

*Serhii Lapkovsky¹, Liudmyla Danylova², Volodymyr Frolov³,
Vasyl Prykhodko⁴, Maksym Gladyskiy⁵*

¹PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (Kyiv, Ukraine)

E-mail: Lapkovsky@ukr.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9870-9231>, ResearcherID: [HCH-3837-2022](https://orcid.org/HCH-3837-2022)

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (Kyiv, Ukraine)

E-mail: ldanylova@outlook.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4442-3959>, ResearcherID: [ADU-9265-2022](https://orcid.org/ADU-9265-2022)

³PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (Kyiv, Ukraine)

E-mail: v.k.frolov@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3697-286X>, ResearcherID: [ACH-0071-2022](https://orcid.org/ACH-0071-2022)

⁴PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (Kyiv, Ukraine)

E-mail: privas@bigmir.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1852-3777>, ResearcherID: [HDM-7277-2022](https://orcid.org/HDM-7277-2022)

⁵PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Manufacturing Engineering
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (Kyiv, Ukraine)

E-mail: gladsky@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4547-7131>, ResearcherID: [Q-1624-2017](https://orcid.org/Q-1624-2017)

GEOMETRIC ASPECT OF CHOOSING MODELS OF BASIC TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Now methodological aspect of choosing machine tools is still not worked out, we can clearly conclude that it is a very urgent task that needs a special attention and responsibility. The purpose of the article is to create methodological foundations for a more justified choice of models of metal cutting machines when designing technological processes of manufacturing parts. It is proved in the article that the geometry of surfaces is the dominant feature of the items in the solution of the problem of choosing a particular model of machine tool, which can provide a process for the manufacture of the part.

Keywords: choice; equipment; machine tool; part; geometric characteristics.

Fig.: 5. References: 8.

Relevance of the research topic. Synthesis of technological processes refers to the kind of design work, in which the end result is directly dependent on the correctness of the decision-making at every stage of the design. Throughout the set of solved design tasks the selection of main process equipment is very important, since it has a decisive influence on the degree of effectiveness of the design decisions [1; 2].

Selection of equipment for production is a very difficult task, and a good training and accumulated engineering expertise and special skills are needed for its solution. Every model of the equipment should be selected based on the specific needs and problems of production. It is necessary to solve the problem, based on factors such as the possibilities and needs of a particular enterprise [3, 4].

Formulation of the problem. In the development of engineering production various problems were constantly associated with the manufacture of products by cutting, in connection with which, in parallel with the process, the design of machine tools also constantly changed, developed and improved, which led to an enormous number of types and models of equipment [1; 3].

At the enterprises, the core process equipment includes a large number of machine tools and machining centers, which are designed to perform a variety of different technological challenges, and together constitute a complex technological production.

Like any industrial equipment, metal-cutting machine is the key part of the production process that determines the success and profits or losses and the failure of the company after the introduction of technological processes of manufacture [1; 3; 4]. On the basis of the above, and based on the fact that methodological aspect of choosing machine tools is still not worked out, we can clearly conclude that it is a very urgent task that needs a special attention and responsibility.

Analysis of recent research and publications. In modern industrial practice in the selection of main process equipment, design engineers are often guided only by their professional knowledge and experience, and sometimes simply rely on their own intuition. At first look, the

state of affairs in this area is very interesting, because it does not require the development of a formalized methodology for the selection process, establishment of an appropriate mathematical software, information retrieval systems, databases, models of equipment, etc. In addition, the approach has relatively high efficiency of project decision-making, and the fact that the result of the selection is subjective, with highly skilled designer it is usually characterized by a high rationality [1; 3; 4]. However, despite a number of the above-mentioned advantages of the approach to the procedure for choosing a particular model of machine tool, this approach certainly has some negative traits, among which, first, you need consider the following:

1) despite the experience of the design engineer, who makes the final decision on the choice, due to a number of different reasons (human factors, psychological inertia, etc.), there is always a good chance of making a wrong decision;

2) constant and frequent upgrading of the core process equipment by machine tool manufacturers excludes possibility for designer to monitor the appearance of new models of machine tools, which is why there is a high probability of making inappropriate decisions;

3) the absence of formalized procedures for the selection of models of machine tools creates significant barriers to automation of solving the problem by means of CAD/CAM/CAE, though, at the moment, no one can deny that the modern concept of integrated automation engineering design is one of the most important trends in the development of modern engineering activities.

