

УДК 621.574

Моделирование рабочих процессов в тихоходных поршневых компрессорах компактных холодильных установок

Канд. техн. наук С. С. БУСАРОВ¹, канд. техн. наук А. В. НЕДОВЕНЧАНЫЙ,
А. А. КАПЕЛЮХОВСКАЯ

Омский государственный технический университет

¹E-mail: bssi1980@mail.ru

В работе рассмотрена проблема создания компактных холодильных машин, в которых за счет особенностей режима сжатия в компрессоре значительно снижается нагрузка на конденсатор. Проводимые ранее исследования на диоксиде углерода показали возможность работы тихоходного компрессора в области влажного пара в процессе сжатия. Накопленный опыт моделирования позволил получить данные по температуре стенки компрессора и для существующих зависимостей, описывающих процесс конденсации получить данные по работе тихоходного компрессора в холодильной машине при работе на диоксиде углерода. При этом были получены как с полной конденсацией рабочего тела, так и при отсутствии конденсации, но при температурах близких к температурам конденсации. Учитывая специфику работы тихоходных компрессоров, а именно возможность получения больших значений отношения давления к давлению нагнетания, были получены интегральные характеристики компрессора при отношении давлений в ступени равным 5,7, показавшие значительное превосходство по данному показателю перед существующими компрессорами. Дальнейшие исследования направлены на проведения экспериментальных исследований и верификации представленной модели расчета.

Ключевые слова: тихоходный компрессор, конденсация в рабочей камере, рабочий процесс, критическое давление, критическая температура, холодильная машина, конденсатор, математическая модель.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 09.08.2023, одобрена после рецензирования 18.09.2023, принята к печати 28.09.2023

DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-4-22-27

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Бусаров С. С., Недовенчаный А. В., Капелюховская А. А. Моделирование рабочих процессов в тихоходных поршневых компрессорах компактных холодильных установок. // Вестник Международной академии холода. 2023. № 4. С. 22–27. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-4-22-27

Modeling of working processes in low-speed reciprocating compressors of compact refrigeration units

Ph. D. S. S. BUSAROV¹, Ph. D. A. V. NEDOVENCHANY, A. A. KAPELYUKHOVSKAYA

Omsk State Technical University

¹E-mail: bssi1980@mail.ru

The paper concerns the problem of creating compact refrigerating machines in which, due to the peculiarities of the compression mode in the compressor, the load on the condenser is significantly reduced. Previous studies on carbon dioxide showed the possibility of a low-speed compressor operating in the area of wet steam during compression. The accumulated modeling experience allowed obtaining data on the temperature of the compressor wall and, for existing dependencies describing the condensation process, obtaining data on the operation of a low-speed compressor in a refrigeration machine when running on carbon dioxide. At the same time, they were obtained both with complete condensation of the working fluid and in the absence of condensation, but at temperatures close to condensation temperatures. Taking into account the specifics of the operation of low-speed compressors, namely the possibility of obtaining large values of the pressure-to-discharge pressure ratio, the integral characteristics of the compressor were obtained with a pressure ratio in the stage equal to 5.7, which showed a significant superiority in this indicator over existing compressors. Further research is aimed at conducting experimental studies and verifying the presented calculation model.

Keywords: low-speed compressor, condensation in the working chamber, working process, critical pressure, critical temperature, refrigerating machine, condenser, mathematical model.

Article info:

Received 09/08/2023, approved after reviewing 18/09/2023, accepted 28/09/2023

DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-4-22-27

Article in Russian

For citation:

Busarov S. S., Nedovenchany A. V., Kapeluxovskaya A. A. Modeling of working processes in low-speed reciprocating compressors of compact refrigeration units. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2023. No 4. p. 22–27. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-4--22-27

