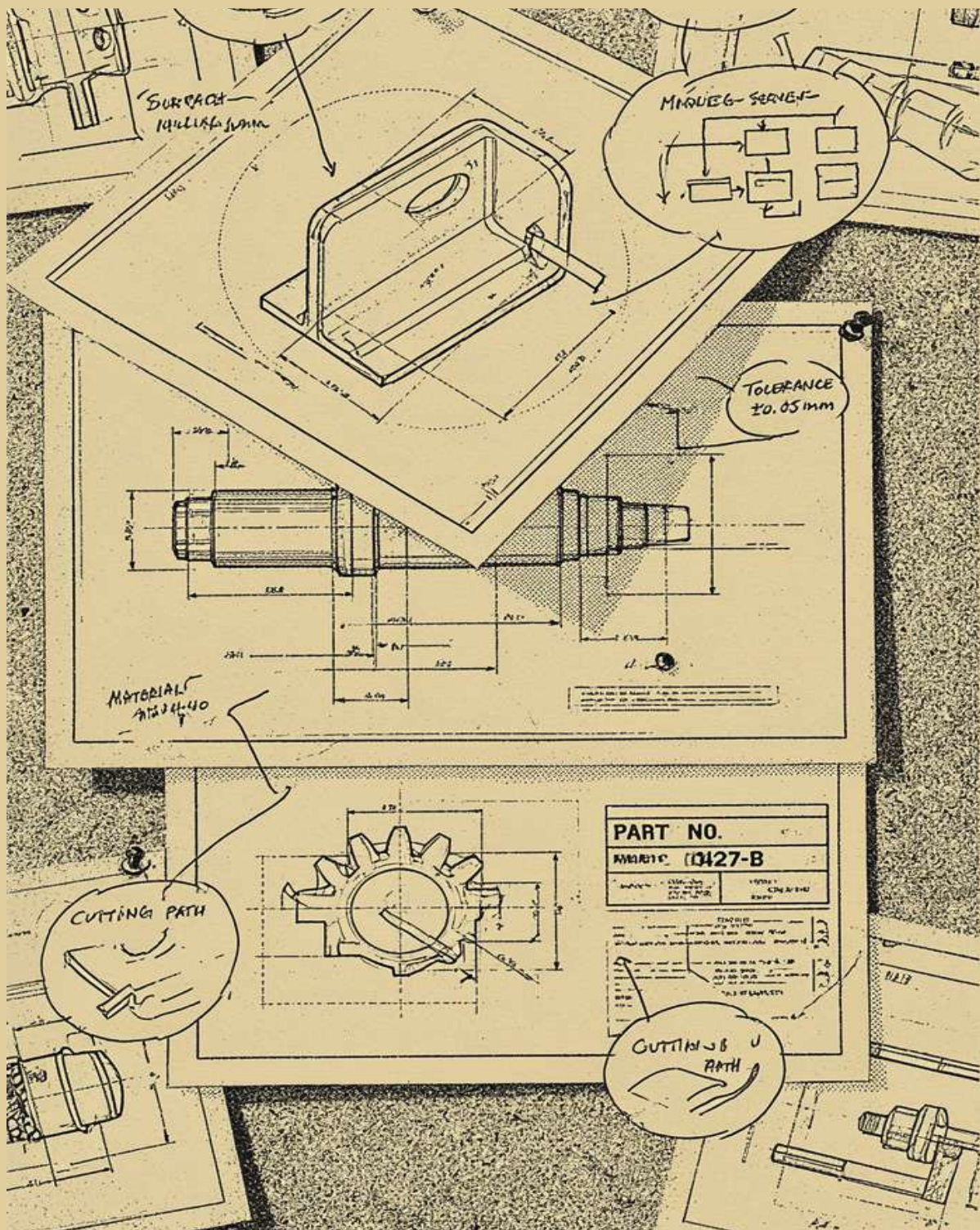


І. Е Яковенко

Є.В Басова

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичного заняття
«Аналіз технологічності деталі»
з дисципліни
«Технологічні основи машинобудування»



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
„ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичного заняття «Аналіз технологічності деталі»
з навчальної дисципліни
«Технологічні основи машинобудування»
для студентів усіх рівнів та форм навчання
за спеціальностями G9 «Прикладна механіка»,
G11 «Машинобудування»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 2 від 25.06.2026

Харків
НТУ «ХПІ»
2026

Методичні вказівки до практичних занять «Аналіз технологічності деталі» з навчальної дисципліни «Технологічні основи машинобудування» для студентів всіх рівнів та форм навчання за спеціальностями G9 «Прикладна механіка», G11 «Машинобудування» / Укл. І.Е. Яковенко, Є.В. Басова. – Харків : НТУ «ХПІ», 2026. – 42 с.

Укладачі: І. Е. Яковенко
 Є.В. Басова

Рецензент О. В. Котляр

Кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів

Практичне заняття №1.

Технологічність виробів машинобудування

Мета роботи

Метою практичної роботи є ознайомлення студентів із поняттям технологічності деталей у машинобудуванні та сучасними методами кількісної оцінки технологічності, а також набуття практичних навичок аналізу технологічності деталі.

Теоретична частина

Технологічність конструкції виробу (ТКВ) - сукупність властивостей виробу, що визначають пристосованість його конструкції до досягнення оптимальних витрат ресурсів під час виробництва та експлуатації для заданих показників якості, обсягу випуску та умов виконання робіт.

Забезпечення технологічності конструкції виробу - функція підготовки виробництва, що передбачає взаємопов'язане рішення конструкторських та технологічних завдань, спрямованих на підвищення продуктивності праці, досягнення оптимальних трудових та матеріальних витрат та скорочення часу на виробництво, у тому числі монтаж поза підприємством-виробником, технічне обслуговування та ремонт виробу .

Основне завдання відпрацювання конструкції на технологічність полягає у підвищенні продуктивності праці при оптимальному зниженні витрат праці, засобів, матеріалів та часу на проектування, підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування та ремонт, забезпечення інших заданих показників якості виробу у прийнятих умовах його виробництва та експлуатації.

Технологічність конструкції включає наступні основні поняття:

виробнича технологічність - властивість конструкції, що дозволяє виготовити та зібрати виріб в умовах даного виробництва з мінімальними витратами праці при забезпеченні заданої якості.

ремонтна технологічність - властивість конструкції, що дозволяє ремонтувати виріб в умовах даного виробництва з мінімальними витратами праці.

експлуатаційна технологічність – властивість конструкції, що забезпечує можливе більш тривале збереження заданих експлуатаційних якостей виробу.

Забезпечення технологічності конструкції є однією з основних функцій Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ).

Аналіз технологічності проводиться, як правило, в два етапи: якісний аналіз і кількісний аналіз.

Принципи якісної оцінки технологічності конструкції деталей, одержуваних обробкою різанням, викладені у відповідній літературі.

Якісний аналіз технологічності.

Принципи якісної оцінки технологічності конструкції деталей, одержуваних обробкою різанням, включають:

- 1) оцінку стандартизації та уніфікації конструктивних елементів деталі;
- 2) можливість застосування стандартних чи уніфікованих заготовок;
- 3) оцінку геометричних форм поверхонь деталі з точки зору їх простоти і можливості застосування для обробки на високопродуктивному обладнанні та застосуванням стандартного інструменту;
- 4) оцінку проставлення розмірів відповідно до розмірних зв'язків між конструкторськими і технологічними базами та можливістю їх поєднання;
- 5) оцінку можливості безпосереднього виміру заданих на кресленні розмірів;
- 6) оцінку конструктивної та економічної обґрунтованості вимог до точності та шорсткості поверхонь деталі;
- 7) оцінку оброблюваності матеріалу деталі;
- 8) оцінку відповідності механічних властивостей матеріалу, жорсткості деталі, її форми та розмірів вимогам технології виготовлення;
- 9) виявлення можливих базових поверхонь, оцінку їх точності та шорсткості;
- 10) оцінку можливості застосування типових технологічних процесів;
- 11) виявлення необхідності додаткових технологічних операцій, що викликаються специфічними вимогами до деталі (наприклад, балансування).

Для різних груп деталей є певні набори правил технологічності. Однак, для всіх класів деталей визнаються нетехнологічними такі елементи:

- глибокі отвори;

- отвори, розташовані під кутом до осі, площини, входу/виходу інструменту тощо;
- глухі отвори з різьбленням.

