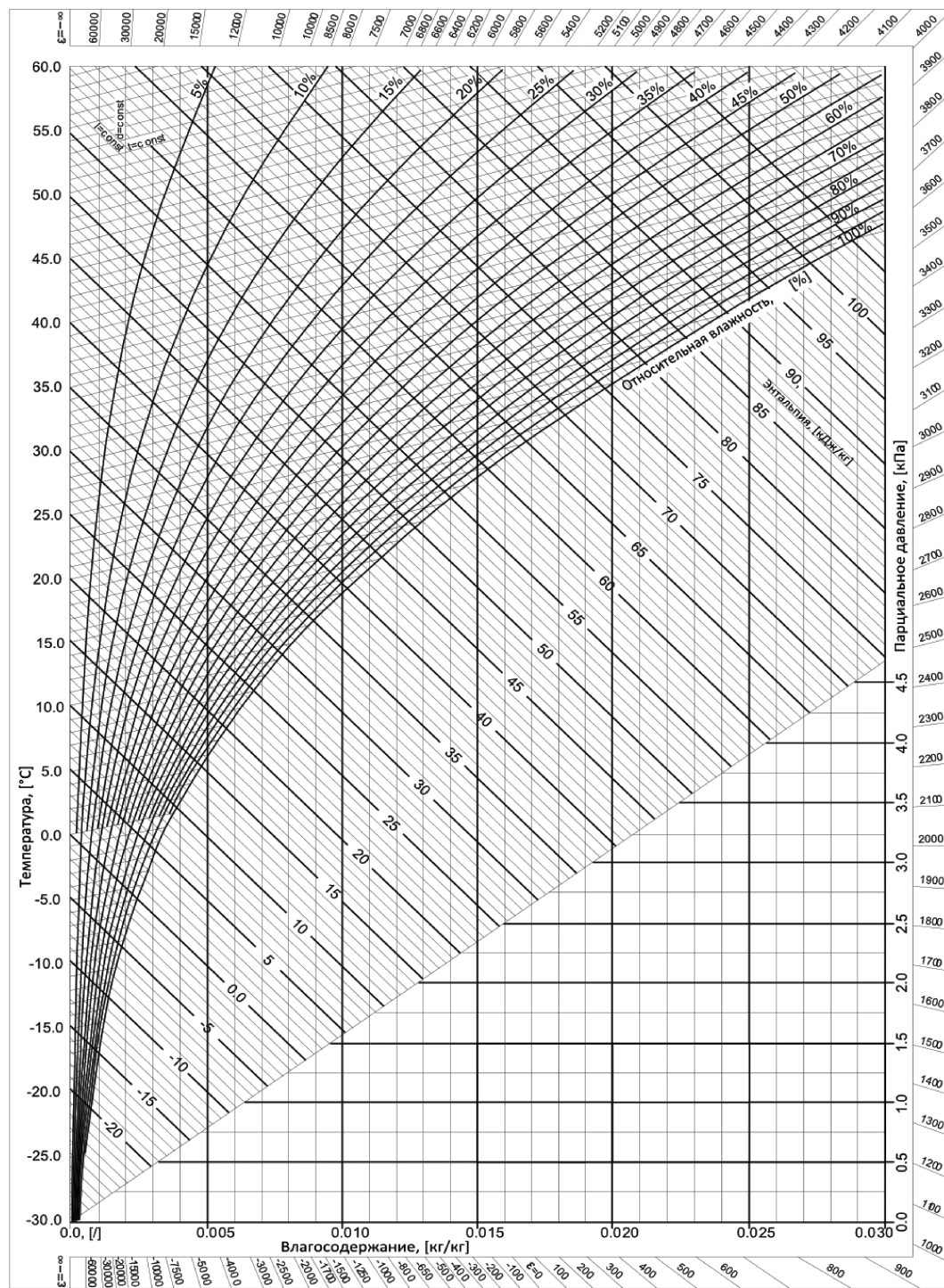


Диаграмма состояний влажного воздуха

- **h-d-диаграмма влажного воздуха** позволяет быстро определить все параметры влажного воздуха по двум известным параметрам, избегая многочисленных вычислений. Диаграмма разработана русским профессором Л.К. Рамзиным в 1918 г. По оси ординат откладываются величины энтальпий **h**, кДж/кг, а по оси абсцисс – влагосодержания **d**, г/кг сухого воздуха. Координатные оси располагаются под углом **135°**.
- линии постоянных энтальпий (прямые, наклонные к оси ординат под углом **45°**);
- линии постоянного влагосодержания (прямые, параллельные оси ординат);
- линии постоянных температур влажного воздуха;
- линии относительной влажности воздуха - вертикальные.
- Кривая **$\varphi = 100 \%$** является пограничной, характеризующей состояние насыщенного воздуха, и она разделяет поле диаграммы на две части. Выше этой линии расположена область влажного воздуха, имеющая практический интерес. Ниже этой линии – область перенасыщенного состояния воздуха. Эта область при расчетах почти не используется.



