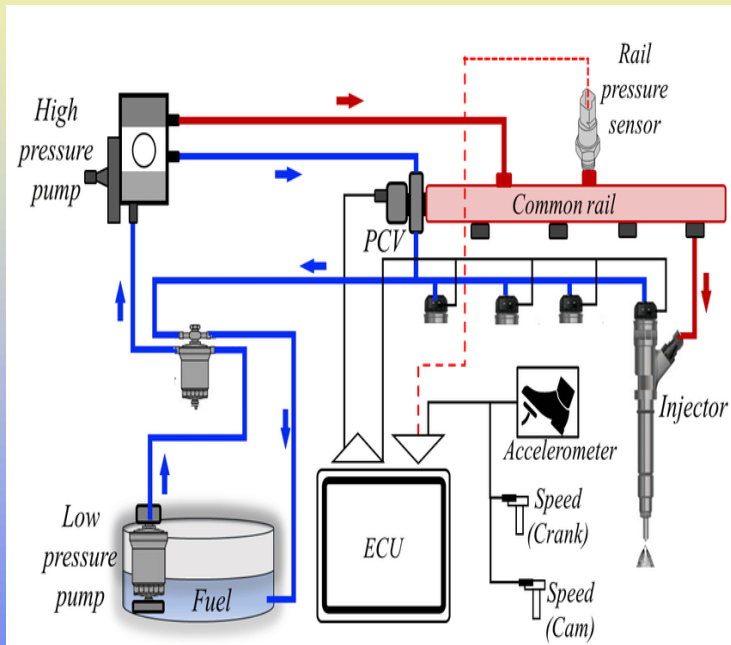


# ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ АДАПТИВНОГО ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА

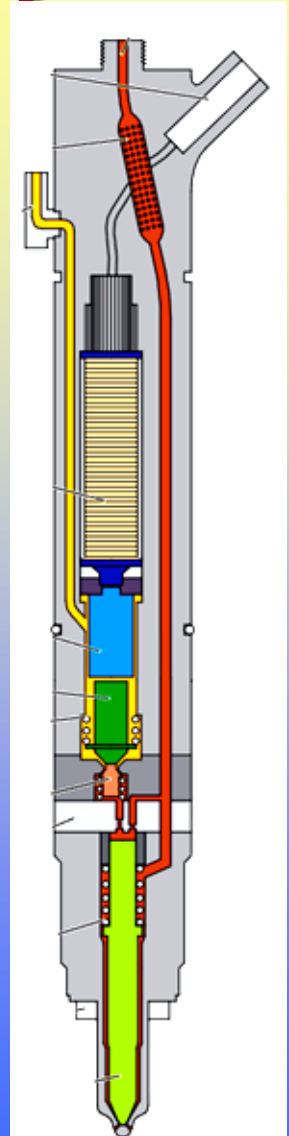
- Доповідачі:
- Макаренко Микола Григорович
- Манойло Володимир Максимович
- Шевченко Ігор Олександрович

