac badawczych, na podstawie wybranych założeń oraz wytycznych, opracowano konstrukcję korpusu urządzenia uwzględniając odpowiednie materiały, uszczelnienia, wielkości komór, budowę drzwi komór, niezbędne elementy sytemu chłodzenia i odprowadzenia skroplin oraz kontrolę temperatur wraz z automatyką i sterowaniem.

W systemie chłodniczym zastosowano naturalny czynnik chłodniczy – propan.

Uwzględniając właściwości czynnika opracowano innowacyjne rozwiązania dotyczące m. in. instalacji chłodniczej, monitoringu i regulacji temperatury, systemu bezpieczeństwa, wentylacji komór do przechowywania żywności.

MainBox, skonstruowany w projekcie, umożliwia zachowanie ciągłości łańcucha chłodniczego oraz odbiór produktów spożywczych w dogodnym czasie.

Praca została wykonana w Zakładzie Technologii i Techniki Chłodnictwa IBPRS-PIB przy współpracy w projekcie badawczym pn. „Przeprowadzenie prac badawczo - rozwojowych w firmie D&K Technology, mających na celu opracowanie innowacyjnego produktu MainBox, umożliwiającego odbiór produktów spożywczych bez konieczności czekania na dostawę”, finansowana ze środków Wielkopolskiego Regionalnego Programu Operacyjnego na lata 2014-2020. Działanie 1.2.

PIŚMIENNICTWO

1. Borrello M., Caracciolo F., Lombardi A., Pascucci S., Cembalo L. (2017). Consumers' Perspective on Circular Economy Strategy for Reducing Food Waste. Sustainability 9(1), 141, 1-18 (<https://doi.org/10.3390/su9010141>)
2. Grzebielec A., Rusowicz A., Szelągowski A. (2017). Zastosowanie czynnika chłodniczego R290 (propan) w instalacjach klimatyzacyjnych typu split w aspekcie bezpieczeństwa przeciwwybuchowego. Zeszyty Naukowe SGSP 61 (1), 107-119
3. James S.J., James C. (2010). The food cold-chain and climate change. Food Research International 43, 1944-1956
4. Radziszewska-Zielina E. (2009). Analiza porównawcza parametrów materiałów termoizolacyjnych mających zastosowanie jako izolacja ścian zewnętrznych. Przegląd budowlany 4, 32-37
5. Raport „E-grocery w Polsce - zakupy spożywcze online” (2018). <https://www.wirtualnemedi.pl/arttykul/zakupy-spozywcze-w-internecie-co-kupujacy-polacy-badanie> (30.09.2020)