

УДК 621.311.6

**ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГО-ТЕРМОЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ
ПЕРЕХОДЕ НА НОВЫЕ ОЗОНОБЕЗОПАСНЫЕ
ХЛАДАГЕНТЫ**

Доктор экон. наук М.Т. Чердабаев

Канд. техн. наук М.Е. Баймиров

В статье рассматриваются принципы эколого-термоэкономического анализа эффективности оборудования при переходе на новые озонобезопасные хладагенты. Эколого-термоэкономический анализ позволяет учесть такие факторы, как энергетическая эффективность применения хладагента, материалоемкость установки, пожароопасность хладагента, эмиссия парниковых газов и качества эксплуатации холодильного оборудования

Первые шаги в направлении разработки современных методов эколого-энергетического анализа эффективности использования новых озонобезопасных хладагентов были сделаны в работе [11]. В этой работе для более полного учета энергетических и экологических факторов, влияющих на рост парникового эффекта, был предложен новый критерий, который получил название полного эквивалента глобального потепления - TEWI (Total Equivalent Global Warming Impact). По замыслу авторов, этот критерий учитывал не только прямой вклад в увеличение суммарного радиационного воздействия от эмиссии хладагентов, но и косвенный вклад от выбросов CO_2 при выработке электроэнергии, необходимой для эксплуатации холодильного оборудования. Методика прошла несколько стадий своего развития, что позволило в конечном счете получить следующее выражение:

$$TEWI = GWP_R \cdot L_R \cdot N + GWP_R \cdot m_R (1 - \alpha) + GWP_{Ba} \cdot M_{Ba} + \beta \cdot E \cdot N, \quad (1)$$

где GWP_R и GWP_{Ba} - потенциалы глобального потепления соответственно хладагента и вспенивающего агента (потенциал CO_2 принят за единицу), кг/год; L_R - утечка хладагента, кг/год; N - время эксплуатации оборудования, лет; m_R - масса хладагента в установке, кг; α - доля утилизирован-

ного хладагента по окончании эксплуатации, M_{Ba} - масса вспенивающего агента, кг; β - эмиссия CO_2 при производстве 1 кВт · ч электроэнергии, кг /кВт · ч; E - годовые затраты электроэнергии на эксплуатацию оборудования, кВт · ч/год; L_{CO_2} - количество CO_2 , кг/год.

К одному из основных недостатков предложенной методики вычисления $TEWI$ следует отнести отсутствие полного учета всех энергетических затрат, связанных с созданием и безопасной эксплуатацией холодильной техники, использующей пожароопасные хладагенты. Кроме того, экстенсивную величину $TEWI$ нельзя использовать в качестве индикатора при эколого-энергетическом анализе холодильного оборудования различной производительности. Эти причины в значительной мере сдерживали широкое применение методики $TEWI$ -анализа, особенно в тех случаях, когда рассматривалась техника с незначительным уровнем эмиссии рабочего тела [10].

Дальнейшее развитие методика $TEWI$ -анализа получила в работах [4, 5, 9], в которых было рекомендовано при расчете косвенного вклада учитывать дополнительные энергетические затраты E_i на создание оборудования, машинного зала, обеспечение мер безопасности и ремонт:

$$TEWI_N = TEWI + \sum_{i=1}^n \beta \cdot E_i \quad (2)$$

Несомненным достоинством рассматриваемой концепции $TEWI$ -анализа является возможность его адаптации к хорошо разработанным методам анализа эффективности [1, 2 4, 7]. При таком подходе системное исследование эффективности холодильного оборудования и научное обоснование направлений его экологизации можно проводить на основе уравнений энергетического и материального балансов всех видов энергоносителей, используемых при получении искусственного холода. Необходимым требованием к корректности составляемых уравнений энергетического баланса должен стать полномасштабный учет энергетических ресурсов, затрачиваемых на производство сырья и создание оборудования, а также энергетических потерь, вызванных необратимостью процессов, протекающих в холодильной машине.

