



Обґрунтування відсутності горіння в системах нагрівання тютюну



М. Нордлунд

16-18 червня у Варшаві (Польща) відбувся Глобальний форум із нікотину 2022 (Global Forum on Nicotine, #GFN22). Дискусії на заході сфокусувалися навколо менш шкідливих нікотинних продуктів, які допомагають кинути курити. Такі продукти не лише знижують шкоду, вони також дають змогу прискорити відмову від куріння й зменшують інші ризики для здоров'я при вживанні тютюну. На #GFN22 розглядалися наукові засади цього підходу, зміни в політиці та нормативно-правовому регулюванні для максимального використання його потенціалу, а також перепони на шляху впровадження регуляторних заходів у різних країнах. Тему форуму було сформульовано як «Зниження шкоди від тютюну – зараз і назавжди». Варто відзначити її оптимістичне звучання, адже зниження шкоди від тютюну вже має місце, і ці позитивні зміни – назавжди.

Вже традиційно в рамках #GFN22 пройшов Міжнародний симпозиум із нікотинних технологій (International Symposium on Nicotine Technology, #ISOntech22), на якому глобальний керівник стратегічних наукових ініціатив Philip Morris International (PMI) Маркус Нордлунд розповів про наукове обґрунтування відсутності горіння в системах нагрівання тютюну.

Системи нагрівання тютюну (СНТ) – це виробни, котрі містять тютюновий субстрат, який нагрівається, а не спалюється, для утворення нікотинвмісного аерозолю. У присутніх на ринку системах PMI використовують дві технології нагрівання тютюну.

Перша технологія, яка застосовується в системі THS 2.2 (від tobacco heating system; комерційна назва – IQOS зі стіками HEETS. – Прим. ред.), використовує резистивне нагрівання, коли електричний струм проходить через провідний матеріал і виділяє тепло в навколишнє середовище (рис. 1). Що більший опір має матеріал, то більше тепла утворюється. Електронна система нагріває тютюн у точно контрольованому діапазоні температур, щоб уникнути його спалювання. Це досягається за допомогою керамічного нагрівального леза, яке завдяки платиновому покриттю також функціонує як монітор температури.

Інший підхід, застосований у THS 3.0 (IQOS ILUMA зі стіками TEREА. – Прим. ред.), забезпечується інноваційною технологією індукційного нагрівання SMARTCORE INDUCTION SYSTEM™. У кожному стіку TEREА є вбудоване нагрівальне лезо з покриттям із нержавіючої сталі. Коли стік TEREА вставляють у пристрій і запускають процес нагрівання, модуль койла починає генерувати електромагнітне поле, яке розігріває лезо всередині стіка (за схожим принципом працюють електричні індукційні кухонні плити та варильні поверхні, індукційні електрочайники. – Прим. ред.). Водночас контроль температурного профілю відбувається опосередковано за визначенням теплопровідності системи в стіку.

Спільною особливістю двох вищезазначених технологій PMI є те, що тютюн нагрівається зсередини (а не по контуру крізь обгортковий папір) із максимальною площею дотику.

Горіння – це екзотермічна реакція, фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини з киснем, внаслідок чого утворюються дим, тепло та випромінюється світло (рис. 2). Для горіння потрібні три компоненти: горюча