Highlighting unexplored parts of the general problem. The above list of negative traits of approach to the choice of a particular model of the main process equipment can be continued, but even only three of the above facts simply negate a number of positive attributes of the approach, which indicates that it is necessary to decisively reject the latter as in the case of an unfortunate choice of model, the machine can doom the whole idea of technological preparation of production to failure.

The purpose of the article is to create methodological foundations for a more justified choice of models of metal cutting machines when designing technological processes of manufacturing parts.

We can assume that in the case of development and use of a formalized methodology for selecting models of machine tools and the establishment of appropriate mathematical software, a significant positive effect will be achieved through:

1) increasing degree of making optimal design decisions;

2) a significant reduction in the probability of erroneous or inappropriate design decisions;

3) the efficiency of optimal design solutions;

4) ability to work in a single information space, where access to information can be carried out simultaneously in several engineering groups: technologists, designers, employees of various departments, which will make optimal use of collective experience;

5) operational monitoring the appearance of the global machine tool market of new models of basic technological equipment and the immediate inclusion them in the range of alternative design solutions;

6) significant reduction of the potential impact of such negative phenomena as human factors, psychological inertia, etc.

Presenting main material. In catalogs, brochures or websites of manufacturers and suppliers of machine tools, you can find a variety of models with a description of the technical characteristics and technological capabilities. It's not very easy to find quickly a huge amount of background information. In addition, it's not comfortable that different suppliers of the same models of equipment represent the information somewhat differently. As evidence, consider the sites of three companies-suppliers of the world famous metalworking equipment company Haas Automation, Inc. (USA) [5 - 7]:

1) Abplanalp (Poland, Switzerland, Ukraine, Lithuania, Estonia, Uzbekistan, Kazakhstan);

2) Abamet (Russia, Belarus);

3) Teximp (Switzerland, Czech Republic, Slovakia, Slovenia, Croatia, Serbia, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Romania).

On these sites, consider the information provided by these companies about turning centers. Therefore, the site [5] provides the following parameters of machines:

- 1) swing diameter (over front apron, over cross slide, over tailstock);
- 2) capacities (chuck size, maximal cutting diameter, maximal cutting length, standard bar capacity);
- 3) travels and feedrates (X axis, Z axis, rapids on X, rapids on Z, maximal thrust X, maximal thrust Z);
- 4) spindle (maximal rating, maximal speed, maximal torque, spindle nose, spindle bore);
- 5) turret (number of tools, OD vs ID tools, boring bar rear clearance);
- 6) general (air required, coolant capacity).

The site [6] provides the following parameters of machines:

- 1) workspace of a machine tool (swing diameter over front apron, swing diameter over cross slide, maximal cutting diameter, maximal cutting length);
- 2) spindle options (spindle nose, maximal speed, maximal torque, maximal rating, spindle bore, standard bar capacity, chuck diameter);
- 3) feedrates options (X axis travels, Z axis travels, rapids, maximal thrust X, maximal thrust Z);
- 4) turret options (type, number of tools, VDI type, size of lathe tool, tool indexing time);
- 5) accuracy options (positioning accuracy, repeatability);
- 6) CNC options;
- 7) connection parameters and settings;
- 8) design features;
- 9) basic equipment.

At request of the features about HAAS machines on site [7] the readdressing occurs on site [8], where the following characteristics are presented:

- 1) swing diameter (over front apron, over cross slide, over tailstock);
- 2) capacities (chuck size, maximal cutting diameter, maximal cutting length, bar capacity);
- 3) travels and feedrates (X axis, Z axis, rapids on X, rapids on Z, maximal thrust X, maximal thrust Z);
- 4) spindle (maximal rating, maximal speed, maximal torque, spindle nose, spindle bore).

After detailed analysis in the above characteristics of the machine tool x_{MT}^{Σ} , it can be concluded that the latter can be divided into two main groups:

- 1) x_{MT}^{part} — characteristics of machine tool, which are determined by the characteristics of the part y_{part} , which is planned to be processed on this machine ($x_{MT}^{part} \subset x_{MT}^{\Sigma}$);
- 2) x_{MT}^{own} — own characteristics of the machine tool ($x_{MT}^{own} \subset x_{MT}^{\Sigma}$; $x_{MT}^{own} = \neg x_{MT}^{part}$; $x_{MT}^{own} \cap x_{MT}^{part} = \emptyset$; $x_{MT}^{own} \cup x_{MT}^{part} = x_{MT}^{\Sigma}$).

Exactly, the first group of characteristics x_{MT}^{part} defines possibility to manufacture the workpiece on the machine tool of that model.

Let us analyze the composition of the characteristics of this group and coordinate it with the basic design and technological characteristics of the parts y_{part} (Fig. 1).