Совершенно очевидно, что при оптимизации технических устройств необходимо сводить к минимуму антропогенное воздействие их на природу. Требуется разработать новые критерии, позволяющие в каж-

дом конкретном случае определять верхнюю границу этого минимума. Такой естественной границей может служить экологическое пространство для диоксида углерода. Под этим термином следует понимать максимальную скорость, с которой атмосфера может принимать CO_2 без существенного глобального потепления даже в далеком будущем. Как уже указывалось выше, экологическое пространство на душу населения в год оценивается величиной 1,1 т CO_2 [12]. Поскольку выбросы CO_2 и других парниковых газов становятся основной причиной глобальной экологической катастрофы, связанной с процессом глобального потепления климата Земли, представляется вполне логичным интегрировать в хорошо разработанные методики термозкономической оптимизации [1, 7] предложенный Фишером метод *TEWI* -анализа [11]. Впервые такая концепция была предложена в работе [11].

Вне рамок термозкономического анализа концепция *TEWI* -анализа для герметичных холодильных систем не имеет существенных преимуществ по сравнению с традиционными методами термодинамического исследования. Поэтому еще совсем недавно целесообразность использования *TEWI* -анализа была темой дискуссии в рамках Международного института холода [9].

После принятия Протокола в Киото становится совершенно очевидной необходимость разработки комплексной эколого-энергетической методики оценки антропогенного воздействия оборудования на окружающую среду. Такая методика должна учитывать не только необратимость процессов, протекающих в установке, и прямую эмиссию парниковых газов, но и все энергетические затраты на производство и эксплуатацию оборудования, включая затраты на предотвращение и компенсацию ущерба, наносимого внешней среде.

Будущее развитие промышленности должно базироваться на концепции уменьшения выбросов радиационно активных газов на душу населения, чему в значительной мере способствовало бы установление CO_2 -энергетического налога [12]. Причем нормы эмиссии следует определять на эквивалентной основе для всех газов, которые вносят заметный вклад в возрастание влияния парникового эффекта на всех этапах производства и потребления энергии. Изложенный подход можно реализовать в рамках метода эколого-термозкономического анализа. Суть этой концепции заключается в интеграции методов термозкономического исследования в процедуру вычисления *TEWI* [11]. В этом случае, применительно к ана-

лизу холодильного оборудования, полный эквивалент глобального потепления

$$TEWI_N = GWP_R LN + GW_{Rm}(1 - \alpha) + GR_{nl} M_{nl} + \beta E_{ex} N + \sum_{i=1}^n \beta E_i \quad (3)$$

где E_{ex} – эксергия^{*)}, подводимая к компрессору, которая может быть рассчитана по формуле

$$E_{ex} = \Pi_{км} + \Pi_{оп} + \Pi_{исп} + \Pi_{кд} + \Pi_{ес} + \Pi_{пт} + L, \quad (4)$$

где $\Pi_{км}$ – потери эксергии в компрессоре, которые, в свою очередь, можно представить как сумму индикаторных Π_i , механических $\Pi_{мех}$ и электрических потерь эксергии; $\Pi_{оп}$ – потери эксергии при дросселировании; $\Pi_{исп}$, $\Pi_{кд}$, $\Pi_{ес}$, $\Pi_{пт}$ – потери эксергии в испарителе, конденсаторе, всасывающей линии и регенеративном теплообменнике,

L – теоретически минимальная работа, которую необходимо затратить в обратимом цикле Карно для получения заданной холодопроизводительности Q_0 :

$$L = Q_0 / \varepsilon_k \quad (5)$$

где ε_k – холодильный коэффициент обратного обратимого цикла Карно в интервале температур окружающей среды T_{Scp} (или температуры холодильной камеры):

$$\varepsilon_k = T_{Scp} / (T_{oc} - T_{Sp}). \quad (6)$$

Конечная цель различных вариантов термoeкономического анализа – расчёт общего эксергетического коэффициента:

$$\eta_{ex} = (E_{ex} - \sum_{i=1}^n \Pi_{i-k}) / E_{ex}, \quad (7)$$

который количественно не отражает эффекта антропогенной нагрузки на

Примечание ред.