# Адаптивне впорскування палива базується

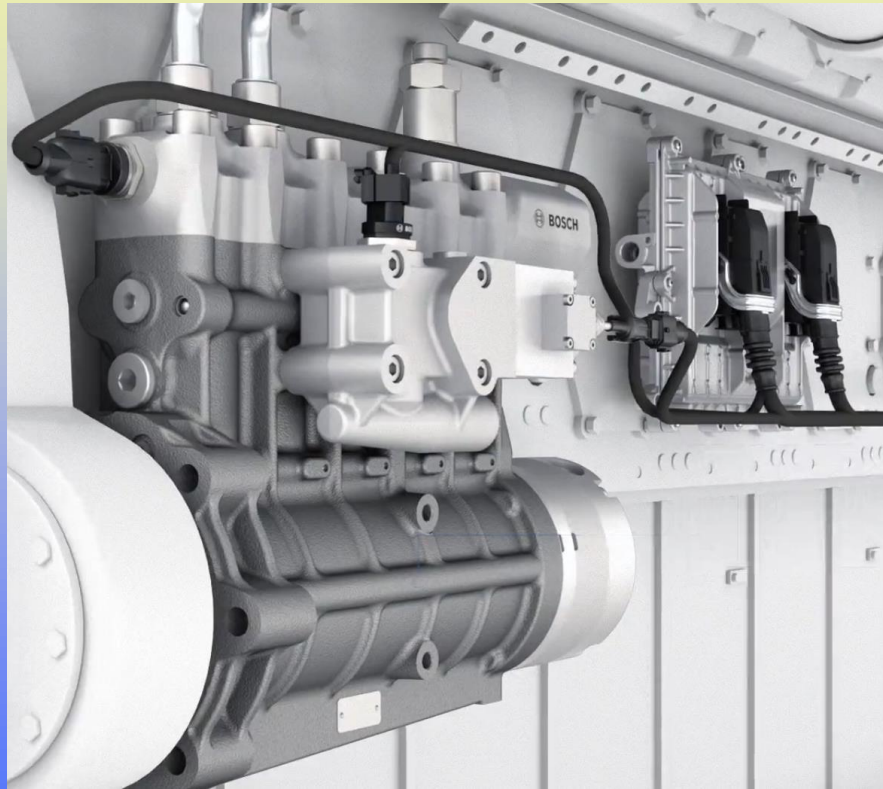
- на змінному регулюванні ключових параметрів процесу подачі пального, таких як **кількість впорскуваного пального, тиск упорскування, фази упорскування, температура камери згоряння та рівень навантаження.**



**Цей підхід дозволяє підвищити термічну ефективність двигуна, мінімізувати енергетичні втрати та покращити загальні експлуатаційні характеристики двигунів вантажних автомобілів.**

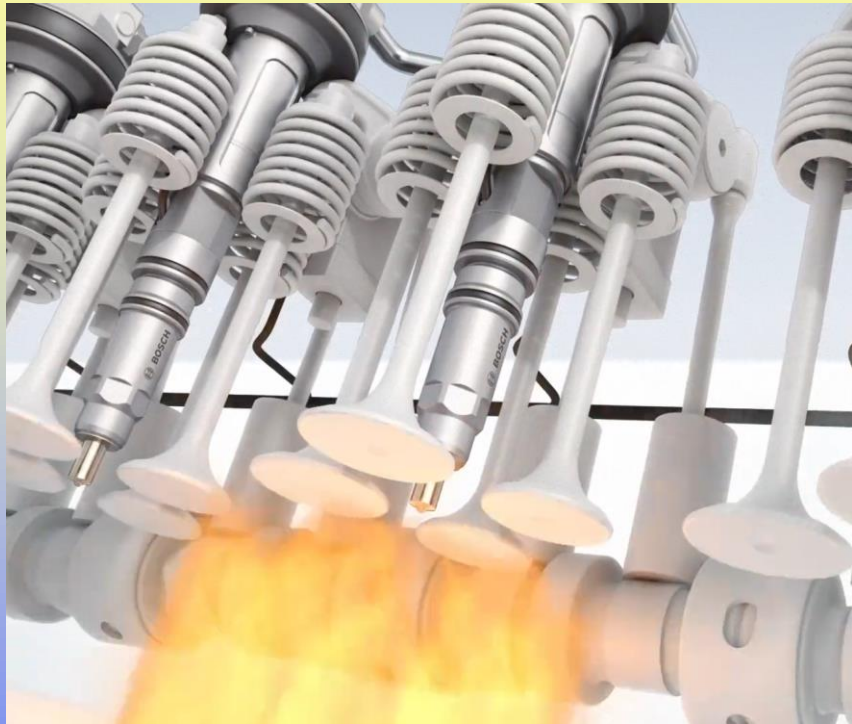


# Адаптивне впорскування палива реалізується

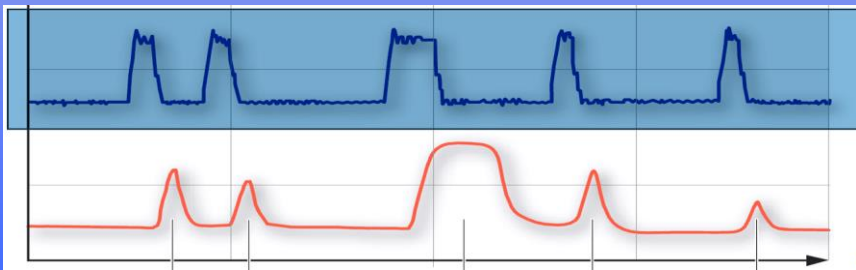


- завдяки інтеграції високоточних електронних систем керування, датчиків та програмного забезпечення, що забезпечують точне регулювання параметрів паливоподачі. Система аналізує миттєві дані про робочий стан двигуна та автоматично налаштовує режими впорскування відповідно до навантаження, температури, частоти обертання та інших факторів.

