

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА

УДК 621.9.06

Д.О. Дмитрієв, Ю.М. Кузнєцов, Г.Ю. Діневич

ПРИНЦИПИ КОМПОНОВОК ВЕРСТАТІВ З МЕХАНІЗМАМИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

У статті сформульовано і обґрунтовано основні положення концепції проектування та створення каркасних компонок нових верстатів з механізмами паралельної структури.

Вступ. Удосконалення та розширення компонок верстатів з механізмами паралельної структури (МПС) можливо за рахунок використання каркасних та оболонкових конструкцій, побудованих як під конкретні технологічні вимоги, так і з використанням уніфікованих вузлів та компонентів. В рамках концепції [2, 3] це досягається шляхом того, що осі несучого каркасу, до яких примонтовані механізми поступового руху повзунів і їх точки перетину в компоновці верстату розташовані таким чином, щоб утворювати просторовий багатогранний каркас, а кількість штанг та напрямних змонтованих на ребрах каркасу може бути збільшено до необхідної кількості приводів, що дозволяє досягти збільшення функціональності виконавчого органу з відносним зниженням масово-габаритних характеристик загальної компоновки, підвищення її жорсткості і розширення технологічних можливостей верстату. В даній роботі викладені основні положення концепції проектування нових компонок верстатів з МПС, що узагальнюють попередні публікації і розробки авторів.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Широке дослідження МПС почалися в 60-х роках минулого сторіччя з вивчення суто кінематичних властивостей структур з декількома замкненими ланцюгами, що працюють одночасно. Основу в цьому заклали І.І. Артоболевський, В.О. Астанін, В.А. Глазунов, А.Ш. Колісдор, А.І. Корендяєв, Ф.М. Діментберг, Е.І. Воробьов, К. Cappel, J. Denavit, V. Gough, C. Gosselin, J. Gwinnett, К.Н. Hant, D. Stewart, К. Sugimoto, М. Nakagawa та інші. В даних дослідженнях, насамперед, розв'язувались теоретичні питання синтезу широкого класу просторових механізмів, визначення функції, що зв'язує положення вхідних і вихідних ланок та їх особливих "мертвих" положень; визначення надлишкових кінематичних зв'язків; аналітичні розв'язки для прямої і зворотної задачі кінематики; визначення робочого простору. Підвищені маніпуляційні властивості МПС визначили наступний етап їх розвитку – застосування у робототехнічних системах. У даному напрямку проводили дослідження такі відомі вчені, як К.І. Заблонський, І.Т. Монашко, Б.М. Щекін, R. Clavel, L. Tsai, J.-P. Merlet, R. Stamper. МПС стали застосовувати для операцій контролю, зварювання, в якості координатно-вимірювальних машин, пристроїв, що виконують розвантажувально-завантажувальні роботи.

Починаючи з 80-х років розширюються межі застосування МПС. Їх починають вводити у склад металообробного обладнання для виготовлення складнопрофільних деталей. Перші випробування стосуються верстатів-гексаподів, що побудовані на основі класичної платформи Стюарта. Дослідженням МПС як верстатів присвячено ґрунтовні наукові роботи В.Л. Афоніна, А.Ф. Крайнева, В.В. Бушуєва, В.А. Крижанівського, Ю.М. Кузнєцова, І.І. Павленко, П.В. Подзорова, Ю.В. Подураєва, В.І. Сидорко, В.Б. Струтинського, І.Г. Хольшева, I. Bonev, J S.Chen, U.Heisel, M.Honegger, R. Katz, L. Kubler, M.Valasek та інших.

Основна частина. Наведемо систему основних поглядів для реалізації технічних рішень згідно вимог до нового металообробного обладнання у світі сучасних тенденцій верстатобудування.

ПОЛОЖЕННЯ 1 (багатоваріантність) – формалізований процес проектування верстатів з МПС. Основним приймається багатоваріантність розташування напрямних на несучій основі верстату як геометричних операторів у полі компоновки. Розглянемо процес проектування верстатів з МПС як деякої технічної багатоврівневої системи [1], що задається виконанням функцій

$$\Pi = F_T \wedge F_G \wedge F_l \wedge F_m,$$

де F_T – множина технологічних задач; F_G – побудова наджорстких стрижневих структур із напрямних у просторі компоновки; F_l – умови з'єднання шарнірних стрижневих систем; F_m – множина функціональних верстатних модулів, що доповнюють компоновку.

