

УДК 621.9

В. О. Іванов, В. Є. Карпусь, І. М. Дегтярьов, В. Р. Богдан

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

*Розглядаються шляхи інтенсифікації механічної обробки автомобільних деталей складної форми на сучасному металорізальному обладнанні. Розроблено класифікацію деталей складної форми за конструкторсько-технологічними ознаками. Обґрунтовано доцільність інтенсифікації механічної обробки деталей типу важелів, проаналізовано типовий технологічний процес та виявлено можливості його оптимізації з урахуванням сучасних тенденцій механічної обробки та технологічних можливостей сучасного обладнання.*

*К л ю ч о в і с л о в а : автомобіль, деталі складної форми, важіль, технологічний процес, механічна обробка, точність.*

**Постановка проблеми.** На даному етапі розвитку промисловості світових держав однією з головних та пріоритетних галузей виробництва є автомобілебудування, яке динамічно розвивається [1]. Особливо це помітно у азійсько-тихоокеанському регіоні, де виготовляється більше половини загального світового обсягу автомобілів [2]. Складність конструкцій автомобілів зростає внаслідок ускладнення окремих деталей і складальних одиниць та збільшення вимог, що висуваються замовниками до їх якості. Традиційно кращі конструкторсько-технологічні рішення, насамперед, впроваджуються саме у галузі автомобілебудування, де зосереджені великий виробничий досвід, краще обладнання та відпрацьовані технології.

Разом із тим існує проблема інтенсифікації, підвищення якості та продуктивності технологічних процесів виготовлення деталей і вузлів автомобілів [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Деталі складної форми, як правило, обробляють на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах із ЧПК. З усіх деталей, які обробляють на верстатах цієї групи, деталі складної форми становлять 36 % від усього обсягу, а трудомісткість їх виготовлення складає 24 % [4].

До класу деталей складної форми відносяться важелі, кронштейни, вилки, шатуни, кулісні, тягові та інші деталі, які входять до класу 74 за ЄСКД 1.79.100 ОК 012-93. Вони характеризуються складною просторовою формою та наявністю великої кількості поверхонь, розташованих у різних площинах під різними кутами. Хоча деталі і мають складну просторову геометричну форму, проте, елементарні поверхні, що її утворюють, достатньо прості. Зазвичай вони складаються з отворів циліндричної або конічної форми, що можуть мати шпонкові пази, а також площин, уступів тощо. Деталі даного класу характеризуються складністю схем базування та закріплення і недостатньою інструментальною доступністю, що обумовлено складним розташуванням поверхонь у просторі. Це створює проблему виконання багатокординатної обробки деталей на металорізальному обладнанні та необхідність інтенсифікації технологічних процесів (ТП) їх виготовлення [5].

Конструктивні особливості деталей складної форми досліджено у праці [6], де виконано статистичний аналіз та проаналізовано специфікації механізмів автомобілів седан ГАЗ 3102 і позашляховик ВАЗ 2121 (LADA 4x4), які були розроблені наприкінці ХХ ст., а також автомобілів LIFAN LF-7162 Solano та Hyundai Accent, спроектованих в останній період.

**Метою статті** є обґрунтування доцільності інтенсифікації механічної обробки деталей типу важелів на основі розробленої конструкторсько-технологічної класифікації автомобільних деталей складної форми, а також аналіз типового ТП їх виготовлення та виявлення можливості його оптимізації з урахуванням тенденцій механічної обробки і технологічних можливостей металорізального обладнання.

**Виклад основного матеріалу.** Існуюча класифікація лише за конструкторськими ознаками класифікатора ЄСКД 1.79.100 ОК 012-93 не відображає технологічні аспекти, які особливо важливі під час проектування виробничих процесів. Тому у новій класифікації необхідно розглянути конструкції важелів, які широко використовують у автомобілях, з урахуванням технологічних аспектів їх виробництва. Шляхом комплексного аналізу деталей типу важелів, виконаного на основі вищезазначеного класифікатора деталей та основних технологічних ознак, запропоновано конструкторсько-технологічну класифікацію за ознаками, які наведені нижче.

