

УДК 629.78.08

**Исследование способов рекуперации тепловой энергии с целью подогрева
приточного воздуха в турбокомпрессорной установке**

В.С. Шадрин

*Студент, кафедра «Вакуумная и компрессорная техника»,
г. Москва, Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Козлов В.В., к.т.н., доцент кафедры «Вакуумная и компрессорная
техника», г. Москва, Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

v_miler15@mail.ru

В условиях крайнего севера и в северных областях, где температуры могут опускаться зимой до -55 C существует проблема с эксплуатацией турбокомпрессоров, оптимальный режим работы которых рассчитан до минимальной температуры на всасывании – 30 C . В то же время сжатие воздуха в компрессоре сопровождается выделением тепла. Тепловая энергия концентрируется во все уменьшающемся объеме, а излишек тепла выводится из компрессора прежде, чем воздух попадет в трубопроводную систему. В каждой установке по производству сжатого воздуха нужно обеспечивать охлаждение, надежно отводящее нужное количество избыточного тепла. Охлаждение производится либо наружным воздухом, либо водой из городской водопроводной сети или из реки, или технической водой, движущейся по открытой или замкнутой системе.

Во многих производящих сжатый воздух установках возможность сбережения энергии путем ее рекуперации значительна, но зачастую не используется. В большинстве отраслей промышленности в цене сжатого воздуха расходы на энергию составляют практически 80%. В крупногабаритных безмасляных винтовых компрессорах можно

рекуперировать до 94% поставляемой компрессором энергии в виде горячей воды с температурой 90°C. Это означает, что все мероприятия по сбережению энергии характеризуются быстрой экономической отдачей.

Учитывая сказанное выше, рассмотрим различные способы рекуперации тепла для достижения требуемых параметров приточного воздуха турбокомпрессора и оценим наиболее энергоэффективный.

Простой способ получения требуемого воздуха – использование электронагревательного элемента на всасывании. Приточный воздух будет эффективно поддерживаться на оптимальных значениях температуры, а так же достаточно легко изменять эти значения при необходимости. Проблемой данного способа будет являться большие затраты на электропитание нагревателя.

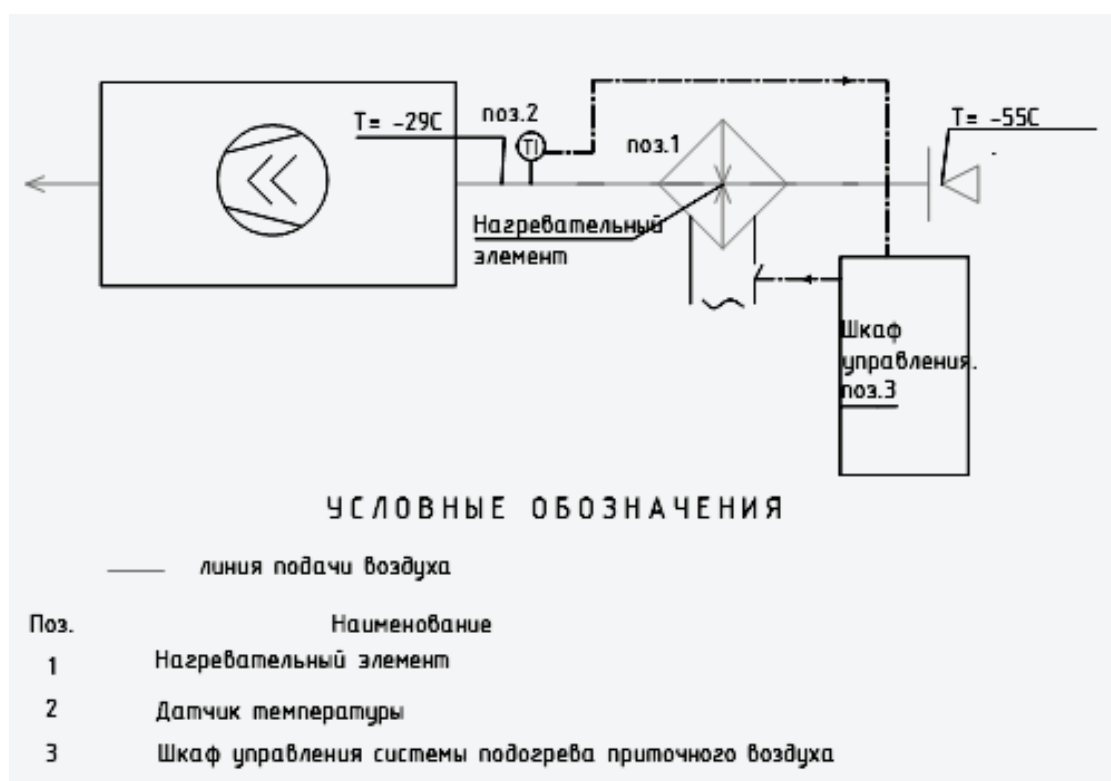


Рис. 1. Система подогрева приточного воздуха за счет электрического нагревательного элемента

