

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ХРАНИЛИЩ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОНИЖЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ ВОЗДУХА ПО МЕТОДУ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ

Докт. техн. наук ПИСАРЕВ В. Е.

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

При кондиционировании воздуха расходы теплоты, холода и электроэнергии можно сократить, применив метод оптимальных режимов, включающий три способа регулирования тепловлажностных параметров приточного воздуха: температуры точки росы, второй рециркуляции и обвода мокрой камеры [1]. Рассмотрим метод оптимальных режимов применительно к кондиционированию приточного воздуха в хранилищах сельскохозяйственной продукции с пониженным давлением среды (гипобарических хранилищах). В большинстве режимов работы гипобарических хранилищ, камеры хранения которых охлаждаются независимо от системы кондиционирования холодильными машинами, натекание свежего приточного воздуха происходит с постоянным расходом, удаление воздуха из камер хранения – путем кратковременного включения вакуумного насоса; имеют место колебания абсолютного давления. Поэтому рассматриваются только прямоточные системы кондиционирования.

В гипобарических хранилищах колебания температуры в пределах $t_{\min} - t_{\max}$ могут быть вызваны изменением состояния наружного воздуха, характеристиками системы управления; колебания давления $p_{\min} - p_{\max}$ – технологией хранения и характеристиками системы управления; колебания относительной влажности воздуха $\varphi_{\min} - \varphi_{\max}$ связаны с изменением температуры и давления, характеристиками системы управления [2]. На $I-d$ -диаграмме влажного воздуха (рис. 1) допустимые пределы параметров среды при максимальном давлении в гипобарических хранилищах сельскохозяйственной продукции определяются областью 1–2–3–4, а при минимальном давлении – 5–6–7–8. За линию 3–4 принята линия $p = p_{\max}(\varphi = 1)$, а за линию 7–8 – линия $p = p_{\min}(\varphi = 1)$. Область 1–2–7–8 определяет все возможные состояния среды в хранилище.

При хранении сельскохозяйственной продукции в полимерной упаковке в хранилище поддерживаются только температура и давление; относительная влажность воздуха не регулируется. Возможная зона изменения параметров воздушной среды в хранилище представлена областью 1'–2'–3'–4' (рис. 1). Подготовка приточного воздуха может быть проведена при атмосферном давлении. В дальнейшем в гипобарических хранилищах сельскохозяйственной продукции за область допустимых изменений параметров приточного воздуха примем четырехугольник 1–2–3–4 (область I, рис. 2). Линии 1–2 и 3–4 описывают соответственно параметры среды при максимальном и минимальном давлениях. Давление p_x – заданное абсолютное давление хранения.

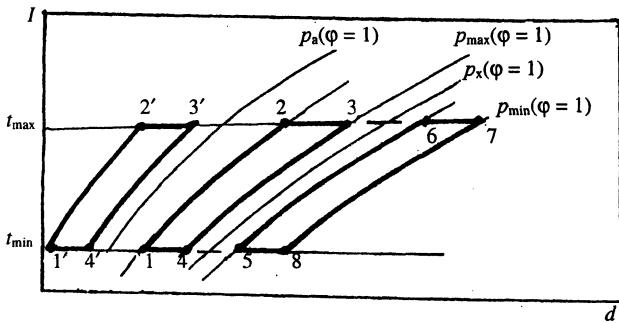


Рис. 1. Пределы изменения параметров среды в гипобарическом хранилище сельскохозяйственной продукции

Ниже выполнена разбивка $I-d$ -диаграммы на области, в пределах которых состояние наружного воздуха позволяет системе гипобарического кондиционирования (ГСКВ) работать в едином режиме (одна и та же последовательность процессов тепловлажностной обработки воздуха). Отметим, что на $I-d$ -диаграмме вся область I лежит ниже линии $p_a = 10^5$ Па ($\varphi = 1$) (p_a – атмосферное давление); всегда необходимо проводить тепловлажностную обработку наружного воздуха. Если параметры наружного воздуха находятся в пределах части области I, которая может быть расположена над линией $p_a = 10^5$ Па ($\varphi = 1$), то действуют правила работы [1].

Область II (рис. 2а) расположена под линией $I_{п.р.мин}$, проведенной через минимальную допустимую точку росы (точка Р) приточного воздуха, находящегося при пониженном давлении; ограничена также линией $p_a = 10^5$ Па ($\varphi = 1$) и линией максимально возможных состояний атмосферного воздуха (линия 1).

