

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ПІВДЕННИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ
ДП «ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРБІНСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (КИТАЙ)
УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ЦЗЯНСУ (КИТАЙ)
ГДАНСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
ЗАХІДНО-ПОМЕРАНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
КОШАЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
БАТУМСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАВІГАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ГРУЗІЯ)
МОРСЬКЕ ІНЖЕНЕРНЕ БЮРО
АТ «ЗАВОД «ЕКВАТОР»
КОМПАНІЯ «АМІКО ГРУПП»
ДП «ДЕЛЬТА-ЛОЦМАН»
ТОВ "ЮСК СЕРВИС"
ТОВ «ЕВЕРІ»

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

МАТЕРІАЛИ

X міжнародної науково-технічної конференції

Том 1.

26 – 28 вересня 2019 р.

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9 м. Миколаїв*

УДК 001.895:629.5
И66

ОРГАНІЗАТОРИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ПІВДЕННИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ
ДП «ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРБІНСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (КИТАЙ)
УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ЦЗЯНСУ (КИТАЙ)
ГДАНСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
ЗАХІДНО-ПОМЕРАНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
КОШАЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)
БАТУМСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАВІГАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ГРУЗІЯ)
МОРСЬКЕ ІНЖЕНЕРНЕ БЮРО
АТ «ЗАВОД «ЕКВАТОР»
КОМПАНІЯ «АМІКО ГРУПП»
ДП «ДЕЛЬТА-ЛОЦМАН»
ТОВ "ЮСК СЕРВИС"
ТОВ «ЕВЕРІ»

**Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.
Претензії до організаторів не приймаються.**

Відповідальний за випуск:
Блінцов Володимир Степанович

И66 **Інновації** в судобудуванні та океанотехніці : Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції. у 2 томах. Т. 1 — Миколаїв : НУК, 2019. — 628 с.

ISBN 978-966-321-368-2

У збірнику наведені матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в судобудуванні та океанотехніці». Збірник становить інтерес для наукових працівників, викладачів, інженерів та студентів.

УДК 001.895:629.5

ISBN 978-966-321-368-2

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2019

Благодаря дополнительному охлаждению воздуха в штатном ОНВ (в качестве второй, промежуточной, ступени) трехступенчатая трехконтурная система охлаждения обеспечивает максимальную глубину охлаждения наддувочного воздуха – намного ниже температуры $t_{зв}$ забортной воды. Однако ее недостатком является зависимость глубины охлаждения воздуха от температуры $t_{зв}$, хотя при наличии промежуточной ступени охлаждения наддувочного воздуха забортной водой генерируемого в эжекторном термотрансформаторе холода достаточно для глубокого охлаждения воздуха при повышенных температурах $t_{зв}$.

Реальный эффект от охлаждения наддувочного воздуха зависит от меняющихся в течение рейса температуры наружного воздуха, которая определяет его тепловой потенциал как источника теплоты, и забортной воды, от которой зависит потенциально возможная глубина охлаждения воздуха, и, собственно, потребность в применении машинного холода в дополнение к охлаждению забортной водой.

Достоверность теоретических результатов обеспечивалась сопоставлением результатов расчета по математической модели процессов охлаждения наддувочного воздуха в эжекторном термотрансформаторе с данными по тепловым нагрузкам и количеству влаги, выпадающей в процессе охлаждения воздуха, а также применением для оценки влияния охлаждения наддувочного воздуха на показатели МОД (удельный расход топлива) программы "Mandieselturbo". Результаты расчетов также подтверждены данными ходовых испытаний МОД в широком диапазоне изменения эксплуатационных условий.

Таким образом, по результатам исследования вопросов, связанных с особенностями конструкции ОНВ и термотрансформатора, совместной эксплуатацией ОНВ и термотрансформатора (выпадение влаги и ее отведение), применением низкипящих рабочих тел в термотрансформаторе, с учетом современных технологических возможностей и накопленного опыта эксплуатации термотрансформаторов на низкипящих рабочих телах можно сделать вывод о работоспособности системы наддува судового МОД с термотрансформатором.

1. Установлено, что охлаждение наддувочного воздуха МОД в теплоиспользующей системе охлаждения, утилизирующей теплоту наддувочного воздуха, обеспечивает снижение его температуры до 15...25 °С и сокращение удельного расхода топлива на 1,5...2,5 г/(кВт·ч) по сравнению с его охлаждением забортной водой.

2. Предложены схемно-конструктивные решения системы охлаждения наддувочного воздуха для МОД и разработаны рекомендации их проектирования, что обеспечивает эффективную эксплуатацию МОД при повышенных внешних температурах; предложены схемно-конструктивные решения системы охлаждения наддувочного воздуха для МОД и разработаны рекомендации их проектирования, что обеспечивает эффективную эксплуатацию МОД при повышенных внешних температурах.