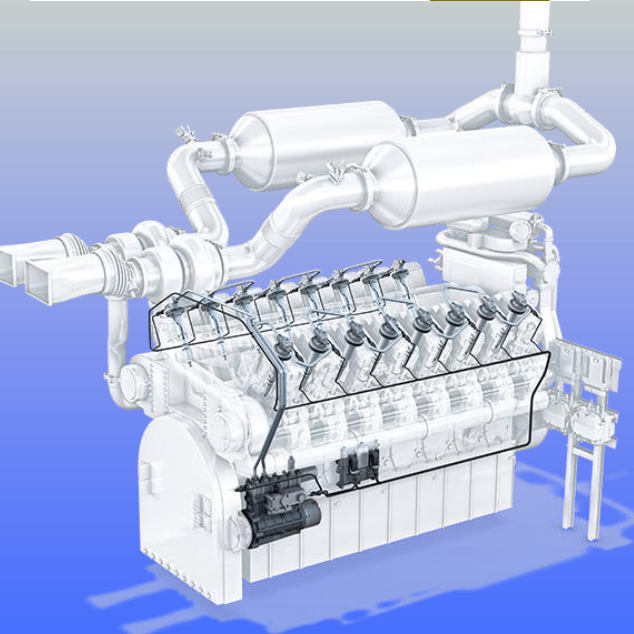
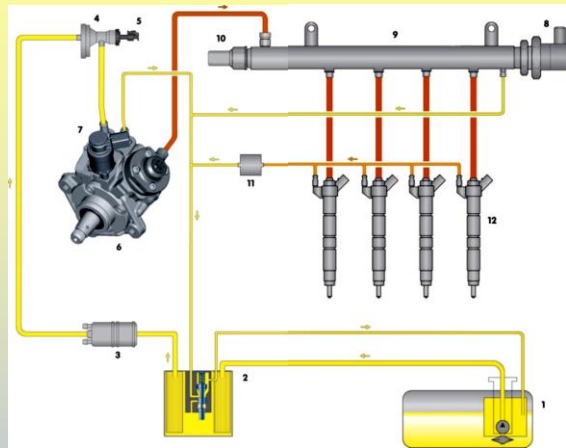
# Основними принципами адаптивного впорскування є:



- мультифазне впорскування, що забезпечує багатоступеневий процес подачі пального для оптимізації горіння та зниження шкідливих викидів;
- динамічне регулювання тиску впорскування, що дозволяє підвищити якість сумішоутворення та ефективність горіння;
- інтелектуальне керування впорскуванням, що використовує штучний інтелект для аналізу параметрів роботи двигуна в реальному часі.