Деталі типу валів визнаються технологічними, якщо вони відповідають таким вимогам:

- можливість максимального наближення форми та розмірів заготовки до розмірів та форми деталі;
- можливість вести обробку прохідними різцями;
- зменшення діаметрів поверхонь від середини до торців вала або від одного торця до іншого;
- можливість заміни закритих пазів для встановлення шпонок відкритими;
- жорсткість вала забезпечує досягнення необхідної точності під час обробки.

Для корпусних деталей визначають:

- чи дозволяє конструкція обробку площин на прохід і що заважає такому виду обробки;
- чи можна обробляти отвори одночасно на багатошпindelних верстатах з урахуванням відстаней між осями цих отворів;
- чи дозволяє форма отворів розточувати їх на прохід з однієї або двох сторін;
- чи є вільний доступ інструменту до оброблюваних поверхонь;
- чи потрібна підрізка торців маточини із внутрішніх сторін вилки і чи можна її усунути;
- чи є глухі отвори і чи можна замінити їх на наскрізні;
- чи є площини, що обробляються, які розташовані під тупими і гострими кутами, і чи можна замінити їх площинами, розташованими паралельно або перпендикулярно одна до одної;
- чи є отвори, розташовані не під прямим кутом до площини входу та виходу інструменту, і чи можлива зміна цих елементів;
- чи достатня жорсткість деталі, чи не обмежить вона режими різання;
- чи є в конструкції деталі достатні за розмірами та відстанню базові поверхні, якщо ні, то яким чином слід вибрати допоміжні бази;

- чи немає у конструкції внутрішньої різьби великого діаметра і чи можливо замінити її іншими конструктивними елементами;
- наскільки простий спосіб отримання заготовки (виливки) і чи правильно вибрані елементи конструкції, що зумовлюють одержання заготовки.

Зубчасті колеса визнаються технологічними, якщо вони мають:

- центральний отвір простої форми;
- просту конфігурацію зовнішнього контуру (найбільш технологічними є зубчасті колеса простої форми без виступаючих елементів маточини) ;
- маточини є тільки з одного боку, що дозволяє обробляти на зубофрезерних верстатах по дві деталі одночасно;
- симетрично розташовану перемичку між вінцем та маточиною, що зменшує викривлення деталі при термообробці;
- можливість штампування фігурної перемички між вінцем та маточиною; достатню відстань між вінцями для обробки на зубофрезерних верстатах (для двовінцевих зубчастих коліс);
- відкриті з одного або двох боків пази.

Кількісна оцінка технологічності раніш виконувалася згідно з ГОСТ 14.201-83, але зараз він втратив чинність. Тому оскільки загальнонаціональний стандарт відсутній, підприємства самостійно затверджують внутрішні інструкції, методики та технічні умови щодо оцінки й забезпечення технологічності виробів. Однак більшість таких підприємств проводить оцінку складних деталей для масового виробництва за цією методикою.

Практична частина

Кількісно технологічність конструкції оцінюється за комплексним показником, що визначається як сукупність значень приватних показників технологічності з урахуванням коефіцієнтів їхньої вагомості, тобто:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}, \quad (1)$$

де K_T – комплексний показник технологічності;

K_i – частковий показник технологічності;

φ_i – коефіцієнт вагомості часткового показника;

n – кількість часткових показників технологічності.

Цей посібник засновано на методиках визначення технологічності деталей у різних галузях машинобудівної промисловості та у приладобудуванні, засобів автоматизації та систем управління. Визначення приватних показників технологічності деталей проводиться на основі аналізу конструкції деталей за елементами з урахуванням прийнятого способу їх виготовлення та виду матеріалу.

Таблиця 1 – Нормативні значення коефіцієнтів технологічності.

	Найменування приватного показника технологічності	Позначення	Вагові коефіцієнти
1.	Показник оброблюваності матеріалу	<i>Ком</i>	<i>0.8</i>
2.	Показник складності конструкції деталі	<i>Ксл</i>	<i>0.7</i>
3.	Коефіцієнт точності та шорсткості поверхонь деталі	<i>Кпов</i>	<i>0.6</i>
4.	Показник уніфікації конструктивних елементів	<i>Куе</i>	<i>0.7</i>
5.	Показник використання матеріалу	<i>Квм</i>	<i>1.0</i>

Комплексний показник технологічності *K* має бути більшим або дорівнювати так званому нормативному показнику технологічності *[K]* (табл.2).

Таблиця 2 – Нормативні значення комплексного показника технологічності *[K]*

Тіла обертання		Інші деталі	
Прецизійні	Не прецизійні	Прецизійні	Не прецизійні
0,70	0,75	0,60	0,65

Практичне застосування розрахункових коефіцієнтів технологічності можливе за двома основними напрямками.

1. Під час розробки нового виробу коефіцієнти *Km* основних деталей повинні перевищувати так звані базові значення, що задаються в керівних вказівках щодо

конструювання та формуються за результатами розрахунків коефіцієнтів технологічності деталей-аналогів, характерних для технологічного оснащення даного підприємства у конкретній галузі промисловості.

2. При внесенні змін до конструкції деталі, що знаходиться у виробництві, розрахунковий коефіцієнт технологічності ***K_t*** для деталі зміненої конструкції повинен перевищувати нормативні значення, аналогічні зазначеним у таблиці 2.

1. Коефіцієнт оброблюваності матеріалу.

Прийнято вважати, що матеріал має гарну оброблюваність, якщо при різанні цього матеріалу знос інструменту, сили різання і шорсткість обробленої поверхні малі. Кількісна оцінка оброблюваності утруднена внаслідок неоднозначності поняття. Існує понятійний апарат, пов'язаний зі стандартною стійкістю інструменту, що дорівнює, наприклад, 60 хвилинам. Відповідна швидкість різання позначається як V_{60} .

Найбільш широко поширена шкала, заснована на прийнятті як еталон матеріалу сталі 45, для якої введемо позначення $V_{60\text{ст}}$. Тоді оброблюваність будь-якого матеріалу може бути чисельно виражена через так званий коефіцієнт відносної оброблюваності K_V :

$$K_V = \frac{V_{60}}{V_{60\text{ст}}} \quad (2)$$

Оброблюваність основних груп сталей можна визначити за графіками, наведеними на рисунку 1, а також з Додатка А.

