

УДК 621.01(75)

**О. В. Дерібо<sup>1</sup>**  
**Ж. П. Дусанюк<sup>1</sup>**

## **ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА МАКСИМАЛЬНІ ПРИПУСКИ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»**

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Розглянуто важливий етап проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин — встановлення припусків на механічну обробку, а саме визначення максимальних припусків, оскільки кількісні значення максимальних припусків потрібні для вибору типорозміру верстата за потужністю електродвигуна приводу головного руху і для визначення необхідних сил затискання пристроїв для встановлення оброблюваних заготовок.*

*З метою виявлення впливу технологічних факторів на величину максимальних припусків для обробки плоских поверхонь деталей типу «Фланець» використаний апарат розмірного аналізу технологічних процесів із застосуванням теорії графів.*

*Для деталі типу «Фланець» розроблені маршрут механічної обробки, розмірна схема технологічного процесу і граф технологічних розмірних ланцюгів. На основі цього графу знайдені рівняння технологічних розмірних ланцюгів і рівняння для визначення максимальних припусків. В результаті аналізу цих рівнянь встановлено, що допуски розмірів вихідної заготовки та їх розташування суттєво впливають на величини максимальних припусків для попередньої і одноразової обробки. Показано, що для зменшення максимальних припусків на обробку площин (торців) потрібно задавати осьові розміри вихідної заготовки відносно однієї вимірювальної бази і, відповідно, забезпечувати необхідну точність цих розмірів під час виготовлення заготовки. Результати роботи можуть бути корисними для проектування технологічних процесів механічної обробки у машинобудівному виробництві та у навчальному процесі.*

**Ключові слова:** деталь типу «Фланець», вихідна заготовка, технологічний процес, механічна обробка, мінімальний припуск, максимальний припуск, технологічні розміри, розміри вихідної заготовки, розмірна схема технологічного процесу, граф технологічних розмірних ланцюгів, рівняння технологічних розмірних ланцюгів.

### **Вступ і постановка задачі**

Важливим етапом проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин є встановлення припусків на механічну обробку. Вибір раціональних припусків є відповідальною техніко-економічною задачею, оскільки призначення не виправдано великих припусків призводить до значних втрат металу, який перетворюється в стружку, збільшує: трудомісткість механічної обробки, витрати на різальний інструмент і електроенергію, потребу в обладнанні і в робітниках. З іншого боку, призначення не виправдано малих припусків не забезпечить видалення дефектних шарів матеріалу заготовки і досягнення необхідних показників якості деталі.

В технології машинобудування розрізняють поняття мінімального припуску і максимального припуску. Спочатку визначають мінімальні припуски, потім розраховують граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, і наостанок — величини максимальних припусків. Кількісні значення максимальних припусків використовують для вибору типорозміру верстата за потужністю електродвигуна приводу головного руху і для визначення необхідних сил затискання пристроїв для встановлення оброблюваних заготовок.

Мінімальні припуски можна визначити за допомогою розрахунково-аналітичного методу, запропонованого проф. В. М. Кованом [1], або дослідно-статистичним методом [2] та ін. Граничні значення технологічних діаметральних розмірів, діаметральних розмірів вихідної заготовки і мак-

симальні припуски для обробки циліндричних поверхонь визначають за методикою, викладеною в [3] та ін. Граничні значення технологічних розмірів на обробку плоских поверхонь, розмірів, що координують розташування плоских поверхонь вихідної заготовки і максимальні припуски для обробки плоских поверхонь можна кількісно визначити за допомогою розмірного аналізу технологічних процесів механічної обробки із застосуванням теорії графів [4], [5]. Саме з використанням такого підходу і виконані подальші дослідження.

Становить певний практичний інтерес аналіз впливу технологічних факторів на величину максимальних припусків з точки зору їх можливого зменшення.

*Мета роботи* — виявлення характеру впливу технологічних факторів на величини максимальних припусків для їх зменшення.

**Результати дослідження**

Розглянемо розв’язання задач на прикладі технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» в умовах середньосерійного виробництва. Приклад деталі для дослідження взято з [6].

