

**Литература:**

1. Чумак І.Г., Оніщенко В.П., Желіба Ю.О., Дженков М.Ю. (2002) Збірник технологічних інструкцій з охолодження, заморожування, розморожування та зберігання м'яса та м'ясопродуктів. Одеса–Київ. – с.90.
2. ГОСТ 1935-55 Мясо-баранина и козлятина- в тушах. – Москва: Стандартиформ, 2006. – 7 с.
3. ГОСТ 4814-57 Блоки мясные замороженные. Технические условия. – Москва: Стандартиформ, 2006. – 4 с.
4. ГОСТ 7724-77 Мясо. Свирина в тушах и полутушах. Технические условия. – Москва: Стандартиформ, 2006. – 7 с.
5. ГОСТ 12512-67 Мясо-говядина в четвертинах, замороженная, поставляемая для экспорта. Технические условия. – Москва: Стандартиформ, 2006. – 4 с.
6. ГОСТ 12513-67 Мясо-свинаина в полутушах, замороженная, поставляемая для экспорта. Технические условия. – Москва: Стандартиформ, 2006. – 5 с.
7. ГОСТ 16867-71 Мясо-телятина в тушах и полутушах. Технические условия. – Москва: Стандартиформ, 2007. – 4 с.
8. ГОСТ 17661-72 Тунец, парусник, макрель, марлин и меч-рыба мороженые. – Москва: Стандартиформ, 2010. – 4 с.
9. ГОСТ 20057-96 Рыба океанического промысла мороженая. Технические условия. – Москва: Стандартиформ, 2003. – 12 с.
10. ГОСТ 21607-97 Наборы рыбные для ухи мороженые. Технические условия. – Москва: Стандартиформ, 2009. – 12 с.
11. ГОСТ 3948-90 Филе рыбное мороженое. Технические условия. – Москва: Стандартиформ, 2003. – 12 с.
12. ГОСТ 32366-2013 Рыба мороженая. Технические условия. – Москва: Стандартиформ, 2014. – 23 с.

УДК 621.57

**ЗОНАЛЬНОЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ЗАЛА ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ  
АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПИЩЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

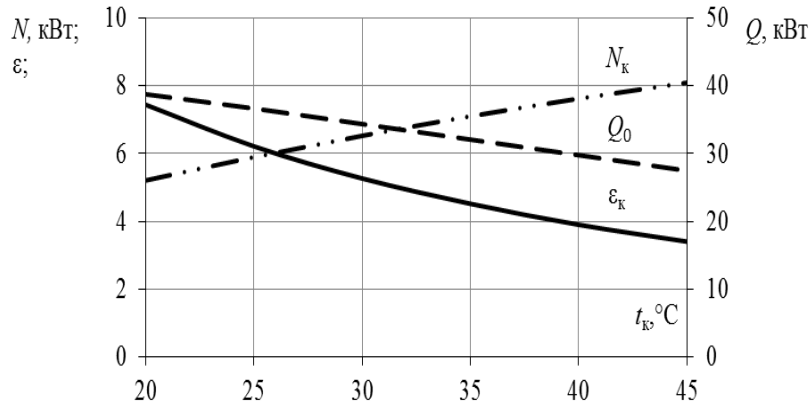
**Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент**  
*Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,*

На предприятиях пищевой перерабатывающей промышленности все более широкое применение находят установки комбинированного производства электрической энергии, тепла и холода на базе газовых двигателей (ГД). Машинные отделения (МО) таких установок автономного энергообеспечения отличаются интенсивными тепловыделениями: от электрогенераторов, навешенных на ГД теплообменников отвода теплоты на нагрев воды, от корпуса самого двигателя, щитов управления и т.д., а также теплопритоками в МО извне, что приводит к повышению температуры воздуха в МО, откуда он поступает на вход турбокомпрессоров (ТК) наддува ГД, и, как следствие, к снижению топливной эффективности ГД. Поэтому приточный воздух МО необходимо охлаждать. В стандартных системах кондиционирования воздуха МО установок автономного энергообеспечения охлаждается весь приточный воздух (всего объема МО) в центральных кондиционерах (ЦК) с холодоснабжением от абсорбционных холодильных машин, утилизирующих сбросную теплоту ГД. Однако при повышенных температурах наружного воздуха стандартные системы охлаждения в ЦК не в состоянии обеспечить требуемую температуру воздуха на входе ГД из-за значительных теплопритоков и больших объемов приточного воздуха.

Более глубокое охлаждение приточного воздуха может обеспечить двухступенчатая система охлаждения с пароконденсаторной холодильной машины (ПКХМ) в качестве низкотемпературной ступени и подачей охлажденного воздуха непосредственно на всасывание ТК ГД (зональный принцип). Для этого можно задействовать уже имеющиеся на предприятии ПКХМ, служащие для холодоснабжения технологического производства. Однако использование этих ПКХМ для кондиционирования воздуха МО ограничивается их располагаемой холодопроизводительностью, остающейся после ее расходования на технологические нужды.

