

Раздел 1. ХОЛОД

УДК 621.56/.59

Энергосберегающие системы теплохолодоснабжения на базе геотермальных вод

Канд. техн. наук К.О. ВЕЗИРИШВИЛИ
АН Грузии

The result of introduction of system of heat-cool supplying on the basis of thermal waters is given. Thermo-technical characteristics and analytical dependencies for the design and construction of heat-cool supplying systems are obtained. The advisability of using the geothermal sources for complex heat-cool supplying giving a considerable economy of fuel is substantiated.

Как известно, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха потребляют от 40 до 70 % энергии, расходуемой на нужды функционирования здания. Круглогодичная обработка кондиционируемого воздуха раствором хлористого лития обеспечивает экономию энергоресурсов на 30 – 40 % по сравнению с традиционными методами [4]. Метод регенерации хлористого лития (сорбента) в основном предопределяет технико-экономические показатели всей системы. Поэтому нами предлагается создание системы с воздушной десорбцией с использованием высокоэффективного контактного аппарата и геотермальных вод для регенерации раствора хлористого лития. Это позволит применять систему кондиционирования воздуха (СКВ) с использованием жидких сорбентов в различных отраслях.

Принципиальная схема круглогодичной обработки кондиционируемого воздуха в зданиях с помощью сорбентов с использованием геотермальных вод показана на рис. 1. Эта система работает по прямоточной схеме. В теплый период года наружный воздух поступает в основной аппарат, где, проходя через орошаемую раствором сорбентов насадку 8, понижает влагосодержание и энтальпию до требуемой энтальпии приточного воздуха. При этом раствор сорбента впитывает из воздуха влагу и его концентрация снижается от начальной величины ε_p^H до ε_p^K , затем раствор из поддона самотеком стекает в левую половину бака 3 и насосом 6 подается в теплообменник 2, по трубкам которого проходит геотермальная вода. Нагретый слабый раствор поступает в орошаемую насадку 13 вспомогательного аппарата, через который проходит удаляемый из помещения воздух. В результате этого из нагретого раствора испаряется влага и повышается концентрация раствора, который самотеком поступает в правую половину бака 3. Датчик контроля влажности внутреннего

воздуха автоматически регулирует пропорции смеси крепкого и слабого растворов, забираемых насосом из обеих половин бака через трехходовой смесительный клапан 4. Нужная начальная температура раствора достигается автоматическим регулированием расхода охлаждающей воды через теплообменник 7. Как правило, в теплое время года доведение приточного воздуха до требуемой температуры осуществляется методом прямого испарительного охлаждения в форсуночной камере 9.

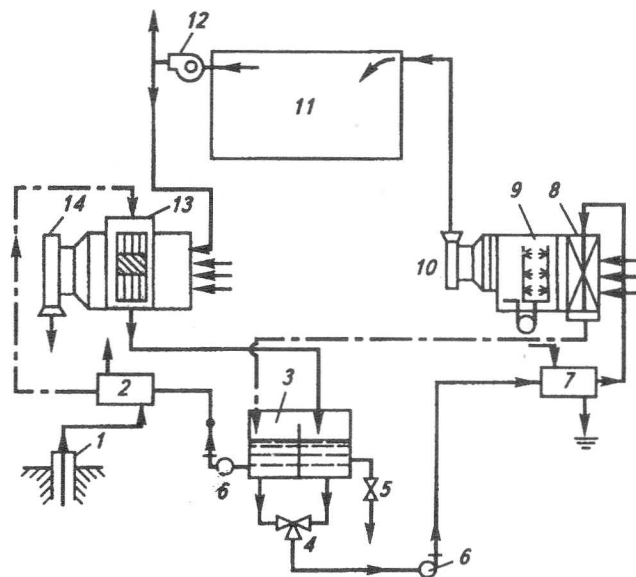


Рис. 1. Принципиальная схема круглогодичной обработки кондиционируемого воздуха раствором сорбента с использованием геотермальных вод:

- 1 – геотермальный источник; 2 – теплообменник нагрева слабого раствора сорбента; 3 – бак для раствора; 4 – смесительный клапан; 5 – слив; 6 – насос; 7 – теплообменник нагрева или охлаждения раствора; 8, 13 – орошаемые насадки; 9 – форсуночная камера; 10, 12, 14 – вентиляторы; 11 – помещение

