



**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

<b>СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ</b>		<b>стр.</b>
9.	<b>THERMODYNAMIC ANALYSIS OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHERIC WATER GENERATION SYSTEMS</b>	155
10.	<b>DEVELOPMENT OF DOMESTIC ABSORPTION REFRIGERATOR FOR OPERATION IN A WIDE RANGE OF EXTERNAL AIR TEMPERATURES</b>	158
11.	<b>MODELING OF THERMAL MODES OF THE REFLUX CONDENSER OF THE ABSORPTION REFRIGERATION UNIT</b>	161
12.	<b>РАЗРАБОТКА АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ</b>	164
13.	<b>RESEARCH OF ELEMENTS OF TECHNOLOGY FOR REMOVAL OF NATURAL PESTICIDES FROM PLANT RAW MATERIALS</b>	167
14.	<b>ПЕРСПЕКТИВНА СХЕМА ЗРІДЖУВАЧА ВОДНЮ МАЛОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЇЇ РОЗРАХУНОК</b>	169
15.	<b>ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТОГО ЦИКЛУ СТРІЛІНГА В АВТОМОБІЛІ, ЩО ПРАЦЮЄ НА РІДКОМУ АЗОТІ</b>	172
<b>СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ РОБОЧІ РЕЧОВИНИ</b>		<b>стр.</b>
1.	<b>ККД СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБИНИ З УРАХУВАННЯМ СТЕПЕНІ НЕРОЗРАХУНКОВОСТІ ТЯГОВОГО СОПЛА</b>	175
2.	<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ТРЁХСТУПЕНЧАТОЙ СЕКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ САЙКЛИНГ-ПРОЦЕССА</b>	177
3.	<b>ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕЧІЇ В ЩІЛИНАХ ТА ОТВОРАХ ЕКВІВАЛЕНТНОЮ ПЛОЩЕЮ ПРОХІДНОГО ПЕРЕРІЗУ</b>	179
4.	<b>РОБОТА МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА НА ХОЛОДОАГЕНТІ З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК</b>	180
5.	<b>ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПЕРЕД СЖАТИЕМ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ БРОСОВОГО ТЕПЛА ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК</b>	182
6.	<b>РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕСОРНОГО АГРЕГАТУ В ПУСКОВИХ РЕЖИМАХ</b>	185
7.	<b>ВПРОВАДЖЕННЯ ІЗОБУТАНУ В ЯКОСТІ ХОЛОДОАГЕНТА В МАЛІ ХОЛОДИЛЬНІ МАШИНИ</b>	188
8.	<b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДВС В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ</b>	191
9.	<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ</b>	193
10.	<b>АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОРШНЕВОГО ВУГЛЕКИСЛОТНОГО КОМПРЕСОРА</b>	195
11.	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БЕЗШАТУННОГО ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ХОЛОДОАГЕНТАХ</b>	197
12.	<b>ПРОФІЛЮВАННЯ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ СОПЛА АКТИВНОГО ПОТОКУ РІДИННО-ПАРОВОГО ЕЖЕКТОРА</b>	199
13.	<b>АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНИХ ЦИКЛІВ З РТО ПРОМІЖНОГО ТИСКУ</b>	200

УДК 622.691.063.6-022.252:001.891(477.74)

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПЕРЕД СЖАТИЕМ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ БРОСОВОГО ТЕПЛА ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Васылив О.Б., Сагала Т.А., Алнамер, Абделкадер  
Одесская национальная академия пищевых технологий  
E-mail osadchuk@gmail.com

Газотранспортная система Украины состоит из густой сети газовых коммуникаций, служащих для подачи газа как внутренним потребителям, так и для транзита топлива в страны Западной Европы. Для транспортировки природного газа по магистральным трубопроводам на многочисленных компрессорных станциях (КС) установлены газоперекачивающие агрегаты (ГПА), энергоносителем для которых, в большинстве случаев, является транспортируемый природный газ. На привод перекачивающих агрегатов расходуется (сжигается) 0,5...1,5 % от объема транспортируемого газа [1]. Поэтому проблема минимизации расхода топливного газа в ГПА актуальна и требует тщательного анализа.

