

## ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА В ПАРОКОМПРЕССИОННОЙ СИСТЕМЕ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГИИ ХОЛОДНОЙ ВОДЫ И ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА

**Петраш В.Д.**, д.т.н., профессор,  
**Высоцкая М.В.**, аспирант,  
*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
mary\_vusotskay@mail.ru

**Аннотация.** На основе анализа результатов аналитического исследования установлены зависимости, которые позволяют производить поиск путей экономии замещаемого топлива в процессе утилизации теплоты холодной воды и вентиляционного воздуха в предложенных системах теплохладоснабжения зданий, как в моноэнергетическом режиме, так и при совместной работе их с дополнительным теплогенератором. Сопоставление результатов экономии топлива в совместной работе теплонасосной установки и традиционного теплогенератора указывает на существенное снижение эффективности работы бинарного источника теплоты по сравнению с условиями индивидуальной эксплуатацией теплонасосной установки в моноэнергетическом режиме.

**Ключевые слова:** теплохладоснабжение, экономия топлива, коэффициент преобразования, утилизируемая теплота.

## ЕКОНОМІЯ ПАЛИВА В ПАРОКОМПРЕСІЙНІЙ СИСТЕМІ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ЕНЕРГІЇ ХОЛОДНОЇ ВОДИ І ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ПОВІТРЯ

**Петраш В.Д.**, д.т.н., професор,  
**Висоцька М.В.**, аспірант,  
*Одеська державна академія будівництва та архітектури*  
mary\_vusotskay@mail.ru

**Анотація.** На основі аналізу результатів аналітичного дослідження встановлено залежності, які дозволяють здійснювати пошук шляхів економії замінного палива в процесі утилізації теплоти холодної води та вентиляційного повітря у запропонованих системах теплохолодопостачання будівель, як в моноенергетичному режимі, так і при спільній роботі їх з додатковим теплогенератором. Порівняння результатів економії палива в спільній роботі теплонасосної установки та традиційного теплогенератора вказує на істотне зниження ефективності роботи бинарного джерела теплоти, порівняно з умовами індивідуальної експлуатацією теплонасосної установки у моноенергетичному режимі.

**Ключові слова:** теплохолодопостачання, економія палива, коефіцієнт перетворення, утилізаційна теплота.

## FUEL ECONOMY IN VAPOUR COMPRESSED SYSTEM OF BUILDINGS HEAT COLD SUPPLY BASED ON THE ENERGY OF COLD WATER AND VENTILATION AIR

**Petrash V.**, Sc.D, professor,  
**Vusotskaya M.**, post-graduate student,  
*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*  
mary\_vusotskay@mail.ru

**Abstract.** Dependencies of the basis of the research results which allow to search ways substitutable fuel economy during cold water heat recovery and ventilation air in buildings proposed systems, heat and cold, both in mono-energy mode and in co-operation with them additional heat source are determined. Results matching of fuel economy in mutual installation and traditional generator shows great decrease of operation efficiency of the double heat sources exploitation conditions of heat pumping installation in mono energy mode.

One of the ways to solve this problem is the development of the proposed heat and cold supply for industrial and civil buildings, characterized with great warm - and moisture excess.

The analyzed system operation in mono energy mode provides full economy from 42 to 100 % in calculated condition in cold and warm periods of the year respectively.

The established analytical relationships as well as their graphical interpretation allow multifactorial analysis of economies substitutable fuel based on recoverable heat cold water and exhaust air vent as in mono-energy mode and its co-operation process with additional heat source.

**Keywords:** heat and cold, fuel economy, conversion efficiency, utilized heat.

**Постановка проблемы.** Современное состояние, перспективы и проблемы использования соответствующих систем теплоснабжения предопределяет необходимость совершенствования процессов отбора теплоты и режимов потребления теплоты абонентскими системами при интегрированной работе возобновляемых источников энергии. Одним из направлений решения поставленной задачи является разработка предложенных систем теплохладоснабжения [1, 2] промышленных и гражданских зданий, характеризующихся значительными тепло - и влагоизбытками.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В специализированной литературе все больше внимания уделяется вопросам оценки эффективности парокомпрессионной системы теплохладоснабжения зданий на основе энергии холодной воды и теплоты удаляемого вентиляционного воздуха. Так, в работах [2, 3] отражена принципиальная схема предложенной системы. Приведены основные преимущества применения парокомпрессионной системы теплохладоснабжения зданий. В работе [1] изложена концепция и приведены условия высокоэффективной эксплуатации парокомпрессионной установки.