^{*)} Эксергия (эксэргия) (от греческого ек, ех – приставка, означающая высокую степень, и ергоп – работа) – максимальная работа, которую может совершить термодинамическая система при переходе из данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой. Эксергия иногда называется работоспособностью системы.

природу, вызванного эксплуатацией оборудования. Тем не менее потери эксергии в отличие от холодопроизводительности Q_0 могут быть преобразованы в эквивалентную эмиссию CO_2 .

Следовательно, если интегрировать потери энергии, полученные в рамках термoeкономического метода, в балансовую структуру $TEWI_N$, можно, с одной стороны, оценить экологическую нагрузку на природу, а с другой - получить ряд новых эколого-энергетических коэффициентов, отражающих эффективность использованной энергии.

С этой целью рассмотрим балансовую схему вкладов $TEWI_N$ (рис. 1), где $TEWI_N$ – полный эквивалент глобального потепления; $TEWI_p$ – эмиссия CO_2 от рационально использованной энергии на производство холода; $TEWI_Q$ – эмиссия CO_2 от части энергии, преобразованной в холод; $TEWI_n$ – эмиссия CO_2 от энергии, затраченной на охлаждение продуктов (от полезно затраченной части эксергии); $\Delta TEWI_p^{внеш.}$ – косвенный вклад в $TEWI_N$ от внешней необратимости процессов в холодильном оборудовании; $\Delta TEWI_p^{внутр.}$ – косвенный вклад в $TEWI_N$ от внутренней необратимости процессов в холодильном оборудовании; $\Delta TEWI_Q$ – эмиссия CO_2 от нерационально использованной энергии, затраченной на охлаждение внутрикамерного оборудования, и компенсации теплопритоков в холодильную камеру; $\Delta TEWI_{\text{Э}}$ – вклад в $TEWI_N$ от эмиссии хладагента, вспенивающих агентов теплоизоляции и затрат энергии на получение конструкционных материалов и изготовление холодильного оборудования; $\Delta TEWI_{\text{Э.п}}$ – прямой вклад в $TEWI_N$ от эмиссии хладагента и вспенивающих агентов теплоизоляции; $\Delta TEWI_{\text{Э.к}}$ – косвенный вклад в $TEWI$ от затрат энергии на получение конструкционных материалов, изготовление оборудования, реновацию, обеспечение мер пожарной безопасности; $\Delta TEWI_{\text{всп}}$ – вклад в $TEWI_N$ от эксплуатации вспомогательного оборудования (насосы, вентиляторы); $\Delta TEWI_{\Sigma}$ – вклад в $TEWI_N$ от нерационально использованной энергии при производстве холода.

При оценке целесообразности перевода какого-либо компрессора или холодильной машины на альтернативный хладагент необходимо также учитывать затраты энергетических ресурсов E_i , связанных как с получением конструкционных материалов, так и с изготовлением оборудования на машиностроительном предприятии. Наиболее корректный подход к решению такой задачи - метод суммирования энергоемкостей

$$E_{\text{ит}} = \sum_{j=1}^m m_j \cdot \mathcal{E}_j + \sum_{k=1}^m E_k, \quad (8)$$

где m_j – масса отдельных деталей компрессора или холодильной установки в целом, кг; \mathcal{E}_j – энергоемкость определенного конструкционного материала, кВт • ч/кг; E_k – энергетические затраты при изготовлении рассматриваемого узла холодильной установки.