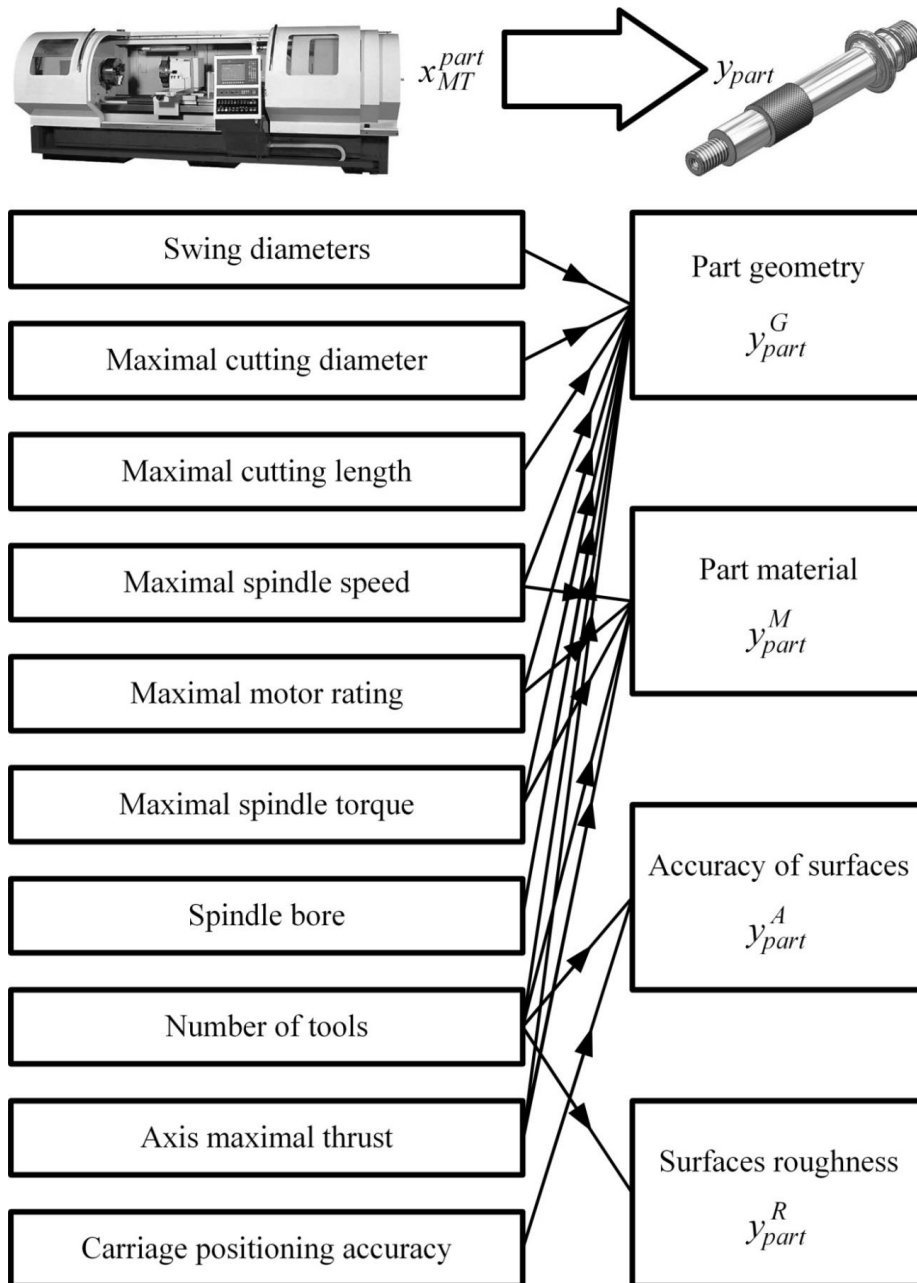


Fig. 1. Linkages between and x_{MT}^{part} and y_{part}

Source:designed by the authors.

Making connections between data inversion x_{MT}^{part} and y_{part} in Fig. 1 (Fig. 2), we can conclude that the geometry of surfaces is the dominant feature of the items in the solution of the problem of choosing a particular model of machine tool, which can provide a process for the manufacture of the part.