За кількістю плечей важелі можуть бути одноплечі, двоплечі, з трьома та більше плечами, що визначає складність конструкції та сферу використання. Плечі важелів можуть розташовуватися паралельно, перпендикулярно та під деяким довільним кутом із відношенням довжин плечей менше або більше 0,5, що суттєво впливає на складність конструкції деталі та схему базування.

Важелі можуть мати такі найбільш уживані функціональні елементи як вилка, хомут або будь-який інший елемент (наприклад, елемент зубчастого зачеплення у вигляді сектора), або ж не мати в конструкції функціональних елементів взагалі. Зазвичай важелі мають одну або декілька конструкторських баз, які можуть бути паралельні або непаралельні одна до одної, що принципово визначає схему базування при механічній обробці. Базові поверхні у поперечному перерізі можуть бути круглими, некруглими та комбінованими, що обумовлює форму базових поверхонь установлювальних елементів. За довжиною базових поверхонь деталі поділяють на важелі з довгими ( $l/d > 1$ ) та короткими ( $l/d < 1$ ) базовими поверхнями, що принципово визначає спосіб їх базування при механічній обробці та конструкцію верстатного пристрою (ВП).

За службовим призначенням розрізняють важелі з високою (ІТ6 – ІТ7), середньою (ІТ8 – ІТ10) та низькою (ІТ11 – ІТ14) розмірною точністю базових поверхонь, якими, як правило, є отвори та торцеві поверхні. Виготовлення базових поверхонь із високою точністю за інших рівних умов гарантує більш надійну і довговічну роботу деталі та виробу в цілому. Відстані між осями отворів основних і допоміжних баз важелів повинні відповідати розрахунковим значенням, а відхилення залежать від заданої точності та знаходяться у діапазоні (0,025... 0,1) мм. Похибка форми не повинна перевищувати 40... 60 % поля допуску на відповідний розмір. Точність взаємного розташування поверхонь важелів також відіграє важливу роль. Так, паралельність осей отворів відповідає допустимому відхиленню (0,05... 0,3)/100 мм, а перпендикулярність отворів до плоских поверхонь важелів – (0,1... 0,3)/100 мм.

За габаритними розмірами важелі поділяють на малі (менше 50×50 мм), середні (50×50... 200×200 мм) та великі (більше 200×200 мм), що визначає габаритні розміри ВП та необхідний робочий простір верстата.

За масою важелі класифікують на легкі (менше 1 кг), середні (1... 10 кг) та важкі (більше 10 кг), що також певною мірою визначає технологічні характеристики верстатів, на яких буде виконуватися механічна обробка.

Важелі виготовляють зі сталей марок 35, 40, 45, 40Г, 50Г, 40Х, 50Х та ін., чавунів марок СЧ20, СЧ30, КЧ35-10 та ін., легких кольорових сплавів марок АЛ4, Д16Т, а також неметалевих матеріалів [5]. Вид і марка матеріалів впливають на вибір різального інструменту та режимів різання при механічній обробці.

У машинобудуванні найчастіше використовують великі важелі з габаритними розмірами 160... 630 мм. Вони складають 76 % від загальної кількості деталей, а за відношенням довжини деталі до її ширини ( $< 1,6$ ) – 60 %. Близько 65 % деталей від загальної кількості потребують досягнення шорсткості поверхонь 0,8 мкм за критерієм Ra.

На основі аналізу конструкцій важелів, що використовують в автомобілях різних моделей (див. рис. 1), визначена типова конструкція важеля (див. рис. 2), яка використовується в механізмах передньої підвіски автомобіля. Важіль даної конфігурації входить у конструкцію транспортного засобу будь-якого призначення, що містить механізм повороту коліс (легкового чи вантажного автомобіля, трактора або автобуса), та може відрізнятися лише типорозмірами і незначною зміною форми.

