



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО**

ХІІ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

27-28 вересня 2019 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ



ОДЕСА 2019

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

У збірнику наведені матеріали XII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова наукового комітету – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

Железний В.П. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов Володимир Олексійович - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.
e - mail: info@krioprom.com.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

ЗМІСТ

	СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.	стр.
1.	УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ГАЗІВ СУДНОВОГО ДВИГУНА ЕЖЕКТОРНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З ОХОЛОДЖЕННЯМ ПОВІТРЯ НА ВХОДІ	10
2.	ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ	14
3.	СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	17
4.	ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АЕРОТЕРМОПРЕСОРИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ CFD МОДЕЛЮВАННЯ	20
5.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ АЭРОТЕРМОПРЕССОРНОГО АПАРАТА ДЛЯ СИСТЕМ КОНТАКТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ	22
6.	МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	24
7.	ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТНОГО ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ В КОНКРЕТНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ	28
8.	ПОДХОД К АНАЛИЗУ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ	32
9.	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ	36
10.	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ ГАЗОПОРШНЕВОЇ УСТАНОВКИ	41
11.	ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	46
12.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГТУ В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	52
13.	ТЕПЛОНАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВИХ ДВЗ	54
14.	ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В СИСТЕМІ ОХОЛОДЖЕННЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА НА ПАЛИВНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ	57
15.	UKRAINIAN ENERGY POLICY DEVELOPMENT. INTERNATIONAL EXPERIENCE	60
16.	THE CYCLE ENSURING UNINTERRUPTED OPERATION OF THE CONTACT HEAT EXCHANGER	62
17.	ОХОЛОДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	64
18.	АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ БЫТОВОЙ АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	67

ПОДХОД К АНАЛИЗУ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

**Трушляков Е.И., к.т.н., профессор, Радченко А.Н., к.т.н, доцент, Радченко Н.И., д.т.н,
профессор, Ткаченко В.С., аспирант, Национальный университет кораблестроения им.
адмирала Макарова, Николаев, Украина;
nirad50@gmail.com**

Эксплуатация систем кондиционирования приточного воздуха (СКПВ) отличается значительными колебаниями тепловой нагрузки в соответствии с текущими климатическими условиями, которые определяются тепловлажностными параметрами наружного воздуха (температурой $t_{нв}$ и относительной влажностью $\phi_{нв}$) [1, 2]. В то же время работа замкнутых систем кондиционирования воздуха (теповлажностной обработки воздуха помещений) характеризуется сравнительно незначительными колебаниями тепловой нагрузки на воздухоохладители (ВО), соответствующими изменению температуры воздуха в помещении в довольно узком диапазоне (около 5 °С) по сравнению с охлаждением наружного воздуха. Для таких замкнутых систем кондиционирования воздуха весьма эффективно применение компрессоров с преобразователями частоты, которые обеспечивает регулирование холодопроизводительности от номинальной (спецификационной) до 50 % номинальной и даже ниже. При этом за счет изменения скорости вращения электродвигателя поршневого компрессора давление всасывания, соответственно и температура кипения хладона в испарителе-воздухоохладителе поддерживаются постоянными, что обеспечивает эффективную работу компрессора без уменьшения холодильного коэффициента (coefficient of performance - COP), соответственно и без увеличения удельного (на единицу генерируемой холодопроизводительности) энергопотребления при снижении тепловой нагрузки до 50 % номинальной. Однако стоимость компрессоров с преобразователями частоты в 3-5 раз выше таковых без него.

Цель исследования – разработать подход к анализу эффективности регулирования холодопроизводительности компрессора СКПВ с преобразователем частоты для конкретных климатических условий.

Для удобства пересчета на другие холодопроизводительности СКПВ тепловые нагрузки удобно представлять в относительных (удельных) величинах, приходящихся на единичный расход воздуха ($G_b = 1$ кг/с) – в виде удельной тепловой нагрузки, или холодопроизводительности холодильной машины (ХМ), $q_0 = Q_0 / G_b$, кВт/(кг/с), или кДж/кг, где Q_0 – полная тепловая нагрузка (холодопроизводительность) при охлаждении воздуха расходом G_b .