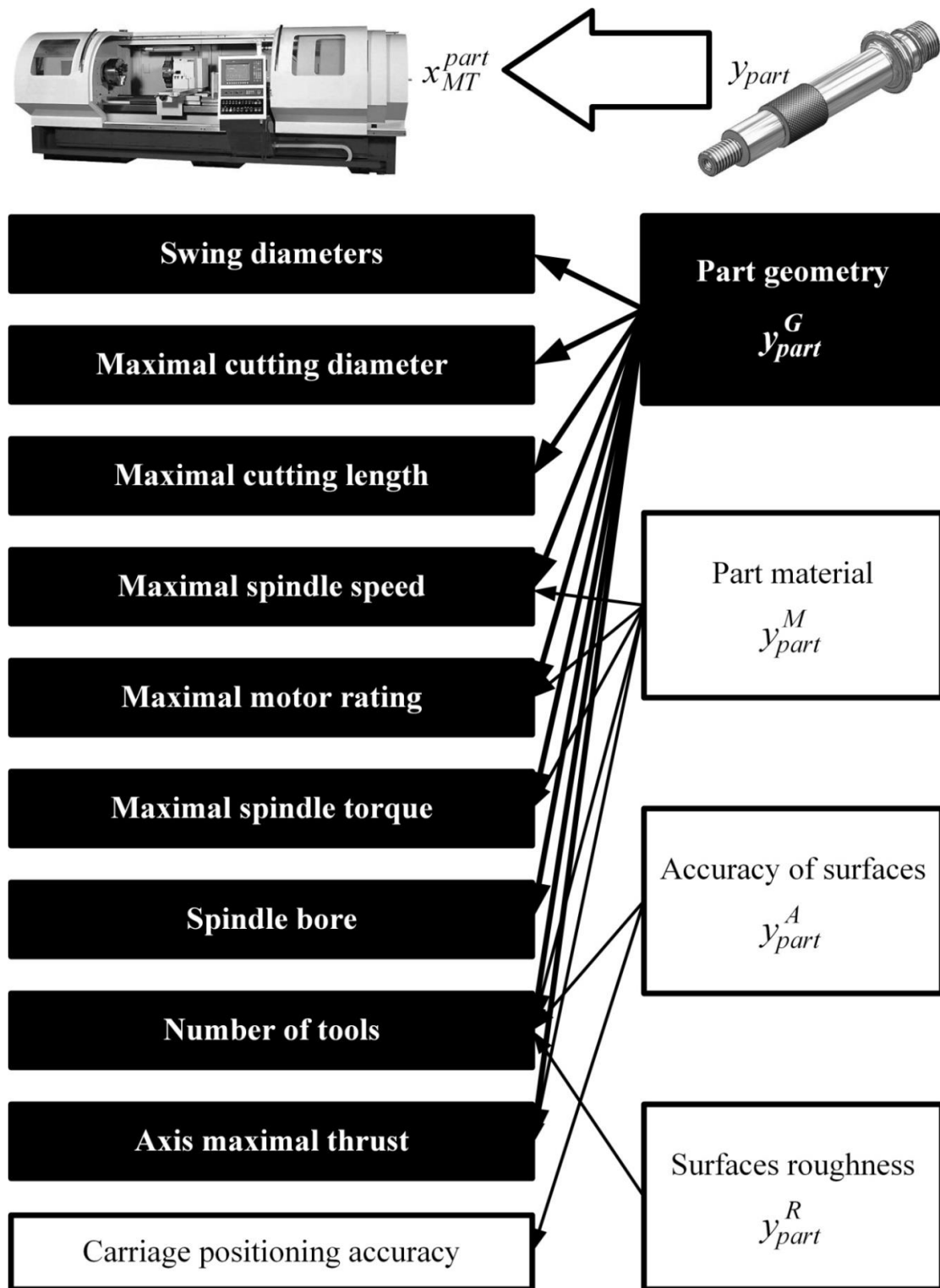


Fig. 2. Inversion links between x_{MT}^{part} and y_{part}

Source: designed by the authors.

The conclusion is clearly illustrated in Fig. 3, which shows quantitative characteristic linkages between y_{part} and x_{MT}^{part} .