С целью сведения к минимуму потребления дефицитного холода от ПКХМ разработана система двухступенчатого охлаждения воздуха в воздухоохладителе (ВО) на входе ГД с хладоснабжением второй ступени ВО<sub>2</sub> от комбинированной абсорбционно-пароконденсаторной холодильной машины (КАПКХМ) [1, 2]. При этом конденсатор ПКХМ охлаждается хладоносителем – холодной водой с температурой 7 °С от АБХМ. Система позволяет повысить холодопроизводительность компрессора и холодильный коэффициент ПКХМ (с

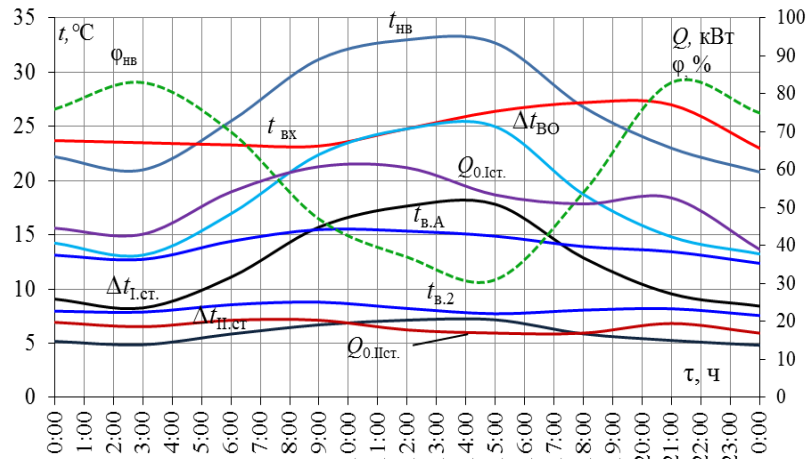
$\eta_k=3$  до  $\eta_k=7$  согласно характеристикам компрессора BITZER 4NES-12Y-40P на рис. 1) за счет снижения температуры конденсации  $t_k$  от  $45^\circ\text{C}$  до  $20^\circ\text{C}$ .



**Рис. 1.** Зависимость холодильного коэффициента  $\epsilon_k$ , потребляемой электрической мощности  $N_k$  компрессора BITZER 4NES-12Y-40P, холодопроизводительности ПКХМ  $Q_0$  от температуры конденсации  $t_k$

Таким образом можно сократить затраты электроэнергии на привод компрессора ПКХМ на 40...50 %.

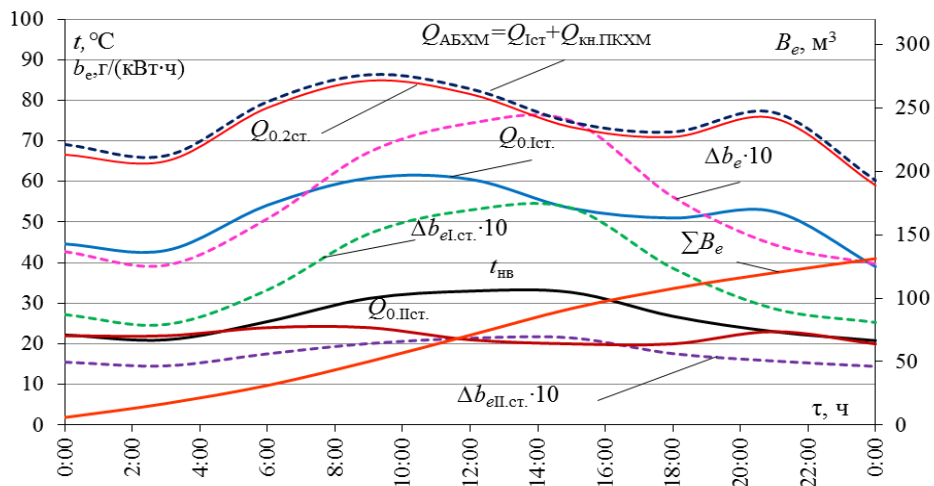
На рис. 2 представлены результаты расчета характеристик системы двухступенчатого охлаждения приточного воздуха на входе ГД в КАПКХМ.



