

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТОҢАЗЫТУ АКАДЕМИЯСЫ
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



VII ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ҚАЗАҚСТАН-ТОҢАЗЫТУ 2017»

VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2017»

VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2017»

Конференция баяндамаларының жинағы
15-16 наурыз, 2017 ж.

Сборник докладов конференции
15-16 марта 2017 г.

Proceedings of the Conference
March 15-16, 2017

Алматы, 2017

УДК 621.56/59(063)

ББК 31.392

К14

Сборник докладов подготовлен под редакцией
доктора технических наук, академика **Кулажанова Т.К.**

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Бараненко А.В., Кантарбаев Р.А.,
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ.секретарь)

К14 Казахстан-Холод 2017: Сб. докл. межд.науч.-техн. конф. (15-16 марта
2017 г.) – Алматы: АТУ, 2017. – 285 с.

ISBN 978-601-263-389-4

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в Казахстане, Германии, России, Японии и Украине по следующим направлениям: холодильная техника и компрессоростроение, теплохладоснабжение, системы кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения, экология в холодильной промышленности, холодильная и пищевая технология. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной, пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также на специалистов по системам кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения жилых, коммерческих зданий и спортивных комплексов.

УДК 621.56/59(063)

ББК 31.392

ISBN 978-601-263-389-4

© АТУ, 2017

4. A. Doroshenko Polymeric materials for solar energy utilization: a comparative experimental study and environmental aspects / A. Doroshenko, K. Shestopalov, I. Mladionov, V. Goncharenko, P. Koltun // Refrigeration engineering and technology. - 2016. - № Volume 52, Issue 3. - С. 16-23.

5. J. Burch Low-Cost Solar Domestic Hot Water Systems for Mild Climates / J. Burch, C. Christensen, T. Merrigan, R. Hewett, and G. Jorgensen, National Renewable Energy Laboratory, 1617 Cole Blvd.; Golden, CO 80401

6. Jianhua Fan Flow distribution in a solar collector panel with horizontally inclined absorber strips // Jianhua Fan, Louise Jivan Shah, Simon Furbo. - Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Brovej, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark. - 2 March 2007

7. G. Martinopoulos CFD modeling of a polymer solar collector // G. Martinopoulos, D. Issirlis, G. Tsilingiridis, K. Yakinthos, N. Kyriakis. - Renewable Energy Volume 35, Issue 7, July 2010, Pages 1499–1508

8. Дорошенко А.В. Разработка многофункциональных абсорбционных систем на основе теплообменных аппаратов с подвижной насадкой // Дорошенко А.В., Гончаренко В.А., Младёнов И.Ю., Цапушел А.Н. // Международная научная конференция «Холодильная техника и технология», 15 ноября 2016 года. – Николаев

УДК 621.574

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТРИГЕНЕРАЦИИ В МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Морозюк Л.И., д.т.н., Гайдук С.В., к.т.н., Грудка Б.Г., аспирант

Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

E-mail: lara.morozuk@mail.ru, bogdangenmadievich@gmail.com, gayduck.sergei@yandex.ua

Совместное производство электроэнергии и тепла (системы к генерации) давно и широко используют при утилизации сбросного тепла энергетических установок различной мощности [1].

Сложный термодинамический комплекс, называемый теплоиспользующей холодильной машиной, состоит из двух взаимосвязанных простых – тепловой и холодильной машин. Он давно признан способом уменьшения потребления материальных и природных ресурсов и источником экономии энергетических ресурсов [2].

Таким образом, объединение в единый комплекс системы к генерации и теплоиспользующей холодильной машины с производством трех полезных эффектов, названное тригенерацией, способно дать максимальный эффект экономии природных ресурсов [3].

Термину «тригенерация» можно дать следующее определение – процесс совместного производства электроэнергии, тепла и холода от одной энергетической установки, вырабатывающей электрическую и утилизируемую тепловую энергию, с теплоиспользующей холодильной установкой, вырабатывающей холод за счет потребления произведенной тепловой и незначительного количества электрической энергии.

Развитие систем тригенерации в энергетических установках связано, с одной стороны, с ростом цен на энергоносители и электроэнергию для эксплуатации крупных строительных объектов различного назначения и обеспечения технологических процессов промышленных предприятий с разным температурным уровнем производства, с другой стороны, с дефицитом электрических коммуникаций в большом количестве населенных пунктов.

Из существующих систем тригенерации выделяются в особую группу системы малой энергетики. Они наиболее востребованы, но имеют самую малую техническую информацию относительно развития.

