

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

А. Р. Иброхимов, С. А. Рахманкулов

Аннотация

В современных общественных и производственных зданиях расход тепла на вентиляцию нередко составляет 60-80 % от общего расхода тепла на все инженерные системы. С ростом требований к тепло-потерям через ограждающие конструкции, требования к тепло-потерям, связанным с нагревом приточного воздуха, не ужесточаются, что приводит к существенному перераспределению структуры теплопотребления здания. Поэтому приоритетным направлением по повышению энергетической эффективности зданий и сооружений являются мероприятия, связанные со снижением расхода энергии, затрачиваемой на нагрев приточного воздуха, что особенно актуально для районов с длительным отопительным периодом. Тепло, используемое на подогрев приточного воздуха в общественных и производственных зданиях, безвозвратно теряется в окружающую среду с вытяжным воздухом[1-3].

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 Oct 2022

Revised form 15 Nov 2022

Accepted 17 Dec 2022

© 2019 Hosting by Central Asian Studies. All rights reserved.

ВВЕДЕНИЕ. Существующие способы экономии затрат на вентиляцию зданий и сооружений заключаются в утилизации тепла вытяжного воздуха [4-5]. Наиболее часто в современных системах применяют достаточно дорогие рекуперативные установки на базе пластинчатых и роторных теплообменников, которые позволяют использовать тепло вытяжного воздуха для нагрева приточного[6-8].

Одним из простых и дешевых способов повышения энергетической эффективности современных систем вентиляции является использование способа рециркуляции тепла уходящего воздуха с одновременным контролем и управлением качества воздуха в помещении, а также с обеззараживанием вредных примесей с помощью фильтра [9-10].

Снижение эксплуатационных затрат в предлагаемом техническом решении достигается с помощью автоматизированной системы вентиляции, позволяющей регулировать количество подмешиваемого воздуха и подаваемого в помещение по мере необходимости, в то время как в установке с рекуперацией тепла оно является постоянным. Предлагаемый способ повышения энергетической эффективности систем вентиляции и кондиционирования воздуха заключается в использовании как рекуперации тепла, так и рециркуляции воздуха. Данная схема позволяет максимально снизить затраты на эксплуатацию систем вентиляции и кондиционирования воздуха [11-14]

1. Постановка задачи

В настоящее время система вентиляции является основным потребителем тепловой энергии в здании. Наиболее очевидным это является в общественных и административных зданиях, где наиболее часто используется приточно-вытяжная система вентиляции (рис. 1).

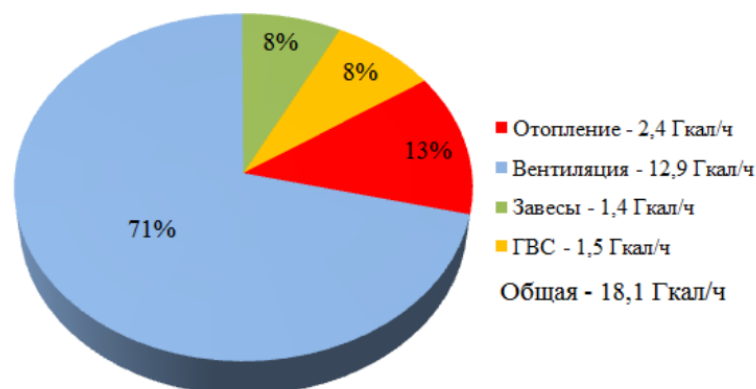


Рисунок 1 – Структура распределения нагрузок на примере ТРЦ Планета (г. Фергане)

С 1995 года в нашей стране проводились мероприятия, связанные со снижением величины удельного годового расхода энергетических ресурсов зданий, в основном за счет повышения теплозащиты и оптимизации авторегулирования и учета теплопотребления на отопление как наименее затратных на сегодняшний день энергосберегающих мероприятий. С 2016 удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию многоквартирного дома составляет 70 кВт/м² со следующим соотношением теплопотерь:

- теплопотери через несветопрозрачные ограждающие конструкции – 25 %;
- теплопотери через светопрозрачные ограждающие конструкции – 17 %;
- теплопотери, связанные с нагревом приточного воздуха – 58 %.

