

УДК 677:697.1:65.011

DOI: 10.25686/2542-114X.2019.4.111

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОНАСОСНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ В ТЕКСТИЛЬНЫХ СТРОЕНИЯХ

**С. В. Федосов<sup>1</sup>, В. Н. Федосеев<sup>2</sup>, И. А. Зайцева<sup>2</sup>,  
Ю. Е. Острякова<sup>2</sup>, В. А. Емелин<sup>2</sup>, В. Е. Шебашев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (г. Москва)

<sup>2</sup>Ивановский государственный политехнический университет (г. Иваново)

<sup>3</sup>Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

В настоящее время на мировом рынке предлагается широкий ассортимент компрессоров, предназначенных для использования в системах кондиционирования, тепловых насосах, промышленных холодильных установках разной мощности и коммерческом холодильном оборудовании. Поэтому немаловажным моментом является выбор наиболее подходящего варианта, отвечающего определенным условиям использования. Анализ мирового рынка компрессоров показал, что лидером производства компрессоров, используемых в системах кондиционирования в тепловых насосах, можно считать Emerson (Copland), который занимает около половины рынка. Производственные мощности Copland размещены в США, Китае, Таиланде и ряде других стран. По объему реализуемой продукции за Copland следуют Danfoss, Panasonic (Dalian Sanyo), Hitachi, Mitsubishi Electric и Bristol. Наиболее широкий ассортимент компрессоров герметичного поршневого типа, предназначенных для использования в системах кондиционирования, тепловых насосах, промышленных холодильных установках разной мощности и коммерческом холодильном оборудовании, предлагает компания Bristol.

В данной статье для выбора экономически эффективного компрессора, применяемого в режиме отопления строений теплонасосными системами, проведен критический анализ восьми моделей разных производителей и различных конструкций по десяти основным показателям, характеризующим его технико-экономические свойства, которые сведены в обобщающий (интегральный) показатель – технико-экономический уровень энергоэффективности компрессора (ТЭУЭК). Выбор целесообразного компрессора для теплового насоса, применяемого для отопления в текстильном производстве, сделан на основе композиционной инфографической модели. Сравнительный анализ компрессоров, применяемых в тепловых насосах, выполнялся по следующим техническим характеристикам: версия электродвигателя, В/В-Ф-Гц; тепловая производительность, кВт; потребляемая мощность, кВт; COP; объемная производительность, м<sup>3</sup>/ч; количество масла, л; вес, кг; марка фреона; тип компрессора; стоимость, руб. По результатам выполненных расчетов выполнено ранжирование моделей по техническому уровню компрессоров.

Сравнительный анализ моделей компрессоров позволил установить, что наиболее эффективным по техническому уровню и наиболее полезным для теплового насоса является модель Mitsubishi DC Inverter (Rotary Twin-Cylinder) SNB130FGBMT, наименее эффективным по интегральному показателю – модель Bristol H29B30UABNA.

**Ключевые слова:** компрессор; тепловой насос; композиционная инфографическая модель.

Ассортимент устройств, использующих ротационные, спиральные, винтовые и центробежные компрессоры, способные работать в режиме теплового насоса (ТН), растет и сегодня включает в себя VRF-системы и чилле-

ры. VRF-системы, предлагаемые японскими компаниями, могут нормально функционировать при температуре уличного воздуха ниже –25...–30 °С. Для теплового насоса в малоэтажных строениях в большинстве случаев

подходит компрессор практически от любой холодильной машины или кондиционера, кроме тех моделей, где двигатель снаружи. В зависимости от величины производительности теплового насоса применяют компрессоры средней производительности (от 10 до 100 м<sup>3</sup>/мин).

Тем не менее при выборе компрессора нужно учитывать множество факторов, которые зависят от всей системы отопления. В первую очередь, нужно определиться с типом необходимого компрессора, так как каждый из них имеет свои принципиальные отличия и конструктивные особенности.

В теплонасосных системах согласно принципу их действия применяют объемные компрессоры: поршневые, роторные (ротационные), спиральные, винтовые. Конструктивные особенности, преимущества и недостатки каждого из типов компрессоров раскрыты в [5].