Рис. 1. Технології, які використовуються в системах нагрівання тютюну PMI

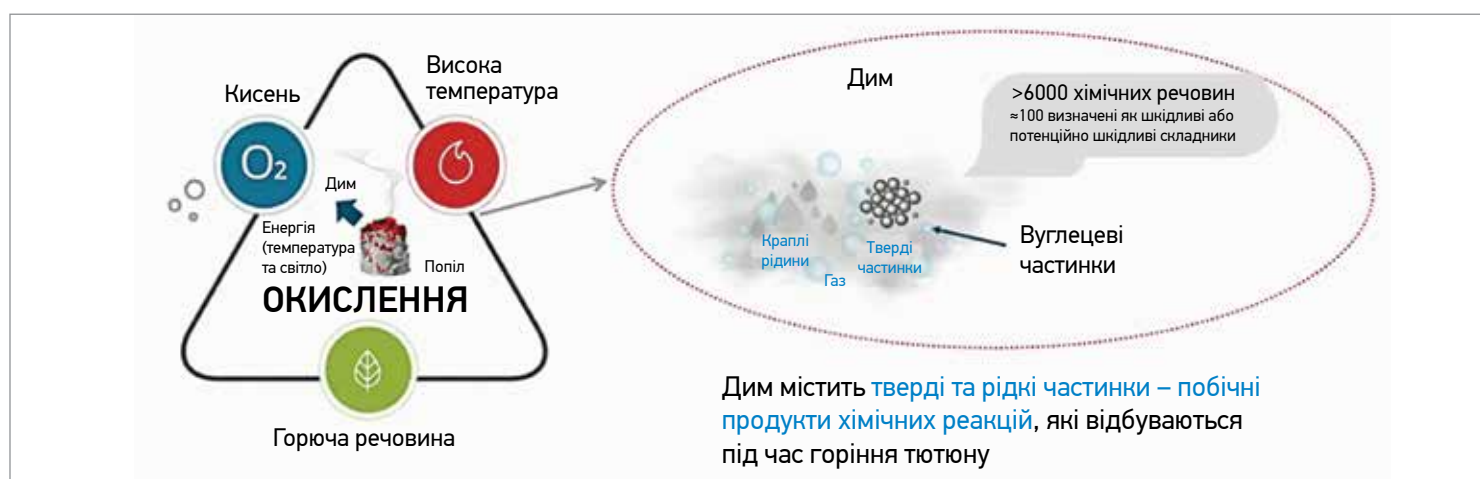


Рис. 2. Утворення диму від тютюнових продуктів, які піддаються горінню

речовина (тютюн у випадку куріння), присутній у повітрі кисень і тепло, достатнє для ініціації горіння. Реакція, яка відбувається після займання, фактично генерує більше тепла, ніж було потрібно для початку горіння. Під час горіння виділяється дим, який складається з твердих і рідких частинок у суміші газів. Загалом тютюновий дим містить понад 6000 хімічних речовин, із яких близько 100 були визнані органами охорони здоров'я шкідливими або потенційно шкідливими для здоров'я людини.

Тютюновий дим є аерозолем, проте не кожен аерозоль є димом – різниця полягає в тому, що дим містить тверді частинки (сажу тощо), які є побічними продуктами хімічних реакцій під час горіння. Аерозоль також

можна генерувати шляхом випаровування та конденсації, що є фізичним процесом фазового переходу за відсутності хімічних реакцій.

Щоб обґрунтувати відсутність горіння у СНТ, необхідно підтвердити таке:

- температура тютюну є нижчою за температуру займання;
- відсутність ознак утворення тепла (ендо-термічний процес);
- однакову емісію хімічних речовин у повітрі та в азотному середовищі;
- відсутність утворення вуглецевих твердих частинок;
- відсутність утворення попелу;
- низьке співвідношення CO/CO₂;
- знижені рівні емісії хімічних речовин.

Для систем нагрівання тютюну PMI всі ці критерії були продемонстровані в дослідженнях.

Так, в експериментальному дослідженні термічних процесів, які відбуваються під час використання THS 2.2, температурні профілі тютюнового субстрату визначали за допомогою термопар, розташованих на різній відстані від нагрівача (Cozzani V. et al., 2020). Було встановлено, що максимальна температура тютюну на відстані 0,2 мм дорівнює <260 °C, а в найгарячійшій точці не перевищує 320 °C (рис. 3), що значно нижче за температуру займання листового тютюну приблизно 400 °C (а саме такий тютюн використовується в стіках PMI). Крім того, температура швидко знижувалася між симульованими затяжками та після вимкнення нагрівача.

У цьому ж дослідженні також визначили склад аерозолю, який утворюється при використанні THS 2.2 у звичайному повітрі та в безкисневій атмосфері. Результати показали, що аерозоль, утворений від нагрівання тютюну, складається переважно з води, нікотину та гліцерину, які випаровуються з тютюнового субстрату. Склад аерозолю і вміст в ньому CO, NO та NOx суттєво не відрізнялися при утворенні аерозолю в безкисневому (тобто за неможливості горіння) та кисневому середовищі.

