

Выводы

Таким образом, с учетом вышеизложенного, устройство реагирования на утечку хладагента из компрессорной системы работающего бытового холодильника по снижению температуры на поверхности испарителя должно настраиваться в соответствии с графиками на рис. 3. В качестве исходного данного в него подается величина температуры наружного воздуха, которая в зависимости от уставки терморегулятора задает контролируемую температуру на поверхности испарителя (ти). Понижение температуры на поверхности испарителя на 1,0...1,5 °С — сигнал на отключение холодильника от электросети, включение свето-звуковой сигнализации. Изменение температуры окружающей среды приводит к перенастройке устройства на другую контролируемую величину температуры на поверхности испарителя.

Литература

1. Осокин В.В. Научно-технические основы обеспечения надёжности, технической и экологической безопасности малой холодильной техники, работающей на углеводородах (на примере изобутана) / В.В. Осокин, В.П. Железный, К.А. Ржесик, Ю.А. Селезнёва, В.Г. Матвиенко, А.В. Ландик, Ю.В. Жидков, Г.В. Соколов; М-во образования и науки Украины, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. – Донецк: ДонНУЭТ, 2009. – 244 с.
2. Спосіб встановлення витоків холодоагенту з компресорної системи побутових холодильників: пат. 90945 Україна: МПК (2009) F25 D,29/00 / Осокін В.В., Селезнєва Ю.А., Ржесік К.А., Сиромятов Г.С.; заявник і патентовласник Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – №200811794; заявл. 03.10.2008; опубл. 10.06.2010. – Бюл.№ 11.
3. Мальгина Е.В., Мальгин И.В., Суедов В.П. Холодильные машины и установки. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 592 с.

УДК 621.565.001.63

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АККУМУЛЯЦИИ ХОЛОДА ДЛЯ КАМЕР ТЕРМООБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Подмазко И.А., Хмельнюк М.Г., д-р техн. наук, профессор
Одесская государственная академия холода, г. Одесса

В статье приведена методика выбора холодильного оборудования и системы охлаждения для холодильников и холодильных камер. Акцентировано внимание на наиболее важных, на данный момент, вопросах проектирования холодильников. Приведена методика подбора холодильного агента, рассмотрены пути модернизации холодильного аммиачного оборудования. Предложена модернизированная схема установки с аккумулятором холода.

In article the procedure of a choice of a refrigerating machinery and system of cooling for refrigerators and refrigerating chambers is resulted. It is brought to a focus to the most important, at the moment, questions of design of refrigerators. The procedure of selection of the refrigerating agent is resulted, ways of modernization of the refrigerating ammoniac equipment are considered. The modernized diagram of installation with the accumulator of a cold is offered.

Ключевые слова: холодильное оборудование — система охлаждения — холодильный агент — аккумуляция холода.

Современный холодильный склад — это, как правило, отдельно стоящее здание, в котором находятся холодильные камеры хранения и вспомогательные помещения. Склады имеют подъездные автомобильные и железнодорожные пути и оснащены крытыми или открытыми эстакадами для приема и отпуска продукции. Конструктивные решения склада должны соответствовать СНиП 2.11.02–87 «Холодильники».

В настоящее время становится все более актуальным вопрос подбора холодильного оборудования и применения на практике наиболее оптимальных схемных решений для холодильных камер различного назначения с целью экономии затрачиваемых ресурсов и получения качественного продукта с как можно меньшей его естественной убылью после холодильных процессов, чтобы затем доставить его потребителю. Одной из проблем данного вопроса является обеспечение сохранения качества продукта после процесса термообработки, при этом затрачивая на процесс термообработки как можно меньше времени. Существующие схемы с применением различного холодильного оборудования пока еще далеки от совер-

шенства и требуют пересмотра с целью достижения вышеназванных целей. Далеко не всегда удается обеспечить сохранение исходного качества продукта и обеспечить его усушку, и сокращение времени его термообработки с помощью использования предложенной схемы может в этом помочь.

Как следует из ряда публикаций [1-3], выбор хладагента в холодильной технике является одной из ключевых проблем, т.к. применяя более совершенные рабочие вещества, можно достичь значительной экономии в затратах энергии на единицу производимого холода.