Введение

Разработка конструкций новых типов компрессоров, к которым можно отнести тихоходные поршневые машины, открывает перспективные направления их использования и применения. Проводимые ранее исследования рабочих процессов тихоходных поршневых машин показали, что за счёт конструктивных особенностей рабочей камеры (вытянутая форма цилиндра с отношением длины к диаметру более 10) и режима работы (длительное время цикла по сравнению с существующими компрессорами — несколько секунд) возможно конкурировать по массогабаритным параметрам с аналогичными многоступенчатыми компрессорами. Одним из достоинств тихоходных машин является организация в них «квазиизотермического» сжатия [1, 2], то есть при равных давлениях, если сравнивать с быстроходными компрессорами температура сжимаемого газа значительно ниже, чем в последних [1, 2]. Данное преимущество может быть использовано в холодильных парокомпрессионных машинах, с целью создания более компактных холодильных установок. Действительно, если рассмотреть цикл парокомпрессионной холодильной машины, то реализация процесса сжатия с параметрами газа, при которых высокое давление сопровождается температурой ниже критической, позволит осуществить процесс конденсации рабочего тела в камере компрессора и соответственно либо значительно снизить нагрузку на конденсатор, либо исключить его из схе-

мы холодильной машины полностью (рис. 1). Здесь видно, что при реализации условия сжатия и конденсации рабочего тела в камере компрессора цикл от привычной формы «трапеция» предположительно приобретет вид «треугольника». Совмещение сжатия и конденсации в рабочей камере компрессора приведет к исключению дополнительного теплообменника в установке и как следствие позволит снизить ее массу и габариты [3]–[5].

Рассмотрим PV -диаграмму процессов сжатия (рис. 2) по линиям 1–2 и 2–3, показанным на рис. 1.

Из рис. 2 видно, что осуществление сжатия в области влажного пара в тихоходном компрессоре позволит снизить затрачиваемую энергию: область «а» показывает снижение затрачиваемой работы из-за организации рабочего процесса близкого к изотермическому, область «б» показывает снижение затрачиваемой работы за счет конденсации рабочего тела.

Неоспоримые преимущества применения тихоходных компрессоров в холодильной технике привели к необходимости создания модели расчёта рабочего процесса с конденсацией при сжатии рабочего тела. В настоящее время данная теория не разработана ввиду отсутствия данных и экспериментального подтверждения возможности конденсации.

Поскольку есть неопределенность в описании данного процесса возможны три модели развития данного процесса.

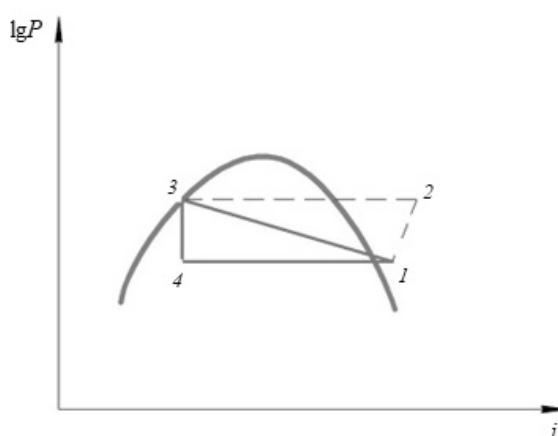


Рис. 1. Цикл холодильной машины с конденсацией рабочего тела в камере сжатия компрессора и традиционный цикл: 1–2 — сжатие; 1–3 — сжатие с конденсацией;

2–3 — конденсация; 3–4 — дросселирование; 4–1 — испарение

Fig. 1. The cycle of a refrigerating machine with condensation of the working fluid in the compressor compression chamber and the traditional cycle: 1–2 — compression; 1–3 — compression with condensation; 2–3 — condensation; 3–4 — throttling; 4–1 — evaporation

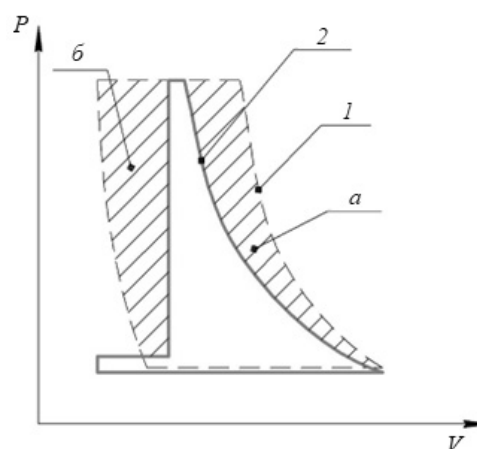


Рис. 2. Цикл холодильного компрессора:

1 — традиционный цикл;

2 — сжатие с конденсацией рабочего тела;

а, б, — области, характеризующие снижение затрачиваемой работы

Fig. 2. Refrigeration compressor cycle: 1 — traditional cycle; 2 — compression with condensation of the working fluid; a, b, — areas characterizing the reduction of work spent

Первая модель — модель конденсации в объеме пара.