Особливістю даної деталі є наявність двох плечей, як правило, різної довжини, центрального базового отвору більшого діаметра та двох менших отворів, що можуть бути розташовані під кутом до нього та один до одного.

Деталі даного типу є дуже важливими елементами конструкції автомобіля, що обумовлює собівартість їх виготовлення, оскільки надійність важелів безпосередньо впливає на безпеку руху транспортного засобу. Наприклад, такі недоліки підвіски автомобіля, як порушення кута установлення передніх коліс та деформації важелів підвіски, можуть призвести до втрати керування і виникнення аварійної ситуації на дорозі. Тому якості виготовлення деталей типу важелів треба приділяти особливу увагу.

Якість роботи будь-якого виробу залежить від технології виготовлення його складових. Більшість деталей типу важелів мають складну геометричну форму, що створює певні труднощі базування та закріплення заготовок під час операцій механічної обробки. Традиційно для установлення заготовок застосовують спеціальні або гнучкі ВП (як правило, універсально-збірні пристрої), що забезпечують задану точність обробки поверхонь (див. рис. 3).

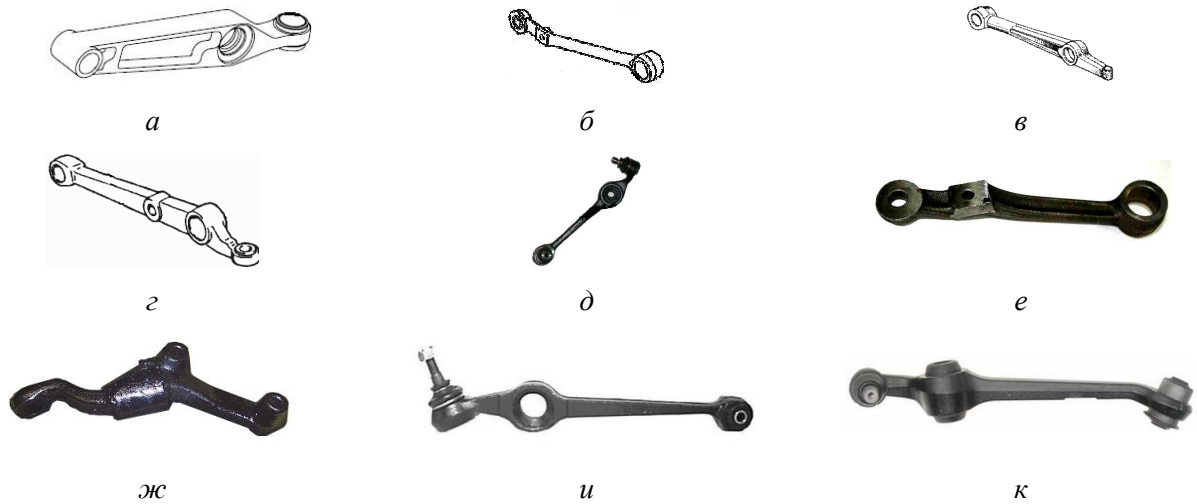


Рис. 1. Важелі передньої підвіски автомобілів: *а* – CHANA Benni; *б* – ГАЗ-31029; *в* – Mercedes E200; *г* – ВАЗ 2108-09; *д* – Ford Escort; *е* – ГАЗ 3102; *ж* – ВАЗ 2121(LADA 4x4); *и* – LIFAN LF-7162 Solano; *к* – Hyundai Accent

