

Беларусь, характерных и редких природных ландшафтов и биотопов. При планировании и постройке участков автомобильных дорог нужно осуществлять меры, направленные на предотвращение смерти диких животных в местах их массовой сезонной миграции.

Одной из актуальнейших проблем, непосредственно связанных с повышением эффективности устойчивого использования ООПТ, является обеспечение функционирования рынка экосистемных услуг. Для улучшения туристической деятельности ГПУ развивают новые направления экотуризма:

- экскурсии на болотоступах и болотоходах (ГПУ «Заказник Ельня»);
- тропление следов диких животных (ГПУ «Заказник Ельня»);
- организация обучения дайвингу (ГПУ «Браслав-Ричи»);
- водные походы на плотках (ГПУ «Заказник Днепро-Сожский»);
- организация наблюдения за зубром европейским (ГПУ «Заказник Озеры»);
- фотоохота на глухариних токах (ГПУ «Заказник Налибокский») и др.

Основными результатами реализации Национальной стратегии развития системы ООПТ до 01.01.2030 г. должны стать следующие:

- завершение формирования национальной экологической сети с учетом оптимизации ее пространственной структуры;

- интеграция национальной экологической сети в экологическую сеть соседних государств и общеевропейскую экологическую сеть путем создания ряда трансграничных ООПТ, в том числе «Заповедное Поозерье» (Республика Беларусь – Российская Федерация) и биосферных резерватов («Березинский биосферный заповедник»).

Таким образом, оптимизация системы ООПТ с учетом экологической сети – первоочередная задача для нынешнего и будущих поколений [5]. В Республике Беларусь предпринимаются всесторонние меры для ее достижения.

Л и т е р а т у р а

1. Об особо охраняемых природных территориях : Закон Респ. Беларусь от 15 нояб. 2018 г. № 150-З // ЭТАЛОН: информ.-поисковая система (дата обращения: 23. 01.2025).
2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь : стат. буклет / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева (пред. редкол.) [и др.]. – Минск, 2024. – 35 с.
3. Национальная стратегия развития системы особо охраняемых природных территорий до 1 января 2030 года : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 2 июля 2014 г. № 649 // ЭТАЛОН: информ.-поисковая система (дата обращения: 23.10.2023).
4. Об экологической сети : Указ Президента Респ. Беларусь от 13 марта 2018 г. № 108 // ЭТАЛОН: информ.-поисковая система (дата обращения: 23.10.2023).
5. Ходько, Е. М. Особо охраняемые природные территории Республики Беларусь – приоритетное направление сохранения биологического и ландшафтного разнообразия / Е. М. Ходько // Потребительская кооперация. – 2024. – № 4. – С. 26–31.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

А. В. Таран, Д. И. Горковец

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Киселевич

Рассмотрена схема двухступенчатой испарительной системы кондиционирования воздуха, содержащая теплообменники для утилизации температурного потенциала холодоносителя. Выполнена оценка режимных параметров работы этой системы в климати-

ческих условиях г. Гомеля. Показана целесообразность применения испарительных систем кондиционирования для охлаждения приточного воздуха в административных зданиях.

Ключевые слова: система кондиционирования воздуха, испарительное охлаждение, режимные параметры системы, диаграмма обработки воздуха.

Хорошо известно [1], что системы кондиционирования воздуха (СКВ), работающие по принципу испарительного (адиабатного) охлаждения, характеризуются значительно меньшим потреблением электрической энергии в сравнении с традиционными СКВ, оборудованными компрессорно-конденсаторными агрегатами. Наибольшую эффективность испарительные системы кондиционирования воздуха демонстрируют на объектах, расположенных в регионах с сухим и жарким климатом [1, 2]. Вместе с тем последние разработки в области климатического оборудования дают основание утверждать о возможности успешного применения таких систем и в районах с умеренным климатом [2, 3].

Целью настоящей работы является определение режимных параметров двухступенчатой испарительной СКВ для климатических условий г. Гомеля.

