



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Тема: «I-D диаграмма влажного воздуха»
Зав. Каф. д.т.н., профессор, директор департамента НО:

Ильин В.К.

Вопросы:

1. Область применения. Основные понятия.
2. Использование I-d диаграммы для решения задач (нагрев, охлаждение, смешивание, конденсирование.)



Воздух всегда содержит некоторое количество влаги. Смесь сухого воздуха и водяного пара представляет собой **влажный воздух**. Влажный воздух характеризуется следующими основными параметрами: абсолютной влажностью; относительной влажностью; влагосодержанием; энтальпией.

Воздух с максимальным содержанием водяного пара при данной температуре называется насыщенным.

Количество водяного пара при этом определяется температурой воздуха.



Использование I-d диаграммы очень удобно при любых процессах. Специалисты с легкостью решают проблемы связанные с расчетом состояния влажного воздуха и его обработке с помощью этой диаграммы. **Нам предстоит ее изучить и научиться с ней работать.**



Под **абсолютной влажностью воздуха** понимают количество водяных паров, содержащихся в 1 м^3 влажного воздуха ($\text{г}/\text{м}^3$, $\text{кг}/\text{м}^3$). Плотность пара в воздухе иногда называют **абсолютной влажностью воздуха**.

Относительная влажность или **степень насыщения воздуха ϕ** представляет собой отношение массы водяного пара $M_{\text{п}}$, находящегося в 1 м^3 влажного воздуха, к максимальной массе пара $M_{\text{п}}$, которая может содержаться в 1 м^3 влажного насыщенного воздуха при данной температуре и давлении, т.е. $\phi = p_{\text{п}}/p_{\text{н}}$. Если $p_{\text{п}} = p_{\text{н}}$ $\phi = 1$, то воздух содержит максимально возможное при данной температуре количество пара. Такой воздух насыщен водяным паром.

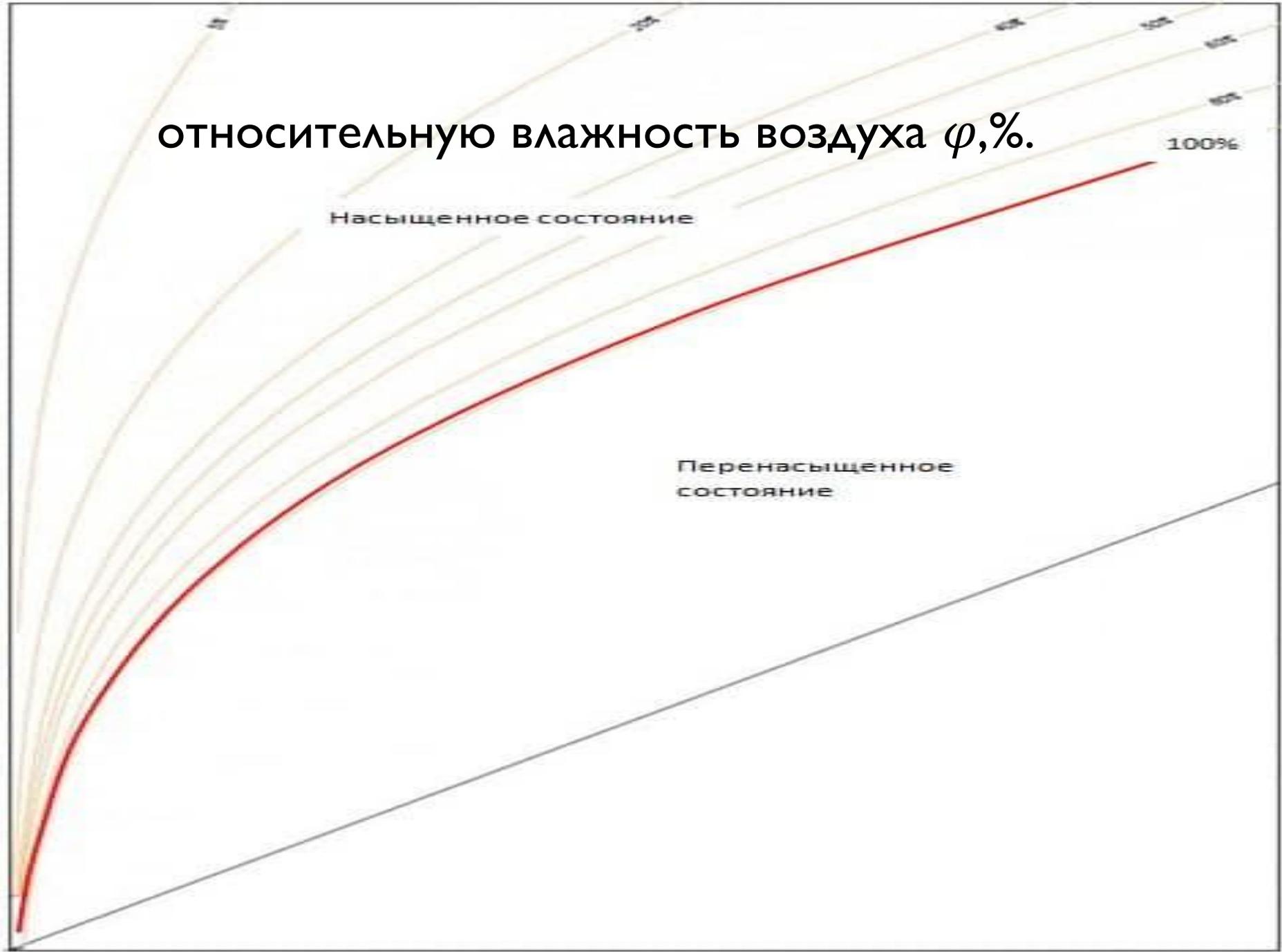


относительную влажность воздуха $\varphi, \%$.