Ескіз деталі показано на рис. 1. Літерами *K* з відповідними індексами позначені конструкторські розміри, які мають бути забезпечені в результаті виконання технологічного процесу.

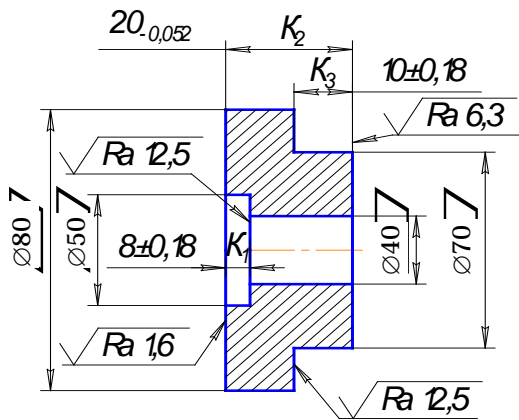


Рис. 1. Ескіз деталі

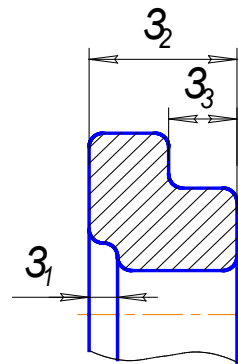


Рис. 2. Ескіз заготовки

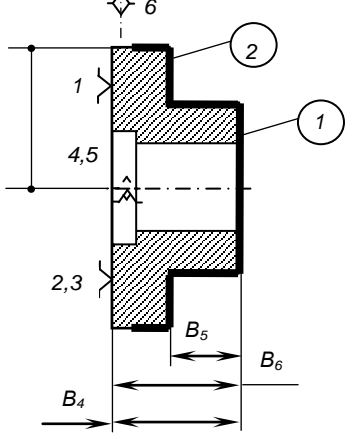
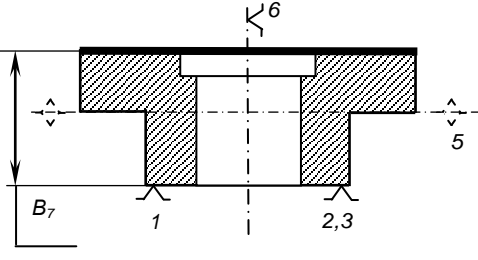
На рис. 2 показано ескіз вихідної заготовки. Матеріал заготовки — сірий чавун. Спосіб виготовлення заготовки — лиття в оболонковій формі. Клас розмірної точності згідно з [7] — 10-й. Припустимо, що вибраний спосіб виготовлення вихідної заготовки передбачає наявність у ній центрального отвору. Літерами *З* з відповідними індексами позначені осьові розміри заготовки перед початком механічної обробки.

Маршрут механічної обробки заготовки деталі показаний у табл. 1.

Таблиця 1

**Маршрут механічної обробки**

Номер, назва та зміст операції	Схема базування і обробки	Обладнання
<p><b>005 Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <p>1. Точити поверхню 1 попередньо в розмір <math>B_1</math>;</p> <p>2. Точити поверхню 1 остаточно в розмір <math>B_2</math>;</p> <p>3. Точити поверхню 2 однократно в розмір <math>B_3</math></p>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК</p>

Номер, назва та зміст операції	Схема базування і обробки	Обладнання
<p><b>010 Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <p>1. Точити поверхню 1 поперечно в розмір <math>B_4</math>, поверхню 2 однократно в розмір <math>B_5</math>;</p> <p>2. Точити поверхню 1 остаточно в розмір <math>B_6</math></p>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК</p>
<p><b>015 Плоскошліфувальна</b></p> <p>1. Шліфувати площину в розмір <math>B_7</math></p>		<p>Плоскошліфувальний</p>

В переходах операцій маршруту умовно не розглядається обробка циліндричних поверхонь.

Побудована відповідно до маршруту обробки розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 3. Граф технологічних розмірних ланцюгів, побудований відповідно до розмірної схеми технологічного процесу, показаний на рис. 4.

