

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ПОРШНЯ НА РАБОТУ ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕССОРА, РАБОТАЮЩЕГО В ОБЛАСТИ ВЛАЖНОГО ПАРА

Д. Х. Садвакасов, Г. И. Чернов, В. С. Евдокимов, Н. А. Райковский

Омский государственный технический университет,
Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11

В работе представлена теоретическая оценка влияния скорости движения поршня на энергетическую эффективность пароконденсационного холодильного цикла на основе сжатия в области влажного пара, реализуемого в холодильной тихоходной компрессорной ступени. В качестве рабочего тела был выбран хладагент R134a. Численный расчет рабочего процесса холодильного компрессора, работающего в области влажного пара, проведен на основе математической модели и реализован посредством использования метода Рунге–Кутты 4-ого порядка в пакете MathCad. Расчет теплоотдачи проведен по обобщенной формуле для пленочного кипения — конденсации внутри труб. На основе расчета был проведен анализ влияния скорости движения поршня на характеристики рабочего процесса компрессора, в частности, на вид его индикаторной диаграммы.

Ключевые слова: поршневая компрессорная ступень, влажный пар, процесс сжатия, математическая модель, коэффициент теплоотдачи.

Введение

Перенос процесса сжатия в холодильном цикле из области перегретого пара в область влажного пара позволит повысить энергетическую эффективность холодильной установки [1–6], а также улучшить её массогабаритные характеристики за счёт снижения размеров конденсатора. Рассмотренные ранее особенности процесса сжатия влажного пара в тихоходной длинноходовой компрессорной ступени позволяют сделать теоретическое предположение о возможности конденсации паров внутри рабочей полости [1–6]. При этом процесс конденсации пара в процессе сжатия должен осуществляться при интенсивном отводе тепла.

Особенности рабочего цикла низкоскоростного холодильного компрессора показывают, что уникальное соотношение между динамическими и конструктивными факторами позволяет осуществить сжатие с одновременной конденсацией паров хладагента. При этом рост температуры рабочего тела в камере сжатия протекает медленнее за счет снижения скорости поршня, что увеличивает время теплообмена между стенками цилиндра и холодильным агентом [7–10]. Этот фактор оказывает существенное влияние на работу компрессора и холодильной установки [1–6]. Этим определяется актуальность исследования влияния скорости движения поршня на характеристики рабочего процесса, в частности, на конфигурацию цикла.

Методика исследования

Предметом исследования является рабочий процесс холодильного низкоскоростного компрессора, работающего в области влажного пара. Как и в случае, рассмотренном в [1–6], для расчёта процесса сжатия хладагента R134a целесообразно применить математическую модель с сосредоточенными пара-

метрами при следующих упрощающих допущениях: в области влажного пара насыщенная жидкость и насыщенный пар находятся в равновесии; параметры состояния рабочего тела изменяются мгновенно и одновременно по всему объёму рабочей камеры; теплообмен между влажным паром и стенками рабочих полостей конвективный и может быть описан формулой Ньютона–Рихмана; температура стенки постоянна и одинакова по всей поверхности рабочей камеры; внешний массообмен через зазоры отсутствует, сухой насыщенный пар рассматривается как идеальный газ, коэффициент теплоотдачи между стенкой рабочей камеры и хладагентом определяется на основе обобщённого уравнения для конденсации и кипения.

В математическую модель процессов сжатия и обратного расширения входят следующие уравнения:

1) уравнение первого закона термодинамики для тела переменной массы:

$$dU = \delta Q - dL + h'' \cdot dm, \quad (1)$$

где dU — изменение внутренней энергии пара; dL — работа расширения, учитывающая как изменение объёма рабочей полости, так и изменения объёма сжимаемого пара за счет его конденсации; $h'' \cdot dm$ — изменение внутренней энергии, обусловленное массопереносом внутри контрольного объёма (фазовые переходы во влажном паре); dm — изменение массы насыщенного пара, обусловленное фазовыми переходами; δQ — суммарное количество теплоты, учитывающее фазовый и конвективный тепловые потоки;