Целесообразно рассматривать поршневые, роторные и спиральные компрессоры, которые удовлетворяют всем требованиям применения их в теплоснабжении малоэтажных строений. Проведем сравнительный анализ наиболее универсальных моделей компрессоров известных производителей, которые можно использовать в тепловых насосах с тепловой производительностью до 16 кВт и применять для теплоснабжения малоэтажных строений площадью до 200÷250 м<sup>2</sup>.

По данным анализа мирового рынка компрессоров [2], лидером производства компрессоров, используемых в системах кондиционирования в тепловых насосах, по праву считается Emerson (Copland), занимающая около половины рынка. Производственные площадки Copland расположены в США, Китае, Таиланде и др. За Copland следуют Danfoss (производство в США, Китае и др.), Panasonic (Dalian Sanyo) (производство в Японии, Китае), Hitachi (производство в Китае, Японии, и др.), Mitsubishi Electric (производство в Японии и Таиланде) и Bristol.

В настоящее время почти все европейские производители перенесли свои производственные базы в Китай.

Компания Bristol предлагает самый широкий ассортимент компрессоров герметичного поршневого типа, предназначенных для использования в системах кондиционирования, тепловых насосах, промышленных холодильных установках разной мощности и коммерческом холодильном оборудовании. Поэтому подобрать наиболее подходящий к определенным условиям использования агрегат не составляет проблем. Надежность, качество, эффективность и экономичное энергопотребление являются основными достоинствами компрессоров Bristol, которые на данный момент также используют такие известные компании, как Vesper, York, Fuji, Samsung.

С совершенствованием и развитием законодательства о рациональном использовании энергии и развитием высокопроизводительного компрессорного оборудования увеличился спрос на роторные компрессоры, конструкция которых значительно проще, чем у поршневых. В установках малой производительности – от 1,5 до 12,0 кВт тепловой мощности (при  $T_{\text{конденсат.}} = 54,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{испарит.}} = 7,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) – используются исключительно герметичные ротационные компрессоры. Лидерами среди производителей роторных компрессоров являются Mitsubishi Electric, Panasonic, Hitachi, Toshiba и др.

В моделях последних поколений почти для всех типов компрессоров применяется инверторная технология, дающая возможность регулирования расхода хладагента и производительности компрессора, что снижает энергопотребление системы, продлевая срок службы компрессора.

Универсальной моделью можно считать компрессор Mitsubishi DC Inverter (Rotary Twin-Cylinder) SNB130FGBMT и его аналог без инвертора – Hitachi (HIGHLY) SHV33YC6-U (характеристики в таблице).

## Технические характеристики компрессоров, применяемых в тепловых насосах

Показатель	Торговые марки и модели компрессоров							
	Copeland ZH30K4E	Copeland ZH13KVE	Danfoss HNP030T4LP6	Danfoss HNP038T5LP6	Panasonic (Sanyo) C-SBN301H5A	Hitachi (HIGHLY) SHV33YC6-U	Bristol H29B30UABHA	Mitsubishi DC Inverter (Rotary Twin-Cylinder) SNB130FGBMT
1. Версия электродвигателя, В/В-Ф-Гц	220/240-1-50	220/240-1-50	380/400-3-50	220/230-1-50	220/240-1-50	220/240-1-50	220/230-1-50	220/240-1-50
2. Тепловая производительность, кВт	10,0	12,6	9,7	12,14	11,8	7,2	7,3	12
3. Потребляемая мощность, кВт	2,94	2,94	3,07	3,85	4	2,4	2,5	3
4. COP	3,4	4,3	3,17	3,16	2,95	3,04	2,92	4
5. Объемная производительность, м <sup>3</sup> /ч	11,7	11,7	11,7	14,2	11,6	10,8	9,3	11,3
6. Количество масла, л	1,9	1,4	1,57	1,57	1,7	1,2	1,0	1,2
7. Вес, кг	39	41	33	42	39	20,6	31,5	21
8. Марка фреона	407с	407с	407с	407с	407с	22	22	410а
9. Тип компрессора	спиральный	спиральный	спиральный	спиральный	спиральный	герметичный роторный	герметичный поршневой	роторный инверторный
10. Стоимость, руб.	52800	65100	50700	85400	42000	16800	28650	35000