Как показывает структура теплопотерь многоэтажного здания (рис. 2)

приоритетным направлением сокращения расхода энергетических ресурсов являются мероприятия, связанные со снижением расхода энергии, затрачиваемой на нагрев приточного воздуха, что особенно актуально для районов с длительным отопительным периодом (например, для Ферганского города количество дней отопительного периода составляет 132)

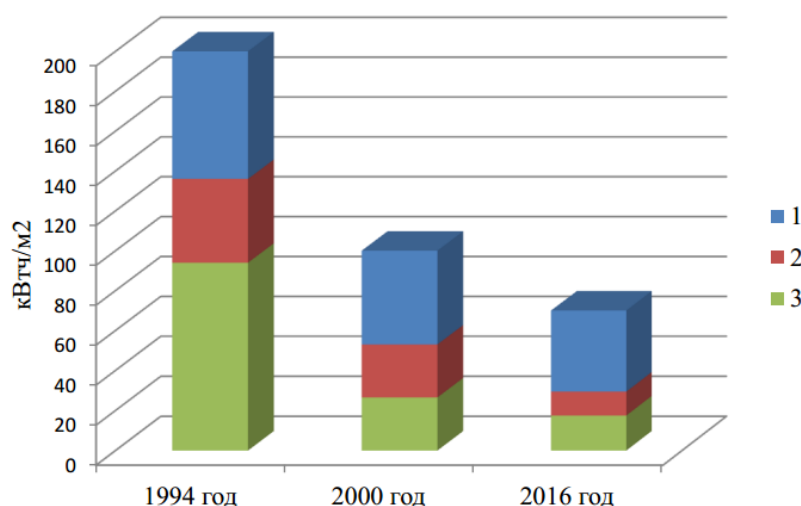


Рисунок 2 – Структура теплопотерь многоэтажного жилого дома

1 – теплопотери, связанные с нагревом приточного воздуха, 2 – теплопотери через светопрозрачные ограждающие конструкции, 3 – теплопотери через нестепрозрачные ограждающие конструкции.

На рисунке 3 представлена принципиальная схема приточно-вытяжной системы вентиляции без мероприятий по энергетической эффективности.

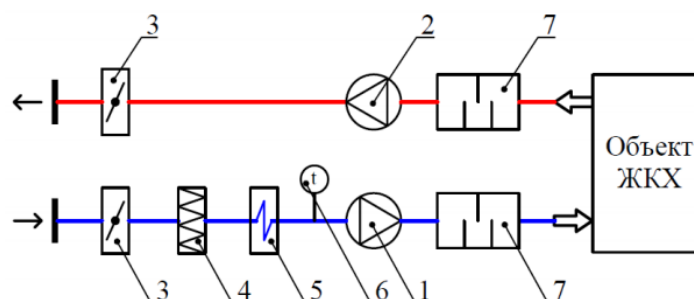


Рисунок 3 – Типовая приточно-вытяжная система вентиляции зданий

1 – приточный вентилятор, 2 – вытяжной вентилятор, 3 – воздушный клапан, 4 – фильтр грубой очистки, 5 – калорифер, 6 – датчик температуры, 7 – шумоглушитель.

Цель приточно-вытяжной вентиляции в обеспечении воздухообмена за счет движения воздуха в двух направлениях – поступление свежего и вытяжка отработанного воздуха, которое осуществляется за счет приточного (1) и вытяжного (2) вентиляторов. Отключается система вентиляции с помощью воздушных клапанов (3), установленных на приточном и вытяжном воздуховодах [15].