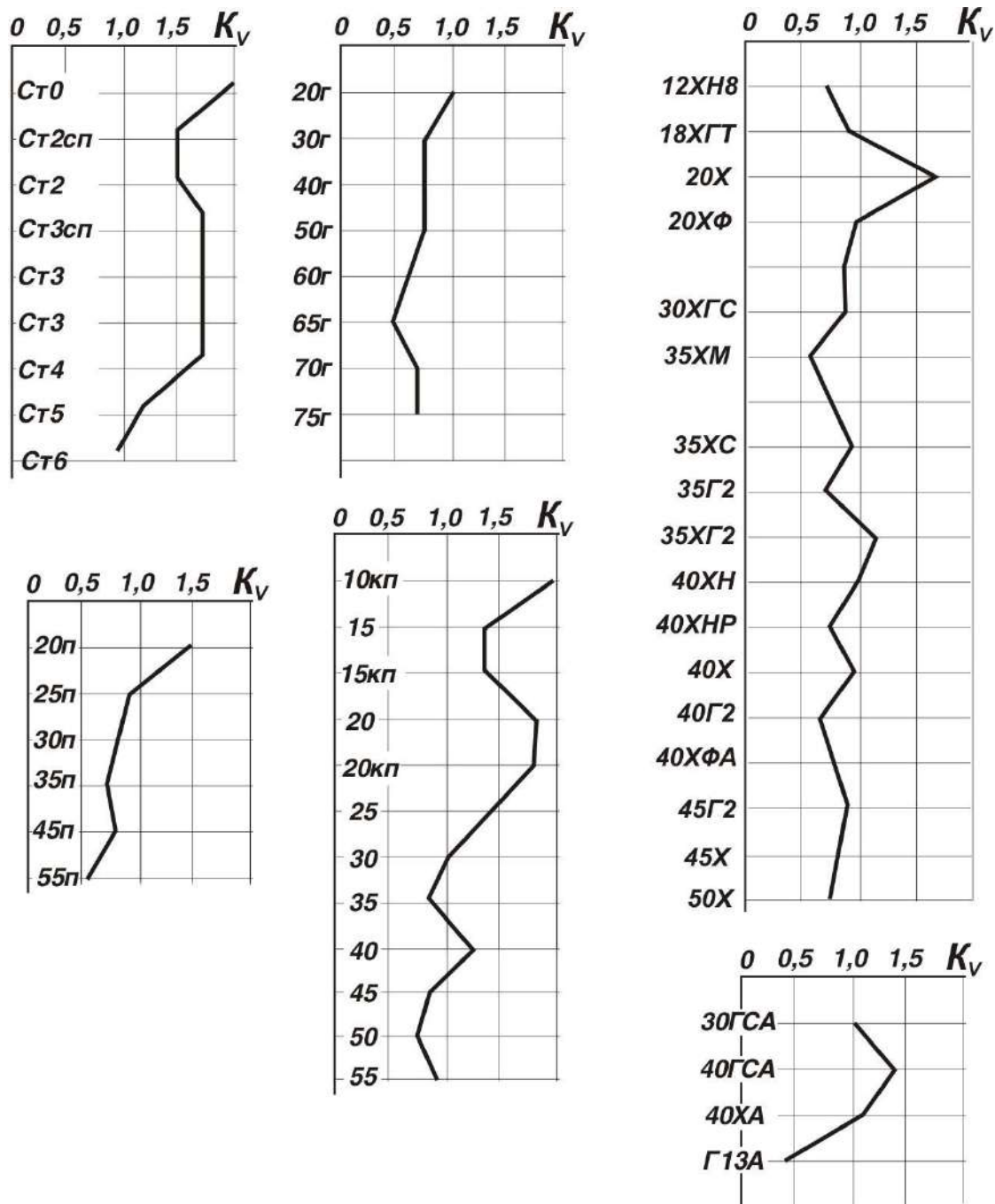


Рисунок 1 - Значення коефіцієнтів відносної оброблюваності для сталей різних марок.

Коефіцієнт оброблюваності матеріалу ***Ком*** визначається за діаграмою, наведеною на рисунку 2, де по осі абсцис відкладений коефіцієнт ***Кv***. Для зручності користування діаграмою на осі абсцис наведені значення коефіцієнтів для найбільш характерних, широко поширених при виготовленні деталей машинобудування і приладобудування матеріалів.

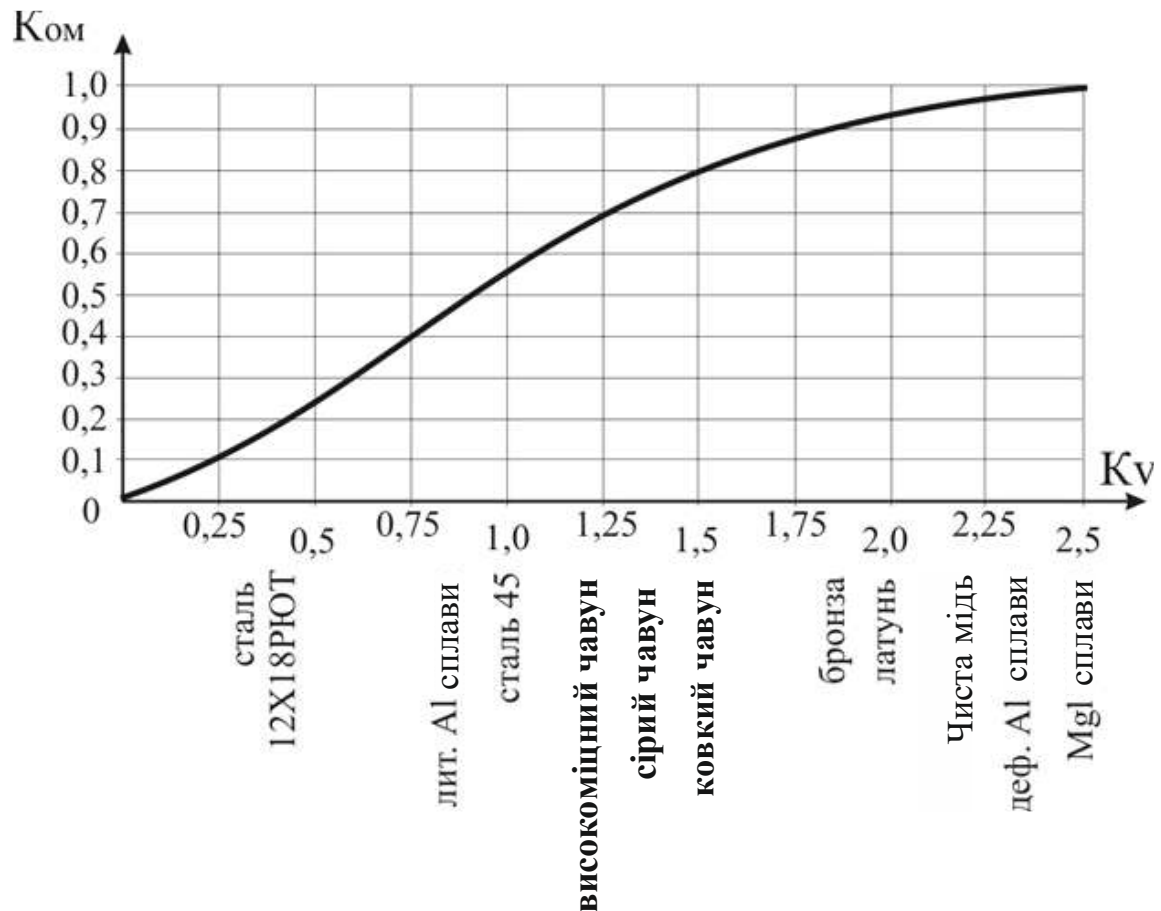


Рисунок 2 - Залежність показника оброблюваності матеріалу K_{om} від коефіцієнта відносної оброблюваності K_v

2. Коефіцієнт складності конструкції деталі.

Збільшення собівартості, одержуваної методами обробки різанням деталі внаслідок подовження технологічного процесу її виготовлення, враховується показником складності конструкції деталі, визначеним у вигляді:

$$K_{cl} = 0.25 (K_k + K_p + K_v + K_c) \quad (3)$$

де: ***Kk, Kp, Kv, Kc*** - коефіцієнти, що визначаються, як:

$$K_i = 1 - A_i \quad (4)$$

причому A_i - поправки, чисельні значення яких наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 -Фактори, що визначають складність конструкції деталі.

Позначення коефіцієнтів	Чинники, що впливають на величини коефіцієнтів	Діапазони факторів	Величина виправлення A_i
K_k	Кількість поверхонь деталі, що обробляються різанням	≤ 20 > 20	0 0,2
K_p	Кількість підвищених вимог щодо точності форми та взаємного розташування поверхонь	0 ≤ 2 > 2	0 0,2 0,4
K_v	Кількість видів механічної обробки	≤ 2 > 2	0 0,1

Для розрахунку цих коефіцієнтів складається таблиця, що містить такі графи: номер поверхні, характерний розмір, точність, шорсткість, види механічної обробки при отриманні даної деталі, наявність і кількість вимог, що складно виконуються за точністю форми і взаємного розташування для даної поверхні. І примітка, в якій вказується, чи є дана поверхня уніфікованою чи ні (табл. 5).

Таблиця 5 -Класифікація поверхонь

Номер поверхні	Назва поверхні	Розмір, мм	Квалітет точності, IT	Шорсткість, Ra	Співвідношення IT до Ra	Уніфікація
1	Торець	130*	14	6,3	-	+
2	Фаска	2x45	14	6,3	-	+
....					...	...

Коефіцієнт **K_k** (коефіцієнт кількості поверхонь) залежить від кількості поверхонь на вихідній заготовці, з яких видаляється стружка при виготовленні деталі. Комбіновані поверхні, що утворюються за один робочий хід одним інструментом або які можна розглядати як слід інструменту, можуть бути враховані як одна поверхня .

Коефіцієнт ***Kp*** (коефіцієнт розташування поверхонь) враховує загальну кількість заданих на кресленні деталі вихідних даних щодо забезпечення необхідних точності форми та взаємного розташування поверхонь (відхилень від паралельності, відхилень від перпендикулярності, відхилень від площинності, тощо) в межах 0,05 мм.

Коефіцієнт ***Kv*** (коефіцієнт видів обробки) враховує кількість різних видів обробки різанням (технологічних операцій), що застосовуються при виготовленні деталі, таких, як точіння, свердління, шліфування, стругання, фрезерування тощо.