Для климатических условий юга Украины при охлаждении воздуха до температуры $t_{в2} = 10$ °С максимальная удельная годовая выработка холода $\sum(q_0 \cdot \tau)$ имеет место при удельной (при $G_b = 1$ кг/с) холодопроизводительности $q_0 \approx 34$ кВт/(кг/с), принимаемую рациональной $q_{0,рац}$ [3].

Текущие значения температуры наружного воздуха $t_{нв}$, удельных тепловых нагрузок на ВО СКПВ $q_{0,10}$, расходования удельной холодопроизводительности в области ее частотного регулирования $q_{0,10/2per>0} = q_{0,10} - q_{0,10рац/2} \geq 0$ (положительные значения в области регулируемой холодопроизводительности от 100 до 50 % – выше $q_{0,10рац/2}$ на рис.1,*а*), а также вне области ее частотного регулирования $q_{0,10/2per<0} = q_{0,10рац/2} - q_{0,10} \geq 0$ (положительные значения в нерегулируемом диапазоне холодопроизводительности ниже 50 % – ниже $q_{0,10рац/2}$ на рис.1,*б*) при охлаждении наружного воздуха до температуры $t_{в2} = 10$ °С для климатических условий (г. Вознесенск, Николаевская обл., 2015 г.) приведены на рис. 1.

Расчеты проведены для $q_{0,10рац} = 34$ кВт/(кг/с), порогового значения $q_{0,10рац}/2 \approx 17$ кВт/(кг/с), соответствующего 50 % снижению номинальной (спецификационной) холодопроизводительности. Там же даны значения нереализованного избытка установленной холодопроизводительности

($q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10/2\text{рег}>0}$) в области ее частотного регулирования (выше $q_{0.10\text{рац}/2}$ на рис.1,*а*), ее избытка ($q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10/2\text{рег}<0}$) вне области ее регулирования (ниже $q_{0.10\text{рац}/2}$ на рис.1,*б*), а также суммарные по нарастающей значения расходуования $\sum(q_{0.10/2\text{рег}>0} \cdot \tau) = \sum[(q_{0.10} - q_{0.10\text{рац}/2}) \cdot \tau] \geq 0$ и избытка $\sum[(q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10/2\text{рег}>0}) \cdot \tau] = q_{0.10} - q_{0.10\text{рац}/2} \geq 0$ холодопроизводительности в области ее регулирования (выше $q_{0.10\text{рац}/2}$ на рис.1,*а*) и расходуования $\sum(q_{0.10/2\text{рег}<0} \cdot \tau) = \sum[(q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10}) \cdot \tau] \geq 0$ и избытка установленной холодопроизводительности $\sum[(q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10/2\text{рег}<0}) \cdot \tau] = \sum[(q_{0.10} - q_{0.10\text{рац}/2}) \cdot \tau] \geq 0$ холодопроизводительности вне области ее регулирования (ниже $q_{0.10\text{рац}/2}$ на рис.1,*б*).