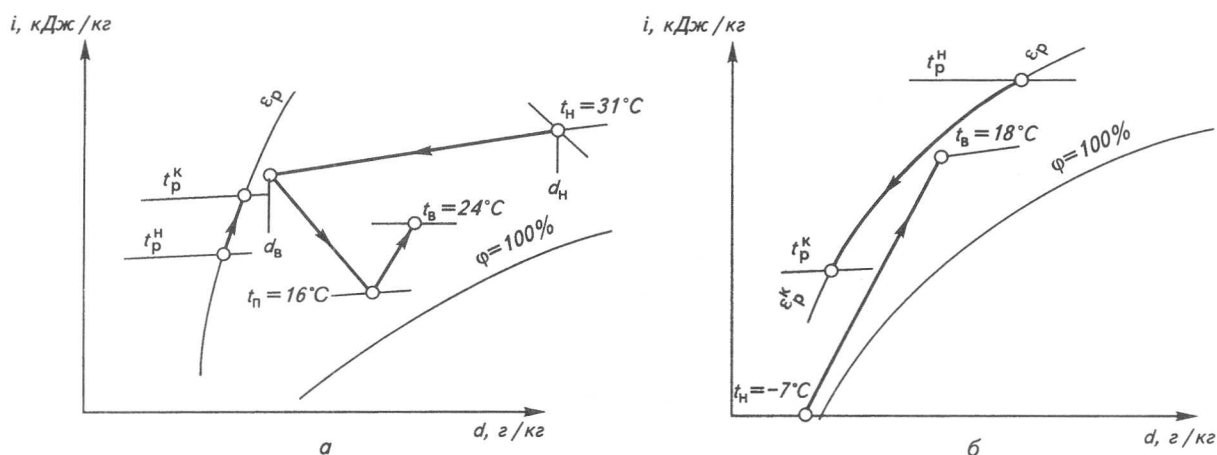


Рис. 2. Построение на i, d -диаграмме системы обработки воздуха сорбентами:
а – в теплый период года; б – в холодный период года

Для осуществления режима охлаждения приточного воздуха необходимо обеспечить постоянную регенерацию раствора сорбента. Регенерируемый раствор можно нагревать геотермальной водой. Для практического осуществления схемы (см. рис. 1) необходимо устанавливать высокоэффективные аппараты [3].

В холодное время года через основной аппарат по проточной схеме поступает наружный воздух, который, проходя через орошаемую насадку 8, воспринимает тепло раствора, подаваемого насосом 6, и нагревается до требуемой температуры (см. рис. 1). Охлажденный раствор собирается в поддон и самотеком сливается в левую часть бака 3. Путем автоматического смешивания в клапане 4 достигается нужная начальная концентрация раствора, поступающего к насосу 6. Раствор перед поступлением в орошаемую насадку 8 нагревается в теплообменнике 7 до требуемой начальной температуры. Ниже представлены данные расчета предлагаемой системы обработки воздуха сорбентами в соответствии с построением процессов на i, d -диаграмме в теплое время года (рис. 2).

Влагосодержание воздуха, г/кг:

начальное	12,5
конечное	5,7

Начальная температура раствора сорбента, °C 23

Требуемая температура, °C:

охлаждающей воды	16
регенерируемого раствора	57,5
горячей воды	65

Анализ этих данных показывает, что для нагрева можно использовать сбросную геотермальную воду с температурой 65 °C.

Круглогодичное использование тепла геотермальных вод в системах вентиляции и кондиционирования воз-

духа позволяет сократить на 30 – 40 % расход энергии на обработку приточного воздуха по сравнению с традиционными схемами СКВ.

Таким образом, разработанная нами система круглогодичной обработки приточного воздуха позволяет путем использования геотермальной воды с умеренной температурой 65 °C осуществлять режим охлаждения (отопления) приточного воздуха с применением растворов сорбентов. Внедрение указанной системы круглогодичной обработки воздуха помимо экономии топливно-энергетических ресурсов позволяет круглогодично поддерживать комфортный микроклимат в помещениях с наименьшими затратами.

Проведенный нами анализ показывает, что внедрение разработанной системы теплохолодоснабжения только для общественно-бытовых потребностей с использованием геотермальных источников позволит сэкономить в Грузии свыше 0,7 млн т условного топлива в год, для технологической СКВ на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности – свыше 1,2 млн т условного топлива в год [1].

В Грузии намечается увеличение производства южных и субтропических культур. Предусматриваются заготовка и переработка цитрусовых свыше 500 тыс. т, доведение мощностей холодильников и фруктохранилищ до 25 тыс. т единовременного хранения. Переход к современной холодильной технологии обработки и хранения овощей, бахчевых, плодов и ягод возможен лишь при создании холодильников, максимально приближенных к районам их выращивания. Ускорение развития холодильной техники в сельском хозяйстве с наименьшими затратами возможно лишь при внедрении недорогих систем холодоснабжения, использующих местные энергетические нетрадиционные ресурсы. К таким

системам в первую очередь надо отнести системы, использующие абсорбционные холодильные агрегаты и технологическое кондиционирование воздуха с применением жидких сорбентов на базе геотермальных источников. Примером может служить разработанная и внедренная на Зугдидской чайной фабрике технологическая система кондиционирования воздуха с применением раствора хлористого лития на базе термальной воды, которая позволила на 34 % снизить расход энергоресурсов на производство чая [2]. Как показал опыт внедрения, указанная система достаточно надежно поддерживает требуемые параметры кондиционируемого воздуха. Она несложна в эксплуатации и не требует высококвалифицированного персонала. Аналогичные системы могут успешно применяться для создания оптимальных микроклиматических условий в плодоовощехранилищах, так как при хранении фруктов и овощей предъявляются повышенные требования для поддержания заданного влажностного режима, что легко достигается в указанных выше системах.