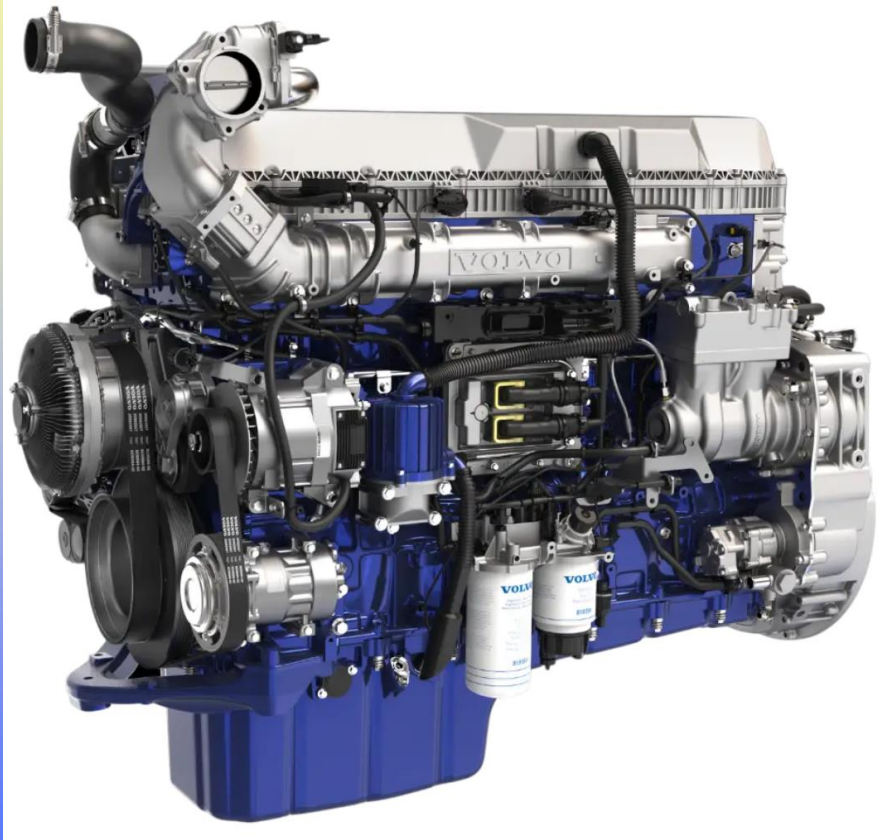


# Система Common Rail



- Дозволяє точно керувати тиском пального та моментами впорскування незалежно від режиму роботи двигуна.
- **Головними характеристиками цієї технології є:**
- тиск впорскування (1800–3000 бар залежно від навантаження та типу двигуна);
- час відкриття форсунки (200–500 мкс, що дає можливість багатоступеневого упорскування);
- кількість фаз упорскування (3–7 фаз за один такт - попереднє, основне та поствпорскування);
- розмір отворів розпилювачів форсунок (0,08–0,15 мм, що забезпечує точне дозування пального та рівномірність розпилення).

# Штучний інтелект у поєднанні з системами аналізу



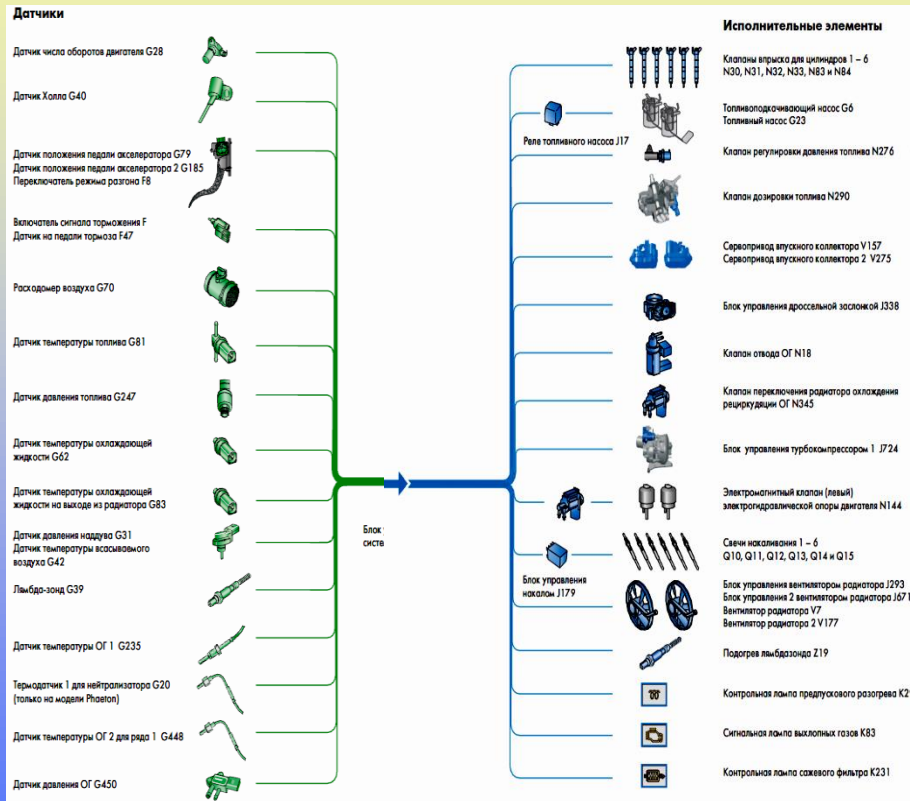
- Забезпечує регулювання параметрів упорскування в режимі реального часу, аналізуючи комплексні дані про роботу двигуна.