При выборе холодильного промышленного оборудования предприятия, необходимо определить главную задачу, которую в дальнейшем будет выполнять промышленный холодильник. Для каждой из задач всегда будет несколько решений, но нужно выбрать одно — оптимальное. Для этого при выборе промышленного оборудования стоит учитывать некоторые факторы, которые влияют на работоспособность системы и на ее эффективность.

Чтобы сделать правильный выбор промышленного холодильника, нужно знать:

- максимум тепловыделений;
- как изменяются тепловыделения на протяжении рабочего дня;
- сопротивление гидравлической системы;
- куда будет отводиться тепло;
- необходимость дублирования системы.

Часто бывает выгодно поставить не одну установку, а разбить по производительностям. В таком случае, в дневную смену могут работать все установки, а ночью в выходные и праздничные дни вполне достаточно небольшой машины. Это позволит сэкономить на эксплуатации системы, а также повысит надежность системы охлаждения.

Оптимальный уровень работы промышленного холодильного оборудования достигается, когда работа является непрерывной в течение всей смены. Для этого необходимо сделать подбор холодильной установки таким образом, чтобы она едва покрывала максимальный тепловой поток. Помимо точного подбора производительности оборудования, также можно рассмотреть различные методы уменьшения частоты пусков. Одним из таких способов является увеличение тепловой инерции в системах оборотного водоснабжения, путем внедрения в систему емкости с хладоносителем, который будет работать в качестве «аккумулятора холода» и позволит увеличить время между пусками.

При создании аппаратов воздушного охлаждения известны следующие пути повышения их энергетической эффективности:

- использование ребристых высокоразвитых элементов для повышения площади поверхности теплопередачи;
- применение турбулизаторов и искусственной шероховатости на поверхности теплопередачи;
- использование теплообменных поверхностей, профиль труб которых приближается к обтекаемому (овальный, эллиптический, каплевидный).

Эффективность работы любого склада, особенно если речь идет о хранении продуктов питания, зависит от комплекса факторов — ассортимента хранимой продукции, месторасположения склада, квалификации сотрудников и др. Стремительное развитие рынка оптовой и розничной торговли продуктами питания, укрупнение торговых объектов, развитие крупных торговых сетей и т.д. — все эти причины обуславливают повышение внимания к качеству складского холодильного оборудования. Если не каждый отдельный товар, то группа товаров, входящих в ассортиментный набор, требует специфических условий и технологий хранения. Учитывая тот факт, что в зависимости от размеров ассортимент современного холодильного склада продуктов питания может составлять до 50 тысяч наименований, задача обеспечения склада необходимым холодильным оборудованием представляется довольно сложной. По этой причине выбору эффективного холодильного оборудования должно предшествовать всестороннее изучение технических и экономических условий процесса переработки материальных потоков. Только на основании тщательного анализа и расчетов можно успешно решить технические вопросы, которые возникают при подборе оборудования и его монтаже.

Для поддержания необходимого температурного режима используют, как правило, системы непосредственного кипения или системы с хладоносителем. В системе непосредственного кипения жидкий хладагент из конденсатора, пройдя регулирующий вентиль, поступает в испарительные батареи, расположенные в охлаждаемых помещениях. За счет теплоты окружающего воздуха хладагент кипит, охлаждая воздух. Пары хладагента из батарей отсасываются компрессором. Системы непосредственного охлаждения обязательно включает компрессорный агрегат и один или несколько воздухоохладителей, размещаемых в камерах хранения. Кроме того, в зависимости от того, как подается жидкий хладагент в испарительные батареи, системы непосредственного охлаждения подразделяют на насосные и безнасосные. В безнасосных системах жидкость поступает в батареи под действием разности давлений конденсации и

кипения хладагента, а в насосных она подается специальным насосом. Насосные системы применяют, главным образом, на крупных холодильниках.

К преимуществам систем непосредственного кипения относятся: простота конструкции холодильной установки; быстрое охлаждение камер, которое начинается сразу после пуска компрессора; возможность применения более высоких температур кипения для поддержания требуемых температур в охлаждаемом объекте по сравнению с другими способами охлаждения, что делает систему непосредственного охлаждения в эксплуатации наиболее выгодной, особенно для камер с низкими температурами (морозильных камер). Недостатками системы непосредственного кипения являются: опасность проникновения в охлаждаемые помещения хладагента, например аммиака, запах и концентрация которого может отрицательно повлиять на качество охлаждаемого продукта и здоровье людей, эксплуатирующих оборудование; увеличенная опасность в пожарном отношении (при работе с горючими хладагентами); сложность регулирования работы компрессора, особенно при наличии нескольких камер с разными температурами.