Коефіцієнт ***Kc*** враховує відповідність розміру, точності і шорсткості поверхонь деталей, що обробляються за 10-м квалітетом і точніше, деяким оптимальним величинам, які рекомендовані як економічно, так і конструктивно обґрунтовані.

Величина ***A***, що входить у вираз (4), для цього коефіцієнта визначається за формулою:

$$A = 0.1 \sum_{j=1}^N m_j \quad (5)$$

де: ***N*** - загальна кількість поверхонь деталі, оброблюваних різанням не грубіше 10-го квалітету

m_j — кількість зон, на яких параметр Ra для j-ої поверхні відстоює оптимальне поєднання на діаграмі, яку показано у таблиці 6.

Положення реальної поверхні в табл.6 визначається її розмірами та квалітетом. Величини ***m_j*** лежать у межах від 0 до 4. Якщо при розрахунку за формулою (5) виявляється, що ***A > 1***, то у вираз (4) підставляється ***A = 1***.

Якщо у деталі немає поверхонь, які оброблювані по 10-му квалітету і точніше, то приймаємо ***Kc = 1***.

Таблиця 6 - Оптимальні співвідношення параметрів поверхні

JT	Поля допусків		Параметри шорсткості <i>Ra</i> для поверхонь із номінальними розмірами, мм.						
	Вал	Отвір	До 18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250
6	h6	H6	<i>Ra</i> =0,8 мкм	<i>Ra</i> = 1,6мкм					
7	H7 Js7 K7 N7 P7 f7 h7			Зона 5	Зона 4				
8	e8 h8	F8 H8			Зона 3				
9	d9 h9	E9 H9							
10	d10 h10	H10	<i>Ra</i> = 6,3мкм Зона 2					<i>Ra</i> = 12,5мкм Зона 1	

3. Коефіцієнт точності та шорсткості поверхонь деталі.

Цей коефіцієнт залежить від співвідношення розмірів, параметрів точності та шорсткості поверхні. У таблиці 7 наведено чисельні значення коефіцієнта точності та шорсткості поверхонь деталі відповідно до зон співвідношення параметрів поверхні.

Таблиця 7 - Числові значення коефіцієнта точності та шорсткості поверхонь деталі.

№ зони в таблиці 6	Шорсткість поверхні Ra , мкм.								
	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05
1	1,0	0,95	0,9	0,85	0,80	0,75	0,7	0,65	0,6
2	X	0,9	0,85	0,80	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55
3	X	X	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
4	X	X	X	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45
5	X	X	X	X	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4

Користування даними, наведеними в таблицях 6 та 7, полягає в наступному:

1. Кожну з поверхонь, що піддаються обробці різанням не грубіше 10-го квалітету, перевіряють на відповідність за таблицею 6. При цьому параметри поверхонь повинні виявлятися у виділеному сірому осередку.

2. Якщо параметри поверхонь потрапляють у зону зі знаком "X", то таке поєднання параметрів помилкове. Відповідне зменшення технологічності враховується коефіцієнтом K_c .

3. Якщо параметри поверхні K_c потрапляють в одну з виділених клітин, то така поверхня має бути врахована як нестандартний (неуніфікований) елемент на відповідній стадії розрахунку (див. п.4).

4. Якщо отримане значення $K_{нов} < 0,5$, то розглянута деталь вважається прецизійною.

Як значення $K_{нов}$ приймається найменше з усіх отриманих поверхонь.

4. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів.

Показник уніфікації конструктивних елементів визначається за формулою:

$$K_{ye} = \frac{N_{ye}}{N_e} - 0,1 \text{ п} \quad (6)$$

де: N_e - загальна кількість конструктивних елементів деталі, од.; N_{ye} – кількість уніфікованих конструктивних елементів деталі, од.; n – кількість нетехнологічних елементів деталі, од.;

Для розрахунку цього показника необхідно конструкцію деталі подати у вигляді сукупності елементарних конструктивних елементів (площина, циліндр, отвір тощо).

Комбіновані конструктивні елементи, які можуть бути сформовані одним різальним інструментом за один робочий хід, можуть бути прийняті за один елемент.

До уніфікованих елементів відносяться такі елементи, які виготовляються стандартним різальним інструментом та не вимагають застосування спеціального оснащення (оправок, планшайб, кондукторів та ін.). При такому кваліфікуванні поверхонь мають бути обрані інструмент та технологічне оснащення, що застосовуються у передбачуваному технологічному процесі виготовлення деталі.

Розміри інструменту визначаються стандартами на конкретні види інструменту та розмірними рядами нормальних чисел, що регламентують розміри всіх видів інструментів (табл. 8).

Таблиця 8 - Деякі стандартні величини розмірів інструментів.

Ряди нормальних чисел	
Основний ряд:	1.0, 1.6, 2.5, 4.0, 6.3, 10.0, 16.0, 25.0, 40.0, 63.0, 100, 160, 250, 400, 630.
Додатковий ряд:	1.25, 2.00, 3.15, 5.00, 8.00, 12.5, 20.0, 31.5, 50.0, 80.0, 125, 200, 315, 500, 800
Стандартний ряд розмірів свердл. СТ СЕР 235 (1-1935)	
0.25, 0.28, 0.30, 0.38, 0.40, 0.42, 0.45, 0.48, 0.50, 0.52, 0.55, 0.58, 0.60, 0.62, 0.65, 0.68, 0.70, 0.72, 0.75, 0.78, 0.80, 0.85, 0.88, 0.90, 0.92, 0.98, 1.00	
далі з кроком	0.05 до 3.00 (1.05, 1.10, 1.15 тощо)
далі з кроком	0.10 до 14.00 (3.1, 3.2, 3.3 тощо)
далі з кроком	0.25 до 32.00 (14.25, 14.50, 14.75 тощо)
далі з кроком	0.50 до 51.00 (32.50, 33.00, 33.50 тощо)
далі з кроком	1.00 до 80.00 (52.00, 53.00, 54.00 тощо)
Стандартний ряд розмірів зовнішніх діаметрів фрез	
Основний ряд:	- до 3.0, 6.0, 12.0, 32.0
Додатковий ряд:	- до 2.2, 3.5, 5.5, 7.0, 11.0, 22.0, 36.0

На наступному етапі із загальної кількості конструктивних елементів повинні бути виділені нетехнологічні елементи, тобто такі елементи, виготовлення яких із загальних міркувань викликає додаткові технологічні проблеми. Нетехнологічні елементи можуть бути уніфікованими та неуніфікованими.

5. Коефіцієнт використання матеріалу.

Технолог вибирає той сортамент заготовки, який максимально наближений до розміру деталі, що охоплює (товщина плоско-паралельної деталі або найбільший діаметр деталі у вигляді тіла обертання). Розміри заготовки повинні бути більшими за розміри деталі з урахуванням максимального припуску на обробку.

Якщо в якості заготовок при обробці різанням застосовують вилівки, штамповані заготовки, заготовки, одержувані методом порошкової металургії тощо, показник використання матеріалу підвищується.

Якщо розміри поверхонь малі, то габарити заготовки збільшують для закріплення заготовки в затискному пристосуванні, якщо при обраному технологічному процесі цю частину заготовки не можна обробити.

Показник використання матеріалу визначається співвідношенням:

$$K_{\text{вм}} = \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{з}}} \quad (7)$$

де: $V_{\text{з}}$ та $V_{\text{д}}$ - об'єм заготовки та обробленої деталі (без покриттів), що розраховуються за формулами стереометрії.

Для визначення обсягу заготовки з прокату використовується ряд стандартних розмірів прутків та листового прокату, для литих і штампованих заготовок комбінацією простих геометричних фігур згідно з кресленням заготовки.

Таблиця 9 - Рекомендовані розміри заготовок

Діаметри прутків, мм.
5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 11.0, 12.0, 13.0, 14.0, 15.0, 16.0, 17.0, 18.0, 19.0, 20.0, 21.0, 22.0, 24.0, 25.0, 27.0, 28.0, 30.0, 35.0, 36.0, 38.0, 40.0, 42.0, 44.0, 45.0, 48.0, 50.0, 52.0, 53.0, 54.0, 55.0, 56.0, 58.0, 60.0, 62.0, 63.0, 65.0, 68.0, 70.0, 72.0, 75.0, 78.0, 80.0, 82.0, 85.0, 90.0, 95.0, 100.0, 105.0, 110.0, 115.0, 120.0, 125.0, 130.0, 135.0
від 160 до 200 через 10 мм.
от 210 до 250 через 10 мм.
Товщини листів та смуг, мм.:
4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 11.0, 12.0, 13.0, 14.0, 15.0, 16.0, 17.0, 18.0, 19.0, 20.0, 21.0, 22.0, 25.0, 28.0, 32.0, 36.0, 40.0, 45.0, 50.0, 56.0, 60.0

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке технологічність деталі?
2. Які методи оцінки технологічності існують?
3. У чому полягає якісна оцінка технологічності?
4. Які параметри впливають на кількісну оцінку технологічності?
5. Які параметри заготовки та деталі найбільш впливають на значення коефіцієнта технологічності?
6. Як відрізняються граничні коефіцієнти технологічності для різних типів деталей?