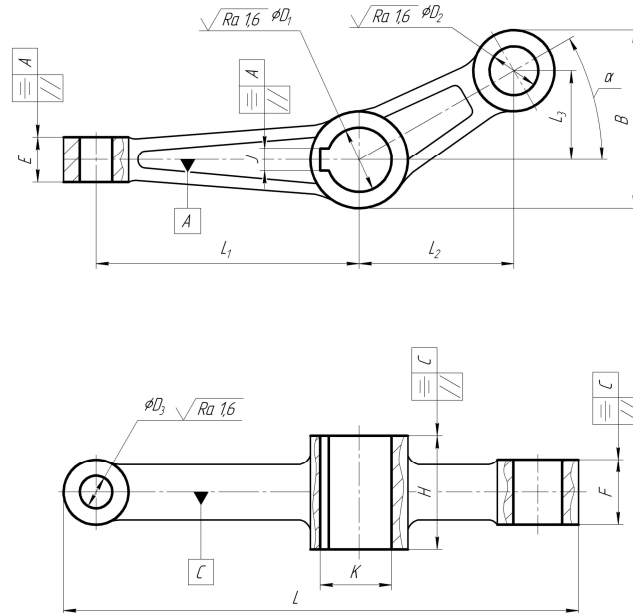


Рис. 2. Типова конструкція важеля



Рис. 3. Верстатні пристрої для установлення деталей типу важелів: *а* – спеціальний; *б* – збірний

Актуальною є оптимізація структури ТП на основі прогресивних тенденцій механічної обробки та технологічних можливостей сучасного металорізального обладнання. Типовий ТП обробки важелів складається, як правило, з 10 операцій, з яких 8 – операції механічної обробки (табл. 1). На всіх операціях механічної обробки здійснюється переустановка заготовки зі зміною схем базування як між операціями, так і на різних установках у межах конкретної операції, наприклад, операція 05 вертикально-

фрезерна, що призводить до накопичення похибок установлення в цілому, та як наслідок – до зниження точності взаємного розташування поверхонь деталі. Під час кожної операції проводиться обов'язкове вивіряння положення деталі для аналогічної схеми базування, а це суттєво збільшує допоміжний час, отже, і собівартість деталі, що в умовах сучасного виробництва особливо небажано.

Т а б л и ц я 1

*Структура типового технологічного процесу обробки важеля*

№ операції	Найменування операції	Зміст операції
05	Вертикально-фрезерна	Фрезерування торця бобишки головного отвору з припуском під шліфування.
		Фрезерування іншого торця бобишки головного отвору з припуском під шліфування.
10	Вертикально-свердлильна	Свердління та зенкерування головного отвору з припуском під розточування.
15	Координатно-розточувальна	Розточування головного отвору до розміру згідно з креслеником.
20	Вертикально-фрезерна	Фрезерування бобишки допоміжного отвору, розташованого паралельно головному, до розміру згідно з креслеником.
		Фрезерування іншої бобишки допоміжного отвору, розташованого паралельно головному, до розміру згідно з креслеником.
25	Вертикально-свердлильна	Свердління та розвертання допоміжного отвору, розташованого паралельно головному, до розміру згідно з креслеником.
30	Горизонтально-розточувальна	Фрезерування бобишки допоміжного отвору, розташованого перпендикулярно головному, до розміру згідно з креслеником, свердління та розвертання даного отвору до розміру згідно з креслеником.
		Фрезерування іншої бобишки допоміжного отвору, розташованого перпендикулярно головному, до розміру згідно з креслеником.
35	Довбальна	Довбання шпонкового паза в головному отворі.
40	Термічна обробка	Гартування важеля до досягнення необхідних механічних властивостей відповідно до технічних вимог кресленника.
45	Плоско-шліфувальна	Шліфування торцю бобишки головного отвору до розміру згідно з креслеником.
		Шліфування іншого торця бобишки головного отвору до розміру згідно з креслеником.
50	Технічний контроль	Остаточний контроль усіх розмірів.