Тем не менее лидером среди всех компрессоров, применяемых в тепловых насосах, считаются спиральные. По производству спиральных компрессоров лидирует Emerson (Copeland). Они применяются на всём рабочем диапазоне тепловых насосов и пригодны к использованию при высоких и средних температурах кипения фреона от 10 до -25 °С.

Модельный ряд компрессоров серии ZH включает одиннадцать наименований с диапазоном тепловой производительности от 5,0 до 39 кВт. А компрессоры серии ZHEVI с впрыском пара представлены шестью наименованиями с диапазоном тепловой производительности от 12,6 до 47 кВт. Из всех предлагаемых моделей для теплоснабжения малоэтажных строений площадью до 200÷250 м<sup>2</sup> можно принять во внимание только две модели компрессоров, характеристики которых представлены в таблице.

Спиральные компрессоры Scroll Technologies (США) компании Danfoss (тринадцать наименований) предназначены для тепловых насосов серии ННР тепловой производительностью от 5 до 14 кВт.

Среди спиральных компрессоров наиболее универсальными можно считать Copeland ZH13KVE, Copeland ZH30K4E (аналог Danfoss HNP030T4LP6) и Danfoss HNP038T5LP6 (аналог Panasonic (Sanyo) C-SBN301H5A).

Для сравнительного анализа рассматриваемых моделей компрессоров ограничимся рядом показателей, таких как тепловая и потребляемая мощность, объемная производительность, коэффициент энергоэффективности, количество заправляемого масла, вес, стоимость [3, 4]. Этот базовый набор требований может быть дополнен и уточнен такими пунктами, как коррозионная и химическая

стойкость деталей, шумность, равномерность подачи, габаритные размеры, температура газа на выходе, рабочее давление, шумность и т.д. На основании этих данных могут быть подобраны и конструктивно обоснованы несколько компрессоров, каждый из которых окажется в состоянии выполнить поставленную задачу.

Из прочих характеристик, доступных обычному покупателю, в создаваемый интегральный показатель включены версия электродвигателя, тип компрессора, марка фреона.

Среди выбранных моделей компрессоров в основном представлены устройства с версией электродвигателя 220В/240В-1Ф-50Гц. Несомненно, трёхфазный тип электродвигателя компрессора экономичнее и эффективнее, однако не во всех строениях имеется техническая возможность его подключения.

На основе обзора мирового рынка компрессоров рейтинг между типами рассматриваемых компрессоров распределился следующим образом: спиральный – 1 место, ротор-

ный инверторный – 2 место, роторный герметичный – 3 место, поршневой – 4 место.

Следует отметить, что все перечисленные модели компрессоров работают только на озонобезопасных хладагентах – R407c, R404a, R410a, R22 [9]. Выбор обусловлен необходимыми техническими параметрами компрессоров каждого типа и экономическими соображениями.

Оценив технический уровень анализируемых компрессоров, отобранные приоритетные показатели, составим один обобщающий (интегральный) показатель [1], по значению которого можно будет судить о техническом уровне компрессоров (ТУК). Для этого рассматриваем наибольшие и наилучшие значения следующих показателей: тепловая производительность, коэффициент энергоэффективности, объемная производительность, марка фреона, а также минимальные значения по таким показателям, как потребляемая мощность, количество масла, вес, стоимость. Реализуя эти данные, строим площадную диаграмму (рис. 1).