2) уравнение Клапейрона–Клаузиуса, которое определяет соотношение между температурой и давлением в области влажного пара:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{r}{T(v'' - v')} , \quad (2)$$

где r — удельная теплота парообразования; v'' и v' — удельный объем насыщенного пара и насыщенной жидкости соответственно;

3) уравнение состояния реальных газов, которое позволяет определить взаимосвязь между параметрами состояния насыщенного пара:

$$P \cdot V = z \cdot m \cdot R \cdot T, \quad (3)$$

где m — масса сжимаемого пара (сухого или насыщенного); z — коэффициент сжимаемости [11].

В математическую модель процессов всасывания и нагнетания входят следующие уравнения:

1) первый закон термодинамики для открытой системы:

$$dU = \delta Q - dL - r \cdot dm + \sum h''_{вх} \cdot dm_{вх} - \sum h''_{вых} \cdot dm_{вых}, \quad (4)$$

где $r \cdot dm$ — изменение энергии, обусловленное массопереносом внутри контрольного объема за счет фазовых переходов; $h''_{вх}$ — удельная энтальпия насыщенного пара, входящего в рабочую полость из всасывающей или нагнетательной магистрали; $m_{вх}$ — масса газа, входящего через впускной или нагнетательный клапан; $h''_{вх} \cdot dm_{вх}$ — вносимая внутренняя энергия с входящим насыщенным паром в рабочую полость; $m_{вых}$ — масса газа, выходящего через впускной или нагнетательный клапан; $h''_{вых} \cdot dm_{вых}$ — выходящая внутренняя энергия, выносимая с выходящим насыщенным паром из рабочей полости через впускной или нагнетательный клапан.

Расход насыщенного пара в процессе всасывания и нагнетания определяется через следующее уравнение:

$$dm_{вх-вых} = \alpha \cdot \varepsilon_p \cdot f \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_0 \cdot (p_0 - p)} \cdot dt,$$

где α — коэффициент расхода, принимается равным 0,5; ε_p — коэффициент, учитывающий всасывание или нагнетание насыщенных паров через проходное сечение клапанов, принимается равным степени сухости в конце предыдущего процесса; f — площадь проходного сечения; ρ_0 и p_0 — плотность и давление пара в полости всасывания или нагнетания в начальный момент времени; p — текущее значение давления пара; dt — изменение времени.

Расчет системы дифференциальных уравнений производился с использованием метода Рунге — Кутты 4-го порядка в пакете MathCad. При реализации математической модели рассматривались следующие условия однозначности: геометрические — заданы диаметр цилиндра и ход поршня, изменение площади боковой поверхности зеркала цилиндра, изменение объема рабочей камеры поршневого компрессора; физические — заданы теплофизические свойства рабочего тела (R134a); начальные и граничные условия — заданы степень сухости, температура и давление, объем рабочей камеры, температура стенок рабочей камеры, паросодержание в начале процесса сжатия.

Результаты исследования

В качестве исходных данных были приняты следующие параметры: температура кипения холо-

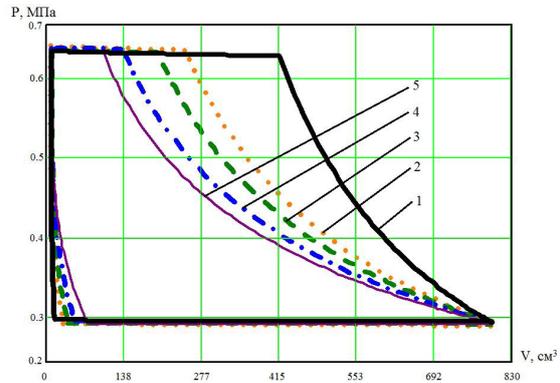


Рис. 1. P-V диаграмма рабочих процессов холодильного компрессора в области влажного пара:
1 — $C_p = 10$ м/с (1200 об/мин); 2 — $C_p = 1$ м/с (120 об/мин);
3 — $C_p = 0,667$ м/с (80 об/мин); 4 — $C_p = 0,5$ м/с (60 об/мин);
5 — $C_p = 0,25$ м/с (30 об/мин)