Малая энергетика решает проблемы удаленных от централизованных энергетических систем населенных пунктов и независимых малых производств, в частности, сельскохозяйственных. Например, 60...70% территории Российской Федерации не охвачены централизованным энергоснабжением [4]. Реализованная в таких условиях система тригенерации малой энергетики способна повысить эффективность использования первичной энергии и отношение суммарной производимой мощности к массе используемого оборудования.

Решение о целесообразности применения систем тригенерации для конкретных потребителей с выбором рабочих параметров и характеристик блоков системы требует детального анализа и сбора данных относительно реальных величин термодинамического совершенства каждого блока. Эти данные могут быть получены из мониторинга действительных установок и развития современного производства.

Таким образом, целью работы является исследование возможности реализации системы тригенерации малой энергетической установки.

Схемы систем тригенерации

В малой энергетике тепло, производимое комбинированной энергосистемой, предназначается, главным образом, для отопления любых помещений. Период реальной потребности в тепле ограничивается временем года с низкой средней температурой наружного воздуха, к примеру, в странах с умеренным климатом. В то же время, существует значительная потребность в хладоснабжении для кондиционирования тех же помещений и хранения охлажденных продуктов в теплый период года. В данных случаях, имея комбинированную энергосистему, регенерированное тепло можно эксплуатировать в течение всего года [5].

В общем случае, энергетический баланс системы тригенерации можно представить математическим выражением:

$$Q_{пз} = Q_{эз} + (Q_{теп}/COP_{теп}) + (Q_{хол}/COP_{хол}) + Q_{ос} + Q_{д}, \quad (1)$$

где: $Q_{пз}$ – первичная энергия,

$Q_{эз}$ – тепло, эквивалентное полученной электроэнергии,

$Q_{теп}$ – тепло, предназначенное для отопления,

$Q_{хол}$ – тепло, предназначенное для холодильной машины,

$Q_{ос}$ – обязательный сброс в окружающую среду,

$Q_{д}$ – деструкция энергии в системе,

$COP_{теп}$ – коэффициент энергетической эффективности теплового насоса (производство тепла);

$COP_{хол}$ – коэффициент энергетической эффективности холодильной машины (производство холода).

Для энергетической установки ур. (1) приобретает вид:

$$Q_{пз} = Q_{пз} + Q_{ос} + Q_{д} \quad (2)$$

Для системы когенерации соответственно:

$$Q_{пз} = Q_{пз} + (Q_{теп}/COP_{теп}) + Q_{ос} + Q_{д} \quad (3)$$

Степень утилизации тепла определяется его использованием по прямому назначению (отопление) для конкретного потребителя. Максимальное использование тепла связано с конструктивными особенностями системы отопления и характеризуется величиной $Q_{д}$, рис. 1.

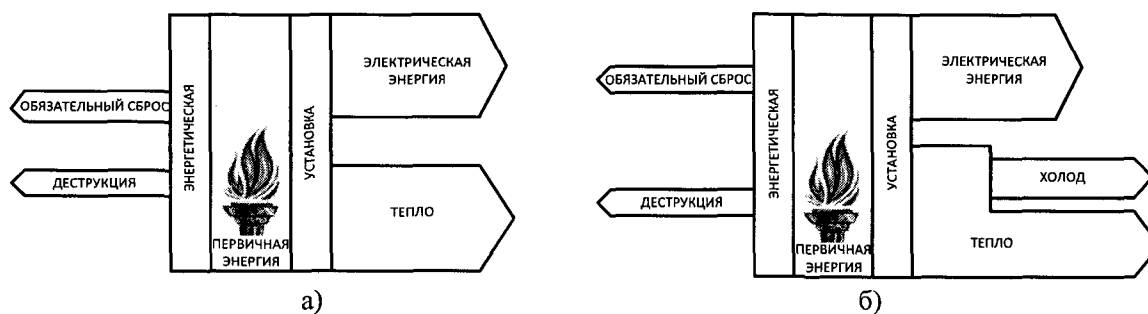


Рисунок 1 – Схемы энергетических потоков: а) системы когенерации; б) системы тригенерации

Для определения величин всех слагаемых в ур. (2, 3) следует учитывать широкое разнообразие энергетических установок (газопоршневые, газотурбинные, топливные элементы, дизель-генераторы, солнечные батареи и др.).

Наивысший электрический КПД – до 35 % – у газовой турбины, и около 45 % у газопоршневого двигателя достигается при работе под 100%-ной нагрузкой, а в режиме когенерации – около 85%. При снижении нагрузки до 50%, электрический КПД газовой турбины снижается почти в 3 раза. Газопоршневые установки применяются, когда требуется равное количество вырабатываемой тепловой и электрической энергий, а газотурбинные – когда необходимо вырабатывать в 2-2,5 раза больше тепловой энергии, нежели электрической [6].