Вторая модель — модель пленочной конденсации на охлаждаемых стенках цилиндра.

Третья модель — модель капельной конденсации на охлаждаемых стенках цилиндра.

Цели и задачи исследования

Поскольку авторами данной статьи ранее были проведены работы по моделированию и экспериментальному изучению процессов сжатия диоксида углерода в тихоходных компрессорах, то рабочим телом, рассмотренным ниже, будет являться — CO₂.

Отметим, что конденсация в объеме пара возникает лишь при значительном переохлаждении насыщенного пара, поэтому в данной работе данный тип конденсации не будет рассмотрен. Капельная конденсация характерна при несмачиваемой поверхности конденсации, также не будет рассматриваться в данной работе [6, 7].

Таким образом, целью работы является создание модели расчета рабочего процесса холодильного компрессора с конденсацией рабочего тела в камере сжатия.

Задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

- показать преимущество рабочего процесса в поршневом компрессоре с конденсацией рабочего тела;
- на основании существующих моделей и полученных данных при сжатии диоксида углерода создать собственную модель рабочего процесса поршневого компрессора с конденсацией рабочего тела;
- проанализировать полученные результаты.

Объект исследования и методика расчета

В представленной работе рассмотрен герметичный поршневой компрессор без подачи смазки в проточную часть. Геометрические параметры компрессора: диаметр поршня 50 мм, длина цилиндра 500 мм. Режим работы: значение полного времени цикла от двух до четырех секунд. Ступень имеет внешне охлаждение парами хладагента. Начальные условия: температура всасывания —40 °С (233 К); давление всасывания 1 МПа. Хладагент — диоксид углерода.

Методика содержит систему уравнений сосредоточенными параметрами рабочего тела [8]–[10]:

$$U_n = U_{n-1} + dU_n, \quad (1)$$

где U_{n-1} — внутренняя энергия газа в предшествующий момент времени, Дж; dU_n — текущее изменение внутренней энергии газа, Дж:

$$dU_n = dA_n - dQ_n + dm_n(i_{г,n} - i_{ж,n}), \quad (2)$$

где dQ_n — количество теплоты, отведенное от газа или подведенное к нему за время $d\tau$, Дж; dm_n — изменение массы газа в рабочей камере (сконденсировавшийся газ), кг; $i_{г,n}$ — энтальпия массы газа dm_n в предшествующий момент времени, Дж/кг; $i_{ж,n}$ — текущее значение энтальпии массы жидкости dm_n , Дж/кг; dA_n — работа, совершенная над газом (или самим газом), Дж;

$$dA_n = P_n F \cdot C \cdot d\tau, \quad (3)$$

где F — площадь поршня, м²; C — средняя скорость поршня, м/с.

Температура сжимаемой жидкости $T_{г,n}$ [8]:

$$T_{г,n} = \frac{U_n}{m_n c_{v,n}}, \quad (4)$$

$$P_n = \frac{z \cdot m_n R \cdot T_{г,n}}{V_n}, \quad (5)$$

где z — коэффициент сжимаемости жидкости; R — газовая постоянная, Дж/(К·кг); V_n — текущий объем газа, м³;

При расчете тепловых потоков между рабочим газом и внешней средой для наружных поверхностей деталей ступени использовали условный коэффициент теплоотдачи, учитывающий коэффициент теплоотдачи между потоком охлаждающей жидкости и гладкой поверхностью, а также коэффициент оребрения. Для внутренних стенок рабочей камеры коэффициент теплоотдачи до момента начала конденсации определяли по верифицированной, в ходе разработки расчетной методики, формуле [11]:

$$\alpha_n = \lambda \left(\frac{\rho}{\mu} \right)^{0,8} C^{0,8} D^{0,2}, \quad (6)$$

где λ , ρ , μ — коэффициенты теплопроводности, плотности и динамической вязкости газа, соответственно; D — диаметр цилиндра, м.

