

УДК 621.438

Д.А.Трещёв (5 курс, каф. АиТЭУ), Г.А.Ромахова, к.т.н., доц.

МЕХАНИЗМ ПРОЦЕССА ОБЛЕДЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГТУ

При низких температурах наружного воздуха и высокой влажности возможно обледенение элементов воздухозаборного устройства ГТУ. В первую очередь обледенению подвергаются фильтры грубой и тонкой очистки воздуха, что ведёт к заметному снижению срока их службы, образованию разрывов, некачественной очистке воздуха, снижению экономичности и надежности работы ГТУ.

Обледенение принципиально возможно при температурах от -5 до $+5$ градусов и относительной влажности воздуха большей, чем 80% , однако это условие является необходимым, но недостаточным. Цель работы – выявить механизм обледенения элементов ГТУ и аналитически описать его.

На первом этапе решения задачи будем считать, что скорости потока пренебрежимо малы и процесс образования льда определяется условиями термодинамического равновесия. Влияние скоростей потока будет учтено на последующих этапах работы.

Термодинамическое равновесие между фазами вода-лёд-пар определяется кривой упругости, которая описывается условием равенства парциального давления и давления насыщения (рис. 1). Данные для построения приведенной кривой взяты из [1].

Процесс, протекающий в фильтрах воздухозаборного устройства ГТУ, можно представить как последовательность адиабатического расширения воздуха (внутренняя энергия преобразуется в кинетическую) и диссипации образовавшейся кинетической энергии.

Рассмотрим первый этап этого процесса. Пусть давление потока перед фильтром равно атмосферному $0,1013$ МПа, температура составляет -5°C , а относительная влажность воздуха – $\varphi = 80\%$. Этим параметрам соответствует абсолютное влагосодержание воздуха.

$$d = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot p_s}{p - \varphi \cdot p_s} = 0,00198, \quad (1)$$

где $p_s = 402$ Па – давление насыщения при температуре -5°C .

Допустим, что статическое давление в фильтре упало до $0,09$ МПа, при этом температура изменилась в соответствии с уравнением адиабатического процесса до значения:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = -13,9^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Данной температуре соответствует давление насыщения 183 Па (рис. 1).

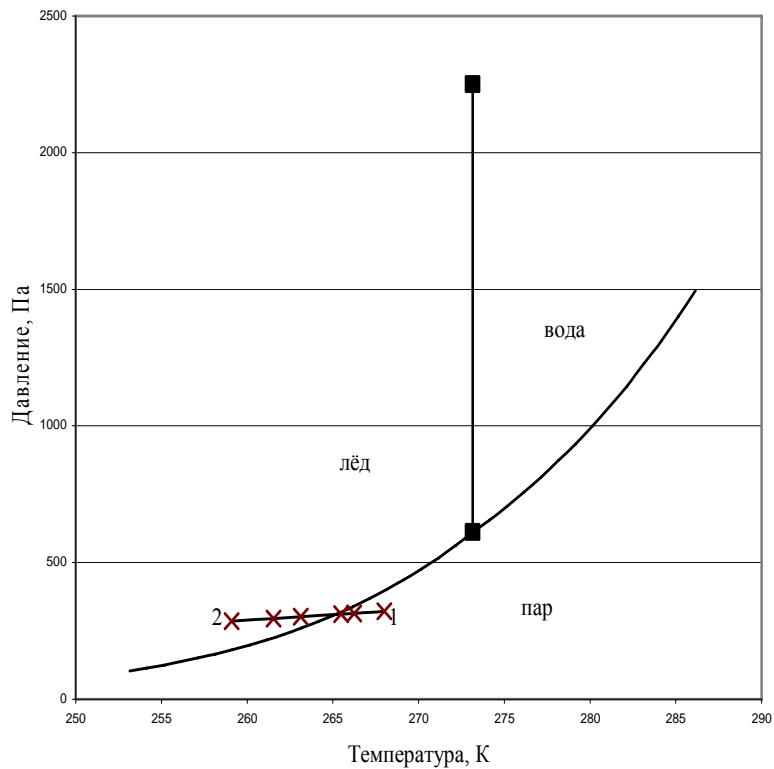


Рис. 1. Кривая упругости, тройная точка и линия процесса расширения влажного воздуха в фильтре (1 – 2)

Определим парциальное давление паров воды при абсолютном влагосодержании $d = 0,00198$ и давлении p_2 :

$$p_{H_2O} = \frac{d \cdot p}{0,622 + d} = 285,7 \text{ Па.} \quad (3)$$

Таким образом, получилось, что парциальное давление пара больше давления насыщения при температуре T_2 . Это невозможно. Следовательно, произошел фазовый переход.

Определим количество образовавшегося льда. Для этого из уравнения (1), с учетом кривой упругости, вычислим предельное влагосодержание воздуха при температуре T_2 , давлении p_2 и относительной степени влажности 100%. Разность между начальным влагосодержанием и предельным равно количеству выпавшей влаги (льда) $\Delta d = 0,001981 - 0,001267 = 0,000714$.

Аналогичным образом можно рассчитать промежуточные точки процесса расширения (линия 1 – 2) на рис. 1.

Проводя аналогичные расчеты для других параметров влажного воздуха можно выявить условия, при которых будет наблюдаться обледенение фильтров.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Противообледенительные системы летательных аппаратов. Под ред. Р.Х.Тенишева. М.: Машиностроение. 1967. 320 с.