Область III (рис. 2б) ограничена изоэнтальпиями $I_{п.р.мин}$ и $I_{п.мин}$, линией $p_a = 10^5$ Па ($\varphi = 1$) и линией максимально возможных состояний атмосферного воздуха (линия 1).

Область IV (рис. 2б) ограничена изоэнтальпиями $I_{п.мин}$ и $I_{п.макс}$, линией максимально возможных состояний атмосферного воздуха (линия 1) и линией $p_a = 10^5$ Па ($\varphi = 1$).

При обработке приточного воздуха с его охлаждением и осушкой в гипобарическом хранилище сельскохозяйственной продукции целесообразно поддерживать максимально допустимую энтальпию приточного воздуха. Тогда приточный воздух должен иметь параметры, соответствующие точке 3 (рис. 2в). Изоэнтальпией $I_{п.макс}$, проходящей через точку 3, на $I-d$ -диаграмме от области изменения параметров наружного воздуха отсекается часть (область V), где при подготовке приточного воздуха необходимо потребление холода.

Изменение параметров наружного воздуха (точка Н) может быть вызвано суточными и сезонными колебаниями атмосферных условий. Однако точка Н может перемещаться из одного участка в другой и при неизменном состоянии наружного воздуха. Причина: колебания абсолютного давления хранения. Четырехугольник 1–2–3–4 будет менять свое место в $I-d$ -диаграмме, а вслед за ним – и все границы участков.

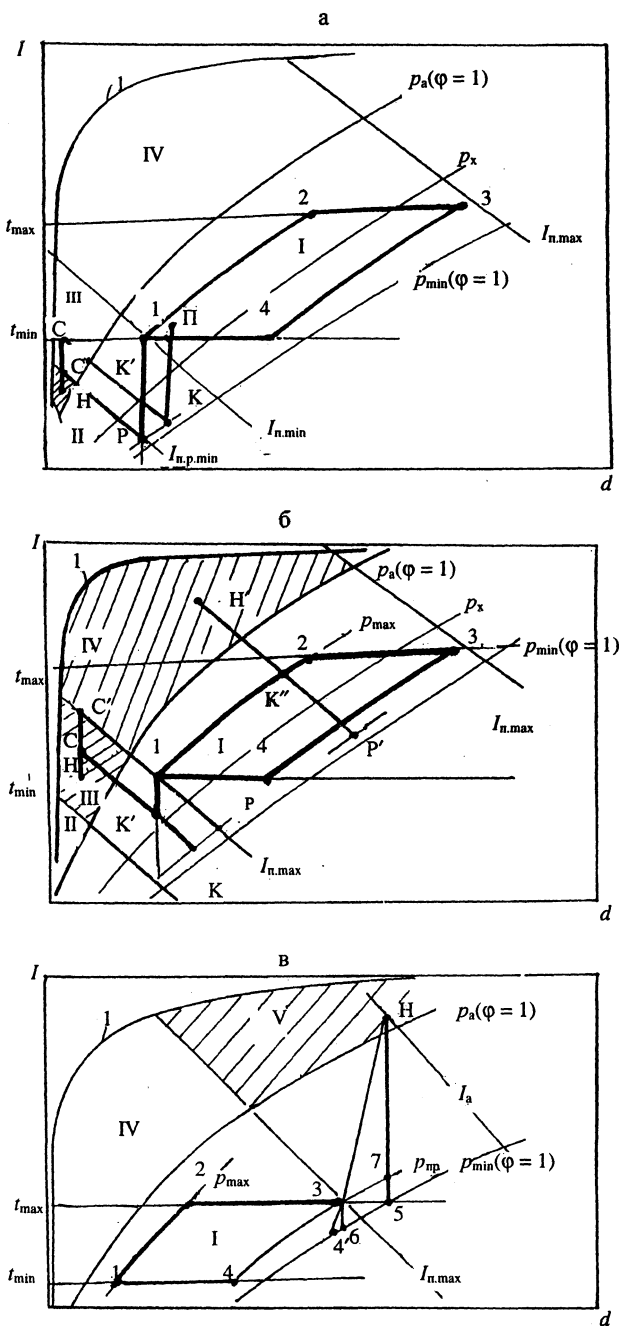


Рис. 2. Режимы работы ГСКВ при параметрах наружного воздуха в пределах области II (а), III и IV (б) и V (в); линия 1 – линия максимально возможных состояний наружного воздуха

Рассмотрим работу гипобарических систем кондиционирования хранилищ сельскохозяйственной продукции в оптимальной последовательности проведения процессов тепловлажностной обработки воздуха.

