

EXERGY ANALYSIS OF THE MAIN ENERGY CONSUMERS OF THE COMPRESSOR SHOP OF THE MEAT PROCESSING PLANT

Gerasimovich L.S.¹, Kokhovets Zh.A.² (Republic of Belarus)

Email: Gerasimovich58@scientifictext.ru

Gerasimovich Leonid Stepanovich - Doctor of Technical Sciences, Professor;
Kokhovets Zhanna Anatolyevna - Assistant,
DEPARTMENT OF ELECTROTECHNOLOGY, FACULTY OF AGROENERGY,
BELARUSIAN STATE AGRARIAN TECHNICAL UNIVERSITY,
MINSK, REPUBLIC OF BELARUS

Abstract: the presented article is devoted to the current direction - energy consumption (electricity, heat, compressed air, cold, water) of meat processing plants in Belarus. The necessity and possibility of using the methods of exergic analysis of the thermodynamic system of the refrigeration unit is proved.

The scientific article contains the results of a study of the use of electricity by the main consumers of the compressor shop of the meat processing plant. Studies were conducted by the method of exergic analysis of the thermodynamic system of the refrigeration unit To identify the main (dominant) homogeneous factors affecting the energy efficiency of the selected system, constituting about 80% of the total consumption of exergy, the Pareto diagram was used. Identified the most energy-intensive consumers who have the greatest reserves of energy savings.

Keywords: electricity, heat, compressed air, specific power consumption.

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЭНЕРГОПОТРЕБИТЕЛЕЙ КОМПРЕССОРНОГО ЦЕХА МЯСОКОМБИНАТА Герасимович Л.С.¹, Коховец Ж.А.² (Республика Беларусь)

Герасимович Леонид Степанович - доктор технических наук, профессор;
Коховец Жанна Анатольевна - ассистент,
кафедра электротехнологии, агроэнергетический факультет,
Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация: представленная статья посвящена актуальному направлению - расходу энергоресурсов (электроэнергия, теплоэнергия, сжатый воздух, холод, вода) мясокомбинатов Беларуси. Доказывается потребность и возможность использования методов эксергетического анализа термодинамической системы холодильной установки.

В научной статье содержатся результаты исследования использования электроэнергии основными потребителями компрессорного цеха мясокомбината. Исследования проводились методом эксергетического анализа термодинамической системы холодильной установки. Для выделения главных (доминирующих) однородных факторов, влияющих на энергоэффективность работы выделенной системы, составляющих около 80% суммарного потребления эксергии, использована диаграмма Парето. Выявлены наиболее энергоемкие потребители, которые имеют наибольшие резервы экономии электроэнергии.

Ключевые слова: электричество, тепло, сжатый воздух, удельное энергопотребление.

Современные предприятия пищевой промышленности являются крупнейшими потребителями энергии и энергоносителей, в частности электроэнергии, топлива, пара, сжатого воздуха, воды и т.д. Годовые затраты на потребляемые энергоресурсы на предприятиях весьма значительны.

Мясокомбинаты республики — крупные предприятия, применяющие системы холодоснабжения производительностью 300...6000 кВт для обеспечения температуры охлаждающей среды от - 35 до +12°C. Вместе с этим в большинстве компрессорных цехов мясокомбинатов республики эксплуатируются устаревшие аммиачные холодильные машины, требующие обоснования мероприятий по энергосбережению, либо замены на фреоновые. На рисунке 1 представлена диаграмма распределение расхода энергоресурсов (электроэнергия, теплоэнергия, сжатый воздух, холод, вода) одного из крупных мясокомбинатов Беларуси Минского мясокомбината за отопительный период прошлого года.