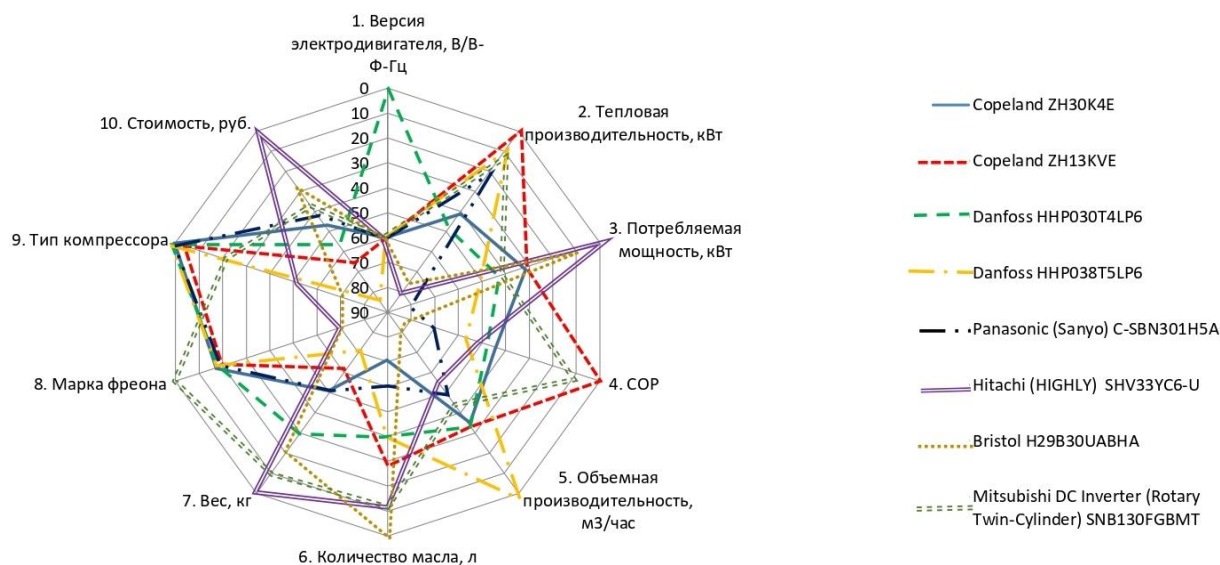


Рис. 1. Композиционная инфографическая модель технического уровня компрессоров

Отраженная на диаграмме (см. рис. 1) информативная композиция позволяет обозначить позицию «идеального» для достигнутого

технического уровня компрессора. Она характеризуется «веревочным» многоугольником, соответствующим принятым в нашем анализе

наилучшим значениям показателей на каждом луче диаграммы. Площадь фигуры, обобщенно ограниченной многоугольником, отражает достоинства рассматриваемых моделей компрессоров. Чем она больше, тем выше технический уровень компрессора. Замер площадей по построенной диаграмме и соотношение площадей, соответствующих каждой модели компрессора, с площадью «идеальной» компрессора позволяет оценить конкретный технический уровень каждого из компрессоров по формуле

$$ТДА\Phi_i = S_i : S_u,$$

где  $ТДА\Phi_i$  – значение технического уровня  $i$ -й модели компрессора, доли единицы;

$S_i$  – площадь многоугольника, соответствующая  $i$ -й модели компрессора, единицы площади;

$S_u$  – то же, «идеальной» модели компрессора, единицы площади.

Для наглядности проанализируем и проанализируем модели компрессоров в порядке уменьшения значений интегрального показателя (рис. 2).