Режим I. Параметры наружного воздуха находятся в пределах области II (рис. 2а). Учитывая характеристики гипобарического метода хранения сельскохозяйственной продукции, режиму I будет соответствовать холодный период года.

В ГСКВ при регулировании параметров приточного воздуха по температуре точки росы в режиме I воздух подогревается в калорифере первого подогрева (процесс Н–С), изоэнтальпически увлажняется в мокрой камере (процесс С–К) и вновь подогревается в калорифере второго подогрева (процесс К–П). Рациональным по затрате энергии является проведение процесса тепловлажностной обработки приточного воздуха по линии Н–С'–Р–1, так как при этом требуется минимальный расход теплоты и влаги на приведение воздуха к заданным параметрам. По мере перемещения точки Н в сторону области III сокращается расход теплоты на первый подогрев. Когда точка Н расположится на границе между участками II и III, он полностью прекратится. В ГСКВ ввиду использования прямоточной системы кондиционирования гипобарических хранилищ перспективно применение способа регулирования параметров приточного воздуха обводом мокрой камеры. В этом случае воздух подогревается в калорифере первого подогрева (процесс Н–С), часть воздуха изоэнтальпически увлажняется в мокрой камере (процесс С–К), далее происходит смещение потоков воздуха, прошедших и не прошедших влажностную обработку (конечное состояние описывается точкой К'), и, наконец, воздух подогревается в калорифере второго подогрева (процесс К'–1). В ГСКВ процесс Н–С (или Н–С') лучше осуществлять при атмосферном давлении. В режиме I ГСКВ может работать полностью или частично при пониженном давлении воздуха.

Режим II. Параметры наружного воздуха находятся в пределах области III (рис. 26). Тепловлажностная обработка воздуха может проводиться полностью или частично при пониженном давлении среды. Рационально использование для режима II способов второй рециркуляции и обвода мокрой камеры.

Приточный воздух можно подогревать при атмосферном давлении в калорифере первого подогрева (процесс Н–С). В этом состоянии понижают давление воздуха, процесс описывается точкой С. Часть приточного воздуха увлажняется в изоэнтальпическом процессе в мокрой камере (процесс С–К), а затем смешивается с необработанной частью, пропущенной по обводу мимо мокрой камеры. Конечное состояние смеси описывается точкой К'. В калорифере второго подогрева воздух греют в процессе К'–1. По мере перемещения точки Н в сторону участка IV сокращается расход теплоты на подогрев воздуха (уменьшается длина отрезков Н–С и К'–1). Когда точка Н окажется на границе участков II и IV, то пары точек Н и С, а также К' и 1 полностью совпадут, отпадет необходимость в подогреве воздуха. В ГСКВ приточный воздух можно подогревать в калорифере первого подогрева в процессе Н–С'. Тогда при дальнейшей обработке приточного воздуха требуется меньшее число операций (исключается калорифер второго подогрева).

При использовании метода второй рециркуляции каких-либо преимуществ не имеем.

При реализации метода точки росы можно обработать первоначально воздух в процессе Н–С', понизить давление в точке С', увлажнить изоэнтальпически в процессе С'–Р и греть до линии t_{\min} . По сравнению со способом обвода мокрой камеры требуется большая ее производительность, так

как обрабатывается весь воздух и увеличивается расход теплоты при обработке воздуха в калорифере второго подогрева. Но метод прост в управлении и может быть использован при небольших расходах воздуха.

Режим III. Параметры наружного воздуха (точка H_1) находятся в области IV (рис. 2б). При его обработке требуются понижение давления и увлажнение. Достичь заданного состояния воздуха в области 1–2–3–4 можно изохлорическим увлажнением приточного воздуха, используя все три способа регулирования тепловлажностных параметров, например способ обвода мокрой камеры: процесс $H'-P'$ – увлажнение в мокрой камере части потока приточного воздуха, точка K' описывает состояние приточного воздуха после его смешения.

При реализации режимов I, II и III могут быть использованы ГСКВ с источниками холода [3, 4]. Эти системы характеризуются простотой управления, но имеют худшие энергетические характеристики, чем схемы подготовки приточного воздуха по методу оптимальных режимов.