В количестве теплоты dQ_n входит два слагаемых: теплота при конденсации газа и теплота конвективного теплообмена, согласно уравнению Ньютона — Рихмана [12]:

$$dQ_k = r \cdot dm_n, \quad (7)$$

где r — удельная теплота парообразования, Дж/кг.

$$dQ_n = \sum \alpha_{ст,n} (T_{ст,n} - T_{г,n}) F_{ст,n} d\tau, \quad (8)$$

где $T_{ст,n}$ — температура элемента стенки, К; $F_{ст,n}$ — элементарная площадь, м².

Таким образом, в представленной системе уравнений остается открытым вопрос по поводу определения коэффициента теплоотдачи $\alpha_{ст,n}$ при конденсации рабочего тела в рабочей камере компрессора. Для оценки рабочего процесса воспользуемся известным уравнением [13, 14]:

$$\alpha_{ст,n} = \frac{0,024\lambda}{D} \text{Re}^a \text{Pr}^b \sqrt{1 + \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho_{п}} - 1 \right)}, \quad (9)$$

где Re — число Рейнольдса; Pr — число Прандля; λ — коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); D — определяющий размер (для горизонтальных труб — диаметр, для вертикальных — длина); a , b — коэффициенты (0,8 и 0,43, соответственно); $\rho_{ж}$, $\rho_{п}$ — плотность жидкости и пара, кг/м³.

Система уравнений дополнена уравнением Клапейрона — Клаузиуса [15]:

$$P_{ж,n} - P_n = r \rho_{ж} \left(\frac{T_{г,n} - T_{ж,n}}{T_{г,n}} \right). \quad (10)$$

Модель позволяет определять термодинамические параметры газа с учетом работы клапанов и утечек через существующие неплотности при этом моделируется нестационарный процесс теплопередачи.

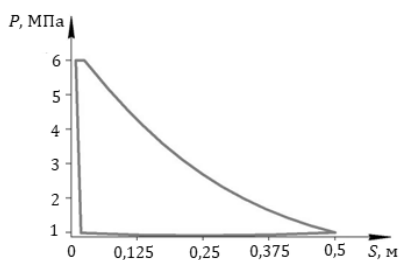


Рис. 3. Зависимость давления в рабочей камере от хода поршня при времени цикла 4 с

Fig. 3. Dependence of the pressure in the working chamber on the stroke of the piston at a cycle time of 4 s

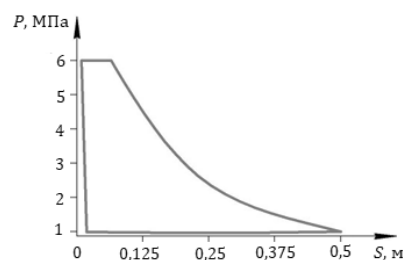


Рис. 4. Зависимость давления в рабочей камере от хода поршня при времени цикла 2 с

Fig. 4. Dependence of the pressure in the working chamber on the stroke of the piston at a cycle time of 2 s

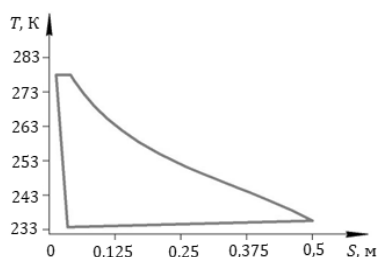


Рис. 5. Зависимость температуры в рабочей камере от хода поршня при времени цикла 4 с

Fig. 5. Dependence of the temperature in the working chamber on the stroke of the piston at a cycle time of 4 s

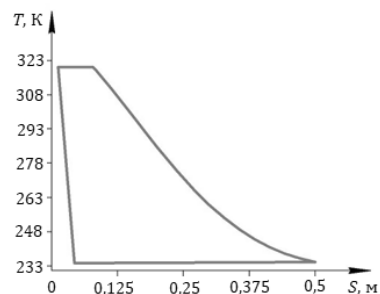


Рис. 6. Зависимость температуры в рабочей камере от хода поршня при времени цикла 2 с

Fig. 6. Dependence of the temperature in the working chamber on the stroke of the piston at a cycle time of 2 s

Упрощающие допущения, принятые для создания данной методики расчета, соответствуют общепринятым для данного класса математических моделей [16].

Результаты исследований

Результаты теоретического исследования представлены на рис. 3–6 в виде зависимостей давления и температуры в рабочей камере от хода поршня.