У существующих топливных элементов электрический КПД составляет 35-60 %, в режиме когенерации – около 80% и выше [7]. Например, при самостоятельной эксплуатации электрическая

мощность твердооксидного топливного элемента составляет 60%, а общая тепловая мощность при когенерации – 85% [8]. Высокоэффективные и экологичные топливные элементы относятся к инновационным продуктам, и поэтому еще не получили достаточно широкого распространения.

В энергетических установках небольших установленных мощностей и в мобильных генераторных установках применяют дизель-генераторные жидкотопливные установки.

После анализа ур. (2-3) для последующих расчетов были выведены средние значения, характеризующие выработку электроэнергии и тепла когенерационной установкой: $Q_{э} = 35\%$,

$$Q_{теп} = 50\%, (Q_{д} + Q_{ос}) = 15\%.$$

Тригенерация обеспечивает использование генерирующего устройства круглый год, тем самым не снижая высокого КПД энергетической установки. В летний период, когда потребность в вырабатываемом тепле $Q_{теп}$ падает, увеличивается потребность в холоде $Q_{хол}$.

Суммарное производство тепла и холода зависит от потребностей промышленного производства, а для сельского хозяйства его величина напрямую определяется климатическими условиями, в которых находится конкретное производство, и родом его производственной деятельности, при этом важное влияние оказывают сезонные и суточные колебания температуры наружного воздуха. Таким образом, второе и третье слагаемые в ур. (1) изменяются в соответствии с потребностями производства при сохранении общего энергетического баланса.

В системе главной является энергетическая установка (ЭУ) с производством электроэнергии (ЭЭ). Первичной энергией (ПЭ) является топливо (твердое, жидкое, газообразное, биогаз и т.д.).

Система имеет два обязательных сброса в окружающую среду (ОС) – в энергетической установке и холодильной, и внутренние необратимые потери в системе – Д (деструкция энергии). Соотношение производительностей полезных эффектов системы тригенерации полностью определяется термодинамическим совершенством энергетической установки.

Высокотемпературное тепло используется для получения двух термических эффектов – тепла (ТЕП) и холода (ХОЛ). Для получения холода расходуют часть вырабатываемого тепла, а систему комплектуют теплоиспользующей холодильной машиной, например, абсорбционной.

Теоретически тригенерация дает возможность преобразовывать в холод до 80% тепловой мощности когенерационной установки, что значительно увеличивает ее КПД и повышает коэффициент ее мощностных ресурсов.

Соотношение производительностей и температурных режимов установок производства тепла и холода полностью определяются конкретным потребителем.

Схематически энергетические потоки новых технических решений системы тригенерации представлены на рисунке 2.

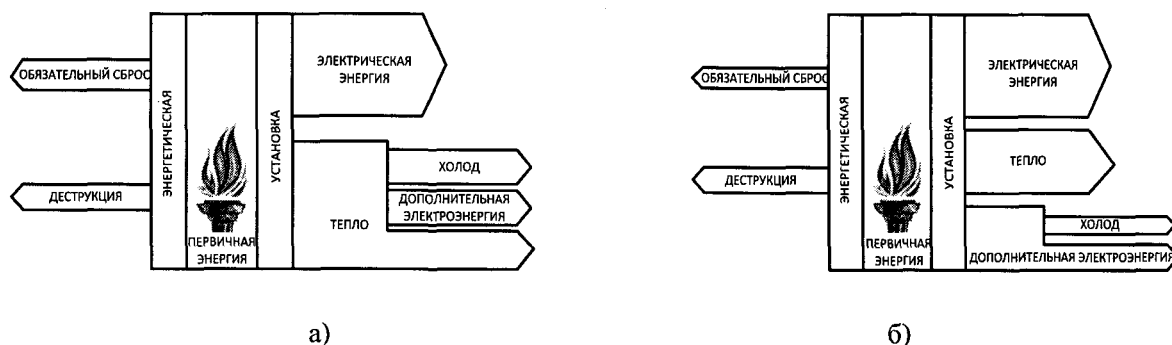


Рисунок 2 – Схемы энергетических потоков систем тригенерации: а) с преобразованием части утилизованного тепла в холод и дополнительную электроэнергию; б) с преобразованием дополнительной электроэнергии в холод

В такой системе утилизованное тепло используется для получения трех эффектов – холода (ХОЛ), тепла (ТЕП) и дополнительной электроэнергии (ДЭЭ). Для получения холода систему комплектуют теплоиспользующими холодильными машинами (абсорбционными, эжекторными или компрессорными).