Список використаних джерел

1. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів напрямку 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: «Діса плюс», 2022. – 424 с.
2. Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування: лаб. практикум / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків: НТУ "ХПІ", 2024. – 211 с.
3. Чучман Ю.І. Технологія машинобудування для електромеханіків - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2001. - 348 с.
4. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
5. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П.О.Руденко. – К.: Вища шк., 2003. – 420 с.

ДОДАТКИ

Додаток А. Оброблюваність сталей і сплавів

Таблиця А1 - Класифікація сталей і сплавів за оброблюваність різанням

Марки сталей та сплавів	Термічна обробка	Швидкість різання [м/хв] при обробці інструментом:		Коефіцієнт K_V
		із твердого сплаву	зі швидкорізальної сталі	
1	2	3	4	5
Теплостійкі хромисті, хромонікелеві та хромомолібденові сталі перлітного, мартенсито-перлітного та мартенситного класів.				
34ХН3М 34ХНМ3Ф	Відпал	250 – 300	50 - 70	1
20Х3МВФ	Загартування та відпустка	120 – 150	20 - 30	0.5
15ХМ5 15Х6СЮ	Відпал	200 – 250	45 - 60	0.9
Корозійно-стійкі хромисті та складнолеговані сталі феритного, мартенсито-феритного та мартенситного класів.				
12Х13	Загартування та відпустка	180 – 220	35 - 40	0.7
25Х13Н2	Відпал	200 – 250	45 - 60	0.9
11Х11Н2ВМФ 1Х12Н2ВМФ	Загартування та відпустка	170 – 200	30 - 40	0.65
20Х13 30Х13	Загартування та відпустка	80 - 100	15 - 20	0.3
40Х13	Відпал	120 – 150	25 - 30	0.5
09Х16Н46	Загартування та відпустка	130 – 160	28 - 38	0.55
МХ17Н2 20Х17Н2	Загартування та відпустка	120 – 150	25 - 35	0.5
95Х18	Загартування та відпустка		————	0.12
Корозійностійкі, кислотостійкі, жаростійкі хромонікелеві сталі аустенітно-феритного та мартенситного класів.				
12Х18Н10Т 10Х23Н18 20Х23Н18 12Х21Н5Т 09Х15Н9Ю	Аустенізація	120 – 150 140 – 180 110 – 130	25 - 35 30 - 40 20 - 30	0.5 0.6 0.45
07Х16Н6	Нормалізація та відпустка	120 – 150	25 - 35	0.5
Жароміцні, жаростійкі, кислотостійкі хромонікелеві, хромонікелемарганцеві складнолеговані сталі аустенітного та аустенітно-феритного класів.				
10Х11Н23Т3МР	Аустенізація та старіння	50 - 60	122 - 20	0.23
45Х14Н14В2М	Аустенізація та старіння	100 – 120	20 - 28	0.40
30НХТЮ ХН38ВТ ХН38ТЮР	Аустенізація та старіння	40 - 50	8 - 12	0.16

Продовження таблиці А1.

5. Жароміцні деформовані сплави на залізонікелевій та нікелевій основах.				
1	2	3	4	5
ХН35ВТЮ	Аустенізація	22 - 28	8 - 12	0.12
ХН56МТЮ	Аустенізація	20 - 25	6 - 10	0.1
ХН70ВМТЮ	Аустенізація та старіння	20-25	6 - 10	0.1
ХН62МКВЮ ХН60МТВЮ ХН82ТЮМВ	Аустенізація та старіння	18 - 20	5 - 10	0.08
6. Окаліностійкі та жароміцні ливарні сплави на нікелевій та хромовій основах				
ВЖ36-12 АНВ-300 ЖС6-К	Аустенізація та старіння	18 - 20		0.05
ЖС3-ДК				
ХН67ВМТЮ Л				
ВХ4-Л	Відпал	20 - 25	6 - 10	0.1
7. Сплави на титановій основі				
ВТ1, ВТ3	Відпал	100 – 150	30 - 40	0.50
ВТ4, ВТ5		50 - 70	18 - 25	0.28
ВТ6		70 - 100	25 - 35	0.40
ВТ14,		60 - 80	20 - 30	0.32
ВТ22		50 - 75	20 - 28	0.30
ВТ15				
8. Високоміцні сталі				
А. Леговані сталі				
28Х3СНВЧ 30Х2ГСН2 ВМ	Загартування та відпустка	40 - 65	5 - 10	0.22
33Х3СНМ ВФА 38Х3СНМ ВФА	Загартування та відпустка	40 - 50	4 - 5	0.18
42Ч2ГСН М 38Н5МСФ А 43Х3СНМ ВФА	Загартування	28 - 38 25 - 35 10 - 30	2 - 3 1 - 2 -----	0.14 0.13 0.12

Додаток Б. Шорсткість поверхні при механічних методах обробки

Таблиця Б1 - Шорсткість поверхні, що досягається при механічних методах обробки

Тип поверхні	Методи обробки		Параметри шорсткості, Ra, мкм													
			50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,012	
Зовнішні циліндричні	Точіння	Попереднє	■	■	■	■										
		Чистове			■	■	■	■	■							
		Тонке							■	■	■					
	Шліфування	Попереднє						■	■							
		Чистове								■	■					
		Тонке									■	■	■			
	Притирка	Груба								■						
		Середня									■	■				
		Тонка										■	■	■	■	■
	Обробка абразивним полотном									■	■	■	■			
Обкатування роликом										■	■	■	■			
Шліфування - (суперфінішування)											■	■	■	■	■	
Внутрішні циліндричні	Розточування	Попереднє	■	■	■	■										
		Чистове				■	■	■	■							
		Тонке							■	■	■					
	Свердління				■	■	■									
	Зенкерування	Чорнове (по корці)			■	■	■									
		Чистове				■	■	■	■							
	Розгортання	Нормальне							■	■						
		Точне								■	■					
		Тонке									■	■	■			
	Протягування								■	■	■	■				
	Внутрішнє Шліфування	Попереднє							■	■						
		Чистове								■	■	■				
	Калібрування шариком										■	■	■	■		
	Притирка	Груба									■	■				
		Середня										■	■			
		Тонка											■	■	■	■
Шліфування-притирка (хонінгування)	Нормальне								■	■	■					
	Дзеркальне										■	■	■	■		
Площини	Стругання	Попереднє	■	■	■	■										
		Чистове			■	■	■	■	■							
		Тонке							■	■						
	Циліндричне фрезерування	Попереднє		■	■	■	■									
		Чистове					■	■	■							
		Тонке						■	■	■						
	Торцеве фрезерування	Попереднє		■	■	■	■									
		Чистове					■	■	■							
		Тонке						■	■	■						
	Торцеве точіння	Попереднє	■	■	■	■										
		Чистове			■	■	■	■	■							
		Тонке							■	■	■					
	Плоске Шліфування	Попереднє						■	■							
		Чистове								■	■					
	Притирка	Груба								■	■					
		Середня									■	■				
		Тонка										■	■	■	■	■

Додаток В. Допуски розмірів залежно від квалітету точності

Таблиця В1 - Допуски розмірів залежно від квалітету точності

Размер, мм	Допуск, мкм при квалитете																		
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
3—6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
6—10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
10—18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
18—30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	12	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
30—50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
50—80	0,8	1,5	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
80—120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
120—180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
180—250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
250—315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
315—400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
400—500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

Додаток Г. Шорсткість поверхні в залежності від точності виготовлення

Таблиця Г.1 - Шорсткість поверхні отворів і валів в залежності від точності виготовлення
(система отвору)

