

## Тема: Теплові двигуни і екологія

### Урок-інтерв'ю

**Мета:** Поглибити знання учнів про фізичні принципи роботи теплових двигунів, їхнє господарське застосування та екологічні проблеми, що виникають у зв'язку із забрудненням навколишнього середовища тепловими двигунами; ознайомити учнів із досягненнями науки і техніки у справі удосконалення теплових двигунів; сприяти економічному й екологічному вихованню учнів.

**Обладнання.** Таблиці про теплові двигуни, комп'ютер (презентація – “Теплові двигуни і екологія”), моделі двигуна внутрішнього згоряння і парової турбіни, таблички з назвами посад «представників заводу», комп'ютерна презентація (*Див. Додаток*), комп'ютер.

**I. Мотивація навчальної діяльності. Актуалізація опорних знань**  
*Вступне слово вчителя.* Ми завершуємо вивчення розділу «Термодинаміка». Сьогодні навчальний матеріал розглядатимемо не тільки з точки зору фізики і техніки, але і завдань щодо охорони природи.

Без теплових двигунів сучасна цивілізація немислима. Без них ми не мали б у значній кількості електроенергії і були б позбавлені майже всіх видів транспорту.

До теплових двигунів відносять парову машину, двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), парову і газову турбіни, реактивний двигун. В усіх цих двигунах енергія палива переходить в енергію газу (або пари). Розширюючись, газ виконує роботу і при цьому охолоджується, частина його внутрішньої енергії перетворюється в механічну енергію.

## II. Поглиблення та засвоєння нових знань

*Учитель.* Науково-технічна революція докорінно змінила значення науки у житті суспільства. Наука стала продуктивною силою. Нині, і так буде в майбутньому, виробництво потрібних людям матеріальних благ безпосередньо залежить від досягнень науки, що неминуче веде людство до перебудови та до вдосконалення усіх сфер виробництва. (*слайд 1*)

Мета нашої сьогоднішньої конференції – з наукової точки зору розглянути роботу теплових двигунів та шляхи підвищення їхнього коефіцієнта корисної дії. Урок ми проведемо у формі інтерв'ю. Допомогатиме мені у цьому ведучий (*називає прізвище учня*) – кореспондент місцевої газети.

*Ведучий.* Шановні добродії, у нашому місті здано в експлуатацію завод, що випускатиме автомобільні двигуни. Про роботу заводу, його успіхи і досягнення я хочу проінформувати читачів нашої газети. Можливо, у такий спосіб мені вдасться збільшити число зарубіжних інвесторів, що доволі важливо для подальшої розбудови заводу. Я візьму інтерв'ю у директора заводу, історика, інженерів, екологів, та працівників відділу перспективних розробок. Отож, розпочинаємо роботу.

*Кореспондент.* Газету, яку я представляю, цікавить принцип роботи теплових двигунів, що випускаються на місцевому заводі, та перспективи

розвитку заводу. Але спочатку я хотіла би звернутися до завідувача музею. До Вас, шановний пане, таке запитання: «Чи не могли б ви дати мені маленьку історичну довідку? Хто був одним із перших творців теорії теплових двигунів.

*Історик.* Тепловий двигун - машина, призначена для перетворення теплової енергії на механічну роботу. Джерелом тепла теплового двигуна є переважно органічне паливо. До теплового двигуна з зовнішнім згорянням палива належать парові машини і парові турбіни, до теплового двигуна з внутрішнім згорянням - двигуни внутрішнього згоряння, газові турбіни і реактивні двигуни. В кожному тепловому двигуні розрізняють нагрівник і холодильник. Робоче тіло двигуна, одержавши певну кількість тепла  $Q_1$  від нагрівника, розширюється в двигуні, а далі виходить у холодильник (напр. в конденсатор), віддаючи йому кількість тепла  $Q_2$ . Різниця між підведеним ( $Q_1$ ) і відведеним ( $Q_2$ ) теплом перетворюється у двигуні на механічну роботу; при цьому стан робочого тіла змінюється за замкненим циклом. Ефективність теплового двигуна визначають термічним, або термодинамічним, коефіцієнтом корисної дії, що являє собою відношення кількості тепла, перетвореного на роботу, до кількості підведеного тепла.

**Карно** (Carnot) Нікола-Леонардо-Саді (1.06.1796 - 24.08.1832) *(слайд 2)* - французький інженер, один з перших творців теорії теплових двигунів. Син Л.-Н. Карно. В 1814 закінчив політехнічну школу в Парижі. Карно написав єдиний, але визначний твір "Міркування про рушійну силу вогню та про машини, здатні розвивати цю силу" (1824), в якому вперше сформулював положення 2-го начала термодинаміки. Карно запровадив поняття про круговий тепловий процес в машинах (т.з. цикл Карно), один з перших прийшов до правильного розуміння 1-го начала термодинаміки - закону збереження енергії стосовно до теплових процесів.



*Цикл*

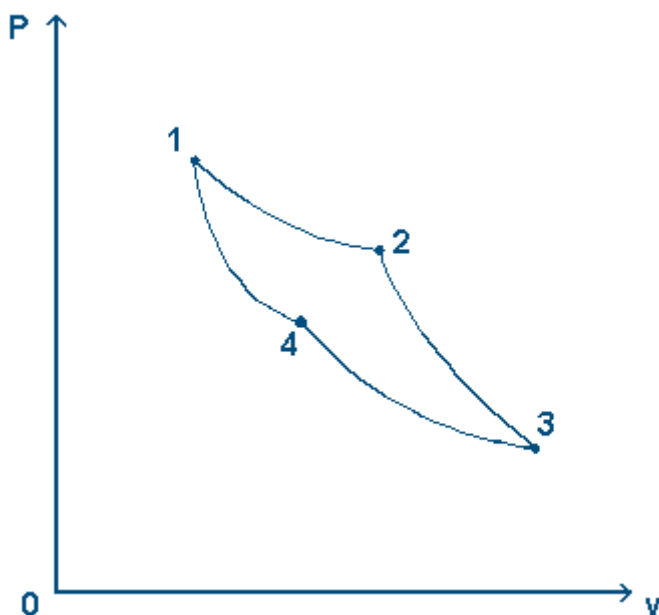
*Карно*

Цикл Карно - ідеальний коловий процес зміни стану термодинамічної системи. *(слайд 3)* Вперше цей цикл 1824 розглянув Н.-Л.-С. Карно. Карно цикл складається з двох ізотермічних процесів і двох адіабатичних процесів, що поперемінно чергуються між собою. Для здійснення його треба мати

нагрівник, який передає робочому тілу деяку кількість тепла  $Q_1$  при його ізотермічному розширенні, і холодильник, який забирає від робочої речовини кількість тепла  $Q_2$  при її ізотермічному стисненні.