Для предотвращения попадания в систему пыли используется фильтр грубой очистки (4). При эксплуатации вентиляции в холодный период времени необходимо подогревать холодный приточный воздух до комфортной температуры электрическим или водяным калорифером (5), мощность которого регулируется в зависимости от температуры воздуха после него (6). При работе вентилятора образуется ощутимый гул, который подавляется шумоглушителями (7). В данной системе вентиляции все тепло, используемое на подогрев приточного воздуха, безвозвратно теряется в окружающую среду с вытяжным воздухом, что является неэффективным использованием тепловой энергии и экономически невыгодно. Существующие способы экономии затрат на вентиляцию зданий и сооружений заключаются в утилизации тепла вытяжного воздуха [16]. Одним из высокотехнологичных агрегатов, обеспечивающих энергосбережение, являются рекуперативные теплообменники, которые позволяют использовать тепло вытяжного воздуха для нагрева приточного (рис. 4). В настоящее время и в [17] ближайшем будущем они, по всей вероятности, останутся предметом импорта, поскольку их изготовление на современном уровне требует внедрения дорогостоящих автоматизированных линий, реализующих замкнутый цикл компьютерного проектирования и компьютеризированного производства.

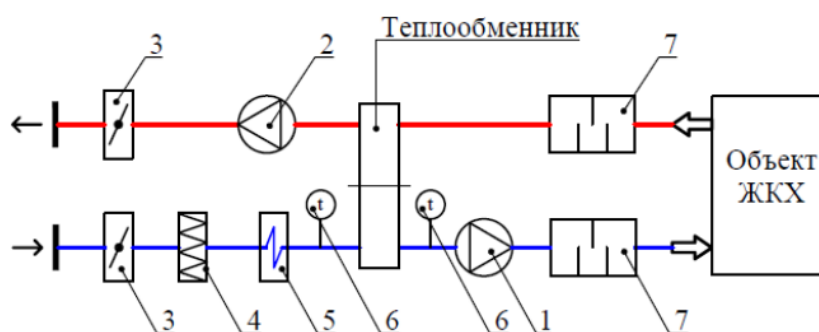
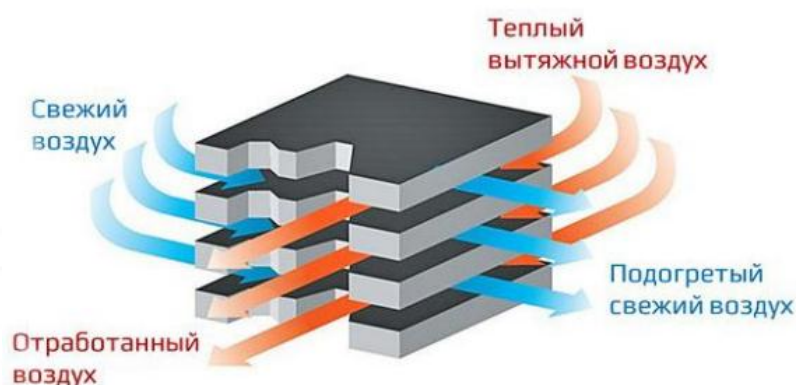


Рисунок 4 – Приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией тепла

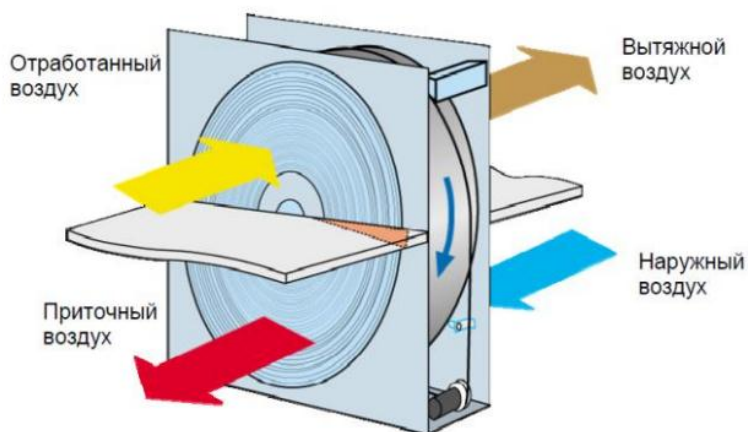
1 – приточный вентилятор, 2 – вытяжной вентилятор, 3 – воздушный клапан, 4 – фильтр грубой очистки, 5 – калорифер, 6 – датчик температуры, 7 – шумоглушитель.