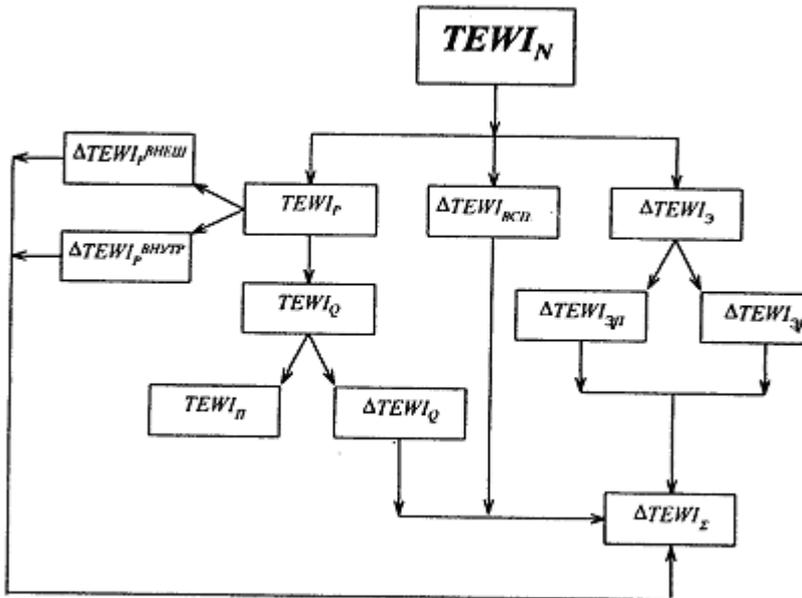


Рис.1. Балансовая схема вкладов $TEWI_N$ при производстве холода.

Данные об энергоемкости конструкционных материалов содержатся в литературе [3]. Незначительные расхождения продиктованы различной эффективностью технологических процессов получения конструкционных материалов. Но это обстоятельство не имеет принципиального значения для выполнения анализа перспектив применения какого-либо хладагента по двум причинам:

во-первых, соблюдение условий сопоставимости объектов сравнения априорно предполагает неизменность значений \mathcal{E}_j ;

во-вторых, первый член формулы (8) лишь незначительно влияет на $TEWI_N$, т.е. изменение материалоемкости, связанное с переходом на альтернативные хладагенты, будет незначительно влиять на величину

эколого - термoeкономических показателей.

Последнее замечание хотя и находит свое подтверждение в работах [9], но не может быть распространено на все типы холодильного оборудования. Так, в работе [13] показано, что энергозатраты, связанные с созданием бытовой холодильной техники, вносят 30 %-ный вклад в значение $TEWI_N$.

Значительно сложнее корректно сформулировать принципы определения ΣE_k . Дело в том, что энергетические затраты, связанные с созданием холодильного оборудования, в той или иной мере влияют на величину различных статей калькуляции, таких, как стоимость покупных изделий и полуфабрикатов, затраты энергии на технические цели, транспортно-заготовительные расходы, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и т.п. При этом энергоемкость, накопленная в предыдущих технологических процессах при создании покупных изделий, и собственные энергетические затраты предприятия холодильного машиностроения переносятся в готовую продукцию. Даже такие, казалось бы, не связанные с расходом энергии статьи калькуляции, как заработная плата, в определенной мере отражает уровень потребления энергетических ресурсов вне предприятия. Например, в США на нужды бытового хозяйства и торговли в 1985 г. расходовалось около 36 % энергетических ресурсов (из них 27 % на охлаждение и кондиционирование), при потреблении $9,7 \cdot 10^4$ кВт · ч энергии на душу населения [8]. В связи с этим в промышленно развитых странах доля заработной платы и экологических налогов в общей стоимости выпускаемой продукции достаточно высока. Вследствие перечисленных обстоятельств значение E_k в предпроектный период можно рассчитывать через себестоимость S , которую, в свою очередь, можно определить по удельным показателям затрат (на единицу массы, мощности или холодопроизводительности, на 1 м² площади теплопередающей поверхности и т.д. анализируемой холодильной установки):

$$E_k = S_n / T, \quad (9)$$

$$S_{\Pi} = S_a \frac{P_{\Pi}}{P_a}, \quad (10)$$

где S_n , S_a - себестоимость соответственно проектируемой машины и ее аналога; T - тарифная стоимость электроэнергии; P_n , P_a - масса, холодопроизводительность, мощность, площадь теплопередающей поверхности и другие характеристики для проектируемой машины и ее аналога.