Fig. 1. P-V diagram of the working processes of a refrigeration compressor in the field of wet steam:

- 1 — $S_p = 10$ м/с (1200 rpm); 2 — $S_p = 1$ м/с (120 rpm);
3 — $S_p = 0,667$ м/с (80 rpm); 4 — $S_p = 0,5$ м/с (60 rpm);
5 — $S_p = 0,25$ м/с (30 rpm)

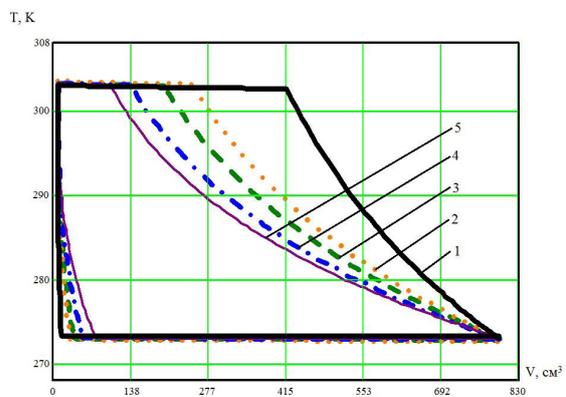


Рис. 2. T-V диаграмма рабочих процессов холодильного компрессора в области влажного пара:
1 — $C_p = 10$ м/с (1200 об/мин); 2 — $C_p = 1$ м/с (120 об/мин);
3 — $C_p = 0,667$ м/с (80 об/мин); 4 — $C_p = 0,5$ м/с (60 об/мин);
5 — $C_p = 0,25$ м/с (30 об/мин)

Fig. 2. T-V diagram of the working processes of a refrigeration compressor in the field of wet steam:

- 1 — $S_p = 10$ м/с (1200 rpm); 2 — $S_p = 1$ м/с (120 rpm);
3 — $S_p = 0,667$ м/с (80 rpm); 4 — $S_p = 0,5$ м/с (60 rpm);
5 — $S_p = 0,25$ м/с (30 rpm)

дильного цикла — 273K; температура конденсации цикла — 303 K; рабочее тело — R134a, начальная степень сухости — 0,95; диаметр цилиндра — 0,045 м; ход поршня — 0,5 м. Варьируемым параметром является скорость движения поршня C_p .

На рис. 1–3 представлены результаты расчётов, отражающие изменение параметров состояния паров R134a и его степени сухости при различной скорости движения поршня.

На рис. 4 представлены результаты расчётов, отражающие влияние скорости движения поршня на процесс сжатия в области влажного пара R134a холодильного цикла в t-S диаграмме.

Как видно из представленных результатов, скорость движения оказывает определяющее влияние на протекание рабочего процесса компрессора в области влажного пара. Так, при самой низкой скорости протекания процесса сжатия (линия 5) по сравнению с адиабатным процессом (линия 1) работа уменьшилась почти в 2 раза (рис. 1) а эф-