Принципиальная схема двухступенчатой СКВ испарительного типа, разработанная авторами [3], изображена на рис. 1.

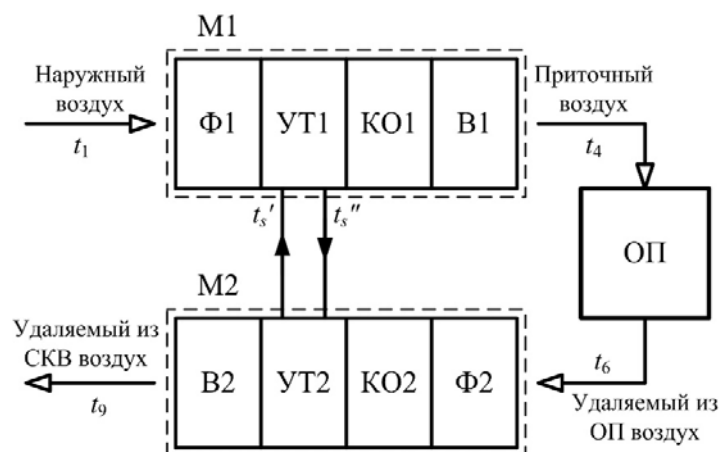


Рис. 1. Принципиальная схема СКВ с двухступенчатым испарительным охлаждением воздуха [3]

Состоит СКВ из двух модулей: приточного (М1), в котором осуществляется подготовка воздуха, подаваемого в обслуживаемое помещение (ОП), и вытяжного (М2), предназначенного для корректировки параметров удаляемого из ОП влажного воздуха. В состав модулей М1 и М2 входят: механические фильтры Ф1 и Ф2, теплообменные аппараты УТ1 и УТ2 для утилизации температурного потенциала промежуточного холодоносителя, оросительные камеры КО1 и КО2, вентиляторы В1 и В2. На схеме рис. 1 показаны только основные функциональные блоки СКВ, реализующие процессы обработки воздуха в теплый период года.

Работа испарительной СКВ осуществляется следующим образом. Наружный воздух с температурой t_1 и влагосодержанием d_1 проходит через фильтр Ф1 и затем охлаждается до t_2 в теплообменнике УТ1, через который циркулирует промежуточный холодоноситель – водный раствор этиленгликоля. После УТ1 воздух поступает в оросительную камеру КО1, где происходит его адиабатное (при постоянной эн-

тальпии h) увлажнение и охлаждение до температуры t_3 . Далее приточный воздух с t_4 нагнетается вентилятором В1 в помещение ОП, где смешивается с внутренним воздухом, имеющим температуру t_5 и относительную влажность φ_5 . Воздух с t_6 , удаляемый из ОП, направляется на вторую ступень обработки в блоки модуля М2. В них последовательно реализуется ряд процессов, направленных на изменение состояния выбрасываемого в атмосферу воздуха: фильтрация в секции Ф2, испарительное охлаждение до температуры t_7 в камере КО2, нагрев до t_8 в теплообменнике УТ2 и незначительное повышение температуры до t_9 после прохождения В2. Теплообменник УТ2 предназначен для восстановления холодильного потенциала этиленгликоля, нагреваемого в УТ1 от начальной t'_s до конечной t''_s температуры при охлаждении наружного воздуха.

Диаграмма, отражающая перечисленные процессы изменения состояния влажного воздуха для теплого периода года, представлена на рис. 2. Диаграмма построена для двухступенчатой СКВ испарительного типа, эксплуатируемой в климатических условиях г. Гомеля.