Функція F_T встановлює відповідність між множиною оброблюваних деталей та їх поверхонь з формоутворюючими рухами ВО верстату з МПС, що обумовлює тип операції

$$\forall (P \in D) \exists (w \in W) \Leftrightarrow p_i \underset{D}{\forall} P \underset{W}{\exists} w,$$

де $P = \{p_1, \dots, p_j\}$ - множина поверхонь, що підлягають обробці; D - множина деталей; $W = \{w_1, \dots, w_j\}$ - множина ступенів вільності ВО та їх комбінацій. Тому $F_T : D \times P \rightarrow W (X \vee Y \vee Z \vee A \vee B \vee C)$.

Функція $F_G : G \times N$ встановлює зв'язок між жорсткістю і компактністю компоновки, задається кількістю напрямних й умовами їх розташування як в просторі, так і між собою. При цьому $G = \{g_1, \dots, g_j\}$ - множина конструкцій напрямних, $N_g \in G$ - підмножина як область змінної G геометричних параметрів положення й орієнтації систем координат напрямних.

Функція $F_i : \bigwedge_{i=1}^5 K_i$ задається кінематичними властивостями множини шарнірних з'єднань та обмежень відповідного класу, де K_i - множина кінематичних пар, i - клас кінематичної пари.

Багатоваріантність компоновок одного технологічного призначення обумовлено різноманітністю геометричних форм просторової композиції функціональних і конструктивних верстатних модулів, а також характером формоутворення на металообробних верстатах, що виконується за рахунок відносних рухів заготовки й інструменту. Один і той же відносний рух формоутворення може бути реалізовано при різному розташуванні рухомих блоків компоновки відносно один одного і стаціонарного блоку.

ПОЛОЖЕННЯ 2 (*каркасність несучої системи*) - використання малометалоємних жорстких блоків для розташування модулів і напрямних в компоновці обладнання з МПС [4]. Аналіз відомих компоновок верстатів з МПС, які використовують штанги постійної довжини, свідчить про те, що практично всі вони обмежені призматичною формою несучої системи з елементами закріплення напрямних для кареток (масивні колони, оболонки у вигляді колодязів, надбудови - естакади, масивні траверси тощо). Враховуючи складність будови верстатів з передавальними стрижневими системами, концепція передбачає, що структура компоновки таких верстатів може бути розкрита всебічно тільки при багаторівневому і поетапному описанні конструктивних компоновок із застосуванням розрахункової техніки. Тоді як символічний запис формул координатної і базової компоновок верстатів з МПС тільки частково відбиває їх будову при аналізі. Для створення опису про стаціонарний блок запропоновано кодування опорних з'єднань МПС і каркасу нерухомого блоку, на якому він базується, у вигляді бінарних відношень двох матриць, а саме тривимірної матриці каркасу нерухомого блоку $\|HB\|$ із напрямними і тривимірної матриці робочого поля заготовки $\|3pn\|$ [1, 2]. Між матрицями $\|3pn\|$ і $\|HB\|$ існує функціональний зв'язок $F(L_{i=N-n}) \subset \|\|3pn\| \cap \|HB\|\|$ у вигляді стрижневої системи (штанги змінної або постійної довжини). Одні кінці штанг розташовані в області стаціонарного блоку $\|HB\|$ на напрямних і належать характерним точкам цього простору $F(L_n) \subset \|HB\|$, а інші кінці цих штанг знаходяться в області заготовки $F(L_n) \subset \|3pn\|$ на рухомій платформі, або ВО, що і визначає його положення в області $\|3pn\|$. Порядок n матриць $\|3pn\|$ і $\|HB\|$ визначає вимір просторів заготовки і стаціонарного блоку та може приймати будь які значення з кроком між проміжними точками i, j, k , що також може приймати довільні значення для обох просторів окремо $\|3pn\|^{n(i) \times n(j) \times n(k)} \neq \|HB\|^{n(i) \times n(j) \times n(k)}$, так і у власному просторі $n(i) \neq n(j) \neq n(k)$. Імовірно 12 варіантів розташування об'ємів $\|HB\|$ і $\|3pn\|$, що враховують як геометричне положення, так і орієнтацію поля $\|3pn\|$ відносно поля $\|HB\|$. Над матрицями $\|3pn\|$ і $\|HB\|$ у компоновці верстату з МПС виконуються логічні і математичні операції. Перші характеризують якісний зв'язок між ними, а другі кількісний (конструктивний). Система штанг $F(L_{i=N-n})$ у даному визначенні виступає математичним оператором між $\|3pn\|$ і $\|HB\|$. Абсолютне значення довжини штанг при цьому у рахунок не береться. При зміні значень i, j, k у просторі $\|3pn\|$ або $\|HB\|$ та параметрів $F(L_{i=N-n})$ у співвідношеннях $\|\|3pn\| \cap \|HB\|\|$ виникає можливість утворення нових компоновок верстатів з МПС, що повинні бути узгоджені з символічним записом відповідної структурної формули компоновки. Таким чином, символічний запис структурної формули, що відбиває образ компоновки, складається із варіації співвідношень в залежності $F(L_{i=N-n}) \subset \|\|3pn\| \cap \|HB\|\|$. І навпаки, необхідне зворотне перетворення будь-якої структурної формули до образу компоновки у систему $F(L_{i=N-n}) \subset \|\|3pn\| \cap \|HB\|\|$.