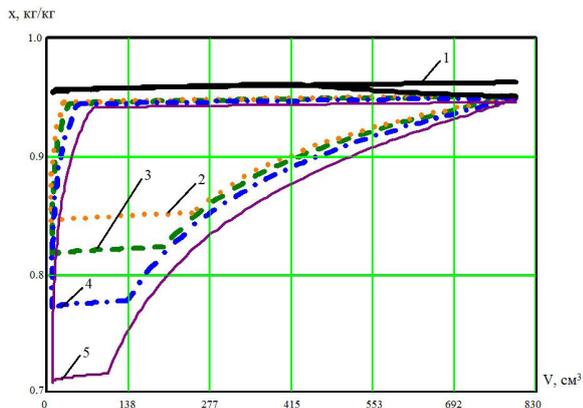


Рис. 3. x-V диаграмма процессов сжатия в области влажного пара: 1 — $C_n = 10$ м/с (1200 об/мин); 2 — $C_n = 1$ м/с (120 об/мин); 3 — $C_n = 0,667$ м/с (80 об/мин); 4 — $C_n = 0,5$ м/с (60 об/мин); 5 — $C_n = 0,25$ м/с (30 об/мин)
Fig. 3. x-V diagram of compression processes in the wet steam region:
 1 — $S_p = 10$ м/с (1200 rpm); 2 — $S_p = 1$ м/с (120 rpm); 3 — $S_p = 0,667$ м/с (80 rpm); 4 — $S_p = 0,5$ м/с (60 rpm); 5 — $S_p = 0,25$ м/с (30 rpm)

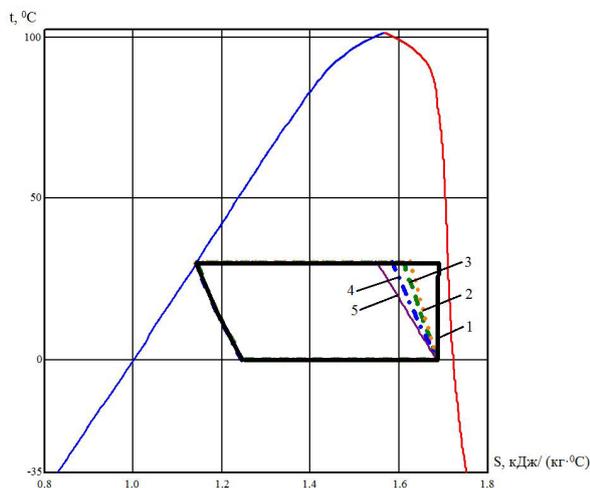


Рис. 4. Изображение на T-S диаграмме холодильного цикла со сжатием влажного пара при различных скоростях движения поршня компрессора: 1 — $C_n = 10$ м/с (1200 об/мин); 2 — $C_n = 1$ м/с (120 об/мин); 3 — $C_n = 0,667$ м/с (80 об/мин); 4 — $C_n = 0,5$ м/с (60 об/мин); 5 — $C_n = 0,25$ м/с (30 об/мин)
Fig. 4. The image on the T-S diagram of the refrigeration cycle with compression of wet steam at different speeds of the compressor piston: 1 — $S_p = 10$ м/с (1200 rpm); 2 — $S_p = 1$ м/с (120 rpm); 3 — $S_p = 0,667$ м/с (80 rpm); 4 — $S_p = 0,5$ м/с (60 rpm); 5 — $S_p = 0,25$ м/с (30 rpm)

фективность холодильного цикла выросла почти на 20 % (рис. 4).

Заключение

Полученные результаты расчётных исследований выявили существенные особенности процесса сжатия R134a в области влажного пара. Показано, что характер изменения текущих параметров состояния в рабочей камере и степени сухости R134a существенно зависят от скорости движения поршня. Снижение скорости протекания рабочего процесса позволяет увеличить содержание жидкой фазы в рабочей полости цилиндра, тем самым уменьшить

массогабаритные размеры конденсатора. Кроме того, с уменьшением скорости движения поршня за счёт интенсификации конденсации снижается работа цикла, что приводит к увеличению холодильного коэффициента установки.