Для поддержания необходимых температурно-влажностных режимов ($t = 3 \dots 4^\circ\text{C}$, $\phi = 95 - 98\%$) в камерах хранения охлажденных фруктов и овощей нами предлагается система охлаждения воздуха с помощью растворов хлористого лития (рис. 3). Принцип обработки воздуха основан на использовании свойства растворов хлористого лития поглощать влагу. Процессы предварительной осушки воздуха жидкими сорбентами дают возможность последующего доведения кондиционируемого воздуха до требуемых параметров с помощью недорогих методов прямого испарительного охлаждения (адиабатического увлажнения). Последнее открывает широкие перспективы для осуществления технологического кондиционирования воздуха в плодоовощехранилищах, где наряду с пониженной температурой (4°C) требуется высокая относительная влажность (95 – 98 %) приточного воздуха.

На рис. 3 показана предлагаемая нами принципиальная схема обработки воздуха раствором сорбентов для технологического кондиционирования воздуха в плодоовощехранилищах.

Проходя через камеру осушения 1, обрабатываемый воздух контактирует с раствором сорбентов (см. рис. 3). Сначала воздух осушается и несколько охлаждается, затем, проходя через форсуночную (или пленочную, насадочную) камеру 2, контактирует с непрерывно циркулирующей водой, охлаждается и увлажняется до требуемых параметров, затем подается вентилятором 3 в плодоовощехранилище. Часть обедненного раствора после камеры осушения 1 насосом перекачивается в

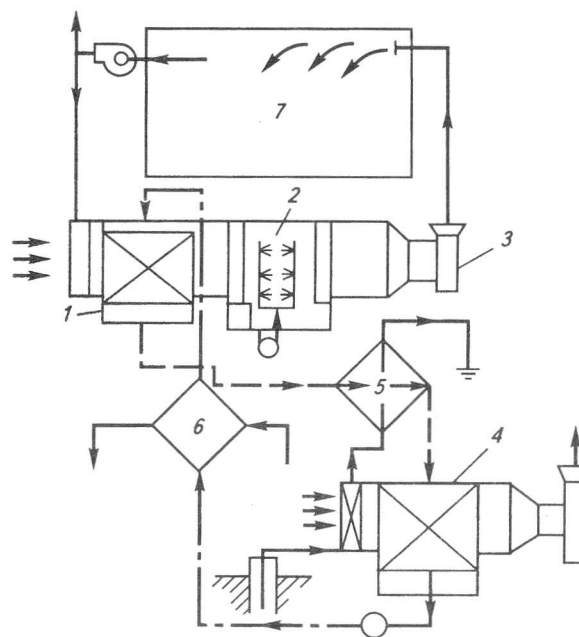


Рис. 3. Схема холодоснабжения плодоовощехранилищ на базе геотермальных источников:

1 — камера осушения; 2 — форсуночная камера;
3 — вентилятор; 4 — камера регенерации раствора сорбентов; 5, 6 — теплообменники;
7 — плодоовощехранилище

камеру регенерации раствора 4. Регенерируемый раствор подогревается в противоточном теплообменнике 5 отработанной термальной водой, благодаря чему в камере 4 происходит выпаривание ранее поглощенной влаги и восстановление первоначальной концентрации сорбента. Восстановленный раствор вновь направляется в камеру осушения 1, и цикл повторяется. Таким образом, разработанная нами система является весьма эффективной для поддержания оптимальных влажностных режимов при хранении сочного растительного сырья.

На i, d -диаграмме (рис. 4) изображен процесс обработки воздуха по предлагаемой схеме (для климатических условий Грузии). Воздух с параметрами H подается в камеру 1 (см. рис. 3) и осушается до состояния, отвечающего требуемой энтальпии в форсуночной камере 2, где он увлажняется адиабатически до требуемой влажности и подается в плодоовощехранилище. Процесс осушения осуществляется при начальной концентрации сорбента $K = 40\%$. Ниже представлены результаты расчета предлагаемой системы обработки воздуха сорбентами в соответствии с построением процессов на i, d -диаграмме.