Режим IV. Обработку наружного воздуха в ГСКВ можно провести способом температуры точки росы. При этом на одном из этапов процесса кондиционирования энтальпия приточного воздуха становится меньше величины $I_{п.макс}$ (рис. 2в). В дальнейшем требуется подогрев воздуха для достижения параметров, описываемых областью I; в результате имеют место лишние затраты энергии. В частности, это процессы $H-5-6$ и $6-3$. В ряде случаев возможно проведение тепловлажностной обработки воздуха при переменных давлениях в ГСКВ: процессы $H-7$ и $7-3$ при промежуточном давлении $p_{пр}$ и $\phi = 1$ и понижение давления в точке 3 от $p_{пр}$ к $p_{мин}$.

Эффективным является режим обработки наружного воздуха методом обвода мокрой камеры или второй рециркуляции. При этом проводят охлаждение части наружного воздуха в мокрой камере до состояния, описываемого точкой $4'$; затем смешивают его с необработанной частью до состояния, описываемого точкой 3. Если точка H меняет местонахождение, то точка $4'$ перемещается вниз или вверх по кривой $\phi/p = \text{const}$ ($\phi = 1$). При этом потребляется ровно столько холода, сколько необходимо для доведения всего обрабатываемого в кондиционере воздуха от энтальпии I_a до энтальпии $I_{п.макс}$. При колебаниях абсолютного давления, связанного с режимом работы вакуумного насоса, с уменьшением абсолютного давления среды точка 3 перемещается вправо и точка $4'$ перемещается также вправо по кривой $\phi/p = \text{const}$ ($\phi = 1$); при этом с уменьшением давления кривая $\phi/p = \text{const}$ располагается все ниже. Следовательно, все большая часть наружного воздуха пропускается через мокрую камеру.

ЛИТЕРАТУРА

1. К р е с л и н ь А. Я. Автоматическое регулирование систем кондиционирования воздуха. – М., 1972. – 97 с.
2. Ж у р а в л е н к о В. Я., П и с а р е в В. Е. К вопросу об относительной влажности воздуха при кондиционировании гипобарических хранилищ // Промышленная теплотехника. – 1988. – № 5. – С. 98–100.
3. П и с а р е в В. Е. Подготовка тепловлажностных параметров приточного воздуха в системах кондиционирования гипобарических хранилищ обводом мокрой камеры / Инсти-

тут технической теплофизики НАНУ. – Киев, 1992. – 17 с. – Деп. в УкрИНТЭИ 10.12.92. – № 1921.

4. П и с а р е в В. Е. Подготовка тепловлажностных параметров приточного воздуха в системах кондиционирования гипобарических хранилищ с использованием второй рециркуляции / Институт технической теплофизики НАНУ. – Киев, 1992. – 21 с. – Деп. в УкрИНТЭИ 6.01.93. – № 11.

Представлена кафедрой ТГС и В

Поступила 28.01.2002

УДК 628.112

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПРОМЫВНОГО ПОТОКА ПРИ ГАЗОИМПУЛЬСНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ НАПОРНЫХ ФИЛЬТРОВ

**Канд. техн. наук, доц. ИВАШЕЧКИН В. В.,
ассист. ДОБРИЯН Г. К., инж. ИВАШЕЧКИН П. В.**

Белорусский национальный технический университет

В Белорусском национальном техническом университете разработан способ регенерации напорных сетчатых фильтров, в котором загрязненное сетчатое полотно очищается импульсным обратным током воды, создаваемым при быстром вводе сжатого воздуха или сжигании газообразного топлива в рабочей камере, сообщающейся с полостью фильтра [1]. В [2] для описания неустановившегося движения жидкости в системе рабочая камера–фильтр–воздушный колпак было предложено нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами, которое решалось численными методами. Решение этого уравнения позволяет определить зависимость скорости промывного потока перед сеткой в функции времени $v = f(t)$ и ускорения $a = f(t)$.

Расчеты [2] показывают, что промывная скорость возрастает во времени, достигает максимального значения v_{\max} и убывает до нуля, затем меняет знак и в системе возникают затухающие колебания (рис. 1). Однако в реальной схеме очистки их избегают, открывая сбросной клапан для удаления загрязнений.

Наибольший практический интерес при расчете энергетических и кинематических параметров системы очистки напорных фильтров представляет процесс нарастания скорости промывного потока от 0 до v_{\max} (процесс разгона), так как этот отрезок движения характеризуется наибольшими энергией жидкости, ускорением a (рис. 1) и эффективностью промывки фильтра.

В статье ставится задача нахождения расчетных формул для приближенного определения скорости промывного потока на стадии его разгона в функции расстояния $v = f(x)$.