

Streszczenie

Chłodziarki Joule'a-Thomsona (J-T) są najprostszymi chłodziarkami pozwalającymi na osiągnięcie temperatur kriogenicznych. Jedną z kluczowych zalet chłodziarek J-T jest fakt, że nie posiadają one żadnych części ruchomych pracujących w niskich temperaturach. Dzięki temu są niezawodne, ciche oraz relatywnie tanie. Z drugiej strony charakteryzują się niską efektywnością termodynamiczną, wysoką wrażliwością na wszelkie zanieczyszczenia czynnika roboczego, a także wysokim ciśnieniem roboczym sięgającym od kilkudziesięciu do kilkuset barów. Z tego względu chłodziarki te pracują głównie w układach otwartych, tj. są zasilane gazem z butli. Jednym ze sposobów na obniżenie ciśnienia roboczego jest zastosowanie mieszaniny gazów. Pozwala to na obniżenie ciśnienia roboczego do ok. 20-30 barów, co pozwala na wykorzystanie seryjnie produkowanych, jednostopniowych sprężarek chłodniczych. Dzięki temu możliwa jest budowa prostej i stosunkowo taniej, jednostopniowej chłodziarki kriogenicznej opartej o seryjnie produkowane komponenty chłodnicze, pracującej w układzie zamkniętym.

Chłodziarki J-T zasilane mieszaninami są przedmiotem badań w wielu ośrodkach naukowych. Chłodziarki opisane w literaturze rozwijają moc chłodniczą w przedziale od kilku do około 20 W, w temperaturze od 80 do 120 K. Nie znaleziono informacji na temat jednostopniowych chłodziarek J-T zasilanych mieszaninami, które wytwarzają moc chłodniczą powyżej 50 W, w temperaturze 80-100 K.

Celem niniejszej pracy jest wykazanie, że możliwa jest budowa jednostopniowej chłodziarki kriogenicznej opartej na seryjnie produkowanych komponentach chłodniczych, rozwijającej moc chłodniczą rzędu kilkudziesięciu W, w temperaturze poniżej 100 K, przy zachowaniu sprawności egzergetycznej porównywalnej z innymi chłodziarkami kriogenicznymi, np. chłodziarką Gifforda-McMahona.

W dysertacji przedstawiony został algorytm doboru składu mieszaniny roboczej, polegający na wyznaczeniu minimalnej różnicy entalpii przy stałej temperaturze, w oparciu o równanie stanu Penga-Robinsona. Wyznaczono także sprawność egzergetyczną chłodziarki w zależności od składu mieszaniny roboczej, która wyniosła od 5 do 9%. Dokonano analizy strat egzergii w poszczególnych komponentach chłodziarki, która wykazała, że największe straty występują w wymienniku rekuperacyjnym, chłodnicy oraz sprężarce. W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych dwóch chłodziarek J-T o mocach chłodniczych wynoszących ok. 10 W oraz 80 W, w przedziale temperatur 90 – 100 K. Wyznaczone w oparciu o wyniki pomiarów sprawności egzergetyczne wyniosły odpowiednio 3,8% oraz 4,8%. Są to wartości porównywalne ze sprawnościami innych chłodziarek i wskazują na możliwość komercjalizacji chłodziarek J-T zasilanych mieszaninami. W rozprawie przeanalizowano możliwość wykorzystania chłodziarek J-T zasilanych mieszaninami w systemach rekondensacji LNG w porównaniu z chłodziarkami kaskadowymi. Stwierdzono podobne sprawności egzergetyczne obu systemów.

Dona w