УДК: 66.014+001.18+338.3

ВПЛИВ ХОЛОДИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ДОВКІЛЛЯ

Талибли Руслан Емінович Аспірант¹, Хмельнюк Михайло Георгійович д.т.н. проф².

Одеська національна академія харчових технологій¹; Одеська національна академія харчових технологій²

Україна, Одеса¹; Україна, Одеса²

ruslantalibli@gmail.com¹; hmel_m@ukr.net²

Анотація. В даному дослідженні розглянуто вплив сектору холодильної промисловості на довколишнє середовище, який включає в себе: кондиціювання повітря теплові насоси та криогенну техніку. Розглянуто вплив прийнятої у 2016 році Кігалійської поправки внесеної до Монреальського протоколу. Розглянуто вплив поступового скорочення виробництва і споживання хлорфторвуглеців (ХФУ). Враховано вплив непрямих викидів парникових газів. Проведено оцінку впливу охолодження на зміну клімату.

Ключові слова: Монреальський протокол; Кігалійська поправка; Холодильна промисловість; Парникові гази; Прямі викиди; Непрямі викиди;

Вступ

Холодильна промисловість у даний період часу нараховує 3 мільярди систем що працюють на холодоагентах [1].

Холодильна промисловість включає в себе кондиціонування повітря, теплові насоси, та криогенну техніку. На ці сектора сумарно приходиться 7.8% світових викидів парникових газів. Серед цих викидів 37% складають прямі викиди хлорфторвуглеводи (ХФВ), гідрофторвуглеводи (ГФВ), а 63% - непрямі викиди пов'язані з виробництвом і транспортуванням енергії яку використовують холодильні системи. Очікується що об'єм холодильної промисловості буде збільшуватися що в свою чергу призведе до збільшення викидів парникових газів. З прийняттям у 2016 році Кігалійської поправки очікується поступове скорочення виробництва та зменшення споживання речовин які можна охарактеризувати як парникові гази та речовини що збільшують парниковий ефект.

Основна частина

1.1 Прямі і непрямі викиди парникових газів.

Прямі викиди виникають під час робіт з технічного обслуговування або коли термін служби холодильного обладнання минув, але вони також можуть бути викликані витокami під час роботи. Непрямі викиди виникають в результаті виробництва енергії, необхідної для роботи систем охолодження. Викиди CO₂ в основному утворюються при спалюванні різних видів палива. Викиди метану (CH₄) в утворюються при видобутку вугілля, а також в основному здобиччю природного газу. Викиди закису азоту (N₂O) значно генеруються при спалюванні вугілля.

Існують і інші джерела непрямих викидів, такі як рефрижераторні транспортні та адсорбційні системи, які використовують спалювання палива в якості джерела тепла. Однак з урахуванням кількості одиниць обладнання які знаходяться в експлуатації, викиди з цих систем незначні в порівнянні з іншими видами викидів від обладнання.

Далі наведено коротку характеристику цілей Монреальського і Кіотського протоколів.

Таблиця 1: Короткий виклад цілей Монреальського [2, 3] і Кіотського [4] протоколів.

Монреальський протокол:	
<ul style="list-style-type: none"> • Припинити виробництво і споживання ХФУ до 1996 року для розвинених країн і до 2010 року для країн, що розвиваються (Лондонська поправка, 1990 рік). • Припинити виробництво і споживання ГХФУ до 2020 року для розвинених країн і до 2030 року для країн, що розвиваються (Монреальська поправка, 2007). • Скорочення виробництва і споживання ГФУ на 85% до 2036 році для розвинених країн і на 80 або 85% у 2045 році або у 2047 році для країн, що розвиваються (Поправка Кігалі, 2016 рік). 	
Ріо-де-Жанейрська конвенція і Кіотський протокол:	
<ul style="list-style-type: none"> • Мета: «Стабілізувати концентрації парникових газів (ПГ) в атмосфері на рівні, що запобігає антропогенним порушенням, які можуть поставити під загрозу кліматичну систему». • Знизити споживання та виробництво 6 парникових газів: CO₂ (діоксид вуглецю), CH₄ (метан), N₂O (закис азоту), HFC (гідрофторвуглеці), PFC (перфторуглероди) і SF₆ (гексафторид сірки). • Паризька хартія стосується цих 6 парникових газів. 	

У таблиці 2 перераховані парникові гази, розглянуті у цьому дослідженні. потенціал глобального потепління [5] дані на столітній період, ґрунтуючись на часі життя в верхніх шарах атмосфери. Прямі оцінки викидів враховують, що ХФУ, ГХФУ і ДФУ використовуються не у холодильній промисловості.