Влагосодержание воздуха, г/кг:

начальное	12,5
конечное	2,3

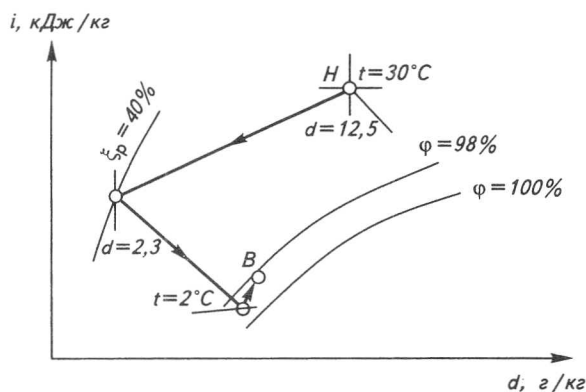


Рис. 4. Построение на i, d -диаграмме процесса обработки воздуха жидкими сорбентами

Начальная температура раствора сорбента, °C	21,5
Требуемая температура, °C:	
охлаждающей воды	16
регенерируемого раствора	58,2
горячей воды	65
Парциальное давление воздуха, мм рт.ст.:	
на входе	12,8
на выходе	18,9
Парциальное давление сорбента, мм рт.ст.:	
на входе	25,7
на выходе	21,2

Анализ результатов данных, приведенных выше, позволяет сделать следующие выводы: в климатических условиях Грузии возможно осуществить предлагаемую систему обработки воздуха и при этом обеспечить его охлаждение и увлажнение охлаждающей водой с температурой 15 – 17 °C. Во многих районах Грузии имеются естественные источники с температурой 15 – 17 °C (например, горные реки). Регенерацию раствора сорбента можно обеспечить при наличии воды с температурой 65 °C.

Ввиду того что геотермальные источники имеют достаточно высокий температурный потенциал, то предлагаемая система холодоснабжения плодоовощехранилищ может быть успешно применена в хозяйствах, расположенных в зоне действия геотермальных скважин. Это позволит ежегодно экономить более 1 млн кВт·ч электроэнергии на каждом плодоовощехранилище вместимостью 1000 т.

Эффективность процессов осушения воздуха E_d при контакте с раствором хлористого лития определим по формуле

$$E_d = \frac{d_1 - d_2}{d_1 - d_{н.р.}}$$

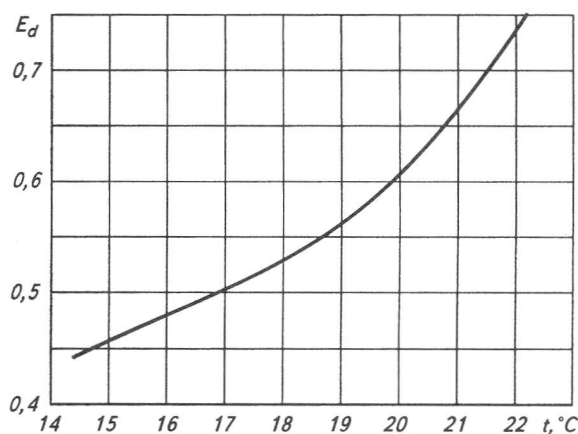


Рис. 5. Изменение эффективности камеры осушения E_d при контакте с раствором хлористого лития в зависимости от температуры охлаждающей воды t

где d_1 и d_2 – влагосодержание воздуха соответственно на входе и выходе из камеры осушения;

$d_{н.р.}$ – влагосодержание воздуха, вычисленное при начальных параметрах раствора, поступающего в камеру для осушки кондиционируемого воздуха.

С понижением температуры охлаждающей воды снижается требуемая эффективность камеры для осушки воздуха (рис. 5). Если использовать воду горных рек Грузии для охлаждения раствора, то эффективность камеры осушения может составлять $E_d = 0,45 - 0,5$.

Проведенные расчеты и анализ проектных решений показали, что, используя методы обработки воздуха раствором хлористого лития, можно создать экономичные системы технологического и комфортного кондиционирования. Раствор сорбента рекомендуется регенерировать воздушной десорбцией с нагревом раствора геотермальной водой, что обеспечивает снижение затрат на 30 – 35 % по сравнению с традиционной СКВ.

Список литературы

1. Везиришвили К.О. Комплексное использование геотермальных вод для теплохладоснабжения отраслей АПК. – Сборник докладов Всесоюзной конференции по холоду. – Ташкент. 1985.
2. Везиришвили К.О. Использование геотермальных вод для теплохладоснабжения чайной фабрики // Холодильная техника. 1986. № 3.
3. Везиришвили К.О. Экспериментальное исследование процессов воздушной десорбции в СКВ при использовании геотермальной воды // Научные труды Грузинского политехнического института. – Тбилиси. 1987. № 8 (320).
4. Кокорин О.Я. Системы кондиционирования воздуха. – М.: Машгиз, 1980