

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-2-125-132>

დგუშიანი კომპრესორის ცილინდრში მაცივარი აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვის შესაძლებლობა

თამაზ მეგრელიძე	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: tmegrelidze@yahoo.com	ტექნიკური
თამაზ ისაკაძე	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: tamazisakadze@gmail.com	ტექნიკური
გივი გუგულაშვილი	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ა E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com	ტექნიკური

რეცენზენტები:

ზ. ჯაფარიძე, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

ს. სულაძე, საქართველოს მაცივარაგენტების შეგროვების და რეციკლირების ცენტრის დირექტორი

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. მაცივარი მანქანის მუშა აგენტის დუ-ლილის ტემპერატურის შემცირების ან კონდენსაციის ტემპერატურის გაზრდის შემთხვევაში მკვეთრად იზრდება შეუქცევადი თბური დანაკარგები და მნიშვნელოვნად მცირდება ციკლის შექცევადობის კოეფიციენტი. ამის თავიდან აცილების მიზნით - 30°C-დან -50°C-მდე დუღილის ტემპერატურების შემთხვევაში იყენებენ მაცივარ მანქანებს მუშა აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვით, ხოლო უფრო დაბალი ტემპერატურების შემთხვევაში გამოიყენება სამსაფეხურიანი ან კასკადური მაცივარი მანქანები.

აღნიშნული ტიპის მაცივარი დანადგარები დღეისათვის საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება. მაგრამ მიუხედავად ძირითადი ამოცანის (მაცივარი აგენტის კუმშვის ხარისხის გაზრდა) გადაწყვეტისა, ადგილი აქვს მაცივარი დანადგარის კონსტრუქციის მნიშვნელოვნად გართულებას, ლითონტევადობისა და ენერგოდანახარჯების მკვეთრად გაზრდას, რამაც განაპირობა ახალი გადაწყვეტილებების ძიება. ასეთ გადაწყვეტილებად შეიძლება ჩაითვალოს გარდნერ ვორხისის იდეის გამოყენება, რაც იძლევა ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი სამაცივრო ციკლის განხორციელების საშუალებას, თუმცა მისი მუშაობის

ტემპერატურული რეჟიმი პირდაპირპროპორციულადაა დამოკიდებული კომპრესორის გეომეტრიულ მახასიათებლებზე (ცილინდრის დიამეტრი, დგუმის სვლა, ლილვის ბრუნვის სიხშირე). ამის გამო ასეთი კომპრესორების გამოყენების სფერო საკმაოდ შეზღუდულია. ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი კუმშვის განხორციელების მიზნით ჯიშბალვის მიერ შემოთავაზებული იყო კომპრესორის ცილინდრში თხევადი მაცივარი აგენტის შეშხეფება, თუმცა ამ შემთხვევაშიც დადებითი ეფექტი მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია თხევადი მაცივარი აგენტის შეშხეფების ადგილისა და დროის ზუსტ შერჩევაზე, რაც საკმაოდ რთულია. წარმოდგენილია დგუმიანი კომპრესორის ახალი კონსტრუქცია, რომელიც უზრუნველყოფს ერთ ცილინდრში მუშა აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვის განხორციელების შესაძლებლობას. წარმოდგენილი დგუმიანი კომპრესორის ახალ კონსტრუქციაში ხორციელდება მუშა აირის კუმშვა ორ საფეხურად: მუშა ცილინდრში დგუმის ერთ მხარეს გვაქვს აირის კუმშვის პირველი საფეხური, ხოლო მეორე მხარეს - უკვე შეკუმშული აირის მეორეული კუმშვა, მათ შორის კი ხორციელდება აირის შუალედური გაცივება. ეს განაპირობებს მაცივარი დანადგარის კონსტრუქციის სიმარტივეს, ლითონტევადობისა და ენერგოდანახარჯების შემცირებას.

