

УДК 677:697.1:65.011

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_1\_124

**ВОЗМОЖНОСТЬ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ РЕКУПЕРАЦИИ  
В СИСТЕМЕ ВОЗДУШНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ  
НЕБОЛЬШИХ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**THE POSSIBILITY OF THERMODYNAMIC RECOVERY  
ON THE SYSTEM AIR HEAT PUMP  
FOR AUTOMATED CLIMATE CONTROL  
OF SMALL MANUFACTURES OF THE TEXTILE INDUSTRY**

*С.В. ФЕДОСОВ, В.Н. ФЕДОСЕЕВ, А.Б. ПЕТРУХИН, Л.А. ОПАРИНА*

*S.V. FEDOSOV, V.N. FEDOSEEV, A.B. PETRUKHIN, L.A. OPARINA*

**(Ивановский государственный политехнический университет)**

**(Ivanovo state Polytechnical University)**

E-mail: a.petruhin@mail.ru

*В статье предложено простое энергоэффективное решение для создания адаптивно-автоматизированного энергосберегающего микроклимата в помещениях производственного и непромышленного назначения. Сопоставляя совместную работу воздушного теплового насоса с рекуператором и смесительной камерой, в сравнении с традиционной схемой нагрева воздуха (без рекуператора и смесительной камеры), было установлено, что потребляемую мощность можно снизить более чем в два раза.*

*In article the simple energy efficient solution for creation automated an adaptive energy saving microclimate in rooms of production and non-productive appointment is proposed. Comparing collaboration of the air thermal pump with the recuperator and the mixing camera in comparison with the traditional scheme of heating of air (without recuperator and the mixing camera) it was established that power consumption can be reduced more than twice.*

**Ключевые слова:** воздушный тепловой насос, электродвигатель, теплопотери, регулирование, управление, автоматизация, отопление, технологии.

**Keywords: air heat pump, electric boiler, heat loss, regulation, control, automation, heating, technology.**

В данной работе режим автоматизированного энергоэффективного отопления рассматривается как экономически выгодная интеграция в режиме совместной работы теплогенераторов низкпотенциальной тепловой энергии (воздушный тепловой насос) и низкпотенциальной системы теплоносителя, распространяемого через рукава устройства теплого пола тепловым потоком по всей площади помещения. При такой конфигурации эффективность отопления в малых цехах и производствах текстильной и легкой промышленности достигает экономии до 50% [3].

Рассматривая совместную работу воздушного теплового насоса (ВТН) с рекуператором, имеем в виду принцип теплообмена в рекуператоре, как рециркуляция, которая происходит без физического смешивания встречных потоков воздуха. Тепло, удаляемого из помещения воздуха передается приточному воздуху посредством теплообменных кассет. Движение воздушных потоков в кассетах перекрестное.

Такая система обеспечивает естественный (или принудительный) подбор эффективных параметров для выработки максимальной производительности ВТН. Данные параметры достигаются посредством смешения двух воздушных потоков – отработанного и удаляемого из помещения и наружного воздуха с улицы.

Обозначая приточно-вытяжную вентиляцию с рекуперацией, совмещенную с воздушным тепловым насосом, появляется необходимость несложного монтажа по обвязке установки воздуховодами, обеспечивая электропитанием и отведением конденсата.

Это простое и энергоэффективное решение для создания адаптивно-автоматизированной энергосберегающей вентиляции может применяться в помещениях, квартирах, частных домах, мастерских, текстильных производствах и других помещениях. В нашем случае установка может быть соединена с круглыми воздуховодами с номинальным диаметром  $d=125\text{мм}$ . Особенно

это выгодно в небольших текстильных и швейных цехах.

Небольшая воздухораспределительная сеть (рис.1) позволяет вентилировать от одного до нескольких помещений.

Регулирование расхода воздуха осуществляется при помощи трехступенчатого переключателя. Рекуператор позволяет утилизировать не только тепло, подаваемое на испаритель ВТН, но и влажность, вследствие чего в помещении поддерживается необходимый климат.

Энергоэффективный пластинчатый рекуператор выполняется из алюминиевых пластин, а в условиях эксплуатации установки без рекуперации в летний период в нем предусмотрен "летний" вкладыш. Управление производительностью рекуперации осуществляется с помощью несложного тиристорного регулятора оборотов двигателя, схема которого адаптивно согласуется со схемой управления (контроллером) ВТН.

