

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ



XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

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

23-25 вересня 2021 року

ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ



Одеса - 2021

УДК 621.565; 621.

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНТУ, 2021. –196 с.

У збірнику наведені матеріали XIII 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, обладнання кондиціонування повітря, 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.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

Голова - Єгоров Б.В. - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

Заступники голови

Поварова Н.М. – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

Косой Б.В. – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

Члени наукового комітету:

Вансєв С.М.- Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Семенюк Ю.В. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д.т.н., професор;

Лабай В. Й. - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. – д.т.н., професор;

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

Морозюк Л.І. - д.т.н., професор;

Потапов В. О. - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д.т.н., професор;

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

Організаційний комітет:

Голова - проф. Хмельнюк М.Г.;

Науковий секретар - к.т.н. доц. Жихарева Н.В.

Члени оргкомітету - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Грудка Б.Г., аспірант Дудко О.М., аспірант Крушельницький Д.О.

Список джерел:

1. Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г. Підвищення ефективності системи охолодження плодоовочесховищ. - Вісник міжнародної академії холоду 2013. – Вип 4 – с. 16 –20
2. Жихарева, Н.В. Математична модель процесів зберігання плодоовочевої продукції – «Харчова наука і технологія» – 2013. – № 4 (25) – С. 107-111.
3. «Данфос» Відтайка повітроохолоджувачів гарячим газом в комерційних і напівпромислових холодильних системах.
4. Atilla G. Deveciog˘lu, Vedat Oruç Energetic performance analysis of R466A as an alternative to R410A in VRF systems.
5. K. Harby Hydrocarbons and their mixtures as alternatives to environmental
6. unfriendly halogenated refrigerants: An updated overview.



УДК 621.181. 62:620.193.519.8

ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ПРИ СЖИГАНИИ СЕРНИСТЫХ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

*Корниенко В.С., к.т.н., доцент кафедры теплотехники ХФ НУК
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адм.
Макарова*

Уровень использования теплоты сжигания топлива может быть повышен путем глубокого охлаждения продуктов сгорания ниже температуры точки росы, т.е. за счет максимального использования не только физической теплоты газов, но и скрытой теплоты содержащихся в них паров серной кислоты и воды, конденсация которых вследствие коррозии и ограничивает температуру выхлопных газов. При сжигании водотопливных эмульсий (ВТЭ) с $W^f = 30\%$ при температурах стенки $t_{ст}$ ниже температуры точки росы паров серной кислоты H_2SO_4 на уровне $130...140\text{ }^\circ\text{C}$ наблюдается снижение интенсивности низкотемпературной сернокислотной коррозии (НТК) [1], что является практически единственной возможностью снижения температуры уходящих из УК газов и повышения экономичности СЭУ. Снижение интенсивности НТК до уровня $0,2\text{ мм/год}$ предоставляет возможность снизить $t_{ст}$ до уровня $70\text{ }^\circ\text{C}$, что позволяет применить установку конденсационных поверхностей нагрева, но вследствие наличия конденсата интенсивность загрязнения конденсационных поверхностей выше.

В настоящее время при расчетах теплообмена в УК значение коэффициента загрязнения ε_3 , равного отношению толщины загрязнений δ_3 и эквивалентного коэффициента теплопроводности $\lambda_{эkv}$ ($\varepsilon_3 = \delta_3/\lambda_{эkv}$) принимается по экспериментальным данным для вспомогательных котлов по скорости газов или по рекомендованным значениям коэффициента тепловой эффективности ζ , которые не предоставляют возможность определить конкретный уровень загрязнения ε_3 и ζ для конденсационных низкотемпературных поверхностей нагрева (НТПН), так как не учитывается состояние конденсационных поверхностей нагрева, интенсивность загрязнения которых значительно выше. Полностью отсутствуют конкретные количественные данные значений ε_3 для сухих и конденсационных поверхностей УК, которые зависят прежде всего от скорости газов и $t_{ст}$. Это состояние рассматриваемой проблемы определило основные цели исследований.

При создании модели развития процесса загрязнения для определения периодичности очистки поверхностей нагрева, определяющих величину аэродинамического сопротивления и снижение интенсивности теплопередачи, приводящих к уменьшению тепловой мощности УК (его паропроизводительности), необходимо знать кинетику развития процессов коррозии и загрязнения НТПН УК. Закономерности их развития возможно получить только на основании экспериментальных исследований, которые целесообразнее проводить на экспериментальной установке, но проведение исследований коррозионных процессов длительностью около 1000 часов, при которой определяется значение ε_3 , ζ на экспериментальной установке вызывает большие трудности. Поэтому необходимы исследования кинетики коррозионного процесса для получения регрессионных уравнений, позволяющих прогнозировать развитие процессов коррозии и загрязнения на любое время воздействия потока газов.