Враховуючи багатоміномієнклатурний характер сучасного виробництва, а також можливості металорізального обладнання, що дозволяє виконувати комплексну обробку деталей, необхідно змінювати підходи до проектування ТП обробки деталей, прагнучи до її інтенсифікації. Основним резервом підвищення інтенсивності та продуктивності обробки є впровадження ВП [7], які характеризуються високим ступенем гнучкості та дозволяють реалізувати принципово нові схеми установлення деталей, забезпечуючи максимальну інструментальну доступність. Пропонується вдосконалити ТП виготовлення деталей типу важелів шляхом об'єднання технологічних операцій 05... 30 в одну – комплексну, яка виконується на оброблювальному центрі з ЧПК (див. рис. 4), тобто скоротити ТП на п'ять операцій. Інші операції типового ТП, які включають термічну обробку, плоскошліфувальну та довбальну операції, недоцільно змінювати або об'єднувати, оскільки вони несумісні з іншими методами. Обробка важеля на комплексній операції із ЧПК виконується із застосуванням трипозиційного ВП.

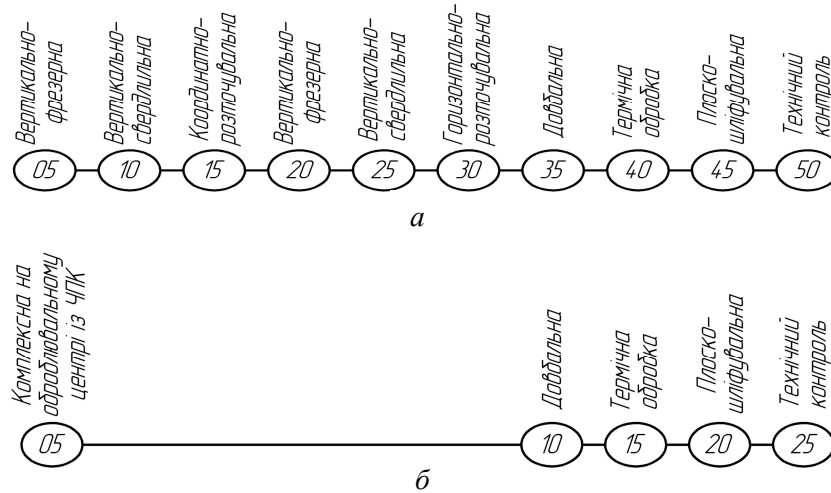


Рис. 4. Порівняння технологічних маршрутів обробки деталі “важіль”:  
 а – типовий технологічний процес; б – запропонований технологічний процес

Для кількісного порівняння типового та запропонованого ТП обробки важеля виконано розрахунок технічних норм часу на операції, які в обох ТП не співпадають, тобто операції 05... 30 типового та операція 05 запропонованого ТП. Порівняння ТП виконувалося за такими параметрами: кількість ВП, що застосовуються на даних технологічних операціях; металомісткість ВП; кількість установлень та переустановлень заготовки; кількість одиниць обладнання та виробнича площа.

Розрахунок режимів різання та норм часу виконано відповідно до методики [8]. Для розрахунку норми штучно-калькуляційного часу прийнято виробничу партію деталей у кількості 50 шт., виготовлених зі сталі 40ХН ГОСТ 4543-71. Результати порівняльного аналізу зведено в табл. 2.

Т а б л и ц я 2

Порівняльний аналіз технологічних процесів

Параметр (характеристика)	Типовий ТП	Запропонований ТП	Кількісний ефект	Відсотковий ефект, %
Елементи норми часу на операцію:				
– основний час, хв	2,86	2,86	0	0
– допоміжний час на установлення, хв	7,08	0,59	6,49	1200
– допоміжний час на вимірювання, хв	0,67	0,67	0	0
– допоміжний час пов’язаний із операцією, хв	5,03	2,34	2,69	210
– час на обслуговування робочого місця та особисті потреби, хв	1,41	0,58	0,83	240
– підготовчо-заклучний час, хв	113,1	21,1	92	540
– штучний час, хв	17,05	7,04	10,01	240
Кількість ВП, шт.	2	1	1	200
Металомісткість ВП, кг.	24,8	4	20,8	620
Кількість установлень та переустановлень заготовки, рази	9	1	8	900
Кількість одиниць обладнання, шт.	4	1	3	400
Виробнича площа, кв.м.	26,8	8,6	18,1	310