В установках с косвенным (промежуточным) охлаждением используется жидкий хладоноситель. Понижение температуры в холодильных камерах достигается за счет теплообмена между охлаждаемой средой и холодным хладоносителем, циркулирующим в теплообменных аппаратах. Хладоноситель в свою очередь охлаждается в испарителе при кипении хладагента. Такая система состоит из двух холодильных контуров: системы охлаждения жидкости (чиллера), работающей на хладагенте, и контура промежуточного хладоносителя (воды, пропиленгликоля или формиатных хладоносителей). Тепло окружающей среды в воздухоохладителях передается промежуточному хладоносителю, с помощью которого оно переносится к хладагенту.

Преимущества системы охлаждения с промежуточным хладоносителем следующие: исключается возможность проникновения хладагента непосредственно в охлаждаемую среду (в охлаждаемый продукт); простота регулирования температуры охлаждаемой среды в холодильных камерах, что достигается путем изменения количества хладоносителя, направляемого в теплообменный аппарат охлаждаемой камеры. Однако по сравнению с системой непосредственного охлаждения требуются: дополнительные линейные компоненты — теплообменный аппарат (испаритель), насос, запорная арматура; компрессор большей производительности, так как при наличии теплоносителя хладагент должен кипеть при более низкой температуре, а при этом снижается как холодопроизводительность, так и экономичность работы компрессора; большой расход электроэнергии на получение и передачу холода.

Истощение озонового слоя в последней четверти XX века стало самой острой глобальной экологической проблемой и первым в истории человечества случаем глобального воздействия антропогенных факторов на окружающую среду. Осознание проблемы истощения стратосферного озонового слоя привело к кардинальному переосмыслению мер по борьбе с загрязнением окружающей среды и к разработке первого, по-настоящему глобального международного законодательства по борьбе с загрязнением окружающей среды, которое воплощено в Монреальском и Киотском протоколах, подписанных в 1987 и 1997 годах соответственно. Как известно, согласно этим протоколам ряд широко используемых хладагентов, относящихся к классу хлорфторуглеродов, должны быть исключены в их практическом применении. Для замещения в холодильной технике указанных веществ основной акцент первоначально был сделан на разработку и применение альтернативных хладагентов. Однако проблема оказалась значительно сложнее, чем она представлялась, когда вводились ограничения на производство хлорфторуглеродов с целью сохранения озонового слоя Земли.

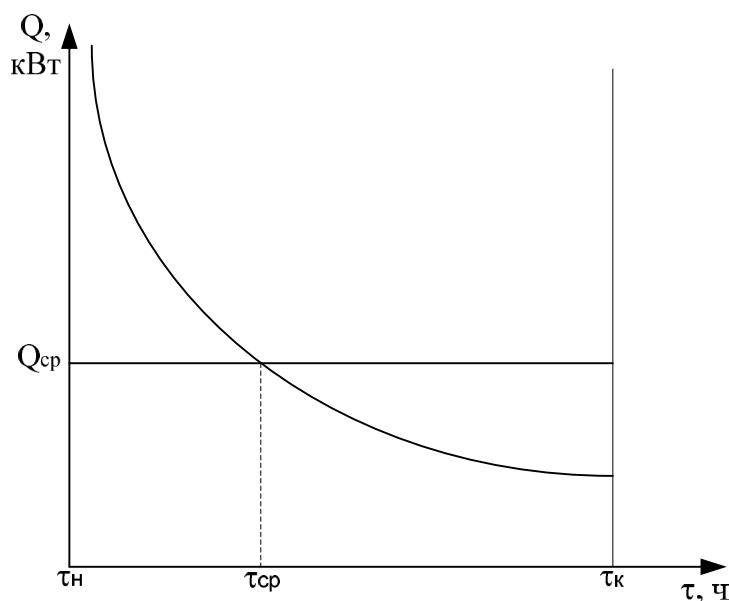
После преодоления озонового кризиса конца XX века потепление климата, по-видимому, станет основной глобальной экологической проблемой XXI века, порожденной деятельностью человека [4]. Производители хладагентов не скрывают [5], что продвигаемые сегодня на рынок хладагенты играют роль переходных, им на смену придут другие, возможно, чуть лучше, но никто не гарантирует, что они надолго задержатся в холодильной промышленности. Когда международным сообществом будут осознаны эти проблемы, можно ожидать сильного давления на промышленность с целью сокращения выбросов парниковых газов. В связи с этим интерес специалистов привлекают возможности более широкого применения универсальных природных веществ, таких как аммиак, углеводороды, диоксид углерода и т.д.

