

6. Подъяпольский, С. С. Реставрация памятников архитектуры: учебное пособие для вузов / С. С. Подъяпольский [и др.] ; под общ. ред. С. С. Подъяпольского, 2-е изд. – М. : Стройиздат, 2000. – 288 с.

7. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л. Н. Машляковского. – М. : Пэинт-Медиа, 2004. – 548 с.

8. Тур, Э. А. Реставрация Коссовского дворца Пусловских и решение возникших при этом технических проблем / Э. А. Тур, В. Н. Казаков, С. В. Басов // Вестник Брестского гос. технич. ун-та. – 2017 – № 1: Строительство и архитектура. – С. 128–131.

9. Тур, Э. А. Исследование минеральных материалов, использованных при постройке дворцового комплекса Сапегов в Ружанах / Э. А. Тур, С. В. Басов // Вестник Брестского гос. технич. ун-та. – Брест : БрГТУ, 2014. – № 1 : Строительство и архитектура. – С. 88–91.

10. Тур, Э. А. Комплексные научные исследования фасадов костела святых Петра и Павла в д. Рожанка Гродненской области / Э. А. Тур [и др.] // Вестник Брестского гос. технич. ун-та. – 2020. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 147-152.

11. Тур, Э. А. К вопросу о сохранении объектов историко-культурного наследия в г. Бресте / Э. А. Тур, С. В. Басов // Вестник Брестского гос. технич. ун-та. – 2018. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 17–21.

12. Тур, Э. А. Комплексные научные исследования руин усадьбы «Наднёман» в д. Наднёман Узденского района Минской области как объекта историко-культурного наследия / Э. А. Тур [и др.] // Вестник Брестского гос. технич. ун-та. – 2021. – № 1: Технические науки (строительство, машиностроение, геоэкология), экономические науки. – С. 33–38.

13. Тур, Э. А. Свято-Рождества-Богородицкая церковь-крепость оборонительного типа в д. Мурованка Гродненской области как объект историко-культурного наследия Республики Беларусь / Э. А. Тур [и др.] // Вестник Брестского гос. технич. ун-та. – 2023. – № 2: Технические науки (строительство, машиностроение, геоэкология), экономические науки. – С. 32–38.

УДК 697.95

*Рязанова К. А., Сафонова А. А.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Янчилин П. Ф.*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД**

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств, называемых системой кондиционирования воздуха. В состав входят технические средства забора воздуха (фильтры, теплообменники, увлажнители или осушители воздуха, вентиляторы), а также средства хладо- и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля.

Автоматизированная система кондиционирования поддерживает заданное состояние воздуха в помещении независимо от колебаний параметров окружающей среды (атмосферных условий).

Основное оборудование системы кондиционирования для подготовки и перемещения воздуха агрегируется (компонуются в едином корпусе) в аппарат, называемый кондиционером. [1].

Общие сведения о проектируемом объекте:

Здание двухэтажное с чердаком и подвалом. Высота этажа от пола до потолка  $h=5$  м.

Характеристика данного помещения:

- зал собраний площадью ( $F = 302 \text{ м}^2$ ) и объемом ( $V = 1510 \text{ м}^3$ );
- имеются 12 световых проемов (окон): 5 окон выходит на северо-запад, 5 – на юго-восток, 2 – на северо-восток; размеры окон –  $H = 1,83 \text{ м}$ ,  $B = 2 \text{ м}$ , общей площадью  $3,66 \text{ м}^2$  каждое;
- предполагаемое количество людей в помещении – 85 человек;
- помещение с постоянным, периодическим пребыванием людей;
- расчетный расход воздуха –  $L_p = 11271 \text{ м}^3/\text{ч}$  или  $G_p = 13412 \text{ кг}/\text{ч}$ .

Построение всех процессов начинаем с нанесения на  $I-d$ -диаграмму точек  $H$  и  $B$ , характеризующих состояние наружного ( $t_H = -24^\circ \text{C}$  и  $I_H = -22,7 \text{ кДж}/\text{кг}$ ) и внутреннего воздуха ( $t_B = 19^\circ \text{C}$  и  $\varphi_B = 30\%$ ) для расчетных условий. Параметры точки  $H$  – температуру и энтальпию – принимаем по [2]. Параметры точки  $B$  – температура и энтальпия – принимаем по [3].