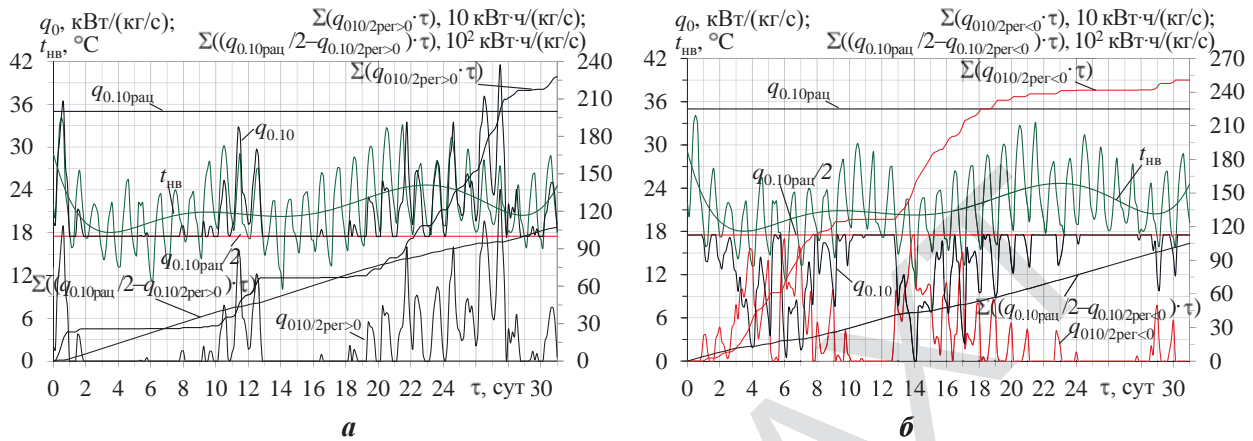


Рис. 1. Текущие значения температуры наружного воздуха $t_{нв}$, удельных тепловых нагрузок на ВО СКПВ $q_{0.10}$, расходуования удельной холодопроизводительности $q_{0.10/2\text{рег}>0}$ и нереализованного избытка установленной холодопроизводительности ($q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10/2\text{рег}>0}$), а также суммарных расходуования $\sum(q_{0.10/2\text{рег}>0} \cdot \tau)$ и избытка $\sum[(q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10/2\text{рег}>0}) \cdot \tau]$ холодопроизводительности в области ее частотного регулирования (*а*), текущих расходуования $q_{0.10/2\text{рег}<0}$ и избытка установленной холодопроизводительности ($q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10/2\text{рег}<0}$), а также суммарных расходуования $\sum(q_{0.10/2\text{рег}<0} \cdot \tau)$ и избытка $\sum[(q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10/2\text{рег}<0}) \cdot \tau]$ холодопроизводительности вне области ее регулирования (*б*) при охлаждении наружного воздуха от $t_{нв}$ до $t_{г2} = 10$ °С: $q_{0.10/2\text{рег}>0} = q_{0.10} - q_{0.10\text{рац}/2} \geq 0$ (регулируемый диапазон); $q_{0.10/2\text{рег}<0} = q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10} \geq 0$ (нерегулируемый диапазон); пороговое значение $q_{0.10\text{рац}/2} \approx 17$ кВт/(кг/с)

Как видно из рис. 1, доля производства холода при частотном 50% регулировании холодопроизводительности составляет:

$\sum(q_{0.10/2\text{рег}>0} \cdot \tau) / (\sum(q_{0.10/2\text{рег}>0} \cdot \tau) + \sum(q_{0.10/2\text{рег}<0} \cdot \tau)) \approx 0,47$, т.е. около 47% всего количества холода, затраченного на охлаждение воздуха в диапазоне изменения текущей тепловой нагрузки $q_{0.10}$ от 0 до $q_{0.10\text{рац}} = 34$ кВт/(кг/с).

В то же время, по отношению к нереализованному избытку установленной холодопроизводительности сверх расходуемой на охлаждение воздуха $\sum[(q_{0.10\text{рац}/2} - q_{0.10/2\text{рег}>0}) \cdot \tau] = q_{0.10} - q_{0.10\text{рац}/2} \geq 0$ в области 50% ее частотного регулирования доля производства холода составляет согласно рис. 1,*а*: $2200 / (2200 + 10500) \approx 0,17$, т.е. около 17%, и практически в два раза меньше ($2200 / [2(2200 + 10500)] \approx 0,087$) во всем диапазоне изменения текущей тепловой нагрузки $q_{0.10}$ от 0 до $q_{0.10\text{рац}} = 34$ кВт/(кг/с) для июля месяца.