Особого внимания требует расширение применения аммиака. При нулевых потенциалах разрушение озона и глобального потепления аммиак не вызывает, термодинамически эффективен и абсолютно чист экологически. Энергетические показатели аммиачных холодильных машин и установок высоки: с энергетической точки зрения альтернативы аммиаку нет. Кроме того, аммиак обладает характерным запахом, который позволяет органолептически почти мгновенно определять его утечку. Аммиак легче воздуха и при утечке поднимается в воздух, уменьшая опасность отравления. К сожалению, зачастую эти достоинства аммиака относят к его существенным недостаткам. Действительно, аммиак теоретически взрывоопасен при объемном содержании в воздухе от 15 до 28 %, однако, случаи взрыва воздушно-аммиачной смеси в практической деятельности крайне редки. Следует обратить внимание и на то, что мгновенная

разгерметизация аммиачной холодильной установки не приведет к моментальному выбросу аммиака в атмосферу. Выйдет только паровая фаза, которая составляет незначительную часть от общего содержания аммиака в системе. Остальной жидкий аммиак будет медленно выкипать. Аммиак не текуч в той степени, которая свойственна другим хладагентам, не взаимодействует с черным металлом, а, следовательно, все аммиачное оборудование дешево, в отличие от фреонового, для которого используют в основном цветные металлы. Отрицательные свойства аммиака проявляются только при большом его количестве (несколько тонн) в системе и при условиях, когда могут создаваться критические концентрации (до 50–60 грамм на один киловатт производимого холода). Кроме того, современные средства автоматизации позволяют создавать высоконадежные холодильные комплексы.

Рассмотрим применение аккумуляции холода для повышения эффективности холодильных систем использующих режимы термообработки пищевых продуктов.

Для режимов термообработки (охлаждение и замораживание) пищевых продуктов характерна резкомперенная во времени тепловая нагрузка (рис. 1), особенно для зальных камер.



τ_n, τ_k – время, соответственно, начала и окончания процесса термообработки;
 $\tau_{ср}$ – промежуточная величина времени,
 которая зависит от теплофизических характеристик пищевых продуктов

Рис. 1 – Зависимость тепловой нагрузки Q от времени термообработки τ

Основное вспомогательное холодильное оборудование подбирается по средней тепловой нагрузке $Q_{ср}$. Таким образом, на временном участке $\tau_n - \tau_{ср}$ возможности холодильного оборудования по отводу теплоты недостаточно, что приводит к повышению температуры в камере, увеличению времени термообработки, усушке и ухудшению качества пищевых продуктов. На временном участке $\tau_{ср} - \tau_k$ возможность холодильного оборудования по отводу теплоты уже с избытком. Для повышения эффективности использования холодильного оборудования нами предложено использовать аккумуляцию холода. Принципиальная схема аккумуляции холода показана на рис. 2. Принципиальным отличием ее от применяемых в настоящее время схем является использование двух воздухоохладителей и эвтектического аккумулятора вместо панельного теплообменника.

Как показывают исследования, в качестве холодильного агента для данной схемы рекомендуется использовать аммиак, который благодаря своим теплофизическим параметрам может дать наилучший эффект в совокупности с использованием данной схемы. Для поддержания необходимого температурного режима используется холодильная системы с промежуточным хладоносителем, в качестве которого авторами рекомендуется использоваться нетоксичный пропиленгликоль.

