

УДК 697.9

## ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА ХЛАДАГЕНТА НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

**Пивоваров Вячеслав Русланович,**

Студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Wyacheslav25.pivovarov@mail.ru

### Аннотация

В статье рассмотрено влияние выбора хладагента на энергоэффективность и эксплуатационную безопасность систем кондиционирования воздуха. Актуальность темы связана с ужесточением экологических требований, ростом энергопотребления зданий и необходимостью повышения безопасности эксплуатации климатического оборудования. В рамках обзорного анализа были рассмотрены основные группы хладагентов, применяемых в современных системах кондиционирования, их физико-тепловые характеристики, а также потенциальные риски, возникающие при эксплуатации. Отдельное внимание уделено вопросам энергоэффективности, пожаро- и взрывоопасности, токсичности и нормативного регулирования. Показано, что выбор хладагента напрямую влияет не только на энергетические показатели оборудования, но и на требования к проектированию, монтажу и обслуживанию систем кондиционирования воздуха.

**Ключевые слова:** системы кондиционирования воздуха, хладагент, энергоэффективность, эксплуатационная безопасность, экологические требования, HVAC, холодопроизводительность

## FEATURES OF THE IMPACT OF REFRIGERANT SELECTION ON THE ENERGY EFFICIENCY AND OPERATIONAL SAFETY OF AIR CONDITIONING SYSTEMS

**Pivovarov Vyacheslav Ruslanovich,**

Student

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

Wyacheslav25.pivovarov@mail.ru

### ABSTRACT

The article examines the impact of refrigerant selection on the energy efficiency and operational safety of air conditioning systems. The relevance of the topic is related to the tightening of environmental requirements, the growth of energy consumption in buildings, and the need to improve the operational safety of climate control equipment. As part of a review analysis, the main

groups of refrigerants used in modern air conditioning systems, their physical and thermal characteristics, as well as the potential risks arising during operation were considered. Special attention is paid to issues of energy efficiency, fire and explosion hazards, toxicity, and regulatory control. It is shown that the choice of refrigerant directly affects not only the energy performance of the equipment, but also the requirements for the design, installation, and maintenance of air conditioning systems.

---

**Keywords:** air conditioning systems, refrigerant, energy efficiency, operational safety, environmental requirements, HVAC, cooling capacity.

---

### Введение

Системы кондиционирования воздуха занимают важное место в обеспечении комфортных условий в жилых, общественных и производственных зданиях. С увеличением плотности застройки и ростом требований к микроклимату помещений возрастает и доля энергопотребления, приходящаяся на климатическое оборудование. Существенную роль в работе таких систем играет хладагент, от свойств которого зависят энергетические показатели, надёжность и безопасность эксплуатации [1].

В рамках данного исследования было рассмотрено, каким образом выбор хладагента отражается на энергоэффективности систем кондиционирования и какие эксплуатационные риски могут возникать при использовании различных веществ. В последние годы данная тема приобретает особую значимость вследствие поэтапного отказа от традиционных фреонов и перехода к новым, более экологичным, но зачастую менее изученным альтернативам [5].

### Методы и материалы

Хладагент является рабочим телом холодильного цикла и обеспечивает перенос тепла из охлаждаемого помещения во внешнюю среду. Его физические свойства, такие как температура кипения, теплопроводность, плотность и удельная теплоёмкость, напрямую влияют на холодопроизводительность и коэффициент энергоэффективности системы [4].

Было показано, что даже при одинаковой конструкции оборудования замена хладагента может приводить к заметным изменениям потребляемой мощности компрессора и общей эффективности работы установки. Вследствие этого выбор хладагента рассматривается как один из ключевых факторов при проектировании и модернизации систем кондиционирования воздуха [2].

На практике применяются несколько основных групп хладагентов: хлорфторуглероды (CFC), гидрохлорфторуглероды (HCFC), гидрофторуглероды (HFC), а также природные хладагенты. Каждая из этих групп обладает своими преимуществами и ограничениями.

Традиционные фреоны, такие как R22, долгое время широко использовались благодаря стабильным рабочим характеристикам и относительно низкой опасности. Однако их негативное влияние на озоновый слой привело к постепенному выводу из эксплуатации. На смену им пришли HFC-хладагенты, например R410A и R134a, которые не разрушают озоновый слой, но обладают высоким потенциалом глобального потепления [5].

В последние годы всё большее внимание уделяется природным хладагентам — аммиаку, диоксиду углерода и углеводородам. Эти вещества характеризуются низким экологическим воздействием, однако предъявляют повышенные требования к безопасности и квалификации обслуживающего персонала [3].

Энергоэффективность системы кондиционирования определяется соотношением вырабатываемой холодопроизводительности и затрачиваемой электрической энергии.

Одним из основных показателей является коэффициент энергоэффективности (COP или EER), который во многом зависит от термодинамических свойств хладагента [4].

Было проанализировано, что хладагенты с более высокой теплотой парообразования и оптимальными рабочими давлениями позволяют снизить нагрузку на компрессор и уменьшить энергопотребление. Вследствие этого современные смеси, такие как R32, демонстрируют более высокие показатели энергоэффективности по сравнению с устаревшими аналогами [1].

При этом следует учитывать, что повышение энергоэффективности не всегда сопровождается упрощением конструкции системы. В ряде случаев требуется усиление теплообменников, применение специальных масел и изменение алгоритмов управления оборудованием. Это позволяет достичь экономии энергии, но одновременно усложняет эксплуатацию.