КПД большей части эксплуатируемого в настоящее время парка ГПА в Украине находится в диапазоне 24...27 [2].

Более перспективным представляется путь увеличения КПД цикла ГПА за счет применения схем с предварительным охлаждением компримируемого газа.

Для анализа влияния предварительного охлаждения технологического природного газа на КС магистральных газопроводов приняты следующие исходные данные: газоперекачивающие агрегаты – ГТК-10И; количество работающих газоперекачивающих агрегатов 2 + 1 (2 в работе, 1 в резерве); нагнетатель – RF 2ВВ-30; номинальная подача нагнетателя – 16,5 млн.м<sup>3</sup>/сутки; номинальная мощность – 10000 кВт; обороты силового вала – 6200 об/мин; давление на входе в КС – 3,8 МПа; давление на выходе из КС – 5,4 МПа; состав природного газа соответствует требованиям Кодекса газотранспортной системы, утвержденным Постановлением Национальной комиссии Украины, осуществляющей государственное регулирование в сферах энергетики и коммунальных услуг [3].

Расчеты проводятся в следующей последовательности согласно методике [1]. Результаты расчетов потребляемой мощности ГПА и по расходу технологического газа при различных температурах технологического газа на входе в нагнетатель (рис. 2, 3).

Располагаемая мощность газотурбинного привода ГПА КС следующим образом:

$$N_e^p = N_e^h K_N K_{об} K_y \left( 1 - K_t \frac{T_3 - T_3^h}{T_3} \right) \frac{P_a}{0,1013},$$

где  $N_e^h$  – номинальная мощность газотурбинной установки, кВт;

$K_N$  – коэффициент, учитывающий допуски и состояние газотурбинной установки;

$K_{об}$  – коэффициент, учитывающий влияние системы, противодействующей обледенению;

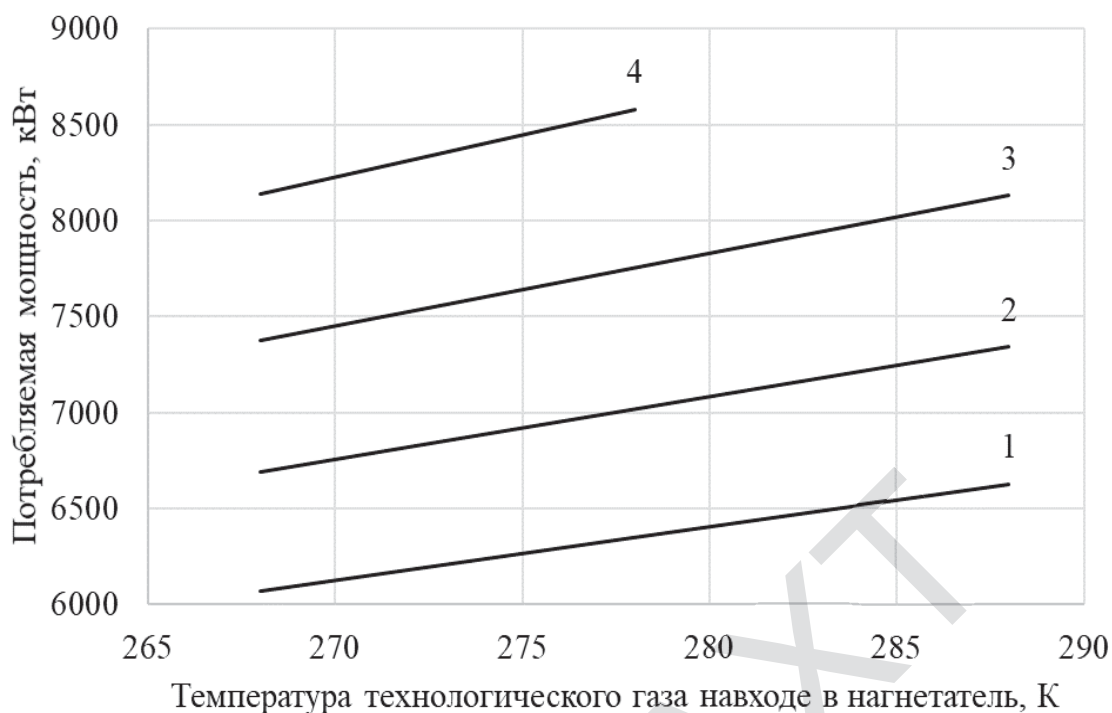
$K_y$  – коэффициент, учитывающий влияние системы утилизации тепла отработавших газов;