საკვანძო სიტყვები: დგუმიანი კომპრესორი; კუმშვის ხარისხი; მაცივარი აგენტი; მუშაობის ეფექტიანობა; სამაცივრო ციკლი.

შესავალი

დუდილის ტემპერატურის შემცირების შემთხვევაში (ან კონდენსაციის ტემპერატურის გაზრდით) მკვეთრად იზრდება მაცივარ მანქანაში გადამეტურების სიბრტყის არინებასთან და დროსელირებასთან დაკავშირებული შეუქცევადი დანაკარგები. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ სათბიერებელ ციკლში გამოვიყენებთ გადამეტურების სიბრტყის, დროსელირებისას წარმოქმნილი დანაკარგები მაინც მნიშვნელოვნად ამცირებს ციკლის შექცევადობის კოეფიციენტს. ამის გამო -30°C -დან -50°C -მდე დუდილის ტემპერატურების შემთხვევაში იყენებენ მაცივარ მანქანებს მუშა აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვით და დროსელირებას სრული ან არასრული შუალედური გაცივებით. დუდილის უფრო დაბალი ტემპერატურების შემთხვევაში გამოიყენება სამსაფეხურიანი ან კასკადური მაცივარი მანქანები.

დგუმიან კომპრესორებთან შედარებით მუშა სხეულის კუმშვის მაღალი ხარისხით ხასიათდება როტაციული, ხრახნული და სპირალური კომპრესორები, თუმცა ისინი ხასიათდება დამზადებისა და ექსპლუატაციის სირთულით, აგრეთვე დიდი თვითღირებულებით. მათთან შედარებით დგუმიან კომპრესორებს მრავალი უპირატესობა აქვთ, რომელთა შორის, უპირველეს ყოვლისა, აღსანიშნავია მარტივი კონსტრუქცია, მცირე ღირებულება და წარმოების მრავალ დარგში ძალზე ფართოდ გამოყენების პრაქტიკა. სწორედ ამიტომ, მეცნიერები და ინჟინრები ცდილობენ ახალი მუშაობის პრინციპისა და კონსტრუქციის მქონე კომპრესორების დამუშავების პარალელურად, გააუმჯობესონ დგუმიანი კომპრესორების კონსტრუქცია და გაზარდონ მათი მუშაობის ეფექტიანობა.

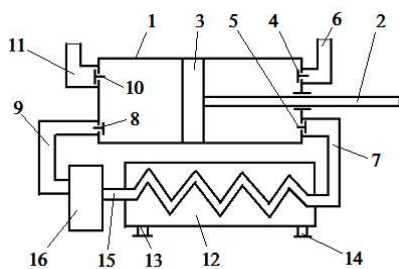
დგუშიანი ჰერმეტიკული კომპრესორებით მომუშავე საყოფაცხოვრებო, სავაჭრო და სხვა მცირე სამაცივრო დანადგარებში დაბალი ტემპერატურების (-40°C და ნაკლები) მიღების აუცილებლობამ განაპირობა ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი სამაცივრო ციკლის განხორციელების საჭიროება. აღნიშნული პრინციპით მომუშავე ერთ-ერთი ციკლი არის გარდნერ ვორხისის (აშშ) იდეის მიხედვით მომუშავე ციკლი, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: ერთცილინდრიანი არაპირდაპირი ქმედების კომპრესორი შემწოვი და დამჭირხნი მილტუჩების გარდა აღჭურვილია დამატებითი, შუალედური შემწოვი მილტუჩით, რომელიც კომპრესორის ცილინდრის ქვედა ნაწილთან მიერთებულია შემწოვი ფანჯრის გავლით. მას შემწოვი სარქველი არ გააჩნია. შემწოვი ფანჯრის ქვედა წიბო შეესაბამება დგუშის ქვედა მკვდარი წერტილის მდებარეობას. აღნიშნულ კონსტრუქციაში დგუშის ქვედა მკვდარ წერტილში მისვლისას შუალედური შემწოვი ფანჯარა მთლიანად იხსნება, რის შედეგადაც მაცივარი აგენტის შუალედური ორთქლი შედის ცილინდრში და კუმშავს იქ არსებულ ორთქლს, რაზეც კომპრესორის მიერ მუშაობის დახარჯვა უკვე აღარაა საჭირო, რადგან შუალედური წნევის პირობებში მაცივარი აგენტის ორთქლს აქვს გაცილებით მეტი კუთრი წონა და ენერგია, ვიდრე კომპრესორის ცილინდრში არსებულ ორთქლს. წარმოდგენილი ციკლი ეფექტურია და უზრუნველყოფს ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი სამაცივრო ციკლის განხორციელებას, მაგრამ მისი მუშაობის ტემპერატურული რეჟიმი პირდაპირაა დამოკიდებული კომპრესორის გეომეტრიულ მახასიათებლებზე (ცილინდრის დიამეტრი, დგუშის