Таким чином, як видно з табл. 2:

– основний час в обох випадках однаковий, оскільки застосовані однакові інструменти та режими обробки;

– допоміжний час на установлення у типовому ТП характеризується більшою трудомісткістю, оскільки необхідно установлювати та переустановлювати заготовки на різних операціях, на відміну від одного установлення у запропонованому ТП;

- допоміжний час на вимірювання в обох ТП аналогічний, тому що кількість поверхонь, що вимірюються, однакова;
- норми допоміжного часу, пов'язаного з операцією, часу на особисті потреби та відпочинок, а також підготовчо-заключного часу у типовому ТП більші, ніж у запропонованому, у зв'язку з більшою кількістю операцій та робочих місць;
- штучний час обробки однієї деталі за типовим ТП приблизно вдвічі більший, ніж за прогресивним, оскільки включає всі попередні норми часу, окрім підготовчо-заключного;
- штучно-калькуляційний час обернено пропорційно залежить від кількості деталей у партії, тому для невеликих партій він суттєво збільшується, порівняно зі штучним.

### **Висновки**

1. Запропоновано ТП, який дозволяє скоротити витрати часу та кількість засобів технологічного оснащення, а також збільшити продуктивність виготовлення деталей типу важелів у результаті підвищення рівня концентрації технологічних операцій шляхом застосування оброблювального центру з ЧПК.
2. Ефективне застосування багатоцільового оброблювального центру з ЧПК пов'язане з використанням гнучких ВП, тому актуальною є проблема розроблення ВП, які забезпечуватимуть необхідні схеми базування заготовок, максимальну інструментальну доступність і достатню жорсткість.
3. Розроблена класифікація деталей типу важелів, яка відображає конструкторські та технологічні ознаки деталей, створює передумови для автоматизованого проектування структури гнучких ВП.

### **Список використаних джерел**

1. Автомобильный рынок России и СНГ. Обзор отрасли [Текст]. – К. : Ernst & Young. – 2013. – 32 с.
2. Бубнов, Ю. В. Анализ мирового рынка легковых автомобилей [Текст] / Ю. В. Бубнов, А. А. Кизим, Н. О. Старкова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – № 04(088). – С. 395–406.
3. Інтенсифікація процесів механічної обробки [Текст] : монографія / В. Є. Карпуть, В. О. Іванов, О. В. Котляр та ін.; за ред. В. Є. Карпуся. – Суми : Сумський держ. ун-т, 2012. – 436 с.
4. Карпуть, В. Е. Современные требования к технологической оснастке станков с ЧПУ [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – 2008. – № 22. – С. 23–35.
5. Технологія машинобудування [Текст] : навч. посіб. / Є. О. Горбатюк, М. П. Мазур, А. С. Зенкін, В. Д. Каразей. – Л. : Новий Світ-2000, 2009. – 358 с.
6. Иванов, В. А. Конструктивные особенности деталей сложной формы в структуре автомобиля [Текст] / В. А. Иванов, И. М. Дегтярев // Прогрессивные технологии и процессы : сб. ст. Междунар. молодежной науч.-техн. конф., Курск, 25–26 сент. 2014 г. – Курск. – С. 238–243.
7. Карпуть, В. Е. Универсально-сборные перенастраиваемые приспособления [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов // Вестник машиностроения. – 2008. – № 11. – С. 46–50.
8. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] : справочник : в 2 т. / А. М. Дальский, А. Г. Сулова, А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 944 с.

*Стаття надійшла до редакції 07.04.2015 р.*