Насыщенное состояние

Перенасыщенное состояние

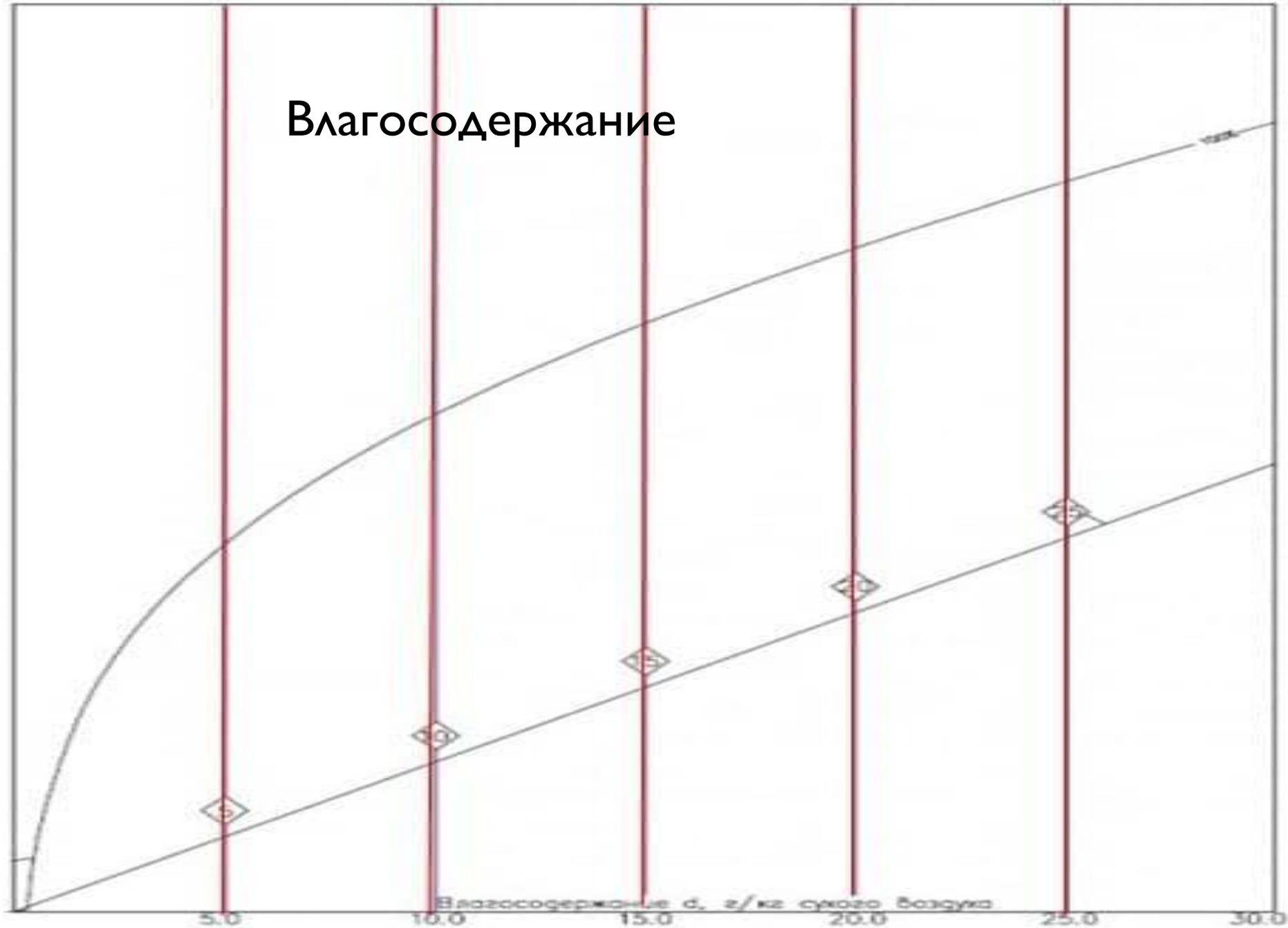
100%



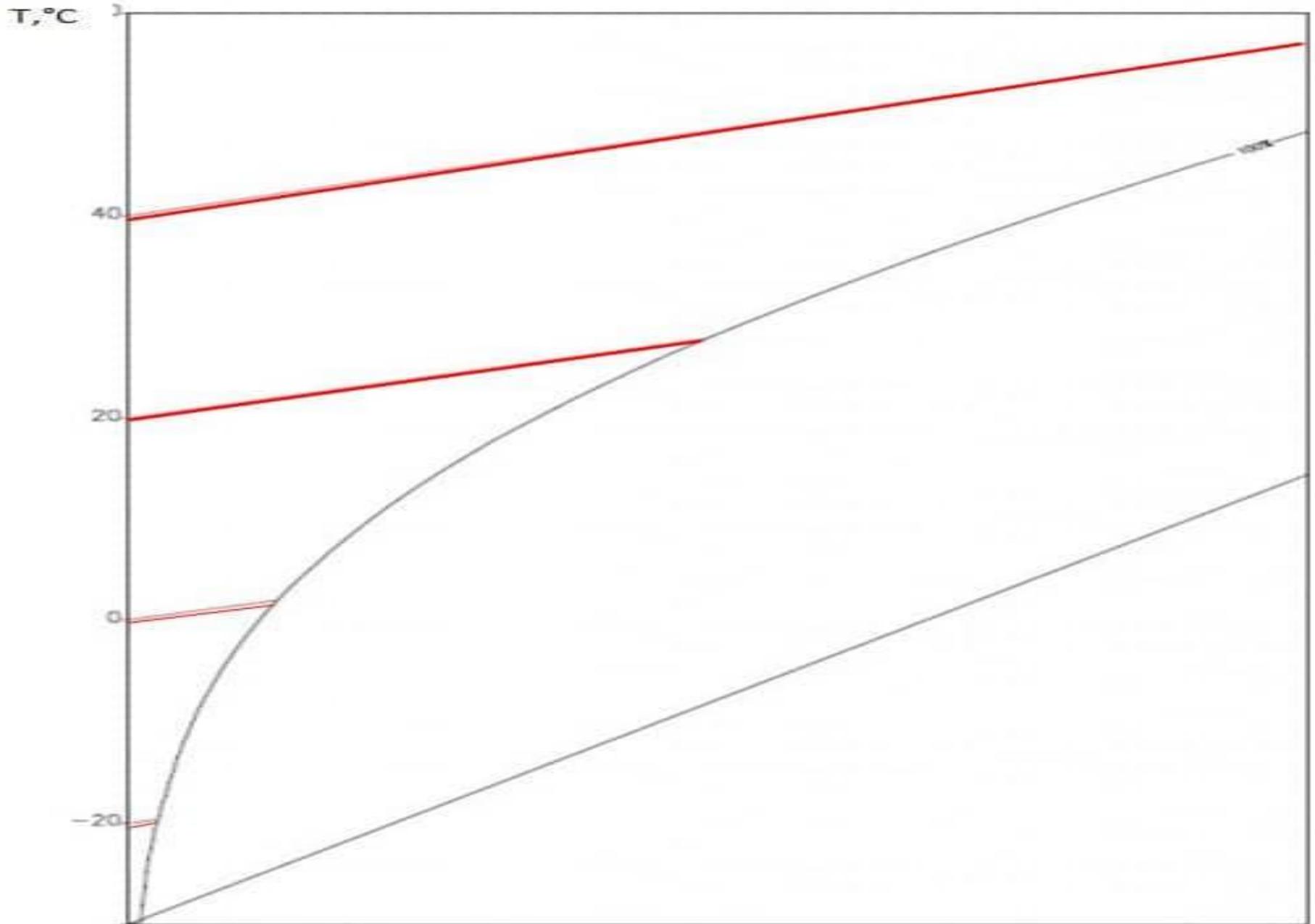
Влагосодержание - значение показывает грамм пара содержится в килограмме воздуха, а значение влагосодержания пишется внизу диаграммы (это 5.0, 10.0 и т.д.)



