

УДК 697.34

**ВОЗМОЖНЫЙ ДИАПАЗОН РАБОТЫ ВОЗДУШНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА  
В ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД**

**POSSIBLE RANGE OF AIR HEAT PUMP DURING THE HEATING SEASON**

*Р.М. АЛОЯН, В.Н. ФЕДОСЕЕВ, С.М. АЛОЯН, И.А. ЗАЙЦЕВА, Н.В. ВИНОГРАДОВА*  
*R.M. ALOYAN, V.N. FEDOSEEV, S.M. ALOYAN, I.A. ZAITSEVA, N.V. VINOGRADOVA*

**(Ивановский государственный политехнический университет)**  
**(Ivanovo State Polytechnical University)**  
E-mail: 4932421318@mail.ru

*В статье представлены результаты расчетов возможного диапазона работы классического воздушного теплового насоса. Доказано, что для повышения эффективности его работы в экстремальных условиях целесообразно*

применение дополнительного "пикового" аккумулятора (электронагревателя), подключаемого только в период стояния низких и сверхнизких температур.

The article presents the results of calculations of the possible range of conventional air heat pump. It is proved that for increase of efficiency of its work in extreme conditions, it is advisable to use an additional "peak" of the battery (electric heater) connected only during the period of standing low and ultra low temperatures.

**Ключевые слова:** коэффициент преобразования, рециркуляция, рекуперация, электрический котел, хладагент, камера смешения, тепловые потери, тепловая мощность.

**Keywords:** the conversion factor, recycling, recuperation, electric boiler, refrigerant, mixing chamber, heat losses, thermal capacity.

За последние годы в десятки раз вырос процент продаж воздушно-тепловых насосов (ВТН) в европейских и скандинавских странах, с умеренно холодным климатом. Россия в официальном рейтинге относится к странам от умеренно холодного климата до холодного. Возможность эффективного применения воздушно-тепловых насосов с камерой смешения воздуха в климатических условиях большей части РФ в диапазоне температур от +10 до -30°C рассмотрены в работах ученых ИВГПУ [3]. Поскольку продолжительность стояния умеренно холодных, низких и наиболее низких температур наружного воздуха в течение отопительного периода невелика, то экономически нецелесообразно поднимать (генерировать) дорогостоящую тепловую мощность воздушного теплового насоса на покрытие всей расчетной тепловой нагрузки.

Вследствие этого есть смысл рассматривать работу ВТН в экстремальных условиях с применением дополнительного "пикового" аккумулятора (электронагревателя), подключаемого только в период стояния низких и сверхнизких температур.

Рассмотрим классический ВТН с установкой снаружи (вне строения) (ВТН) и электрический котел (ЭК), взяв за основу при их сравнении COP- коэффициент преобразования (эффективности), равный отношению  $\frac{Q_{\text{полезн(ном.тепл)}}}{P_{\text{эл.двигателя}}}$ .

Граничные условия обозначим по коэффициенту эффективности (преобразования) относительно ВТН и ЭК (рис. 1 – график зависимости COP от температуры наружного воздуха рассматриваемых ВТН).

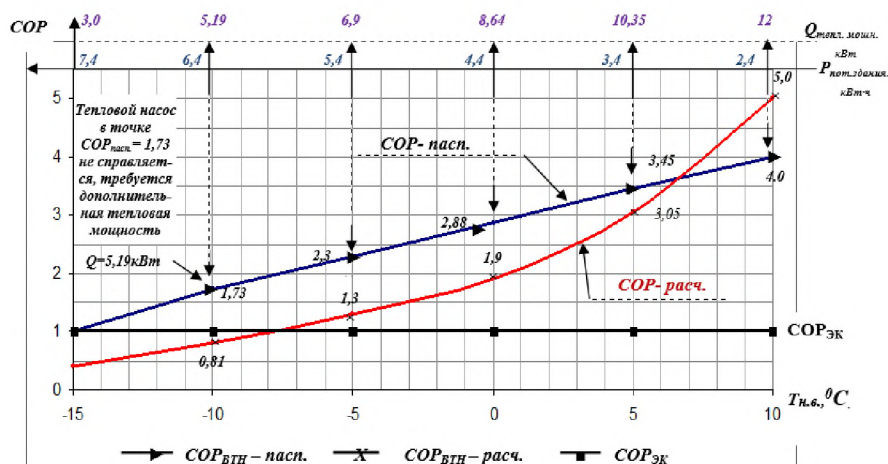


Рис. 1

Зависимости COP [ $COP=f(T_{нар}, °C)$ ] от температуры наружного воздуха рассматриваемых ВТН и ЭК будут являться граничными характеристиками (условиями) между воздушным тепловым насосом и электрическим котлом в диапазоне от  $COP = 1$  до  $COP = 4$  ( $COP = 1 \dots 4$ ), то есть  $COP_{ВТН}$  и  $COP_{ЭК}$  на графике будут лежать в пределах от 1 (электрический котел) до 4 (тепловой насос) – ось Y [4].

