

## Исследование Влияния Температуры Всасываемого Воздуха На Эффективность Поршневого Компрессора

*Д. Н. Хатамова<sup>1</sup>, Э. У. Юлдашев<sup>2</sup>*

**Аннотация:** Компрессорные установки являются энергоемкими установками, удельный вес которых в потреблении горными предприятиями электрической энергии составляет значительную долю. Учитывая столь широкое применение сжатого воздуха, возникает необходимость снижения эксплуатационных затрат, на основе разработки эффективных технических решений в процессе производства сжатого воздуха на промышленных предприятиях.

Одним из немаловажных факторов, влияющих на эффективную работу компрессорных установок, является повышенная температура воздуха в процессе всасывания, повышение температуры всасываемого воздуха, на 1°C приводит к увеличению энергетических затрат компрессора на сжатия 1 м<sup>3</sup> воздуха на 0,16%.

В данной статье исследованы влияния повышенных температур всасываемого воздуха на эффективность поршневого компрессора и предложен эффективный метод охлаждения всасываемого компрессором воздуха.

**Ключевые слова:** компрессор, сжатый воздух, процесс всасывания, подогрев воздуха, коэффициент подачи, температура, охладитель воздуха, искусственное охлаждение, производительность компрессора, энергетические затраты.

Широкое применение сжатого воздуха в горнодобывающей промышленности обусловлено тем, что пневматическое оборудование является безопасным, особенно в шахтах, опасных по газу и пыли, в тех случаях, когда использование электроэнергии при подземной добыче полезных ископаемых является опасным по причине внезапных выбросов газа [1].

Наряду с этим пневматическая энергия имеет ряд существенных недостатков. К основному недостатку сжатого воздуха в качестве энергоносителя относится его высокая стоимость относительно электроэнергии, обусловленная потреблением компрессорами большого количества электрической энергии при производстве сжатого воздуха [4].

Одним из немаловажных факторов, влияющих на эффективную работу компрессорных установок, является подогрев воздуха в процессе всасывания, обусловленный сопротивлениями всасывающего тракта и теплообменом с нагретыми узлами оборудования. Снижение массовой производительности и объемной подачи компрессора, приведенной к нормальным атмосферным условиям, обусловлено меньшей плотностью нагретого воздуха, относительно нормального атмосферного [1, 2].

Коэффициент подачи  $\lambda$  учитывает совместное влияние всех вышеуказанных факторов на производительность действительного компрессора. Влияние основных факторов на производительность взаимосвязано, т.е. отклонение в какую либо сторону одного из основных факторов сказывается на интенсивности влияния других факторов.

<sup>1</sup> Доцент кафедры «Горное дело», Навоийского государственного горно-технологического университета

<sup>2</sup> Ассистент кафедры «Горная электромеханика», Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова



Составляющие коэффициента подачи при расчетах представляется в следующем виде [5]:

$$\lambda = \lambda_o \lambda_{др} \lambda_T \lambda_{пл} \lambda_{вл}; \quad (1)$$

где  $\lambda_o$  - объемный коэффициент, учитывающий уменьшение производительности из-за расширения воздуха, остающегося в мертвом пространстве,  $\lambda_{др}$  - коэффициент дросселирования, учитывающий уменьшение производительности из-за падения давления при протекании воздуха через всасывающие клапаны,  $\lambda_T$  - коэффициент подогрева, учитывающий уменьшение производительности из-за подогрева всасываемого воздуха во время процесса всасывания,  $\lambda_{пл}$  - коэффициент плотности, учитывающий уменьшение производительности из-за неплотностей рабочей полости,  $\lambda_{вл}$  - коэффициент влажности, учитывающий уменьшение производительности из-за наличия водяных паров во всасываемом воздухе.