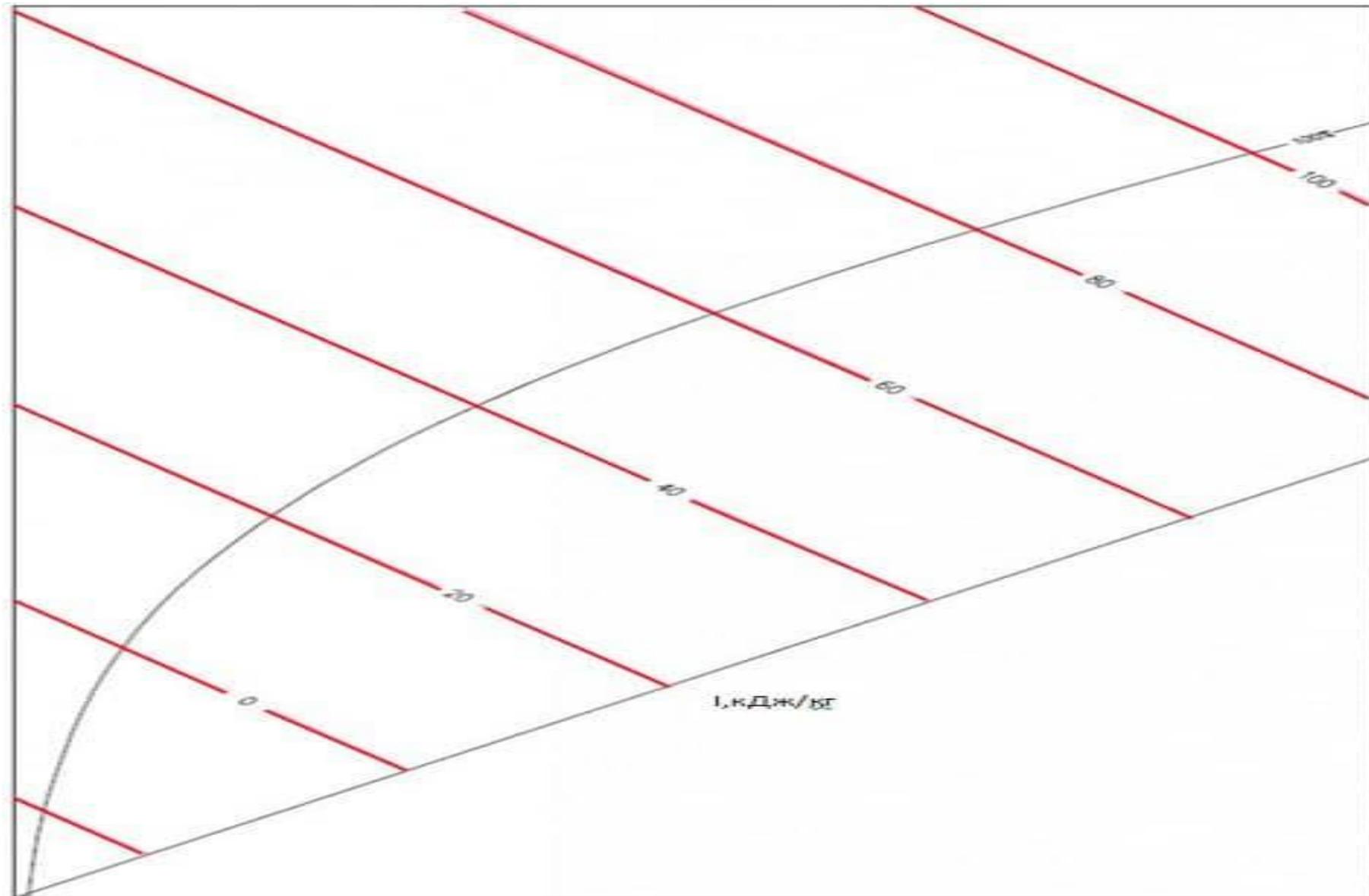
Влагосодержание



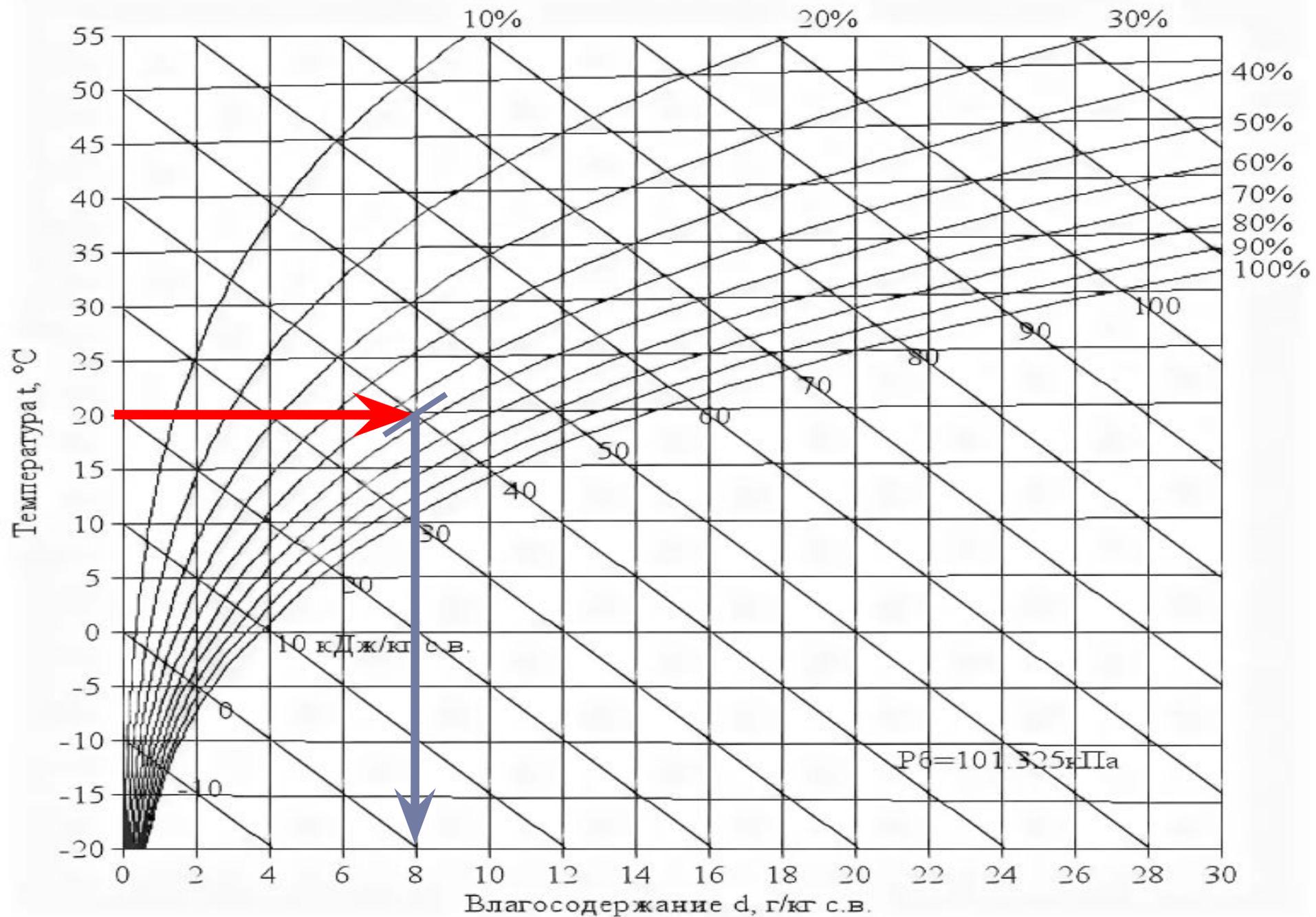
Температура характеризует степень нагретости тел



Энтальпией (теплосодержанием) воздуха называют общее количество теплоты, содержащейся в воздухе, отнесенное к 1 кг сухой его части. Обозначается латинской буквой I и имеет единицу измерения кДж/кг сухого воздуха.