ПОЛОЖЕННЯ 3 (*гібридність*) - поєднання спільних переваг традиційних структур і МПС. Аналіз конструкцій і компоновальних схем верстатів, які виготовляються з паралельною кінематикою, показав, що перевагу фірми віддали першій групі верстатів - зі змінно-керованою довжиною штанг, відмовившись від переваг традиційних компоновок. У той же час кращі рішення, мабуть, знаходяться між традиційними компоновками і верстатами першої групи, де ВО у вигляді інструментальних систем

розміщені на платформах, шарнірно зв'язаних з основою через штанги постійної довжини, як це реалізується у верстатах другої групи. Саме такий третій підхід при агрегатно-модульному принципі побудови компоновок та окремих компонентів верстатів з МПС закладений у пропоновану концепцію з метою отримання верстатів гібридних структур, що по кількості керованих координат не поступаються верстатам-гексаподам [3].

Побудова гібридних структур у верстатобудуванні явище не нове, але не достатньо розвинуте з точки зору компонентики – властивостей взаємозв'язків модулів у модульному комплекті обладнання. Зазвичай, традиційними координатними модулями (обертіві шпіндельні головки, програмно-керовані верстатні столи) доповнювали МПС у кінці координатної гілки, що знаходиться ближче до оброблюваної деталі, від чого втрачався загальний ефект використання МПС і нарощувались габарити та металоємність обладнання.

ПОЛОЖЕННЯ 4 (*симетричність компоновки*) - прагнення до симетричного і збалансованого за масою розташування модулів блоків у компоновці обладнання з МПС. Каркасні компоновки верстатів з МПС відповідають множинам комбінацій розташування стійок каркасу компоновки. Каркасна компоновка будь-якого верстату для розташування напрямних складається з нижньої і верхньої основи, зведеної до мінімальних розмірів, а саме: точки, лінії, або будь-якого плоского багатокутника, круга чи каркасу багатогранника при виконанні нижньої основи у формі такого ж або іншого багатокутника, чи круга. Несуча нерухома частина верстату має форму каркаса з вертикальними і нахиленими стійками, а вісі стійок каркасу паралельні, перехрещені, або мають спільні точки перетинання на нижній і верхній основі та можуть бути розташовані над або під рухомою платформою з ВО, при цьому механізми поступового руху монтуються як на стійки просторового каркасу, так і в площині між осями стійок [4].

Властивості симетрії дозволяють виконувати якісні перетворення компоновок і кількісні перебудови окремих модулів у середині компоновки математичними методами обертання і відбиття стосовно осей і площин симетрії.