$K_t$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры окружающего воздуха;

$T_3^h$  – номинальная температура воздуха на входе в газотурбинную установку, К;

$T_3$  – расчетная температура воздуха на входе в газотурбинную установку, К;

$P_a$  – расчетное давление наружного воздуха, который зависит от геодезической отметки местоположения компрессорного цеха, МПа.



**Рисунок 2.** Зависимость потребляемой мощности ГПА от температуры технологического газа перед сжатием:  
расход технологического газа 1 – 25 млн.м<sup>3</sup>/сутки, 2 – 28 млн.м<sup>3</sup>/сутки, 3 – 31 млн.м<sup>3</sup>/сутки, 4 – 34 млн.м<sup>3</sup>/сутки



**Рисунок 3.** Зависимость расхода топливного газа в ГПА от температуры технологического газа перед сжатием:  
расход технологического газа 1 – 25 млн. м<sup>3</sup>/сутки, 2 – 28 млн. м<sup>3</sup>/сутки, 3 – 31 млн. м<sup>3</sup>/сутки, 4 – 34 млн. м<sup>3</sup>/сутки

Анализ приведенных на рис. 2 и рис. 3. результатов показал, что при снижении температуры компримированного технологического газа снижается и мощность ГПА и, соответственно, расход топливного газа.

Так, снижение температуры компримированного технологического газа от 288 К (15 °С) до 268 К (минус 5 °С) потребляемая мощность ГПА снижается на: 8,4 % при транспортировке технологического газа 25 млн.м<sup>3</sup>/сутки; 8,8 % – при 28 млн.м<sup>3</sup>/сутки; 9,3 % – при 31 млн.м<sup>3</sup>/сутки.

Снижение температуры компримированного технологического газа от 278 К (5 °С) до 268 К (минус 5 °С) потребляемая мощность снижается на 5,1 % при транспортировке технологического газа 34 млн. м<sup>3</sup>/сутки.

Снижение температуры компримированного технологического газа от 288 К (15 °С) до 268 К (минус 5 °С) позволяет снизить расход топливного газа на: 4,7 % (0,007 млн.м<sup>3</sup>/сутки) при транспортировке технологического газа 25 млн.м<sup>3</sup>/сутки; 5,7 % (0,009 млн.м<sup>3</sup>/сутки) – при 28 млн.м<sup>3</sup>/сутки; 5,9 % (0,010 млн.м<sup>3</sup>/сутки) – при 31 млн.м<sup>3</sup>/сутки; 7,1 % (0,013 млн.м<sup>3</sup>/сутки) – при 34 млн.м<sup>3</sup>/сутки.

### Выводы

1. Выполнен анализ методов снижения энергозатрат при транспортировке природного газа по магистральным трубопроводам.

2. Проведен расчет рабочих параметров ГПА и показаны энергетические и финансовые перспективы технологии охлаждения технологического газа перед сжатием в ГПА КС.

Так для текущей экономической ситуации (июль 2019 года) на рынке газа Украины суточное снижение эксплуатационных затрат в типовых магистральных газопроводах при снижении температуры газа перед сжатием в ГПА на 20 К составляет от 1800 до 3360 \$.

3. Предложена схема утилизационной установки на базе АВХМ, которая в диапазоне исходных данных позволяет снижать температуру технологического природного газа перед сжатием на 11...13 °С.

### Литература

1. Середюк, М. Д. Проектування та експлуатація нафтопродуктопроводів. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2002. – 282 с.

2. Говдяк Р. М. Повышение энергетической и экологической эффективности работы магистральных газопроводов / Р. М. Говдяк // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2012. - № 3. - С. 56-62. - Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ETRS\\_2012\\_3\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ETRS_2012_3_11).

3. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфер енергетики та комунальних послуг. 30.09.2015. № 2494. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 6 листопада 2015 р., № 1379/27824.