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении  $\epsilon_x = 10265,9 \text{ кДж}/\text{кг}$  на точку  $B$  и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку  $\Pi$  (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы  $t_{\Pi} = 17^\circ \text{C}$ ) и точку  $У$  (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы  $t_y = 20,4^\circ \text{C}$ ).

В холодный период года целесообразно рассмотреть и произвести оценку применения утилизации теплоты уходящего воздуха. При этом 100 % удаляемого из помещения воздуха пропускается через утилизатор теплоты и выбрасывается в атмосферу. Подбор рекуператоров осуществляем в программе WinClim II [6]. Для защиты рекуператоров от обмерзания необходимо использовать термостат защиты при  $t < -5^\circ \text{C}$ .

При помощи программы WinClim II подбираем высокоэффективный пластинчатый рекуператор (рисунок 1).

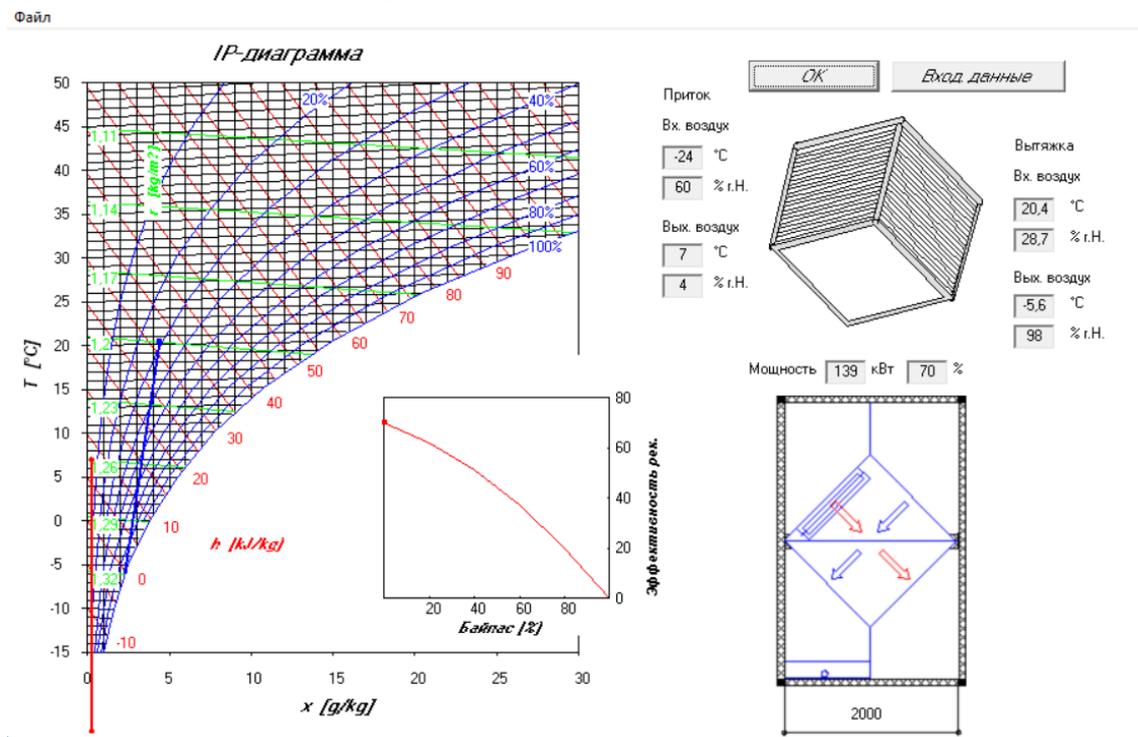


Рисунок 1 – Расчет пластинчатого рекуператора (тип высокоэффективный) в программе WinClim II

1. Процесс обработки воздуха с помощью пластинчатого рекуператора.

Построение процесса на  $I-d$  диаграмме отображено на рисунке 2а. Принципиальная схема установки изображена на рисунке 3а.

В пластинчатый рекуператор поступает воздух с параметрами  $H$  и параметрами  $У$ , далее поступает с параметрами  $P$  в камеру пароувлажнения, где переходит в состояние  $O$ . Далее попадает в камеру нагрева и принимает параметры  $П$ .