Это свидетельствует, во-первых, о наличии значительных резервов повышения эффективности СКПВ путем реализации избытка установленной холодопроизводительности сверх расходуемой на охлаждение воздуха, в частности, его аккумуляцией для последующего расходуования, что обеспечивает существенное сокращение установленной холодопроизводительности, а во-вторых, о возможности использования и других способов регулирования холодопроизводительности помимо изменением частоты вращения электродвигателя компрессора, например, перепуском паров хладагента с нагнетания на всасывание, отключением цилиндров или всего компрессора в случае его работы в составе установки из нескольких компрессоров и т.п.

Понятно, что при эксплуатации СКПВ в июне или августе эффективность применения регулирования холодопроизводительности изменением частоты вращения электродвигателя поршневого компрессора будет еще ниже, а с учетом в 3-5 раз более высокой стоимости компрессоров с преобразователями частоты целесообразность их для СКПВ весьма проблематична.

При охлаждении наружного воздуха от $t_{нв}$ до более высокой температуры $t_{в2} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ значительная доля нестабильной тепловой нагрузки переносится из регулируемой ее области ($q_{0.20/2\text{рег}>0} = q_{0.20} - q_{0.20\text{рац}/2} \geq 0$), приходящейся на зону $q_{0.20} \geq q_{0.20\text{рац}}/2$, в область нерегулируемой тепловой нагрузки $q_{0.20} \leq q_{0.20\text{рац}}/2$ (рис.2).