При понижении температуры на всасывании приточного воздуха в турбокомпрессор шкаф управления, используя показания датчика температуры, включает нагревательный элемент. Можно узнать какова будет мощность нагревательного элемента в зависимости от расхода воздуха на всасывании. По формуле $N = Q_k \cdot c \cdot \rho \cdot \Delta t$ построен график зависимости (рис. 2).

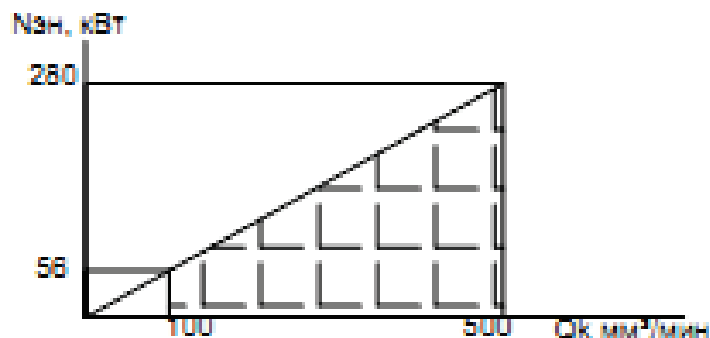


Рис. 2. График зависимости мощность нагревательного элемента от расхода воздуха на всасывании

В данном диапазоне мощность потраченная на нагрев очень велика (составляет порядка 20...25 % от мощности компрессора). Эти обстоятельства приводят к поиску способов рекуперации тепловой энергии, которые рассмотрим ниже. Один из способов - использования тепла сжатого воздуха для подогрева приточного с помощью пластинчато-ребристого теплообменника. Основные преимущества данного вида теплообменника заключены в том, что он компактен, имеет малые габаритные размеры, низкий вес, высокую вибростойкость, возможность реализации многопоточного теплообмена (рис. 3).