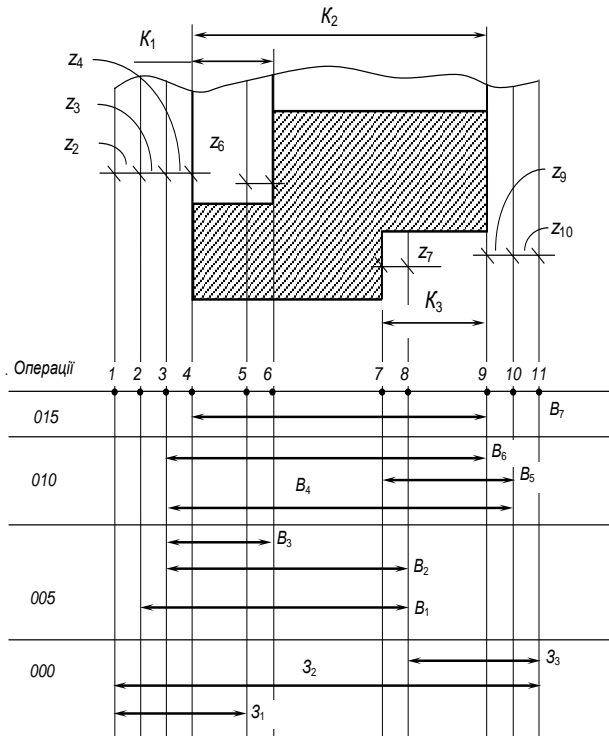


Рис. 3. Розмірна схема технологічного процесу

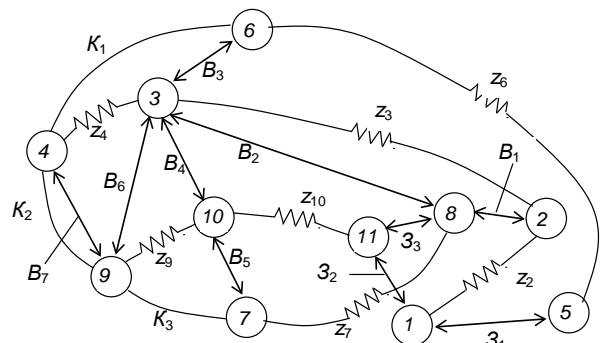


Рис. 4. Граф технологічних розмірних ланцюгів

Визначені за допомогою графа технологічних розмірних ланцюгів рівняння зведені у табл. 2.

## Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ рівняння	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_2 + B_7 = 0$	$K_2 = B_7$	$B_7$
2	$-z_4 + B_6 - B_7 = 0$	$z_4 = B_6 - B_7$	$B_6$
3	$-z_9 - B_6 + B_4 = 0$	$z_9 = B_4 - B_6$	$B_4$
4	$-K_3 + B_5 - B_4 + B_6 = 0$	$K_3 = B_5 - B_4 + B_6$	$B_5$
5	$-K_1 + B_7 - B_6 + B_3 = 0$	$K_1 = B_7 - B_6 + B_3$	$B_3$
6	$-z_7 + B_5 - B_4 + B_2 = 0$	$z_7 = B_5 - B_4 + B_2$	$B_2$
7	$-z_{10} - B_4 + B_2 + B_3 = 0$	$z_{10} = B_3 - B_4 + B_2$	$B_3$
8	$-z_3 + B_1 - B_2 = 0$	$z_3 = B_1 - B_2$	$B_1$
9	$-z_2 + B_3 - B_1 = 0$	$z_2 = B_3 - B_1$	$B_3$
10	$-z_6 - B_3 + B_2 - B_1 + B_3 = 0$	$z_6 = B_3 - B_1 + B_2 - B_3 - B_2$	$B_3$

Вибрані згідно з [7] значення допусків розмірів вихідної заготовки та прийняті допуски технологічних розмірів [5] і значення мінімальних припусків [8] зведені у табл. 2.