Таблиця 2: Список ПГ, що викидаються холодною промисловістю.

Речовина	GWP100	Тривалість життя (в роках)
Прямі викиди		
CFC	CFC-11	4.660
	CFC-12	10.200
	CFC-115	7.670
HCFC	HCFC-22	1.760
	HCFC-123	79
	HCFC-124	527
HFC	HFC-32	677
	HFC-125	3.17
	HFC-134a	1.3

	HFC-143a	4.8	47.1
	HFC-152a	138	1.5
	CO ₂	1	-
	CH ₄	28	12.4
	N ₂ O	265	121

2. Оцінка впливу холодильної промисловості на зміну клімату

2.1 Оцінка впливу парникових газів від холодильної промисловості на сонячну радіацію.

Оцінка впливу холодильної промисловості на зміну клімату визначається декількома параметрами: Сонячною радіацією, яка визначається швидкість зміни кількості сонячної радіації на одиницю площі земної кулі [6], виміряну в верхній частині тропосфери і розраховану у вати на квадратний метр (Вт/м²). Та, потенціалом глобального потепління (ПГП) який визначається як інтегроване за часом глобальне середнє радіаційне випромінювання внаслідок імпульсного випромінювання маси газу щодо імпульсного випромінювання рівної маси еталонного газу CO₂ [7]. Крім того, були розроблені інші показники, такі як GTP, і GTP і TEMP [8, 9, 10, 11, 12], але не було досягнуто консенсусу з питання заміни показана GWP (ПГП) [13].

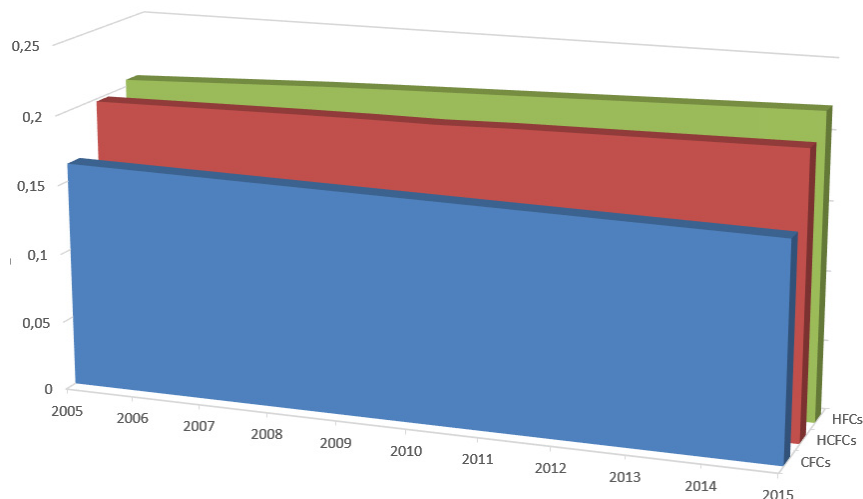
На малюнку 1 показано, що на частку ХФУ припадає більша частина радіаційного впливу від холодоагентів (69% в 2015 році – 0.16 Вт.м²). На перший погляд це може по-здаватися дивним, враховуючи, що ХФУ регулюється Монреальським протоколом з 1987 року і що з 2010 року їх виробництво було припинено в усіх країнах. З іншого боку, це має сенс, якщо враховувати атмосферний час життя ХФУ. Викиди ХФУ досягли свого піку в 1990-х роках, але продовжують складати значну частину бюджету радіаційного впливу сьогодні. Проте, їх вплив зменшується. Це ясно показує позитивний вплив Монреальського протоколу.

При цьому справедливо припустити, що ХФУ буде і надалі складати значну частину загального радіаційного впливу [14] протягом багатьох десятиліть. У разі ГХФУ можна відзначити невелике збільшення значень радіаційного впливу. Очікується, що він стабілізується в 2020 році, а потім зменшиться [14] в результаті поступової відмови від Монреальського протоколу і в зв'язку з їх відносно коротким терміном служби (близько 10 років).