სვლა, ლილვის ბრუნვის სიხშირე), რაც განაპირობებს ამ კომპრესორების საკმაოდ შეზღუდულ გამოყენებას [4].

კომპრესორის მუშაობის ეფექტიანობის გაზრდის მიზნით ჯიმზალვიოს (იტალია) მიერ 1933 წელს შემოთავაზებული იყო ერთ კომპრესორში ორსაფეხურიანი ციკლის განხორციელება მის ცილინდრში თხევადი მაცივარი აგენტის შემხეფების გზით. საორთქლებლიდან კომპრესორის ცილინდრში ჩვეულბრევად შემავალ მაცივარი აგენტის ორთქლს დამატებით მიეწოდება თხევადი მაცივარი აგენტის გარკვეული რაოდენობა, რომელიც ცილინდრში შეფრქვევის შედეგად წამიერად ორთქლდება, ახდენს დასაჭირხნი ორთქლის გაგრილებას და მუშა სხეულის ძირითად ნაწილთან ერთად ადიაბატურად იკუმშება აღნიშნულ კომპრესორში. დადებითი ეფექტი მიიღწევა დაჭირხვნის პროცესში კუმშვის მუშაობის შემცირების ხარჯზე. ასეთი სამაცივრო ციკლი იძლევა მატერიალური დანახარჯების დიდ ეკონომიას, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ აღნიშნული ეფექტი დამოკიდებულია თხევადი მაცივარი აგენტის შეფრქვევის ადგილისა და დროის ზუსტად შერჩევაზე [5].

ძირითადი ნაწილი

არსებული დგუშიანი კომპრესორების მუშაობისას წარმოქმნილი დანაკარგების შემცირებისა და ციკლის შექცევადობის კოეფიციენტის გაზრდის მიზნით დამუშავებულია დგუშიანი კომპრესორის ახალი კონსტრუქცია, რომლის პრინციპული სქემა მოცემულია სურათზე.