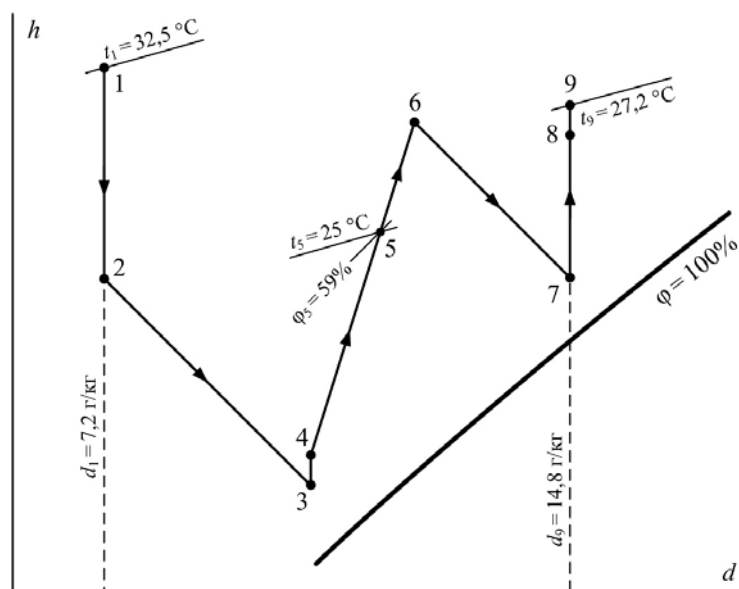


Рис. 2. Диаграмма обработки воздуха в испарительной СКВ для теплого периода года

Значения параметров влажного воздуха для характерных точек h - d диаграммы (рис. 2), определенные нами по методике [3], сведены в таблицу, где через t_w обозначена температура воздуха по мокрому термометру. Из таблицы видно, что в точке 5, характеризующей состояние воздуха в рабочей зоне ОП, основные параметры микроклимата (температура $t_5 = 25$ °C и относительная влажность воздуха $\varphi_5 = 59$ %) соответствуют оптимальным значениям показателей микроклимата на рабочих местах для теплого периода года и категории выполняемых работ Ia [4]: $t = 23$ – 25 °C и $\varphi = 40$ – 60 %. Данное обстоятельство свидетельствует о принципиальной возможности применения испарительных СКВ для создания комфортных условий работы в помещениях административных зданий, расположенных в регионах с умеренным климатом.

**Режимные параметры двухступенчатой испарительной СКВ
для теплого периода года**

Параметр	Характерная точка на $h-d$ -диаграмме								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t, ^\circ\text{C}$	32,5	25,7	17	18	25	28	21,9	26,2	27,2
$t_w, ^\circ\text{C}$	18,4	15,8	15,8	16,3	19,4	20,7	20,7	22	22,3
$\varphi, \%$	24	36	85	84	59	52	90	69	65
$d, \text{г/кг}$	7,2	7,2	10,6	10,6	11,7	12,2	14,8	14,8	14,8

Для установления целесообразности применения СКВ с испарительным охлаждением приточного воздуха необходимо определить величину приращения Δq между количеством холода, вырабатываемого этой СКВ, и количеством теплоты, поступающей в обслуживаемые помещения. Воспользовавшись известными соотношениями теплового баланса для помещений административных зданий [1, 3], можно записать выражение:

$$\Delta q = \frac{Lc_p}{3,6} [\rho(t_6 - t_4) + \rho'(t_5 - t'_4)] - q^+, \text{ Вт},$$

позволяющее оценить величину Δq , приходящуюся на 1 человека. Здесь L – минимальный расход приточного воздуха на 1 человека, $\text{м}^3/\text{ч}$; c_p – изобарная теплоемкость воздуха, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; ρ и ρ' – значения средней плотности приточного воздуха для дневного и ночного времени суток соответственно, $\text{кг}/\text{м}^3$; t'_4 – средняя температура приточного воздуха в ночное время, $^\circ\text{C}$; q^+ – теплопоступления в ОП от людей, оргтехники и солнечной радиации в расчете на 1 человека, Вт.