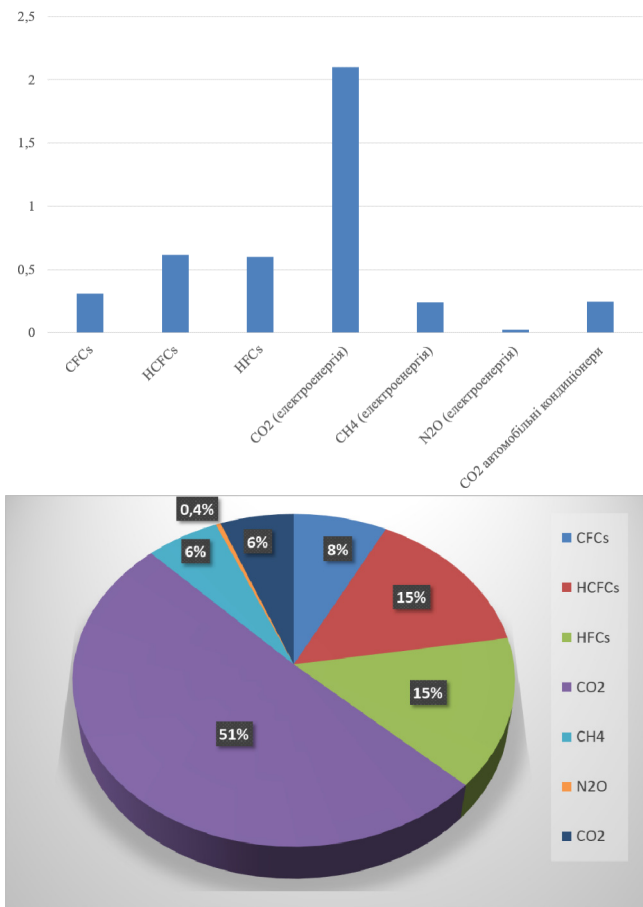
2.2. Глобальні викиди парникових газів

Мета цього розділу - кількісно оцінити загальний вплив усіх поточних викидів, створюваних холодильною промисловістю.

У 2014 році малюнок 2, ДФУ і ГХФУ генерували приблизно однакову кількість викидів (0,6 од. до еквіваленту до CO₂).



Малюнок 1 Зміни в загальному радіаційному впливі Вт/м² ХФУ, ГХФУ і ДФУ (для холодильної промисловості в цілому) з 2005 по 2015 року. Поточні тенденції в даний час показують зменшення викидів ГХФУ [15] в результаті Монреальського протоколу і збільшення викидів ДФУ [16]. По-скільки правила ДФУ, впроваджені в декількох країнах, є недавніми, їх вплив набагато менше. Коли мова йде про ХФУ, їх сумарні викиди становлять 0,31 Гт CO₂ екв., що на 96% нижче рівня викидів на початку 1990-х років [5].



Малюнок 2: Викиди різних ПГ (в еквіваленті до CO₂) в 2014 році і розподіл кожного з них.

2.2 Регіональні викиди

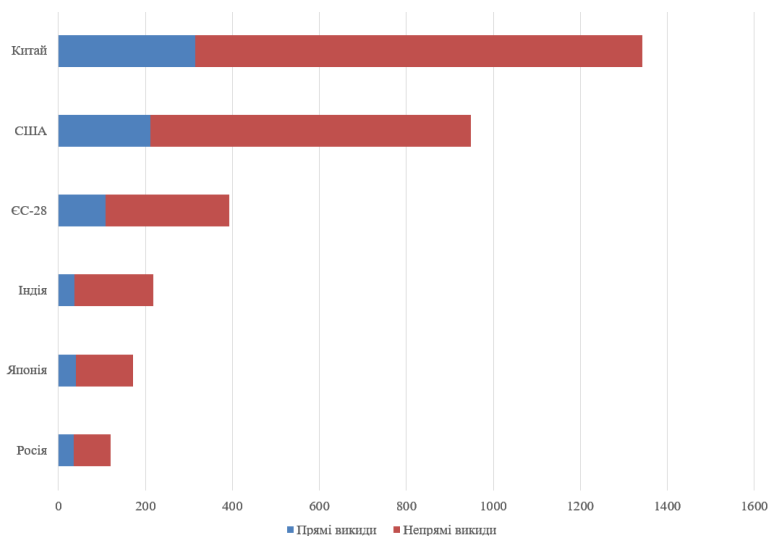
У цьому розділі ми наводимо оцінки регіональних і національних викидів парникових газів, що виникають в результаті роботи холодильної промисловості. Ці оцінки засновані на даних регіональних і національних доповідей Рамкова конвенція зміни клімату ООН (РКЗК ООН) [17] в рамках Кіотського протоколу і конкретних досліджень по деяким країнам.

Китай [18, 19,] і США [20, 21] генерують найбільшу кількість викидів ПГ, при 1000 Мт,CO₂ екв і 750 Мт,CO₂ екв відповідно (Малюнок 3). Це становить майже 43% світових викидів в секторі холодильного обладнання. Європейський Союз [22,23], друга за величиною економічна зона (з точки зору валового внутрішнього продукту (ВВП)) в світі після Сполучених Штатів, генерує викиди ПГ в 2,6 рази менше, ніж США, незважаючи на велику чисельність населення. Слід також зазначити, що Індія [20, 21], друга за чисельністю населення країна в світі, має відносно низькі викиди - всього 180 Мт,CO₂ екв. Це свідчить про відсутність широко поширеного охолодження в країні на сьогоднішній день. Але ці викиди, як очікується, зростуть в найближчому майбутньому через значне збільшення попиту на охолодження. Щоб краще зрозуміти використання холодильного обладнання та відповідні викиди, коисно проаналізувати викиди на душу населення (Малюнок 4).