Мал. 1

На малюнку 1 зображено цикл Карно в координатах  $p$  (тиск) і  $V$  (об'єм). За допомогою циклу



Карно можна тепло перетворити в роботу.

*Коефіцієнт корисної дії цикл Карно виражає формулою*

$$\eta = (T_1 - T_2) / T_1$$

де  $T_1$  - абсолютна температура нагрівника,  
 $T_2$  - абсолютна температура холодильника, і не залежить від робочої речовини.

Коефіцієнт корисної дії будь-якого іншого циклу в тих самих межах т-р  $T_1$  і  $T_2$  не може бути вищим за ККД циклу Карно. Цикл Карно дав можливість розв'язати проблему підвищення ккд теплових машин, встановити шкалу т-р, яка не залежить від вибору термометричного тіла. Ідеям Карно надав доступної математичної форми Б. Клапейрон (1834). Згодом ці ідеї переглянули англійський вчений У. Томсон і німецький вчений Р. Краузіус та узагальнили їх в один з основних законів термодинаміки - друге її начало, яке твердить, що не можна здійснити такий процес, при якому все тепло можна було б перетворити на роботу.

*Коефіцієнт*

*ККД*

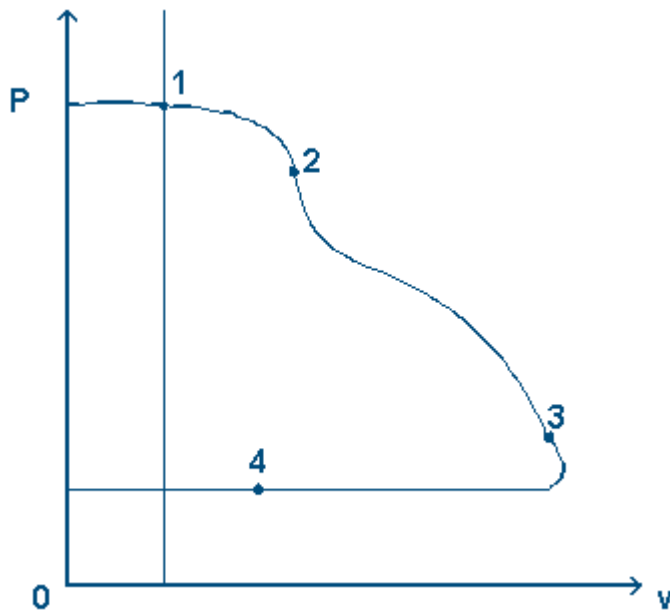
Коефіцієнт корисної дії (ККД) - відношення кількості корисної енергії, яку одержують від будь-якого її перетворювача за певний час, до кількості енергії, що підводять до нього за цей самий час. ККД виражають правильним дробом або в процентах і позначають грецькою літерою  $\eta$ . У паровому котлі ККД - відношення кількості тепла, що виводять з котла разом із парою, до кількості тепла, яке одержують в топці котла при спалюванні палива. В тепловому двигуні ККД - відношення кількості одержаної корисної механічної роботи до кількості затраченої теплової енергії. ККД є важливою технічною характеристикою кожного перетворювача енергії і завжди менший за одиницю. ККД парової машини досягає 0,2, двигуна внутрішнього згорання - 0,35, електричних трансформаторів - 0,98. У пристрої, в якому енергія перетворюється неодноразово і послідовно, розрізняють, крім повного, частинні ККД кожного ступеня перетворення. Повний ККД називають ще загальним, економічним, технічним тощо. Частинні ККД бувають термічні, механічні та ін. Повний ККД пристрою дорівнює добуткові всіх частин.

*Кореспондент.* Дуже вам вдячна. Тепер мені хотілося б звернутися до групи інженерів. Чи не могли б ви пояснити принцип роботи теплових двигунів, який випускає ваш завод?

*Інженер1.* 1. *Теплові двигуни з зовнішнім згоранням*  
 1.1. *Парові машини*

Парова машина - тепловий двигун з рухомим поршнем, призначений для перетворення теплової енергії пари на механічну роботу. Перші спроби використати силу пари для механічної роботи були відомі з давніх часів. На початку 16 ст. Леонардо да Вінчі розробив ескіз парової гармати, посилаючись на те, що вона була винайдена ще Архімедом. Наприкінці 17 - на початку 18 ст. винахідниками різних країн (англійськими дослідниками Т. Севері і Т. Ньюкоменом, французьким фізиком Д. Папером та ін.) були створені парові установки, що використовувались переважно для

відкачування води з шахт і рудників. Творцем першої в світі універсальної парової машини, випробуваної 1766 на Барнаульському з'їзді, був російський теплотехнік І.І. Ползунов. У 1784 англійський винахідник Дж. Уатт дістав патент на досконалішу і економічнішу універсальну парову машину з підвищеним тиском пари. Винайдення цієї машини (головні її риси збереглися й досі) сприяло бурхливому розвитку виробництва спочатку в Англії, а згодом в інших країнах. У 19 ст. парові машини були основними двигунами майже в усіх галузях промисловості. Створення й удосконалення парової машини привело до розвитку нової науки - термодинаміки. Сучасні парові машини розрізняють за багатьма ознаками. Вони бувають простої (пара підводиться з одного боку поршня) і подвійної (з двох боків) дії; вертикальні і горизонтальні (залежно від розміщення циліндрів); для перегрітої і насиченої пари; одно- і багатоциліндрові; тихо- і швидкохідні; з випуском спрацьованої пари в атмосферу і з конденсацією її; з одно- і багатоступінним розширенням пари тощо.



Мал. 2

Залежно від призначення парової машини поділяють на стаціонарні, локомотивні, паровозні, суднові. В стаціонарній горизонтальній одноциліндровій паровій машині подвійної дії свіжа пара надходить з котла парового в ліву порожнину циліндра і, тиснувши на поршень, рухає його праворуч. Одержану енергію поршень за допомогою кривошипно-шатунного механізму передає головному валу, обертаючи його. З вала енергія передається на верстат або на іншу машину. Після виходу спрацьованої пари в атмосферу або в конденсатор (в багатоступеневих машинах - в збірник наступного ступеня) нова порція свіжої пари надходить в праву порожнину циліндра. Відмірювання порцій пари здійснюється системою паророзподілу, яка проводиться в рух від вала. Щоб згладити нерівномірність обертання головного вала, на ньому насаджено важкий маховик. Зміну тиску ( $p$ ) і об'єму ( $V$ ) пари під час роботи парової машини записують у вигляді індикаторної діаграми, яка дає можливість визначити

економічність і потужність машини. Ділянка діаграми 1-2 (дивитись додаток, рис.1) відповідає заповненню порожнини свіжою парою; 2-3-розширенню пари; 4-1-стиску залишків пари в порожнині (і нової порції пари у котлі). Площа, обмежена кривою 1-2-3-4-1, пропорційна роботі, виконаній паровою за один цикл машини. Особливості парової машини: надійність в роботі, можливість довгочасних і значних перевантажень, нескладність експлуатації, низька економічність, громіздкість. ККД парової машини досягає 0,2-0,25. Парові машини застосовують на залізничному і водному транспорті, на деяких підприємствах (цукрових заводах, паперових фабриках) тощо.