Список источников

1. Yusha V. L., Chernov G. I., Sadvakasov D. H. The Efficiency Theoretical Analysis of the Ammonia Refrigeration Cycle Based on the Compression in the Wet Vapor Region // AIP Conference Proceedings. 2020. Vol. 2285. 030078. DOI: 10.1063/5.0029565. (In Engl.).
2. Yusha V. L., Chernov G. I., Sadvakasov D. H. The Analysis of the uncertainty factors influence on the mathematical modeling of ammonia compression in the wet vapor region // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2412. 030043. DOI: 10.1063/5.0076077. (In Engl.).
3. Садвакасов Д. Х., Чернов Г. И., Юша В. Л. Анализ влияния факторов неопределенности на математическое моделирование процесса сжатия аммиака в области влажного пара // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2021. Т. 5, № 3. С. 30–38. DOI: 10.25206/2588-0373-2021-5-3-30-38.
4. Садвакасов Д. Х., Чернов Г. И., Юша В. Л. Анализ влияния факторов неопределенности на математическое моделирование процесса обратного расширения аммиака в тихоходной поршневой компрессорной ступени. Часть 1 // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2022. Т. 6, № 1. С. 44–54. DOI: 10.25206/2588-0373-2022-6-1-44-54.
5. Садвакасов Д. Х., Чернов Г. И., Юша В. Л. Анализ влияния факторов неопределенности на математическое моделирование процесса обратного расширения аммиака в тихоходной поршневой компрессорной ступени. Часть 2 // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2022. Т. 6, № 2. С. 50-58. DOI: 10.25206/2588-0373-2022-6-2-50-58.
6. Садвакасов Д. Х., Чернов Г. И., Юша В. Л. Анализ влияния быстроходности аммиачной тихоходной компрессорной ступени на процессы обратного расширения и всасывания в области влажного пара // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2022. Т. 6, № 3. С. 49–57. DOI: 10.25206/2588-0373-2022-6-3-49-57.
7. Yusha V. L., Karagusov V. I., Busarov S. S. Modeling the work processes of slow-speed, long-stroke piston compressors // Chemical and Petroleum Engineering. 2015. Vol. 51, Issue 3. P. 177–182. DOI: 10.1007/s10556-015-0020-5.
8. Yusha V. L., Den'gin V. G., Busarov S. S., Nedovenchanyj A. V., Gromov A. Yu. The estimation of thermal conditions of highly-cooled long-stroke stages in reciprocating compressors // Procedia Engineering. 2015. Vol. 113. P. 264–269. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.333.
9. Yusha V. L., Busarov S. S., Gromov A. Y. Assessment of the Prospects of Development of Medium-Pressure Single-Stage Piston Compressor Units // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. Vol. 53 (7-8). P. 453–458. DOI: 10.1007/s10556-017-0362-2.
10. Yusha V. L., Busarov S. S., Nedovenchanyj A. V. Assessment of the relationship between the law of motion of the slow-speed long-stroke stage piston and the characteristics of the compressor unit drive // Oil and Gas Engineering (OGE-2019): AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2141 (1). 030004. DOI: 10.1063/1.5122054.
11. CoolPack: программный комплекс для расчётов и построения моделей холодильных систем. URL: <https://soft.mydiv.net/win/files-CoolPack.html> (дата обращения 02.11.2022).

САДВАКАСОВ Даурен Хайринович, ассистент кафедры «Холодильная и компрессорная техника

и технология» Омского государственного технического университета (ОмГТУ), г. Омск.

SPIN-код: 5444-8510

AuthorID (РИНЦ): 1013658

AuthorID (SCOPUS): 57191039081

Адрес для переписки: dkhsadvakasov@omgtu.ru

ЧЕРНОВ Герман Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 2144-5462

AuthorID (РИНЦ): 176943

AuthorID (SCOPUS): 56503369900

Адрес для переписки: gi_chernov2002@mail.ru

ЕВДОКИМОВ Владимир Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 4909-8054

AuthorID (РИНЦ): 700336

AuthorID (SCOPUS): 56503145300

Адрес для переписки: omgtu_evdokimov@mail.ru

РАЙКОВСКИЙ Николай Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 9140-9356

AuthorID (РИНЦ): 684470

AuthorID (SCOPUS): 57190974742

Адрес для переписки: n_raykovskiy@mail.ru

Для цитирования

Садвакасов Д. Х., Чернов Г. И., Евдокимов В. С., Райковский Н. А. Анализ влияния скорости поршня на работу холодильного компрессора, работающего в области влажного пара // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2022. Т. 6, № 4. С. 26–31. DOI: 10.25206/2588-0373-2022-6-4-26-31.