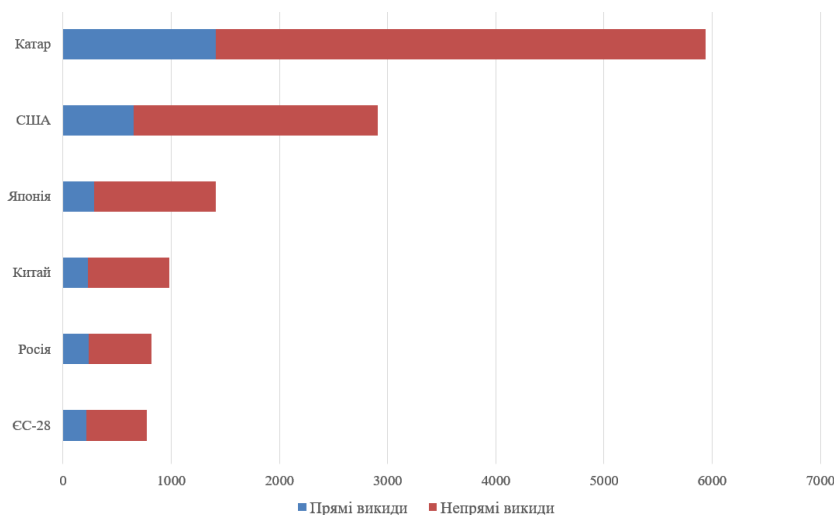
Висновки

Без реалізації Кігалійської поправки викиди ГФУ в секторі холодильного обладнання зростуть до 3-4 Гіга тон CO₂екв в 2050 році. Однак, згідно з оцінками IIR, в разі реалізації Кігалійської поправки викиди ГФУ складуть приблизно 0,7 Гт CO₂-екв в 2050 році після того, як вони досягли піку в 1,5 Гт CO₂-екв в кінці 2020-х років. В цілому, за пери-од 2015-2050 рр. Це означає скорочення сукупних викидів ДФУ на 44-51%. З поправкою Кігалі ми отримаємо сукупну кількість викидів в 39 Гт CO₂ екв. Без Кігалійської поправки загальна сума зросте до 70-80 Гт CO₂-екв. Важливо підкреслити той факт, що, регулюючи використання ДФУ, Поправка Кігалі запобіжить істотному підвищенню середньої температури від 0.1, °C±0.3, °C до 2100 року. Слід зазначити, що часто згадуваний показник 0.5, °C це переоцінка. Цей результат має бути розглянутий в перспективі з метою

Паризької угоди, яке має обмежити підвищення середньої глобальної температури набагато нижче 2, °C що є вище того результату який прогнозувався у доіндустріальний період.



Малюнок 3. **Викиди парникових газів по регіонах в Mt,CO2 екв.**



Малюнок 4. **Викиди парникових газів на одиницю населення по регіонах в Mt,CO2 екв.**

REFERENCES

- [1] IIR, COULOMB Didier, DUPONT Jean-Luc, PICHARD Audrey. The Role of Refrigeration in the Global Economy. 29th Informatory Note on Refrigeration Technologies [online]. 2015. Available on: <http://www.iifir.org/userfiles/file/publications/notes/NoteTech_29_EN.pdf> (Accessed 14/06/2019)
- [2] CLARK Ezra, WAGNER Sonja. The Kigali Amendment to the Montreal Protocol: HFC Phase Down. *OzonAction Fact Sheet* [online]. 2016. Available on: <<http://bit.ly/OzonAction-FactSheet-Kigali>> (Accessed 14/06/2019)
- [3] IIR. Summary sheet on the Montreal Protocol. *IIR Summary Sheet* [online]. 2017. Available on: <<http://bit.ly/IIR-Summary-Montreal-EN>> (Accessed 14/06/2019)
- [4] IIR. Summary sheet on the Kyoto Protocol. *IIR Summary Sheet* [online]. 2017. Available on: <http://www.iifir.org/userfiles/file/webfiles/regulation_files/Kyoto_EN.pdf> (Accessed 14/06/2019)
- [5] WMO, UNEP, National OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, EUROPEAN COMMISSION. *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014* [online]. WMO Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 56. Geneva, 2014. 92 pages. Available on: <<http://bit.ly/WMO-Scientific-Assessment>> (Accessed 14/06/2019)

