

*И.Г. Ковалевский<sup>1</sup>, Е.В. Голобородько<sup>1</sup>, Н.П. Асташков<sup>1</sup>, А.В. Димов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

## **АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ ВАГОНОВ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

*Аннотация.* Обеспечение продовольственной безопасности страны подразумевает непрерывное совершенствование и развитие транспортировок скоропортящихся грузов. Сложившаяся ситуация в железнодорожной отрасли требует модернизации и разработки принципиально новых технических решений, использование которых должно отразиться не только в сокращении срока доставки груза, но и топливно-энергетических, эксплуатационных и других затрат.

*Ключевые слова:* рефрижераторный подвижной состав, продление срока службы, модернизация.

*I.G. Kovalevskiy<sup>1</sup>, E.V. Goloborodko<sup>1</sup>, N.P. Astashkov<sup>1</sup>, A.V. Dimov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

## **ANALYSIS OF THE DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF PISTON COMPRESSORS OF REFRIGERATOR CARS FOR PERFECTION OF THE TRANSPORTATION PROCESS ON RAILWAY TRANSPORT**

*Annotation.* Ensuring the country's food security involves the continuous improvement and development of transportation of perishable goods. The current situation in the railway industry requires the improvement and development of fundamentally new technical solutions, the use of which should be reflected not only in reducing the delivery time of the cargo, but also in fuel and energy, operating and other costs.

*Keywords:* reefer rolling stock, life extension, retrofit.

### **Введение**

Одним из основных показателей при обосновании выбора компрессора с учетом многообразия существующих типов (рисунок 1) является технико-экономический, который обуславливает сопоставление производительности и удельного расхода энергии для выполнения конкретного технологического процесса. Следует отметить, что меньший удельный расход энергии поршневых компрессоров по сравнению с другими, определяет ряд существенных недостатков их использования:

- металлоемкость и громоздкость;
- низкая надежность в эксплуатации.
- износ движущихся частей;
- унос масла из системы смазки компрессора в контур холодильной машины.

К основным типам компрессоров относят поршневые и центробежные, для каждого из которых подразумевается определенный перечень критериев о возможности их использования в конкретном технологическом процессе, а именно:

- молекулярная масса сжимаемого газа;
- показатель адиабаты;
- агрессивность и степень загрязнения;
- влажность;
- степень регулирования производительности.

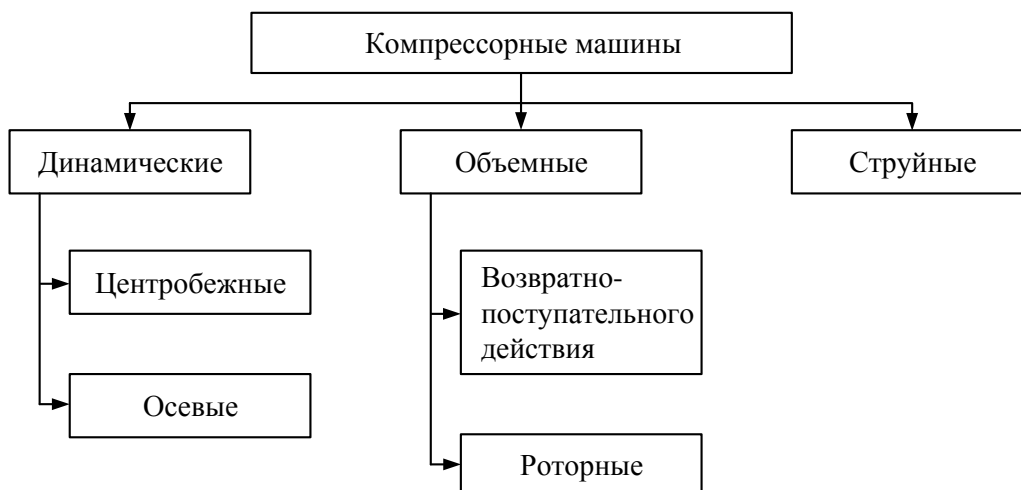


Рисунок 1. Основная классификация компрессорных машин

Выполненный в рамках статьи анализ литературы [1-10] позволил сделать вывод о недостаточной степени исследования вопросов, связанных с оценкой возможности использования в холодильной технике роторных компрессоров, которые в совокупности параметров занимают промежуточное положение между поршневыми и центробежными.