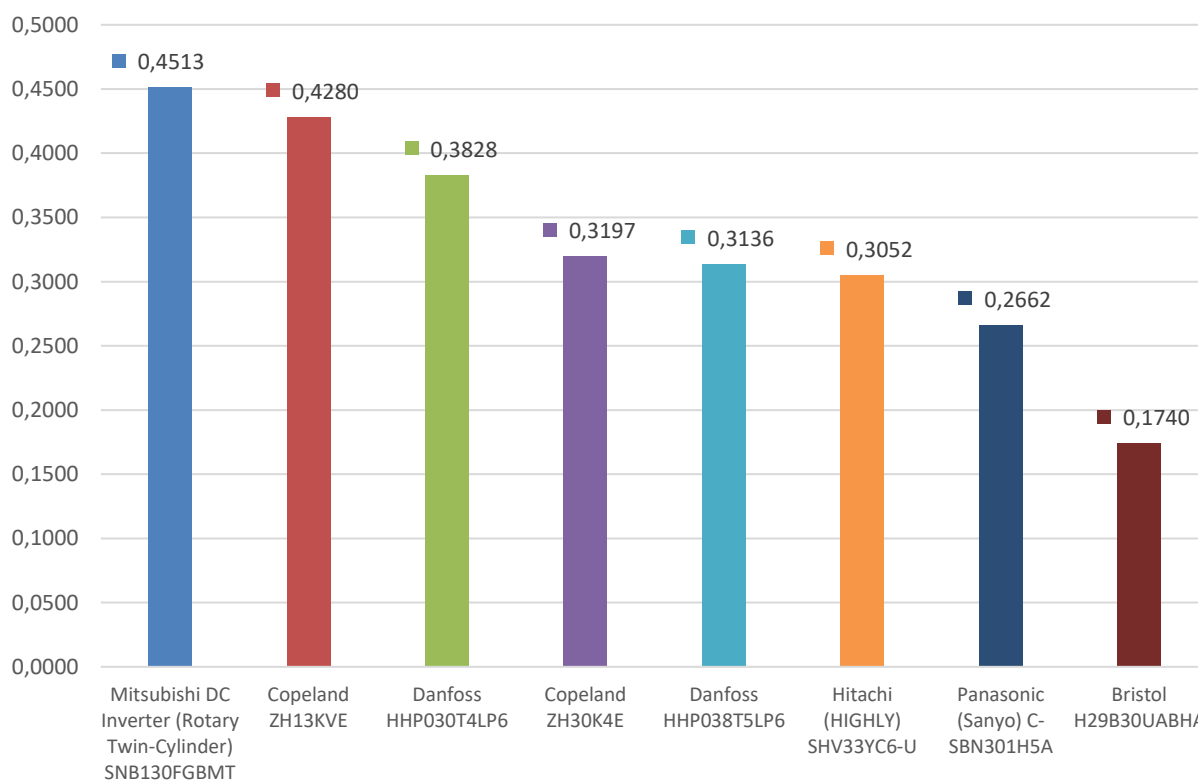


Рис. 2. Ранги анализируемых моделей по техническому уровню компрессоров

**Выводы.** Ранжирование моделей компрессоров позволило установить, что наиболее эффективным по техническому уровню и

наиболее полезным для теплового насоса является модель Mitsubishi DC Inverter (Rotary Twin-Cylinder) SNB130FGBMT.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эффективность отопления тепловым насосом автономных текстильных производств в зависимости от уровня термодинамической активности фреонов / Р.М. Алоян, В.Н. Федосеев, А.Б. Петрухин, И.А. Зайцева, Н.В. Виноградова, Ю.Е. Острякова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1 (367). С. 179-184.

2. Обзор мирового рынка компрессоров – 2013 г. По материалам специального выпуска журнала *Jarn* – февраль 2014 г. URL: [http://www.hvacref.ru/market/compressor\\_market\\_2013.pdf](http://www.hvacref.ru/market/compressor_market_2013.pdf) (дата обращения 08.04.2018).
3. Технические возможности эффективной работы воздушного теплового насоса / В.Н. Федосеев, В.А. Емелин, В.А. Воронов, И.А. Зайцева, Ю.Е. Острякова // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений: сборник научных трудов. Иваново, 2017. С. 289-293.
4. Федосеев В.Н., Зайцева И.А., Острякова Ю.Е. Подходы к определению показателя энергоэффективности работы теплового насоса // Информационная среда вуза. 2017. Т. 1, № 1 (1). С. 229-233.
5. Виды и типы компрессорного оборудования / В.Н. Федосеев, А.Г. Печникова, И.А. Зайцева, О.Р. Андреева // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений: сборник научных трудов. Иваново, 2016. С. 199-211.
6. Эффективное управление системой теплогенерации в автономных производственных помещениях / В.Н. Федосеев, И.А. Зайцева, Ю.Е. Острякова, Н.В. Целовальникова, В.А. Емелин, В.А. Воронов // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 4-4 (58). С. 109-113.
7. Возможный диапазон работы воздушного теплового насоса в отопительный период / Р.М. Алоян, В.Н. Федосеев, С.М. Алоян, И.А. Зайцева, Н.В. Виноградова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 5 (371). С. 314-318.
8. Функциональная система для теплообмена автономных текстильных производств воздушным тепловым насосом (ВТН) / Р.М. Алоян, А.Б. Петрухин, Н.В. Виноградова, В.Н. Федосеев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 5 (365). С. 195-198.
9. Энергоэффективность рабочего тела (хладона) воздушного теплового насоса в режиме обогрева автономного текстильного цеха (производства) / В.Н. Федосеева, А.Б. Петрухин, В.А. Емелин, В.А. Воронов, И.А. Зайцева // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений: сборник научных трудов. Иваново, 2016. С. 186-194.
10. Инфография. Т. 1: Многоуровневое инфографическое моделирование: модульный курс лекций / под ред. В.О. Чулкова. Москва: СВР-АРГУС, 2007. 352 с., ил. (Серия «Инфографические основы функциональных систем» (ИОФС)).