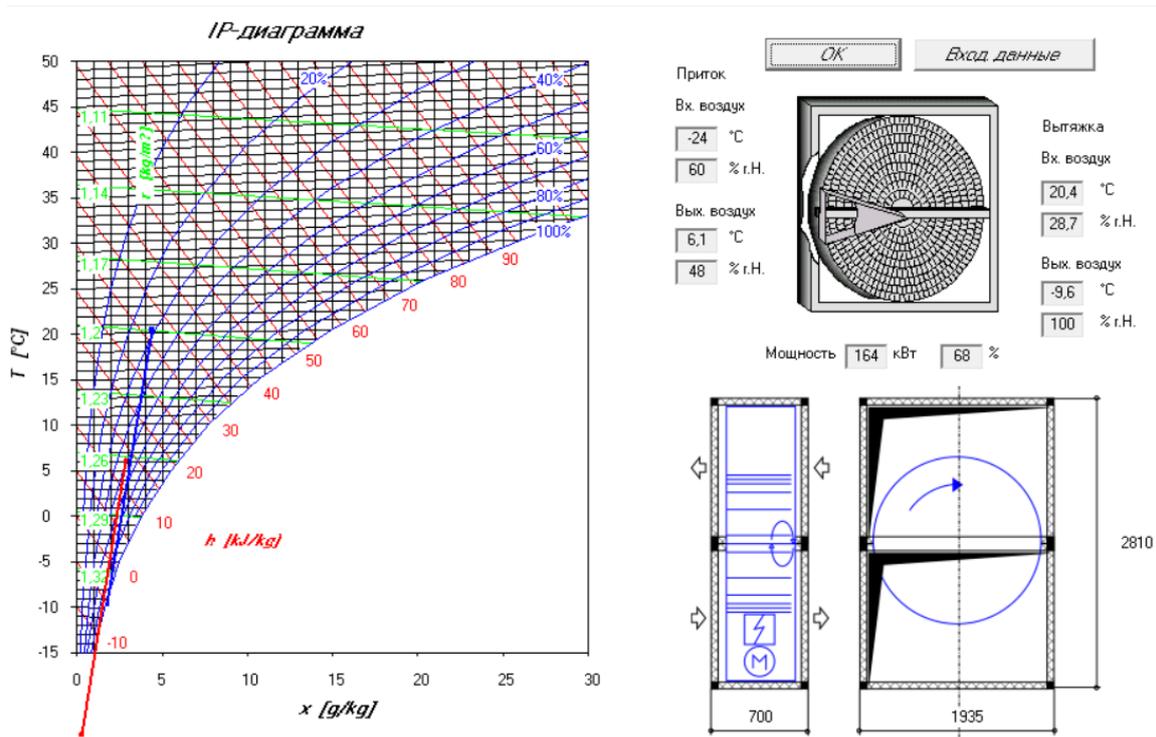
Путь обработки: «наружный воздух» – «рекуперация тепла» – «пароувлажнение» – «нагрев».

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобились: пластинчатый рекуператор, камера пароувлажнения, для которой необходимо подать 45,6 кг/ч пара и затратить 4,8 кВт/ч электроэнергии для нагрева воды и 28,6 кВт/ч для нагрева пара, а также камера нагрева с затратами 37,6 кВт/ч электроэнергии.

2. Процесс обработки воздуха с помощью ротационного рекуператора.

Построение процесса на  $I-d$  диаграмме отображено на рисунке 2б. Принципиальная схема установки изображена на рисунке 3б.