Каждая точка в верхней части диаграммы соответствует определенному тепловлажностному состоянию воздуха. Положение точки может быть определено любыми двумя параметрами состояния (h , d , t , ϕ). Остальные параметры могут быть определены по h,d -диаграмме как производные. h,d - диаграмма построена для одного давления воздуха (**99,3 кПа**), однако ею без больших погрешностей можно пользоваться для расчетов при любых давлениях, близких к атмосферным.

h,d - диаграмма влажного воздуха

Пользование диаграммой

- По известным двум параметрам влажного воздуха (чаще всего это температура t и относительная влажность φ) необходимо на h - d -диаграмме найти и отметить точку, соответствующую данному состоянию влажного воздуха. Так, положение точки **A** соответствует $t=30,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi=44\%$. Отметив точку **A**, можно сразу же определить ее энтальпию $h=61,3\text{ кДж/кг}$ и влагосодержание $d=0,012\text{ кг/кг}$.
- **Нахождение температуры точки росы.** Из точки, характеризующей данное состояние воздуха (точка **A**, рисунок) необходимо провести вертикаль до пересечения с линией $\varphi=100\%$, и изотерма, проходящая через эту точку, будет определять температуру точки росы (точка **C**). Температура точки росы для точки **A** составляет $16,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- **Определение парциального давления пара.** Чтобы определить парциальное давление пара во влажном воздухе, состояние которого характеризуется точкой **A** (см. рисунок), нужно спроецировать точку **A** по вертикали на линию парциального давления и затем по горизонтали на масштабную линию. Парциальное давление водяного пара для точки **A** составляет $1,8\text{ кПа}$.

Расчёт процессов при помощи диаграммы

- ***Процессы нагрева и охлаждения.*** Процесс нагрева влажного воздуха (**A-B**, рисунок) происходит без изменения его влагосодержания ($d=\text{const}$).
- Количество тепла, необходимое для изобарного нагрева, определяется по разности энтальпий:
$$q_{AB} = h_B - h_A, \text{ кДж/кг.}$$
- Процесс охлаждения ненасыщенного влажного воздуха (**A-C**) также происходит при постоянном влагосодержании. Однако, этот процесс будет справедлив только до состояния полного насыщения воздуха, т. е. до $\varphi=100\%$. При дальнейшем охлаждении воздух окажется пересыщенным влагой, и она будет выпадать из него в виде росы. После того как воздух оказывается насыщенным (точка **C**, рисунок), дальнейшее охлаждение (процесс **C-D**) условно проводят по линии $\varphi=100\%$
- Количество выпавшей росы можно определить по уменьшению влагосодержания:
$$\Delta d_{AD} = d_A - d_D, \text{ кг/(кг с.в.).}$$
- Количество тепла, отданное при охлаждении, определяется, как и для процесса нагрева, разностью энтальпий в начальном и конечном состояниях
$$q_{AD} = h_A - h_D, \text{ кДж/кг.}$$
- При нагреве относительная влажность φ уменьшается, при охлаждении - увеличивается.

- **Процесс сушки.** Сушка материалов воздухом заключается в том, что влага, содержащаяся в осушаемых объектах, испаряется и увеличивает влагосодержание воздуха. Как правило, влажный воздух перед подачей в сушильную камеру нагревают для уменьшения его относительной влажности.
- Идеальный процесс сушки можно считать происходящим при постоянной энтальпии влажного воздуха, так как теплота, отводящаяся от воздуха и затрачиваемая на испарение воды, будет подводиться к воздуху вместе с испарившейся влагой. При этом под идеальным процессом подразумевается такой, в котором вся теплота идет только на испарение влаги, т. е. не учитываются потери теплоты в окружающую среду и расход теплоты на подогрев жидкости.
- Процесс сушки (испарения влаги) изображён на рисунке (см. слайд 2) линией **B-E**. Увеличение влагосодержания воздуха, а, следовательно, и количество уносимой влаги, при сушке равно
- $\Delta d_{BE} = d_E - d_B$, кг/(кг с.в.).
- В этом процессе увеличивается относительная влажность воздуха и уменьшается его температура

Вопросы для самопроверки

1. h -с-диаграмма водяного пара.
2. Как изображаются основные процессы водяного пара на p - v -, h - s - и h - d -диаграммах?
3. Что называется влажным воздухом?
4. Что называется насыщенным и ненасыщенным влажным воздухом?
5. Закон Дальтона применительно к влажному воздуху
6. Дать определения основных характеристик влажного воздуха: абсолютной влажности, относительной влажности, влагосодержания, температуры точки росы.
7. h - d -диаграмма влажного воздуха.
8. Что такое теплота парообразования, ее определение?
9. Что такое степень сухости и степень влажности?
10. Что такое критическое состояние вещества?