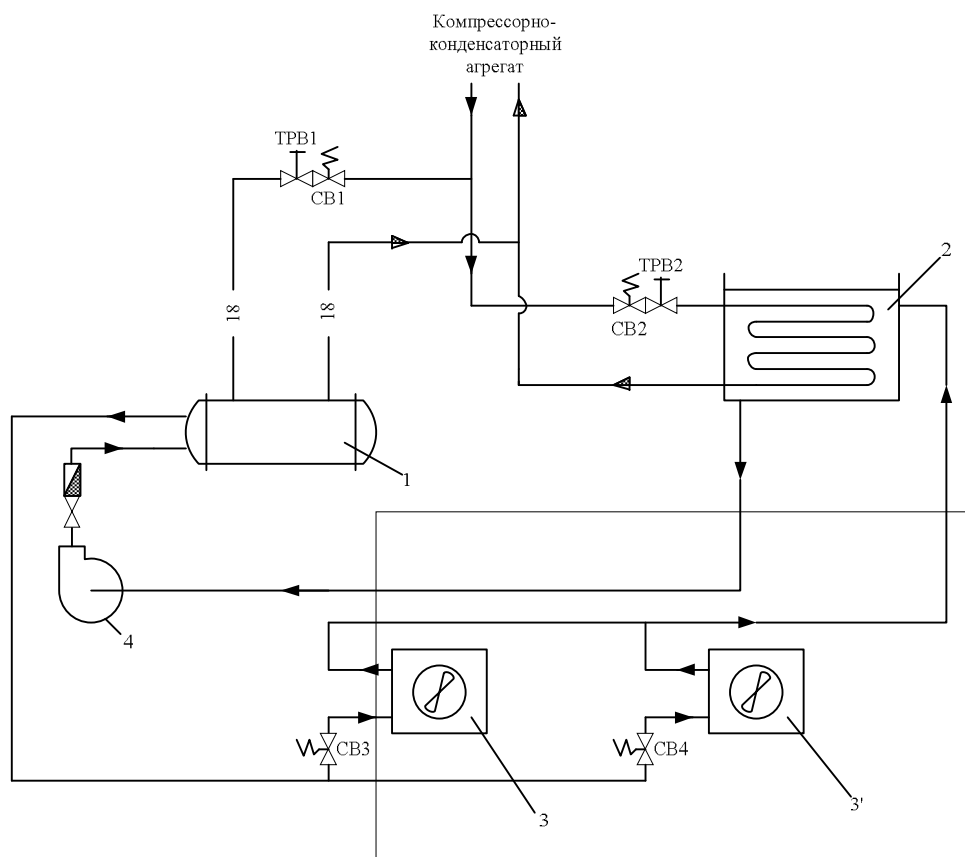
Работа схемы предполагается в трех временных диапазонах:

— первый диапазон: время от начала выгрузки пищевого продукта после его термообработки до окончания загрузки теплого продукта в холодильную камеру. В зависимости от объема холодильной ка-

меры и характера пищевого продукта, это время занимает до четырех часов. В этом случае компрессорно-конденсаторный агрегат работает только на эвтектический аккумулятор, где происходит намораживание льда. Открыт соленоидный вентиль СВ2, остальные — закрыты;

— второй диапазон: время пиковой тепловой нагрузки $\tau_{\text{Н}} - \tau_{\text{СР}}$. Соленоидный вентиль СВ2 закрыт, остальные — открыты. Эвтектический бак (намороженный лед) позволяет отвести дополнительное количество теплоты;

— третий диапазон: время $\tau_{\text{СР}} - \tau_{\text{К}}$. Открыты соленоидные вентили СВ1, СВ2, СВ3, закрыт соленоидный вентиль СВ4. При этом происходит начало накопления льда («аккумуляция холода») в эвтектическом аккумуляторе вплоть до начала второго диапазона.



1 – кожухотрубный испаритель; 2 – эвтектический аккумулятор; 3, 3' – воздухоохладители (основной и вспомогательный, соответственно); 4 – центробежный насос для промежуточного теплоносителя; TPB1 и TPB2 – терморегулирующие вентили; СВ1...СВ4 – соленоидные вентили

Рис. 2 – Принципиальная схема с аккумулятором холода

Предлагаемая схема позволяет получить ряд преимуществ:

- уменьшить естественную убыль продукта;
- сократить время термообработки;
- повысить качество продукта после термообработки по сравнению с тем, что получается после стандартных способов охлаждения и замораживания;
- стабилизировать рабочие параметры холодильной машины;
- в конечном итоге — сократить энергопотребление.

Выводы

Нами предложена схема установки с аккумулятором холода, которая дает существенные преимущества перед альтернативными применяющимися схемами. На основе анализа этой схемы установлено, что реализация этого метода при правильном подходе позволит практически сохранить качество продукта и уменьшить время его термообработки, сократив при этом энергопотребление с повышением эффективности использования холодильного оборудования, что свидетельствует о перспективности данной схемы и ее работы.