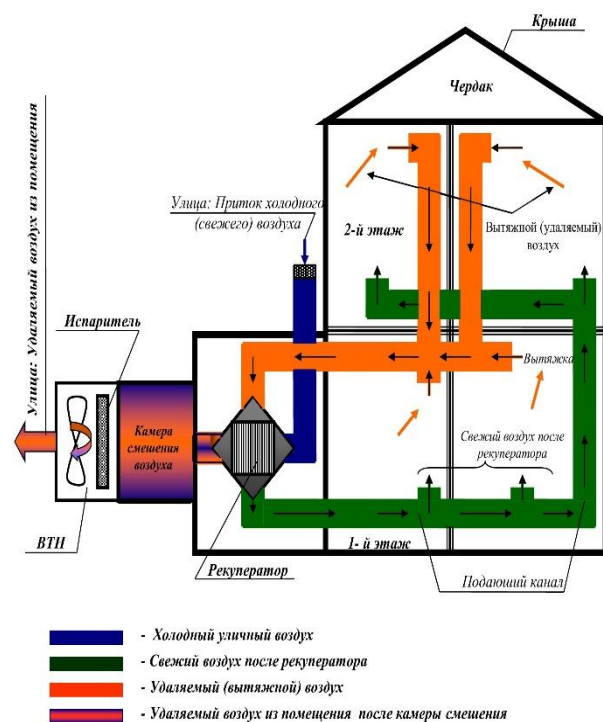


Рис. 1

Выразим расчетные данные в сравнительном порядке (ВТН с рекуператором и

без рекуператора) и поясним следующими расчетами.

Исходные данные для расчета: помещение текстильного производства площадью  $S=100 \text{ м}^2$ ; высотой  $H=2,5 \text{ м}$ ; объемом  $V=500 \text{ м}^3$ . В этом случае тепловой насос типа "воздух – вода" Meeting 7 кВт [2], рас-

ходуя объем воздуха  $V=470 \text{ м}^3/\text{ч}$  (согласно данным технического паспорта).

Для нагрева  $1 \text{ м}^3$  воздуха на  $1^\circ\text{C}$  необходимо  $0,34 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3\cdot^\circ\text{C}$  тепла [9], [11].

Результаты сравнительных расчетов при температуре наружного воздуха  $0, -10$  и  $-20^\circ\text{C}$  представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

t наружного воздуха °C	Объем замещаемого воздуха, м <sup>3</sup>	Мощность на нагрев замещаемого воздуха W, кВт·ч (без рекуперации) $\Delta t = (t_{\text{внутр. возд}} - t_{\text{наружн. возд}})$	Мощность на нагрев замещаемого воздуха W, кВт·ч, (КПД рекуператора 50%)
0	500	$\Delta t =  0+23 =23^\circ\text{C}$ , $W=500 \times 23 \times 0,34=1955 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 3,91 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	$\Delta t =  0+23 /2=11,5^\circ\text{C}$ , $W=500 \times 11,5 \times 0,34=977,5 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 1,955 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$
-10	500	$\Delta t =  -10+23 =33^\circ\text{C}$ , $W=500 \times 33 \times 0,34=2805 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 5,61 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	$\Delta t =  -10+23 /2=16,5^\circ\text{C}$ , $W=500 \times 16,5 \times 0,34=1402,5 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 2,805 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$
-20	500	$\Delta t =  -20+23 =43^\circ\text{C}$ , $W=500 \times 43 \times 0,34=3655 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 7,31 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	$\Delta t =  -20+23 /2=21,5^\circ\text{C}$ , $W=500 \times 21,5 \times 0,34=1827,5 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 3,655 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$

Из табл. 1 видно, что если применять нагрев воздуха без рекуператора (воздух берем из помещения) при температуре наружного воздуха  $-10^\circ\text{C}$ , то потребуются дополнительная мощность, то есть увеличится время работы ВТН на нагрев приточного воздуха, мощность которого в этом случае составит:

$$W=500 \text{ м}^3 \cdot 33^\circ\text{C} \cdot 0,34 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3\cdot^\circ\text{C} = 5610 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 5,61 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Если сравнить эти результаты, при температуре  $-10^\circ\text{C}$ , то увидим, что мощность на нагрев замещаемого воздуха составляет  $5,61 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ , а с рекуператором при КПД рекуператора 50% (1/2) составляет  $2,805 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ , что в два раза меньше по сравнению с обычным (простым) вариантом.

Таким образом, схема ВТН с рекуперацией, как многофункциональная система регенерации и подготовки воздуха (воздухообмена), способна компенсировать различные схемы компоновки данной теплогенерации.

## ВЫВОДЫ

1. В режиме автоматизации система регулирует работу приточно-вытяжной уста-

новки (ПВУ) в помещении и экономит энергоресурсы на базе контроллера качества воздуха "Smart control", который управляет установкой, величиной  $\text{CO}_2$ , влажностью, температурой и поддерживает микроклимат.

2. Применяя воздушный тепловой насос на основе активной термодинамической регенерации, имеем широкие возможности в приготовлении полезной для нас воздушной среды. Эта система активного теплового обмена для отопления воздушным тепловым насосом на сегодня самая современная, экономически и экологически выгодная, как для окружающей среды, так и для помещений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Свод правил СП 60.13330.2012, "СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха" (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. №279).