Таблиця 2

## Допуски розмірів вихідної заготовки, допуски технологічних розмірів і мінімальні припуски

Вихідна заготовка					
Розмір	Спосіб виготовлення		Клас розмірної точності	Допуск, мм	
$z_1$	Лиття в оболонковій формі		10	1,6	
$z_2$				2,0	
$z_3$				1,6	
Механічна обробка					
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм	Позначення припуску	Кількісне значення мінімального припуску, мм
$B_1$	Попереднє точіння	12	0,15	$z_2$	1,1
$B_2$	Чистове точіння	11	0,09	$z_3$	0,6
$B_3$	Одноразове точіння	11	0,09	$z_6$	1,1
$B_4$	Попереднє точіння	12	0,21	$z_{10}$	1,1
$B_5$	Одноразове точіння	11	0,09	$z_7$	1,1
$B_6$	Чистове точіння	10	0,084	$z_9$	0,6
$B_7$	Одноразове плоске шліфування	9	0,052	$z_4$	0,2

Знайдені з рівнянь технологічних розмірних ланцюгів за методикою [4], [5] розміри вихідної заготовки і технологічні розміри такі:  $z_1 = 7,6 \pm 0,8$  мм;  $z_2 = 26,2 \pm 1$  мм;  $z_3 = 10,7 \pm 0,8$  мм;  $B_1 = 13,05_{-0,15}$  мм;  $B_2 = 12,36_{-0,09}$  мм;  $B_3 = 8,2 \pm 0,045$  мм;  $B_4 = 24,094_{-0,186}$  мм;  $B_5 = 10,76 \pm 0,045$  мм;  $B_6 = 20,284_{-0,084}$  мм;  $B_7 = 20_{-0,052}$  мм.

На основі вихідних рівнянь з табл. 2 і, знаючи граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, знайдемо максимальні припуски за формулами

$$z_{4\max} = B_{6\max} - B_{7\min}; \quad (1)$$

$$z_{9\max} = B_{4\max} - B_{6\min}; \quad (2)$$

$$z_{7\max} = B_{5\max} - B_{4\min} + B_{2\max}; \quad (3)$$

$$z_{10\max} = B_{3\max} - B_{4\min} + B_{2\max}; \quad (4)$$

$$z_{3_{\max}} = B_{1_{\max}} - B_{2_{\min}}; \quad (5)$$

$$z_{2_{\max}} = Z_{2_{\max}} - Z_{3_{\min}} - B_{1_{\min}}; \quad (6)$$

$$z_{6_{\max}} = B_{3_{\max}} - Z_{1_{\min}} + Z_{2_{\max}} - Z_{3_{\min}} - B_{2_{\min}}. \quad (7)$$

Отримані за формулами (1)—(7) кількісні значення максимальних припусків зведено у табл. 8.

Таблиця 8

Максимальні припуски, мм

$z_{2_{\max}}$	$z_{3_{\max}}$	$z_{4_{\max}}$	$z_{6_{\max}}$	$z_{7_{\max}}$	$z_{9_{\max}}$	$z_{10_{\max}}$
4,39	0,84	0,336	6,484	2,256	0,894	2,976

Порівняння отриманих значень максимальних припусків показує, що за однакових значень мінімальних припусків для попередньої і одноразової обробки ( $z_{2_{\min}} = z_{6_{\min}} = z_{7_{\min}} = z_{10_{\min}} = 1,1$  мм) значення максимальних припусків помітно відрізняються. Найбільше значення має припуск  $z_{6_{\max}}$ . Це пояснюється тим, що згідно з рівнянням (7) на величину цього припуску впливають коливання аж трьох розмірів вихідної заготовки ( $Z_1, Z_2, Z_3$ ). З цього випливає, що для зменшення максимальних припусків під час проектування вихідної заготовки її осьові розміри потрібно розташовувати таким чином, щоб до кожного з рівнянь, які їх визначають, входила б якомога менша кількість розмірів вихідної заготовки. Цього можна досягти, розташувавши розміри вихідної заготовки так, як показано на рис. 5, тобто задати їх від одної вимірювальної бази. Граф технологічних розмірних ланцюгів при цьому набуде вигляду, який показано на рис. 6

