

необхідно буде встановити акумулятор, автономної роботи якого вистачить на 50-80 кілометрів, крім того він регулярно буде заряджатися від ліній електропередач. Переваги такого потенційного нововведення: не треба платити за паливо, рівень шуму для місцевих жителів знизиться, а сонце більше не буде ховатися за хмарами смогу.

«Платунінг» формування «розумних» автоколон – пов'язані в одну колону вантажівки можуть через електроніку взаємодіяти між собою і рухатися з мінімальною дистанцією один за одним. Опір повітря і витрата палива знижуються, більше вантажівок можуть одночасно рухатися по шосе і, крім того, причіпні вантажні автомобілі можуть їхати автономно. Тільки в головному автомобілі повинен перебувати уважно стежити за дорогою водій. Бачення майбутнього, яке могло б назавжди змінити логістичну систему, і Tesla вже зробила перші кроки в цьому напрямку.

Асинхронні двигуни: висока продуктивність на мінімальній площі – асинхронні двигуни працюють на високих оборотах і досягають величезних показників продуктивності. Двигун Brusa показує потужність до 220 кВт (300 к.с.), при цьому, він такого маленького розміру, що його можна легко встановити на кожне колесо. У порівнянні з ним 8-циліндровий двигун V8 вже виглядає застарілим.

Автономна їзда п'ятого рівня: таксі без водія – ідеальна мета розвитку автономних транспортних засобів виглядає так: починаючи з 2022 року, автомобілі без водія повинні переміщатися і в центрі міста, і по житлових вулицях. При необхідності такий автомобіль можна викликати за допомогою відповідної програми. Технології дійсно вже через пару років повинні дійти до такого ступеня розвитку, яка допоможе реалізувати концепт автономного водіння п'ятого рівня. Чи зможе до такої ситуації швидко адаптуватися законодавство і створити для автономного водіння необхідні правові основи, це поки під питанням.

Підсумовуючи вищенаведене, можна з упевненістю сказати, що майбутнє розвитку автомобільного транспорту полягає у використанні новітніх технологій, які зможуть забезпечити комфортне і безпечне життя людству.

#### Список використаних джерел

1. Куров, Б. Автомобиль на пороге XXI века / Б. Куров // Наука и жизнь. – 2018. – №4.
2. Автомобилестроение // Автомобильная промышленность. – 2018. – №2. – с. 5-7.
3. <https://vanlife.ru/news/technology/Ustrojstvo-2-v-1-ot-kompanii-Brusa-dlja-jelektricheskikh-kommercheskikh-avtomobilej/> (останнє звернення: 24.04.2020).
4. <https://vc.ru/transport/48947-bes-pilotnye-avtomobili-obyasnenie-6-urovney-avtonomnosti> (останнє звернення: 24.04.2020).
5. <https://hevcars.com.ua/volkswagen/id-crozz/> (останнє звернення: 24.04.2020).
6. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель\\_с\\_воспламенением\\_однородной\\_горючей\\_смеси\\_от\\_сжатия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель_с_воспламенением_однородной_горючей_смеси_от_сжатия) (останнє звернення: 24.04.2020).
7. <https://www.zr.ru/content/news/917582-v-germanii-otkryli-pervyj-ehlek/> (останнє звернення: 24.04.2020).
8. <https://www.intechopen.com/books/advances-in-internal-combustion-engines-and-fuel-technologies/homogenous-charge-compression-ignition-hcci-engines> (останнє звернення: 24.04.2020).

---

УДК 621.9

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ СТУПІНЧАСТОГО ВАЛА

Пустовойт В. О., студ. гр. МАТн-181, Некрашевич О. М. студ. гр. ММБп-191

Наукові керівники: Кальченко В. І., д.т.н., проф., Кужельний Я. В., к.т.н.