На графиках рис. 3, 5 представлены характеристики процесса практически при полной конденсации рабочего тела. На рис. 4, 6 — конденсации диоксида углерода не происходит в рабочей камере из-за быстроты процесса сжатия, однако сжимаемый газ близок к насыщению при давлении 5,7 МПа. Также из графиков видно, что затраченная индикаторная мощность при совмещенном процессе сжатия и конденсации меньше на 10...15%.

Выводы

Представленные результаты позволяют говорить о возможной замене существующих компрессоров в хо-

лодильной машине на тихоходные поршневые компрессоры с целью создания компактных машин, в которых значительно снижена нагрузка на конденсатор, либо он вообще исключен как элемент холодильной машины. Как показали проведенные исследования, режим работы компрессора значительно влияет на возможность конденсации рабочего тела в камере сжатия. Для характерных режимов тихоходных машин при сжатии диоксида углерода при времени цикла 4 с практически возможна полная конденсация рабочего тела в компрессоре, при времени цикла 2 с параметры хладагента близки критическим и небольшое охлаждение после компрессора позволит осуществить процесс конденсации. В любом случае выход хладагента из компрессора с температурой значительно ниже температуры, характерной при быстроходном сжатии, позволит снизить массогабаритные параметры холодильной машины. Однако необходимо провести экспериментальные исследования с целью подтверждения данной теории и верификации представленной модели, что будет осуществлено в ближайшее время.

Литература

1. Юша В. Л., Бусаров С. С. Перспективы создания малорасходных компрессорных агрегатов среднего и высокого давления на базе унифицированных тихоходных длинноходовых ступеней // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2018. Т. 24. № 4. С. 80–89. DOI: 10.18721/JEST. 24408.
2. Busarov S. S., Yusha V. L., Nedovenchanyi A. V. Experimental Evaluation of the Efficiency of Long-Stroke, Low-Speed

References

1. Yusha V. L., Busarov S. S. Prospects for creating low-flow compressor units of medium and high pressure on the basis of unified low-speed long-stroke stages. *Scientific and technical bulletin of SPbPU. Natural and engineering sciences*. 2018. Vol. 24. No. 4. pp. 80–89. DOI: 10.18721/JEST. 24408. (in Russian)
2. Busarov S. S., Yusha V. L., Nedovenchanyi A. V. Experimental Evaluation of the Efficiency of Long-Stroke, Low-Speed Reciprocating Compressor Stages in Compression of Different Gases.