**Використовуючи методи глибокого навчання та адаптивні алгоритми оптимізації, система може визначати найефективніші режими подачі пального, враховуючи такі параметри, як температура навколишнього середовища, атмосферний тиск, вологість повітря, склад вихлопних газів та рівень навантаження.**

# Застосування нейромережевих моделей

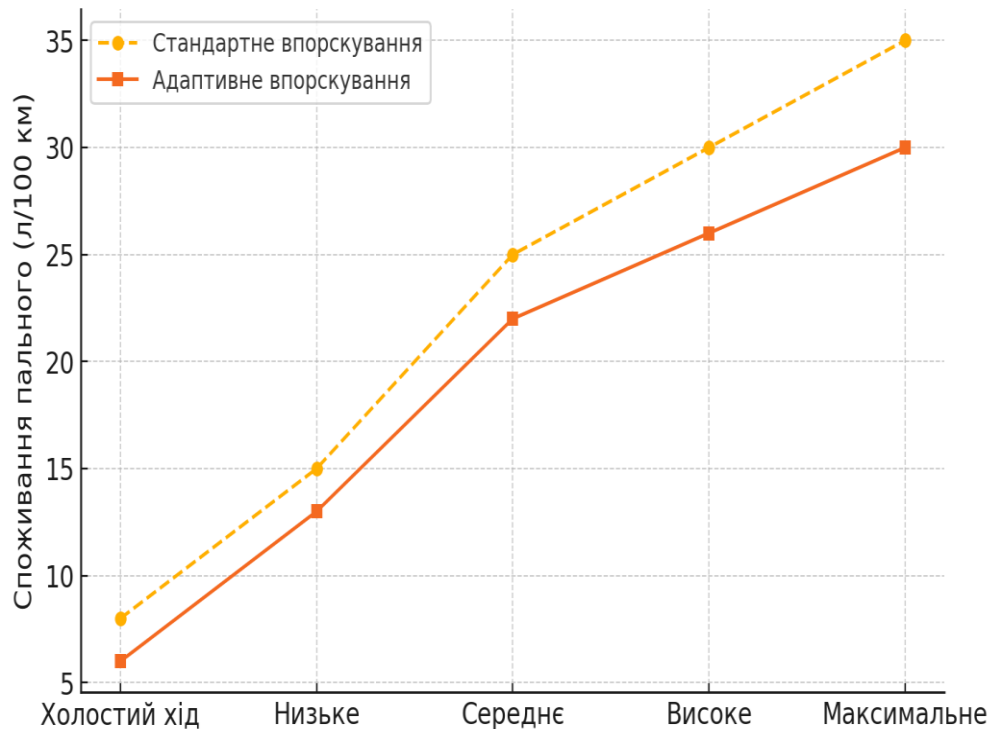
- Для досягнення високої точності регулювання нейромережеві моделі, що проходять навчання на великих наборах даних, отриманих у різних експлуатаційних умовах.

Це дозволяє системі прогнозувати зміни робочих характеристик двигуна та оперативно коригувати параметри впорскування, зокрема тиск (у діапазоні 500–3000 бар), тривалість кожної фази подачі пального (200–500 мкс), а також оптимізувати співвідношення повітря-паливо для різних режимів експлуатації.