*Національний університет «Чернігівська політехніка»*

Деталі типу вал широко використовуються як в автомобілях так і в машинобудуванні загалом, тому досягнення високої точності обробки поверхні деталі займає важливе місце. Необхідна точність досягається за допомогою операції фрезерування. Потрібно забезпечити точність як виконавчої поверхні вала так і певних ділянок вала для спеціальних посадок та з'єднань (шпоночні пази, шліцьові з'єднання, посадки під підшипники). Операція фрезерування дає змогу забезпечити потрібну шорсткість на валу за декілька проходів.

Розглянемо вхідний вал КПП, він сприймає знакозмінні навантаження, тому до обробки відповідальних поверхонь висуваються жорсткі вимоги. Шліфування та фрезерування являють собою два остаточні методи обробки в залежності від вимог по шорсткості поверхні.

В способі шліфування ступінчастого вала орієнтованим інструментом кут повороту круга при обробці циліндричної і торцевої поверхонь різний. Вісь повороту шліфувального круга знаходиться на відстані, що дорівнює сумі радіуса заокруглення та половині подачі на оберт від торця. Для підвищення точності торця вісь повороту інструмента змінює своє положення відносно осі вала в напрямку до оброблюваного торця за рахунок вертикального переміщення шліфувального круга [1].

В статті [2] описано спосіб чистового фрезерування ступінчастого вала. Створено загальні модульні тривимірні моделі інструмента, процесів зняття припуску та формоутворення при обробці вала орієнтованою фрезою. Наведені графіки залежності величини геометричної шорсткості від подачі. З графіків видно, що шорсткість збільшується зі збільшенням подачі. Також побудовані графіки залежності величини відхилення від круглості від частоти обертання фрези, її діаметра та кількості зубців. Зі збільшенням частоти обертання фрези, її діаметра та кількості зубців величини відхилення від круглості зменшується.

В даному способі [3] фрезерування тіл обертання для підвищення точності фрезу 3 (рис. 1) встановлюють під кутом  $\alpha$  до площини, що перпендикулярна до осі обертання деталі 1. Деталь 1 закріплена в шпинделі 2, а інструмент 3 – в шпинделі 4. Деталь обертається, а фреза окрім обертання та має дві прямолінійні подачі – повздовжню та поперечну. Для зняття припуску величиною  $t$  вихідне положення фрези 3 повинно бути таким, при якому зовнішня поверхня фрези 3 буде мати точку контакту з остаточно обробленою поверхнею деталі 1 в конкретному перерізі.



Рисунок 1 – Схема фрезерування вала:

*a* – кінематична схема способу; *б* – схема установки фрези відносно деталі

Кут  $\alpha$  визначається з формули:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{2}{b}\sqrt{t(D_{rd}-t)}\right)$$

де  $b$  – ширина фрезерування;  $t$  – припуск на обробку;  $D_{rd}$  – діаметр оброблюваної поверхні деталі у вказаному перерізі.

Відомі фірми Junker [4], NILES-SIMMONS [5] займаються виробництвом верстатів для обробки ступінчастих валів та інших деталей автомобілів. Ці верстати забезпечують високу точність та продуктивність обробки. Фірма VEMCO [6] є одним з провідних виробників верстатів в Європі. Вона виготовляє токарні, фрезерні верстати, що забезпечують високу точність оброблених поверхонь.

#### Список використаних джерел

1. Пат. №113082 Україна, МПК В24В 5/04. Спосіб шліфування ступінчастого вала зі схрещеними осями круга та деталі / Кальченко В.І., Кальченко В.В., Сіра Н.М., Кальченко Д.В. заявник та патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. – № u 2016 07167; заявл. 02.07.2017; опубл. 10.01.2017. Бюл. №1.

2. Кальченко В.В., Сіра Н.М., Кальченко Д.В., Аксьонова О.О. Дослідження процесу фрезерування циліндричних поверхонь зі схрещеними осями інструмента та вала. Технічні науки та технології: науковий журнал. 2018. № 4 (14). С. 18–27.