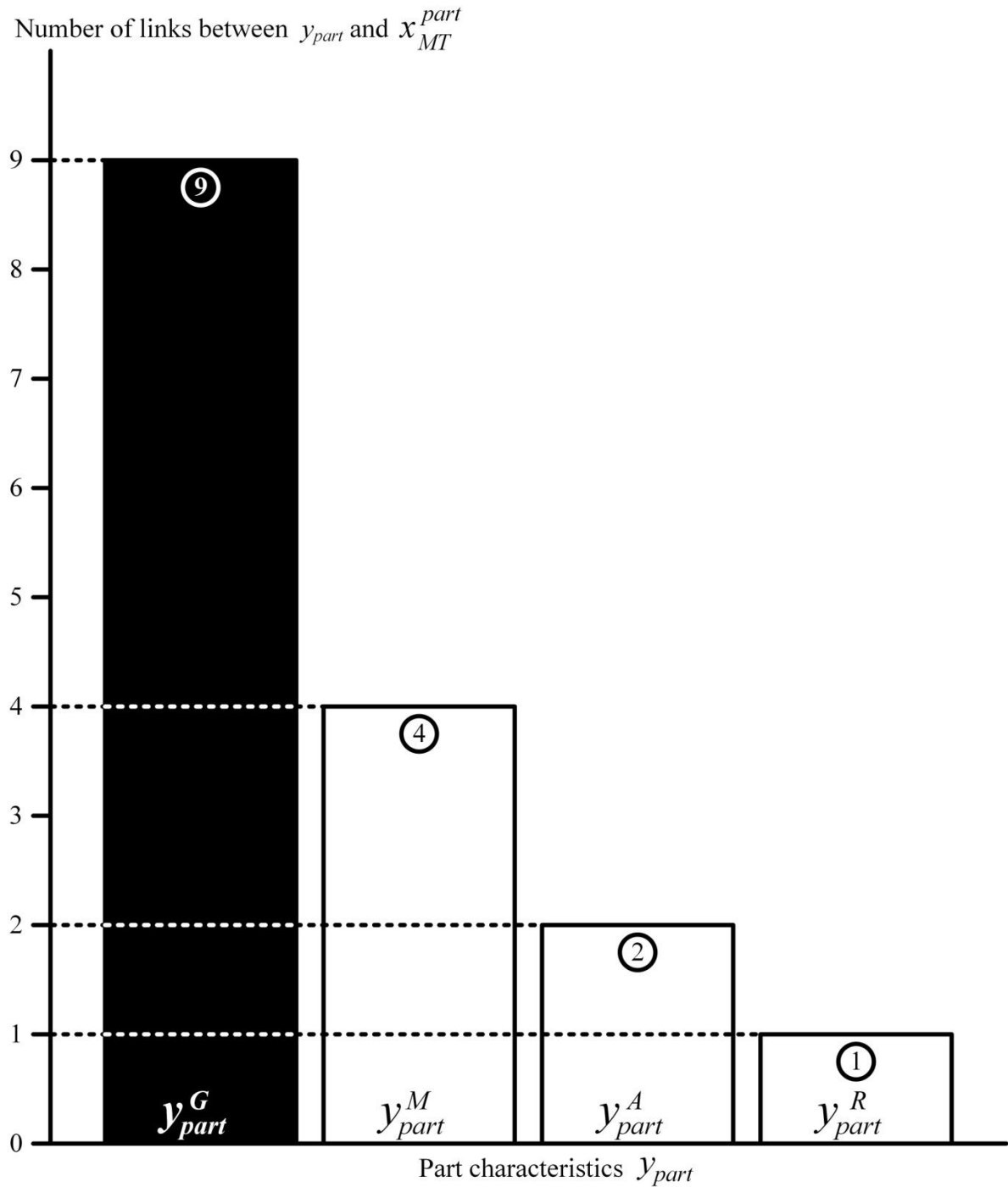


Fig. 3. Quantification of links between y_{part} and x_{MT}^{part} (as shown in Fig. 2)

Source: designed by the authors.

In Fig. 4 and Fig. 5 illustrates the stages of choosing models of metal cutting machines depending on the parameters of the workspace and the capacities of the turret.