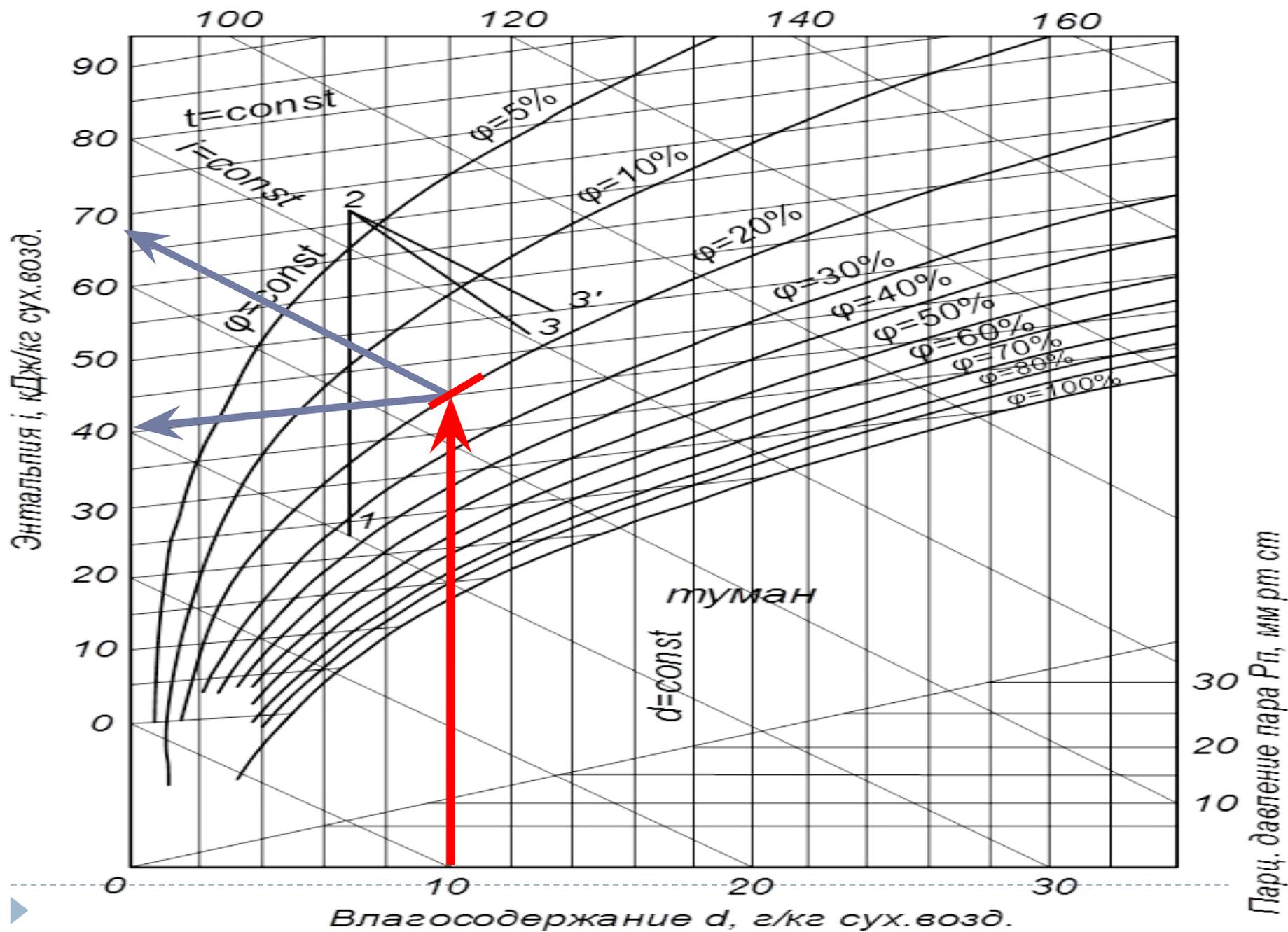
i-d диаграмма влажного воздуха

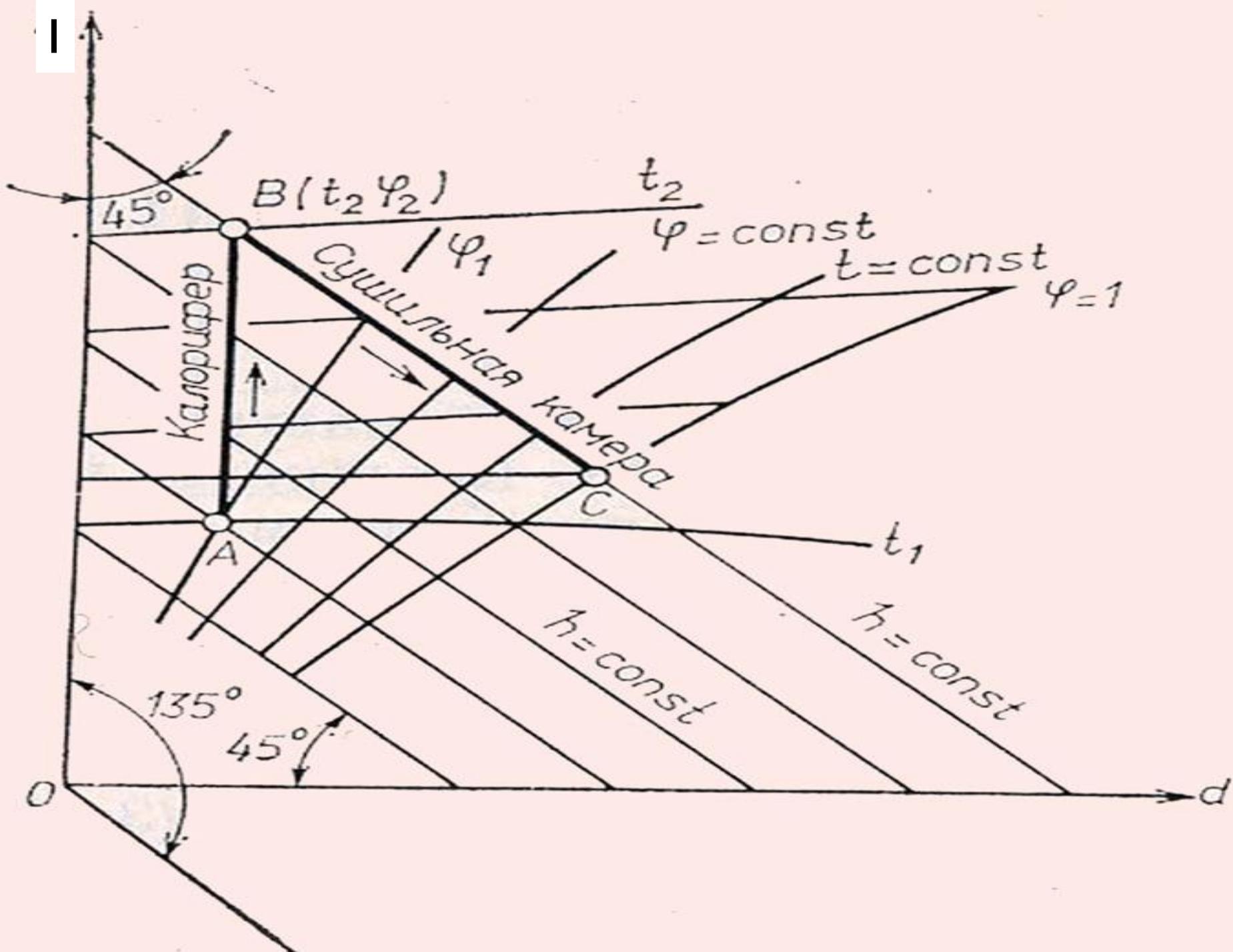


Для определения состояния воздуха необходимо знать всего лишь любые 2 показателя: например, температуру и влажность, влажность и энтальпию, температуру и влагосодержание и т. д.

Возьмем, например, воздух с температурой 20°C и энтальпией 40 кДж/кг . Для определения остальных показателей необходимо найти точку пересечения линии соответствующей 20°C и 40 кДж/кг . Далее для определения влагосодержания из точки А опускаем перпендикуляр. Перпендикуляр попал в точку влагосодержание воздуха 8 г/кг , относительная влажность $\varphi=55\%$