- [6] SOLOMON Susan, QIN Dahe, MANNING Martin, et al. *Climate Change 2007 - The physical science basis* [online]. Contribution of working group I - Fourth assessment report - Frequently asked questions. Geneva, 2007. 43 pages. Available on: <<https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-faqs.pdf>> (Accessed 14/06/2019)
- [7] MYRHE Gunnar, SHINDELL Drew, BRÉON François-Marie, et al. Anthropogenic and natural radiative forcing [online]. In: *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*. Genève, 2013. Available on: <<http://bit.ly/GIEC-Anthropogenic-Natural-Radiative-Forcing>> (Accessed 14/06/2019)
- [8] TANAKA Katsumasa, O'NEILL Brian, ROKITYANSKIY Dmitry et al. Evaluating global warming potentials with historical temperature. *Climatic Change* [online]. 2009. Available on: <<http://bit.ly/Evaluating-GWP-with-Historical-Temperature>> (Accessed 14/06/2019)
- [9] FUGLESTVEDT Jan, SHINE Keith, BERNTSEN Terje, et al. Transport impacts on atmosphere and climate: Metrics. *Atmospheric Environment* [online]. 2010. Available on: <<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.04.044>> (Accessed 14/06/2019)
- [10] PETERS Glen, AAMAAS Borgar, BERNTSEN Terje, et al. The integrated global temperature change potential (iGTP) and relationships between emission metrics. *Environmental Research Letters*. [online]. 2011. Available on: <<http://bit.ly/IGTM-and-relationships-between-emission-metrics>> (Accessed 14/06/2019)
- [11] EKHOLOM Tommi, LINDROOS Tomi J., SAVOLAINEN Ilkka. Robustness of climate metrics under climate policy ambiguity. *Environmental Science & Policy* [online]. 2013. Available on: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2013.03.006>> (Accessed 14/06/2019)
- [12] KUIJPERS Lambert. The use of the gwp indicator in refrigerant selection. In: *Proceedings of the Ammonia Refrigeration Technology Conference, April 14-16 2011, Ohrid, Macedonia*. [online]. Available on: <<http://bit.ly/Kuijpers-Fridoc-2011-EN>> (Accessed 14/06/2019)
- [13] KUIJPERS Lambert. The use of the gwp indicator in refrigerant selection. In: *Proceedings of the Ammonia Refrigeration Technology Conference, April 14-16 2011, Ohrid, Macedonia*. [online]. Available on: <<http://bit.ly/Kuijpers-Fridoc-2011-EN>> (Accessed 14/06/2019)
- [14] RIGBY Matt, PRINN R. G., O'DOHERTY S., et al. Recent and future trends in synthetic greenhouse gas radiative forcing. *Geophysical Research Letters* [online]. 2014. Available on: <<http://doi.wiley.com/10.1002/2013GL059099>> (Accessed 14/06/2019)
- [15] MONTZKA Stephen A., MCFARLAND M., ANDERSEN S. O., et al. Recent trends in global emissions of hydrochlorofluorocarbons and hydrofluorocarbons: reflecting on the 2007 adjustments to the Montreal Protocol. *Journal of Physical Chemistry A* [online]. 2011. Available on: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jp5097376>> (Accessed 14/06/2019)
- [16] VELDERS Guus, FAHEY David, DANIEL John, et al. Future atmospheric abundances and climate forcings from scenarios of global and regional hydrofluorocarbon (HFC) emissions. *Atmospheric Environment* [online]. 2014. Available on: <<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.10.071>> (Accessed 14/06/2019)
- [17] UNFCCC. National Reports. In: *UNFCCC website* [online]. Available on: <http://unfccc.int/national_reports/items/1408.php> (Accessed 14/06/2019)
- [18] LI Zhifang, BIE Pengju, WANG Ziyuan, et al. Estimated HCFC-22 emissions for 1990-2050 in China and the increasing contribution to global emissions. *Atmospheric Environment* [online]. 2016. Available on: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.02.038>> (Accessed 14/06/2019)
- [19] FANG Xuekun, VELDERS Guus, RAVISHANKARA A. R., et al. Hydrofluorocarbon (HFC) Emissions in China: An inventory for 2005-2013 and projections to 2050. *Environmental Science & Technology* [online]. 2016. Available on: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b04376>> (Accessed 14/06/2019)
- [20] SIMMONDS Paul, DERWENT R. G., MANNING A. J., et al. USA Emissions estimates of CH₃CHF₂, CH₂FCF₃, CH₃CF₃ and CH₂F₂ based on in situ observations at Mace Head. *Atmospheric Environment* [en ligne]. 2015. Available on: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.010>> (Accessed 14/06/2019)
- [21] MILLET Dylan, ATLAS Elliot, BLAKE Donald, et al. Halocarbon emissions from the United States and Mexico and their Global Warming Potential. *Environmental Science & Technology* [online]. 2009. Available on: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es802146j>> (Accessed 14/06/2019)
- [22] GRAZIOSI F., ARDUINI J., FURLANI F., et al. European Emissions of the powerful greenhouse gases hydrofluorocarbons inferred from atmospheric measurements and their comparison with annual national reports to UNFCCC. *Atmospheric Environment* [online]. 2017. Available on: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.029>> (Accessed 14/06/2019)