Квалі-тет	Поле допуску		Розміри, мм													
			Від 1 до 3	Від. 3 до 6	Від. 6 до 10	Від. 10 до 18	Від. 18 до 30	Від. 30 до 50	Від. 50 до 80	Від. 80 до 120	Від. 120 до 180	Від. 180 до 260	Від. 260 до 360	Від. 360 до 500 до 630	Від. 630 до 1000	
			Параметри шорсткості поверхні, мкм													
6 – 7	Отвір	H7	0,4	0,8		1,6			3,2				25			
	Вал	u7				1,6		3,2			-					
		r6, s6				1,6					25					
		n6	0,4			0,8			1,6			3,2				
		k6														
		js6														
		h6							1,6			3,2				
		g6														
		f7	0,4		0,8			1,6			2,5		-			
	e7	0,8			1,6										3,2	
7 – 8	Отвір	H8	0,8			1,6			3,2		2,5					
	Вал	s7, u8	0,4	0,8			1,6		3,2		-					
8 – 9	Отвір	H8, H9	0,8	1,6			3,2			25		-				
	Вал	u8		1,6					12,5			6,3	12,5			
		x8, u8,s8		1,6				3,2			6,3		12,5			
		h8, h9		1,6		3,2			6,3			-				
		f9, e9, e8		1,6												
		d9		1,6			3,2			25						
11	Отвір	H11	3,2			6,3			12,5							
	Вал	h11, d11														
		b11, c11, a11	3,2	6,3			12,5									
12	Отвір	H12	12,5			25			25							
	Вал	h12, b12	12,5			25					50					
14	Отвір	H14	12,5			25					50					

Таблиця Г2 - Шорсткість поверхні отворів і валів в залежності від точності виготовлення (система вала)

Квалітет	Поле допуску		Розміри, мм													
			Від 1 до 3	Від. 3 до 6	Від. 6 до 10	Від. 10 до 18	Від. 18 до 30	Від. 30 до 50	Від. 50 до 80	Від. 80 до 120	Від. 120 до 180	Від. 180 до 260	Від. 260 до 360	Від. 360 до 500	Від. 500 до 630	Від. 630 до 1000
			Параметри шорсткості поверхні, мкм													
6 - 8	Вал	h6	0,4	0,4		0,8		1,6				3,2				
	Отвір	T7,U7, U8	0,4	0,8		1,6		12,5				-				
		R7, S7				1,6										
		N7		0,8			1,6				12,5					
		K7	0,4		0,8		1,6									
		JS7	0,4		0,8									1,6		
		H7														
		G7														
		F8	0,4	0,8			1,6				3,2					
		E8	0,8			3,2								-		
7 - 8	Вал	h7	0,4	0,8			1,6				3,2					
	Отвір	U8	0,8			1,6			3,2		-					
8 - 10	Вал	h8, h9	0,8	1,6					3,2			25				
	Отвір	H8, H9	1,6			3,2			25				50			
		E9, F9														
		D9, D10	1,6		3,2											
11	Вал	h11	1,6		3,2			25				50				
	Отвір	H11	3,2													
		D11														
		B11,C11														
		A11,B11														
12 - 13	Вал	h12, h13	3,2		25			50								
	Отвір	H12,H13	6,3					12,5				-				
		B12														
14	Вал	h14	6,3		12,5				25							

Додаток Д. Економічна точність і шорсткість поверхонь

Таблиця Д.1 - Економічна точність і шорсткість зовнішніх циліндричних, конічних та фасонних поверхонь за різних методів обробки.

№ п/п	Найменування	ІТ	Ra, мкм
1	Точіння однократне	12	10-5
1 2	Точіння попереднє Точіння чистове	11-10	5-2,5
1 2	Точіння однократне Шліфування однократне	10-9	2,5-0,63
1 2 3	Точіння попереднє Точіння чистове Шліфування однократне	9-7	1,25-0,63
1 2 3	Точіння попереднє Точіння чистове Точіння тонке	8-7	0,63-0,32
1 2 3 4	Точіння попереднє Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	6	0,63-0,32
1 2 3 4	Точіння попереднє Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування Тонке	7-5	0,32-0,16
1 2 3 4 5	Точіння попереднє Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове Шліфування тонке	5	0,32-0,08

Таблиця Д.2 - Економічна точність і шорсткість площин, пазів і уступів за різних методів обробки.

	Найменування	ІТ	Ra, мкм
1	Стругання чорнове	14 - 12	20 – 5
1 2	Стругання чорнове Стругання чистове	12 - 10	5 – 0.63
1 2 3	Стругання чорнове Стругання чистове Стругання тонке	9 - 8	2.5 – 0.32
Фрезерування виконується з теми ж показниками шорсткості та точності			
1	Протягування чорнове необроблених поверхонь	11 - 10	5 – 1.25
1 2	Протягування чорнове Протягування чистове	9 - 7	2.5 – 0.32
1	Шліфування однократне	9 - 8	2.5 – 0.32
1 2	Шліфування попереднє Шліфування чистове	8	0.63 – 0.08
1 2 3	Шліфування попереднє Шліфування чистове Шліфування тонке	7	0.32 – 0.04

Таблиця Д.3 - Економічна точність і шорсткість внутрішніх циліндричних поверхонь за різних методів обробки.

	Найменування	ІТ	Ra,мкм
<u>В споллошному матеріалі</u>			
1	Свердління	12 - 13	25 – 6,3
1 2	Свердління Зенкерування	11	6,3 – 3,2
1 2	Свердління Розгортання	10 - 9	5 – 1.25
1 2	Свердління Протягування	9	2.5 – 0.32
1 2 3	Свердління Зенкерування Розгортання	9 - 8	2.5 – 0.63
1 2 3	Свердління Розгортання попереднє Розгортання чистове	8 - 7	2.5 – 0.32
1 2 3 4	Свердління Зенкерування Розгортання попереднє Розгортання чистове	7	1.25 – 0.32
1 2 3	Свердління Зенкерування Шліфування	8 - 7	1.25 – 0.32
1 2 3	Свердління Протягування Калібрування	8 - 7	1.25 – 0.32
<u>В заготовках з попередньо отриманим отвором</u>			
1	Зенкерування	12	10 – 2.5
1	Розточування однократне	12	10 – 2.5
1 2	Зенкерування чорнове Зенкерування чистове	11	6,3 – 1,25
1 2	Розточування чорнове Розточування чистове	11	5,0 – 1,0
1 2 3	Розточування чорнове Розточування чистове Розгортання	9 - 8	2.5 – 0.63
1 2 3	Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	8 - 7	1.25 – 0.16
1 2	Протягування Шліфування	8 - 7	1.25 – 0.16
1 2 3	Розточування чорнове Розточування чистове Хонінгування	8 - 7	0.32 – 0.04
1 2 3 4	Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке Хонінгування	7	0.16 – 0.02

Додаток Е. Приклад аналізу технологічності деталі

Послідовність та зміст розрахунку комплексного показника технологічності пояснимо на основі розгляду деталі “Стакан” (рис.Е1.1).