**Цель работы.** Определить условия рациональной экономии топлива в работе предложенной системы теплохладоснабжения зданий [1, 2] в зависимости от режимов и эффективности преобразования энергетических потоков.

**Результаты исследования.** Тепловой поток, генерируемый теплонасосной установкой  $Q_{тн}$  для абонентских подсистем, определяется на основе установленной зависимости расчета утилизируемой теплоты в испарителе  $Q_u$  при заданном коэффициенте преобразования  $\varphi$  по уравнению [4, 5]:

$$Q_{тн} = \frac{\varphi}{\varphi - 1} Q_u, \quad (1)$$

которое с учетом зависимости [3], определяющей энергетическую мощность испарителя  $Q_u$  приобретает вид:

$$Q_{тн} = \frac{B_k Q_n^p}{860} j \frac{\varphi}{\varphi - 1}. \quad (2)$$

Известно [6], что генерируемый тепловой поток в работе традиционной котельной установки определяется по зависимости:

$$Q_{кот} = \frac{B_k Q_n^p}{860} \eta_k. \quad (3)$$

Из условия равенства тепловых потоков согласно (2) и (3) определяется относительная экономия топлива в виде следующего соотношения:

$$\bar{B}_{тн} = \frac{B_{к}}{B_{к}} = \frac{(\varphi - 1) \eta_{к}}{\varphi j} \quad (4)$$

На рис. 1 представлена зависимость относительной экономии замещаемого топлива от коэффициента преобразования в работе теплонасосной системы теплоснабжения. В качестве исходных данных для определения экономии топлива, в процессе утилизации теплоты удаляемого воздуха и холодной воды были приняты следующие данные:  $T_{yx,n} = 295, K$ ;  $T_{yx,k} = 278, K$ ;  $T_{yx,p} = 285, K$ ;  $\eta_{к} = 0,9$ .

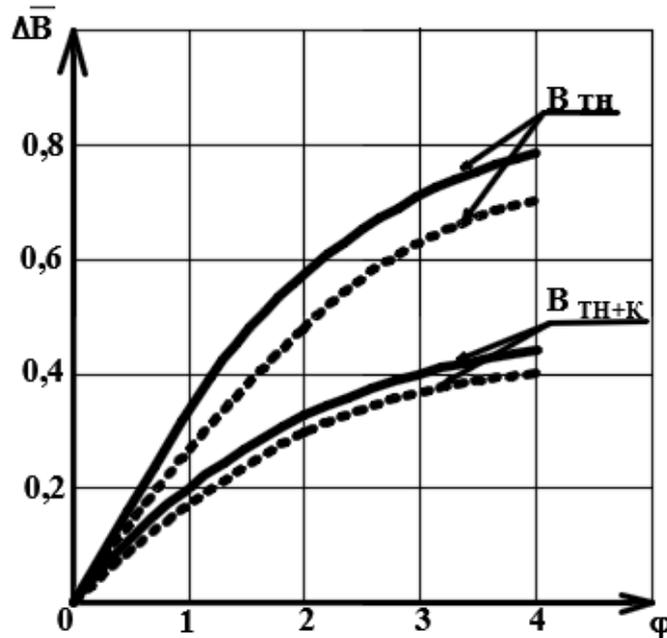


Рис. 1. Зависимость экономии замещаемого топлива в работе теплонасосной системы от коэффициента преобразования: —  $j = 0,7$ ; ----  $j = 0,9$

Из представленных графиков следует, что для реально достижимых коэффициентов преобразования в работе предложенной системы [1, 2], находящихся в диапазоне  $\varphi = (3 \dots 5)$ , экономия топлива находится в пределах 65...82 %. Указанный результат экономии топлива несколько ниже при расчетных условиях для холодного периода года.