[23] GRAZIOSI F., ARDUINI J., FURLANI F., et al. European emissions of HCFC-22 based on eleven years of high frequency atmospheric measurements and a Bayesian inversion method. *Atmospheric Environment* [online]. 2015. Available on: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.04.042>> (Accessed 14/06/2019)

Талыблы Руслан Эминович Аспирант, Хмельнюк Михаил Георгиевич

ВЛИЯНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация.

В данном исследовании рассмотрено влияние сектора холодильной промышленности на окружающую среду, который включает в себя: кондиционирование воздуха, тепловые насосы и криогенную технику. Рассмотрено влияние принятой в 2016 году Кигалийской поправки внесённой в Монреальского протокола. Рассмотрено влияние постепенного сокращения производства и потребления хлорфторуглеродов (ХФУ). Учтено влияние косвенных выбросов парниковых газов. Проведена оценка влияния охлаждения на изменение климата.

Ключевые слова. Монреальский протокол; Кигалийская поправка; Холодильная промышленность; Парниковые газы; Прямые выбросы; Косвенные выбросы;

Talybly Ruslan Eminovich Graduate student; Khmelniuk Mikhail Georgievich

INFLUENCE OF THE REFRIGERATING INDUSTRY ON ENVIRONMENT

Abstract

This study examined the impact of the refrigeration industry sector on the environment, which includes: air conditioning, heat pumps and cryogenic equipment. The impact of the 2016 Kigali Amendment introduced in the Montreal Protocol was considered. The effect of a gradual reduction in the production and consumption of chlorofluorocarbons (CFCs) is considered. The effect of indirect greenhouse gas emissions has been taken into account. An assessment of the effects of cooling on climate change has been carried out.

Keywords: Montreal Protocol; Kigali amendment; Refrigeration industry; Greenhouse gases; Direct emissions; Indirect emissions;

УДК 621.577.4

ТЕПЛОНАСОСНА СИСТЕМА ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ПОВІТРЯ

Безродний М.К. д.т.н., професор¹, Пritула Н.О. к.т.н.¹, Опанасюк І. Ю. студент¹

¹ НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", м. Київ, Україна.

m.bezrodny@kpi.ua, npritula@ukr.net, iraopanasjuk97@gmail.com

Анотація. Проведено термодинамічний та числовий аналіз енергетичної ефективності теплонасосної системи повітряного опалення та вентиляції з рекуператором теплоти та рециркуляцією відпрацьованого повітря. Отримано комплекс рівнянь, що характеризують термодинамічний стан теплонасосної системи, та питомі затрати зовнішньої енергії на опалення і вентиляцію.

Ключові слова: теплонасосна система опалення та вентиляції; повітряний тепловий насос; рекуператор; рециркуляція відпрацьованого повітря.

На сьогоднішній день, виходячи зі збільшення використання невідновлювальних джерел енергії, що призводить до зменшення їх у світі, все більше країн переходять на відновлювальні джерела енергії. Основною проблемою сучасності є економія природних ресурсів Землі, та використання екологічно безпечної альтернативи. Утилізація теплоти вентиляційного повітря – найбільш реальний спосіб використання низькопотенціальних вторинних енергоресурсів. Його варто розглядати як головне джерело зниження експлуатаційних витрат на теплову обробку зовнішнього припливного повітря в системах опалення, вентиляції і кондиціонування повітря приміщень [1-4].