#### Информация об авторах

**ФЕДОСОВ Сергей Викторович** – академик РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва. Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Заслуженный работник высшей школы РФ. Почетный строитель России. Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники. Лауреат государственной премии Республики Марий Эл в области архитектуры и строительства. Научное направление – тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии, текстильной промышленности, энергоресурсосбережение в зданиях. E-mail: fedosov-academic53@mail.ru.

**ФЕДОСЕЕВ Вадим Николаевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой организации производства и городского хозяйства, Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново. Почетный работник сферы образования РФ. Обладатель золотой и серебряной медалей ВДНХ СССР «За успехи в народном хозяйстве». Лауреат ВВЦ РФ. Научное направление – разработка энергосберегающих технологий использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергоресурсов в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве.

**ЗАЙЦЕВА Ирина Александровна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, управления и финансов Ивановского государственного политехнического университета, г. Иваново. Научное направление – организационно-экономические вопросы при исследовании энергосберегающих технологий.

**ОСТРЯКОВА Юлия Евгеньевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры организации производства и городского хозяйства, Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново. Научное направление – управление проектами ресурсосбережения в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве.

ЕМЕЛИН Виктор Александрович – доцент кафедры организации производства и городского хозяйства, Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново. Научное направление – разработка энергосберегающих технологий использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергоресурсов в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве.

ШЕБАШЕВ Виктор Евгеньевич – кандидат технических наук, проректор по образовательной деятельности Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола. Область основных научных интересов – автоматизация проектно-конструкторских работ, системы автоматизированного проектирования, педагогика высшей школы. E-mail: ShebashevVE@volgatech.net

UDC 677:697.1:65.011

DOI: 10.25686/2542-114X.2019.4.111

## FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF ENERGY-EFFICIENT HEAT PUMP AND COMPRESSOR DEVICES IN TEXTILE EQUIPMENT

**S. V. Fedosov<sup>1</sup>, V. N. Fedoseev<sup>2</sup>, I. A. Zaitseva<sup>2</sup>,  
Iu. E. Ostriakova<sup>2</sup>, V. A. Emelin<sup>2</sup>, V. E. Shebashev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*National Research Moscow State University of Civil Engineering (Moscow)*