Исходя из определения соотношения расходов удаляемого вентиляционного воздуха и холодной воды в виде симплекса разностей температур и коэффициентов преобразования, материального баланса расходов  $G_{хв} = G_{гв} + G_{б}$ , ранее принятого соотношения  $G_{гв} = \beta G_{б}$  [3], а также зависимостей для тепловых потоков испарителя и конденсатора теплонасосной установки, экономия топлива в моноэнергетическом режиме работы системы теплоснабжения согласно (4), приобретает следующий вид:

$$\bar{B}_{тн} = \frac{G_{yx} c_{yx} (t_{n,yx} - t_{k,yx})}{\frac{G_{хв}}{1 + \beta} c [(t_{б} - t_{хв}) + \beta (t_{гв} - t_{хв})]} \cdot \frac{\eta_{к}}{\left[ j_c + j_n \left( \frac{Q_{в}}{Q_{н}} - 1 \right) \right]} \quad (5)$$

На рис. 2 представлена графическая интерпретация зависимости (5) относительной экономии топлива в моноэнергетическом режиме работы теплонасосной системы теплоснабжения от температуры холодной воды на вводе в здание.

Проанализируем экономию замещаемого топлива в процессе совместной работы теплонасосной установки и традиционного водогрейного котла. Для условий бинарного

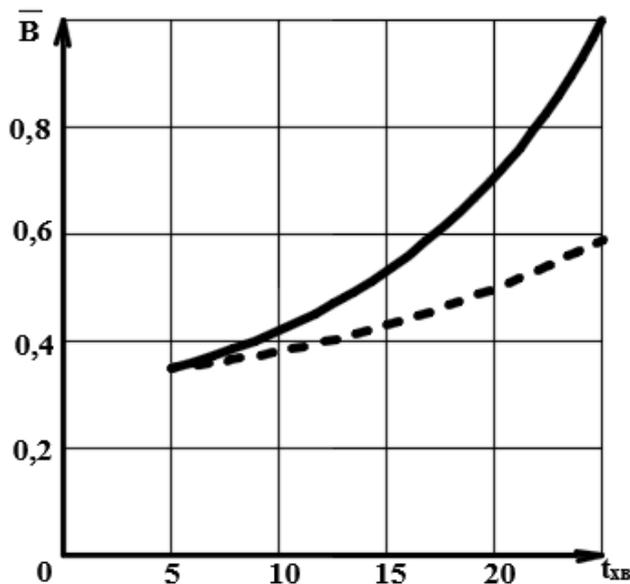


Рис. 2. Зависимость относительной экономии топлива в работе теплонасосной системы теплохладоснабжения от температуры холодной воды на вводе в здание:

$$\text{—} \frac{B_{mn}}{B_k}, \quad \text{- - -} \frac{B_{mn+k}}{B_k}$$

режима работы теплонасосной системы на основе утилизации теплоты удаляемого вентиляционного воздуха и холодной воды, работающей совместно с традиционным котлом в качестве ДИЭ, общий тепловой поток для нагрева воды, поступающей на горячее водоснабжение и в бассейн, определяется с учетом (7) и (8) согласно [3] в следующем виде:

$$Q_{mn+кот} = B_{mn+кот} \frac{Q_n^p}{860} \eta_k + \frac{\varphi}{\varphi - 1} j \quad (6)$$

На основе уравнений (6) и (3) определяется экономия топлива в процессе утилизации теплоты удаляемого вентиляционного воздуха и холодной воды по сравнению с условиями работы традиционного теплогенератора, согласно зависимости:

$$\bar{B}_{mn+k} = \frac{\eta_k}{\eta_k + \frac{\varphi}{\varphi - 1} j} \quad (7)$$

Графиками, представленными в нижней части на рис. 1, иллюстрируется зависимость относительной экономии топлива (7) от эффективности преобразования энергетических потоков ( $\varphi$ ) в процессе совместной работы теплонасосной установки и котла по сравнению с условиями работы традиционного теплогенератора. Сопоставление результатов экономии топлива в совместной работе теплонасосной установки и котла указывает на существенное снижение эффективности работы бинарного источника теплоты по сравнению с условиями индивидуальной работы теплонасосной установки в моноэнергетическом режиме.