Помимо использования в составе централизованных вентиляционных агрегатов, большой практический интерес рекуперативные [18] теплообменники представляют сами по себе как наиболее доступное средство внедрения энергосберегающих технологий при реконструкции существующих систем вентиляции путем осуществления обмена теплом между притоком и вытяжкой. Установка рекуперативного теплообменника при этом принципиально возможна без замены основных узлов существующей системы.

Анализ состояния производства и применения теплоутилизационного оборудования указывает на тенденцию преимущественного использования двух типов утилизаторов теплоты вытяжного воздуха: пластинчатых рекуперативных (рис. 5, а), вращающихся регенеративных (рис. 5, б).



а – пластинчатый рекуперативный теплообменник



б – вращающийся регенеративный теплообменник

Рисунок 5 – Утилизаторы теплоты вытяжного воздуха

Наиболее перспективными являются вращающиеся регенеративные теплообменники по следующим причинам:

а) благодаря тому, что процесс тепломассообмена осуществляется по

большой удельной поверхности используемой насадки, агрегат в целом имеет минимальные габариты, что позволяет экономить площадь помещения для размещения оборудования; [19]

б) регулирование скорости вращения ротора позволяет управлять общей эффективностью рекуператора;

в) наличие влагообмена между притоком и вытяжкой.

На рисунке 6 представлено конструктивное исполнение роторного теплообменника.

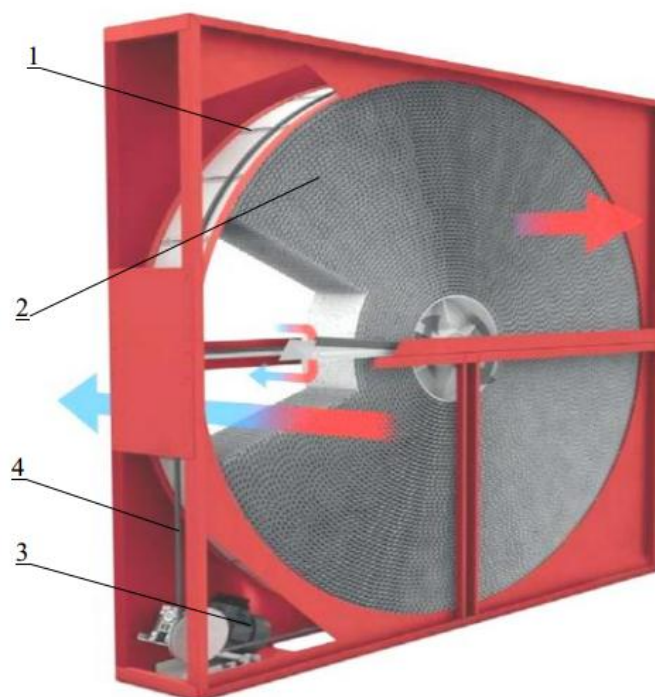


Рисунок 6 – Конструктивное исполнение роторного теплообменника

Ротор снабжен насадкой (1), обладающей высокой теплоемкостью, которая при использовании противоточной системы попеременно нагревается и охлаждается тепловыделяющим и теплопоглощающим воздушными потоками. Теплоутилизирующая насадка образована узкими треугольными каналами, изготовленными из тонкой фольги (2). Толщина насадки (в направлении воздушных потоков), как правило, составляет 200 мм, высота воздушных каналов (рис.7) – от 1,8 до 2,4 мм. При таком геометрическом соотношении в воздушных каналах образуется ламинарное течение. Толщина фольги обычно составляет $0,06 \div 0,2$ мм (рис.7). Приводится во вращение установка с помощью электродвигателя (3) через редуктор и ременную передачу (4). Роторные теплообменники могут обладать эффективностью от 60 до 85 % и иметь потерю напора по притоку и вытяжке от 75 до 500 Па.