*Інженер                      2.                      1.2.                      Парова                      турбіна*

Парова турбіна - тепловий двигун з обертовим ротором, призначений для перетворення потенціальної енергії пари на кінетичну, а кінетичної енергії пари - на механічну роботу. Парову турбіну широко застосовують у багатьох галузях народного господарства, зокрема на теплових електростанціях.

Ідея створення парової турбіни виникла приблизно за 100 років до н.е. Першим принцип роботи реактивної парової турбіни (що був використаний в кулі, яка оберталася від діяння реактивної сили пари) описав Герон Олександрійський. В 1629 італійський архітектор і інженер Д. Бранка у книзі "Машина" дав опис оберненого парового колеса - прототипу активної парової турбіни. В Росії перші малопотужні парові турбіни були розроблені 1806-1813 на Сузунському з'їзді (Алтай) механіком П. Залесовим. Перші парові турбіни, що мали промислове значення, були створені Ч. Парсонсом (турбіна реактивного типу, 1884) і К.-Г.-П. Лавалем (турбіна активного типу, 1889). У 1990 американський інженер Г. Кертис розробив парову турбіну зі ступенями швидкості (т.з. колесо Кертиса). У 1912 шведські інженери брати Б. і Ю. Ангстремі запровадили парову турбіну радіального типу. В СРСР першу вітчизняну парову турбіну потужністю 2000 кВт було збудовано 1924 на Ленінградському металічному з'їзді. У 1934 став до ладу Харківський турбінний з'їзд ім. С. М. Кірова, де будували одноциліндрові парові турбіни потужністю 50 000 кВт, а з 1938 - 100 000 кВт. Парова турбіна складається з нерухомої частини - статора з нерухомими напрямками апаратами (соплами) і рухомої - обертового ротора з дисками, що на них закріплено робочі лопатки. Пара, що надходить по паропроводу з котла парового, потрапляє у сопла парової турбіни, де розширюється, внаслідок чого її швидкість збільшується (потенціальна енергія пари перетворюється на кінетичну); виходячи з сопел, пара з великою швидкістю обтікає робочі лопатки, внаслідок чого виникає зусилля, яке обертає ротор (кінетична енергія пари перетворюється на механічну роботу). Залежно від характеру перетворення потенціальної енергії пари на кінетичну розрізняють активні турбіни, реактивні турбіни, а також парові турбіни комбінованого (активно-реактивного) типу. За напрямом руху пари парової турбіни бувають осьові (потік пари рухається вздовж осі турбіни) і радіальні (пара рухається в напрямках, перпендикулярних осі турбіни); за кількістю ступенів - одно- і багатоступеневі. Парові турбіни, що їх використовують для приведення в рух

електрогенераторів повітродувки, компресорів, насосів тощо, називають стаціонарними; парові турбіни на судах і локах - транспортними. Стаціонарні парові турбіни поділяють на конденсаційні турбіни, після яких пара з тиском, нижчим від атмосферного, надходить у конденсатор; конденсаційні з відбиранням пари з проміжних ступенів турбіни (відібрану пару використовують для виробничих і теплофікаційних цілей); турбіни з протитиском (відпрацьовану пару цих турбін застосовують для опалення і технологічних цілей); передувімкнені (турбіни з протитиском, відпрацьовану пару з яких використовують у турбінах з нижчим тиском); турбіни "м'якої" пари, що в них використовують пару низького тиску, яка надходить від парових молотів, процесів і парових машин. Залежно від початкового тиску пари, що надходить до турбіни, парові турбіни бувають низького тиску (працюють на "м'якій" парі з тиском 1,2-2 ата), середнього (тиск свіжої пари до 40 ата), високого (тиск свіжої пари з 60-120 ата), надвисокого (тиск свіжої пари 140-200 ата) і надкритичного (тиск свіжої пари 240 ата і більше). Регулювання парової турбіни бути дросельним (пару впускають у турбіну через один або два клапани, що відкриваються одночасно); сопловим (пару впускають через два або кілька клапанів, що відкриваються послідовно); обвідним (пару впускають до сопел першого ступеня і, крім того, до однієї або кількох проміжних ступенів). На відміну від парової машини, в паровій турбіні немає частин із зворотно-поступальним рухом, внаслідок чого турбіни мають відносно невеликі габарити і вагу; пара в паровій турбіні розширюється не періодично (як у паровій машині), а безперервно, що забезпечує швидкохідність турбін (переважно 1500-3000 обертів ротора за хвилину). Ці особливості, а також використання пари високих параметрів при низькому тиску в конденсаторі (0,03-0,06 ата) дають можливість створювати паротурбінні установки високої і надвисокої потужності. Висока економічність таких установок зумовлюється в основному застосуванням пари високих параметрів, проміжного перегріву пари, високоефективних профілів лопаток, а також великою одиничною потужністю і регенерацією (підігріванням води, що живить котел, парою, яка відібрана з проміжних ступенів турбіни).

### *Інженер 3. 2. Теплові двигуни з внутрішнім згорянням*

#### *2.1. Двигун внутрішнього згоряння*

Двигун внутрішнього згоряння - тепловий двигун, в якому хімічна енергія палива, яке згоряє в камері згоряння двигуна, перетворюється в механічну енергію. За призначенням двигуни внутрішнього згоряння поділяються на автотракторні, авіаційні, судові та стаціонарні. Звичайно двигун внутрішнього згоряння - поршневий двигун. Двигун внутрішнього згоряння складається з кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів і систем живлення, запалювання (для двигунів низького стиску), охолодження, мащення та регулювання. Для роботи двигуна внутрішнього згоряння застосовують різне паливо: бензин, спирт, дизельне паливо, природний і генераторний газ. За робочим циклом двигуни внутрішнього згоряння поділяються на двигуни

швидкого згоряння (цикл Отто), повільного (цикл Дизеля) та мішаного (цикл Сабате); за видом палива - на газові та двигуни рідкого палива (легкого й важкого); за способом заповнення циліндрів робочою сумішшю - 4- і 2- тактні; за способом утворення пальної суміші - на двигуни з зовнішнім і внутрішнім сумішоутворенням. Двигуни внутрішнього згоряння на компресорні, в яких паливо подається в циліндр крізь форсунку за допомогою стиснутого повітря, і безкомпресорні, де паливо безпосередньо впорскується в циліндр або допоміжну камеру за допомогою паливного насоса і форсунки.