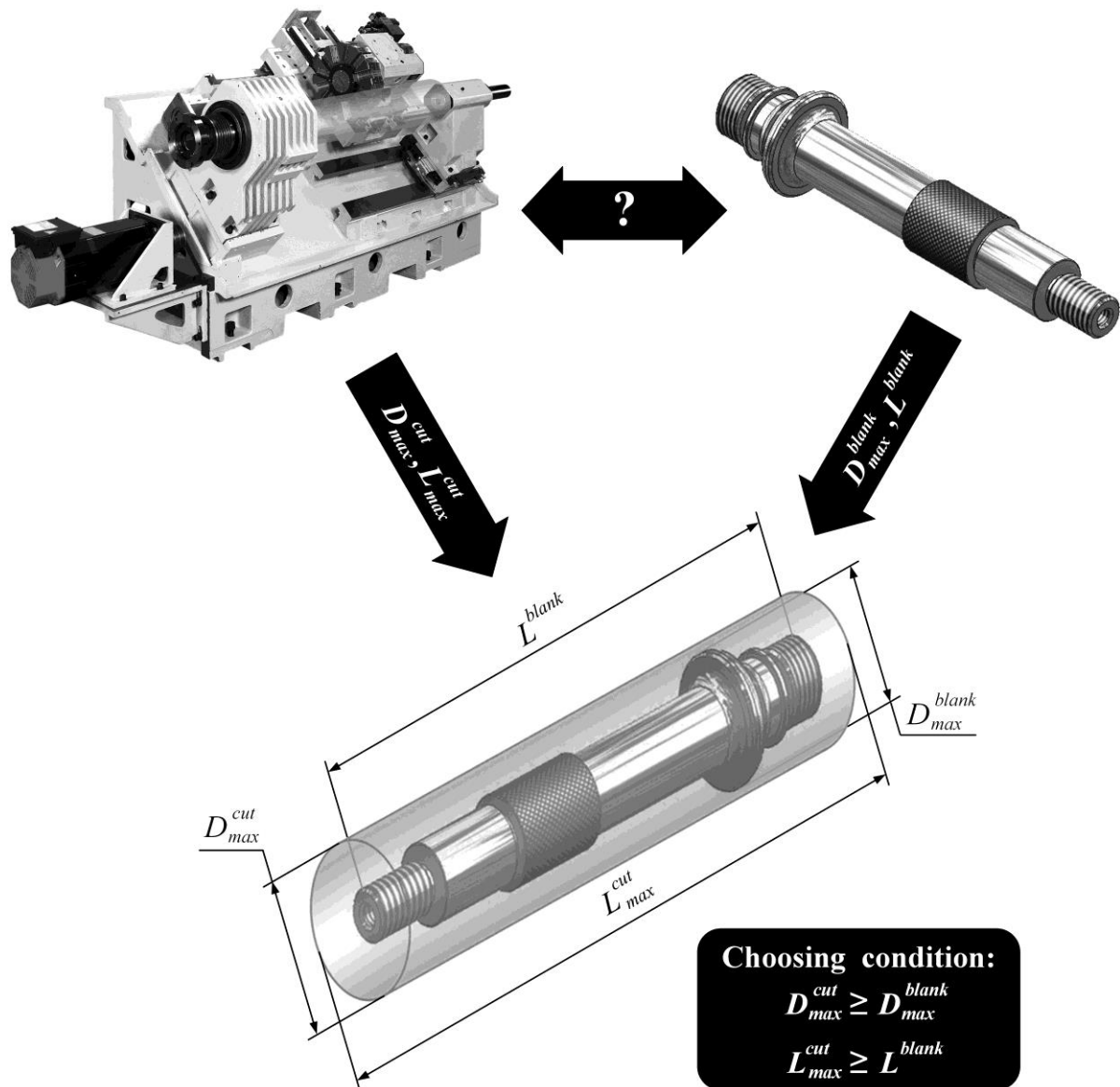


Fig. 4. The choosing of metal cutting machines depending on the parameters of the work-space: D_{max}^{cut} - maximal cutting diameter, L_{max}^{cut} - maximal cutting length, D_{max}^{blank} - maximal blank diameter, L^{blank} - blank length

Source:designed by the authors.

Conclusions. Thus, in view of the above, it is possible to draw conclusions:

- 1) in the designing of a formalized methodology for selecting models of machine tools and the creation of an appropriate mathematical software, special attention should be paid to the geometric characteristics of the surface of parts;
- 2) given requirement should be satisfied not only with the choice of types of lathes, but also in the choice of specific models of machines of all classification groups.