Энергетический баланс системы тригенерации (рис.2) может быть записан следующим образом:

$$Q_{пз} = Q_{э} + Q_{э}^* + (Q_{теп} / COP_{теп}) + (Q_{хол} / COP_{хол}) + Q_{ос} + Q_{д} \quad (4)$$

где Q_{33}^* – дополнительная электроэнергия, полученная при использовании утилизированного тепла.

В системе полученная дополнительная электроэнергия может пойти на производство холода, тогда систему комплектуют парокомпрессорной холодильной машиной (рис.26). В парокомпрессорной машине можно использовать различные низкокипящие рабочие вещества: природные и синтезированные, чистые и смеси. Обязательным условием работоспособности системы является баланс – количество дополнительной электроэнергии Q_{33}^* больше или равно необходимой для работы холодильной машины ($Q_{хол} / COP_{хол}$).

Рассмотренные системы включают главную энергетическую установку (ЭУ) со своим рабочим веществом, отличающимся от рабочего вещества холодильной машины. Как следствие, в теплоиспользующей холодильной машине максимальная температура генерации полностью зависит от свойств рабочих веществ как энергетической, так и холодильной: для абсорбционных бромистолитиевых – $90...120^{\circ}\text{C}$, для абсорбционных водоаммиачных – 180°C , для компрессорных и эжекторных с рабочими веществами типа HCF и HCFC – до 250°C).

Сформируем схемы систем тригенерации, энергетические потоки которых представлены на рис. 1-2.

Схема современной системы тригенерации, которая широко представлена на мировом энергетическом рынке, показана на рис. 3.

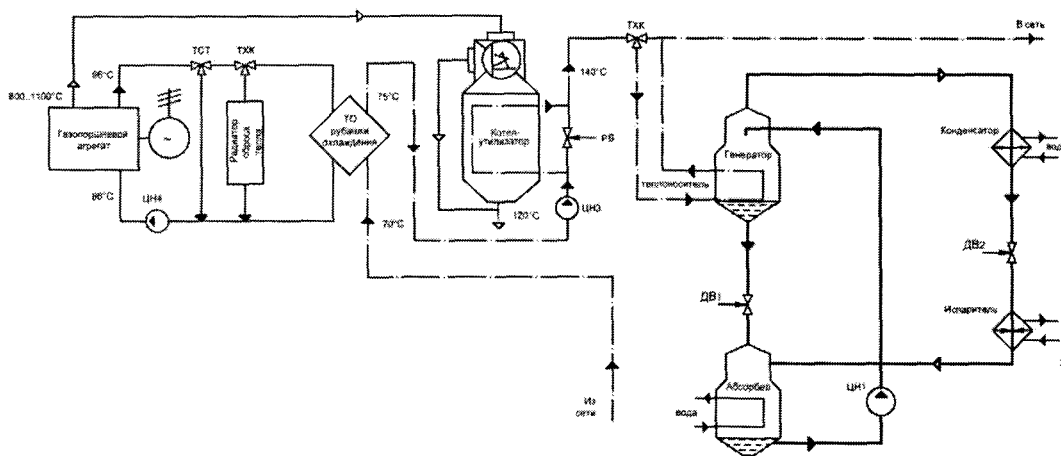


Рисунок 3 – Принципиальная схема системы тригенерации с абсорбционной холодильной машиной

Система состоит из главной энергетической установки с котлом-утилизатором для получения тепла и абсорбционной холодильной машины. Газопоршневой агрегат работает на природном газе и вырабатывает электроэнергию. Обязательным сбросом являются отработавшие дымовые газы при температуре около 480°C . Они направляются в котел-утилизатор для получения горячей воды с температурой на уровне 90°C , тем самым обеспечивая нужды потребителя в отоплении. При необходимости часть горячей воды из котла-утилизатора отбирается для работы теплоиспользующей холодильной машины. Если холод необходим для кондиционирования и/или получения технологической воды на уровне 7°C , целесообразно комплектовать систему с бромистолитиевой установкой [9]. Если существует потребность в низкотемпературном хранении продуктов или производственном технологическом процессе, целесообразно использовать водоаммиачную холодильную машину [10]. Системы выпускает фирма Thetmax [11].

Новым предложением следует считать схему, представленную на рис. 4.