Изложенный выше метод расчета E_k , а следовательно, и $\Delta TEWI_{\text{э.к}}$ хотя и прагматичен, но вполне обоснован, поскольку на начальных стадиях выбора оптимального хладагента число технико-экономических показателей, которые можно использовать при сопоставлении рассматриваемых вариантов, обычно ограничено.

Составляющие $TEWI_N$ вклады могут быть рассчитаны с использованием следующих формул:

$$TEWI_P = \beta \cdot E_{ex} \cdot N; \quad (11)$$

$$\Delta TEWI_{\text{э.п.}} = GWP_R \cdot L \cdot N + GWP_R \cdot m(1 - \alpha) + GWP_{Ba} \cdot M; \quad (12)$$

$$\Delta TEWI_{\text{э.к.}} = \sum E_i \beta; \quad (13)$$

$$\Delta TEWI_P^{\text{внутр.}} = (\Pi_{\text{км}} + \Pi_{\text{др}}) \beta \cdot N; \quad (14)$$

$$\Delta TEWI_P^{\text{внешн.}} = (\Pi_{\text{исп}} + \Pi_{\text{к.д.}} + \Pi_{\text{вс}} + \Pi_{\text{р.м.}}) \beta \cdot N; \quad (15)$$

$$TEWI_Q = TEWI_P + \Delta TEWI_P^{\text{внешн.}} - \Delta TEWI_P^{\text{внутр.}}; \quad (16)$$

$$TEWI_n = TEWI_Q - \Delta TEWI_Q; \quad (17)$$

$$TEWI_{\Pi} = (\text{энергия, необходимая для охлаждения продуктов}) \beta N; \quad (18)$$

$$\Delta TEWI_Q = (\text{теплопритоки в холодильную камеру + охлаждение внутрикамерного оборудования}) \beta N; \quad (19)$$

$$\Delta TEWI_{\Sigma} = +\Delta TEWI_P^{\text{внешн.}} + \Delta TEWI_P^{\text{внутр.}} + \Delta TEWI_Q + \Delta TEWI_{\text{эп}} + \Delta TEWI_{\text{э.к}} + \Delta TEWI_{\text{вт}}. \quad (20)$$

В рамках предложенной балансовой схемы вкладов в $TEWI_N$ можно сформировать несколько коэффициентов для исследования эколого-энергетической эффективности использования энергетических ресурсов:

1. Коэффициент приведенной эмиссии парниковых газов

$$tewi = TEWI_N / TEWI_Q. \quad (21)$$

Этот коэффициент характеризует экологическую чистоту (с позиций влияния на парниковый эффект) получения единицы холода (эксергии холода). Значение $tewi$ всегда больше единицы. Чем меньше значение $tewi$, тем меньше уровень экологического воздействия на природу при создании единицы эксергии холода.

2. Коэффициент прямого экологического действия холодильной установки

$$\delta = TEWI_P / TEWI_N = 1 - \Delta TEWI_{\text{э}} / TEWI_N. \quad (22)$$

Этот коэффициент всегда меньше единицы. Он характеризует экологиче-

ское воздействие эмиссии парниковых газов на стадии создания холодильного оборудования и обеспечения ее безопасной эксплуатации. При рассмотрении результатов экологической экспертизы следует выбирать тот хладагент, для которого этот коэффициент принимает большее значение. Коэффициент прямого экологического действия целесообразно анализировать при оценке перспектив применения пожароопасных хладагентов, так как он учитывает эмиссию CO_2 от энергозатрат, связанных с получением конструкционных материалов как для самой холодильной установки, так и для вспомогательного оборудования.