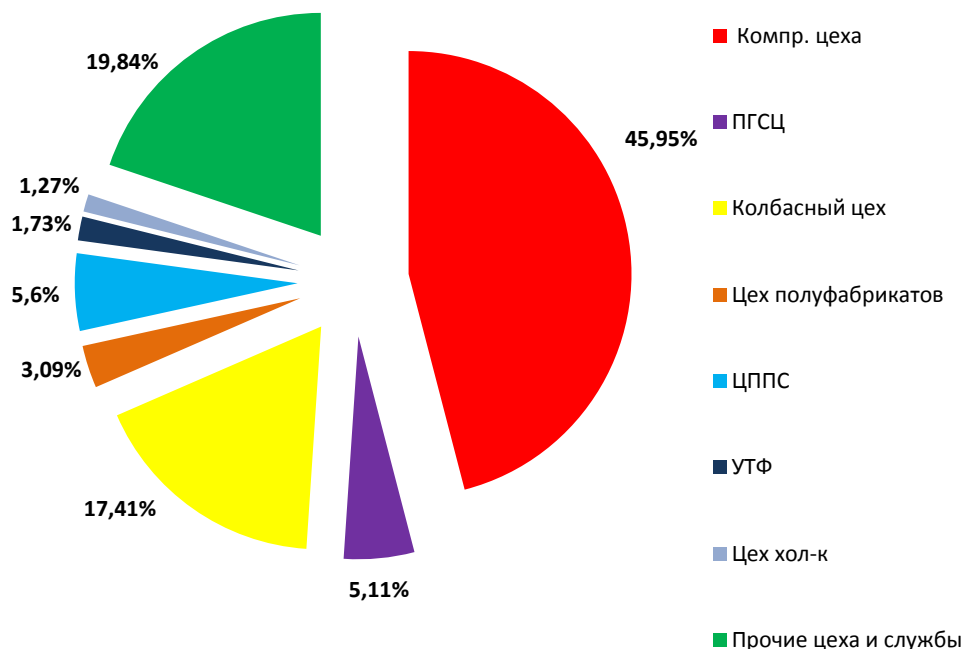


Рис. 1. Сравнительный расход электроэнергии по цехам мясокомбината. ПГСЦ- парогазосиловой цех, ЦППС- цех первичной переработки скота, УТФ- участок технических фабрикатов

Анализ диаграммы показывает, что основными потребителями электроэнергии на мясокомбинате являются: компрессорные цеха, колбасные цеха и цех первичной переработки скота.

Значительная часть электропотребления приходится на холодильные установки, в состав которых входит основной энергопотребитель – компрессорная установка.

Холодильной установкой называется объединение холодильной машины с другими элементами, осуществляющими процессы распределения и потребления холода (например, с рассольной системой).

Наиболее эффективный способ непрерывного охлаждения связан с процессами кипения жидкого хладагента и его последующей конденсацией в паровых холодильных машинах. Аммиачные холодильные установки, самые распространенные и экологически наиболее чистые, применяют для холодоснабжения предприятий пищевой, химической, металлургической и других промышленности. Такие холодильные установки потребляют большое количество электрической энергии.

Холодильные машины по принципу получения холода делятся на две группы: работа одной из них связана с затратой механической энергии, другой — с затратой тепла.

К первой группе относятся наиболее распространенные в современной технике компрессионные холодильные машины, ко второй — абсорбционные и парожеткорные.

Принцип работы компрессионных машин основан на сжатии хладагентов компрессором для их конденсации, в абсорбционных машинах хладагенты поглощаются особыми веществами — абсорбентами с последующим их выпариванием при более высоком давлении, соответствующем давлению конденсации.

Проведен анализ существующей аммиачной холодильной установки № 1 мясокомбината, технические параметры которой представлены в табл. 1. Были выявлены следующие недостатки:

- несовершенная схема аммиачной холодильной установки;
- физический износ компрессорных агрегатов;
- отсутствие скороморозильных агрегатов для заморозки блочного мяса;
- все холодильные камеры для заморозки, охлаждения и хранения блочного мяса и полутош оборудованы пристенными и потолочными батареями;
- распределительные устройства находятся на ручном управлении;

- плохая тепловая изоляция стен, пола и потолка в холодильных камерах;
- несовершенная конструкция градирни для охлаждения оборотной воды;
- плохая тепловая изоляция трубопроводов.

Под несовершенной схемой холодильной установки понимается чрезмерные затраты электроэнергии на сжатие аммиака для конденсации, что послужило причиной для дальнейшего исследования.

Компрессоры с электроприводом предназначены для преобразования механической энергии в энергию сжатия и перемещения газа или пара, которые являются рабочими веществами компрессорных холодильных установок [2, с. 115].

Для этих потребителей особо актуальны вопросы оценки и повышение термодинамической эффективности в холодильных установках. Для оценки эффективности необходимо иметь данные о потребности в холоде и его параметрах.

Удельный расход электроэнергии на производство холода зависит от режимов технологических процессов и работы вспомогательного оборудования, а оценка термодинамического совершенства тепловых процессов позволит получить наиболее полную информацию о преобразованиях энергии, происходящих в этих процессах тепло и массообмена. Поэтому для анализа структуры энергопотребления энерготехнологической системы целесообразно принять метод эксергетического анализа [4, с. 24].