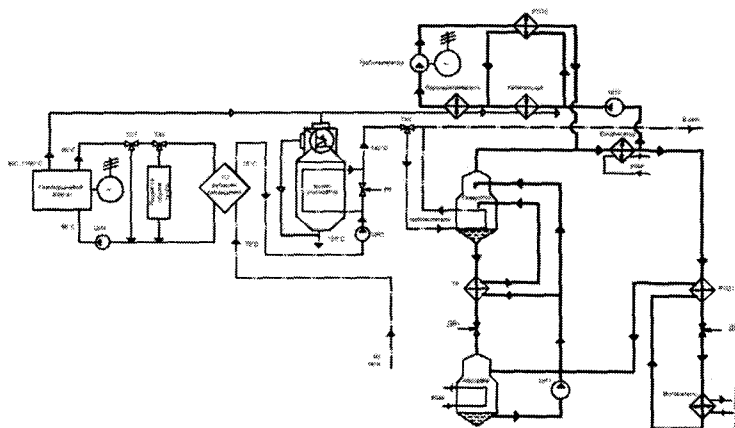


Рисунок 4 – Принципиальная схема системы тригенерации с дополнительным производством электроэнергии

Горячие отработанные газы с температурой $800...1100^{\circ}\text{C}$ разделяются на два потока. Первый поток направляется в котел-утилизатор, где работает по прямому назначению - получение горячей воды с температурой 140°C . Горячая вода поступает в генератор абсорбционной водоаммиачной машины, обеспечивая производство холода.

Для получения дополнительной электроэнергии (ДЭЭ) в схеме предусмотрены самостоятельные контуры циркуляции: второго потока отработанных газов высокой температуры и части потока хладагента, отобранной после конденсатора абсорбционной машины. В результате теплового взаимодействия этих потоков осуществляется цикл Ренкина с паровой турбиной [12]. Энергетические потоки, соответствующие представленной схеме, демонстрирует рис. 2а.

Условиями для работы абсорбционной машины в составе системы тригенерации могут быть:

- широкий интервал температур греющего источника, которым является промежуточный теплоноситель котла-утилизатора, преимущественно вода;
- широкий интервал температур производства холода;
- возможное различное сочетание температурных режимов работы потребителей тепла и холода в системе;
- возможность значительного подогрева охлаждающей среды в процессах отвода тепла в элементах холодильной машины.

С этих позиций следует рассмотреть принципиальное отличие резорбционной от обычной абсорбционной машины, которое определяет преимущества первой в составе системы тригенерации (рис. 5). Все четыре процесса фазовых превращений рабочего вещества происходят при переменных температурах: производство холода в дегазаторе и отдача тепла охлаждающей среде в резорбере резорбционной ступени, а также в генераторе и абсорбере. Эта особенность решающим образом влияет на термодинамическое совершенство машины и определяет область рационального применения, которой, в частности, является рассматриваемая система [13].

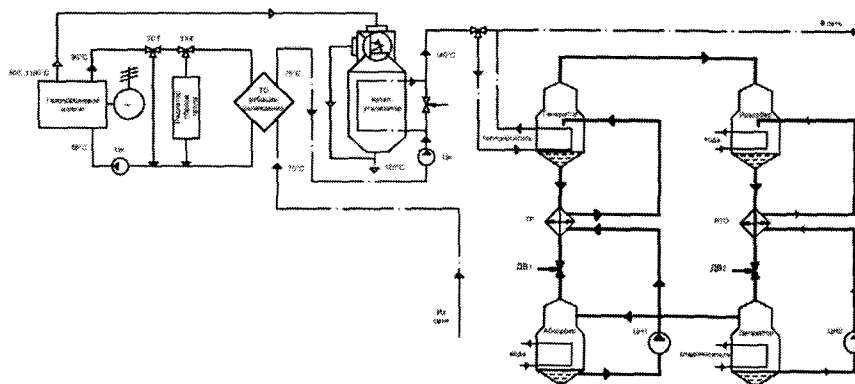


Рисунок 5 – Принципиальная схема системы тригенерации с абсорбционно-резорбционной холодильной машиной

Еще одним важным фактором, влияющим на выбор резорбционной машины, является рабочее давление в аппаратах. Низкое давление в машине определено температурой кипения в дегазаторе, а высокое давление в генераторе и резорбере является независимой величиной. Его выбор определяет все характеристики машины: тепловые нагрузки на аппараты, энергетическую эффективность и эксплуатационную надежность.

Компрессорные машины составляют особую группу в классе теплоиспользующих холодильных машин. Термодинамический цикл Чистякова-Плотникова осуществляется на низкокипящих рабочих веществах с использованием агрегата «турбина-компрессор» (оба компонента – представляют турботехнику) [14].

На основании проведенных теоретических исследований [15] предлагается новое техническое решение системы тригенерации, схема которого изображена на рис. 6.