Области предпочтительного применения различных типов компрессоров обусловлены зависимостью производительности и давления нагнетания.

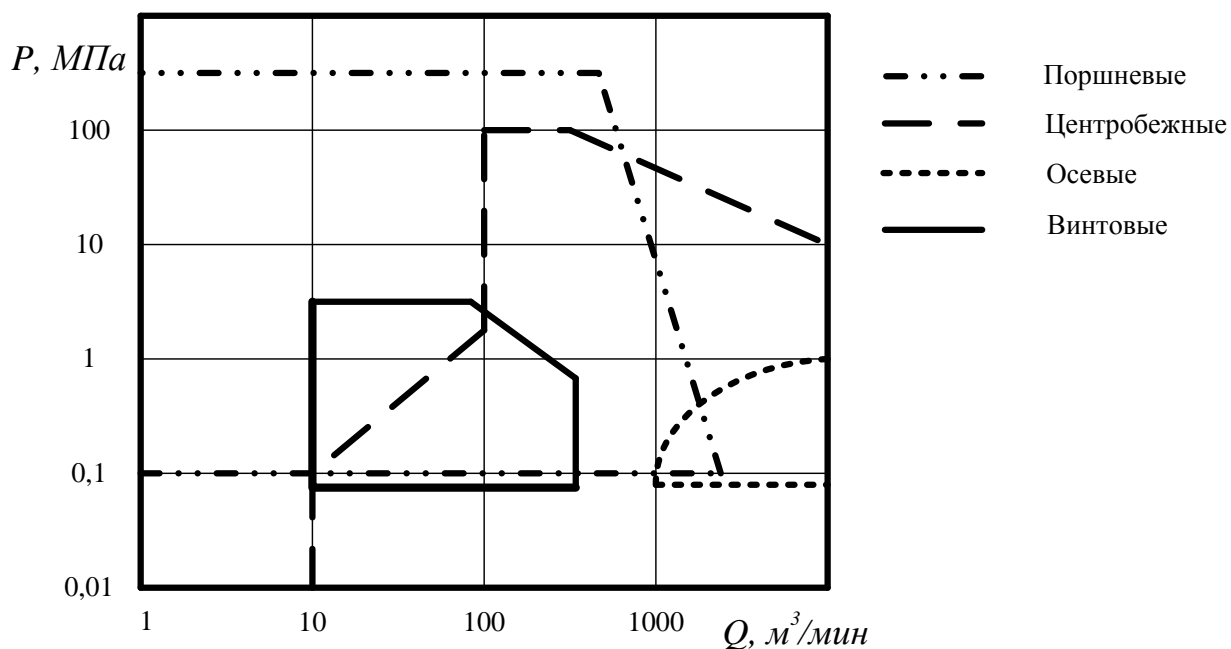


Рисунок 2. Области предпочтительного применения различных типов компрессоров

Использование поршневых компрессоров в составе холодильных машин обусловлено работой с рядом различных хладагентов, что определяет их использование и подразумевает следующую классификацию:

- вид сжимаемого хладагента (хладоновые, аммиачные, углекислотные и т.д.);
- число ступеней повышения давления (одно- и многоступенчатые);
- преобразование вращения вала в возвратно-поступательное движение поршня (бескрейцкопфные и крейцкопфные);
- характер движения хладагента в цилиндре (непрямоточные, прямоточные);
- количество и расположение цилиндров (одно-, двух-, многоцилиндровые; вертикальные, угловые, оппозитные);

- степень герметизации (сальниковые, бессальниковые);
- способ охлаждения цилиндров (воздушное, водяное);
- холодопроизводительность;
- тип привода.