Література

1. Железний В.П., Хлієва О.Я., Биковець Н.П. Робота холодильних установок // Холод. – 2004. – № 3. – С. 22-25.
2. Овчаренко В.С., Афонский В.Л. Основные аспекты комплексного подхода к расширению применения аммиачного оборудования в холодильной промышленности // Холодильная техника. – 2001. – № 7. – С. 13-15.
3. Перельштейн И.И., Парушин Е.Б. Термодинамические и теплофизические свойства рабочих веществ холодильных машин и тепловых насосов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 232 с.
4. Маляренко В.А., Варламов Г.Б., Любчик Г.Н. и др. Энергетические установки и окружающая среда. – Харьков: ХГАГХ, 2002. – 398 с.
5. Калнинь И.М., Васютин В.А., Пустовалов СБ. Условия эффективного применения диоксида углерода в качестве рабочего вещества тепловых насосов // Холодильная техника. – 2003. – № 7. – С. 8-12.

УДК 621.436; 621.57

ТУРБОДЕТАНДЕРНА СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ СУДНОВОГО ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ТА ПОВІТРЯ НА ВХОДІ ПРИВІДНОГО ДИЗЕЛЯ

Радченко А.М., канд. техн. наук, доцент
Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

Розроблена система охолодження суднового електрогенератора та повітря на вході приводного дизеля на базі турбодетандера, що використовує надлишкову кількість наддувного повітря понад необхідну для наддуву дизеля. Розраховані показники системи охолодження.

The system for cooling the marine alternator and intake air of driven diesel engine on the base of turboexpander using the surplus charge air amount exceeding the amount of air needed for scavenging diesel engine has been developed. The characteristics of cooling systems are calculated.

Ключові слова: система охолодження повітря, електрогенератор, приводний дизель, турбодетандер.

1. Аналіз проблеми та постановка мети дослідження. Ефективність виробництва електроенергії дизель-генераторами (ДГ) залежить від паливної економічності привідних двигунів (дизелів) та енергетичних витрат на охолодження електрогенераторів (ЕГ) — на циркуляцію охолоджуючого повітря, які становлять 2...3 % виробленої електроенергії [1]. Зі збільшенням температури зовнішнього повітря на вході привідних дизелів і електрогенераторів зростають питомі витрати палива ДГ і енергетичні витрати на вентиляцію ЕГ. Так, за даними фірм-розробників дизелів і дизель-генераторів із підвищенням температури зовнішнього повітря та забортної води, яку подають на охолодження наддувного повітря, на 10 °С питома витрата палива збільшується на 0,5...0,7 % [2, 3].

В той же час зі збільшенням температури повітря на вході ДГ зростає температура відхідних газів і, відповідно, енергетичні втрати з ними. Цілком логічним було б використовувати енергію відхідних газів у холодильних машинах, а вироблений ними холод застосовувати для охолодження повітря на вході привідних дизелів і ЕГ. Для цього доцільно застосовувати турбодетандерні установки (ТДУ), але необхідний принципово новий підхід, який би базувався не на підвищенні тиску турбокомпресорів (ТК), як у практиці створення наддувних ТК дизелів, що неминуче супроводжується зниженням коефіцієнта корисної дії (ККД) ТК, а навпаки — на збільшенні продуктивності ТК при максимальних ККД ТК і відповідних оптимальних значеннях тиску, що забезпечувало б скорочення споживання палива ДГ. Цю надлишкову кількість наддувного повітря (понад необхідну для подачі в циліндри привідного двигуна) можна було б використовувати як холодоагент для охолодження ЕГ і повітря на вході привідного двигуна. При цьому відпадає необхідність у вентиляторі та у відповідних енергетичних витратах на циркуляцію охолоджуючого повітря через ЕГ, які становлять 2...3 % виробленої електроенергії [1].

Метою роботи є скорочення витрат палива на виробництво електроенергії в ДГ шляхом використання скидної енергії відхідних газів у ТДУ для охолодження ЕГ і привідних двигунів.

2. Результати дослідження. Запропоновані схеми одно- та двоступінчастої ТДУ охолодження повітря на вході наддувного ТК і ЕГ із використанням енергії стисненого повітря при його розширенні в тур-