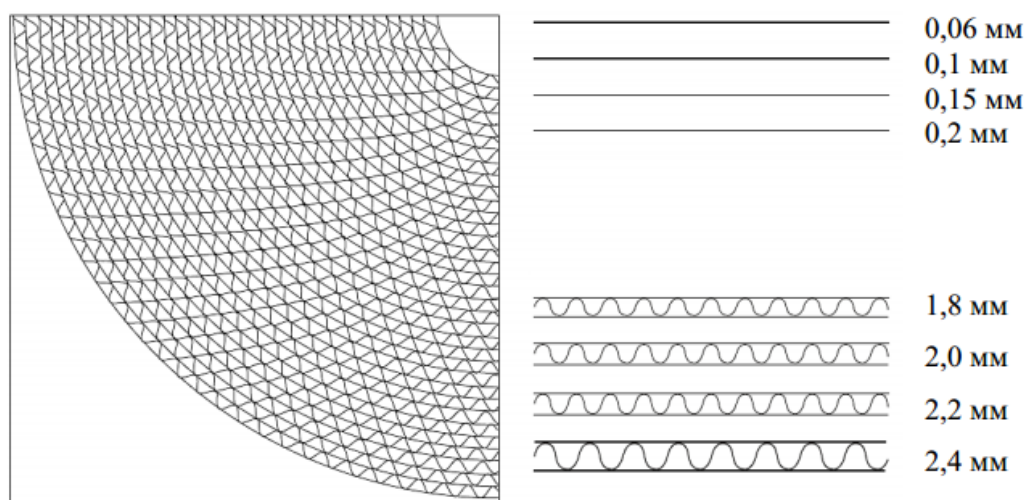


Рисунок 7 – Геометрические параметры воздушных каналов

Экономическая обоснованность применения рекуператоров более чем

очевидна в условиях относительно сурового российского климата, поскольку она непосредственным образом зависит от температурного контраста. Чем

больше разница температур воздуха снаружи и внутри здания, тем больше достигаемый экономический эффект. Единственным видимым препятствием к их широкому внедрению является опасность обмерзания пластин теплообменной поверхности при температурах наружного воздуха ниже 0°C . Это является причиной снижения их эффективности и, как следствие, приводит к неудовлетворительной работе системы вентиляции и увеличению затрат на ее эксплуатацию (рис.8).

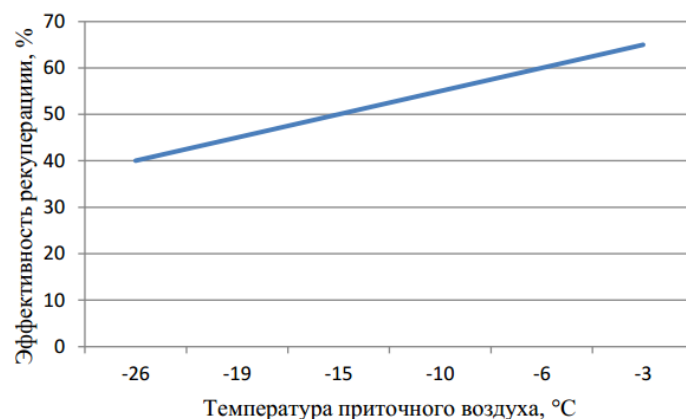


Рисунок 8 – Эффективность рекуперации тепла при различных значениях температуры приточного воздуха

Для определения температуры холодного приточного воздуха, при котором воздушный канал будет заполнен льдом и теплообменник перестанет функционировать по назначению, выполнено моделирование с разными температурами алюминиевой стенки. На рисунке 9 представлены поля воздушной смеси/льда вытяжного горячего воздуха с одинаковой влажностью при разных температурах холодного приточного воздуха на входе в насадку.