### **Анализ направлений модернизации поршневых компрессоров**

Выполненный в рамках статьи анализ технических направлений, реализованных в конструкции поршневых компрессоров, позволил выделить следующие:

- разработка полугерметичных бессальниковых поршневых компрессоров;
- создание компрессоров со встроенным мотором, охлаждаемым всасываемыми парами;
- создание поршневых компрессоров для работы с новыми хладагентами, пришедшими на смену традиционным, но экологически небезопасным;
- реализация комплексных мероприятий по повышению качества изготовления, с учетом новых технологий металлургии;
- унификация агрегатов;
- клапанные доски новой конструкции, на которых оптимально подобрано количество отверстий всасывания и нагнетания, их диаметры; расположение клапанов нагнетания в теле доски; форма прилегания лепестков клапанов нагнетания к доскам;
- расчет и обоснование использования новых типов корпусов компрессоров для более высоких рабочих давлений;
- увеличение объема подкрышечного пространства для снижения гидравлических сопротивлений при шумоглушении;
- разработка специального рельефа торцевых поверхностей поршней с целью снижения величины «мёртвого объёма»;
- использование более эффективных моторов с оптимальной номинальной мощностью.

Исходя из требуемой холодопроизводительности система должна проектироваться с учетом специфических и самых тяжелых возможных условий эксплуатации. Для согласования потребности в холоде с холодопроизводительностью можно периодически выключать компрессоры. Главным недостатком такого подхода является частое возникновение значительных колебаний температуры на стороне вторичного контура, что негативно влияет на эффективность системы, особенно при непродолжительных рабочих периодах. Более того, степень снижения холодопроизводительности ограничена минимальным рабочим временем, задаваемым системами управления холодильной установкой. Данную ситуацию возможно исправить, используя системы регулирования холодопроизводительности, в связи с чем используют различные методы, которые сравнивают по следующим показателям: точность регулирования; холодильный коэффициент; стоимость системы; эксплуатационная надежность.

### **Методы регулирования холодопроизводительности компрессора**

Метод пусков и остановок является простейшим, однако, имеет следующие недостатки: плохая характеристика регулирования; большое число пусков; низкая эффективность и эксплуатационный ресурс не только компрессора, но и других составных элементов. Поэтому данный метод должен быть ограничен холодильными системами с высокой аккумулирующей способностью и/или относительно постоянной нагрузкой.

В статье рассмотрены параллельная работа нескольких компрессоров, тандем компрессоров или разделение системы на несколько независимых контуров. Данные методы также не исключают значительного числа циклов регулирования, что требует сочетания с механическим регулированием холодопроизводительности компрессора (ступенчатым или плавным) и соответствующей системой управления.

### **Изменение частоты вращения вала компрессора**

Этот метод регулирования холодопроизводительности применяется в компрессорах объемного типа, причем в основном в открытых компрессорах, приводимых через передачу с

изменяемым передаточным числом, или в компрессорах, оснащенных специальными двигателями со скоростной модуляцией. Однако такие концепции привода были по большей части исключением и использовались лишь в случаях, когда классическое регулирование холодопроизводительности было невозможным или существовали специальные требования.