Дано: $\varphi=20\%$, $d=10$ получаем $l=68 \text{ кДж/кг}$, температура 40°C

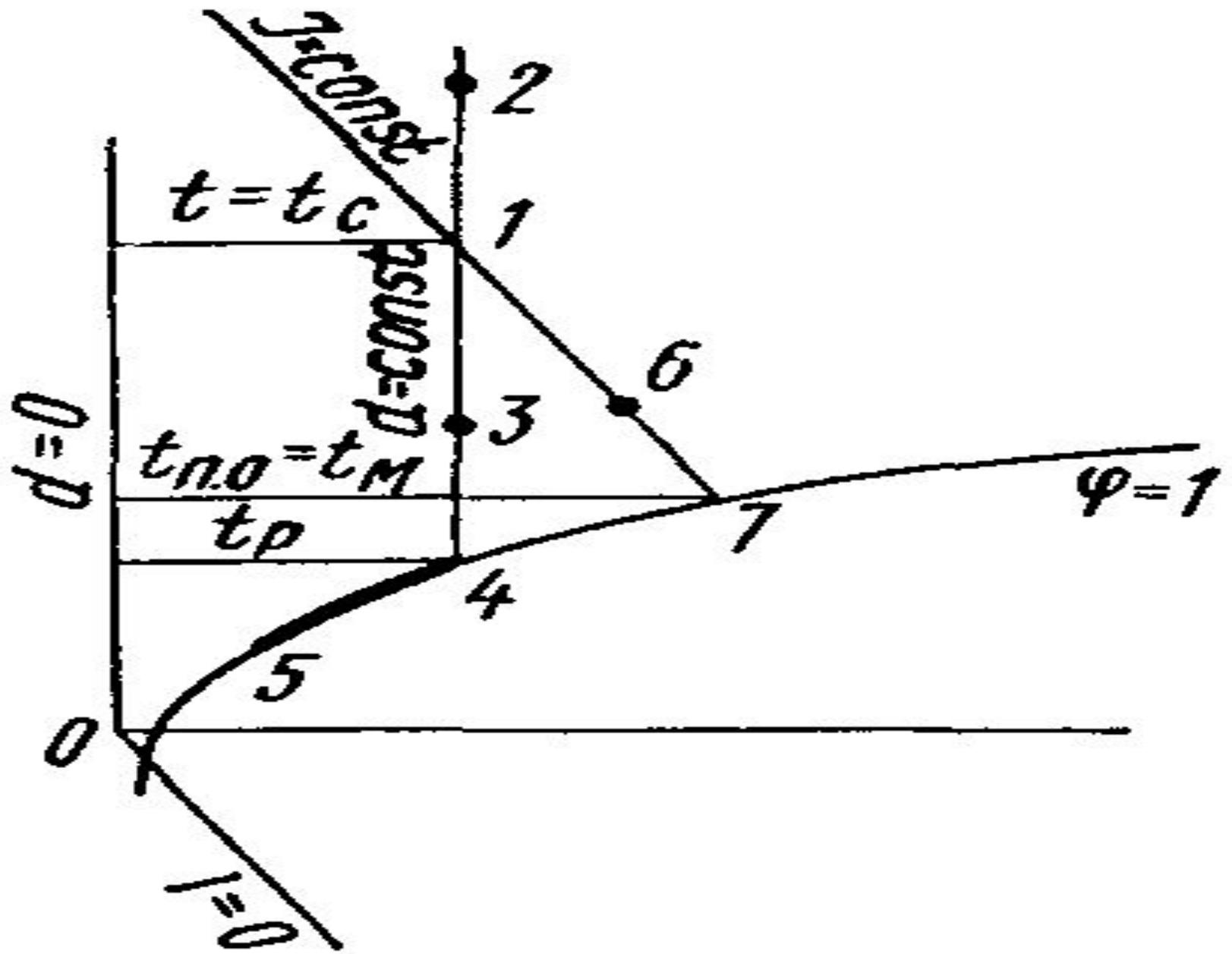




Например, процесс сушки изображается на этой диаграмме так. Атмосферный воздух с относительной влажностью φ_1 и температурой t_1 (точка А) поступает в калорифер, где он подогревается до температуры t_2 (точка В), вследствие чего его относительная влажность падает до φ_2 ; процесс в калорифере протекает при $d = \text{const}$ (А—В). Разность ординат $i_A - i_B$ показывает расход теплоты в калорифере на подогрев 1 кг воздуха. Затем воздух направляется в сушильную камеру, где за счет отдаваемой им теплоты происходит высушивание материала – испарение