Рисунок 9 – Поля влажного воздуха/льда при разных температурах холодного приточного воздуха

Таким образом, в результате моделирования обледеневания канала в стационарном режиме при разных температурах холодного воздуха на входе в теплообменник установлено, что при температуре наружного воздуха -5°C обледенеет половина воздушных каналов теплообменника, а при температуре -10°C уже по всему сечению насадки не будет возможности для прохода воздуха и

его энергетическая эффективность окажется равной 0. При моделировании обледенения одного воздушного канала в нестационарном режиме время образования льда и заполнение им сечения для прохода воздуха составило 25 секунд. Это объясняется высокой теплопроводностью алюминиевой стенки и большой площадью поверхности, поэтому учитывать время обледенения и оттаивания каналов не имеет смысла. Выводы из моделирования вращающегося теплообменника в приточно-вытяжной системе вентиляции можно сделать следующие:

- a) установлена зависимость эффективности рекуперации тепла от скорости вращения барабана;
- b) влажность вытяжного воздуха из помещения в процессе обледенения воздушных каналов теплообменника не имеет значения, поэтому при составлении рекомендаций по режимам работы установки ей можно пренебречь;
- c) обледенение воздушных каналов при низких температурах холодного воздуха на входе в теплообменник происходит за короткий промежуток времени, поэтому менять режим работы установки при температурах наружного воздуха, начиная с которых происходит заполнение льдом каналов насадки, не обосновано;
- d) установлена температура наружного холодного воздуха на входе в теплообменник, ниже которой воздушные каналы теплообменника будут перекрывать сечение для прохода воздуха, вследствие чего установка для повышения эффективности системы вентиляции перестанет функционировать.

Выводы

Основной задачей по повышению энергетической эффективности внутренних инженерных систем зданий и сооружений является снижение затрат на эксплуатацию системы вентиляции. Существующие способы экономии тепловой энергии на нагрев холодного воздуха заключаются в использовании тепла вытяжного воздуха на нагрев приточного. Наиболее часто в современных системах применяют достаточно дорогие рекуперативные установки на базе пластинчатых и роторных теплообменников, которые позволяют использовать тепло вытяжного воздуха для нагрева приточного. Однако основным препятствием к их широкому внедрению является обмерзание пластин теплообменной поверхности при отрицательных температурах холодного воздуха. С целью определения реальной эффективности современных рекуперативных установок выполнено численное моделирование воздухоподогревателя с использованием ряда упрощений. В результате установлены температуры, при которых происходит заполнение воздушных каналов льдом с последующим частичным или полным выходом из строя рекуперативной установки. Таким образом, при температуре холодного приточного воздуха -5°C обледеневает половина живого сечения теплообменника, а при температуре -10°C лед, образованный из влаги вытяжного воздуха, заполнит весь объем воздушных каналов. Этот факт подталкивает на поиск нового перспективного решения по повышению эффективности системы вентиляции. В качестве альтернативы рассмотрен вариант рециркуляции отработанного воздуха с одновременным контролем и управлением

качества воздуха в помещении, а также с обеззараживанием вредных примесей с помощью современных фильтрующих установок. Выполнен обзор существующих способов очистки вытяжного воздуха от вредных примесей с целью его повторного использования, а также произведено их сравнение с точки зрения эксплуатационных характеристик и экономических показателей. Однако и рециркуляция воздуха не дает желаемого результата по причине нерационального использования тепловой энергии в периоды времени с максимальным загрязнением воздуха в помещении, в течение которых потребуется большое количество холодного приточного воздуха для поддержания необходимого микроклимата в здании. Поэтому разработана и предложена гибридная система вентиляции с использованием как рекуперации тепла, так и рециркуляции воздуха, а также выработаны режимы работы системы автоматизации, позволяющие добиться максимальной энергетической эффективности. В заключительной части диссертации разработана методика, позволяющая сравнивать разные системы вентиляции с точки зрения энергетической и