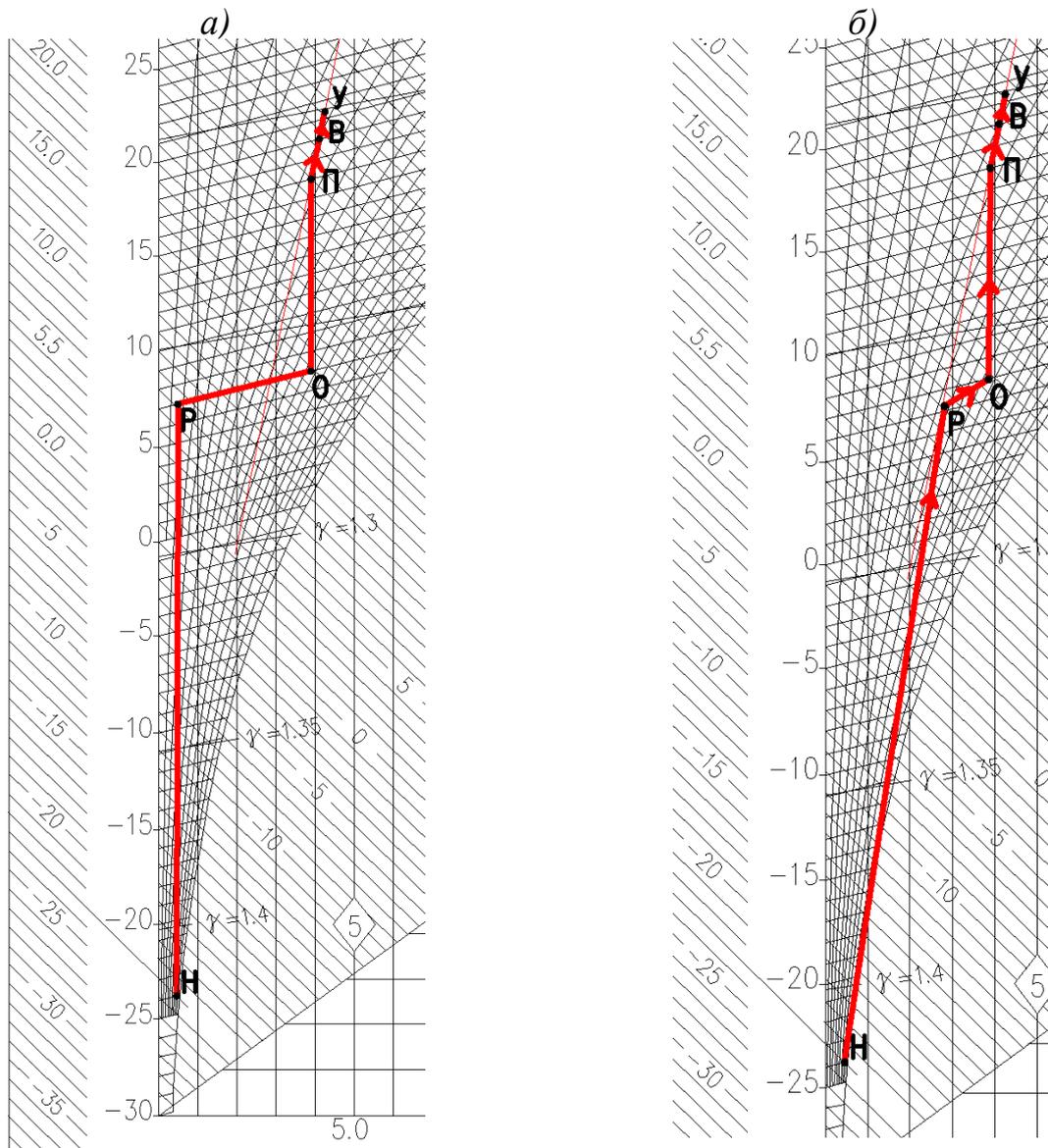
При помощи программы WinClim подбираем ротационный рекуператор. Из точки  $H$  попадаем в  $P$  (после рекуператора). Из точки  $P$ , подмешивая к наружному рециркуляционный попадаем в точку  $C$ . Далее воздух нагреваем и попадаем в точку  $П$ .