ორსაფეხურიანი ციკლით მომუშავე კომპრესორის პრინციპული სქემა

ორსაფეხურიანი კომპრესორი შეიცავს ცილინდრს 1, რომლის შიგნით განლაგებულია დგუში 3. დგუშზე სახსრულად მიმაგრებულია ჭოკი 2, რომელიც მას ანიჭებს წინსვლით-უკუსვლითი მოძრაობის შესაძლებლობას. დგუშის ერთი მხრიდან ცილინდრის ტორსულ კედელზე განლაგებულია შემწოვი სარქველი 4, რომელიც მოთავსებულია შემწოვი მილგაყვანილობის 6 შიგნით. ამავე კედელზე განლაგებულია დამჭირხნი სარქველი 5, რომელიც ცილინდრს აერთებს დამჭირხნი მილგაყვანილობასთან 7. ცილინდრის მოპირდაპირე ტორსულ კედელზე დგუშის 3 მეორე მხრიდან ასევე განლაგებულია შემწოვი 8 და დამჭირხნი 10 სარქველები. შემწოვი სარქველი 8 ცილინდრის შიგა მოცულობას აერთებს შემწოვ მილგაყვანილობასთან 9, ხოლო დამჭირხნი სარქველი 10 - დამჭირხნი მილგაყვანილობასთან 11. შემწოვი მილგაყვანილობა 6 მიერთებულია სამაცივრო აგრეგატის საორთქლებელთან, ხოლო დამჭირხნი მილგაყვანილობა 11 მიერთებულია სამაცივრო აგრეგატის კონდენსატორთან სურათზე პირობით ნაჩვენები არაა). ცილინდრის დამჭირხნი მილგაყვანილობა 7 მიერთებულია შუალედურ თბოგადამცემთან 12. ეს უკანასკნელი არჭურვილია გამაცივებელი სითხის (მაგალითად, წყლის) მიმწოდ 13 და გამომყვანი 14

მილყელებით. შუალედური თბოგადამცემიდან 12 მაცივარი აგენტის გამომყვანი მილი 15 დაკავშირებულია რესივერთან 16, რომელიც აღჭურვილია მაცივარი აგენტის წნევისა და ტემპერატურის საზომი და მარეგულირებელი ხელსაწყოებით. თავის მხრივ, რესივერი 16 დაკავშირებულია კომპრესორის შემწოვ მილგაყვანილობასთან 9.

მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს;

დგუშის 3 მარჯვნიდან მარცხნივ გადაადგილებისას შემწოვი მილგაყვანილობის 6 და შემწოვი სარქვლის 4 გავლით საორთქლებლიდან ხდება მაცივარი აგენტის ორთქლის შეწოვა. დგუშის მარჯვნივ გადაადგილებისას მის მარჯვნივ არსებული ორთქლი იკუმშება (კუმშვის პირველი საფეხური) და სარქვლის 5 გაღების შემდეგ მილგაყვანილობის 7 გავლით მიწოდება შუალედურ თბოგადამცემში 12. აქ მილყელების 13, 14 გავლით მოძრაობს გამაცივებელი სითხე, რაც განაპირობებს თბოგადამცემში მიწოდებული მაღალი წნევის ორთქლის გაცივებას. გაცივებული სითხე მილით 15 მიწოდება და გროვდება რესივერში 16.

დგუშის 3 მარცხნიდან მარჯვნივ გადაადგილების შემდეგ იხსნება სარქველი 8 და მაღალი წნევის, გაცივებული მუშა აგენტის ორთქლი მილგაყვანილობის 9 გავლით რესივერიდან 16 შედის კომპრესორის ცილინდრში დგუშის მეორე მხრიდან. დგუშის 3 მარჯვნიდან მარცხნივ მოძრაობის შემთხვევაში ცილინდრის მარცხენა ნაწილში არსებული მაღალი წნევის ორთქლი კიდევ უფრო მეტად იკუმშება (კუმშვის მეორე საფეხური) და გადიდებული წნევით სარქვლისა 10 და მილგაყვანილობის 11 გავლით მიწოდება სამაცივრო აგრეგატის კონდენსატორში. ამავე დროს, შემწოვი მილგაყვანილობის 6

და შემწოვი სარქვლის 4 გავლით კომპრესორის ცილინდრში ხდება საორთქლებლიდან მაცივარი აგენტის ორთქლის ახალი ულუფის შეწოვა. ამის შემდეგ პროცესი მეორდება.