из него влаги (В—С). Процесс сушки протекает при $i = \text{const}$, так как часть теплоты, отнимаемой от сухого воздуха, возвращается смеси испаряемым паром. Точка С — точка росы. Разность $d_C - d_A$ выражает количество влаги, испаренной в сушилке 1 кг влажного воздуха.

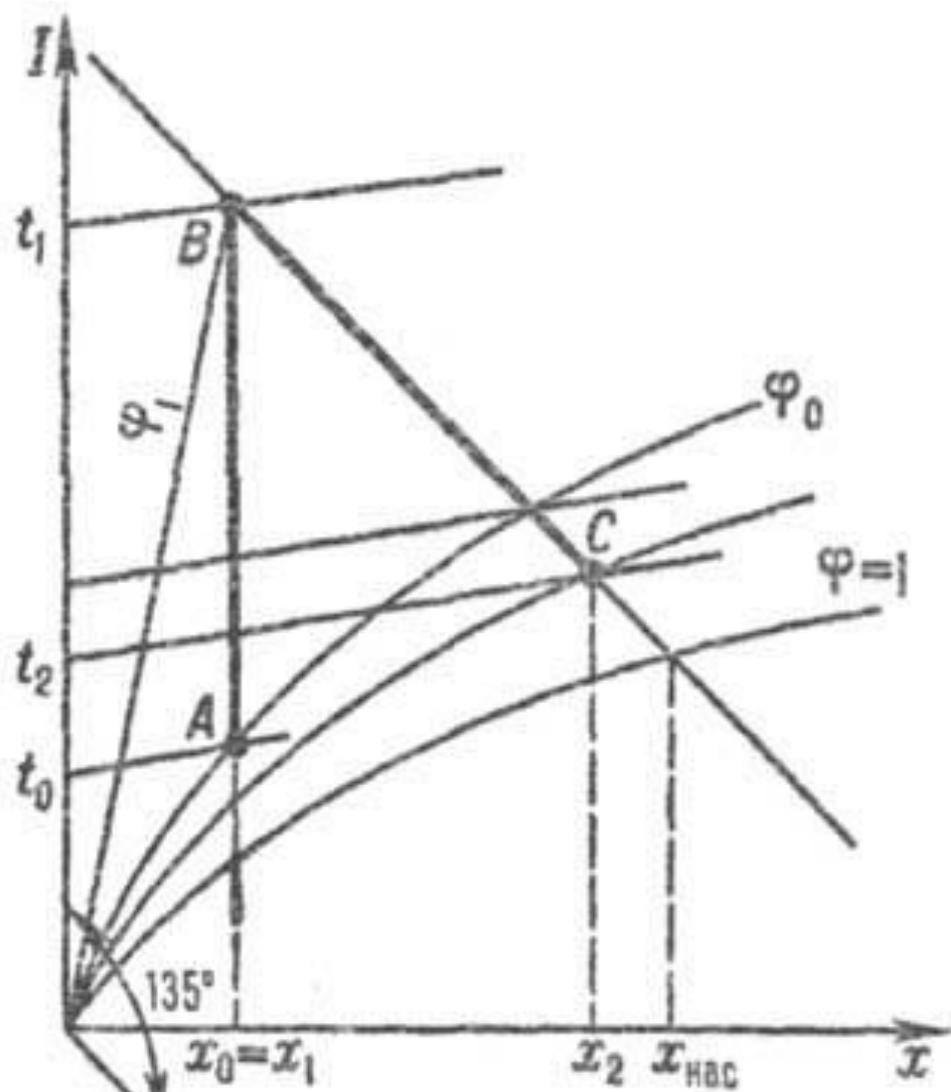
Точка росы « t^0 »— температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар достигает насыщения при неизменном давлении. Относительная влажность воздуха при этом становится 100 %. Чем меньше разница между фактической температурой и точкой росы, тем ближе воздух к состоянию насыщения. По достижении точки росы наступает конденсация водяного пара