3. Коэффициент косвенного экологического действия холодильной установки

$$\gamma = \frac{TEWI_{\Pi}}{TEWI_P} = \frac{1 - (TEWI_P^{внешн.} + \Delta TEWI_P^{внутр.} + \Delta TEWI_Q + \Delta TEWI_{всп})}{TEWI_P}, \quad (23)$$

характеризует уровень внутренних и внешних потерь эксергии при эксплуатации холодильной установки. Этот коэффициент принимает значение, меньшее единицы. Увеличить этот коэффициент можно путем снижения уровня теплопритоков в холодильную камеру, рациональной организации холодильного цикла и оптимального выбора вспомогательного оборудования.

4. Коэффициент эколого-термоэкономического совершенства

$$\varphi = TEWI_{\Pi} / TEWI_N = 1 - \Delta TEWI_{\Sigma} / TEWI_N. \quad (24)$$

Этот комплексный коэффициент позволяет оценить эколого-термоэкономическое совершенство получения искусственного холода с учетом нерационального использования энергетических ресурсов при создании оборудования и его эксплуатации, а также прямой эмиссии хладагента и вспенивающих агентов. Очевидно, что

$$\varphi = \delta \cdot \gamma. \quad (25)$$

5. Коэффициент использования энергии на стадии эксплуатации холодильного оборудования

$$\mu = TEWI_{\Pi} / TEWI_P. \quad (26)$$

В практической деятельности часто бывает необходимо оценить перспективу применения какого-либо хладагента среди нескольких пре-

тендентов. В этом случае целесообразно использовать следующие коэффициенты:

6. Коэффициент экологической целесообразности

$$\eta_u = \frac{TEWI_{NRalt} \cdot (TEWI_{QR} / TEWI_{QRalt})}{TEWI_{NR}}, \quad (27)$$

где индекс "alt" относится к альтернативному хладагенту. Если переход на альтернативный хладагент целесообразен, то $\eta_u > 0$.

7. Коэффициент экологического совершенства

$$\eta_c = \frac{TEWI_{NR} \cdot TEWI_{QRalt}}{TEWI_{NRalt} \cdot TEWI_{QR}}. \quad (28)$$

Этот коэффициент должен принимать значение $\eta_c > 1$.

Предложенные коэффициенты, описываемые уравнениями (21)-(28), изменяются в достаточно широких пределах. Они чувствительны к различным факторам, влияющим на величину $TEWI_N$, что способствует принятию обоснованных инженерных решений, направленных на снижение антропогенного влияния используемой техники на природу. Кроме того, данные коэффициенты могут служить основой для разработки новой нормативно-правовой документации, задача которой - формирование будущей стратегии развития холодильного машиностроения.

Таким образом, метод эколого-термоэкономического анализа позволяет корректно учесть такие факторы, как энергетическая эффективность применения того или иного хладагента, материалоемкость установки, пожароопасность хладагента, эмиссия парниковых газов и качество эксплуатации холодильного оборудования. Предложенный метод носит многофункциональный характер и может быть применен на различных этапах исследования эколого-энергетических характеристик: от рассмотрения эффективности использования хладагента в рамках различных моделей термодинамических циклов до изучения реальных систем по мере усложнения их технической реализации (компрессорная система → холодильная машина → холодильная установка → холодильная технология). Полученные результаты будут отражать антропогенное влияние холодильной техники на природу. Кроме того, метод эколого-термоэкономического анализа может быть с успехом применен при эколого-энергетическом аудите и менеджменте предприятий, использующих холодильные технологии.