- Reciprocating Compressor Stages in Compression of Different Gases // *Chemical and Petroleum Engineering*. 2018. Vol. 54 (4). Iss. 7–8. P. 593–597. DOI: 10.1007/s10556-018-0520-1.
3. Патент 2694104 Российская Федерация, МПК F25B 1/00. Холодильная машина и способ ее работы / Юша В. Л. № 2022103679, заявл. 14.02.2022; опублик. 02.02.2023. Бюл. № 4.
 4. Бусаров С. С. Оценка эффективности парокомпрессионных холодильных машинах с квазиизотермическим сжатием природных хладагентов / Бусаров С. С., Юша В. Л., Сухов Е. В. // *Казахстан-Холод 2018: сб. докл. междунар. науч.-техн. конф.* Алматы: АТУ, 2018. С. 210–215.
 5. Бусаров С. С. Теоретический анализ эффективности применения квазиизотермического сжатия природных хладагентов / Бусаров С. С., Юша В. Л., Сухов Е. В. // VIII Междунар. научн.-техн. конф. «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 15–17 ноября 2017 г.): СПб.: Университет ИТМО, 2017. С. 23–27.
 6. Строммен И., Бредесен А. М. и др. Холодильные установки, кондиционеры и тепловые насосы для XXI века // *Холодильный бизнес*. 2000. № 5. С. 8–10.
 7. Воронов В. А., Леонов В. П., Розеноер Т. М. Двухступенчатый холодильный цикл с детандером на диоксиде углерода. // *Инженерный журнал: наука и инновации*. 2013. № 1.
 8. Busarov S. S., Yusha V. L., Filkin N. Yu., Fedorova M. A., Denisenko V. V., Goncharenko A. A., Shipov V. B., Bessonov O. G. Implementing the principles of operating processes schematization and of performance losses distribution when designing long-stroke reciprocating compressor stages // 12th International Conference on Compressors and their Systems City, University of London, 6–8 September 2021, p. 1–11. DOI: 10.1088/1757–899X/1180/1/012016
 9. Chrustalev B. S., Zdalinsky V. B., Bulanov V. P. Mathematical model of reciprocating compressor with one or several stages for the real gases. // *International Compressor Engineering Conference*. 1996. P. 1108. <http://docs.lib.purdue.edu/icec/1108>.
 10. Френкель М. И. Поршневые компрессоры. Теория, конструкции и основы проектирования. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1969. 744 с.
 11. Busarov S. S., Nedovenchanyi A. V., Yusha V. L. Experimental evaluation of the efficiency of long-stroke, low-speed reciprocating compressor stages in compression of different gases. // *Chemical and Petroleum Engineering*. 2018. Vol. 54. pp 593–597.
 12. Боришанский В. М. и др. Теплоотдача к двухфазному потоку // *Теплоэнергетика*. 1969. № 5. С. 58–61.
 13. Кишалов А. Е., Зиннатуллин А. А. Математическое моделирование конденсации рабочего тела в системе отдачи тепла холодному источнику энергоустановки малой мощности. // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2019. Т. 23. № 5. С. 934–949. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2019-5-934-949>.
 14. Кишалов А. Е., Зиннатуллин А. А. Тепловой расчет горизонтального трубопровода с учетом конденсации теплоносителя // *Технические науки: теория и практика: матер. IV Междунар. науч. конф.* 2018 (г. Казань, 20–23 ноября 2018 г.). Казань: Молодой ученый, 2018. С. 27–32.
 15. Кишалов А. Е., Зиннатуллин А. А. Численное моделирование конденсации теплоносителя в горизонтальном трубопроводе // *Вестник Воронежского государственного технического университета*. 2019. Т. 15. № 2. С. 42–50. <https://doi.org/10.25987/VSTU>. 2019.15.2.005.
 16. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2018. Vol. 54 (4). Iss. 7–8. P. 593–597. DOI: 10.1007/s10556-018-0520-1.
 3. Patent 2694104 Russian Federation, IPC F25B 1/00. The refrigerating machine and the way it works / Yusha V. L. No. 2022103679, application No. 14.02.2022; publ. 02.02.2023. Byul. No. 4. (in Russian)
 4. Busarov S. S. Evaluation of the efficiency of steam compression refrigerating machines with quasi-isothermal compression of natural refrigerants / Busarov S. S., Yusha V. L., Sukhov E. V. *Kazakhstan-Kholod 2018: collection of dokl. international scientific-technical. conf.* Almaty: ATU, 2018. pp. 210–215. (in Russian)
 5. Busarov S. S. Theoretical analysis of the effectiveness of the use of quasi-isothermal compression of natural refrigerants / Busarov S. S., Yusha V. L., Sukhov E. V. VIII International Scientific and Technical Conf. «Low-temperature and food technologies in the XXI century» (St. Petersburg, November 15–17, 2017): St. Petersburg: ITMO University, 2017. pp. 23–27. (in Russian)
 6. Strommen I., Bredesen A. M. et al. Refrigeration units, air conditioners and heat pumps for the XXI century. *Refrigeration business*. 2000. No. 5. pp. 8–10. (in Russian)
 7. Voronov V. A., Leonov V. P., Rosenoer T. M. Two-stage refrigeration cycle with a carbon dioxide expander. *Engineering Journal: Science and Innovation*. 2013. No. 1. (in Russian)
 8. Busarov S. S., Yusha V. L., Filkin N. Yu., Fedorova M. A., Denisenko V. V., Goncharenko A. A., Shipov V. B., Bessonov O. G. Implementing the principles of operating processes schematization and of performance losses distribution when designing long-stroke reciprocating compressor stages. 12th International Conference on Compressors and their Systems City, University of London, 6–8 September 2021, p. 1–11. DOI: 10.1088/1757–899X/1180/1/012016
 9. Chrustalev B. S., Zdalinsky V. B., Bulanov V. P. Mathematical model of reciprocating compressor with one or several stages for the real gases. *International Compressor Engineering Conference*. 1996. P. 1108. <http://docs.lib.purdue.edu/icec/1108>.
 10. Frenkel M. I. Reciprocating compressors. Theory, constructions and fundamentals of design. 3rd ed., reprint. and additional L.: Mechanical Engineering, 1969. 744 p. (in Russian)
 11. Busarov S. S., Nedovenchanyi A. V., Yusha V. L. Experimental evaluation of the efficiency of long-stroke, low-speed reciprocating compressor stages in compression of different gases. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2018. Vol. 54. pp 593–597.
 12. Borishansky V. M. et al. Heat transfer to two-phase flow. *Thermal power engineering*. 1969. No. 5. pp. 58–61. (in Russian)
 13. Kishalov A. E., Zinnatullin A. A. Mathematical modeling of condensation of a working fluid in a heat transfer system to a cold source of a low-power power plant. *Bulletin of Irkutsk State Technical University*. 2019. Vol. 23. No. 5. pp. 934–949. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2019-5-934-949>. (in Russian)
 14. Kishalov A. E., Zinnatullin A. A. Thermal calculation of the horizontal pipeline taking into account the condensation of the coolant. *Technical sciences: theory and practice: mater. IV International Scientific Conference 2018* (Kazan, November 20–23, 2018). Kazan: Young Scientist, 2018. pp. 27–32. (in Russian)
 15. Kishalov A. E., Zinnatullin A. A. Numerical simulation of coolant condensation in a horizontal pipeline. *Bulletin of the Voronezh State Technical University*. 2019. Vol. 15. No. 2. С. 42–50. <https://doi.org/10.25987/VSTU>. 2019.15.2.005. (in Russian)