2. Meeting. Инструкция по эксплуатации теплового насоса с передачей тепла от воздуха к воде / [https://solar-dom.com/upload/iblock/287/Meeting\\_user\\_manual\\_MD\\_RU\\_.pdf](https://solar-dom.com/upload/iblock/287/Meeting_user_manual_MD_RU_.pdf).

3. Федосеев В.Н., Алоян Р.М., Виноградова Н.В., Воронов В.А. Сравнительная эффективность теплоотдачи современных видов отопления в малоэтажных текстильных строениях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 3. С.237...240.

4. Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А. Алгоритм расчета энергоемкости воздухообмена воздушного теплового насоса с рециркуляцией для малоэтажного строения // Информационная среда вуза. – 2016, № 1 (23). С. 287...293.

5. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н. Возможность внедрения экологической и энергосберегающей технологии в текстильной энергетике // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 2. С. 188...192.

6. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В., Иродова М.Р., Зайцева И.А. Экономически эффективный воздухообмен в системе теплоснабжения тепловым насосом малоэтажных текстильных помещений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 5. С. 210...215.

7. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В., Воронов В.А., Емелин В.А. Теплопотери и теплоприток при совместной работе смесительной камеры и воздушно-теплового насоса в малоэтажных строениях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 4. С. 209...213

8. Федосеев В.Н., Зайцева И.А., Остриякова Ю.Е., Целовальникова Н.В., Емелин В.Н., Воронов В.Н. Эффективное управление системой теплогенерации в автономных производственных помещениях // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017, № 4-4 (58). С. 109...113.

9. Баскаков А.П., Берг Б.В., Витт О. и др. Теплотехника / Под ред. Баскакова А.П. – М.: Энергоиздат, 2010.

10. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. – М.: Высшая школа, 2003.

11. Богословский С.В. Физические свойства газов и жидкостей. – СПб., 2001.

#### REFERENCES

1. Svod pravil SP 60.13330.2012, "SNiP 41-01-2003. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukh" (utv. prikazom Ministerstva regional'nogo razvitiya RF ot 30 iyunya 2012 g. №279).

2. Meeting. Instruktsiya po ekspluatatsii teplovogo nasosa s peredachey tepla ot vozdukh k vode / [https://solar-dom.com/upload/iblock/287/Meeting\\_user\\_manual\\_MD\\_RU\\_.pdf](https://solar-dom.com/upload/iblock/287/Meeting_user_manual_MD_RU_.pdf).

3. Fedoseev V.N., Aloyan R.M., Vinogradova N.V., Voronov V.A. Sravnitel'naya effektivnost' teplootdachi sovremennykh vidov otopleniya v maloetazhnykh tekstil'nykh stroeniyakh // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 3. S. 237...240.

4. Fedoseev V.N., Petrukhin A.B., Zaytseva I.A. Algoritm rascheta energoemkosti vozdukhoobmena vozduzhnogo teplovogo nasosa s retsirkulyatsiey dlya maloetazhnogo stroeniya // Informatsionnaya sreda vuza. – 2016, № 1 (23). S. 287...293.

5. Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Fedoseev V.N. Vozmozhnost' vnedreniya ekologicheskoy i energosberegayushchey tekhnologii v tekstil'noy energetike // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 2. S. 188...192.

6. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V., Irodova M.R., Zaytseva I.A. Ekonomicheski effektivnyy vozdukhoobmen v sisteme teplosnabzheniya teplovym nasosom maloetazhnykh tekstil'nykh pomeshcheniy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 5. S. 210...215.

7. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V., Voronov V.A., Emelin V.A. Teplopoteri i teploprиток pri sovместной работе smesitel'noy kamery i vozduzhno-teplovogo nasosa v maloetazhnykh stroeniyakh // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 4. S. 209...213

8. Fedoseev V.N., Zaytseva I.A., Ostryakova Yu.E., Tseloval'nikova N.V., Emelin V.N., Voronov V.N. Effektivnoe upravlenie sistemoy teplogeneratsii v avtonomnykh proizvodstvennykh pomeshcheniyakh // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. – 2017, № 4-4 (58). S. 109...113.

9. Baskakov A.P., Berg B.V., Vitt O. i dr. Теплотехника / Под ред. Баскакова А.П. – М.: Энергоиздат, 2010.

10. Kudinov V.A., Kartashov E.M. Tekhnicheskaya termodinamika. – М.: Vysshaya shkola, 2003.

11. Bogoslovskiy S.V. Fizicheskie svoystva gazov i zhidkostey. – SPb., 2001.

Рекомендована кафедрой организации, производства и городского хозяйства. Поступила 20.05.19.