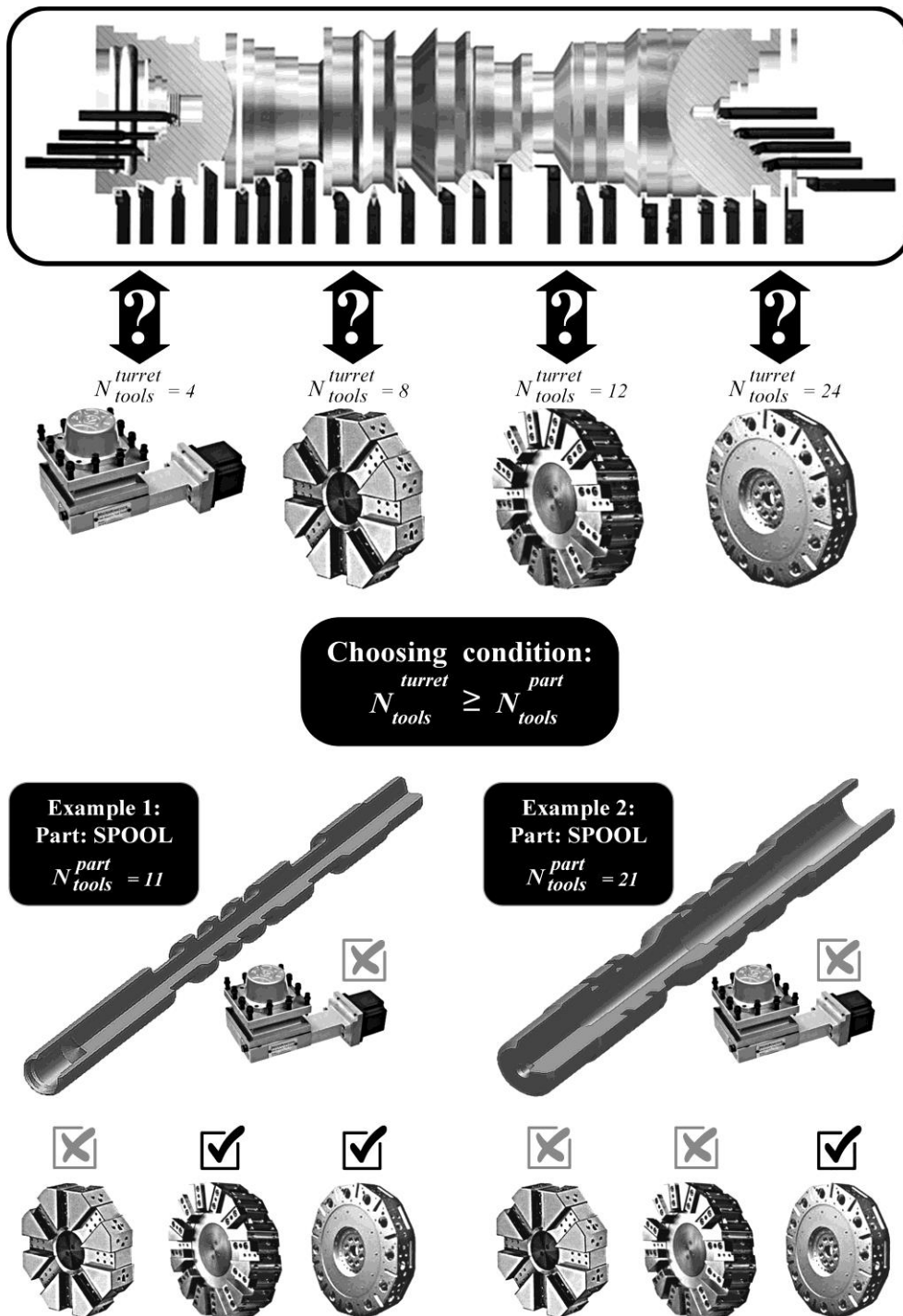


Fig. 5. The choosing of metal cutting machines depending on the parameters of the capacities of the turret: N_{tools}^{turret} – maximal number of cutting tools in the turret, N_{tools}^{part} – number of cutting tools for the production of the part

Source:designed by the authors.

References

1. Elperin, I.V., Pupena, O.M., Sidletskyi, V.M., Shved, S.M. (2021). *Avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsesiv [Automation of production processes]*. Lira-K.
2. Bondarenko, S.H. (2021). *Osnovy tekhnologii mashynobuduvannia [Fundamentals of mechanical engineering technology]*. Mahnoliia.
3. Zaliubovskiy, M.H., Malyshev, V.V. (2020). *Mashyny ta obladnannia pidpriemstv [Machines and equipment of enterprises]*. Universytet “Ukraine”.

4. Dykan, V.L. (Ed.), Kalabukhin, Yu.Ie., Kalycheva, N.Ie. (2020). *Tekhnolohiia mashynobudivnykh pidpriemstv [Technology of machine-building enterprises.]*. UkrDUZT.
5. Informatsiia pro produkt [Product information]. (n.d.). *Tokarni verstaty z ChPK HAAS [Lathes with CNC HAAS]*. <https://abplanalp.ua/tokarni-verstaty-chpu/haas>.
6. Osnovnyie paramietry [Basic parameters]. (n.d.). *Tokarnyie stanki s ChPU po mietallu – CNC lathes for metal*. <https://www.abamet.ru/catalog/metallorzhushhie/tokarnye-chpu>.
7. CNC Lathe. (n.d.). Turning. *CNC Lathes by Teximp*. <https://www.teximp.com/en/products/turning>.
8. Standart Lathes. (n.d.). *ST Series Turning Centers*. <https://www.haascnc.com/machines/lathes/st.html>.