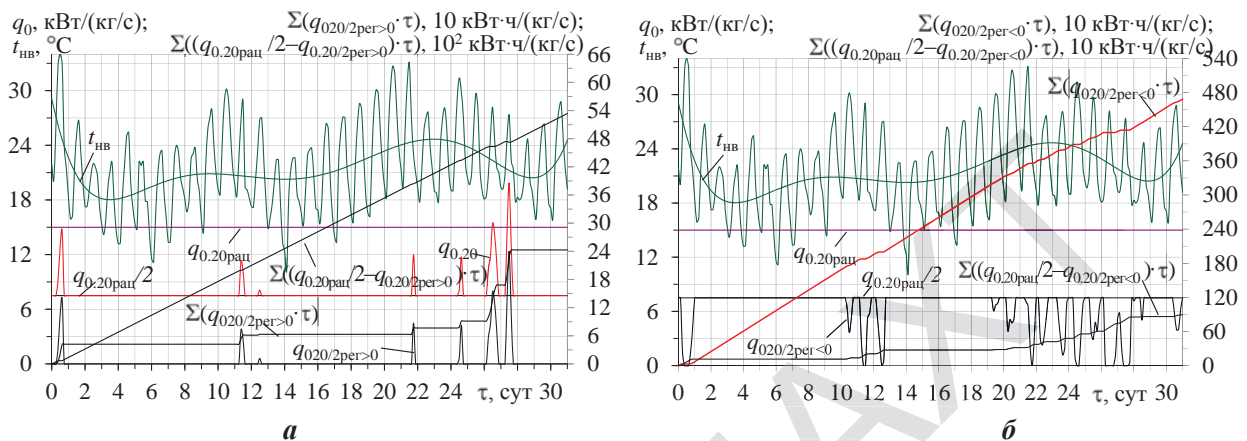


Рис. 2. Текущие значения температуры наружного воздуха $t_{нв}$, удельных тепловых нагрузок на ВО СКПВ $q_{0.20}$, расходования удельной холодопроизводительности $q_{0.20/2\text{рег}>0}$ и нереализованного избытка установленной холодопроизводительности ($q_{0.20\text{рац}/2} - q_{0.20/2\text{рег}>0}$), а также суммарных расходования $\sum(q_{0.20/2\text{рег}>0} \cdot \tau)$ и избытка $\sum[(q_{0.20\text{рац}/2} - q_{0.20/2\text{рег}>0}) \cdot \tau]$ холодопроизводительности в области ее частотного регулирования (а), текущих расходования $q_{0.20/2\text{рег}<0}$ и избытка установленной холодопроизводительности ($q_{0.20\text{рац}/2} - q_{0.20/2\text{рег}<0}$), а также суммарных расходования $\sum(q_{0.20/2\text{рег}<0} \cdot \tau)$ и избытка $\sum[(q_{0.20\text{рац}/2} - q_{0.20/2\text{рег}<0}) \cdot \tau]$ холодопроизводительности вне области ее регулирования (б) при охлаждении наружного воздуха от $t_{нв}$ до $t_{в2} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$: $q_{0.20/2\text{рег}>0} = q_{0.20} - q_{0.20\text{рац}/2} \geq 0$ (регулируемый диапазон); $q_{0.20/2\text{рег}<0} = q_{0.20\text{рац}/2} - q_{0.20} \geq 0$ (нерегулируемый диапазон); пороговое значение $q_{0.20\text{рац}}/2 \approx 7,5\text{ кВт/(кг/с)}$

Как видно из рис. 2, доля производства холода при частотном 50% регулировании холодопроизводительности составляет:

$\sum(q_{0.20/2\text{рег}>0} \cdot \tau) / (\sum(q_{0.20/2\text{рег}>0} \cdot \tau) + \sum(q_{0.20/2\text{рег}<0} \cdot \tau)) \approx 0,05$, т.е. около 5% всего количества холода, затраченного на охлаждение воздуха в диапазоне изменения текущей тепловой нагрузки $q_{0.20}$ от 0 до $q_{0.20\text{рац}} = 15\text{ кВт/(кг/с)}$, что свидетельствует о крайне низкой эффективности регулирования холодопроизводительности СКПВ изменением скорости вращения электродвигателя поршневого компрессора и необходимости применения других способов регулирования.

Вывод. Предложен методологический подход к анализу эффективности регулирования холодопроизводительности СКПВ в конкретных климатических условиях, согласно которому весь диапазон изменения текущих тепловых нагрузок разбивают на две области: область эффективного регулирования холодопроизводительности без энергетических потерь (без уменьшения холодильного коэффициента) и область пониженной нерегулируемой холодопроизводительности. Показано, что для самого теплого летнего месяца доля холода, расходуемого на охлаждение наружного воздуха до температуры $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ при частотном 50% регулировании холодопроизводительности, составляет около 10% всего его количества, которое могло быть произведено при номинальной нагрузке. При более высоких температурах охлажденного воздуха, как и в более прохладные периоды даже летних

месяцев, она еще меньше. Это свидетельствует о невысокой эффективности регулирования холодопроизводительности СКПВ изменением скорости вращения электродвигателя поршневого компрессора и необходимости применения других способов регулирования. Предложенный подход позволяет не только оценить эффективность того или иного способа регулирования, но и выявить резервы повышения эффективности использования располагаемой установленной холодопроизводительности.

Список литературы

1. Marque, R.P. Thermodynamic analysis of trigeneration systems taking into account refrigeration, heating and electricity load demands [Text] / R.P. Marques, D. Hacon, A. Tessarollo, J.A.R. Parise // *Energy and Buildings*. – 2010. – Vol. 42. – P. 2323–2330.

2. Ortiga, J. Operational optimisation of a complex trigeneration system connected to a district heating and cooling network [Text] / J. Ortiga, J.C. Bruno, A. Coronas // *Applied Thermal Engineering*. – 2013. – Vol. 50. – P. 1536–1542.

3. Радченко, А. Н. Оценка потенциала охлаждения воздуха на входе газотурбинных установок трансформацией теплоты отработанных газов в теплоиспользующих холодильных машинах [Текст] / А. Н. Радченко, С. А. Кантор // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2014. – № 4 (111). – С. 56–59.