

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

*Чучалов А.А., Сафин М.А.*

*Казанский государственный энергетический университет, Казань*

**Ключевые слова:** система вентиляции, геотермальная энергия, система автоматического управления, экологическая безопасность, приточно-вытяжная установка, количество теплоты.

**Аннотация.** Рассматривается применение геотермальной энергии в системах вентиляции зданий. Описана актуальность и преимущества данных систем. Описан процесс работы системы автоматического управления геотермальной вентиляцией с воздушным контуром. Для демонстрации эффективности геотермальной энергии в системах вентиляции проведён расчёт экономии тепловой энергии для складского здания.

## DESIGN OF AUTOMATIC VENTILATION CONTROL SYSTEM FOR BUILDINGS USING GEOTHERMAL ENERGY

*Chuchalov A.A., Safin M.A.*

*Kazan State Power Engineering University, Kazan*

**Keywords:** ventilation system, geothermal energy, automatic control system, environmental safety, supply and exhaust system, amount of heat.

**Abstract.** The use of geothermal energy in building ventilation systems is considered. The relevance and advantages of these systems are described. The process of operation of an automatic control system for geothermal ventilation with an air circuit is described. To demonstrate the effectiveness of geothermal energy in ventilation systems, a calculation of thermal energy savings for a warehouse building was carried out.

С каждым годом возобновляемые источники энергии набирают всё большую популярность. И это не случайность, ведь они имеют актуальные для энергетики нашего времени достоинства: высокую экономическую выгоду, экологичную безопасность и простоту эксплуатации. Одной из видов такой энергетики является геотермальная.

Поверхностные слои нашей планеты обладают большим потенциалом аккумуляции тепловой энергии. Уже на глубине от трёх метров температура земли имеет постоянные значения в течение длительного времени. Так в большей части России температура почвы на глубине три метра от поверхности составляет в среднем 7-8°C. Энергия, получаемая из внутренних горячих источников Земли, называется геотермальной [1].

Геотермальную энергию во многом используют для производства электрической энергии или непосредственно для тепловых технологических процессов. Наиболее распространённой формой использования тепловых потенциалов геотермальной энергии является применение её в системах отопления и вентиляции зданий [2]. Для более грамотного и эффективного регулирования процесса вентиляции и отопления необходимо внедрение различного рода оборудования систем автоматизации.

Система вентиляции с использованием геотермальной энергии представляет собой приточно-вытяжную установку с геотермальным контуром приточного воздуха [3]. Геотермальный контур в данной системе может выполнять как функцию нагрева, так и охлаждения приточного воздуха. Существует два типа такого контура: водяной и воздушный. Разница этих типов заключается в том, что при воздушном типе приточный воздух на прямую подогревается теплом верхних слоёв Земли, а при водяном используется дополнительный теплообменник, где тепло земли передаётся приточному воздуху от теплоносителя, контур которого расположен под землёй.

Для автоматизации процесса вентиляции воздуха здания рассмотрим воздушный тип геотермального контура системы, который изображён на рисунке 1.

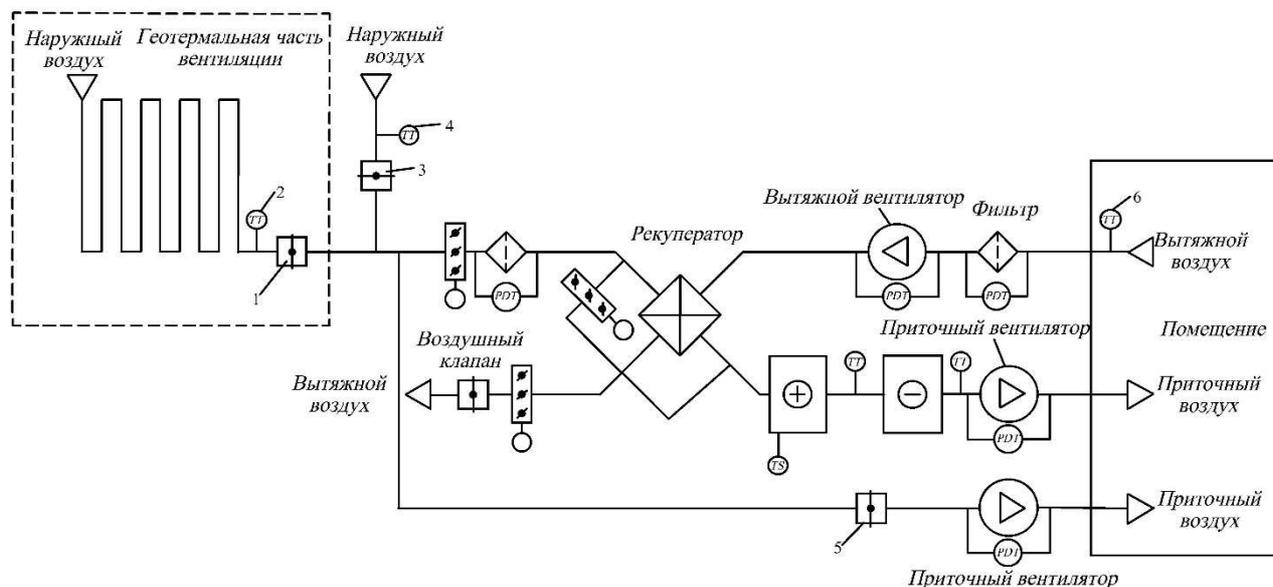


Рис. 1. Геотермальная система вентиляции с воздушным контуром

Данная система вентиляции имеет воздушный геотермальный контур, расположенный под землей на расстоянии, где среднегодовая температура превышает  $5^{\circ}\text{C}$ , чтобы обеспечить достаточную эффективность нагрева или охлаждения приточного воздуха.