<sup>2</sup>*Ivanovo State Polytechnic University (Ivanovo)*

<sup>3</sup>*Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola)*

The global market is currently offering a wide range of compressors designed for air conditioning systems, heat pumps, industrial refrigeration units of different capacities and commercial refrigeration equipment. Therefore, an important point is to choose the most appropriate option that meets certain requirements. The analysis of the market of compressors showed that Emerson (Copland) can be considered the leader in the production of compressors used in air conditioning systems in heat pumps. One half of the market is dominated by the brand. Copland production facilities are located in the United States, China, Thailand and several other countries. In terms of sales volume Copland is followed by Danfoss, Panasonic (Dalian Sanyo), Hitachi, Mitsubishi Electric and Bristol. The widest range of hermetic piston type compressors used in air conditioning systems, heat pumps, industrial refrigeration units of different capacities and commercial refrigeration equipment are offered by the Bristol Company. The paper critically analyses eight models of different producers and various designs by ten main indicators characterizing technical and economic properties which are then generalized to form an integral indicator – technical and economic level of energy efficiency of a compressor. The choice of the appropriate compressor for the heat pump used for heating in textile production is made on the basis of a composite infographic model. Comparative analysis of compressors used in heat pumps has been carried out according to the following technical characteristics: motor version, V/V-f-Hz; thermal performance, kW; power consumption, kW; COP; volume capacity, m<sup>3</sup>/h; amount of oil, l; weight, kg.; brand of Freon; type of compressor; cost. As a result of the performed calculations, the compressor models have been ranked according to their technical level.

Based on the value of integrating indicator the comparative analysis revealed the most technically effective compressor model to be Mitsubishi DC Inverter (Rotary Twin-Cylinder) SNB130FGBMT, and the least technically effective compressor model to be Bristol H29B30UABHA.

**Keywords:** compressor; heat pump; composite infographic model.

### REFERENCES

1. Aloyan R. M., Fedoseev V. N., Petrukhin A. B., Zaitseva I. A., Vinogradova N. In., Ostryakova Iu. E. *Jefferktivnost' otopljenija teplovym nasosom avtonomnyh tekstil'nyh proizvodstv v zavisimosti ot urovnja*

termodinamicheskoj aktivnosti freonov [Efficiency of heating by the heat pump of autonomous textile industries depending on the level of thermodynamic activity of freons], *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Technology of textile industry], 2017, No. 1 (367), pp. 179-184.

2. Obzor mirovogo rynka kompressorov – 2013 g. Po materialam special'nogo vypuska zhurnala jarn – fevral' 2014 g. [Overview of the global market of compressors – 2013 According to the materials of the special issue of jarn magazine – February 2014]. Available at: [http://www.hvacref.ru/market/compressor\\_market\\_2013.pdf](http://www.hvacref.ru/market/compressor_market_2013.pdf) (accessed on 08.04.2018).

3. Fedoseev V. N., Emelin V. A., Voronov V. A., Zaitseva I. A., Ostryakova Iu. E. Tehnicheskie vozmozhnosti jeffektivnoj raboty vozdušnogo teplovogo nasosa [Technical possibilities of effective operation of the air heat pump], *Teorija i praktika tehnichestkih, organizacionno-tehnologičeskikh i jekonomičeskikh reshenij: sbornik nauchnyh trudov* [Theory and practice of technical, organizational, technological and economic solutions collection of scientific papers], Ivanovo, 2017, pp. 289-293.

4. Fedoseev V. N., Zaitseva I. A., Ostryakova Iu. E. Podhody k opredeleniju pokazatelja jenergojeffektivnosti raboty teplovogo nasosa [Approaches to the definition of energy efficiency of the heat pump], *Informacionnaja sreda vuza* [Information environment of the University], 2017, Vol. 1, No. 1 (1), pp. 229-233.

5. Fedoseev V. N., Pechnikova A. G., Zaitseva I. A., Andreeva O. R. Vidy i tipy kompressornogo oborudovanija [Types and types of compressor equipment], *Teorija i praktika tehnichestkih, organizacionno-tehnologičeskikh i jekonomičeskikh re-shenij: sbornik nauchnyh trudov* [Theory and practice of technical, organizational, technological and economic solutions. Collection of proceedings], Ivanovo, 2016, pp. 199-211.

6. Fedoseev V. N., Zaitseva I. A., Ostryakova Iu. E., Tselovalnikova N. V., Emelin V. A., Voronov V. A. Jeffektivnoe upravlenie sistemoy teplogeneracii v avtonomnyh proizvodstvennyh pomeshhenijah [Effective management of heat generation system in autonomous industrial premises], *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International research journal], 2017, No. 4-4 (58), pp. 109-113.