16. Малышев А. А., Малинина О. С., Калимжанов Д. Е., Сухов П. С., Куадио К. Ф. Сравнительный анализ расчета теплообмена при внутриканальном кипении хладагентов // Вестник Международной академии холода. 2020. № 1. С. 34–39.

16. Malyshev A. A., Malinina O. S., Kalimjanov D. E., Sukhov P. S., Kuadio K. F. Comparative analysis of thermal exchange calculation for refrigerants boiling in channels. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2020. No 1. p. 34–39. (in Russian)

Сведения об авторах

Бусаров Сергей Сергеевич

К. т. н., доцент кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология», Омский государственный технический университет, 644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11, bssi1980@mail.ru

Недовенчаный Алексей Васильевич

К. т. н., доцент кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология», Омский государственный технический университет, 644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11, lonewolf_rus88@mail.ru

Капелюховская Александра Александровна

Старший преподаватель кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология», Омский государственный технический университет, 644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11, shipunovaa@mail.ru

Information about authors

Busarov Sergey S.

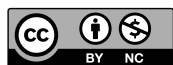
Ph. D., Associate Professor of Refrigeration and Compressor Engineering and Technology Department, Omsk State Technical University, 644050, Russia, Omsk, Mira pr., 11, bssi1980@mail.ru

Nedovenchany Aleksey V.

Ph. D., Associate Professor of Refrigeration and Compressor Engineering and Technology Department, Omsk State Technical University, 644050, Russia, Omsk, Mira pr., 11, lonewolf_rus88@mail.ru

Kapelyukhovskaya Aleksandra A.

Senior Lecturer of Refrigeration and Compressor Equipment and Technology Department, Omsk State Technical University, 644050, Russia, Omsk, Mira pr., 11, shipunovaa@mail.ru



Статья доступна по лицензии
Creative Commons «Attribution-NonCommercial»



Выставка продуктов питания и напитков

InterFood Krasnodar

23–25 апреля 2024 г.

InterFood Krasnodar – эффективная бизнес-площадка для прямого контакта производителей и поставщиков с представителями предприятий оптовой торговли, независимой и сетевой розничной торговли, а также предприятий общественного питания регионов России.

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- ✓ Мясо и птица.
- ✓ Рыбная продукция.
- ✓ Молочная продукция. Сыры.
- ✓ Бакалея. Зернопродукты. Макароны изделия.
- ✓ Кондитерская продукция. Хлебопекарная продукция.
- ✓ Безалкогольные и слабоалкогольные напитки.
- ✓ Продукты и напитки для предприятий общественного питания.
- ✓ Пиво и снековая продукция.

Организатор выставки: Компания MVK
г. Краснодар, ул. Конгрессная 1, павильон 2
Тел.: +7 (861) 200 12 34
e-mail: krasnodar@mvk.ru

Место проведения:
ВКК «Экспоград Юг»,
г. Краснодар, ул. Конгрессная, 1
<https://inter-food-su/ru-RU/>