

**Герасимович Л.С., д.т.н., профессор, Коховец Ж.А., ассистент,  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь**

## **ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЭНЕРГОПОТРЕБИТЕЛЕЙ КОМПРЕССОРНОГО ЦЕХА МЯСОКОМБИНАТА**

**Аннотация.** В данной работе доказывается потребность и возможность использования методов эксергетического анализа термодинамической системы холодильной установки.

Целью работы являются 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.

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 энерго-ресурсов (электроэнергия, теплоэнергия, сжатый воздух, холод, вода) одного из крупных мясокомбинатов Беларуси Минского мясокомбината за отопительный период прошлого года.

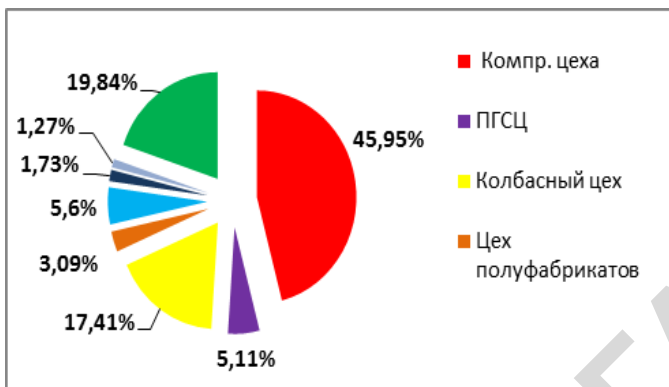


Рис.1 Сравнительный расход электроэнергии по цехам мясокомбината. ПГСЦ- парогазосиловой цех, ЦППС- цех первичной переработки скота, УТФ-участок технических фабрикатов

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 которого входит основной энергопотребитель – компрессорная установка.

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

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

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 полутуш 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].

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 эксергического анализа [4].

Связи, устанавливаемые при эксергическом 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.

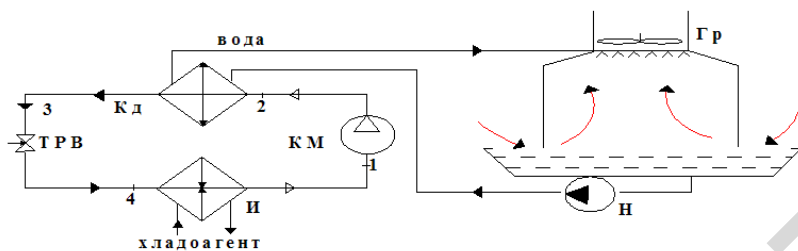


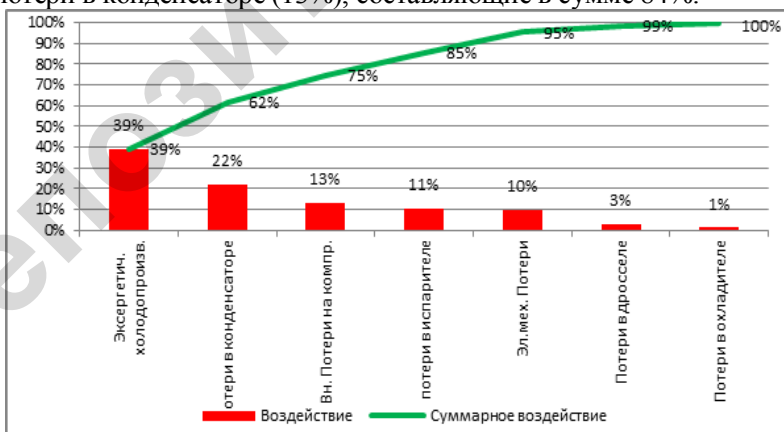
Рис. 2. Принципиальная схема аммиачной холодильной установки: Кд - конденсатор; КМ - компрессор; ТРВ - терморегулирующий вентиль; И - испаритель; Гр - градирня; Н - насос;

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.

Исходные данные для эксергетического расчета взяты из журналов учета энергопотребления КЦ ММК за 2012-2013гг..

Результаты расчета были представлены в виде диаграммы Парето.

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



Термодинамический анализ холодильной установки позволил установить:

1. Наибольшие потери полезной энергии преобладают в испарителях, в которых кипит холодильный агент (аммиак), воспринимаемая 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 хладопроизводительностью и температурой наружного воздуха которые, вследствие, определяют потери в теплообменных аппаратах и тепловых сетях.

Результаты данного исследования показали, что 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.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетков Н.Д. Холодильная техника.- М.: Машиностроение, 1966.-408 с.
2. Кошкин Н.Н., Сакун И.А. и др. Холодильные машины. - Л.: Машиностроение, 1985.-510 с.
3. Л.Н.Александровская, И.З.Аронов, В.В.Смирнов, А.М.Шолом. Сертификация сложных технических систем: Учебное пособие для ВУЗов под ред. В.И.Круглова. М.: Логос, 2001. - 312 с.

4. Эксергетический метод и его приложения.- под ред. В.М. Бродянского. - М. : Мир, 1967. - 248 с.

5. Энергоэффективность аграрного производства / В. Г. Гусаков [и др.]; 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. наука, 2011. – 776 с.Л.С.

6. Стриха, И. И. Энергосбережение в промышленности и энергетике / И. И. Стриха, И. И. Рысейкина. – Минск : Энергопресс, 2012. – 277 с.

**Герасимович Л.С., д.т.н., профессор, Михайлов В.В.,  
Павловский В.А., Заец А.Н., Киселев Ю.С.**  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь,  
ОАО «Связьинвест» г. Минск*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА РОСТ ТОМАТОВ В ТЕПЛИЦАХ**

**Ключевые слова:** защищенный грунт, томаты, светодиоды, управление, фотосинтез, биопродуктивность, энергоэффективность

**Аннотация.** Исследовалось влияние на биопродуктивность культуры томата облучения натриевыми лампами высокого давления и светодиодными светильниками. Располагались светодиодные светильники: сверху над рядами и непосредственно в ценозе на уровне среднего яруса листовой поверхности. Натриевые лампы высокого давления были расположены над растениями по традиционной технологии облучения. Управление уровнем ФАР и спектральным составом светодиодных светильников осуществлялся с помощью специально программного обеспечения финской компании Dali.

Проведены исследования эффективности использования светодиодов и биопродуктивности культуры томата (гибрид «Тореро») в зимне-весеннем обороте в условиях малообъемной технологии за-