экономической эффективностей, на основе которой доказано, что гибридная система вентиляции обладает

наименьшими затратами тепловой энергии в течение всего периода эксплуатации, а также наименьшим сроком окупаемости, что позволяет рекомендовать гибридную системы вентиляции при проектировании новых объектов ЖКХ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Abdullayev, B. X., & Rahmankulov, S. A. (2021). Movement of Variable Flow Flux Along the Path in a Closed Inclined Pipeline. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES*, 2(12), 120-126.
2. Abbasov, E. S. (2004). Heat exchange intensification in solar heat collectors of solar air heaters. *Applied solar energy*, 39(4), 20-23.
3. Mamatisaev, G., & Muulayev, I. (2022). ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS IN WATER COLLECTION FACILITIES. *Science and innovation*, 1(A7), 767-772.
4. Abobakirovich, Abdulkarimov Bekzod, Abbasov Yorqin Sodikovich, and Mullayev Ikromjon Isroiljon Ogli. "Optimization of operating parameters of flat solar air heaters." *Вестник науки и образования* 19-2 (73) (2019): 6-9.
5. Madaliev, M. E. U., Maksudov, R. I., Mullaev, I. I., Abdullaev, B. K., & Haidarov, A. R. (2021). Investigation of the Influence of the Computational Grid for Turbulent Flow. *Middle European Scientific Bulletin*, 18, 111-118.
6. Azizovich, N. I. (2022). On The Accuracy of the Finite Element Method on the Example of Problems about Natural Oscillations. *European Multidisciplinary Journal of Modern Science*, 116-124.
7. Nosirov, A. A., & Nasirov, I. A. (2022). Simulation of Spatial Own of Vibrations of Axisymmetric Structures. *European Multidisciplinary Journal of Modern Science*, 107-115.
8. Ismailov, M., & Xolmatov, I. (2022). OPTIMAL METHODS FOR DESIGNING SEWER NETWORKS. *Science and Innovation*, 1(7), 744-749.
9. Ибрагимова, З. К. К., Хамдамова, Н. С. К., Умуркулов, Ш. Х. У., & Сабиров, Д. Р. У. (2022). ПОДГОТОВКА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ МАЛОМОЩНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ. *Central Asian Research Journal for Interdisciplinary Studies (CARJIS)*, 2(Special Issue 4), 77-83.
10. Аббасов, Ё. (2020). Роль солнечных воздухонагревателей в теплоэнергетической отрасли и перспективы их развития в Республике Узбекистан. *Общество и инновации*, 1(1), 1-13.
11. Abbasov, E. S. (2004). Calculation of the turbulized boundary layer in diffusor-confusor solar receivers. *Applied Solar Energy*, 40(1), 92-94.
12. Akramovna, U. N., & Ismoilovich, M. R. (2021). Flow Around a Plate at Nonzero Cavitation Numbers. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES*, 2(12), 142-146.
13. Muminov, O., & Maksudov, R. (2022). HIDROTECHNICS PREVENT VIBRATIONS THAT OCCUR IN CONSTRUCTIONS. *Science and innovation*, 1(A7), 762-766.
14. Abdullayev, B. X., & Rahmankulov, S. A. (2021). Modeling Aeration in High Pressure Hydraulic Circulation. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES*, 2(12), 127-136.
15. Xamdaliyevich, S. A., & Rahmankulov, S. A. (2021, July). Investigation of heat transfer processes of solar water, air contact collector. In *E-Conference Globe* (pp. 161-165).