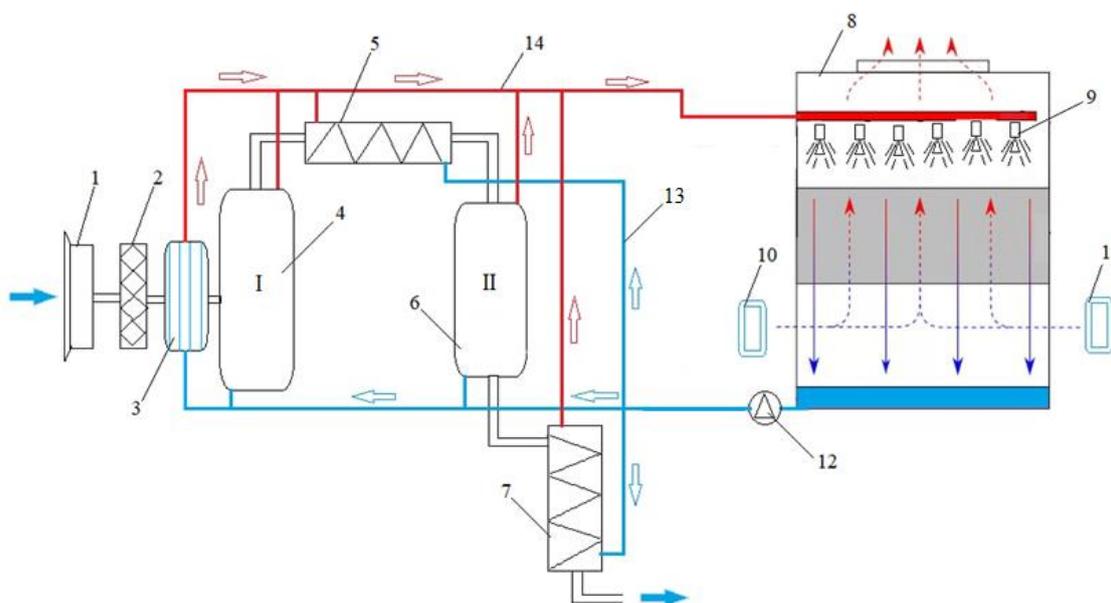
Подогрев воздуха в процессе всасывания обусловлен несколькими причинами. Во время всасывания воздух соприкасается со стенками полости всасывания, температура которой выше чем температура воздуха во всасывающем патрубке. Во всасывающем тракте происходит превращение энергии, затрачиваемой на проталкивание воздуха через гидравлические сопротивления в теплоту, что приводит к повышению температуры. Изменение температуры воздуха при всасывании, за счет смешения вновь поступающего воздуха в цилиндр с воздухом, оставшейся во вредном пространстве.

Исходя из выше приведенного выявлено, что на производительность компрессора оказывает влияние подогрев всасываемого воздуха в результате конвективного теплообмена с горячими деталями цилиндра, а также повышение температуры всасываемого воздуха вследствие подвода к нему части теплоты воздуха, оставшегося в мертвом пространстве.

При увеличении температуры всасываемого воздуха, т.е. температуры начала сжатия, на  $1^\circ\text{C}$  работа, затраченная на сжатие 1 кг воздуха, возрастает примерно на 0,16 %, а при увеличении температуры всасываемого воздуха на  $6^\circ\text{C}$  - на 1 %.

Повышение энергетической эффективности эксплуатации поршневых компрессорных установок, возможно на основе искусственного охлаждения воздуха на входе к компрессору.

На рис.1 приведен схематический вид разомкнутой системы охлаждения двухступенчатого поршневого компрессора с теплообменником для искусственного охлаждения всасываемого воздуха.



**Рис.1.** Схема разомкнутой системы охлаждения двухступенчатого поршневого компрессора с теплообменником для искусственного охлаждения всасываемого воздуха

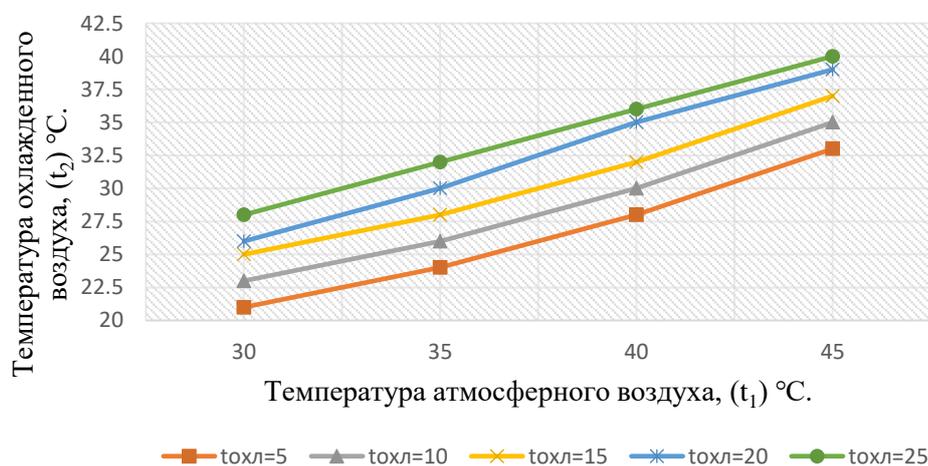


1-воздухозаборник, 2-фильтр, 3-охладитель воздуха перед компрессором, 4-первая ступень компрессора, 5-промежуточный холодильник, 6-вторая ступень компрессора, 7-концевой холодильник, 8-градирня, 9- распылитель воды, 10 и 11-вентиляторы, 12-насос, 13-трубопровод охлажденной воды, 14-трубопровод нагретой воды.

Искусственное охлаждение всасываемого компрессором воздуха, показанной на рис.1, производится следующим образом, охладитель всасываемого воздуха 3, устанавливается перед компрессором между фильтром 2 и первой ступени 4. Холодная охлаждающая вода из градирни 8 посредством насоса 12 подается в компрессор для охлаждения её деталей и в промежуточный 5 и концевой холодильник для охлаждения сжатого воздуха. Также одновременно подается в охладитель воздуха 3, охлаждая воздух в охладителе, вода нагревается и подается в градирни для охлаждения и последующей её подачи в охладитель воздуха перед компрессором.

В программе SOLIDWORKS Flow Simulation нами была исследована величина снижения температуры, при искусственном охлаждении всасываемого компрессором воздуха на теплообменном устройстве при помощи холодной воды, получаемой от градирни.