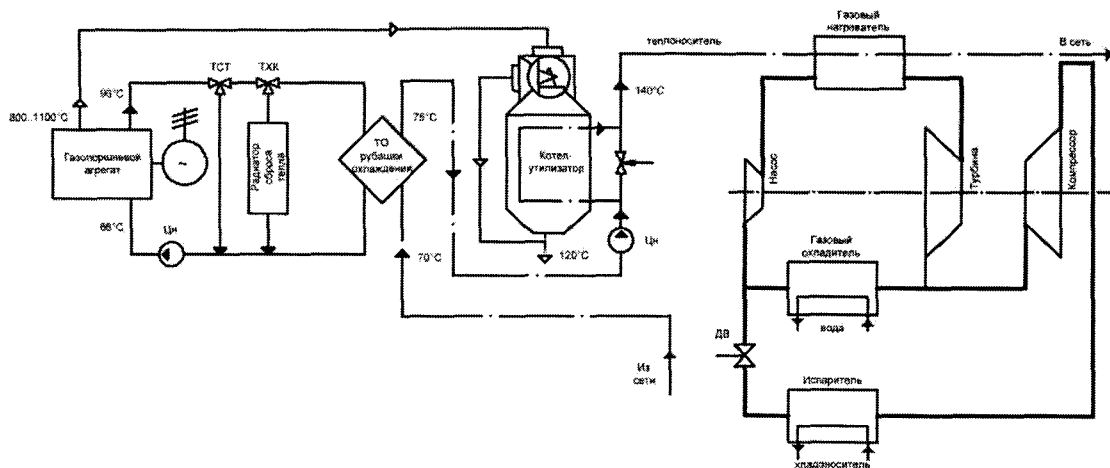


Рисунок 6 – Принципиальная схема системы тригенерации с компрессорной теплоиспользующей холодильной машиной

Газопоршневой агрегат с утилизатором является базовой тепловой машиной, холодильная машина – компрессорная с R744 в качестве рабочего вещества. Цикл холодильной машины реализуется в двух областях: прямой – в надкритической, обратный – в двухфазной. Рассмотренная система расширяет возможности утилизации обязательных сбросов энергетической установки. Термодинамический анализ показал высокую энергетическую эффективность и экологическую безопасность системы [16]. Оборудование для энергопреобразующих систем с R744 выпускают ведущие мировые фирмы [17].

Система тригенерации для фермерского хозяйства

Рассмотрим возможность реализации системы тригенерации малой энергетической установки на частном примере фермерского сельскохозяйственного производства [18].

Тепло, утилизируемое в малой энергетической установке фермерского хозяйства $Q_{ут}$ (рис. 7), согласно энергетическому балансу:

$$Q_{ут} = Q_{от} + Q_{мк} + Q_{тв} + Q_{тп} + Q_{хол} + Q_{сб}, \quad (5)$$

может распределяться следующим образом:

- отопление жилых, производственных и подсобных помещений в холодное время года $Q_{от}$;
- кондиционирование или поддержание микроклимата в жилых и производственных помещениях в теплое время года $Q_{мк}$;
- круглогодичное получение теплой воды для бытовых и производственных нужд $Q_{тв}$;
- сезонное отопление теплицы $Q_{тп}$;
- сезонное охлаждение и низкотемпературное хранение скоропортящихся продуктов растительного и животного происхождения $Q_{хол}$;
- обязательные тепловые сбросы в окружающую среду $Q_{сб}$.

Соотношение производительностей полезных эффектов и температурных режимов производства тепла и холода полностью зависит от потребностей конкретного производителя, напрямую определяются колебаниями температуры наружного воздуха и энергетической эффективностью установок, производящих каждый эффект (рис. 7).

Здесь следует отметить, что производство холода является очень важным фактором для фермерского хозяйства, поскольку позволяет производителю самостоятельно перерабатывать сырье и сохранять произведенный продукт, обеспечивая его поступление на рынок с высоким качеством в течение круглого года.