За даними іншого дослідження, вміст діоксиду та монооксиду вуглецю (чадного газу)

Таблиця 1. Рівні емісії складників аерозолю в кисневому та безкисневому середовищі, % моль/моль

Компонент	THS 2.2 у повітрі	THS 2.2 в азоті	Сигарета в повітрі
Метан	<0,002	<0,002	0,3752
Діоксид вуглецю (CO ₂)	0,71	0,69	5,46
Етилен	<0,002	<0,002	0,042
Етан	<0,002	<0,002	0,069
Водень	<0,002	<0,002	0,862
Кисень	20,42	<0,5	15,43
Азот	77,29	>99	73,36
Монооксид вуглецю (CO)	0,097	0,096	2,701

Таблиця 2. Середнє зниження рівнів шкідливих і потенційно шкідливих речовин у THS 2.2 та THS 3.0 порівняно із сигаретним димом

Список речовин	THS 2.2	THS 3.0
FDA 18	94,5%	95,4%
IARC	97,4%	95,6%
WHO 9	94,8%	97,2%

в аерозолі THS 2.2 є значно нижчим за такий під час горіння звичайних сигарет (табл. 1).

Як зазначив доповідач, багато людей припускаються помилки, коли думають, що СО або СО₂ виділяються лише при горінні. Насправді під час нагрівання навіть в атмосфері азоту компоненти тютюну, як-от геміцелюлоза, целюлоза, пектин, лігнін тощо, піддаються термічному перетворенню з утворенням невеликої кількості СО та СО₂. Ця кількість є незрівнянно нижчою порівняно з тєю, що утворюється під час горіння.

Відсутність твердих частинок в аерозолі THS 2.2 була продемонстрована в дослідженні Р. Pratte та співавт. (2017). Через спеціальний пристрій, який уловлює субмікронні частинки, пропускали повітря (контроль), нагрітий до 300 °С аерозоль THS 2.2 і дим звичайної сигарети. Як чітко видно з рисунку 4, аерозоль THS 2.2 не містить твердих частинок. Натомість сигаретний дим містить дуже велику кількість таких

частинок середнім діаметром 75 нм, що характерно для процесу горіння або піролізу.

При нагріванні >150 °С колір тютюнового субстрату починає змінюватися до темно-коричневого при 200 °С і до чорного при 250 °С (рис. 5, i-v). Ця зміна кольору відбувається внаслідок так званої торефікації, яка добре описана для інших біологічних продуктів. Прикладом є зміна кольору зерен кави під час обсмажування. Важливо, що горіння за таких умов не відбувається.

Колір тютюну в THS 2.2 до та після нагрівання показаний на рисунку 5 (vi та vii відповідно). Після 360-секундного циклу нагрівання невелика центральна частина тютюнового матеріалу змінила свій початковий колір на темно-коричневий. Ця зміна кольору відповідає температурам 200-250 °С, водночас макроскопічна структура тютюнового субстрату не змінюється і попел не утворюється (Cozzani V. et al., 2020).

В експериментах, які симулюють куріння, було встановлено, що під час куріння сигарет

типове співвідношення СО/СО₂ набагато перевищує 20% і зазвичай становить 30-40% залежно від продукту. При використанні системи нагрівання тютюну THS 2.2 навіть в інтенсивному режимі це співвідношення залишається дуже низьким і не перевищує 8%, що свідчить про відсутність горіння (рис. 6).

Загалом зниження шкідливих і потенційно шкідливих речовин при використанні систем нагрівання тютюну РМІ порівняно зі звичайними сигаретами становить ≥95% (табл. 2), що досягається завдяки відсутності високотемпературних процесів, які відбуваються під час горіння тютюну.