Эколого-термоэкономический анализ не претендует на роль аль-

тернативы существующим методам оценки эффективности холодильного оборудования [1,2]. Напротив, известные методики исследования эффективности не противоречат концепции эколого-термоэкономического анализа, а могут быть гармонично согласованы с ней. Вместе с тем, предложенные в настоящей статье коэффициенты позволяют по-новому взглянуть на такие общепризнанные понятия, как, например, класс энергетической эффективности оборудования. Реализация мероприятий, направленных на получение оптимальных значений этих коэффициентов, будет способствовать развитию экологически устойчивой энергетики, для которой характерна стабилизация объёмов выбросов парниковых газов на уровне, не вызывающем опасных антропогенных изменений в составе атмосферы и климате.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродянский В.М., Фритшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения / Под. ред. В М Бродянского. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 136 с.
2. Быков А.В., Киянинь И.М., Круге А.С. Холодильные машины и тепловые насосы. – М.: Агропромиздат, 1988. – 134 с.
3. Руденко М.Ф., Баймиров М.Е., Анисимов Б.Ф. Анализ эффективности гелиоэнергетических термотрансформаторов по математической модели // Высшая школа Казахстана. Поиск. – 2004. - №4. – С.166–169.
4. Руденко М.Ф. Разработка и исследования эффективности адсорбционной гелиохолодильной установки // Вестник Международной академии холода. - 2003.- №1. - С. 34-37.
5. Руденко М.Ф., Лебедев В.Ф., Фондеркин В.Л. Проблемы развития гелиохолодильной установки // Холодильная техника. - 1986. - №10. – С. 14-16.
6. Баймиров М.Е., Руденко М.Ф. Применение солнцеексплуатирующих экологически чистых термотрансформаторов для систем тепло и холодоснабжения в Казахстане // Высшая школа в Казахстане. - Поиск. - 2004. - № 46. – С. 36-44.
7. Оносовский В.В. Моделирование и оптимизация холодильных установок. - Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1990. – 238 с.
8. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда обитания: В 4-х книгах. Кн. 3 Энергетические проблемы человечества: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 342 с.

9. Энерго-экологическая эффективность компрессорных агрегатов при работе на традиционных и альтернативных хладагентах / Г.К.Лавренченко, И.В.Волобуев, П.В.Железный, О.В.Лысенко // Холодильная техника и технология. – 1999. – Вып.62. – С. 46-58.
10. Billiard F. Fluorocarbons (CFCs, HCFCs and HFCs) and Global Warming // Bull. IIF-IR. – 1997. – № 6. – P. 24–28.
11. Fisher S.K., Fairchild P.P., Hughes I.S. Global warming implications of replacing CFC // ASHRAE Journal. – April, 1992. – P. 33–46.
12. GreenJ. The Energy Alternatives for a Sustainable Europe (EASE) Project // Stepping Towards Sustainability in Energy: practical proposals for Europe. Nain report. – Edinburgh (Scotland): Friends of the Earth Scotland, 1997. – 122 p.
13. Zhelezny V.P., Zhidkov V. V. Ecological Safety of Natural Refrigerants in Domestic Refrigerating Equipment: Illusions and Reality // Proc. 1998 Int. Refrig. Conf. at Purdue. – Purdue (USA): Purdue Univ. 1998. – 58 p.

Совместное нефтедобывающее предприятие «Эмбаведьойл»
Атырауский институт нефти и газа

ТОНАЗЫТҚЫШ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ ОЗОНҒА ҚАУІПСІЗ ЖАҢА СУЫТҚЫШ АГЕНТТЕРГЕ КӨШУ ТИІМДІЛІГІН ЭКОЛОГТЫ-ТЕРМОЭКОНОМИКАЛЫҚ ТАЛДАУ ПРИНЦИПТЕРІ

Экон. ғылымд. докторы М.Т. Чердабаев
Техн. ғылымд. канд. М.Е. Баймиров

Мақалада тоңазытқыш құрылғылардың озонға қауіпсіз жаңа суытқыш агенттерге көшу тиімділігін экологты-термоэкономикалық талдау принциптерді қаралған. Экологты-термоэкономикалық талдау суытқыш агенті қолданғандығы энергетикалық тиімділігін, қондырғының зат сыйымдылығын, суытқыш агенттің отқа қауіпсіздігін, булы газдардың эмиссиясын және тоңазытқыш құрылғылардың пайдалану сапасын ескеруге мүмкіндік береді.