Безкомпресорні двигуни за способом утворення суміші в циліндрі поділяються на двигуни з розділеною камерою згоряння (передкамерні, вихорокамерні та повітрокамерні), в яких на утворення пальної суміші впливає завихрювання, викликане струменем повітря під час стиску впорскуваного палива до  $100-130 \text{ кг/см}^2$ , і двигуни з безпосереднім впорскуванням та розпилюванням палива в циліндрі під тиском  $200-1400 \text{ кг/см}^2$ .

При згорянні палива в двигуні внутрішнього згоряння лише частина його тепла (25-40%) перетворюється в механічну роботу на валу двигуна, решта (60-75%) - це теплові втрати. У двигунах з самозабезпеченням від стиску тепло використовується краще, ніж у двигунах з запалюванням від електричної іскри.

Економічність роботи двигуна внутрішнього згоряння характеризується питомою витратою палива в грамах на одну ефективну кінську силу за годину і становить для бензинових карбюраторних двигунів з електричним запалюванням 220-350 г, а для двигунів з самозапалюванням від стиску - 160-210 г.

Розвиток конструкцій двигунів внутрішнього згоряння характеризуються підвищенням економічності їх роботи, збільшення зносостійкості механізмів і зменшення ваги.

Двигуни внутрішнього згоряння широко застосовують на транспорті (автомобільному, залізничному, водному, повітряному), в нафтовій промисловості, на лісорозробках, малих електростанціях, в сільському господарстві та ін. галузях народного господарства. Потужність сучасних автомобільних і тракторних двигунів коливається від 20 до 300 к. с. з кількістю обертів від 1500 до 5000 за хв. Для приведення в рух гребного гвинта на річкових і морських суднах застосовують дизелі різних конструкцій потужністю від 10 до 27 000 к. с.

*Інженер 4. 2.2. Газова турбіна*

Газова турбіна - тепловий турбінний двигун, в якому енергія газового потоку перетворюється в механічну роботу обертового вала. Основною частиною газової турбіни є ротор. Газову турбіну з'єднують з генератором електричного струму або використовують як привод у транспортних та промислових установах. Газова турбіна широко застосовують в авіації. Крім того, їх застосовують на залізничному, морському та автомобільному транспорті, електростанціях, а також на металургійних, нафтопереробних,

хімічних та ін. заводах, де як правило використовують відхідні гази. Газові турбіни можуть працювати на рідкому і газоподібному паливі. Спалювання твердого палива (пилу) поки що здійснення в експериментах газотурбінних установок (1959).

Газовий потік, що обертає ротор газової турбіни, утворюється в наслідок спалювання в камері згоряння, до якої компресором подається стиснення повітря. Компресори, що застосовуються в газотурбінних установках, бувають осьові, відцентрові та гвинтові. Основними елементами газотурбінної установки є компресор, камера згоряння, турбіна. Для підвищення ККД газової турбіни застосовують підігрівання повітря відхідними газами (регенерація), проміжне охолодження при стискуванні повітря в компресорі, послідовне підігрівання в камері згоряння тощо. Газотурбінні установки характеризуються значною мірою компактності, малою питомою вагою, надійністю в роботі, меншими експлуатаційними затратами в порівнянні з іншими двигунами. ККД стаціонарних газових турбін, що працюють на газі температурою 650-700°C, становить 30-32%, транспортних - не нижче 20%. При температурі газу 1200-1500° С ККД досягає 45-55%. Потужність газових турбін становить 25000, 40000 і 50000 кВт. Газові турбіни, в яких спалюють тверде паливо, працюватимуть здебільшого за замкненою схемою і матимуть потужність до 200-300 тис.кВт. Реактивні двигуни - тепловий двигун, де хімічна енергія від згорання палива перетворюється на кінетичну енергію газового струменя, що витікає з реактивного сопла, а сила реакції. Яка утворюється при цьому, безпосередньо використовується як рушійна сила (сила тяги).

Згадки про використання реактивного руху зустрічаються в різних народів. Герон Олександрійський (початок н.е.) подав опис першого реактивного двигуна - реактивної турбіни, що приводилася в рух силою реакції витікаючої пари. За допомогою реактивної сили літали порохові ракети, що їх застосовували в Китаї (10 ст.), а згодом (до кінця 19 ст.) - у багатьох європейських країнах.

У 1849 році російський інженер І.І. Третеський запропонував схему повітряного реактивного двигуна, що в ньому утворювалась реакція струменя повітря або газу. Проектом повітряного реактивного двигуна (1866) російського винахідника М.М. Соковніна передбачалось використання сили реакції попереднього стиснутого повітря. Першу схему літального апарата, що приводиться в рух порохом реактивним двигуном, склав 1881 М.І. Кибальчин. За розрахунками винахідника, в камеру згоряння двигуна замість пороху, що згорів, повинні були автоматично надходити нові порохові заряди.

У 1903 в праці "Дослідження світових просторів реактивними приладами" К.Е. Ціолковський запропонував новий тип двигунів - рідинний реактивний двигун (на рідкому паливі). Цей двигун мав камеру згоряння, що охолоджувалась складовими частинами палива; реактивне сопло, що розширювалось; паливні насоси тощо. Ґрунтовні роботи в галузі теорії реактивного двигуна були виконані М.Є. Жуковським, який, зокрема,

досліджував реакцію струменів рідини, що витікає, та І.В. Мещецьким - з питань руху ракет.

До основних частин найпростішого рідинно-реактивного двигуна належать камера згоряння, що в ній згоряє рідке паливо (суміш рідких пального і окислювача); форсунки, що подають під тиском в камеру згоряння пальне і окислювач; реактивне сопло - труба з отвором, з якої продукти згоряння з великою швидкістю витікають назовні. Під час роботи двигуна тиск газу на бічні стінки камери згоряння взаємно зрівноважується, і лише тиск на закриту стінку не буде зрівноважений (внаслідок того, що в протилежній частині камери є отвір). Цей незрівноважений тиск і являє собою реактивну силу - силу тяги, що діє в напрямі, протилежному напрямку витікаючого струменя газу, і рухає апарат, на якому встановлено двигун. Сучасні реактивні двигуни поділяють на ракетні двигуни, що використовують для згоряння пальне і окислювач, які містяться на літальному апараті, і повітряно-реактивні двигуни, де необхідний для згоряння пального кисень надходить з атмосфери. Створено також комбіновані реактивні двигуни, що їх застосовують на літаках спеціального призначення. Перспективними є реактивні двигуни, що працюють на ядерному пальному.

Розрізняють реактивні двигуни порохові, або двигуни твердого палива, і рідинно-реактивні, що працюють на рідкому паливі. Повітряно-реактивні двигун бувають прямооточні (у вигляді прямооточного каналу), пульсуючі (в них згоряння відбувається спалахами, що чергуються), турбореактивні (з газовою турбіною) і турбогвинтові (з газовою турбіною і повітряним гвинтом).