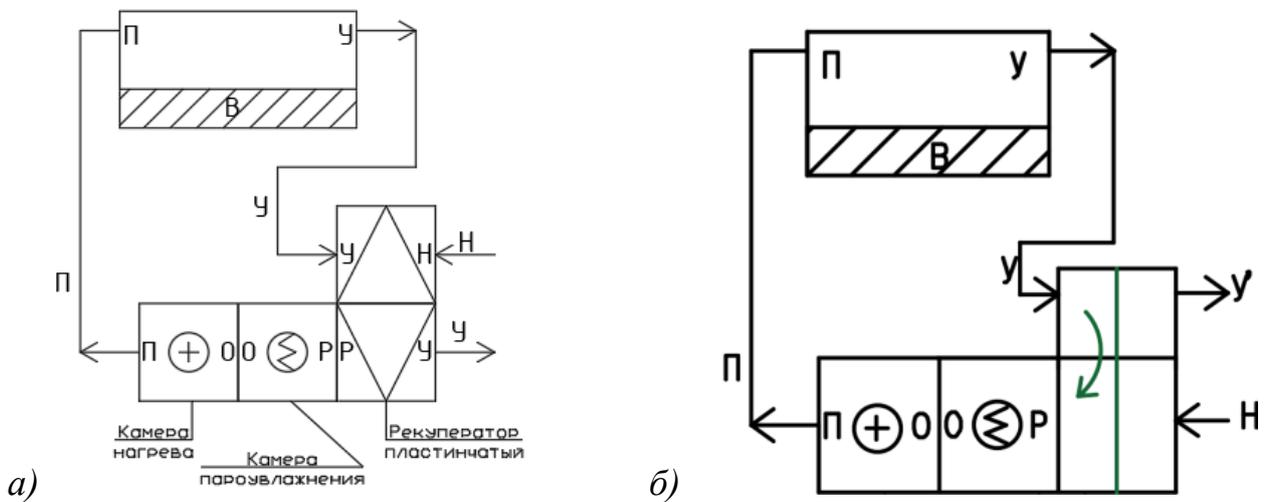
**Рисунок 2 – Расчет ротационного рекуператора (тип высокоэффективный) в программе WinClim II**

Путь обработки: «наружный воздух» – «рекуперация тепла» – «пароувлажнение» – «нагрев».

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобился ротационный рекуператор, камера пароувлажнения, для которой необходимо подать 16 кг/ч пара и затратить 10,4 кВт/ч электроэнергии для нагрева воды и 1,4 кВт/ч для нагрева пара.



а – прямоточный с пластинчатым рекуператором;  
 б – процесс обработки воздуха с помощью ротационного рекуператора  
**Рисунок 3 – Процессы обработки воздуха в холодный период года**



а – при прямоточном процессе обработки воздуха с пластинчатым рекуператором;  
 б – при процессе обработки воздуха с помощью ротационного рекуператора  
**Рисунок 3 – Принципиальные схемы установки в холодный период года**

Основные данные по процессам с пластинчатым рекуператором в холодный период года заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристика процессов с пластинчатым рекуператором в холодный период года

Процесс обработки воздуха	Наименование требуемых секций кондиционера	Количество подаваемого/забираемого тепла, кДж/ч	Количество воды/пара, кг/ч	Количество смешиваемого рециркуляционного воздуха кг/ч
1. Обработка воздуха с помощью пластинчатого рекуператора	1. Рекуператор пластинчатый, тип высокоэффективный 2. Пароувлажнитель 3. Калорифер	135461кДж/ч 37 кВт	45,6 кг/ч (31,7 кВт)	–
2. Обработка воздуха с помощью ротационного рекуператора	1. Рекуператор ротационный, тип высокоэффективный 2. Пароувлажнитель 3. Калорифер	56330,4кДж/ч 15,6 кВт	16 кг/ч (13,1 кВт)	–

При выборе применяемого процесса для холодного периода следует учесть, что выбирать надо процесс с наименьшими затратами тепла и воды, предпочтительнее применять процессы с рециркуляцией и количество требуемых секций должно быть минимальным. По всем параметрам подходит процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и роторным рекуператором: для его обеспечения нужен роторный рекуператор и пароувлажнитель.

Вывод. Для холодного периода года (ХП) выбираем процесс обработки воздуха с помощью ротационного рекуператора.

#### Список цитированных источников

1. Дячек, П. И. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение : учебн. пособие / П. И. Дячек. – М. : АСВ, 2017. – 676 с
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. – Введ. 16.12.19 (с отменой СНБ 4.02.01-03). – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2020. – 68 с.
3. Параметры микроклимата в помещениях : ГОСТ 30494-2011. – Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве (МНТКС), 2012. – 23 с.
4. Янчилин П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине Кондиционирование воздуха и холодоснабжение, специальности 1-70 04 02. – Ч. 1. – Брест, 2021.
5. Янчилин П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине Кондиционирование воздуха и холодоснабжение специальности 1-70 04 02. – Ч. 2 – Брест, 2021.
6. Программа для подбора оборудования (рекуператоров) WinClim II.