Для контроля температуры воздуха в системе устанавливаются датчики температуры на входе в приточный воздуховод 4, в геотермальном контуре 2 и в вытяжном воздуховоде 6. Также необходимы воздушные клапаны на приточной линии наружного воздуха 3, притоке воздуха из геотермального контура 1 и байпасной линии вентиляции 5. При наличии байпасной линии устанавливается вентилятор приточного воздуха.

Главная задача автоматики данной системы состоит в контроле подаваемого приточного воздуха. В отопительные периоды года, когда температура воздуха на улице намного меньше температуры помещений, система автоматики безусловно будет использовать геотермальный контур для подачи приточного воздуха в помещении с целью экономии энергии на нагревание до необходимой температуры. Подобная ситуация будет происходить и в наиболее жаркие дни, где актуальность охлаждения приточного воздуха в геотермальной части вентиляции будет высока. Данная система автоматики, контролирующая

температуру приточного воздуха, будет наиболее необходима в периоды, когда температура воздуха на улице и в геотермальном контуре будет приблизительно равна, либо в периоды резко меняющихся погодных условий, от которых температура на улице будет часто меняться.

Байпасная линия используется для повышения эффективности работы системы в режиме кондиционирования. При необходимости понижения температуры внутри здания отключается приточный вентилятор установки и включается внешний вентилятор байпасной линии с целью уменьшения тепловых потерь в процессе рекуперации [4].

Для расчёта эффективности систем вентиляции с применением геотермальной энергии рассмотрим складское здание площадью  $500 \text{ м}^2$  и высотой 7 м расположенное в Республике Татарстан.

Воздухообмен помещения  $L$  определяется по кратности воздухообмена по следующей формуле:

$$L = S \cdot H \cdot n, \quad (1)$$

где  $S$  – площадь здания,  $\text{м}^2$ ;  $H$  – высота здания, м;  $n$  – нормируемая кратность воздухообмена, определяемая по СНиП 41-01-2003, СП 60.13330.2020,  $\text{ч}^{-1}$ .

Экономическая выгода при применении геотермальной энергии в отопительный период заключается в снижении тепловой нагрузки на воздухонагреватель приточной вентиляционной установки [5]. По формуле количества теплоты определим тепловую нагрузку  $Q$  на систему вентиляции:

$$Q = c \cdot L \cdot \rho \cdot \Delta T, \quad (2)$$

где  $c$  – удельная теплоёмкость воздуха,  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $L$  – расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\rho$  – плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\Delta T$  – разность температур воздуха снаружи помещения и на выходе геотермального контура,  $^\circ\text{C}$ .

Минимальная температура почвы на глубине 3,2 м в Татарстане составляет  $3,9 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура наружного уличного воздуха для расчётов тепловой нагрузки для Казани  $-29 \text{ }^\circ\text{C}$  [6].

Воздухообмен для складского здания производственного объекта площадью  $500 \text{ м}^2$  и высотой 7 м согласно (1):

$$L = 500 \cdot 7 \cdot 1,5 = 5250 \text{ м}^3/\text{ч} = 5250/3600 = 1,458 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тепловая нагрузка системы вентиляции, необходимая для нагрева приточного воздуха  $-29^\circ\text{C}$  до оптимальной температуры воздуха в складском помещении  $+18^\circ\text{C}$  по формуле (2):

$$Q = 1005 \cdot 1,458 \cdot 1,2930 \cdot (18 - (-29)) = 89047 \text{ Вт} = 89 \text{ кВт}.$$

При установке геотермальной вентиляции с расчётом нагрева приточного воздуха грунтом на  $10^\circ\text{C}$  экономия тепловой энергии составит:

$$Q = 1005 \cdot 1,458 \cdot 1,2930 \cdot 10 = 18946 \text{ Вт} = 18,9 \text{ кВт}.$$

Следовательно, при нагреве приточного воздуха в геотермальном контуре на  $10^\circ\text{C}$  в данной системе вентиляции позволит сэкономить  $18946/89047 \text{ Вт} \cdot 100\% = 21,28\%$  тепловой энергии.

Применение геотермальной энергии для систем вентиляции очень выгодно с целью понижения эксплуатационных затрат, в особенности с применением средств автоматики. Также данная система обладает высокой экологичностью,

так как процесс нагрева или охлаждения воздуха не предусматривает сжигания топливных ресурсов. В результате расчёта выгоды от применения воздушного контура геотермальной вентиляции для складского помещения было установлено, что тепловая нагрузка на приточно-вытяжную установку данной системы снизится на 21,28%, что говорит о полезности применения такой технологии.

#### **Список литературы**

1. Квасова И.С., Сафин М.А. Преобразование геотермальной энергии в тепловую // Энергетика и энергосбережение: теория и практика. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 142-1-142-4.
2. Сафин М.А., Идрисова Г.Ф. Применение установки получения геотермальной энергии для отопления частных домов с целью развития зелёной энергетики // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 1(97). – С. 27-34.
3. Чилиева М.Р. АСУ приточно-вытяжной систем вентиляции // Энергетика и энергосбережение: теория и практика. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 351-1-351-3.
4. Токарева А.Н., Панченко С.В. Особенности расчета геотермальной системы вентиляции // Вестник аграрной науки Дона. – 2013. – № 2 (22). – С. 38-42.
5. Чурак К.В. Геотермальная система вентиляции и расчет ее элементов // Актуальные вопросы энергетики. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2015. – С. 14-20.
6. Строительные нормы и правила СНиП 23-01-99. Строительная климатология / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. –57 с.

#### Сведения об авторах:

*Чучалов Артём Алексеевич* – магистрант;

*Сафин Марат Абдулбариевич* – к.т.н., доцент.