*Кореспондент.* Зрозуміло. Дякую. На жаль, яким не було б пальне, викид відпрацьованих газів іде в навколишнє середовище. Я прошу екологів розповісти про екологічні проблеми, які виникають у зв'язку з цим.

*Еколог І.Світу,* в якому ми живемо, загрожує серйозна небезпека. Втручання людини у тендітну рівновагу природи - розвиток техніки і промисловості - може нанести непоправну шкоду оточуючому нас прекрасному довкіл्लю. Однак, сьогодні існують ефективні методи боротьби проти всіх форм забруднення природи, які буде розглянуто далі. Але, насамперед, пропонуємо опис того негативного впливу, що спричиняється використанням людиною теплових двигунів.

*1. Шкідливі викиди в атмосферу (слайд 4)*

Для спалювання палива в теплових машинах витрачається велика кількість кисню. На згоряння різноманітного палива витрачається від 15% до 30% кисню, який виробляється зеленими рослинами. Теплові машини викидають в атмосферу еквівалентні кількості оксиду карбону ( $\text{CO}_2$ ). Згоряння палива в топках промислових підприємств і теплових електростанцій майже ніколи не буває повним, тому відбувається забруднення повітря золою, пластівцями сажі. Енергетичні установки викидають в атмосферу щорічно 230-290 млн. м. куб. Золи і близько 60 млн. м. куб. оксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ). Окрім того, при спалюванні нафти, вугілля, газу в повітря щорічно викидається:

400 млн. т оксиду вуглецю;  
 250 млн. т сполук хлору, фтору, найтоншого пилу, аерозолів;  
 метали: свинець, ртуть, ванадій, нікель, радіоактивні елементи.  
 70 млн. т сполук свинцю.

Продукти неповного згоряння, що потрапили в атмосферу, вступають у хімічні реакції з водяними парами повітря і у вигляді мікроскопічних крапельок розчинів кислот переносяться на сотні і тисячі кілометрів. На поверхню Землі випадають так звані кислотні дощі. Звичайна дощова вода повинна мати рН - 5,6...5,7. Але вже десятки років з причин забруднення атмосфери над Північною Америкою і Європою випадають дощі з вмістом кислоти в десятки, сотні і навіть у тисячі разів більше. За вмістом кислотні дощі іноді відповідають оцту. У ході еволюції живі організми пристосувалися до фізичного й хімічного середовища і можуть існувати тільки в певному інтервалі рН. Зміна рН викликає біологічну перебудову водних систем. Коли рН знижується до 6,5...6,0 гинуть завитки і молюски. При рН - 6,0...5,0 гинуть найбільш чутливі планктонні організми, деякі види риби. Кислотні дощі завдають величезної шкоди не тільки водоймищам, а й ґрунтам, лісам. Вони негативно впливають на рослинний та тваринний світ, прискорюють корозію металів, руйнують будівлі з мармуру та вапняку, окислюють ґрунти та водойми. У Німеччині кількість лісів, уражених кислотними дощами, досягла 40 відсотків, а місцями навіть 70 відсотків. Речовини, які забруднюють атмосферу, особливо вуглекислий газ, накопичуються в атмосфері, значно збільшуючи тепло сонячного випромінювання. Таке протиприродне підвищення температури може призвести до серйозних кліматичних змін, таких як танення льодовиків, значне підвищення рівня води у Світовому океані, підвищення його температури.

Яскравим прикладом згубного впливу підвищення температури води у Світовому океані на живі організми може бути такий науковий факт. По всій Землі коралові рифи стали раптом “вибілюватись”, оскільки потепління океанської води завдало незвичного стресу тендітним організмам, що в нормальних умовах живуть в оболонці корала і надають рифу його природне забарвлення. Оскільки ці організми, прозвані “зукс”, покидають мембрану корала, сам корал стає прозорим і дозволяє просвічуватись білому вапняковому скелету - звідси його “вибілений” вигляд. Раніше “вибілювання” фактично завжди було випадковим і тимчасовим явищем, але за останні кілька років учені були вражені раптовим і повсюдним поширенням випадків “вибілювання” по всьому світу, внаслідок чого щораз більше коралових рифів так і не відновлюються. Рівень вуглекислого газу продовжує підвищуватись, а разом з цим підвищується і температура. Вчені прогнозують, що глобальне потепління підніме температуру в полярних регіонах значно вище, аніж деінде. З потеплінням полярного повітря крига тут тоншатиме, а оскільки полярна шапка матиме чи не вирішальний вплив на погоду в глобальному масштабі,

наслідки її танення можуть бути згубними. Одна команда американських вчених доповіла про кардинальні зміни в характері розподілу льоду в Арктиці, а інша зробила поки що неостаточне твердження, що в цілому північна полярна шапка лише за останнє десятиліття потоншала на 2%. Глобальне потепління - це також стратегічна загроза. Концентрація вуглекислого газу та інших теплопоглинаючих молекул, що значною мірою потрапляють у оточуюче середовище через використання теплових двигунів, з часу Другої світової війни зросла майже на 25% і створила всесвітню загрозу здатності Землі регулювати кількість сонячного тепла, що утримується в атмосфері. Таке збільшення тепла серйозно загрожує рівновазі глобального клімату, що визначає режим вітрів, кількість опадів, поверхневі температури, океанські течії та рівень моря. А це, у свою чергу, визначає розподіл рослинного та тваринного світів на землі та в морі та справляє суттєвий вплив на розміщення і структуру людських суспільств.

Дві найвідоміші кризи - глобальне потепління та зменшення озонowego шару в стратосфері - підсилюють одна одну і так чи інакше пов'язані з використанням теплових двигунів та фреону. Глобальне потепління призводить до збільшення кількості водяної пари в атмосфері і поглинання нижньою її частиною інфрачервоних променів, яке у протилежному випадку випромінювалося б назад у космос, пройшовши через стратосферу. У наслідок цього стратосфера охолоджується, тоді як нижня частина атмосфери нагрівається. Холодніша стратосфера з більшою кількістю водяної пари означає більшу кількість кристаликів льоду в озонovому шарі, особливо у полярних регіонах, де хлорфторвуглеці змішуються з озоном у присутності льоду і таким чином швидко зменшують концентрацію озону. Що тонший озонovий шар то більше ультрафіолетові промені бомбардують поверхню Землі й усі організми, що живуть на ній. Ультрафіолетове випромінювання вражає рослини, які в нормальних умовах поглинають велику кількість  $\text{CO}_2$  завдяки фотосинтезу, і, схоже, серйозно руйнує їхню здатність до цього. Коли рослини поглинають менше  $\text{CO}_2$ , то цього газу стає в атмосфері більше, а це спричинює ще більше глобальне потепління і все більше охолодження стратосфери.