3. А.с. №874274 СССР, МКИ В23С 3/04. Способ фрезерования тел вращения / Д.М. Затуловский, В.А. Комаров, А.А. Михайлов, В.В. Плешаков; заявитель и патентообладатель Всесоюзный заочный машиностроительный институт №2784778/25-08; заявл. 25.06.79; опубл. 23.10.81, Бюл. №39.

4. Шліфувальні верстати. URL: <https://www.junker-group.com/grinding-machines/>.

5. NILES-SIMMONS Кемниц / Германия. URL: <https://niles-simmons.de/>.

6. Обладнання EMCО. URL: <http://technopolice.com.ua/emco/>.

---

УДК 621.9

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА

**Катюхов М. Р.**, ст. гр. МАТн-181, **Мандрико М. Ю.**, ст. гр. ММБп-191

Науковий керівник: **Кальченко В. В.**, д.т.н., проф. **Следнікова О. С.**, к.т.н.

*Національний університет «Чернігівська політехніка»*

Колінчастий вал є одним із основних складових кривошипно-шатунного механізму двигунів внутрішнього згорання. Від особливостей конструкцій вала залежить ефективність роботи двигуна: потужність, коефіцієнт корисної дії.

Основними конструктивними елементами колінчастого вала є опорні елементи (шийки) та шатунні шийки. Конструктори приділяють увагу формі та розмірам, як корінних так і шатунних шийок, оскільки від цих параметрів буде залежати працездатність автомобіля, а це означає відсутність задирів шийок, перегрів і розплавлення вкладишів колінчастого вала, знос отворів фланця вала під болти кріплення маховика. Тому дуже важливим є вибір матеріалу та способу кінцевої обробки робочих поверхонь деталі при проектуванні [1].

У машинобудуванні широко використовується обробка заготовок фрезеруванням. Фрезерування забезпечує виготовлення деталей з невеликими відхиленнями форми, розмірів, відносно малою шорсткістю поверхні і високу продуктивність обробки.

При обробці шатунних шийок, які відповідно до вимог технічних умов повинні мати необхідну кутову координацію, опорною технологічною базою є спеціально фрезеровані майданчики на щоках. Після закінчення виготовлення колінчасті вали зазвичай піддають динамічному балансуванню в зборі з маховиком.

У світі обробка колінчастих валів здійснюється на фрезерних верстатах з системою ЧПК. За один установ деталі можуть бути оброблені всі опорні шийки, торці і шатунні шийки. Із застосуванням профільних фрез одночасно з контуром можуть бути оброблені і фаски. Це дозволяє значно спростити технологічний процес обробки, зменшити трудомісткість виготовлення та кількість обладнання на лінії [2].

Розглянемо фрезерування валів в Німеччині на прикладі компанії Heller, а шліфування на прикладі компанії Junker. Обробка колінчастого вала відбувається автоматично на верстатах з системою ЧПК в яких задані параметри обробки, частота, час, та швидкість. Використовуються верстати з одним різальним інструментом або кількома (рис. 1, а), які працюють паралельно, це дві дискові фрези для обробки колінчастих валів з тангенціально (М641) і радіально розташованими пластинами (М642), деталь закріплена в патронах. З розробкою фрези (для торцевого фрезерування) з'явився новий спосіб розташування пластин на фрезах, це дозволило збільшити величину стружкової канавки і кількість ефективних зубів в порівнянні з традиційними фрезерними інструментами з тангенціальним розташуванням пластин, являється універсальним і продуктивним методом, який використовується в основному при обробці великих партій автомобільних колінчастих валів малих і середніх розмірів. Ця нова конструкція скоротила час обробки і поліпшила відведення стружки. Після завершення робіт верстат сам автоматично вимірює розміри поверхні мікрометром, після чого деталь йде на подальше шліфування та полірування шийок [3].

Верстат для некруглого шліфування JUCRANK виконує всі задачі по шліфуванню колінчастих валів [4]. Шліфування маятниковим методом в одному закріпленні та виробнича концепція верстата забезпечують максимальну точність та невеликий час циклу. Оптимальна