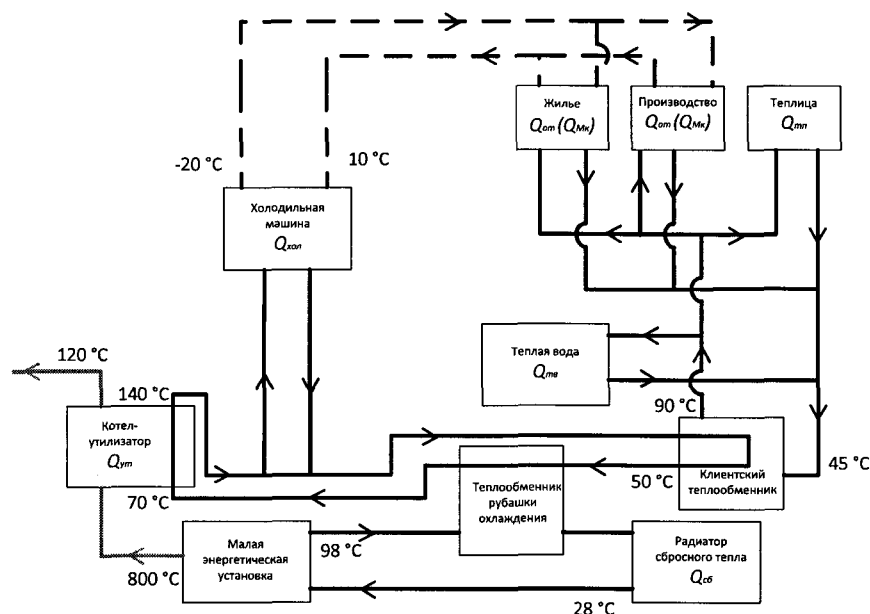


Рисунок 7 – Энергетические потоки в системе тригенерации фермерского хозяйства

Рассмотрим небольшое фермерское хозяйство, которое включает жилой дом общим объемом 600 м^3 , хозяйственно-административное здание объемом 1000 м^3 , теплицу объемом 120 м^3 и хранилище для продуктов фермерского производства, состоящее из трех самостоятельных помещений общим объемом 750 м^3 .

Основные климатические и технические данные, принятые в качестве расчетных:

- температура наружного воздуха в зимний период: $t_{нз} = -10^\circ\text{C}$;
- температура наружного воздуха в летний период: $t_{нл} = 28,6^\circ\text{C}$;
- температура наружного воздуха в весенне-осенний период: $t_{нво} = 5^\circ\text{C}$;
- температура воздуха в жилых помещениях: $t_b = 20^\circ\text{C}$;
- температура в охлаждаемом объекте: $t_{об} = 4^\circ\text{C}$;
- температура воздуха в теплице: $t_{тл} = 15^\circ\text{C}$;
- температура горячей воды: $t_{гв} = 70^\circ\text{C}$;
- температура водопроводной воды: $t_{вв} = 20^\circ\text{C}$.

Основные температурные данные, принятые в качестве расчетных для котла-утилизатора:

- температура отработавших газов: $t_{ог} = 800^\circ\text{C}$;
- температура входящего теплоносителя (воды): $t_{вх} = 80^\circ\text{C}$;
- температура выходящего теплоносителя (воды): $t_{вых} = 140^\circ\text{C}$;

Расчет потребности в тепле и холоде во все периоды года осуществлялся с привлечением справочной технической информации и нормативных документов [19].

Результаты расчетов приведены в графической форме на рис. 8.

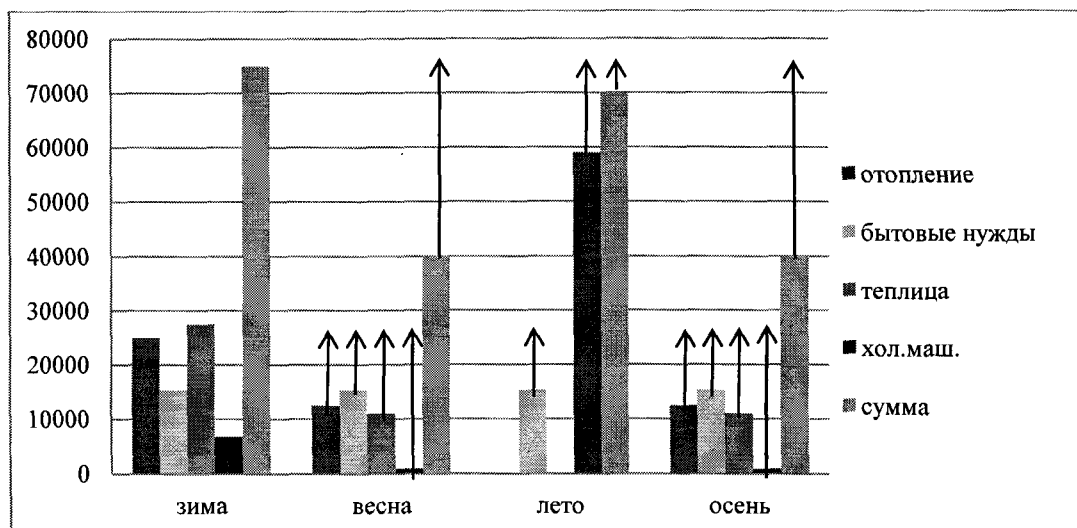


Рисунок 8 – Сезонная потребность в утилизации тепла

В соответствии с расчетами потребность в тепле в зимний период составляет 75 кВт, что является требуемой максимальной тепловой производительностью энергетической установки.