Завдяки малій різниці температур відпрацьованого та припливного повітря досягається висока енергетична ефективність використання теплових насосів в системах повітряного опалення і вентиляції приміщень при помірних температурах навколишнього повітря. Однак, при пониженні температури зовнішнього

Секція № 5. ХОЛОД НА ТРАНСПОРТІ, В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

<i>Трушляков Є.І., Радченко М.І., Портной Б.С., Зубарєв А.А., Кантор С.А.</i> Раціональне теплове навантаження системи кондиціонування повітря за темпом прирощення річної холодопродуктивності.....	423
<i>Титлов А.С., Цой А.П., Алимкешова А.Х., Джамашева Р.А.</i> Разработка систем охлаждения на базе возобновляемых источников тепловой энергии.....	426
<i>Андреев А.А., Андреева Н.Б.</i> Повышение эффективности мод охлаждением наддувочного воздуха теплоиспользующей установкой	433
<i>Талибли Р.Е., Хмельнюк М.Г.</i> Вплив холодильної промисловості на довкілля.....	435
<i>Безродний М.К., Притула Н.О., Опанасюк І. Ю.</i> Теплонасосна система повітряного опалення та вентиляції з використанням відпрацьованого повітря.....	441
<i>Безродний М.К., Майстренко О.О.</i> Термодинамічний аналіз теплонасосно-адсорбційної схеми консервування енергетичного обладнання.....	444
<i>Трушляков Є.І., Радченко А.М., Зубарєв А.А., Ткаченко В.С., Я. Зонмін, Фордуй С.Г.</i> Визначення встановленої холодопродуктивності системи кондиціонування зовнішнього повітря за поточними тепловими навантаженнями.....	447
<i>Бушманов В.М., Когут В.О., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г.</i> Моделирование процессов теплообмена в контактных аппаратах.....	452
<i>Когут В.О., Бушманов В.М., Косой Б.В., Жихарева Н.В.</i> Цикл обеспечивающий бесперебойную работу контактного теплообменника.....	453
<i>Томчик О. М., Хмельнюк М. Г., Гоголь М. І.</i> Засоби стабілізації температури продукту та зниження енергетичних витрат при роботі холодильного обладнання.....	455
<i>Томчик О. М., Хмельнюк М. Г., Гоголь М. І.</i> Охолодження ємності з акумулюючою здатністю для зберігання і транспортування продукту.....	458
<i>Дорошенко А.В., Гончаренко А.С., Демьяненко Ю.И.</i> Низкотемпературные водоохладители испарительного типа. Разработка и анализ их принципиальных возможностей.....	461
<i>Дорошенко А.В., Халак В.Ф.</i> Солнечные многофункциональные абсорбционные системы тепло-хладоснабжения и кондиционирования воздуха.....	465
<i>Яковлев Ю.А., Яковлева О.Ю.</i> Новий напрямок підвищення ефективності турбомашин.....	471
<i>Яковлева О.Ю., Остапенко О.В., Хмельнюк М.Г., Яковлев Ю.О.</i> Енергоефективні проекти та їх реалізація в промисловому секторі.....	473
<i>Волчок В.О.</i> Моделювання властивостей сумішей холодогентів на основі вільної енергії Гельмгольца.....	477
<i>Радченко А.М., Трушляков Є.І., Портной Б.С., Фордуй С.Г., Кантор С.А.</i> Проектне навантаження градієнтів систем охолодження відповідно до поточних кліматичних умов.....	480
<i>Трушляков Є.І., Радченко Н.И., Ткаченко В.С.</i> Регулирование холодопроизводительности систем кондиционирования приточного воздуха.....	483
<i>Трушляков Є.І., Радченко А.М., Ткаченко В.С., Кантор С.А.</i> Удосконалення системи кондиціонування зовнішнього повітря комбінованого типу.....	488
<i>Трушляков Є.І., Радченко А.М., Портной Б.С., Фордуй С.Г.</i> Методи визначення теплового навантаження систем кондиціонування повітря з урахуванням поточних кліматичних умов.....	493
<i>Радченко Р.М., Зубарєв А.А., Бойчук В.В., Остапенко О.В., Коновалов А.В., Фордуй С.Г., Цуцман В.В.</i> Дослідження ефективності охолодження повітря тригенераційної газопоршневої установки.....	498
<i>Трушляков Є.І., Радченко А.М., Ткаченко В.С., Портной Б.С., Фордуй С.Г., Кантор С.А.</i> Ступеневий принцип розподілу теплового навантаження в системі кондиціонування повітря.....	504
<i>Я. Зонмін, Радченко А.М., Портной Б.С.</i> Порівняння ефективності охолодження повітря на вході ГТУ для різного клімату.....	509
<i>Я. Зонмін, Радченко М.І., Портной Б.С.</i> Порівняння ефективності охолодження повітря на вході ГТУ за помірного та тропічного клімату.....	513
<i>Радченко А.М., Портной Б.С., Я. Зонмін</i> Порівняння екологічної ефективності охолодження повітря на вході ГТУ в умовах помірного та субтропічного клімату.....	517
<i>Радченко А.М., Портной Б.С., Я. Зонмін</i> Метод визначення раціональної холодопродуктивності системи охолодження повітря на вході ГТУ за поточним тепловим навантаженням.....	521