**Рис. 2.** Температуры наружного воздуха  $t_{нв}$ , воздуха на входе ТК ГД  $t_{вх}$  при его заборе из МО, на выходе из первой ВО<sub>1</sub>  $t_{в.02.1ст}$  и второй ВО<sub>2</sub>  $t_{в.02.2ст}$  ступеней ВО, снижение температуры воздуха в ВО<sub>1</sub>  $\Delta t_{в.01} = t_{нв} - t_{в.02.1ст}$  и ВО<sub>2</sub>  $\Delta t_{в.02} = t_{в.02.1ст} - t_{в.02.2ст}$ , полная глубина охлаждения приточного воздуха в двухступенчатом ВО  $\Delta t_{в.0} = t_{нв} - t_{в.02.2ст}$  в течении суток при расходе воздуха  $35000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , холодопроизводительности первой ВО<sub>1</sub>  $Q_{0.1ст}$  и второй ВО<sub>2</sub>  $Q_{0.2ст}$  ступеней

Как видно из графиков, снижение температуры воздуха составляет  $\Delta t_{в.0} = t_{нв} - t_{в.02.2ст} = 14...26^\circ\text{C}$ , что больше примерно в полтора раза, чем в базовом варианте  $\Delta t_{в.0(60)} = t_{нв} - t_{в.02} = 5...13^\circ\text{C}$ .

На рис.3 представлены текущие значения холодопроизводительности (тепловой нагрузки на ВО) и сокращение удельного расхода топлива в течение суток.



**Рис. 3.** Изменение холодопроизводительности первой ступени  $BO_1$   $Q_{0.1ст}$ , второй ступени  $BO_2$   $Q_{0.2ст}$ , суммарной холодопроизводительности  $BO$   $Q_{0.ВО}$ , полной тепловой нагрузки с учетом охлаждения конденсатора ПКХМ  $Q_{каскад.} = Q_{0.2ст} + Q_{кн.}$   $\Delta b_e$  – сокращение удельного расхода топлива, г/(кВт·ч),  $\Sigma \Delta B_e$  – суточная экономия природного газа,  $m^3$

Величина  $Q_{каскад.} = Q_{1ст} + Q_{1ст} + Q_{кн}$  характеризует полную тепловую нагрузку на АБХМ с учетом затрат холода на охлаждения конденсатора ПКХМ. Как видно, максимальная тепловая нагрузка составляет около 112 кВт, что на 68% меньше, чем в базовом варианте ( $Q_{0(60)} \approx 350$  кВт), а нагрузка на ВО уменьшилась на 76%, что весьма существенно в условиях дефицита холода на технологические нужды.

Таким образом, применение зональной системы кондиционирования с двухступенчатым охлаждением приточного воздуха на входе ГД позволяет увеличить глубину охлаждения  $\Delta t_{BO}$  в полтора раза по сравнению с базовым вариантом кондиционирования воздуха всего объема МО.

#### Использованная литература

1. Радченко А. М., Грич А. В. Охолодження приточного повітря машинного відділення газових двигунів тригенераційної установки [Текст] / А.М. Радченко, А.В. Грич // Холодильна техніка та технологія. – 2014. – № 6. – С. 20-25.
2. Радченко Р.Н., Грич А.В. Двухступенчатое охлаждение приточного воздуха газовых двигателей тригенерационной установки [Текст] / Р.Н. Радченко, А.В. Грич // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – № 6. – С. 103–107.

УДК 621.57

#### ТРАНСФОРМАЦІЯ ТЕПЛОТИ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ГАЗОПОРШНЕВИХ МОДУЛІВ УСТАНОВКИ АУТОНОМНОГО ЕЛЕКТРО-, ТЕПЛО- ТА ХОЛОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

**Радченко А.М., к.т.н., доц., Остапенко О.В., к.т.н., асистент**

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова*

В руслі загальносвітової тенденції децентралізації енергопостачання все більшого поширення набувають установки автономного електро-, тепло- та холодозабезпечення (УАЕТХ), в яких швидко теплота привідних двигунів- електродвигунів трансформується в холод тепловикористовуючими холодильними машинами (ТХМ), а холод використовується на технологічні потреби та кондиціювання повітря різних об'єктів. Особливо перспективним є застосування для приводу електродвигунів газопоршневих двигунів (ГПД), що випускаються в когенераційному виконанні – зі штатними теплообмінниками, в яких швидко теплота відводиться на нагрів води (теплоносія), теплота якої в свою чергу трансформується в холод абсорбційною бромистолітійовою холодильною машиною (АБХМ). Термічний стан ГПД забезпечується підтриманням температури зворотного (охолодженого) теплоносія на вході ГПД не вище 70 °С.[1] В той же час ефективність трансформації теплоти в холод в АБХМ висока за умови зниження температури теплоносія в АБХМ не більше ніж на 10...15 °С, тобто до 75...80 °С при його температурі на виході з ГПД (на вході АБХМ) 90 °С. Через суперечливі вимоги до ефективної роботи ГПД і АБХМ по температурі теплоносія для підтримання температури зворотного теплоносія на вході ГПД на безпечному рівні 70 °С він додатково охолоджується в