Для оценки Δq примем следующие значения теплофизических параметров: $L = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$ [5]; $c_p = 1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, $\rho = 1,213 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\rho' = 1,220 \text{ кг}/\text{м}^3$ [6]; t_4 , t_5 и t_6 смотреть в таблице; $t'_4 = 16,2 \text{ }^\circ\text{C}$; $q^+ \approx 320 \text{ Вт}$ [1, 3, 4]. В результате расчета получим $\Delta q \approx 63 \text{ Вт}$. И, поскольку $\Delta q > 0$, количество холода, производимое испарительной СКВ, обеспечивает компенсацию теплопритоков q^+ без использования парокомпрессионных холодильных машин, что в конечном счете способствует значительному снижению общего электропотребления данной СКВ.

Таким образом, в настоящей работе рассмотрены ключевые особенности функционирования СКВ с двухступенчатым адиабатным охлаждением воздуха, найдены и табулированы режимные параметры испарительной системы кондиционирования воздуха, эксплуатируемой в климатических условиях г. Гомеля, а также показана возможность использования этой системы в теплый период года для обеспечения оптимальных показателей микроклимата в помещениях административных зданий без применения холодильных машин.

Литература

1. Белова, Е. М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е. М. Белова. – М. : Евроклимат, 2006. – 640 с.
2. Вишневецкий, Е. П. Косвенное адиабатическое охлаждение объектов / Е. П. Вишневецкий, Г. В. Малков // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2011. – № 10. – С. 72–75.
3. Кокорин, О. Я. Энергосберегающие методы охлаждения помещений / О. Я. Кокорин, Е. В. Дроздов // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2012. – № 2. – С. 91–97.

4. Микроклиматические показатели безопасности и безвредности на рабочих местах : гигиен. норматив. – 2021.
5. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СН 4.02.03-2019.
6. Бурцев, С. И. Влажный воздух. Состав и свойства / С. И. Бурцев, Ю. Н. Цветков. – СПб. : СПбГАХПТ, 1998. – 146 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТУРБОДЕТАНДЕРОВ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А. С. Алексеев

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. В. Широглазова

Рассмотрен принцип действия турбодетандеров и их схема установки. Описана работа турбодетандера УТДУ-4000, установленного на Гомельской ТЭЦ-2. Представлены результаты работы детандера после установки и запуска в производство, показаны сравнительные характеристики между техническими условиями и фактическими значениями.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, природоохранные технологии, детандер-генераторные установки (ДГУ), турбодетандер, потенциальная энергия, механическая энергия, экологичность, возобновляемые источники энергии.

В настоящее время получение электрической энергии с применением ресурсосберегающих, природоохранных технологий становится все более актуальным. И одно из таких направлений – использование потенциальной энергии природного газа высокого давления магистральных газопроводов с применением детандер-генераторных установок (ДГУ)

Целью настоящей работы является: оценка целесообразности применения турбодетандерных установок на современных предприятиях энергетики, с целью экономии топливно-энергетических ресурсов.

Что такое турбодетандер? Турбодетандер или расширительная турбина – это устройство, которое преобразует потенциальную энергию сжатого газа в механическую, а иногда и в электрическую энергию. Принцип работы основан на адиабатическом расширении газа: когда газ проходит через турбину, он теряет давление и температуру, совершая работу. Это охлаждение газа – ключевая особенность, отличающая турбодетандеры от других турбин. Впервые идея использования турбины для таких целей была предложена лордом Рэлеем в 1898 г., но практическая реализация началась только в 1930-х гг.

Принцип действия. Сжатый газ поступает в турбодетандер под высоким давлением через сопловой аппарат, где он разгоняется и направляется на лопасти рабочего колеса. Вращение колеса передает энергию на вал, который может быть соединен с генератором или компрессором. В процессе газ охлаждается – иногда до температуры ниже -150°C . Эффективность турбодетандера оценивается адиабатическим КПД, который может достигать 85–90 % у современных моделей. Важный вклад в развитие технологии внес советский академик Петр Капица, который в 1930-х гг. усовершенствовал конструкцию, повысив КПД с 50 до почти 80 %.

Типы турбодетандеров. Существует несколько типов турбодетандеров в зависимости от их применения.

1. **Детандер-генератор:** преобразует энергию газа в электричество, часто используется на газораспределительных станциях.