Поясняя рис. 1, для удобства и наглядности обозначим расчетные тепловые потери, зависящие от наружной температуры, согласно нашему строению:  $S = 100 \text{ м}^2$ ;  $t_{в, помещени}$  =  $22^\circ\text{C}$ ; удельные тепловые потери утепленного строения =  $2 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ) и отложим их на оси сверху параллельной оси X наружной температуры.

Имея диапазон теплотерь строения от

2,4 до 6,4 кВт·ч, выбираем ВТН с тепловой мощностью  $P = 12 \text{ кВт}$ , (A10/W30) согласно паспортным данным  $P_{эл. двигат} = 3,0 \text{ кВт}$ , а следовательно, COP – коэффициент эффективности (преобразования) =  $12 \text{ кВт} / 3 \text{ кВт} = 4$  при  $10^\circ\text{C}$  наружного воздуха.

Для построения графической зависимости COP от температуры наружного воздуха для ВТН приведем данные COP [4], рассчитанные для R22 при температуре на испаритель от  $-10$  до  $+10^\circ\text{C}$ .

Подбирая характеристики для наших условий, давление и температуру, находим и фиксируем на диаграмме (рис. 1) значения COP по всей шкале (оси X) температур наружного воздуха от  $+10$  до  $-15^\circ\text{C}$  для функциональной зависимости ВТН ( $f^\circ\text{C}$ ).

В табл. 1 представлен диапазон работы ВТН.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Наружная температура $t_{н.в.}, 10^\circ\text{C}$	COP по паспорту	Тепловые потери здания $P_{потерь}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$	Тепловая мощность $Q_{полезн} = COP \times P_{эл.двиг}$ , кВт при $P_{эл.двиг} = 3 \text{ кВт}$	COP расчетный	Время работы $T_{раб}, \text{мин}$
1	$t_{н.в.} = +10^\circ\text{C}$	4	2,4	12	5	12
2	$t_{н.в.} = +5^\circ\text{C}$	3,45	3,4	10,35	3,05	≈20
3	$t_{н.в.} = 0^\circ\text{C}$	2,88	4,4	8,64	1,9	≈32
4	$t_{н.в.} = -5^\circ\text{C}$	2,3	5,4	6,9	1,3	≈46
5	$t_{н.в.} = -10^\circ\text{C}$	1,73	6,4	5,19	0,81	≈74

Для сравнения эффективности расчет временного режима работы классического ВТН, нагревающего теплоноситель (воду) в буферной емкости  $V = 200 \text{ л}$  ( $\text{м}^3$ ) от  $30$  до  $60^\circ\text{C}$  и установленного снаружи дома без смесительной камеры при  $t = +10^\circ\text{C}$  снаружи,  $P_{тепл. мощность} = 12 \text{ кВт}$ , тепловых потерях  $2,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ , составит  $12 / 2,4 = 5$  раз  $\rightarrow 1 \text{ ч} = 60 \text{ мин} / 5 = 12 \text{ мин}$ ; ВТН работает 12 мин. При температуре  $t = -10^\circ\text{C}$  время работы ВТН составит более часа, так как в точке  $P_{потерь} = 5,19 \text{ кВт}$  при  $COP = 1,73$  ВТН не справляется с обогревом ввиду нехватки мощности, то есть  $P_{потерь} = 6,4 \text{ кВт} > P_{потерь} = 5,19 \text{ кВт}$ . В этом случае требуется дополнительная тепловая мощность, что составляет  $6,4 \dots 5,19 = 1,21 \text{ кВт}$ . Дополнительная тепловая мощность будет равняться  $1,21 \text{ кВт}$ .

Следовательно, при дальнейшем понижении наружной температуры баланс про-

изводства тепла и его потребление существенно перекошен в сторону недостатка потребления, что обуславливает необходимость включения на короткий срок в систему теплоснабжения воздушным тепловым насосом соответствующих аккумуляторов тепла: рекуператоров, тепловых вентиляторов, а при особо резких температурах – маломощных электротенов (ТЭН).