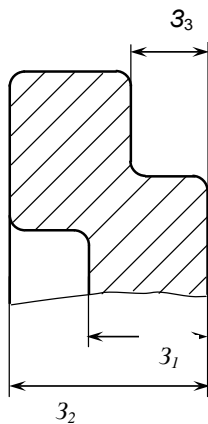


Рис. 5. Ескіз заготовки з заданням осьових розмірів від одної вимірювальної бази

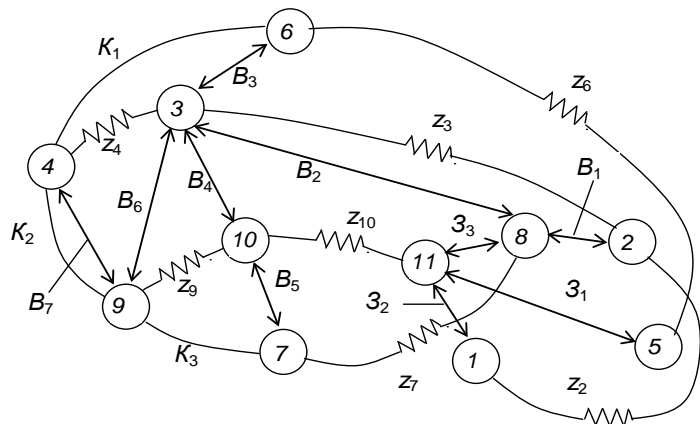


Рис. 6. Змінений граф технологічних розмірних ланцюгів

Оскільки розташування розміру  $Z_1$  змінено, то отримавши за допомогою графа (рис. 6) рівняння, що визначає цей розмір, і підставивши в це рівняння відповідні кількісні значення інших розмірів, обчислимо  $Z_1 = 18,43_{-1,6}$  мм.

Використовуючи змінений граф технологічних розмірних ланцюгів, отримаємо рівняння для визначення максимального припуску  $z_{6_{\max}}$  у вигляді

$$z_{6_{\max}} = Z_{1_{\max}} - Z_{3_{\min}} - B_{2_{\min}} + B_{3_{\max}}. \quad (8)$$

Підставивши відповідні кількісні значення розмірів у рівняння (8), отримаємо  $z_{6_{\max}} = 4,48$  мм.

Кількісні значення решти максимальних припусків залишились незмінними.

## Висновки

1. Показано, що ефективним засобом визначення кількісних значень максимальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь є розмірний аналіз технологічних процесів із застосуванням теорії графів.

2. Встановлено, що допуски розмірів вихідної заготовки та їх розташування суттєво впливають на величини максимальних припусків для попередньої і одноразової обробки.

3. Для зменшення максимальних припусків на обробку площин (торців) потрібно задавати осьові розміри вихідної заготовки відносно однієї виміральної бази і, відповідно, забезпечувати точність цих розмірів під час виготовлення заготовки.

4. Результати роботи можуть бути корисними для проектування нових технологічних процесів механічної обробки у машинобудівному виробництві та у навчальному процесі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. М. Кован, *Расчет припусков на обработку в машиностроении*. Москва: Машгиз, 1953, 208 с.
- [2] Г. А. Харламов, и А. С. Тарапанов, *Припуски на механическую обработку, справочник*. Москва: Машиностроение, 2006, 256 с.
- [3] В. В. Бабук, В. А. Шкред, Г. П. Кривко, и А. И. Медведев, *Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении*, В. В. Бабук, Ред. Минск: Вышэйшая школа, 1987, 255 с.
- [4] И. С. Солонин, С. И. Солонин, *Расчет сборочных и технологических размерных цепей*. Москва: Машиностроение, 1980, 110 с.
- [5] В. Д. Рудь, О. О. Герасимчук, та Т. П. Маркова, *Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій*. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2008, 344 с.
- [6] О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, та В. П. Пурдик, *Технологія машинобудування. Курсове проектування*, навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2013, 123 с.
- [7] «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.» *ГОСТ 26645-85*. [Чинний від 1987-07-01]. Москва: Изд-во стандартов, 1987, 53 с.