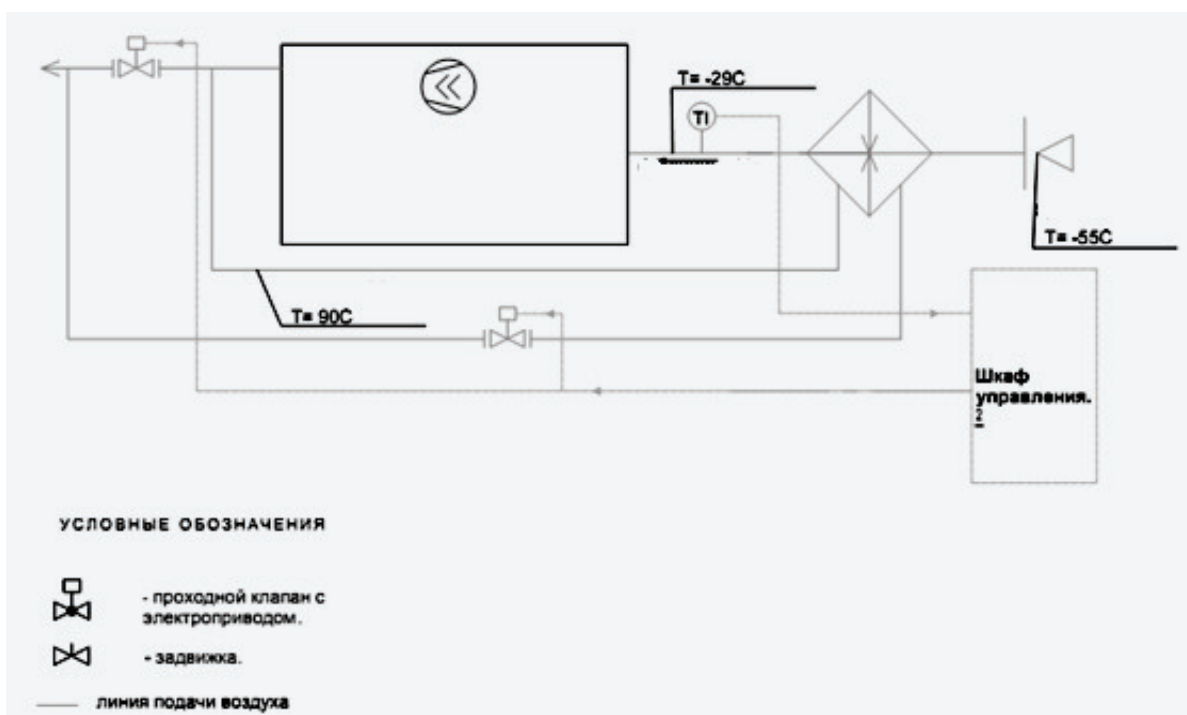


Рис. 3. Система подогрева приточного воздуха за счет рекуперации тепловыделений

компрессора (использование тепла сжатого воздуха)

При понижении температуры на всасывании приточного воздуха в турбокомпрессор шкаф управления, используя показания датчика температуры, закрывает клапан на нагнетании компрессора и открывает после теплообменника. Таким образом, шкаф управления регулирует подачу нагретого воздуха на пластинчато-ребристый теплообменник, который нагревает приточный воздух. Данный метод позволяет провести рекуперацию тепловой энергии, но влияет на параметры сжатого воздуха из-за потерь давления. Это означает, что необходимо повышать мощность компрессора до 10 %, что в свою очередь ведет к увеличению энергопотребления станции.

Интерес представляет так же использование контура охлаждения компрессора для подогрева приточного воздуха с помощью теплообменника на всасывании (рис. 4).

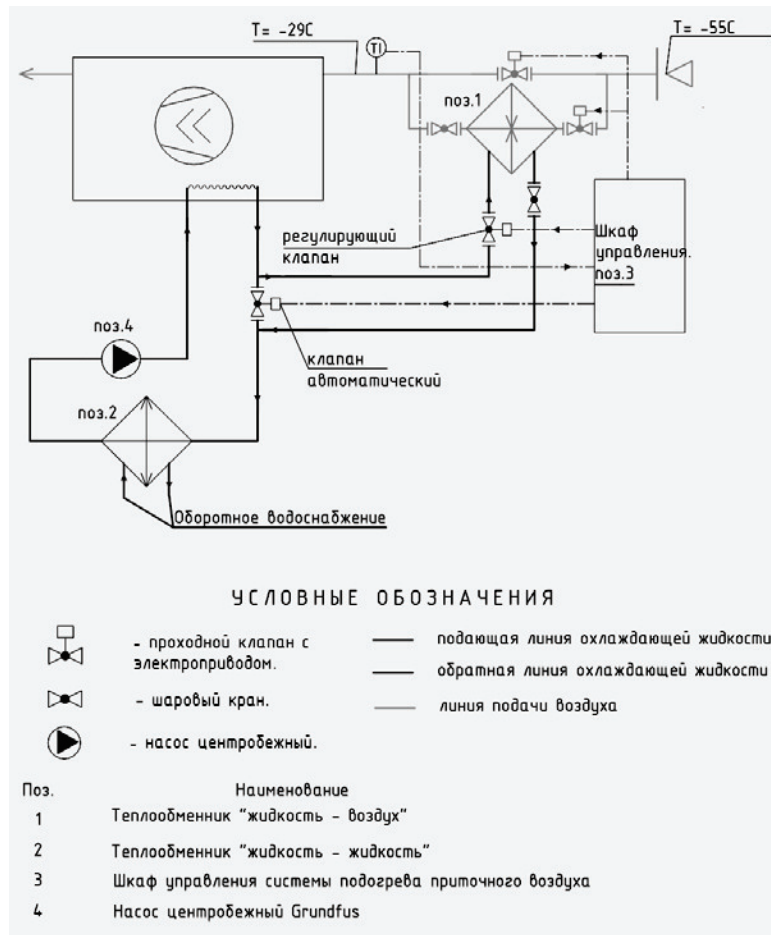


Рис. 4. Система подогрева приточного воздуха за счет рекуперации тепловыделений компрессора (использование тепла контура охлаждения)

При достижении температуры на всасывании менее $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ закрывается автоматический клапан на линии приточного воздуха, открывается клапан в контуре охлаждения компрессора и в приточный теплообменник (поз. 1) подается жидкость с высокой температурой. В режиме регулирования потока шкаф управления по датчику температуры t на всасывании может менять положение заслонки на регулирующем клапане.

Как видим, подогрев воздуха успешно достигается, но в то же время из-за дополнительных усложнений системы охлаждения турбокомпрессора требуемый расход охлаждающей жидкости не достигается, вследствие чего появилась необходимость в увеличении расхода жидкости, что в свою очередь приводит к усилению мощности (до 25 %) насосов.