### **Заключение**

Большое разнообразие полупроводниковых преобразователей частоты для изменения скорости асинхронных двигателей обуславливает использование данного метода в различных областях. На кафедре «Электроподвижной состав» Иркутского государственного университета путей сообщения разработан полупроводниковый преобразователь входного электрического сопротивления, использование которого в данном методе управления позволит повысить энергетическую эффективность электропривода и электромагнитную совместимость с элементами энергетической системы. Требуется разработка математической модели системы управления электроприводом с учетом предложенного преобразователя и расчет технико-экономической эффективности.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Юрьев Ю.М. Изотермические вагоны постройки ГДР / Ю.М. Юрьев, Л.Б. Лаврик-Карамзин. – М.: Транспорт, 1989. – 180 с.
2. Чикулаев А.Н. Модернизация изотермического подвижного состава для перевозок скоропортящегося груза железнодорожным подвижным составом // Материалы VII Международного форума «Транспортно-транзитный потенциал». – Санкт-Петербург, 2014. – С. 75-78.
3. Асташков Н.П. Анализ направлений модернизации изотермического подвижного состава / Н.П. Асташков, И.Г. Ковалевский, О.Н. Кутепова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Девятой Междунар. науч.-практ. конф., 10 – 13 апреля 2018 г. Иркутск : в 2 т. – Иркутск: ИрГУПС, 2018. – Т.1. – С. 31-36.
4. Белоголов Ю.И. Системный подход к управлению и контролю человеческих ресурсов в организации бесперебойной работы железнодорожной транспортной системы / Ю.И. Белоголов, В.А. Оленцевич // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 2 (50). С. 90–95.
5. Белоголов Ю.И. Анализ уровня надежности и устойчивости организационно-технических систем перевозочного процесса железнодорожного транспорта / Ю.И. Белоголов, В.А. Оленцевич, В.Е. Гозбенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 1 (57). С. 147–156.
6. Белоголов Ю.И. Автоматизация отдельных операций перевозочного процесса с целью обеспечения достаточных условий для оптимального функционирования «цифрового» транспорта и логистики / Ю.И. Белоголов, В.А. Оленцевич, В.Е. Гозбенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 4 (60). С. 125–132.
7. Оленцевич В.А. Математическая формализация величины сдвига груза при воздействии внешних сил для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации вагонного парка / Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 1 (33) С. 87–90.
8. Оленцевич В.А. Анализ причин нарушения безопасности работы железнодорожной транспортной системы / В.А. Оленцевич, В.Е. Гозбенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 1(37) С. 180–183.
9. Оленцевич В.А. Обеспечение безопасности и защиты транспортных комплексов путем внедрения методов повышения эффективности использования вагонов / В.А. Оленцевич, В.Е. Гозбенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 2 (50). С. 167-173.
10. Белоголов Ю.И. Совершенствование оперативного управления транспортными процессами на железнодорожном транспорте / Ю.И. Белоголов, В.А. Оленцевич, Н.П.

## REFERENCES

1. Yuriev Yu.M. Izotermicheskiye vagony postroyki GDR [Isothermal cars built GDR] / Yu.M. Yuriev, L.B. Lavrik-Karamzin. - M.: Transport, 1989. - 180 p.
2. Chikulaev A.N. Modernizatsiya izotermicheskogo podvizhnogo sostava dlya perevozok skoroportyashchegosya gruzha zheleznodorozhnym podvizhnym sostavom [Modernization of isothermal rolling stock for transportation of perishable goods by railway rolling stock] // Materialy VII Mezhdunarodnogo foruma «Transportno-tranzitnyy potentsial». - Sankt-Peterburg, 2014. – P. 75-78.
3. Astashkov N.P. Analiz napravleniy modernizatsii izotermicheskogo podvizhnogo sostava [Analysis of areas of isothermal rolling stock modernization] / N.P. Astashkov, I.G. Kovalevsky, O.N. Kutepova // Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona: materialy Devyatoy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 10 – 13 aprelya 2018 g. Irkutsk : v 2 t. – Irkutsk: IrGUPS, 2018. – T.1. – P. 31-36.
4. Belogolov YU.I. Sistemnyy podkhod k upravleniyu i kontrolyu chelovecheskikh resursov v organizatsii bespereboynoy raboty zheleznodorozhnoy transportnoy sistemy [System approach to the management and control of human resources in the organization of the smooth operation of the railway transport system] / YU.I. Belogolov, V.A. Olentsevich // Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye. 2016. № 2 (50). P. 90–95.
5. Belogolov YU.I. Analiz urovnya nadezhnosti i ustoychivosti organizatsionno-tekhnicheskikh sistem perevozochnogo protsessa zheleznodorozhnogo transporta [Analysis of the level of reliability and sustainability of organizational and technical systems of the railway transportation process] / YU.I. Belogolov, V.A. Olentsevich, V.Ye. Gozbenko // Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye. 2018. № 1 (57). P. 147–156.
6. Belogolov YU.I. Avtomatizatsiya otdel'nykh operatsiy perevozochnogo protsessa s tsel'yu obespecheniya dostatochnykh usloviy dlya optimal'nogo funktsionirovaniya «tsifrovogo» transporta i logistiki [Automation of individual operations of the transportation process in order to ensure sufficient conditions for the optimal functioning of “digital” transport and logistics] / YU.I. Belogolov, V.A. Olentsevich, V.Ye. Gozbenko // Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye. 2018. № 4 (60). P. 125–132.
7. Olentsevich V.A. Matematicheskaya formalizatsiya velichiny sdviga gruzha pri vozdeystvii vneshnikh sil dlya obespecheniya nadezhnoy i bezopasnoy ekspluatatsii vagonnogo parka [Mathematical formalization of the magnitude of the load shift under the influence of external forces to ensure reliable and safe operation of the car fleet] / Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye. 2012. № 1 (33) P. 87–90.
8. Olentsevich V.A. Analiz prichin narusheniya bezopasnosti raboty zheleznodorozhnoy transportnoy sistemy [Analysis of the reasons for the violation of the safety of the railway transport system] / V.A. Olentsevich, V.Ye. Gozbenko // Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye. 2013. № 1(37) P. 180–183.
9. Olentsevich V.A. Obespecheniye bezopasnosti i zashchity transportnykh kompleksov putem vnedreniya metodov povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya vagonov / V.A. Olentsevich, V.Ye. Gozbenko // Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye. 2016. № 2 (50). P. 167-173.
10. Belogolov YU.I. Sovershenstvovaniye operativnogo upravleniya transportnymi protsessami na zheleznodorozhnom transporte [Improving the operational management of transport processes in railway transport] / YU.I. Belogolov, V.A. Olentsevich, N.P. Astashkov // Proceedings of 6<sup>th</sup> International Symposium on Innovation and Sustainability of Modern Railway ISMR 2018. – Irkutsk: ISTU, 2018. p. 602–609.

