Анализ методов утилизации теплоты очистных сооружений   
с помощью тепловых насосов

Е. Т. Петров, А. А. Круглов

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9

Настоящая работа посвящена разработке и численному анализу системы утилизации теплоты потоков воды в отстойниках очистных сооружений с использованием транскритических циклов тепловых насосов на диоксиде углерода. Сформировано методическое положение по конструированию и расчету теплообменников для утилизации тепла.

В работе приводятся результаты разработки и численного анализа характеристик системы утилизации теплоты воды в очистных сооружениях с помощью тепловых насосов, работающих на диоксиде углерода в транскритическом диапазоне давлений.

Учитывая особенности изменения свойств диоксида углерода в околокритической зоне, предлагается схема и алгоритм оптимального изменения параметров цикла теплового насоса, обеспечивающего эффективное согласование требуемого теплопотребления и характеристик теплового насоса. Система сбора теплоты базируется на использовании насосно-циркуляционной схемы, позволяющей объединить в единую разветвленную систему как потребители тепловой энергии различного уровня, так и источники тепла.

В качестве источников тепла рассматривались отстойники очистных сооружений с температурой воды +12 °С, температура кипения диоксида углерода в трубах теплообменника-утилизатора тепла принималась равной +8 °С. Материал труб-нержавеющая сталь.

Насосно-циркуляционная схема с незначительной кратностью циркуляции (3 ÷ 4) обеспечивает при минимальных габаритах оборудования не только равномерное распределение хладагента по трубам теплообменника, но и высокую эффективность теплообмена [1, 2].

Потребление тепла реализуется на 2-х этапах (120..80 °С, 80..40 °С), граничные условия могут регулироваться в зависимости от нагрузки и параметров окружающей среды. Согласование характеристик источников тепла, регенеративного теплообменника, компрессора и системы теплопотребления обеспечивается за счет изменения параметров холодильного цикла и производительности компрессора (частотное регулирование + ВРА). Использование указанных способов регулирования позволяет поддерживать высокую эффективность при переменных условиях эксплуатации [3].

Одним из основных факторов, влияющих на снижение эффективности применения тепловых насосов, является отсутствие разработок по системам сбора, подготовки и утилизации теплоты потоков, имеющих различные температуры. Предлагаемое техническое решение обеспечивает возможность утилизации теплоты в активной зоне отстойников. Предлагается коллекторная схема теплообменника, обеспечивающая равномерность распределения потоков СО2, незначительные гидравлические потери при высокой эффективности теплообмена.

Количество секций при фиксированном диаметре труб 16 мм определяется исходя из рациональных соотношений между эффективностью теплосъема и гидравлическим сопротивлением. Расстояние между трубами s/d = 3,5, устранение вибраций и прогиба осуществляется за счет установки в трех сечениях опорных решеток и несущих профилей для подъема теплообменника из воды. Чистка предполагается как по месту с помощью пневмогидравлических струйных аппаратов, так и при подъеме из воды с помощью траверсы.

Заключение:

1. Использование холодильных транскритических циклов на СО2 позволяет минимизировать массогабаритные и эксплуатационные показатели системы. Средства регулирования компрессоров обеспечивают высокий уровень к.п.д .

2. Насосно-циркуляционные контуры с кратностью циркуляции n = 3...4 обеспечивают как равномерность распределения хладагента по трубам, так и высокую эффективность теплообмена.

3. Разработана конструкция теплообменника, позволяющая обеспечивать эффективность утилизации тепла за счет периодической очистки теплообменной поверхности.

**Список литературы**

1. Филаткин В. Н. Сборник задач по конвективному теплообмену в средах без фазовых переходов. СПб.:СПбГАХПТ, 1995. 66 с.
2. Альтшуль А. Д. Гидравлические сопротивления. 2-е издание. М.: Недра, 1982. 224 с.
3. Петров Е. Т., Паршин В. // Альманах научных работ молодых учёных Университета ИТМО. 2020. Т. 1. С. 199–203.