ПОЛОЖЕННЯ 5 (*модульна будова компоновки*) – використання єдиних модульних блоків (функціональних і конструктивних) для направлено створення обладнання з МПС з заданими технічними характеристиками. Модульне проектування дозволяє створювати нове високопродуктивне обладнання для оптимальної обробки заготовок, а не підводити процес під можливості вже наявного обладнання. Модуль характеризується найменшим можливим числом зв'язків для приєднання до нього нових модулів. Обмежена номенклатура модулів забезпечує безліч різних компоновок верстатів шляхом різноманіття сполучень і положень модулів. Основна перевага модульного принципу – наявність потенційної можливості забезпечити попереднє (до початку проектування) впорядкування складу елементів технічної системи.

Аналіз структурних схем технологічного обладнання з паралельною кінематикою показує, що все воно складається з визначеної кількості відповідних модулів [2]. Вибір конкретної модифікації технологічного обладнання залежить від комплексу технологічних задач, маси та габаритних розмірів деталі, її конструктивної форми, кількості сторін, які обробляються.

ПОЛОЖЕННЯ 6 (*візуальне комп'ютерне моделювання при створенні компоновок*) – забезпечення швидкої оцінки кінематичних властивостей і перевірка якісних показників обладнання з МПС, що можуть включати будь-яку кінематичну схему розташування приводних ланок у компоновці. Візуалізація формоутворюючих рухів кінематичних ланок МПС є невід'ємною складовою у проектуванні нових компоновок верстатів з паралельною кінематикою. Використання потужних програмних систем для розрахунку кінематичних і динамічних характеристик майбутніх високотехнологічних верстатів, яких у даний час декілька, дозволить скоротити час на їх розробку і знайти оптимальні компоновки. Однак розвиток програмних середовищ напряму залежить від удосконалення алгоритмів розрахунку властивостей МПС. Для створення ієрархічно зв'язаних комп'ютерних моделей верстатів з МПС необхідно визначити форми математичного описання рухів ланок механізмів як перетворень геометричної системи і реалізувати алгоритми керування ВО програмно [5].

Порівняння якості компоновок. Технологічне обладнання повинно відповідати вимогам експлуатації тому, що це визначає ефективність його використання і відповідає вимогам виробництва. Ці вимоги неоднозначні. Кожна категорія вимог може містити окремі види вимог, які складаються з комплексів конкретних вимог до проєктованих окремих моделей з різною розмірністю. Задача вибору компоновки формулюється наступним чином: для заданого верстату (групи верстатів) оптимальна компоновка деякої конфігурації, необхідне порівняння двох альтернатив (об'єктів) за багатьма критеріями різної значущості (ранга) і визначення, який краще і на скільки.

В основу багатокритеріального аналізу компоновок покладено експертні оцінки і евристичні логічні правила, а саме принцип попарного порівняння альтернатив за декількома критеріями. Процедuru оцінки розділяють на два етапи. На першому, виконується співставлення значень критеріїв (показників), що характеризують кожен компоновку окремо. На другому етапі при порівнянні двох компоновок задають

множину логічних оцінок, що характеризує якісне відношення однієї до другої. Таким чином, побудова компоновки задається моделлю, де на вході елементи, що характеризують умови експлуатації $P_{(ye)} = \{P_{(ye)1}, P_{(ye)2}, P_{(ye)3}, \dots, P_{(ye)n}\}$, а на виході система рішень побудови компонуваної схеми $P_{(p)} = \{P_{(p)1}, P_{(p)2}, P_{(p)3}, \dots, P_{(p)m}\}$.

Використовується комплексний показник, який містить декілька одиничних з приведенням їх до однорідного вигляду

$$K = \sum_{i=1}^n \alpha_i K_i \rightarrow \max, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \quad \text{де } K_i - i\text{-й критерій; } \alpha_i - \text{ваговий коефіцієнт } i\text{-го критерію; } i=1 \dots n.$$

Для аналізу беруть показники, які входять у протиріччя один з одним при виконанні порівнянь компонок. Приведення окремих показників (критеріїв) до однорідного виду виконується при оцінюванні їх по єдиній впорядкованій послідовності по принципу: більш вигідному значенню показника відповідає більша вага. Окремі показники із збереженням їх фізичної суті приводять до однорідного безрозмірного вигляду, коли кожний з них в ідеальному випадку прагнув до 1 інтервалі 0-1 (табл. 1).