Цель эксергетического анализа энерготехнологической системы компрессорного цеха заключается в следующем:

- 1) теоретическое исследование превращений полезной (работоспособной) энергии и распределения потерь эксергии для системы в целом и для каждого процесса (и аппарата);
- 2) моделирование и оптимизация функционирования всей системы и тех аппаратов, где потери эксергии наибольшие, определение рациональных режимов работы электрооборудования в зависимости от внешних условий работы технологических установок.

Связи, устанавливаемые при эксергетическом анализе между термодинамическими характеристиками и технико-экономическими показателями анализируемой системы, дают возможность оценить эффективность ее работы, а также определить пути и способы совершенствования. Объективность получаемых при таком анализе оценок обусловлена прежде всего тем, что они основаны на расчете минимально необходимых материальных и энергетических затрат на реализацию исследуемого технологического процесса компрессорного цеха.

Для исследования принята принципиальная термодинамическая расчетная схема компрессорной холодильной установки.

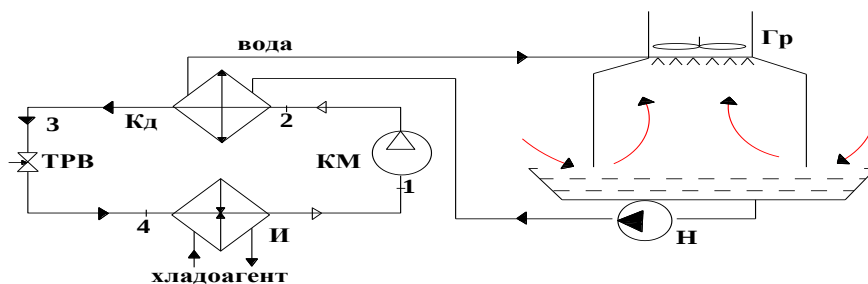


Рис. 2. Принципиальная схема аммиачной холодильной установки: Кд - конденсатор; КМ - компрессор; ТРВ - терморегулирующий вентиль; И - испаритель; Гр - градирня; Н - насос

Основными элементами энерготехнологической системы компрессорного цеха являются компрессор с электродвигателем, конденсатор, испаритель и дроссель (регулирующий вентиль), связанные между собой системой трубопроводов для циркуляции рабочего тела.

Удельный баланс эксергии рассматриваемой холодильной установки представлен в таблице 1.

Таблица 1. Эксергетический баланс установки

Подвод эксергии			Отвод эксергии			
Параметр	кДж/кг	%	Параметр	кДж/кг	%	По отношению к эл. энергии, %
Эл. энергия на компрессор	365	99,15	Эл. мех. потери	36,5	9,9	10

Вода	3,11	0,85	Внутр. потери на компрессоре	48,3	13,14	19,25
			Потери эксергии в конденсаторе	82	22,2	22,5
			Потери эксергии в охладителе	5,11	1,38	0,55
			Потери эксергии в дросселе	12	3,23	3,28
			Потери в испарителе	39,5	10,75	10,84
			Эксергетическая холодопроизводительность	144,7	39,3	39,6
Всего	368,11	100		368,11	100	100

Результаты расчета можно представить в виде диаграммы Парето:

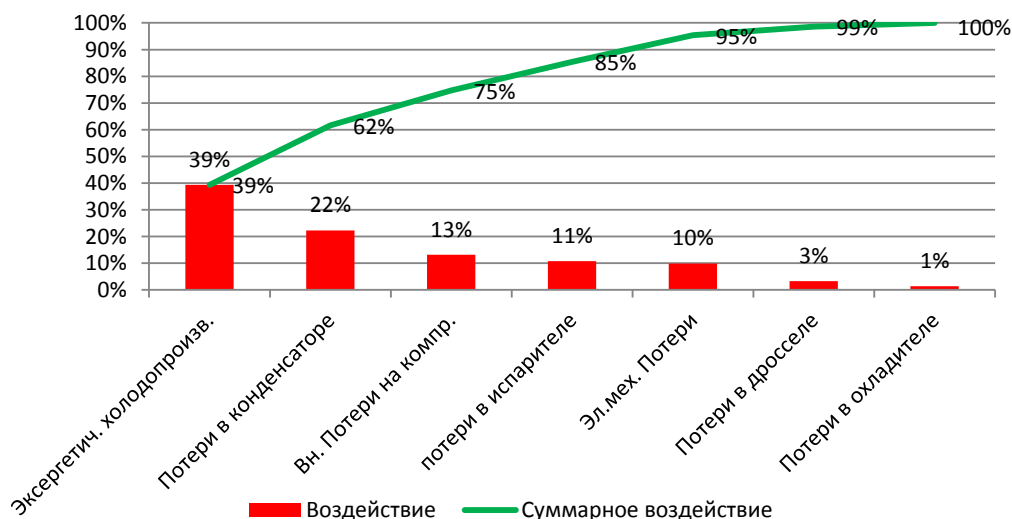


Рис. 3. Диаграмма Парето

Цель построения диаграммы Парето - выделить главных (доминирующих) однородных факторов, влияющих на энергоэффективность работы выделенной системы, составляющих около 80% суммарного потребления эксергии [3, с. 18]. Для нашего случая это потери в испарителе (50%), эксергетическая холодопроизводительность (21%) и потери в конденсаторе (13%), составляющие в сумме 84%.

Наибольшие потери полезной энергии преобладают в конденсаторе, который является теплообменным аппаратом, в нем хладагент отдает тепло окружающей его среде. Пары хладагента(аммиака), охлаждаясь до температуры конденсации, переходят в жидкое состояние [6, с. 107].

Также стоит уделить внимание и потерям в испарителе, т.к. испаритель и конденсатор – главные теплообменные устройства холодильного агрегата.

По принципу действия испарители аналогичны конденсаторам, но отличаются тем, что в конденсаторе холодильный агент отдает тепло окружающей среде, а в испарителях поглощает его из охлаждаемой среды производственных цехов мясокомбината.

Термодинамический анализ холодильной установки позволил установить:

1. Наибольшие потери полезной энергии преобладают в испарителях, в которых кипит холодильный агент (аммиак), воспринимая теплоту от охлаждаемой среды производственных цехов мясокомбината.
2. Интенсивность теплообмена зависит от теплоотдачи со стороны охлаждаемой среды (воздуха, рассола) и со стороны кипящего холодильного агента. Потери происходят за счет колебания температур кипения холодильного агента с одной стороны, а с другой - за счет увеличения концентрации рассола, что повышает плотность и уменьшает теплоемкость, а следовательно, увеличивается расход энергии на перекачку рассола, что, в конечном итоге, определяется параметрами: суточной, сезонной холодопроизводительностью и температурой наружного воздуха которые, вследствие, определяют потери в теплообменных аппаратах и тепловых сетях.

На мясокомбинатах холодильные компрессорные являются наиболее энергоемкими потребителями, и, соответственно, имеют наибольшие резервы экономии электроэнергии. Эффективность работы холодильной установки, как показал анализ, должна оцениваться в системе работы «компрессорные установки - холодильные камеры - градирня». Детальный анализ послужит основой для разработки энергоэффективных технико-технологических решений по усовершенствованию исследуемой системы и ее оптимизации: модернизация компрессорного цеха с заменой устаревших аммиачных машин,

управление режимами их работы и потреблением холода в динамическом режиме энергопотребления в зависимости от сезона года и загрузки цехов предприятия и др.

Список литературы / References

1. *Кочетков Н.Д.* Холодильная техника // М.: Машиностроение, 1966. С. 408.
2. *Кошкин Н.Н., Сагун И.А. и др.* Холодильные машины //Л.: Машиностроение, 1985. С. 510.
3. *Александровская Л.Н., Аронов И.З., Смирнов В.В., Шолом А.М.* Сертификация сложных технических систем // Учебное пособие для вузов под ред. В.И. Круглова. М.: Логос, 2001. С. 312.
4. *Бродянский В.М.* Эксергетический метод и его приложения // М.: Мир, 1967. С.248 с.
5. *Гусаков В.Г. и др.* Энергоэффективность аграрного производства // Нац. акад. наук Беларуси, Отд. аграр. наук. Ин-т экономики, Ин-т энергетики; под общ.ред. акад. В.Г. Гусакова, Л.С. Герасимовича. Минск: Беларус. навука, 2011. С. 776.
6. *Стрих И.И.* Энергосбережение в промышленности и энергетике / И. И. Стриха, И. И. Рысейкина. – Минск: Энергопресс, 2012. С. 277.