Внаслідок величезного накопичення газу метану в атмосфері над великими містами з'являються "фосфоресцентні хмари". Метан ще називають природним газом; він виділяється із сміттязвалищ, вугільних копалень, внаслідок неповного згоряння вугілля та від інших різноманітних видів людської діяльності. Навіть якщо фосфоресцентні хмари спостерігалися і раніше, уся ця надлишкова кількість метану несе велику кількість водяної пари у верхні шари атмосфери, де вона конденсується на значно більшій висоті та утворює все більше хмар. При цьому ми знову ж таки збільшуємо загрозу глобального потепління, оскільки метан - один з парникових газів, що накопичуються найшвидше, третій після вуглекислого газу та водяної пари у загальному об'ємі газів, що змінюють хімічний склад атмосфери. Збільшення кількості хлору в атмосфері на 600 % за останні сорок років мало місце не лише у країнах виробників хлорфторвуглеців, але також у повітрі

над кожною країною, над Антарктикою, над Північним полюсом і Тихим океаном. Зростання концентрації хлору підриває глобальний процес, яким Земля регулює кількість сонячного ультрафіолетового випромінювання, що може пройти різь атмосферу до поверхні. Якщо дозволити концентрації хлору і далі зростати, то дози випромінювання також підвищуватимуться - до межі, коло всі рослини і тварини опиняться перед новою загрозою вимирання.

Хоча й інші хімічні речовини зробили свій внесок у кризу, що пов'язана із виснаженням озону, все ж основна шкода завдана хлорфторвуглецями. Той факт, що хлорфторвуглеці вже встигли завдати масштабного удару глобальній атмосфері, хоча виробляються менше між 60 років, має спонукати людство замислитися на тим, скільки хімічних сполук з-поміж тих двадцяти тисяч, які щороку винаходяться у світі, можуть, за умов їх масового виробництва. Спричинити інші суттєві зміни у довкіллі. Дуже мало з них перед застосуванням всебічно випробують на предмет їх впливу на довкілля.

## *Еколог 2. Вплив використання авто та авіатранспорту на навколишнє середовище*

Висвітлюючи питання про вплив машин на літосферу, треба сказати, що. Крім забруднення ґрунту органічним паливом, до складу якого входять дуже шкідливі для мешканців верхнього шару землі речовини, розвиток автотранспорту пов'язаний також із збільшення земельних ділянок, необхідних для стоянок. Досить сказати, що для розміщення легкового автомобіля потрібна ділянка розміром 25 м<sup>2</sup>, а мотоцикла 3 м. Світовий парк легкових та вантажних автомобілів, включаючи також автобуси та інше, складає на даний час 700 млн. одиниць. Але за прогнозами вчених, до 2010 року кількість автомобілів перевищить один мільярд. Все більшу кількість перевезень здійснює повітряний транспорт: щорічно послугами ліків користується біля 800 млн. чоловік. Транспортна система приносить суттєві збитки навколишньому середовищу, особливо - свинець. Середній вміст свинцю в бензині складає 0,4 г/л, при спалюванні ж його в двигунах 75% його кількості потрапляє у повітря. Підраховано, що навіть на території невеликої держави Австрія сумарні викиди свинцю від автомобільного транспорту та лакофарбної промисловості складає 20 тис. тон на рік.

Були проведені дослідження вздовж доріг Харківської області. Відомо, що на віддалі 100 м обабіч доріг вміст свинцю в ґрунті та рослинах перевищує норму в 8-17 разів, а кадмію, нікелю, міді, цинку - в 2-3 рази. Ці зони зовсім непридатні для випасу худоби та заготівлі сіна, посадки плодове - ягідних культур. Тому вживання в їжу плодів та ягід, зібраних вздовж автотрас, звичайно, неприпустиме.

Цікавий матеріал про кількість шкідливих речовин що викидаються у атмосферу автотранспортом, під назвою "Більше 50 кг шкідливих речовин на легені кожного киянина викидає міський транспорт" було опубліковано у газеті "Київські відомості". "...На дорогах стало значно більше старих машин, які димлять як паровози. До того ж більшість з них працює на етилованому

бензині, а це - додаткові шкідливі речовини. Рівень токсичних речовин у місцях постійний “пробок” - стації метро “Шулявська”, “Святошин”, Московська і Бессарабська площі, бульвар Шевченка в 2 - 2,5 рази перевищує граничні концентрації оксиду азоту та вуглекислого газу. Загальний річний вихлоп шкідливих речовин тільки державного транспорту становить біля 80 тисяч тонн. А з розрахунку на особисті машини цю цифру треба помножити на 3...”.

Значної шкоди довкіллю завдають літаки, що також працюють за рахунок використання теплових двигунів. Один літак Боїнг за одну годину польоту спалює 16 тон гасу, а при зльоті він витрачає 7,8 тон. При кожному старті літак викидає в атмосферу до 100 кг оксиду вуглецю та 50 кг оксиду азоту. За трансатлантичний переліт боїнг витрачає 35 тонн кисню. Повітряний транспорт споживає 14% світового виробництва палива. Особливо небезпечно те, що продукти спалювання авіаційного палива потрапляють у верхні шари атмосфери. Сюди завдяки літакам щорічно потрапляє до 200 тисяч тонн сірчистого газу та 1,5 млн. тонн оксидів азоту. Це також прискорює руйнування озонового шару, яке відбувається під впливом фреонів.

Разом з авіа та автотранспортом на хімічний склад атмосфери впливають промислові підприємства. В Деснянському районі, в якому ми живемо, їх небагато. Дамо характеристику нашій ТЕЦ 6. “Поганий той птах, який забруднює власне гніздо”, - говорить народне прислів'я. Та невже усе людство та кожен із нас починає уподібнюватися такому птахові? Ні! Зразок тому - наша ТЕЦ 6. По-перше, станція працює на газу, який вважається екологічно чистим паливом. По-друге, надвисокі димарі (заввишки 200-300 м) знижують концентрацію шкідливих речовин у прилеглий місцевості. По-третє, станція винесена за межі санітарної зони, яка відводиться під озеленення. По-четверте, підприємству дозволяється викидати в атмосферу певну кількість шкідливих речовин, при умові, що в межах санітарно-захисної зони концентрація цих речовин буде в межах норми. Контроль за цим ведуть працівники Мінприроди та санепідемстанції.

*Еколог 3. Вплив забруднення довкілля на здоров'я людини.* Забруднення природного середовища шкідливими речовинами в першу чергу впливає на здоров'я людини, сприяє збільшенню захворювань серцево-судинної системи, утворенню злоякісних пухлин, захворюванням крові. Ось деякі цифри про захворюваність на 10000 чоловік по Липоводолинському району:

- Захворювання серцево-судинної системи - чол.
- Захворювання злоякісними пухлинами - чол.
- Захворювання крові - чол.