16. Abbasov, Y., & Usmonov, M. (2022). CALCULATION OF THEIR POWER AND HEATING SURFACE IN IMPROVING THE EFFICIENCY OF AIR HEATING SYSTEMS. *Science and innovation*, 1(A7), 738-743.
17. Usmonova, N. A. (2021). Structural Characteristics of the Cavern at a Fine Bubbled Stage of Cavitation. *Middle European Scientific Bulletin*, 18, 95-101.
18. Usmanova, N., & Abdukhalilova, S. (2022). SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER DESIGN WITH INCREASED TURBULENCE OF THE HEATED LIQUID FLOW. *Science and innovation*, 1(A7), 726-731.
19. Husanov, N., & Abdukhalilova, S. (2022). HEAT EXCHANGE PROCESSES IN A SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER. *Science and innovation*, 1(A7), 721-725.
20. Madaliyev, E., Makhsitalayev, B., & Rustamova, K. (2022). IMPROVEMENT OF SEWAGE FLATS. *Science and innovation*, 1(A7), 796-801.
21. Madaliyev, E., & Maksitaliyev, B. (2022). A NEW WAY OF GETTING ELECTRICITY. *Science and innovation*, 1(A7), 790-795.
22. Koraboevich, U. M., & Ilhomidinovich, M. G. (2021, June). Calculation of the free vibrations of the boxed structure of large-panel buildings. In "ONLINE-CONFERENCES" PLATFORM (pp. 170-173).
23. Madaliev, E. U., & qizi Abdukhalilova, S. B. (2022). Repair of Water Networks. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES*, 3(5), 389-394.
24. qizi Abdukhalilova, S. B. (2021). Simplified Calculation of the Number of Bimetallic Radiator Sections. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES*, 2(12), 232-237.
25. Madraximov, M. M., Nurmuxammad, X., & Abdulkhaev, Z. E. (2021, November). Hydraulic Calculation Of Jet Pump Performance Improvement. In *International Conference On Multidisciplinary Research And Innovative Technologies* (Vol. 2, pp. 20-24).
26. Maqsudov, R. I., & qizi Abdukhalilova, S. B. (2021). Improving Support for the Process of the Thermal Convection Process by Installing. *Middle European Scientific Bulletin*, 18, 56-59.
27. Muminov, O. (2022). TYPES OF CAVITATION, CAUSING VIBRATION IN ENGINEERING AND WATER SUPPLY SYSTEMS. *Science and innovation*, 1(A7), 732-737.
28. Mo'minov, O. A., & O'tbosarov Sh, R. TYPE OF HEATING RADIATORS, PRINCIPLES OF OPERATION AND THEORETICAL ANALYSIS OF THEIR TECHNICAL AND ECONOMIC CHARACTERISTICS.
29. O'tbosarov, S., & Xusanov, N. (2022). ASSEMBLY OF STRUCTURES AND WATER DIVIDERS. *Science and innovation*, 1(A7), 780-784.
30. Mo'minov, O. A., Abdukarimov, B. A., & O'tbosarov, S. R. (2021). Improving support for the process of the thermal convection process by installing reflective panels in existing radiators in places and theoretical analysis. In *Наука и инновации в строительстве* (pp. 47-50).
31. Abbasov, Y. S., & ugli Usmonov, M. A. (2022). Design of an Effective Heating System for Residential and Public Buildings. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES*, 3(5), 341-346.
32. Ismailov, M., & Xolmatov, I. (2022). КАНАЛИЗАЦИЯ ТАРМОҚЛАРИНИ ЛОЙИХАЛАШНИНГ АПТИМАЛ УСУЛЛАРИ. *Science and innovation*, 1(A7), 744-749.
33. Рашидов, Ю. К., Орзиматов, Ж. Т., & Исмоилов, М. М. (2019). Воздушные солнечные коллекторы: перспективы применения в условиях Узбекистана. *ББК 20.1 я43 Э 40*.

34. Mullaev, I. (2022). ҚУЁШ-ҲАВО ИСИТИШ ҚУРИЛМАСИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ. *Science and innovation*, 1(A7), 756-761.
35. Nasirov, I. (2022). АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДОВ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. *Science and innovation*, 1(A7), 711-716.