Данный способ рекуперации тепловой энергии для подогрева приточного воздуха можно считать наиболее экономичным из предыдущих двух, но он не дает максимальной экономии энергоресурсов.

Рассмотрим еще один способ повышения температуры воздуха на всасывании в компрессор (рис. 5). Так как турбокомпрессор выделяет достаточно большое количество тепла в окружающее пространство, до 10 % от номинальной мощности, то возможно использовать воздух, нагретый в компрессорной для получения требуемых параметров на всасывании.

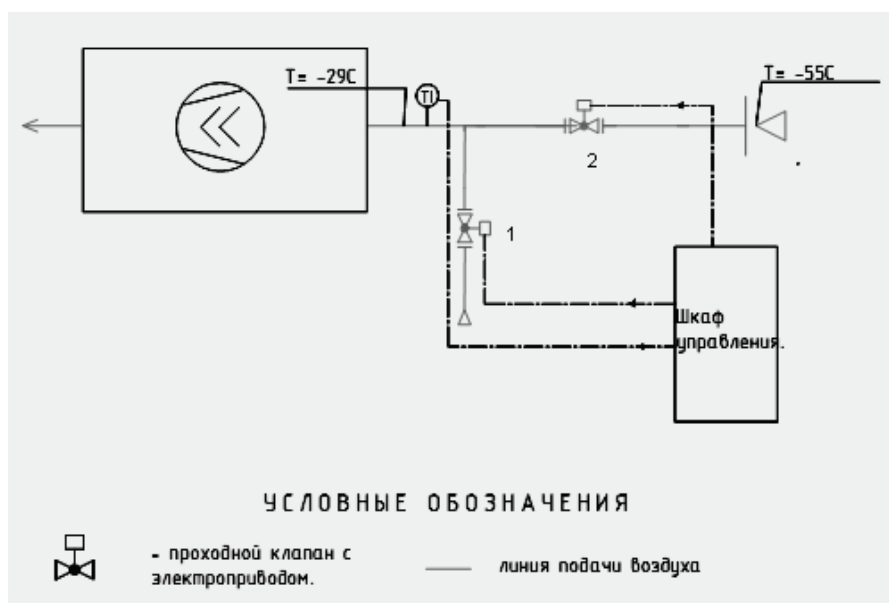


Рис. 5. Система подогрева приточного воздуха за счет рекуперации тепловыделений компрессора

При понижении температуры на всасывании приточного воздуха в турбокомпрессор шкафа управления, используя показания датчика температуры, открывает клапан 1 и происходит смешивание теплого и холодного воздуха. При последующем понижении температуры на всасывании возможно перекрытие клапана 2 на всасывании приточного воздуха и переход на потребление только подогретого компрессором воздуха.

Вывод:

В ходе исследования были проведен анализ различных схемных решений систем рекуперации тепла с целью подогрева приточного воздуха. Каждое схемное решение обладает своими достоинствами и недостатками. Энергетический способ сопоставительного анализа позволяет на стадии проектирования наметить пути принятия схемных решений. Оптимальное решение будет принято после технико-экономического анализа с учетом материальных и эксплуатационных затрат.

Список литературы

1. Пластинчато-ребристый теплообменник.//Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник. (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн.4). Под общей ред. Клименко А. В. и Зорина В. М. М.: Издательство МЭИ, 2004. — 632 с.
2. Н.Ф.Свиридов, Р.Н.Свиридов, И.Н.Ивуков, Б.Л.Терк Установка утилизации тепла дымовых газов // «Энергосбережение» №4/2002.
3. Энергобезопасность в документах и фактах №2, 2006
4. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Чичиндаев А. В. Издательство НГТУ, 2003, 399 с.
5. Криогенные системы. Т. 2. Основы проектирования аппаратов, установок и систем. Архаров А.М. и др.
6. Поршневые компрессоры : учеб. пособие для вузов / Пластинин П. И. - 3-е изд., доп. - М. : КолосС, 2006. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).
7. Теплотехника : учебник для вузов / Александров А. А., Архаров А. М., Архаров И. А. [и др.] ; общ. ред. Архаров А. М., Афанасьев В. Н. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 791 с. : ил. - Библиогр.: с. 788.
8. Роль эффективных систем охлаждения в современных компрессорных установках. Сычков А.Е. Журнал "МегаПаскаль". -2009-№4, сс. 36-40

9. Руководство по установкам сжатого воздуха. 3-е изд., перераб. и доп. Atlas Copco Compressor AB.