Именно в таких случаях целесообразно применять такие модели ВТН, как рециркуляционный воздушный тепловой насос (РВТН); рециркуляционный воздушный тепловой насос с рекуперацией (РВТНР); геотермальный воздушный тепловой насос (ГВТН). Это модели воздушного теплового насоса, использующие приемлемую конфигурацию воздухообмена (рециркуляцию, рекуперацию), коэффициент преобразования (эффективности) которых принимает значения выше 4 при температурном диапа-

зоне от -30 до +10°C, с теплопотерями здания до 10,4 кВт·ч.

Характер эффективности предлагаемых воздушных насосов будет зависеть от состояния влияния конфигурации воздухообмена воздушных тепловых насосов, а именно от приточно-вытяжной вентиляционной системы с рециркуляцией или с рекуперацией тепла вытяжного воздуха, обеспечивающего требуемый воздухообмен с минимальными теплопотерями.

## ВЫВОДЫ

1. Проведенные расчеты показателей эффективности работы ВТН позволяют установить функциональную зависимость между температурой воздуха на улице и коэффициентом эффективности (преобразования).

2. При понижении температуры наружного воздуха повышения эффективности работы ВТН можно достичь только при условии совмещения последнего со смесительной камерой и устройством воздухообмена, обеспечивающих рациональное бесперебойное производство тепла (режим работы теплового насоса).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А., Виноградова Н.В., Острякова Ю.Е. Эффективность отопления тепловым насосом автономных текстильных производств в зависимости от уровня термодинамической активности фреонов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 1. С. 179...184.

2. Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А. Алгоритм расчета энергоемкости воздухообмена воздушного теплового насоса с рециркуляцией для малоэтажного строения // Информационная среда вуза. – Иваново: ИВГПУ, 2016. С. 287...294.

3. Воронов В.А., Емелин В.А., Федосеев В.Н., Зайцева И.А. Климатические условия и факторы, влияющие на производительность воздушного теплового насоса // Сб. науч. тр.: Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений. – Иваново: ИВГПУ, 2015. С.185...189.

4. Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Емелин В.А., Воронов В.А., Зайцева И.А. Энергоэффективность рабочего тела (хладона) воздушного теплового насоса в режиме обогрева автономного текстильного цеха (производства) // Сб. науч. тр.: Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений. – Иваново: ИВГПУ, 2016. Вып. 2. С. 186...193.

5. Федосеев В.Н., Зайцева И.А., Емелин В.А., Воронов В.А. Энергоэффективный расчет отопления автономного строения на основе воздушного теплового насоса // Сб. науч. тр.: Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений. – Иваново: ИВГПУ, 2016. Вып. 2. С. 181...185.

## REFERENCES

1. Alojjan R.M., Fedoseev V.N., Petruhin A.B., Zajceva I.A., Vinogradova N.V., Ostrjakova Ju.E. Jеffektivnost' otoplenija teplovym nasosom avtonomnyh tekstil'nyh proizvodstv v zavisimosti ot urovnja termodinamicheskoj aktivnosti freonov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2017, № 1. S.179...184.

2. Fedoseev V.N., Petruhin A.B., Zajceva I.A. Algoritм rascheta jenergoemkosti vozduhoobmena vozdušnogo teplovogo nasosa s recirkuljaciej dlja malojetazhnogo stroenija // Informacionnaja sreda vuza. – Ivanovo: IVGPU, 2016. S. 287...294.

3. Voronov V.A., Emelin V.A., Fedoseev V.N., Zajceva I.A. Klimaticheskie uslovija i faktory, vlijajushhie na proizvoditel'nost' vozdušnogo teplovogo nasosa // Sb. nauch. tr.: Teorija i praktika tehnologicheskikh, organizacionno-tehnologicheskikh i jekonomicheskikh reshenij. – Ivanovo: IVGPU, 2015. S. 185...189.

4. Fedoseev V.N., Petruhin A.B., Emelin V.A., Voronov V.A., Zajceva I.A. Jenergojеffektivnost' rabocheго tela (hladona) vozdušnogo teplovogo nasosa v rezhime obogreva avtonomnogo tekstil'nogo cehа (proizvodstva) // Sb. nauch. tr.: Teorija i praktika tehnicheskikh, organizacionno-tehnologicheskikh i jekonomicheskikh reshenij. – Ivanovo: IVGPU, 2016. Vyp. 2. S.186...193.

5. Fedoseev V.N., Zajceva I.A., Emelin V.A., Voronov V.A. Jenergojеffektivnyj raschet otoplenija avtonomnogo stroenija na osnove vozdušnogo teplovogo nasosa // Sb. nauch. tr.: Teorija i praktika tehnicheskikh, organizacionno-tehnologicheskikh i jekonomicheskikh reshenij. – Ivanovo: IVGPU, 2016. Vyp. 2. S.181...185.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 23.08.17.