Таблиця 1

Складові комплексного показника якості компоновки верстату з МПС на різних рівнях проектування ([] – допустиме граничне значення)

Якісні показники робочого органу										
Жорсткість робочого органу		Функціональність МПС					Економічність			
C_{po}		Φ_{po}					E_{po}			
Кількісні показники компоновки										
Податливість каркасу		Кількість ступенів вільності	Габарити робочого простору	Запас міцності елементів	Технологічність		Складність		Габарити (площа компоновки)	Металоємність
Податливість від навантаження	Податливість від перепаду температур				Багатопозиційність	Багатоінструментальність	Кількість модулів	Відносна трудомісткість виготовлення		
K_C	K_{CT}	K_{CB}	K_{RP}	K_{3M}	$K_{БП}$	$K_{БИ}$	$K_{МД}$	$K_{ТВ}$	$K_{ГВ}$	$K_{МВ}$
Приведення до однорідного виду										
$1-\delta_w/\delta$	$1-\delta_{тв}/\delta$	$6/W$	$V_{вр}/V_{рп}$	$\sigma/[\sigma]$	$1/\Sigma N$	$1/\Sigma I$	$1-6/\Sigma M$	$1-T/T_o$	D_w/D_H	$1/\Sigma g_M$
Рівні синтезу, де показник формалізується (I - спосіб, II - структура, III - схема, IV – конструкція)										
III-IV	III-IV	I-IV	III-IV	III-IV	I-IV	I-IV	I-IV	II-IV	III-IV	II-IV

При оптимальному проектуванні компонок верстатів з МПС на різних рівнях синтезу необхідно систематично враховувати всі фактори, що впливають на об'єкт проектування. В табл. 2.7 увійшли основні показники, що можуть бути формалізовані з II-го по IV-й рівень. На першому рівні показники компонок важко піддаються формалізації і в основному належать до способу обробки, тому і визначають тільки ті параметри, що пов'язані з формоутворенням заданої деталі (групи деталей). Починаючи з II-го рівня (структура компоновки), з'являється можливість оцінити загальну трудомісткість виготовлення і металоємність конструкції, а на III-му і IV-му рівнях проводити оцінку силових і розмірних факторів компоновки. До того ж, на рівні розробки схем (III-й рівень синтезу) можна використовувати відомі залежності опору матеріалів для розрахунку податливості стрижневих систем (ферм, рам) класичними методами сил і переміщень, однак IV-ий рівень вимагає вже розрахункової техніки. Так, визначення динамічних характеристик компонок виконується вже на III-му рівні, наприклад, для наближеного визначення значень першої власної частоти конструкції, а на IV-му уточнення частот у сучасних САЕ-системах. Визначення показників середньої податливості МПС і приведення її до опорних точок робочого простору верстата теж можливе тільки після прийняття остаточної конструкції верстату, тоді як оцінка і порівняння компонок повинні виконуватись на стадії ескізного проектування. Разом з тим, вплив компоновки на якість технологічного обладнання проявляється у двох напрямках: по-перше, через структуру, правильний вибір якої забезпечує необхідну універсальність або спеціалізацію технологічного обладнання та його відповідність ряду технологічних та інших вимог: по-друге, через вибір раціональних конструктивних виконань, розмірних пропорцій та розташування вузлів у просторі технологічного обладнання, що забезпечує високі техніко-економічні показники якості компоновки. Все це свідчить про те, що на перших етапах оцінки компонок існують протиріччя, що вимагає від процесу пошуку виконання системи обмежень і деяких спрощень.

На III і I рівнях синтезу можливість використання комплексного критерію з часними кількісними показниками проводиться як перевірка умови, при якій зміна будь-якого часного показника якості компоновки

на одне і теж значення не змінює порядку переваги. Після приведення часних показників до однорідного нормалізованого вигляду необхідно виконати їх відносної значущості, тобто провести ранжирування показників

$$K_C \succ K_{CB} \succ K_{CP} \succ K_{MB} \infty K_{TB} \infty K_{TB} \succ K_{MD} \succ K_{BI} \infty K_{BP} \succ K_{CT} \succ K_{3M}$$

Відносну значимість кожного показника можна визначити ваговим коефіцієнтом α_i , що володіє властивістю адитивності $\alpha_C > \alpha_{CB} > \alpha_{CP} > (\alpha_{MB} + \alpha_{TB} + \alpha_{TB}) > \alpha_{MD} > (\alpha_{BI} + \alpha_{BP}) > \alpha_{CT} > \alpha_{3M}$; $\alpha_{MB} + \alpha_{TB} + \alpha_{TB}$; $\alpha_{BI} + \alpha_{BP}$.