Статья поступила в редакцию 03.11.2022 г.

© Д. Х. Садвакасов, Г. И. Чернов, В. С. Евдокимов, Н. А. Райковский

THE ANALYSIS OF THE EFFECT OF PISTON SPEED ON THE OPERATION OF A REFRIGERATION COMPRESSOR OPERATING IN THE AREA OF WET STEAM

D. Kh. Sadvakasov, G. I. Chernov, V. S. Evdokimov, N. A. Raykovskiy

Omsk State Technical University,
Russia, Omsk, Mira Ave., 11, 644050

The paper presents a theoretical assessment of the effect of the piston speed on the energy efficiency of a steam compression refrigeration cycle based on compression in the area of wet steam, implemented in a low-speed refrigeration compressor stage. The refrigerant R134a was chosen as the working fluid. The numerical calculation of the working process of a refrigeration compressor operating in the field of wet steam was carried out on the basis of a mathematical model and implemented using the Runge–Kutta method of the 4th order in the MathCad package. The calculation of heat transfer was carried out according to the generalized formula for film boiling — condensation inside the pipes. Based on the calculation, the analysis of the effect of the piston speed on the characteristics of the compressor workflow, in particular, on the appearance of its indicator diagram, was carried out.

Keywords: piston compressor stage, wet steam, compression process, mathematical model, heat transfer coefficient.

References

1. Yusha V. L., Chernov G. I., Sadvakasov D. H. The Efficiency Theoretical Analysis of the Ammonia Refrigeration Cycle Based on the Compression in the Wet Vapor Region // AIP Conference Proceedings. 2020. Vol. 2285. 030078. DOI: 10.1063/5.0029565. (In Engl.).
2. Yusha V. L., Chernov G. I., Sadvakasov D. H. The Analysis of the uncertainty factors influence on the mathematical modeling of ammonia compression in the wet vapor region // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2412. 030043. DOI: 10.1063/5.0076077. (In Engl.).
3. Sadvakasov D. Kh., Chernov G. I., Yusha V. L. Analiz vliyaniya faktorov neopredelennosti na matematicheskoye modelirovaniye protsessa szhatiya ammiaka v oblasti vlazhnogo para [The analysis of uncertainty factors influence on mathematical modeling of ammonia compression in wet vapor area] // Omskiy nauchnyy vestnik. Ser. Aviatsonno-raketnoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. *Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2021. Vol. 5, no. 3. P. 30-38. DOI: 10.25206/2588-0373-2021-5-3-30-38. (In Russ.).
4. Sadvakasov D. Kh., Chernov G. I., Yusha V. L. Analiz vliyaniya faktorov neopredelennosti na matematicheskoye modelirovaniye protsessa obratnogo rasshireniya ammiaka v tikhokhodnoy porshnevoy kompressornoy stupeni. Chast' 1 [The analysis of influence of uncertainty factors on mathematical modeling of process of reverse expansion of ammonia in low-speed reciprocating compressor stage. Part 1] // Omskiy nauchnyy vestnik. Ser. Aviatsonno-raketnoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. *Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2022. Vol. 6, no. 1. P. 44–54. DOI: 10.25206/2588-0373-2022-6-1-44-54. (In Russ.).
5. Sadvakasov D. Kh., Chernov G. I., Yusha V. L. Analiz vliyaniya faktorov neopredelennosti na matematicheskoye modelirovaniye protsessa obratnogo rasshireniya ammiaka v tikhokhodnoy porshnevoy kompressornoy stupeni. Chast' 2 [The analysis of influence of uncertainty factors on mathematical modeling of process of reverse expansion of ammonia in low-speed reciprocating compressor stage. Part 2] // Omskiy nauchnyy vestnik. Ser. Aviatsonno-raketnoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. *Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2022. Vol. 6, no. 2. P. 50–58. DOI: 10.25206/2588-0373-2022-6-2-50-58. (In Russ.).
6. Sadvakasov D. Kh., Chernov G. I., Yusha V. L. Analiz vliyaniya bystrokhodnosti ammiachnoy tikhokhodnoy kompressornoy stupeni na protsessy obratnogo rasshireniya i vsasyvaniya v oblasti vlazhnogo para [The analysis of the effect of high-speed ammonia low-speed compressor stage on the processes of reverse expansion and suction in wet steam region] // Omskiy nauchnyy vestnik. Ser. Aviatsonno-raketnoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. *Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2022. Vol. 6, no. 3. P. 49–57. DOI: 10.25206/2588-0373-2022-6-3-49-57. (In Russ.).
7. Yusha V. L., Karagusov V. I., Busarov S. S. Modeling the work processes of slow-speed, long-stroke piston compressors // Chemical and Petroleum Engineering. 2015. Vol. 51, Issue 3. P. 177–182. DOI: 10.1007/s10556-015-0020-5. (In Engl.).
8. Yusha V. L., Den'gin V. G., Busarov S. S., Nedovenchanyj A. V., Gromov A. Yu. The estimation of thermal conditions of highly-cooled long-stroke stages in reciprocating compressors // Procedia Engineering. 2015. Vol. 113. P. 264–269. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.333. (In Engl.).
9. Yusha V. L., Busarov S. S., Gromov A. Y. Assessment of the Prospects of Development of Medium-Pressure Single-Stage Piston Compressor Units // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. Vol. 53 (7-8). P. 453–458. DOI: 10.1007/s10556-017-0362-2. (In Engl.).
10. Yusha V. L., Busarov S. S., Nedovenchanyj A. V. Assessment of the relationship between the law of motion of the slow-speed long-stroke stage piston and the characteristics of the compressor unit drive // Oil and Gas Engineering (OGE-2019): AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2141 (1). 030004. DOI: 10.1063/1.5122054. (In Engl.).
11. CoolPack: software package for calculations and building models of refrigeration systems. URL: <https://soft.mydiv.net/win/files-CoolPack.html> (accessed: 02.11.2022). (In Russ.).