. Жителі всіх великих міст задихаються від вихлопних газів автомобільних двигунів.

Загалом негативний вплив на природу має три напрямки:

1. Хімічне забруднення повітря і води.

2. Теплове забруднення атмосфери і водоймищ.

3. Руйнування ґрунтів у зв'язку з добуванням палива і утилізацією шлаків.

Усі вищенаведені дані свідчать проте, що використання теплових двигунів, чинить вкрай негативний вплив на оточуюче середовище. Через наявність шкідливих речовин у повітрі, воді, ґрунті хворіють люди, потерпає прекрасний світ рослин і тварин. Негативні зміни у навколишньому середовищі можуть привести людство до глобальної катастрофи, відгуки якої ми можемо відчувати вже зараз.

Чадний газ небезпечний для життя: проходячи через легені, він всмоктується в кров, потім вступає в реакцію з гемоглобіном - пігментом червоних кров'яних тілець, який забезпечує організм киснем. Як тільки чадний газ з'єднується з гемоглобіном, кров'яні клітини вже не здатні виконувати свої функції по транспортуванню по організму кисню. Наступає кисневе голодування, киснева недостатність. При великих надходженнях в організм чадного газу людина помирає.



До речі необхідно пам'ятати, що до складу тютюнового диму теж входить чадний газ. Загальний показник токсичності тютюнового диму у 4,5 рази (!) перевищує токсичність вихлопних газів автомобіля. Викурювання тільки однієї сигарети по дії на організм приблизно рівне знаходженню поблизу великої автомагістралі протягом 16 год.! Перебування некурячого протягом 1 год. у закритому накуреному приміщенні рівносильне тому, що він викуриє 4 сигарети.

Можна додати цікаву інформацію:

◦ систематичне куріння викликає звуження капілярних судин, у тому числі в серці; останнє порушує нормальне живлення серцевого м'яза, а це у свою чергу сприяє розвитку ішемічної хвороби. Що це за захворювання, допомагає зрозуміти словник: "ішемія" - грецьке слово, означає "затримуючий кров".

Людина відповідає за цей світ, за збереження у ньому гармонії і краси, а тому необхідним, на нашу думку, є пошук шляхів покращення світової екології.

*Кореспондент.* Вибачте, але якщо ТД такі шкідливі, то навіщо ваш завод їх випускає? Як запобігти шкідливим наслідкам їхньої роботи? Які заходи щодо охорони природи здійснюються на сьогодні? Прошу до слова працівників перспективних розробок.

*Еколог 4. Перспективні шляхи покращення екології (слайд 5)*

Негативні зміни в екології, пов'язані з використанням теплових двигунів уже давно привернули увагу учених всього світу. Роботи ведуться у чотирьох напрямках:

1. Для більш повного згорання палива в горючу суміш двигунів внутрішнього згорання додають водень.

2. Для кращого очищення вихлопних і паливних газів застосовують спеціальні фільтри, присадки до палива, а також спеціальну обробку газів перед їх викидом в атмосферу.
3. Пошуки нового, більш чистого виду палива. Широко використовується в якості палива попередньо очищений природній газ, а також спирти.
4. Ведуться великі дослідницькі роботи по створенню водневого та сонячного двигунів .

Розглянемо ці напрямки окремо.

*Працівник 1. “Імпект”. (слайд 6)*

Один із засобів запобігти забрудненню атмосфери вихлопом бензинових двигунів - перехід на електричну тягу. До недавнього часу електромобілі були тихохідні, а заряду батарей їм вистачало лише на коротку відстань. Але нещодавно компанія “Дженерал Моторс” випустила електромобіль “Імпект” (рис. 4). Це автомобіль обтічної форми з двома потужними електродвигунами, по одному на кожне переднє колесо. Він набирає швидкість з 0 до 100 км/год за 8 секунд, як спортивний автомобіль, і розвиває швидкість до 160 км/год. Його акумулятори заряджаються від електростанцій, що спалюють паливо. Виходить, що хоча сама машина і не викидає шкідливих газів, але це робить електростанція. Але електродвигуни можна заряджати вночі, використовуючи залишки електроенергії. Якби більшість машин у Нью-Йорку працювало на електроенергії і підзаряджало акумулятори вночі, електростанція не довелося б спалювати більше палива. Якщо електромобілі, схожі на “Імпект”, поширяться, то лічильники на автостоянках можуть бути переобладнані в зарядні пристрої.

*Працівник 2. Використання вторинної сировини (слайд 7)*

Вихлопні гази - не єдина проблема. Виготовлення автомобілів потребує багато енергії та сировини. Для збереження природних ресурсів потрібно ширше використовувати вторинну сировину. До 2000 року в одній лише Німеччині на звалищах нагромадилося 2,8 млн. автомобілів. Зараз виробники автомобілів намагаються уникнути втрати такої величезної кількості цінної сировини. У BMW є завод для переробки старих автомобілів. Машина BMW серія 3 має багато пластмасових деталей які в майбутньому можуть дати матеріал для нових автомобілів.



*Працівник 3. Каталітичні конвертери. (слайд 8)*

Виявивши, що автомобілі сильно забруднюють атмосферу, вчені спробували зменшити кількість шкідливих газів у автомобільних вихлопах, їм вдалося створити вставку у вихлопну трубу, що допалює більшість шкідливих газів. Цей прилад назвали каталітичним конвертером. Забруднення атмосфери автомобілем скорочується на 90%. В США всі нові автомобілі випускаються тільки з каталітичними конвертерами. Каталітичний конвертер не має рухомих частин і не потребує технічного обслуговування. Каталітичний конвертер схожий на бджолині соти, загальна поверхня котрих дорівнює площі двох футбольних полів. Він розміщений у ящику з нержавіючої сталі

розміром 30 см\* 23 см. Вихлопні гази проходячи через комірки конвертера, вступають в хімічні реакції з його “начинкою”, що робить більшість отруйних речовин менш шкідливими. Але хімічні речовини, що містяться в конвертері руйнуються свинцем. Через це всі автомобілі, які обладнані цим приладом, не можна заправляти етилованим бензином.

*Працівник 4. Неетилований бензин. (слайд 9)*

В етилований бензин додають сполуки свинцю щоб двигун працював більш злагоджено. Але із двигуна свинець потрапляє у вихлоп і разом з ним викидається у повітря, яким ми дихаємо. Свинець отруйний, він може негативно впливати на мозок, тому це небезпечний забруднювач. Найбільше від нього страждають мешканці великих міст, особливо діти. В наші дні уряди багатьох країн світу закликають автомобілістів використовувати бензин без свинцевих добавок. В майбутньому, очевидно, додавати свинець у бензин взагалі перестануть. Це допоможе зменшити свинцеве забруднення.