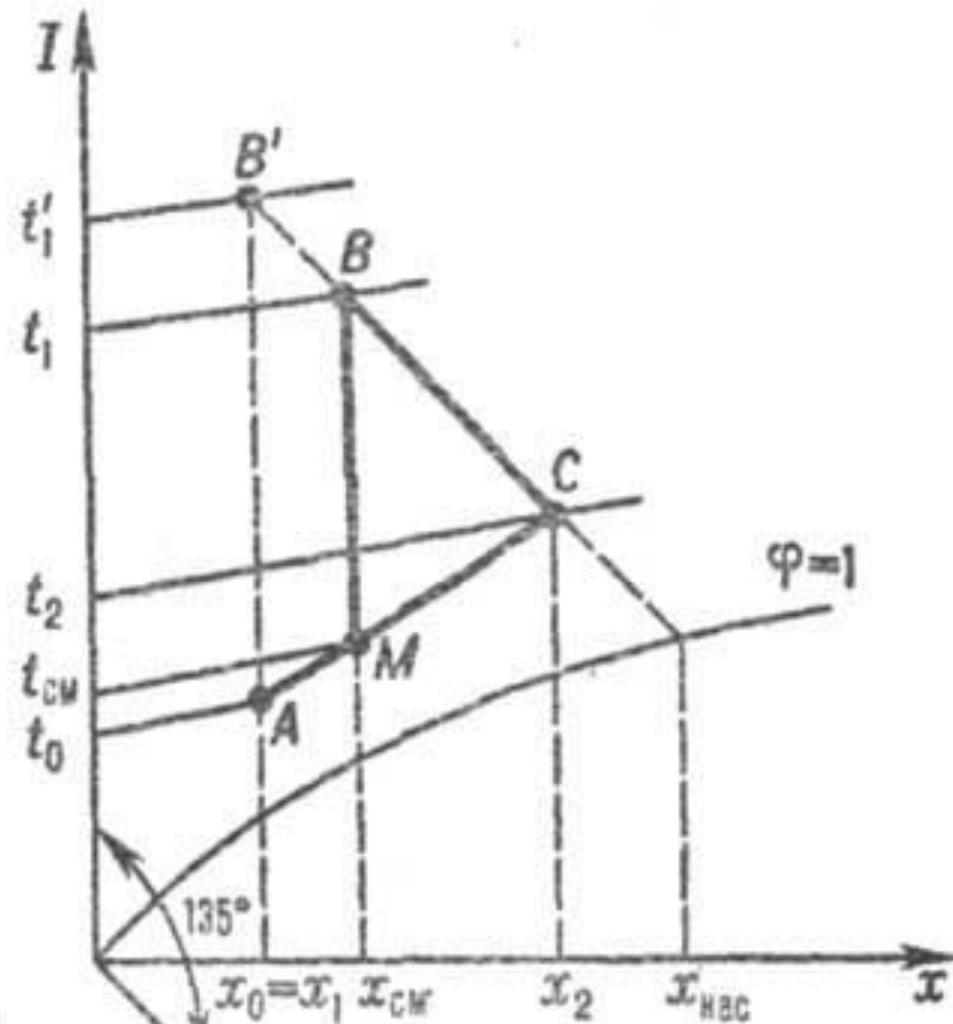


В процессе испарения воздух может оказаться насыщенным водяным паром (точка 7). При этом наступит равновесие между паром в воздухе и жидкостью. Температура воздуха и количество содержащейся в нем влаги будут оставаться при последующей выдержке постоянными. Точка 7 характеризует состояние воздуха, называемое *пределом охлаждения при испарении* или *пределом охлаждения*. *Температура, при которой воздух, испаряя влагу, достигает состояния насыщения, называется температурой предела охлаждения $t_{п.о}$* Мокрое тело, омываемое воздухом, при достаточной длительности процесса приобретает температуру, равную температуре предела охлаждения.





a



b

Осн. вариант сушки изображен на рис. а: точки А, В и С соответствуют состоянию воздуха перед калорифером, за ним и на выходе из сушилки.

Вариант с рециркуляцией части сушильного агента изображен на рис.б; линия АМ соответствует смешению перед калорифером атмосферного и части отработанного воздуха (рецикла), вертикальный отрезок МВ-нагреву воздуха в калорифере, линия ВС-процессу сушки. На рисунке процессу сушки в основном варианте (без рецикла) отвечает линия АВ'С. По сравнению с ним вариант с рециклом отличают большее влагосодержание воздуха, менее высокие температура и расход энергии на нагрев воздуха.



Важно отметить, что $t_{п.о}$ при атмосферном давлении, а следовательно, и температура мокрого тела, окруженного воздухом, независимо от температуры последнего всегда ниже 100°C . При атмосферном давлении $t_{п.о} = 100^{\circ}\text{C}$ имеет только чистый перегретый пар

Испарение воды приводит к её охлаждению, тем большому, чем меньше влажность воздуха, контактирующего с водой.