Рекомендована кафедрою технологій та автоматизації машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 20.06.2019

**Дерібо Олександр Володимирович** — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, e-mail: deriboov@ukr.net ;

**Дусанюк Жанна Павлівна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**O. V. Deribo<sup>1</sup>**  
**Zh. P. Dusaniuk<sup>1</sup>**

## **Influence of Technological Factors on the Maximum Allowance for Machining of Flat Surfaces of Blanks of Parts of the Type “Flange”**

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

*There has been considered an important stage in the design of technological processes for the manufacture of machine parts - the choice of allowances for machining, namely, the determination of maximum allowances, since the quantitative values of maximum allowances are needed to choose the size of the machine according to the power of the motor of the main drive and to determine the necessary clamping forces of the devices for the installation of machined blanks.*

*In order to find out the influence of technological factors on the magnitude of the maximum allowances for the processing of flat surfaces of parts of the “Flange” type, a device for dimensional analysis of technological processes using the theory of graphs was used.*

*For a part of the “Flange” type, a route for machining, a dimensional flow diagram and a graph of technological dimensional circuits have been developed. On the basis of this graph, the equations of technological dimensional chains and the formula for determining the maximum allowances are found. As a result of the analysis of these equations, it was revealed that the tolerances of the size of the original workpiece and their arrangement are influenced substantially by the magnitudes of the maximum allowances for the preliminary and one-time processing. It is shown that in order to reduce the maximum allowances for the treatment of planes (faces), it is necessary to set the axial dimensions of the initial workpiece relative to one measuring base and, accordingly, to provide the necessary precision of these dimensions in the manufacture of the workpiece. The results of the work can be useful in designing the technological processes of mechanical processing in the machine-building industry and in the training process.*

**Keywords:** flange type component, initial workpiece, technological process, mechanical processing, minimum allowance, maximum allowance, technological dimensions, size of initial workpiece, dimensional scheme of technological process, graph of technological dimensional chains, equations of technological dimensional chains.

**Deribo Oleksandr V.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Mechanical Engineering Technologies and Automation, deriboov@ukr.net ;

*Dusaniuk Zhanna P.* — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Mechanical Engineering Technologies and Automation

**А. В. Дерибо<sup>1</sup>**  
**Ж. П. Дусанюк<sup>1</sup>**

## **Влияние технологических факторов на максимальные припуски для механической обработки плоских поверхностей заготовок деталей типа «Фланец»**

<sup>1</sup>Винницький національний технічний університет

*Рассмотрен важный этап проектирования технологических процессов изготовления деталей машин — установка припусков на механическую обработку, а именно определение максимальных припусков, поскольку количественные значения максимальных припусков нужны для выбора типоразмера станка по мощности электродвигателя привода главного движения и для определения необходимых сил зажима устройств для установки обрабатываемых заготовок.*

*С целью выявления влияния технологических факторов на величину максимальных припусков для обработки плоских поверхностей деталей типа «Фланец» использован аппарат размерного анализа технологических процессов с применением теории графов.*

*Для детали типа «Фланец» разработаны маршрут механической обработки, размерная схема технологического процесса и граф технологических размерных цепей. На основе этого графа найдены уравнения технологических размерных цепей и уравнение для определения максимальных припусков. В результате анализа этих уравнений установлено, что существенное влияние на величины максимальных припусков для предварительной и однократной обработки оказывают допуски размеров исходной заготовки и их расположение. Показано, что для уменьшения максимальных припусков на обработку плоскостей (торцов) нужно задавать осевые размеры исходной заготовки относительно одной измерительной базы и, соответственно, обеспечивать необходимую точность этих размеров при изготовлении заготовки. Результаты работы могут быть полезны для проектирования технологических процессов механической обработки в машиностроительном производстве и в учебном процессе.*

**Ключевые слова:** деталь типа «Фланец», исходная заготовка, технологический процесс, механическая обработка, минимальный припуск, максимальный припуск, технологические размеры, размеры исходной заготовки, размерная схема технологического процесса, граф технологических размерных цепей, уравнения технологических размерных цепей.

*Дерибо Александр Владимирович* — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии и автоматизации машиностроения, e-mail: deriboov@ukr.net ;

*Дусанюк Жанна Павловна* — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и автоматизации машиностроения