7. Aloyan R. M., Fedoseev V. N., Aloyan S. M., Zaitseva I. A., Vinogradova N. V. Vozmozhnyj diapazon raboty vozdušnogo teplovogo nasosa v otopitel'nyj period [Possible range of operation of the air heat pump in the heating period], *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Technology of textile industry], 2017, No. 5 (371), pp. 314-318.

8. Aloyan R. M., Petrukhin A. B., Vinogradova N. V. Fedoseev V. N. Funkcional'naja sistema dlja teploobmena avtonomnyh tekstil'nyh proizvodstv vozdušnym teplovym nasosom (VTN) [Functional system for heat exchange of autonomous textile production by air heat pump (VTN)], *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Technology of textile industry], 2016, No.5 (365), pp. 195-198.

9. Fedoseeva V. N., Petrukhin A. B., Emelin V. A., Voronov V. A., Zaitseva I. A. Jenergojeffektivnost' rabocheho tela (hladona) vozdušnogo teplovogo nasosa v rezhime obogreva avtonomnogo tekstil'nogo ceha (proizvodstva) [Energy efficiency of the working fluid (freon) of the air heat pump in the heating mode of the Autonomous textile workshop (production)], *Teorija i praktika tehnichestkih, organizacionno-tehnologičeskikh i jekonomičeskikh reshenij: sbornik nauchnyh trudov* [Theory and practice of technical, organizational, technological and economic solutions. Collection of proceedings], 2016, pp. 186-194.

10. Infografija. T. 1: Mnogourovnevoe infograficheskoe modelirovanie. Modul'nyj kurs lekcij [Infographic. Vol. 1: Multilevel infographic modeling. Modular course of lectures], edited by O. V. Chulkova, Moscow: SVR-ARGUS, 2007, 352 p., Il. (Series "Infographic fundamentals of functional systems" (IFS)).

### Information about the authors

FEDOSOV Sergey Viktorovich – Academician of RAASN, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Technology of Binders and Betons of the National Research Moscow State Construction University, Moscow. Honorary worker of higher professional education of the Russian Federation. Honored worker of the higher school of the Russian Federation. Honorary Builder of Russia. Laureate of the Russian Government Prize in Science and Technology. Laureate of the State Prize of the Republic of Mari El in the Field of Architecture and Construction. Scientific direction – heat and mass transfer in technological processes of the construction industry, textile industry, energy saving in buildings.

FEDOSEEV Vadim Nikolaevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Organization of Production and Municipal Economy, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo. Honorary Worker of Education of the Russian Federation. Gold and silver medals VDNH USSR "For success in the national economy". The winner of the OCE of the Russian Federation. Scientific direction – development of energy-saving technologies for the use



of renewable and non-traditional energy sources in construction and housing and communal services.

ZAYTSEVA Irina Aleksandrovna – candidate of economic sciences, associate professor of the department of economics, management and finance of Ivanovo state Polytechnic University, Ivanovo. Scientific direction – organizational and economic issues in the study of energy-saving technologies.

OSTRYAKOVA Iuliya Evgenievna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Organization of Production and Municipal Economy, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo. Scientific direction – management of resource saving projects in construction and housing and communal services.

EMELIN Viktor Aleksandrovich – Associate Professor of the Department of Organization of Production and Municipal Economy, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo. Scientific direction – development of energy-saving technologies for the use of renewable and non-traditional energy sources in construction and housing and communal services.

SHEBASHEV Viktor Evgenevich – Candidate of Engineering Sciences, Vice-Rector for Academic Affairs, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interests – automation of design works, computer-aided design systems, higher school pedagogy. E-mail: ShebashevVE@volgatech.net

#### Библиографическая ссылка

Технико-экономическое обоснование применения энергоэффективных теплонасосных компрессорных устройств в текстильных строениях / С. В. Федосов, В. Н. Федосеев, И. А. Зайцева, Ю. Е. Острякова, В. А. Емелин, В. Е. Шебашев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2019. – № 4(12). – С. 111-119. – DOI: 10.25686/2542-114X.2019.4.111