Получены зависимости удельных показателей интенсивности НТК ΔG_k при влиянии: коэффициента избытка воздуха α (до 2,5...2,9), соответствующего сжиганию топлива в ДВС, содержания серы S^r (0,98...1,8 %) и водосодержания W^r (2...30 %). Увеличение водосодержания W^r от 2 до 30 % при температурах стенки в области «кислотного пика» ($t_{ct} - 100...110$ °C) приводит к снижению скорости НТК в 1,7...2,6 раза при содержании серы в топливе 0,98...1,8 % при $\alpha = 2,9$ (благодаря процессу пассивации поверхности металла вследствие абсорбции оксидов азота). За 100 часов допустимый уровень НТК (0,2 мм/год) обеспечивается только при сжигании ВТЭ с $W^r = 30$ %. За 1000 часов в допустимом уровне НТК находится вся конденсационная поверхность нагрева в пределах t_{ct} от 140 до 70 °C при ($W^r - 30$ %).

Получены зависимости удельных показателей интенсивности загрязнения ΔG_3 (по приросту их массы) при влиянии: коэффициента избытка воздуха α (до 2,5...2,9), содержания серы S^r (до 2 %) и водосодержания W^r (2...30 %). Увеличение водосодержания ВТЭ от 2 до 30 % при температурах стенки в области «кислотного пика» ($t_{ct} - 100...110$ °C) приводит к снижению интенсивности загрязнения в 1,7...1,6 раза при содержании серы в топливе 0,98...1,8 % при $\alpha = 2,9$.

Так как слой загрязнений имеет пористую структуру, то для нахождения их толщины δ_3 необходимо знать насыпную плотность $\rho_{нас}$. Насыпная плотность отложений зависит от пористости слоя П с учетом геометрических параметров системы и распределения твердых частиц в слое, которые оседают из потока дымовых газов на коррозионную поверхность нагрева. На основе проведенных исследований и литературных данных принято, что при сжигании сухого топлива пористость П находится на уровне 0,3, а при сжигании ВТЭ с $W^r = 30$ % пористость увеличивается до 0,48 вследствие существенного уменьшения размеров частиц, изменения их формы (появляются обломки сфер частиц вследствие микровзрывов капель ВТЭ) и влияния созданного микровзрывами капель ВТЭ звукового поля, что приводит к изменению укладки частиц в слое.

На основе принятых допущений и экспериментальных данных при $\tau = 100$ часов были найдены регрессионные зависимости $\delta_3 = f(\tau)$, а также $\delta_3 = f(t_{ct})$, что обеспечило возможность определить их значения при времени воздействия потока дымовых газов $\tau = 1000$ часов.

Учитывая сложную структуру и многокомпонентный состав загрязнений на НТПН, для определения значений коэффициентов загрязнения ε_3 конвективных НТПН необходимо нахождение эквивалентных коэффициентов теплопроводности $\lambda_{эkv}$. Получены значения $\lambda_{эkv}$ в зависимости от t_{ct} при сжигании стандартных топлив (мазута и легких топлив ДТ + ДЛ) при $W^r = 2\%$ и ВТЭ на их основе с $W^r = 17$ и 30 %. Полученные зависимости показывают, что значение эквивалентного коэффициента теплопроводности загрязнений зависит от пористости, формы и размеров частиц в слое, состава и свойств среды, заполняющей пустоты между частицами (газов, паров H_2SO_4 , кислоты), при соответствующих температуре стенки.

При определении α_1 учитывалось влияние акустического поля на конвективных теплообмен, вследствие чего α_1 увеличивается в 1,4 раза и находится на уровне $156 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$. На основе экспериментально-расчетных исследований получены зависимости коэффициентов загрязнения ε_3 , теплопередачи k_3 и тепловой эффективности ζ при сжигании ВТЭ для сухих и конденсационных поверхностей нагрева утилизационных котлов при температурах стенки в диапазоне $70 \dots 210 \text{ }^\circ\text{C}$ при скорости газов от 8 до 24 м/с.

Для сухих поверхностей нагрева: коэффициенты загрязнения ε_3 при $t_{\text{ст}}$ более $130 \text{ }^\circ\text{C}$ при сжигании ВТЭ на основе мазутов с $W^r = 30 \%$ при $\tau = 1000$ часов в $\sim 2,5$ раза ниже, чем при сжигании мазутов с $W^r = 2 \%$; коэффициенты теплопередачи соответственно выше в 1,6 раза; коэффициенты тепловой эффективности выше в 1,4 раза.

Для конденсационных поверхностей нагрева: коэффициенты загрязнения ε_3 при сжигании ВТЭ с $W^r = 30 \%$ значительно выше (в ~ 10 раз) по сравнению с сухими поверхностями; коэффициенты теплопередачи k_3 и тепловой эффективности ζ значительно ниже по сравнению с сухими поверхностями (в $\sim 5 \dots 6$ раз).