Оцінюючи важливість критеріїв коефіцієнтами α_i по шкалі відношень з урахуванням дискретності шкали, яка дорівнює одиниці, виконуємо їх нормування, починаючи з найменш важливого:

$$1 < (3+3) < 7 < (8+8+8) < 25 < 26 < 27. \text{ Звідси } \alpha_{3M} = 1/118; \alpha_{CT} = 2/118; \alpha_{BP} = \alpha_{BI} = 3/118; \alpha_{MD} = 7/118; \alpha_{TB} = \alpha_{TB} = \alpha_{MB} = 8/118; \alpha_{CP} = 25/118; \alpha_{CB} = 26/118; \alpha_C = 27/118.$$

Маючи декілька структур, схем або конструкцій компонок і використовуючи відомі методики визначення числових характеристик їх показників, можна не важко проводити порівняльну оцінку для вибору найбільш ефективної компоновки.

Для каркасних компонок верстатів з МПС комплексний показник якості дає можливість на початковій стадії проектування отримувати найбільш раціональні форми несучої основи, положення і кількість напрямних на несучій основі в залежності від компоновочних факторів.

Висновки. Узагальнено принципи створення нового технологічного обладнання з МПС, які ґрунтуються на положеннях багатоваріантності, низької металоємності, симетричності, гібридності, модульності і принципах комп'ютерно-математичного візуального моделювання, що дозволяють отримати раціональну компоновку верстату МПС на ранніх стадіях проектування верстату. Викладені положення гібридних каркасних компонок дозволяють створити нові верстати з паралельною кінематикою, з потрібним ступенем вільності ВО для виконання багатофункціональних задач шляхом розподілу технологічних рухів між традиційною і паралельною структурами модулів. Виявлені основні групи каркасних компонок верстатів з МПС, які відповідають множинам комбінацій стійок каркасу компоновки. Запропоновано інтегральний показник якості компоновки, який побудовано на основі системи критеріїв оцінки каркасних компонок за допомогою вагових коефіцієнтів за показниками жорсткості, функціональності, металоємності.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дмитрієв Д.О. Компонетика верстатів з механізмами паралельної структури / Д.О. Дмитрієв // Науковий журнал "Технологічні комплекси". – №3. – 2011 – С.18-30.
2. Кузнецов Ю.М., Дмитрієв Д.О., Діневич Г.Ю. Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури/ Під ред. Ю.М. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 456 с.
3. Кузнецов Ю.Н., Дмитриев Д.А. Концепция гибридных компонок станков с параллельной кинематикой на модульном принципе // Материалы Международной научной конференции «Техника, технологии и системы Tekhsis 2009», Plovdiv, Technical University Sofia, P. 19-36.
4. Кузнецов Ю.Н. Диневич Г.Е., Дмитриев Д.А., Фиранский В.Б. Пирамидальные каркасные компоновки станков с параллельной кинематикой на модульном принципе // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових пр. – Краматорськ, вип. №24, 2009. – С.126-132.
5. Кузнецов Ю.Н., Дмитриев Д.А. Компьютерное моделирование и визуализация движений исполнительных органов станков с параллельной кинематикой // Тр. международной конференции "Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2008", КПИ, Киев. – 2008. – С. 265-276.

ДМИТРИЄВ Дмитро Олексійович – к.т.н., доцент кафедри основ конструювання Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– компонентика технологічного обладнання, зокрема верстатів з механізмами паралельної структури.

КУЗНЕЦОВ Юрій Миколайович – д.т.н., професор кафедри конструювання верстатів і машин НТУУ "Київський політехнічний інститут".

Наукові інтереси:

– розвиток металорізальних верстатів нового покоління, методика креативних методів навчання.

ДІНЕВИЧ Григорій Юхимович – доцент, декан факультету машинобудування Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– прогресивні методи і технології обробки металів.