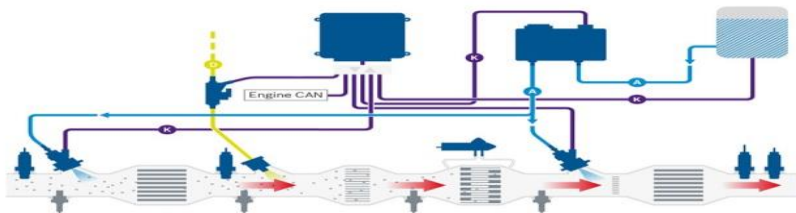


# Адаптивне керування процесом згоряння

Споживання пального vs. Навантаження



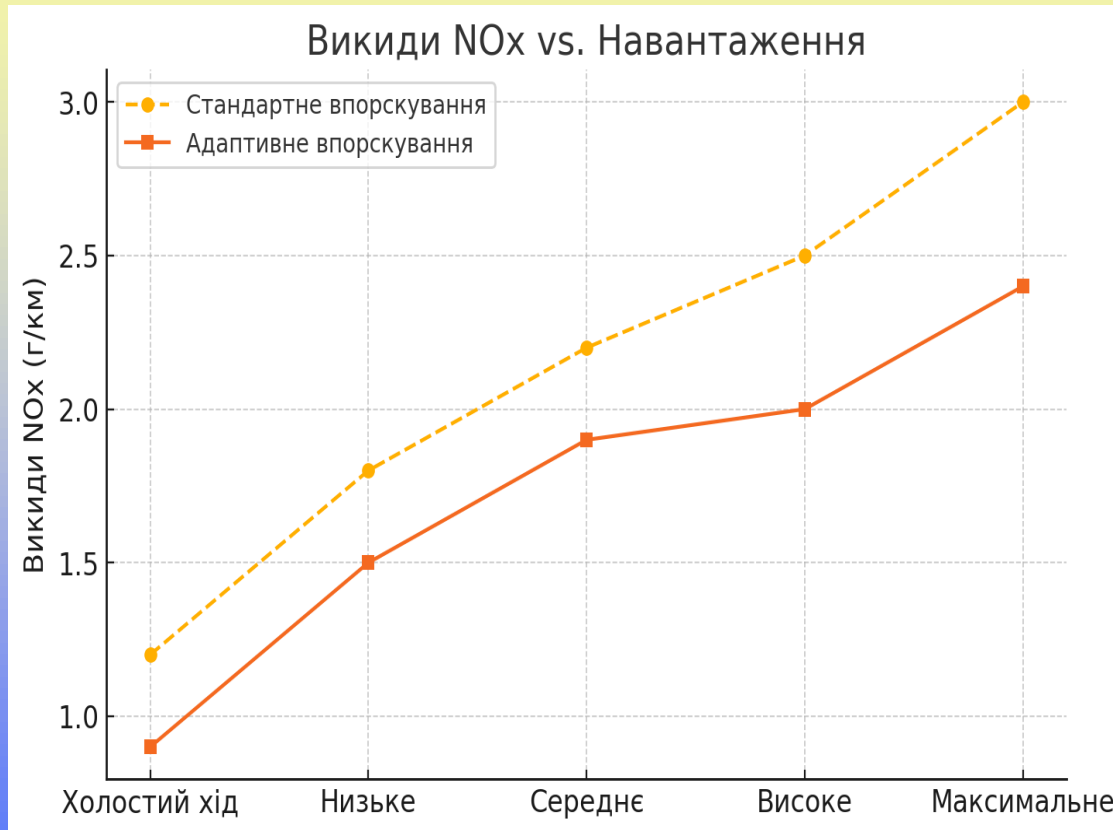
Дозволяє досягти зменшення витрати пального на 8–15% завдяки оптимізації параметрів впорскування та використанню інтелектуальних алгоритмів регулювання подачі пального. Зокрема, система змінює тиск впорскування залежно від навантаження, що дозволяє мінімізувати непродуктивні витрати енергії. Також регулюється час і кількість фаз впорскування (від 3 до 7 фаз на один такт), що покращує згоряння пального та знижує втрати енергії через неповне згоряння.