В весенне-осенний период потребность в тепле составляет 40 кВт. Резерв по теплу в количестве 35 кВт может быть востребован при температурах наружного воздуха, отличных от расчетных, как для отопления жилых помещений и теплицы (при понижении температуры), так и для поддержания температурного режима в охлаждаемых помещениях (при повышении температуры).

В летний период потребность в тепле составляет 40 кВт. Резерв по теплу в количестве 35 кВт может быть направлен на кондиционирование воздуха в жилых помещениях.

Полученные результаты теоретических исследований свидетельствуют о перспективности практической реализации систем тригенерации в малой энергетике.

В контексте следует отметить, что круглогодичное кондиционирование воздуха является потребителем первого порядка во многих странах мира и обеспечивает стабильную работу энергетической системы (увеличение спроса на охлаждение, совпадающее со снижением спроса на отопление). В организации тригенерации главным и важным является наличие потребителей тепла и холода с соответствующими соотношениями производительностей и температурных режимов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амерханов, Р. А. Теплотехника: учебн. для вузов / Р. А. Амерханов, Б. Х. Драганов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: 2006. – 432 с.
2. Морозюк, Л.И. Теплоиспользующие холодильные машины – пути развития и совершенствования [Текст] / Л. И. Морозюк // Холодильная техника и технология. –2014. – №5 (151). – С. 23-29.
3. Roselli, Carlo. Performance assessment of cogeneration and trigeneration systems for small scale applications [Text] / Giovanni Angrisani, Atsushi Akisawa, Elisa Marrasso, Carlo Roselli, Maurizio Sasso // International Journal of Refrigeration. – 2016. – Vol. 125, Issue 10. – P. 194-208.
4. Малая энергетика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/35/04.php>.
5. Клименко, В. Н. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Ч. 1-3: справ. пос. / В. Н. Клименко, А. И. Мазур, П. П. Сабашук. – Киев, 2008. – 560 с.
6. Почему газопоршневые мини-ТЭЦ, а не газотурбинные? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.genstab.com.ua/stati/1-statya-1>.
7. Использование топливных элементов для децентрализованного энергоснабжения удаленных сельскохозяйственных объектов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nauchforum.ru/node/333>.
8. Топливные элементы [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://wiki.umsicht.fraunhofer.de/comethru-wiki/index.php/Топливные_элементы.
9. Галимова, Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы: учеб. пособие / Л.В. Галимова. – Астрахань: АГТУ, 1997. – 226 с.
10. Бадьялькес, И. С. Абсорбционные холодильные машины / И. С. Бадьялькес, Р. Л. Данилов. – М.: Пищепромиздат, 1966. – 356 с.
11. Thermax [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://abxm-thermax.ru> – Дата обращения 11.01.2017
12. А. с. 12614 UA, МКИ F25B29/00. Теплосилова холодильна установка / Б.А. Минкус, Т.В. Морозюк, И.Г. Чумак (UA) – №94117789; заявл. 30.11.94; опубл. 28.02.97, Бюл. №1.

13. Блиер, Б. М. Теоретические основы проектирования абсорбционных термотрансформаторов / Б. М. Блиер, А. В. Вургафт. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 203 с.
14. Баренбойм, А. Б. Малорасходные фреоновые турбокомпрессоры / А. Б. Баренбойм. – М.: Машиностроение, 1974. – 224 с.
15. Морозюк, Л. И. Термодинамический анализ теплоиспользующей холодильной машины с диоксидом углерода [Текст] / Л. И. Морозюк, Т. В. Морозюк, С. В. Гайдук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий [ЕЕJET]. – 2014. – № 2(8(68)). – С.36–44.
16. Kim, Y.M. Transcritical or supercritical CO₂ cycles using both low- and high-temperature heat sources [Text] / Y.M. Kim, S.G. Kim, D. Favrat // International Journal Of Energy Research. – 2012. – Vol. 43. – P. 402-415.
17. Каталог продукции: Сверхкритические компрессоры HG34 CO₂ [Электронный ресурс] – GEA Bock Compressors. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.gea.com/ru/products/hg-co2-compressors-transcritical.jsp>.
18. Амерханов, Р. А. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства: учебник для студентов вузов по агроинженерным специальностям / Р. А. Амерханов, Б. Х. Драганов. – Краснодар: 2006. – 200 с.
19. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку теплоты отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий. Одобрено: Научно-техническим советом Центра энергоресурсосбережения Госстроя России (протокол № 5 от 12.07.2002 г.). – Изд. 4-ое. – М.: 2002. – 89 с.