Таким чином, науково доведено, що при використанні систем нагрівання тютюну РМІ повністю відсутнє горіння, тобто це бездимні продукти. Відсутність горіння обґрунтовує зменшення шкоди, а отже, і зниження ризиків для здоров'я відповідно до глобальної стратегії Tobacco harm reduction. Для повнолітніх курців ліцензовані системи нагрівання тютюну можуть бути раціональною альтернативою – менш шкідливою заміною сигаретам. Потенційно це дозволить знизити ризики респіраторних, кардіо- та цереброваскулярних, періодонтальних, онкологічних і численних інших захворювань, асоційованих із курінням.

Більше про Глобальний форум із нікотину 2022: <https://archive.gfn.events/2022/programme/>

Відео доповіді Маркуса Нордлунда: <https://t.ly/3Y3b>

Стаття опублікована за підтримки ПрАТ «Філіп Морріс Україна», проте є редакційською, тому позиція компанії не обов'язково співпадає з позицією автора.

Підготував **Олексій Терещенко**

39

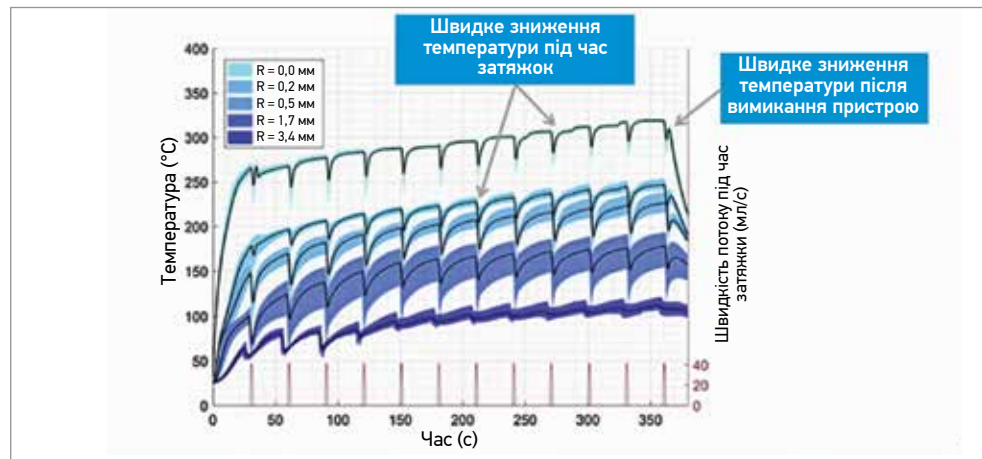


Рис. 3. Температура субстрату (тютюну), виміряна в 4 різних точках радіально від поверхні електронної системи нагрівання тютюну протягом 360-секундного циклу імітації використання THS 2.2 (IQOS)



Рис. 4. Субмікронні частинки, зібрані після проходу аерозолі THS 2.2 (IQOS) і сигаретного диму (електронна мікроскопія; ліворуч – сканограма до початку збору аерозолі)