Зависимость (7) на основе более полного учета исходных параметров системы и аналогичных преобразований с (5), приобретает следующий вид:

$$\Delta \bar{B}_{mn+k} = \frac{B_{k+mn}}{B_k} = \frac{1}{1 + \frac{c[(t_{\sigma} - t_{\sigma\sigma}) + \beta(t_{\sigma\sigma} - t_{x\sigma})]}{(1 + \beta)c_{yx}(t_{n,yx} - t_{k,yx})} \cdot \left[ \frac{j_c + j_n \left( \frac{Q_{\sigma}^p}{Q_n^p} - 1 \right)}{\eta_k} \right]} \quad (8)$$

Зависимость (8) иллюстрируется соответствующими графиками на рис. 2, которые

позволяют производить качественную оценку экономии замещаемого топлива в зависимости от режимных условий при совместной работе теплонасосной установки с традиционным теплогенератором в качестве ДИЭ на основе утилизируемой теплоты удаляемого вентиляционного воздуха и холодной воды на вводе в здание. В качестве исходных данных к ранее принятым значениям  $j$  и  $\eta_k$  рассматривались:  $G_{yx}/G_{xb} = 3,5$ ,  $\beta = 0,5$ . Представленными графиками на рис. 2 иллюстрируется экономия топлива в теплый период при  $t_{xb} = 25^\circ\text{C}$ , составляющая до 58 % которая существенно ниже по сравнению с условиями работы теплонасосной установки в моноэнергетическом режиме.

#### **Выводы.**

1. Установленные аналитические зависимости (4) и (5), (7) и (8), а также их графическая интерпретация, позволяют производить многофакторный анализ возможностей экономии замещаемого топлива на основе утилизируемой теплоты холодной воды и удаляемого вентиляционного воздуха, как в моноэнергетическом режиме, так и в совместном процессе ее эксплуатации с дополнительным теплогенератором.

2. Работа анализируемой системы в моноэнергетическом режиме обеспечивает экономию топлива от 42 до 100 % в расчетных условиях соответственно холодного и теплого периодов года.

3. Сопоставление результатов экономии топлива в совместной работе теплонасосной установки и традиционного теплогенератора указывает на существенное снижение эффективности работы бинарного источника теплоты по сравнению с условиями индивидуальной эксплуатацией теплонасосной установки в моноэнергетическом режиме.

#### **Литература**

1. Петраш В.Д. Система теплохолодоснабження на базі інтегрованої енергії холодної води та повітряних потоків з пневмогідравлічною стабілізацією термотрансформаторних процесів / В.Д. Петраш, М.В. Высоцька, О.А. Поломанний // Патент на винахід № 109848. – Київ, «Український інститут промислової власності», 2015. – Бюл. № 19.

2. Высоцкая М.В. Пневматическая стабилизация гидравлического режима в системе теплохладоснабжения на основе интегрированной энергии холодной воды и вентиляционного воздуха / М.В. Высоцкая // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2015. – Вип. 58. – С. 41-46.

3. Петраш В.Д. Условия эффективной работы теплонасосной системы теплохладоснабжения на основе энергии холодной воды и вентиляционного воздуха / В.Д. Петраш, М.В. Высоцкая // Науково – технічний збірник, Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – Киев, КНУБА, 2016. – Вип. 20. – С.46-52

4. Петраш В.Д. Теплонасосные системы теплоснабжения: монография / В.Д. Петраш. – Одеса: типография «ВМВ», 2014. – 556 с.

5. ДСТУ Б В.2.5-44:2010. Проектування системо палення будівель з тепловими насосами. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – С. 57.

6. Клименко В.Н. Некоторые особенности применения парокompрессионных тепловых насосов для утилизации сбросной теплоты отопительных котлов / В.Н. Клименко // Промышленная теплотехника. – Киев, 2011. – Вип. 5. т. 33. – С. 42-48.

Стаття надійшла 4.12.2016