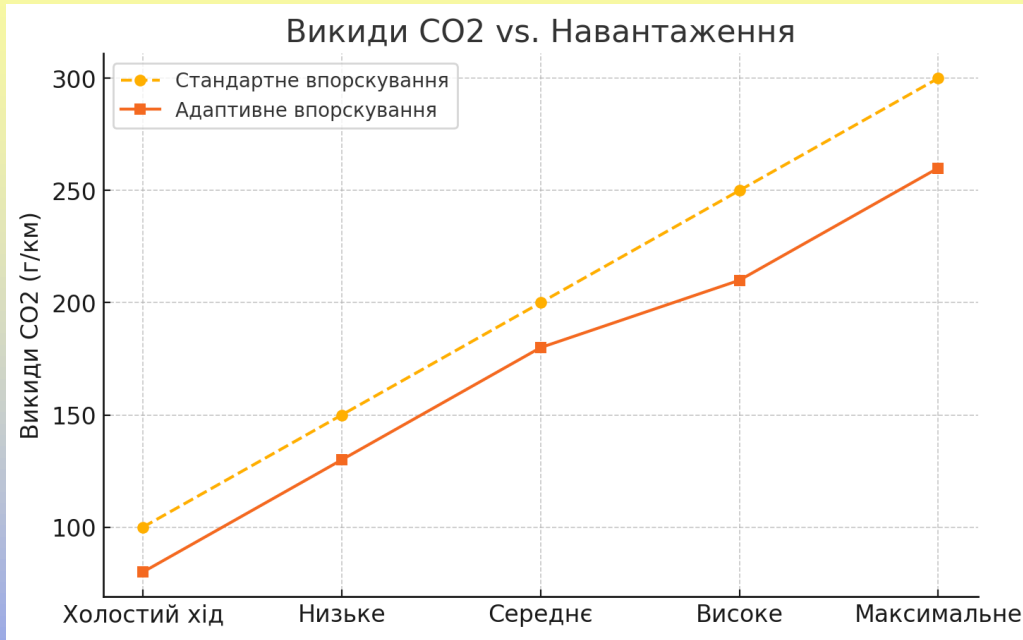


# Зниження рівня шкідливих викидів

- Зниження рівня шкідливих викидів, зокрема оксидів азоту (NOx), твердих частинок (PM) та вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) досягається завдяки точному контролю процесу горіння та впровадженню передових методів регулювання параметрів упорскування.



## Мультифазне впорскування



- Мультифазне впорскування дозволяє здійснювати впорскування палива в кілька етапів (від 3 до 7 фаз за один такт).
- Початкові етапи сприяють утворенню рівномірної паливно-повітряної суміші, що зменшує концентрацію зон із високими температурами, а отже, знижує рівень утворення NO<sub>x</sub>.

### Оптимізація тиску впорскування

залежно від режиму роботи двигуна, (тиск змінюється в межах 500–3000 бар), забезпечується покращене диспергування палива і мінімум утворення частково згорілих залишків, які можуть утворювати РМ

# Поєднання адаптивного впорскування з системою рециркуляції вихлопних газів

- дозволяє знизити пікові температури в камері згоряння, що ефективно зменшує утворення NOx.
- Подача додаткової порції пального після основного впорскування сприяє допалюванню незгорілих залишків та зменшенню концентрації сажових частинок.
- Крім того впорскування розчину сечовини в потік вихлопних газів при використанні системи AdBlue (SCR – Selective Catalytic Reduction) у поєднанні з адаптивним впорскуванням дозволяє додатково знижувати рівень NOx, перетворюючи його в нешкідливий азот і воду.



## Результати впровадження

- зниження NOx на 30–50% завдяки кращому контролю температури горіння та використанню системи SCR;
- зменшення викидів твердих частинок (PM) на 40–60% за рахунок оптимізації процесу згоряння та використання поствпорскування;
- скорочення викидів CO<sub>2</sub> на 10–15% завдяки підвищенню ефективності згоряння та зниженню непродуктивних витрат енергії.
- Це дозволяє відповідати найсуворішим екологічним стандартам. Завдяки рівномірному розподілу навантаження на поршневу групу та клапанний механізм, а також зниженню пікових температур згоряння, ресурс двигуна може збільшуватися на 15–25%, що значно зменшує витрати на ремонт та обслуговування.
- Оптимізоване впорскування дозволяє зменшити рівень механічного та термічного навантаження на поршні, кільця та клапани, що запобігає передчасному зношуванню цих деталей.

## Висновки

- Адаптивне впорскування палива є інноваційним напрямком розвитку дизельних двигунів, що дозволяє значно підвищити їхню енергоефективність, знизити рівень шкідливих викидів та збільшити довговічність.
- 
- Подальший розвиток цієї технології зробить вантажний транспорт ще більш ефективним, економічним та екологічно безпечним.

**Дякуємо за увагу!**