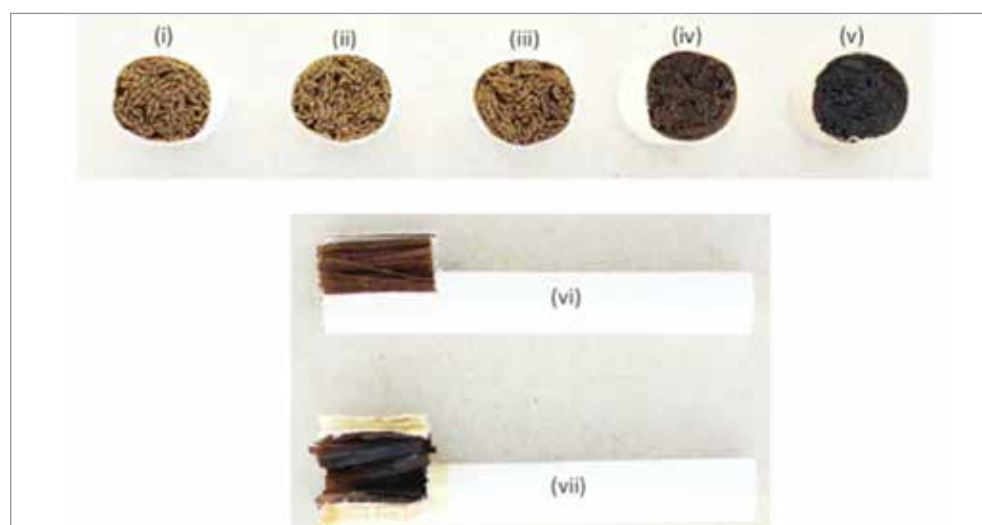


Рис. 5. Зміна кольору тютюну залежно від температури (i-v, 22-250 °C) та в системі нагрівання тютюну THS 2.2 (vi – до нагрівання, vii – після нагрівання)

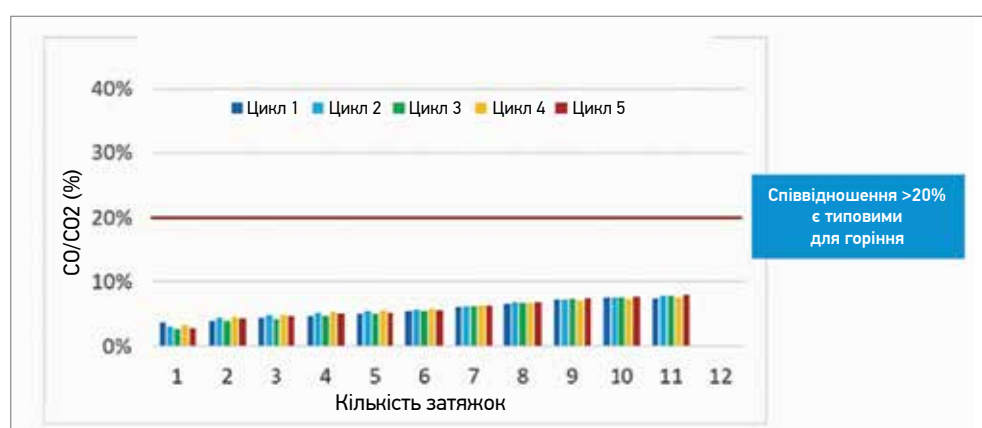


Рис. 6. Співвідношення CO/CO₂ (%) із використанням THS 2.2 (IQOS) в інтенсивному режимі

На запитання кореспондента «ЗУ» відповідає **Тетяна Власійчук**, керівниця з питань науки ПрАТ «Філіп Морріс Україна».

PMI – компанія, яка планує повністю припинити виробництво сигарет. Чим продиктована ця несподівана мета?

– Найкраще сказати – тому що ми можемо і тому що ми мусимо. Мільйони людей у світі продовжують курити сигарети, але шукають кращі менш шкідливі альтернативи. І ми маємо змогу їх їм надати. Успіх у сигаретному бізнесі дав нам ресурси, щоб рухатися до нашої мети – майбутнього без тютюнового диму. Завдяки уяві та наполегливості тисяч людей у PMI ми розробили новітні бездимні продукти, і компанія зосереджена на тому, що ці продукти будуть нашим майбутнім і майбутнім для мільйонів повнолітніх курців у всьому світі.

Який внесок робить PMI в наукові дослідження відповідно до стратегії Tobacco Harm Reduction?

– Основа стратегії зниження шкоди від тютюну – розділення впливу тютюнового диму, який є основною причиною виникнення захворювань, пов'язаних із курінням, та нікотину, що не є канцерогеном згідно з переліком IARC, проте викликає залежність. Пошук прийнятних альтернатив, які: а) максимально знижують вплив шкідливих речовин, що містяться в димі сигарет та б) задовольняють повнолітніх курців, – розпочався ще в середині 1980-х. Це генерувало тисячі наукових робіт, робочих місць і досліджень у всьому світі. З 2008 року компанія PMI інвестувала понад 9 млрд дол. у науку та дослідження, що дозволило більш ніж 980 науковцям, технікам та інженерам отримати 1770 патентів, опублікувати понад 450 наукових статей та мати змогу подати повне досяг на систему нагріву тютюну до FDA США (>1 млн сторінок). І отримати висновок про продукт із модифікованим ризиком для нашої СНТ IQOS у 2021 році.