Список використаних джерел

1. Автоматизація виробничих процесів / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. – К. : Ліра-К, 2017. – 378 с.
2. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування / С. Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія 2006, 2021. – 500 с.
3. Залюбовський М. Г. Машини та обладнання підприємств / М. Г. Залюбовський, В. В. Малишев. – К. : Університет «Україна», 2020. – 120 с.
4. Дикань В. Л. Технологія машинобудівних підприємств : підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева. – Х. : УкрДУЗТ, 2020. – 387 с.
5. Токарні верстати з ЧПК HAAS. Інформація про продукт [Електронний ресурс] // Абпланалп Україна. – Режим доступу: <https://abplanalp.ua/tokarni-verstaty-chpu/haas>.
6. Токарные станки с ЧПУ по металлу. Основные параметры [Електронний ресурс] // Abamet. – Режим доступу: <https://www.abamet.ru/catalog/metallorzhushhie/tokarnye-chpu>.
7. Turning. CNC Lathes by Teximp. CNC Lathe [Електронний ресурс] // Abamet. – Режим доступу: <https://www.teximp.com/en/products/turning>.
8. ST Series Turning Centers. Standart Lathes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.haascnc.com/machines/lathes/st.html>.

Отримано 11.10.2022

УДК 621.91.01

Сергій Лапковський¹, Людмила Данилова², Володимир Фролов³, Василь Приходько⁴, Максим Гладський⁵

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: Lapkovsky@ukr.net. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9870-9231>. ResearcherID: [HCH-3837-2022](https://orcid.org/HCH-3837-2022)

²кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: ldanylova@outlook.com. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4442-3959>. ResearcherID: [ADU-9265-2022](https://orcid.org/ADU-9265-2022)

³кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: v.k.frolov@gmail.com. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3697-286X>. ResearcherID: [ACH-0071-2022](https://orcid.org/ACH-0071-2022)

⁴кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: privas@bigmir.net. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1852-3777>. ResearcherID: [HDM-7277-2022](https://orcid.org/HDM-7277-2022)

⁵кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Київ, Україна)

E-mail: gladsky@gmail.com. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4547-7131>. ResearcherID: [Q-1624-2017](https://orcid.org/Q-1624-2017)

ГЕОМЕТРИЧНИЙ АСПЕКТ ВИБОРУ МОДЕЛЕЙ ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

У процесі розвитку машинобудівного виробництва постійно виникали різні завдання, пов'язані з виготовленням виробів різанням, у зв'язку з чим, паралельно з цим процесом, конструкції металорізальних верстатів також постійно змінювалися, розвивалися та вдосконалювалися, що призвело до величезної кількості типів та моделей обладнання.

Вибір обладнання для організації виробництва є дуже непростим завданням, тому що для вирішення останнього необхідні й хороша професійна підготовка, і певний багаж накопиченого інженерного досвіду, і спеціальні навички. Кожну модель обладнання необхідно вибирати, виходячи з конкретних потреб та завдань виробництва. Як будь-яке промислове обладнання, металорізальний верстат є тією ключовою ланкою процесу виробництва, яка визначає прибуток і успіх або збитки та невдачу підприємства після впровадження розробленого технологічного процесу виготовлення виробу.

Дотепер методологічний аспект вирішення задачі вибору металорізальних верстатів ще недостатньо відпрацьований, тому це питання є дуже актуальним завданням, підходити до вирішення якого необхідно з особливою увагою та відповідальністю.

У сучасній виробничій практиці при виборі основного технологічного обладнання інженери-проектувальники дуже часто керуються лише своїми професійними знаннями та накопиченим досвідом, а іноді й просто покладаються на власну інтуїцію. Такий підхід, безумовно, має і певні негативні риси.

Метою статті є створення методологічних основ для більш обґрунтованого вибору моделей металорізальних верстатів при проєктуванні технологічних процесів виготовлення деталей.

У статті доведено, що саме геометрія поверхонь деталі є домінуючою характеристикою деталі при вирішенні задачі вибору конкретної моделі металорізального верстата, який може забезпечити процес виготовлення цієї деталі.

При розробленні формалізованої методології вибору моделей металорізальних верстатів та створенні відповідного програмно-математичного забезпечення особливу увагу необхідно приділяти геометричним характеристикам поверхонь деталі. Ця вимога повинна виконуватися не лише при виборі моделей верстатів токарної групи, але й при виборі конкретних моделей верстатів усіх класифікаційних груп.

Ключові слова: вибір; обладнання; верстат; деталь; геометричні характеристики.

Рис.: 5. Бібл.: 8.