### **Информация об авторах**

*Ковалевский Илья Генрикович* – обучающийся, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [il.covalevskij2017@yandex.ru](mailto:il.covalevskij2017@yandex.ru)

*Голобородько Елена Владимировна* – обучающаяся, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [lena.goloborodko@icloud.com](mailto:lena.goloborodko@icloud.com)

*Асташков Николай Павлович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [astashbir@rambler.ru](mailto:astashbir@rambler.ru)

*Димов Алексей Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [dimov\\_av@irgups.ru](mailto:dimov_av@irgups.ru)

### **Authors**

*Kovalevskiy Ilya Genrikovich* – student, Irkutsk state transport University, Irkutsk, e-mail: [il.covalevskij2017@yandex.ru](mailto:il.covalevskij2017@yandex.ru)

*Goloborodko Elena Vladimirovna* – student, Irkutsk state transport University, Irkutsk, e-mail: [lena.goloborodko@icloud.com](mailto:lena.goloborodko@icloud.com)

*Astashkov Nikolai Pavlovich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Management of Operational Work", Irkutsk state transport University, Irkutsk, e-mail: [astashbir@rambler.ru](mailto:astashbir@rambler.ru)

*Dimov Aleksey Vladimirovich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department " Management of Operational Work ", Irkutsk state transport University, Irkutsk, e-mail: [dimov\\_av@irgups.ru](mailto:dimov_av@irgups.ru)

### **Для цитирования**

Ковалевский И.Г. Анализ направлений модернизации поршневых компрессоров рефрижераторных вагонов для совершенствования перевозочного процесса на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс] / И.Г. Ковалевский, Е.В. Голобородько, Н.П. Асташков, А.В. Димов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2019. – №3. – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/35-2019>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 27.09.2019)

### **For citation**

Kovalevskiy I.G., Goloborodko E.V., Astashkov N.P., Dimov A.V. *Analiz napravlenij modernizacii porshnevyyh kompressorov refrizheratornyh vagonov dlya sovershenstvovaniya perevoznogo processa na zheleznodorozhnom transporte* [Analysis of the directions of modernization of piston compressors of refrigerator cars for perfection of the transportation process on railway transport]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2019, no. 3. [Accessed 27/09/19]