ამრიგად, კომპრესორის ცილინდრში დგუშის ერთი ორმაგი სვლის პერიოდში მიმდინარეობს დგუშის ერთ მხარეს მაცივარი აგენტის შეწოვა საორთქლებლიდან, მისი დაჭირხვნა (დაჭირხვნის პირველი საფეხური), გაცივება შუალედურ თბოგადამცემში და მიწოდება რესივერში, საიდანაც გაცივებული უკვე მაღალი წნევის მაცივარი აგენტი კვლავ შეიკუმშება დგუშის უკვე მეორე მხარეს (დაჭირხვნის მეორე საფეხური) და მიეწოდება სამაცივრო დანადგარის კონდენსატორში

$$K_1 L_1 - KL = z \cdot d\theta$$

შესაბამისად, კომპრესორის წარმოდგენილი კონსტრუქცია უზრუნველყოფს კომპრესორის ერთ ცილინდრში მუშა აგენტის ორჯერ შეკუმშვას (ორსაფეხურიან კუმშვას), რაც უზრუნველყოფს მუშა

აგენტის წნევის მაღალ მნიშვნელობას. შესაბამისად, წარმოდგენილი კონსტრუქცია გვამღვეს ერთ კომპრესორში მუშა აგენტის ორსაფეხურიანი კუმშვის განხორციელების შესაძლებლობას.

დასკვნა

მუშაობის პრინციპით წარმოდგენილი მოწყობილობა ორმაგი ქმედების ტუმბოს მსგავსია. მაგრამ ტუმბო ახორციელებს მხოლოდ სითხის გადატუმბვას დგუშის და ცილინდრის ორივე მხარის გამოყენების გზით. ტუმბოსაგან განსხვავებით წარმოდგენილ მოწყობილობაში ხორციელდება მუშა აირის კუმშვა ორ საფეხურად: დგუშის ერთ მხარეს გვაქვს აირის კუმშვის პირველი საფეხური, ხოლო მეორე მხარეს - უკვე შეკუმშული აირის მეორეული კუმშვა, რაც უზრუნველყოფს კუმშვის მაღალი ხარისხის მიღების შესაძლებლობას კომპრესორის ერთ ცილინდრში. ამასთანავე, შუალედური გაცივების გარეშე მაცივარი აგენტის ასეთი ორმაგი კუმშვა პრაქტიკულად შეუძლებელი იქნებოდა.

ლიტერატურა

1. Megrelidze T., Japaridze Z., Suladze S., Gugulashvili G., Goletiani G., Tepnadze A., Kvirikashvili G., Omiadze Z. Refrigerator machines (Piston compressors). Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2009, 121 p. (in Georgian).
2. Gugulashvili G. Rotation compressors. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2008, 110 p. (in Georgian).
3. Megrelidze T., Gugulashvili G., Isakadze T. Refrigeration screw and scroll compressors. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2016, 121 p. (in Georgian).
4. Megrelidze T., Goletiani G., Isakadze T., Gugulashvili G. Refrigeration compressors. Guidelines for laboratory work. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2016, 165 p. (in Georgian).
5. Megrelidze T., Isakadze T., Gugulashvili G. Refrigerant machines. Guidelines for practical work. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". 2016, 91 p. (in Georgian).

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

Possibility of implementation of two-stage compression in the cylinder of piston compressor

- Tamaz Megrelidze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Tamaz Isakadze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Givi Gugulashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68^a M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: givi.gugulashvili@gmail.com

Reviewers:

Z. Japaridze, Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

S. Suladze, Doctor of Technical Sciences, Director of Georgian Refrigerant Recovery and Recycling Center

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Abstract. The new design of the piston compressor, which provides a possibility of implementation of two-stage compression of the working agent in one cylinder is presented. In case of reduction of boiling temperature of the working agent or increase the temperature of its condensation, irreversible thermal losses sharply increase and considerably the coefficient of reversibility of a cycle decreases. For the prevention of the given phenomenon at boiling temperatures from -300C to -500C are used two-level refrigerators, and at lower temperatures – three-stage and cascade compressors. Similar refrigerators widely are used in the refrigerating equipment. However, despite the solution of the main task (increase in extent of compression of the refrigerating agent), the specified refrigerators are characterized by complexity of a design, considerable metal consumption and high power losses. This leads to the search for new solutions. In this regard it's possible to use Gardner Voorhees' idea of providing the implementation of a two-stage refrigerating cycle in one compressor. However, temperature condition of operation of this machine proportionally depends on the compressor's geometrical indicators (diameter of the cylinder, a piston stroke, speed of rotation of a shaft). Thereof, the scope of the use of these compressors is quite narrow at this stage. In order to implement two-stage compression in one cylinder of the compressor, Dzhimbalvio offered a squeeze of a certain number of the liquid refrigerating agent in the cylinder. However, in this case the positive effect considerably depends on the accuracy of the place and the moment of a squeeze of the refrigerating agent in the cylinder that is rather difficult. In a new design of the presented piston compressor two-stage compression of working steam is carried out: in the working cylinder on the one side of the piston we have the first compression, and on the opposite

side of the piston – the second step of repeated compression of previously compressed steam is carried out. Intermediate cooling is carried out between the first and the second steps of compression. This design provides simplification of a design, reduction of metal consumption and power expenses.

Key words: Compression ratio; operating efficiency; piston compressor; refrigerant; refrigeration cycle.

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2210

Возможность осуществления двухступенчатого сжатия в цилиндре поршневого компрессора

- Тамаз Мегрелидзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Тамаз Исакадзе** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- Гиви Гугулашвили** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 68^ა
E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Рецензенты:

З. Джапаридзе, профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: zurabjaparidze@yahoo.com

С. Суладзе, Директор Центра сбора и рециклирования холодильников Грузии

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Аннотация. Представлена новая конструкция поршневого компрессора, которая обеспечивает возможность осуществления двухступенчатого сжатия рабочего агента в одном цилиндре. В случае уменьшения температуры кипения рабочего агента или увеличения температуры его конденсации, резко возрастают необратимые тепловые потери и значительно уменьшается коэффициент обратимости цикла. Для предотвращения данного явления при температурах кипения от -30°C до -50°C используют двухступенчатые холодильные машины, а при более низких температурах – трехступенчатые и каскадные. Указанные холодильные машины широко используются в холодильной технике. Однако, несмотря на решение главной задачи (увеличение степени сжатия холодильного агента), указанные холодильные машины характеризуются сложностью конструкции, значительной металлоемкостью и высокими энергетическими потерями. Данное

обстоятельство приводит к поискам новых решений. К таким решениям можно отнести использование идеи Гарднера Ворхиса, обеспечивающей осуществление двухступенчатого холодильного цикла в одном компрессоре. Однако, температурный режим работы данной машины прямо пропорционально зависит от геометрических показателей (диаметр цилиндра, ход поршня, скорость вращения вала) компрессора. Вследствие этого, область применения указанных компрессоров на данном этапе является довольно узкой. С целью осуществления двухступенчатого сжатия в одном цилиндре компрессора Джимбальвио предложил впрыскивание определенного количества жидкого холодильного агента в цилиндр. Однако, и в данном случае положительный эффект значительно зависит от точности места и момента впрыскивания холодильного агента в цилиндр, что достаточно сложно. В новой конструкции представленного поршневого компрессора осуществляется двухступенчатое сжатие рабочего пара: в рабочем цилиндре с одной стороны поршня осуществляется первое сжатие, а с противоположной стороны поршня – вторая ступень повторного сжатия предварительно сжатого пара. Между первой и второй ступенями сжатия осуществляется промежуточное охлаждение. Данная конструкция обеспечивает упрощение конструкции, уменьшение металлоемкости и энергетических затрат.

Ключевые слова: поршневой компрессор, холодильный агент, степень сжатия, эффективность работы, холодильный цикл.

განხილვის თარიღი 22.01.2019

შემოსვლის თარიღი 28.01.2019

ხელმოწერილია დასაბუჯდად 08.07.2020