На основе исследований кинетики развития загрязнений предоставляется возможность оценить периодичность очистки НТПН. Определена периодичность очистки сухих поверхностей нагрева на уровне $2000 \dots 2500$ часов. Для обеспечения увеличения значения k_3 , ζ для конденсационных поверхностей до уровня сухих рекомендуется уменьшить периодичность между очистками до 8 часов. Тогда использования конденсационных поверхностей становится эффективной с точки зрения уменьшения массогабаритных показателей котлов при одновременном обеспечении большей глубины утилизации теплоты ДВС.

Источники информации:

1. Горячкин В.Ю., Корниенко В.С. Интенсивность коррозионных процессов в утилизационных котлах при сжигании водотопливных эмульсий // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2013. – № 2. – С. 101-110.
2. Хряпченков А.С. Судовые вспомогательные и утилизационные котлы: учебное пособие. – Л.: Судостроение, 1988. – 296 с.
3. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). Изд. 3-е, переработанное и дополненное. – Издательство НПО ЦКТИ СПб, 1998. – 256 с.
- 4.



УДК 621.565

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF THE SOLAR AIR CONDITIONING SYSTEM

*Ovchinnikov M., higher education Odessa National Technological University, Zhykharieva N.V. ass.
professor Odessa National Technological University*

Air conditioning systems are becoming more and more widespread, so the share of energy consumption of these systems in the overall energy balance is constantly increasing. The possibility of using renewable sources in air conditioning is one of the priorities.

One of the most promising types of air conditioning systems for the use of solar energy in its work is air conditioning systems based on the open absorption cycle.

31	<i>Середа В.В., доцент КПІ ім. Ігоря Сікорського, Горін В.В., проф. каф. Одеська академія технічного регулювання та якості, Лю Ян, аспірант КПІ ім. Ігоря Сікорського,</i> ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	111
	<i>Крушельницький Д.О. аспірант ІХКЭ ОНАХТ, м. Одеса : Жихарева Н.В., к.т.н., доцент ОНАХТ</i>	
32	ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАСТИНЧАСТО-РЕБРИСТОГО ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЛГХМ	112
	<i>Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ІХКЕ ОНАХТ, Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач ІХКЕ ОНАХТ, Яковлева О.Ю., к.т.н., доцент ІХКЕ ОНАХТ</i>	
33	ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОТОРНО-ЛОПАТЕВОЇ ГАЗОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ	117
	<i>Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ІХКЕ ОНАХТ, Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач ІХКЕ ОНАХТ, Яковлева О.Ю., к.т.н., доцент ІХКЕ ОНАХТ</i>	
34	МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОДУКТИВНОСТІ ГЕНЕРАТОРА БІНАРНОГО ЛЬОДУ ШНЕКОВОГО ТИПУ	120
	<i>Зімін О.В., к.т.н., доцент ОНАХТ м. Одеса</i>	
35	АКТУАЛЬНІСТЬ СТЕЛЬОВОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ	122
	<i>Бурдюжа С.А., Беркань І.В. – викладачі ВСП «ОТФК ОНАХТ»</i>	
36	ГРАФІЧНІ МЕТОДИ ДЛЯ ПРОЦЕДУР ОПТИМІЗАЦІЇ ТА РЕТРОФІТУ	123
	<i>Дудко О.М., аспірант, Одеса, ОНАХТ.</i>	
37	РЕТРОФІТ ХОЛОДОАГЕНТУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ НА ДІЮЧИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ	125
	<i>Дудко О.М., аспірант ОНАХТ, Козут В.О., к.т.н., доцент ОНАХТ, Жихарева Н.В., к.т.н., доцент ОНАХТ., Єршов В.О., аспірант, ОНАХТ Одеса</i>	
38	ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ПРИ СЖИГАНИИ СЕРНИСТЫХ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	128
	<i>Корниенко В.С., к.т.н., доцент кафедри теплотехники ХФ НУК Херсонський філіал Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова</i>	
39	ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF A SOLAR AIR CONDITIONING SYSTEM	129
	<i>Ovchinnikov M., higher education Odessa National Technological University, Zhykharieva N.V. ass. phrofessor Odessa National Technological University</i>	
40	ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ПРАЦІ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	132
	<i>Жихарева Н.В., к.т.н., доцент ОНТУ., Одеса, Філков І.О, здобувач вищої освіти ОНТУ,</i>	
41	ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	133
	<i>Біленко Н.О., старший викладач, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса,</i>	
42	МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ РЕЖИМІВ ГЕЛЕОГЕНЕРАТОРІВ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН	135
	<i>Осадчук Є.О., старший викладач, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	
43	РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ДРІБНОНАСІННЄВИХ КУЛЬТУР	136
	<i>Петушенко С.М., викладач вищої категорії, Одеський технічний коледж, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	
44	РОЗРОБКА АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ НАВКОЛИШНЬОГО	138

*Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції
«Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», 23 по 25 вересня 2021*

**Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**

**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ**

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

23-25 вересня 2021 року

ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ

Одеса - 2021