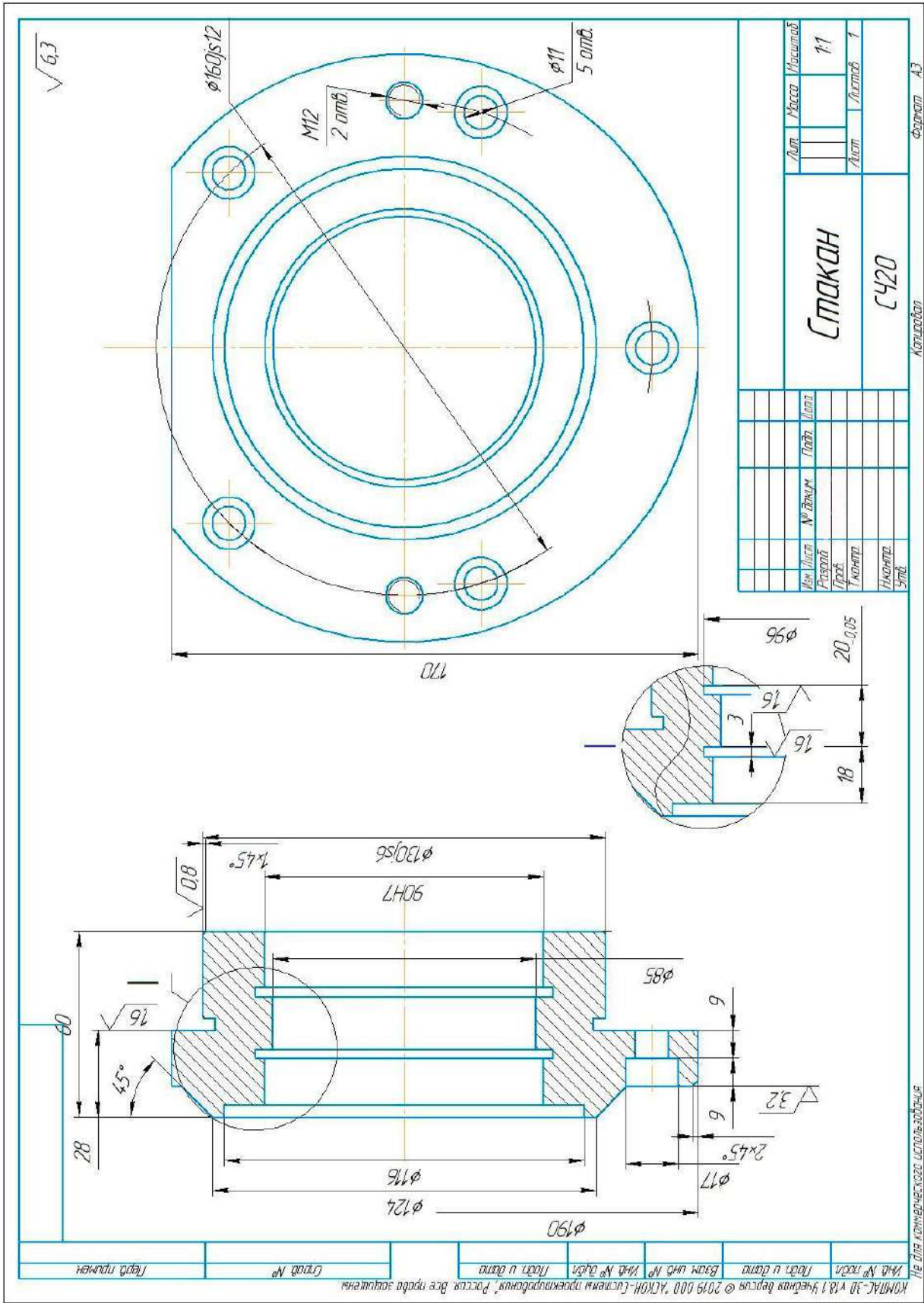


Рисунок Е1.1 - Ескіз деталі «Стакан»

при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь та лиски 4. Технологічність розміщення розмірів, допусків і шорсткості поверхні відповідає можливості контролю

Таким чином, здійснивши якісний аналіз технологічності деталі «Стакан», робимо попередній висновок про те, що деталь є технологічною з точки зору обробки її на металорізальному обладнанні.

Кількісний аналіз технологічності деталі «Стакан»

Кількісно технологічність конструкції оцінюється за комплексним показником, який визначається як сукупність значень часткових показників технологічності з урахуванням їх вагових коефіцієнтів

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}$$

де, K_T – комплексний показник технологічності;

K_i – частковий показник технологічності;

φ_i – коефіцієнт вагомості часткового показника;

n – кількість часткових показників технологічності.

Визначення часткових показників технологічності деталей (табл.1) відбувається на основі по-елементного аналізу конструкції деталей, прийнятого способу їх виготовлення та виду матеріалу.

Комплексний показник технологічності K_T повинен бути більшим або дорівнювати так званому нормативному показнику технологічності (табл.2).

Показник оброблюваності матеріалу

Визначаємо, що для СЧ40 коефіцієнт відносної оброблюваності $K_v=1,5$. Відкладаючи це значення K_v по осі абсцис діаграми, показаної на рис. 2, вважаємо, що показник оброблюваності матеріалу становить $K_{om} = 0,8$

Коефіцієнт оброблюваності матеріалу $K_{om}=0,8$

Показник складності конструкції

Збільшення собівартості деталі, одержуваної методами обробки різанням, через подовження технологічного процесу її виготовлення внаслідок її складності може бути враховано показником складності конструкції деталі, визначеним у вигляді

$$K_{CK} = 0,25(K_K + K_P + K_B + K_C)$$

де K_K – коефіцієнт кількості поверхонь;

K_P – коефіцієнт вимог по розташуванню поверхонь;

K_B – коефіцієнт видів обробки;

K_C – коефіцієнт відповідності поверхонь.

Частковий показник технологічності

$$K_i = 1 - A_i,$$

де A_i – поправки.

Для розрахунку даного показника необхідно зібрати відомості про форму і характерні розміри кожної поверхні, спосіб її одержання (вид обробки різанням), необхідну шорсткість і необхідну якість обробки. Крім того, для кожної поверхні вказується наявність вимог щодо точності форми та взаємного розташування (додаткові вимоги), а також (у примітках) її нетехнологічність та не уніфікованість. Ці дані наведено у таблиці E1.1

Таблиця E1.1 – Конструктивні параметри деталі «Стакан»

Номер поверхні	Назва поверхні	Розмір, мм	Квалітет точності, JT	Шорсткість, Ra, мкм	Співвідношення JT/Ra	Уніфікація
1	Торець	130*	14	6,3	-	+
2	Фаска	1x45	14	6,3	-	+
3	Зовнішня циліндрична поверхня	130	6	0,8	+	-
5	Торець	190*	14	6,3	-	+
9	Торець	124*	14	6,3	-	+
4	Канавка (L=4)	4	14	6,3	-	+
6	Лиска	170	14	6,3	-	+
7	Торець	190*	14	3,2	-	+
8	Конічна поверхня	124	14	6,3	-	+
10	Внутрішня циліндрична поверхня	116	14	6,3	-	+
11	Торець	116	14	6,3	-	+
12,18	Внутрішня циліндрична поверхня	90	7	6,3	-	-
13,16	Канавки (L=3)	3	14	1,6	-	+
14,15	Торець	3**	14	6,3	-	+
17	Внутрішня циліндрична поверхня	85	14	6,3	-	+
19,20	Різьбовий отвір M12	M12	14	6,3	+	+
21,23, 25,27,29	Наскрізний отвір	11	14	6,3	-	+
22,24 26,28,30	Отвір з площиною	17	14	6,3	-	+
31	Фаска	2x45	14	6,3	-	+
32	Зовнішня циліндрична поверхня	190	14	6,3	-	+

* - вказано діаметр торця

** - забезпечено інструментом

Коефіцієнт K_k залежить від кількості поверхонь на вихідній заготовці, з яких видаляється стружка при виготовленні деталі. Комбіновані поверхні, які утворені за один робочий хід одним інструментом, можуть бути враховані як одна поверхня. У нашому випадку кількість поверхонь – 32, тоді

$$K_k = 1 - A_i = 1 - 0,2 = 0,8.$$

Коефіцієнт K_p враховує загальну кількість заданих на кресленні деталей вихідних даних щодо забезпечення необхідних параметрів точності форми і взаємного розташування поверхонь (відхилень від паралельності, відхилень від перпендикулярності, відхилень від площинності тощо) в межах 0,05 мм. У нашому випадку таких поверхонь немає, тоді

$$K_p = 1 - A_i = 1 - 0 = 1$$

Коефіцієнт K_v враховує кількість різних видів обробки різанням (технологічних операцій – таких, наприклад, як точіння, свердління, шліфування, стругання, фрезерування та ін.), які застосовуються при виготовленні деталі. У нашому випадку кількість методів обробки поверхонь – 5, (тому що, для обробки деталі необхідні: точіння, фрезерування, свердління, шліфування, розточування) і, відповідно, $A_v = 0,1$, тоді

$$K_v = 1 - A_i = 1 - 0,1 = 0,9.$$

Коефіцієнт K_c враховує відповідність розміру, точності і шорсткості поверхонь деталей, що обробляються за 10-м квалітетом і точніше, деяким оптимальним величинам, під якими маються на увазі рекомендовані як економічно обґрунтовані і конструктивно обґрунтовані.

Величина A для коефіцієнта K_c визначається за формулою

$$A = 0,1 \sum_{j=1}^N m_j,$$

де N – загальна кількість поверхонь деталі, що обробляються різанням не нижче 10-го квалітету

m_j – кількість зон, на які параметр R_a для j -ої поверхні відстає від оптимального.

Кількість таких зон дорівнює 1 (отвір діаметром *130js6*).