SADVAKASOV Dauren Khayrinasovich, Assistant of Refrigeration and Compressor Equipment and Technology Department, Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk.
SPIN-code: 5444-8510

AuthorID (RSCI): 1013658
AuthorID (SCOPUS): 57191039081
Correspondence address: dkhsadvakasov@omgtu.ru
CHERNOV German Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Refrigeration and Compressor Equipment and Technology Department, OmSTU, Omsk.
SPIN-code: 2144-5462
AuthorID (RSCI): 176943
AuthorID (SCOPUS): 56503369900
Correspondence address: gj_chernov2002@mail.ru
EVDOKIMOV Vladimir Sergeevich, Senior Lecturer of Refrigeration and Compressor Equipment and Technology Department, OmSTU, Omsk.
SPIN-code: 4909-8054
AuthorID (RSCI): 700336
AuthorID (SCOPUS): 56503145300
Correspondence address: omgtu_evdokimov@mail.ru
RAYKOVSKIY Nikolai Anatolyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Refrigeration

and Compressor Equipment and Technology Department, OmSTU, Omsk.
SPIN-code: 9140-9356
AuthorID (RSCI): 684470
AuthorID (SCOPUS): 57190974742
Correspondence address: n_raykovskiy@mail.ru

For citations

Sadvakasov D. Kh., Chernov G. I., Evdokimov V. S., Raykovskiy N. A. The analysis of the effect of piston speed on the operation of a refrigeration compressor operating in the area of wet steam // Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering. 2022. Vol. 6, no. 4. P. 26–31. DOI: 10.25206/2588-0373-2022-6-4-26-31.

Received November 03, 2022.

© D. Kh. Sadvakasov, G. I. Chernov, V. S. Evdokimov,
N. A. Raykovskiy