Эксплуатационная безопасность систем кондиционирования воздуха включает в себя пожарную, взрывную и химическую безопасность, а также надёжность оборудования при длительной работе. Выбор хладагента оказывает прямое влияние на каждый из этих аспектов [3].

Некоторые современные хладагенты относятся к слабо воспламеняющимся веществам. Например, R32 обладает лучшими энергетическими характеристиками, но требует строгого соблюдения норм по ограничению утечек и вентиляции помещений. В итоге при проектировании систем с такими хладагентами необходимо учитывать дополнительные меры защиты [2].

Природные хладагенты также имеют свои риски. Аммиак токсичен и при утечке может представлять серьёзную опасность для здоровья человека. Углеводороды, в свою очередь, являются горючими веществами. Это позволяет сделать вывод о том, что повышение экологической и энергетической эффективности часто сопровождается ростом требований к безопасности эксплуатации.

Использование хладагентов регулируется международными и национальными нормативными документами. Монреальский и Киотский протоколы, а также их последующие поправки, ограничивают применение веществ с высоким озоноразрушающим потенциалом и потенциалом глобального потепления.

В рамках исследования было рассмотрено, что ужесточение нормативных требований стимулирует переход к новым хладагентам, однако не всегда учитывает реальные условия эксплуатации оборудования. Вследствие этого инженеры и проектировщики вынуждены искать компромисс между энергоэффективностью, безопасностью и соответствием стандартам.

В настоящее время наблюдается активное развитие гибридных и адаптивных систем кондиционирования, в которых выбор хладагента сочетается с интеллектуальными системами управления. Это позволяет оптимизировать режимы работы оборудования и снизить энергопотребление без существенного ухудшения показателей безопасности.

Также активно развиваются технологии повторного использования и утилизации хладагентов. Это позволяет уменьшить экологическую нагрузку и повысить общий уровень безопасности при обслуживании климатических систем.

#### Выводы

В результате рассмотрения влияние выбора хладагента на энергоэффективность и эксплуатационную безопасность систем кондиционирования воздуха. Показано, что хладагент является одним из ключевых элементов, определяющих как энергетические характеристики оборудования, так и требования к его эксплуатации [4].

В итоге можно отметить, что переход к более энергоэффективным и экологичным хладагентам сопровождается ростом сложности систем и повышенными требованиями к

безопасности. Это позволяет сделать вывод о необходимости комплексного подхода к выбору хладагента, учитывающего технические, эксплуатационные и нормативные аспекты [5].

#### Список литературы:

1. Булов А. О. Анализ хладагентов для систем кондиционирования / А. О. Булов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. – Красноярск: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2021. – С. 319–320.
2. Манойлина С. З. Преимущества мультизональной системы кондиционирования с переменным расходом хладагента (VRF) по сравнению с обычными сплит-системами / С. З. Манойлина, С. А. Ремизов // Теория и практика инновационных технологий в АПК. Материалы национальной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2025. – С. 322–326.
3. Горелов М. В. Сравнение энергетических и эксплуатационных показателей центральных кондиционеров с различными аппаратами увлажнения воздуха / М. В. Горелов, А. Б. Гаряев, Н. М. Савченкова, М. Ю. Юркина // Промышленная энергетика. – 2023. – № 4. – С. 30–39.
4. Ховалыг Д. М. Энергоэффективность и экологическая безопасность техники низких температур / Д. М. Ховалыг, К. М. Синицина, А. В. Бараненко, А. П. Цой // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. – 2014. – № 1. – С. 2.
5. Салман А. С. С. Обоснование энергоэффективных процессов обработки воздуха в системах кондиционирования / А. С. С. Салман, А. Б. Сулин, В. И. Лысёв, Т. В. Рябова // Вестник Международной академии холода. – 2021. – № 3. – С. 23–31.

#### References:

1. Bulov, A. O. Analysis of Refrigerants for Air Conditioning Systems. Current Issues in Aviation and Cosmonautics. Collection of Materials from the VII International Scientific and Practical Conference. Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, 2021, pp. 319–320.
2. Manoylina, S. Z. Advantages of a Multi-Zone Air Conditioning System with Variable Refrigerant Flow (VRF) Compared to Conventional Split Systems. Theory and Practice of Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex. Proceedings of the National Scientific and Practical Conference. Voronezh: Emperor Peter I Voronezh State Agrarian University, 2025, pp. 322–326.
3. Gorelov M. V. Comparison of energy and performance indicators of central air conditioners with various air humidification devices / M. V. Gorelov, A. B. Gariaev, N. M. Savchenkova, M. Yu. Yurkina // Industrial Power Engineering. - 2023. - No. 4. - P. 30-39.
4. Khovalyg D. M. Energy efficiency and environmental safety of low-temperature equipment / D. M. Khovalyg, K. M. Sinitsyna, A. V. Baranenko, A. P. Tsoi // Scientific journal of NRU ITMO. Series: Refrigeration and air conditioning. - 2014. - No. 1. - P. 2.

5. Salman A. S. S. Justification of energy-efficient air treatment processes in air conditioning systems / A. S. S. Salman, A. B. Sulin, V. I. Lysev, T. V. Ryabova // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. – 2021. – No. 3. – P. 23–31.