*Працівник 5. “Санрейсер” (слайд 10)*

“Санрейсер” В майбутньому автомобілі, можливо, перейдуть на сонячну енергію і зовсім перестануть забруднювати атмосферу шкідливими газами. “Санрейсер” (“Сонячний автомобіль”) фірми “Дженерал Моторс” брав участь в змаганнях подібних машин в Австралії. Сонячні панелі на даху “Санрейсера” дають електричну енергію. В електродвигуні машини знаходиться спеціальний магніт. “Сонцемобіль” має дуже незвичайну форму. Вона дозволяє максимально покращити його аеродинамічні властивості. Змагання проводились на трасі довжиною в 3138 км між Дарвіном і Аделаїдою. Першим на фініші був “Санрейсер”. Перехід на електромобілі затримується внаслідок малої ємності і великої маси акумуляторів, “сонячні” ж автомобілі ще занадто дорогі, ще довго вдосконалюватимуться.

*Працівник 6. Заміна бензину на інші види палива. (слайд 11)*

Заміна бензину та інших подібних видів пального на кисень та водень - один з шляхів поліпшення стану навколишнього середовища. Внаслідок цього заміщення викиди складатимуться з абсолютно нешкідливої водяної пари. Ужу кілька років літає літак ТУ - 154, один з двигунів якого працює на такому “пальному майбутнього”, накопичуючи цінний досвід. Іншим шляхом для вирішення проблеми, яким нехтують, є виготовлення з сучасних легких і дуже міцних матеріалів велосипедів. Саме ці матеріали дали змогу виготовити „педальний” літак і пролетіти на ньому більше 100 км без посадки, облетіти навколо Землі на чудернацькому літаку “Войяджер” (США) з однією заправкою паливом. На нашу думку, слід використовувати такі матеріали для виготовлення автомобілів масою 20-30 кг, які можна буде легко розганяти педалями до швидкості в кілька десятків км за годину, і лише для поїздок на великі відстані застосовувати теплові двигуни. Як не дивно, ще одним шляхом для подолання проблеми забруднення довкілля є економія електроенергії. Підвищення потужності і економічності, зниження токсичності і шуму - проблеми над якими працюють спеціалісти. В двигуні В.М. Ушуля кожний

циліндр складається з двох циліндрів. Внаслідок цього зтягується процес згоряння палива. Витрати палива цього двигуна на 30% менші ніж звичайного. Відпрацьовані гази не містять шкідливих для організму речовин. Такий двигун нам потрібен.

*Працівник 7. Дизельний чи карбюраторний двигун? (слайд 12)*

З точки зору охорони навколишнього середовища дизельний двигун має переваги перед карбюраторним двигуном. Він економічніший на 20-30 %. Для виробництва дизельного палива потрібно в 2,5 рази менше енергії ніж для виробництва бензину. У вихлопних газах дизельного двигуна майже немає шкідливих газів, оскільки паливо згоряє майже повністю. Крім того, при згорянні дизельне паливо виділяє на 11 % більше енергії ніж бензин. Треба звернути увагу на те, що при правильно відрегульованому двигуні викиди шкідливих речовин у атмосферу зменшуються у 3-5 разів. До того ж, правильне регулювання карбюратора дає змогу економити паливо.

*Кореспондент.* Останнє запитання я хочу задати директорові. Чи не могли б ви сказати, кому потрібна ваша продукція?

*Директор.* Теплові двигуни мають широке використання. Залізничними магістралями водять потяги потужні тепловози. Водними шляхами плавають теплоходи. Мільйони автомобілів із ДВЗ перевозять вантажі і пасажирів. ДВЗ є основою механізації виробничих процесів у сільському господарстві; їх встановлюють на тракторах, комбайнах, самохідних шасі, насосних станціях тощо.

*Кореспондент.* Я вельми вдячна адміністрації заводу, всім фахівцям за те, що, незважаючи на зайнятість, приділили увагу нашій газеті. Ваші відповіді дозволили мені скласти доволі цілісну картину роботи вашого заводу, бо пили як теоретичні, так і практичні проблеми сьогодення і майбутнього.

### **III. Підсумок уроку**

*Учитель. Висновки.*

1. Очевидно, що використання теплових двигунів відкриває перед людством фантастичні можливості. Ми запускаємо в космос ракети, створюємо швидкісні автомобілі, наше небо розсікають надшвидкі літаки, в світі працює величезна кількість ТЕЦ, що забезпечують нас електроенергією, а які, здавалося б, перспективи відкриває нам майбутнє! Але, як кажуть екологи: "Не можна досягти лише чогось одного". Це дійсно так.
2. Використання теплових двигунів привело людство до глобальної екологічної кризи. Звичайно, ця криза спричинена дією сукупності негативних чинників людської діяльності, але чи не найбільшу роль у її появі належить використанню теплових машин.
3. Глобальне потепління і руйнування озонового шару - ось дві величезні проблеми, спричинені використанням ТД, від вирішення чи невирішення яких залежить саме існування людства на Землі.
4. Окрім того, завдяки людській діяльності потерпає прекрасний світ живої природи, забруднюються чисті водойми, псуються ґрунти, атмосфера стає "звалищем" шкідливих речовин.

5. І це все не пусті слова! Людина забула те, чого не мала забувати, а саме те, що вона є невід'ємною частиною природи, яка залежить від стану всього оточуючого світу. Природа обійдеться без нас, а ось чи обійдемося ми без неї? Нам потрібне свіже чисте повітря, кришталльні водойми, нам потрібні квіти і тварини! Тому, не бажаючи звертати увагу на страждання оточуючого світу, ми ігноруємо власні страждання і загибель.
6. Над вирішенням проблеми, пов'язаної з використанням ТД, працюють вчені всього світу. Робота ведеться в чотирьох основних напрямках: дослідницькі роботи по створенню нових видів двигунів, пошуки нового більш чистого виду пального, розробка фільтрів і конвертерів для зменшення шкідливих речовин у вихлопі ДВЗ, додавання певних хімічних речовин у паливо для ТД для більш повного згоряння.
7. На нашу думку, саме фізика допоможе у винайденні нових видів двигунів, використанні перспективних джерел енергії і взагалі в розробці нових методів покращення стану довкілля.
8. Звичайно, наукові дослідження - справа вчених, але не слід забувати, що за світ відповідає кожна людина. Саме від нашого відношення до себе, нашої турботи про близьких, про природу залежить глобальний стан екології. Ми сподіваємося, що наша робота стала хорошим внеском у загальну справу покращення екологічної ситуації.
9. Ми маємо зберегти цей світ таким само прекрасним і неповторним для себе і для своїх дітей...

#### **V. Домашнє завдання.**