На рис. 2 показана графическая зависимость изменения температуры воздуха ( $t_2$ ) на выходе из охладителя от температуры охлаждающей воды ( $t_{охл}$ ), составленная на основе результатов, полученных с помощью программы SOLIDWORKS Flow Simulation.



**Рис.2.** Графическая зависимость изменения температуры воздуха ( $t_2$ ) на выходе из охладителя от температуры охлаждающей воды ( $t_{охл}$ )

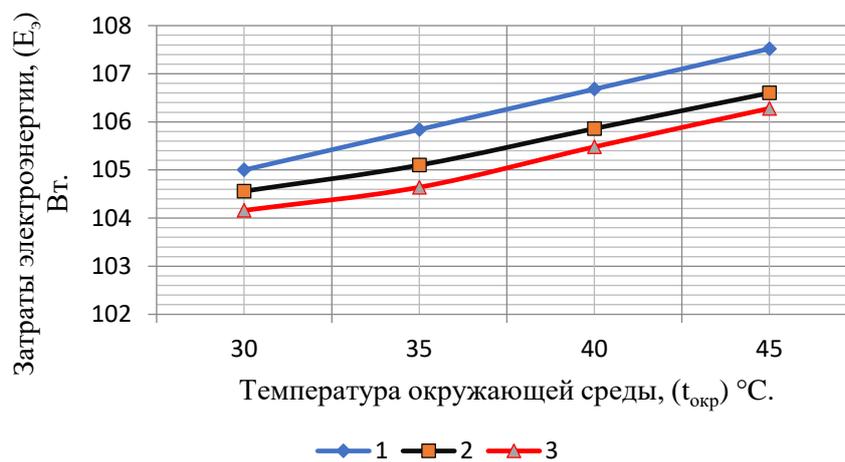
Выполненные исследования по определению снижения температуры, при искусственном охлаждении всасываемого компрессором воздуха холодной водой, получаемой от градирни, показали, что предлагаемый метод способствует снижению температуры всасываемого воздуха в зависимости от температуры охлаждающей воды на 5-10°C.

Из графика, приведенной на рис.2 наблюдается, что при температуре охлаждающей воды, поступающей от градирни 15 °C, температура потока воздуха на выходе из охладителя составляет 25°C при начальной температуре 30°C, а при начальной температуре воздуха 45 °C температура воздуха на выходе составляет 37 °C.

С целью определения эффективности искусственного охлаждения всасываемого компрессором воздуха нами выполнен расчет, в качестве исследуемого объекта выбран компрессор с производительностью 100 м<sup>3</sup>/мин и мощностью привода 630 кВт. Расчеты выполнены для различных величин температуры атмосферного воздуха и температур охлаждающей воды поступающего из градирни.

Результаты выполненных расчетов приведены графически на рис. 3.





**Рис. 3.** Графическая зависимость затрат электроэнергии на сжатие 1 м<sup>3</sup> воздуха при различных температурах всасываемого компрессором воздуха. 1- без применения охлаждающего устройства, 2- при применении охлаждающего устройства с температурой воды 20°C, 3- при применении охлаждающего устройства и с температурой воды 15°C

Из графика, приведенного на рис.3 видно, что применение устройства искусственного охлаждения воздуха перед компрессором позволяет снизить затраты электроэнергии на сжатие воздуха.

К примеру, для компрессоров поршневого типа с производительностью 100 м<sup>3</sup>/мин и мощностью привода 630 кВт, повышение температуры воздуха на всасывании на каждые 1°C приводит к снижению коэффициента полезного действия на 0,15-0,17%.

Высокая температура воздуха перед компрессором оказывает значительное влияние на эффективность эксплуатации компрессорных установок, а результаты выполненных исследований подтверждают целесообразность искусственного охлаждения всасываемого компрессором воздуха, что в свою очередь требует разработки более экономичных и эффективных технических средств для охлаждения всасываемого компрессором воздуха.

## Литература

1. Джураев Р.У., Меркулов М. В., Косьянов В. А., Лимитовский А. М. Повышение эффективности породоразрушающего инструмента при бурении скважин с продувкой воздухом на основе использования вихревой трубы. // Горный журнал. – 2020. – №12. С. 71-73.
2. Джураев Р.У., Шомуродов Б.Х., Хатамова Д.Н., Тагирова Ю.Ф. Модернизация системы охлаждения поршневых компрессорных установок // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 2017. – С. 176.
3. Merkulov M.V., Djuraev R.U., Leontyeva O.B., Makarova G.Y., Tarasova Y.B. Simulation of thermal power on bottomhole on the bases of experimental studies of drilling tool operation // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. Vol. 8, №.8. – P. 4383-4389.
4. Миняев Ю.Н. Энергосбережение при производстве и распределении сжатого воздуха на горных предприятиях. – Екатеринбург: УГГУ, 2010. – 138 с.
5. Пластинин П. И. Поршневые компрессоры. Т. 1. Теория и расчет. – М.: Колос, 2000. – 456 с.