Який шлях розробки й наукових випробувань пройшла система нагрівання тютюну IQOS до того, як була представлена на ринку?

– Офіційно СНТ IQOS з'явилася у 2014 році після 8 років доклінічних, токсикологічних, лабораторних і базових клінічних досліджень щодо зменшення впливу шкідливих та потенційно шкідливих речовин порівняно із сигаретами. За ще 8 років існування на ринку досягено поповнилося масштабними клінічними та постмаркетинговими дослідженнями, що підтвердили основну ідею: СНТ IQOS є науково обґрунтованою кращою альтернативою, ніж продовження куріння. Звісно, він не позбавлений усіх ризиків, викликає залежність і не призначений для неповнолітніх чи тих, хто не курить або кинув курити.

Розкажіть про нову систему IQOS VEEV. Які ще новинки від PMI можна очікувати найближчим часом?

– Наразі в розробці 4 бездимні платформи для того, щоб максимальна кількість курців, які продовжували б курити, знайшли собі прийнятну альтернативу сигаретам. Дві з них мають в основі тютюн, дві – нікотин фармакологічної чистоти. Система IQOS VEEV використовує принцип доставки нікотину з рідини, що характерно для більшості електронних сигарет. Як і всі продукти PMI, вона пройшла доклінічні, токсикологічні та лабораторні дослідження. Решта прототипів зараз на різних стадіях доклінічних досліджень.

Як компанія співпрацює зі стейкхолдерами? Як інформує лікарів і суспільство щодо зменшення шкоди від тютюну?

– Зрозуміло, що наукові дані від тютюнової компанії можуть бути сприйняті з долею скептицизму. Саме тому ми ділимося науковими даними й уважно прислухаємось до зауважень і критики, щоб ініціювати дискусію. Новини науки щодо бездимних виробів регулярно публікуються на сайті rmi-science.com, у щоквартальних наукових оглядах, рецензованих журналах і презентуються на наукових конференціях. Ми намагаємося бути максимально відкритими, тому всі клінічні дослідження PMI реєструються на сайті clinicaltrials.gov (пошук за словом THS – Tobacco Heating System). Також ми створили платформу Intervals із зібраними «сирими» даними як наших, так і сторонніх досліджень. На кінець 2021 року там було 672 набори даних у вільному доступі для наукової спільноти. Ми раді вітати об'єктивні наукові дослідження, адже дотепер навіть багато працівників медичної сфери ставлять знак рівності між нікотиним і курінням, що є помилковим з наукової точки зору. Ми забезпечуємо максимальний доступ до даних, якими володіємо, щоб лікарі і суспільство мали науково обґрунтоване розуміння того, що стоїть за стратегією зменшення шкоди від тютюну та бездимними альтернативами.

Як війна позначилася на роботі PMI та ПрАТ «Філіп Морріс Україна»?

– Наразі PMI продовжує реалізовувати в Україні свою бездимну стратегію, яка передбачає комерціалізацію інноваційних продуктів, що дозволяють повнолітнім споживачам вживати нікотин без горіння та диму. В Україні з дотриманням заходів безпеки працює 25 фірмових магазинів IQOS. Щоб забезпечити поставки продукції, у квітні PMI розпочала імпортувати сигарет в Україну. Це рішення дозволило сплатити з початку війни вже понад 13,7 млрд грн податків, зокрема акцизу на 10 млрд грн. З початку повномасштабної війни компанія сфокусувала зусилля на безпеці працівників, допомагаючи з евакуацією їм та їхнім сім'ям. Загалом понад 1600 людей (співробітники та члени їх сімей) забезпечені проживанням, в тому числі за кордоном. Крім допомоги співробітникам, PMI виділила 10 млн дол. на підтримку міжнародних гуманітарних зусиль, у тому числі профінансувала придбання 22 машин швидкої допомоги та рентгенівського апарату для лікарні в Івано-Франківську.