Тоді

$$A = 0,1(1) = 0,1$$

$$K_c = 1 - A_i = 1 - 0,1 = 0,9.$$

$$K_{ck} = 0,25(K_k + K_p + K_v + K_c) = 0,25(0,8 + 1 + 0,9 + 0,9) = 0,9$$

Показник точності та шорсткості поверхні деталі

Коефіцієнт точності та шорсткості поверхні деталі $K_{пов}$ визначається по табл.7.

В якості значень $K_{пов}$ приймаємо найменше з отриманих для всіх поверхонь:

для поверхні діаметра 130js6 при $R_a=0,8$: $K_{пов}=0,65$. Оскільки $K_{пов}$ – потрапив в невиділену комірку, то дану поверхню слід рахувати як неуніфіковану

для ф90Н7 не вказана шорсткість, тому ставимо для цієї поверхні шорсткість (згідно з кресленням Ra=6,3). В табл. 8 нема такої шорсткості для 7-го квалітету, тому таку поверхню будемо вважати як нестандартну, і неуніфіковану;

Показник точності та шорсткості поверхні деталі приймаємо найменший з переглянутих:

$$K_{\text{пов}}=0,65.$$

Показник уніфікації конструктивних елементів

До уніфікованих елементів відносяться елементи, які виготовляються стандартним ріжучим інструментом і не вимагають застосування спеціального оснащення (оправок, планшайб, кондукторів і д.р.). Для деталі «Стакан» неуніфікованими є поверхні отвір діаметра **130js6**, та два різьбових отвіра М12 (в деяких випадках цю поверхню потрібно вважати уніфікованою).

Розрахувати коефіцієнт уніфікованих поверхонь, які обробляються:

$$K_{\text{уп}} = \frac{\Pi_{\text{оу}}}{\Pi_0} = \frac{29}{32} = 0,91$$

де $\Pi_{\text{оу}}$ – кількість уніфікованих поверхонь, які обробляються;

Π_0 – загальна кількість поверхонь, що обробляються.

Показник використання матеріалу

Показник використання матеріалу $K_{\text{вм}}$

$$K_{\text{вм}} = \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{з}}}$$

де $V_{\text{з}}$ і $V_{\text{д}}$ – обсяги заготовки та обробленої деталі (без покриття) відповідно.

Розраховуються за формулами стереометрії:

$$V_{\text{з}} = 948459 \text{ мм. куб};$$

$$V_{\text{д}} = 640851 \text{ мм. куб};$$

$$K_{\text{вм}} = \frac{640851}{948459} = 0,67.$$

Тоді

Комплексний показник технологічності $K_{\text{Т}}$ розраховується за формулою 5.1.

Підставивши отримані вище дані, знаходимо

$$K_{\text{Т}} = \frac{0,80 \times 0,8 + 0,9 \times 0,7 + 0,65 \times 0,6 + 0,91 \times 0,7 + 0,67 \times 1}{3,8} = 0,78.$$

Висновок.

На основі проведеного аналізу був розрахований комплексний показник технологічності, який склав $K_{\text{Т}}=0,78$. Даний показник вказує, що деталь технологічна, оскільки для даного типу деталей, цей показник повинен дорівнювати або бути більшим за 0,75.

Додаток Ж - Варіанти індивідуальних завдань для виконання розрахунково-графічної роботи

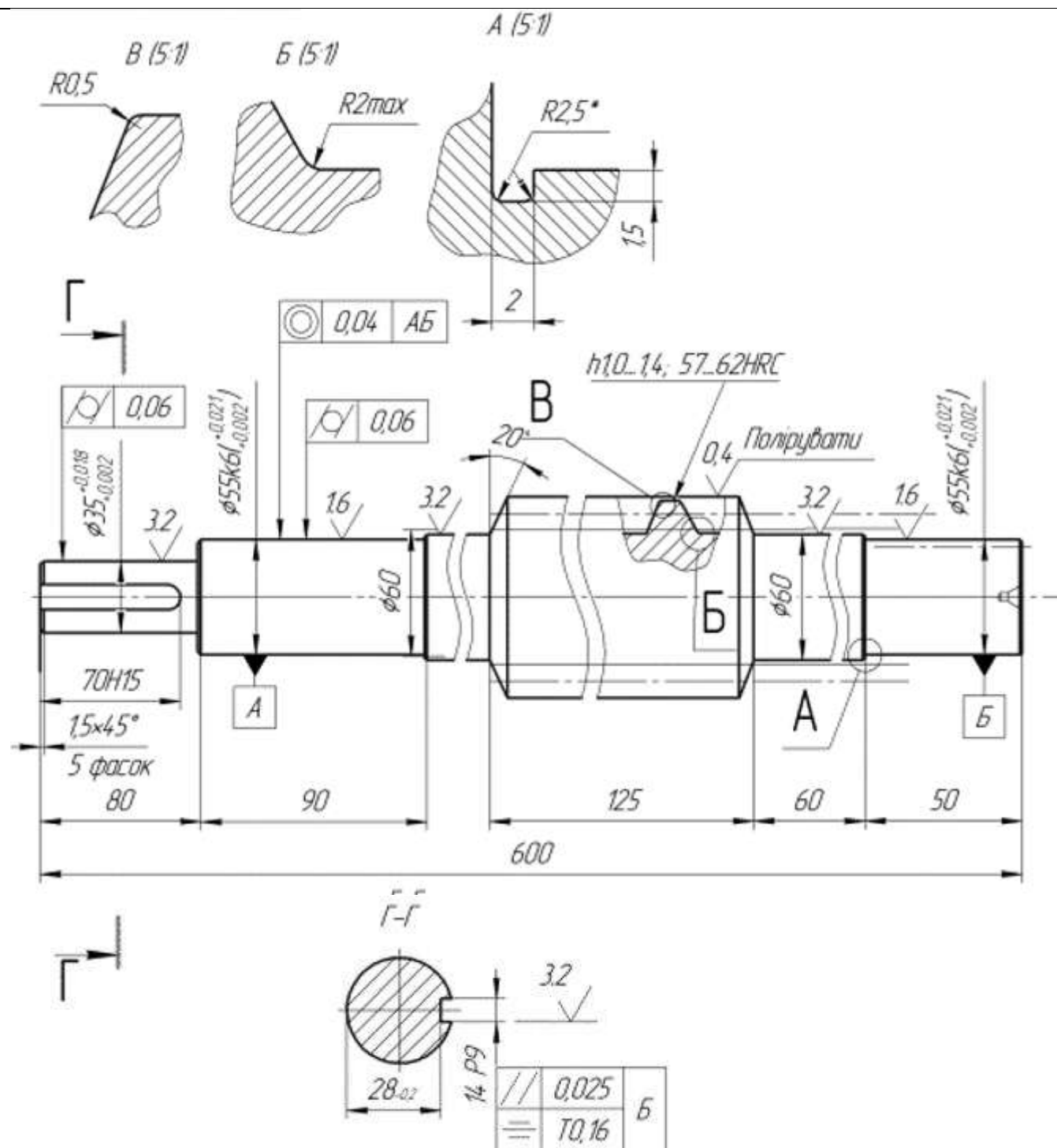
№	Креслення деталі
1	

Technical drawing of a fork (вилка) part, made of 45X steel. The drawing includes a main view, a cross-section A-A, and a detail view of a hole.

Dimensions and Features:

- Main View:**
 - Overall width: 194 ± 0.23 IT12/2
 - Overall height: 140 ± 0.2
 - Central hole diameter: $\phi 129H14/k9$
 - Top hole diameter: $\phi 22H9/k8$
 - Bottom hole diameter: $\phi 25_{-0.02}^{+0.03}H7/f6/2$
 - Neck diameter: $\phi 16H16/k11$
 - Neck length: 110 ± 3
 - Base length: 55
 - Base width: 36
 - Base hole diameter: $\phi 10D11/H6$
 - Base hole position: $16_{-0.05}^{+0.05}IT17/2 \times 65^\circ$
 - Surface roughness: $Rz20$, $Rz12.5$
- Cross-section A-A:**
 - Width: 110 ± 3
 - Height: 140 ± 0.2
 - Radius: $R280$
 - Angle: 45°
- Detail View:**
 - Hole diameter: $\phi 16H16/k11$
 - Radius: $R280$
 - Length: 24 ± 0.05 IT16/2

Material: Вилка. Лиття, сталь 45Х



Technical drawing of a mechanical part, likely a valve or plug, showing a side view and a cross-section.

Side View Dimensions:

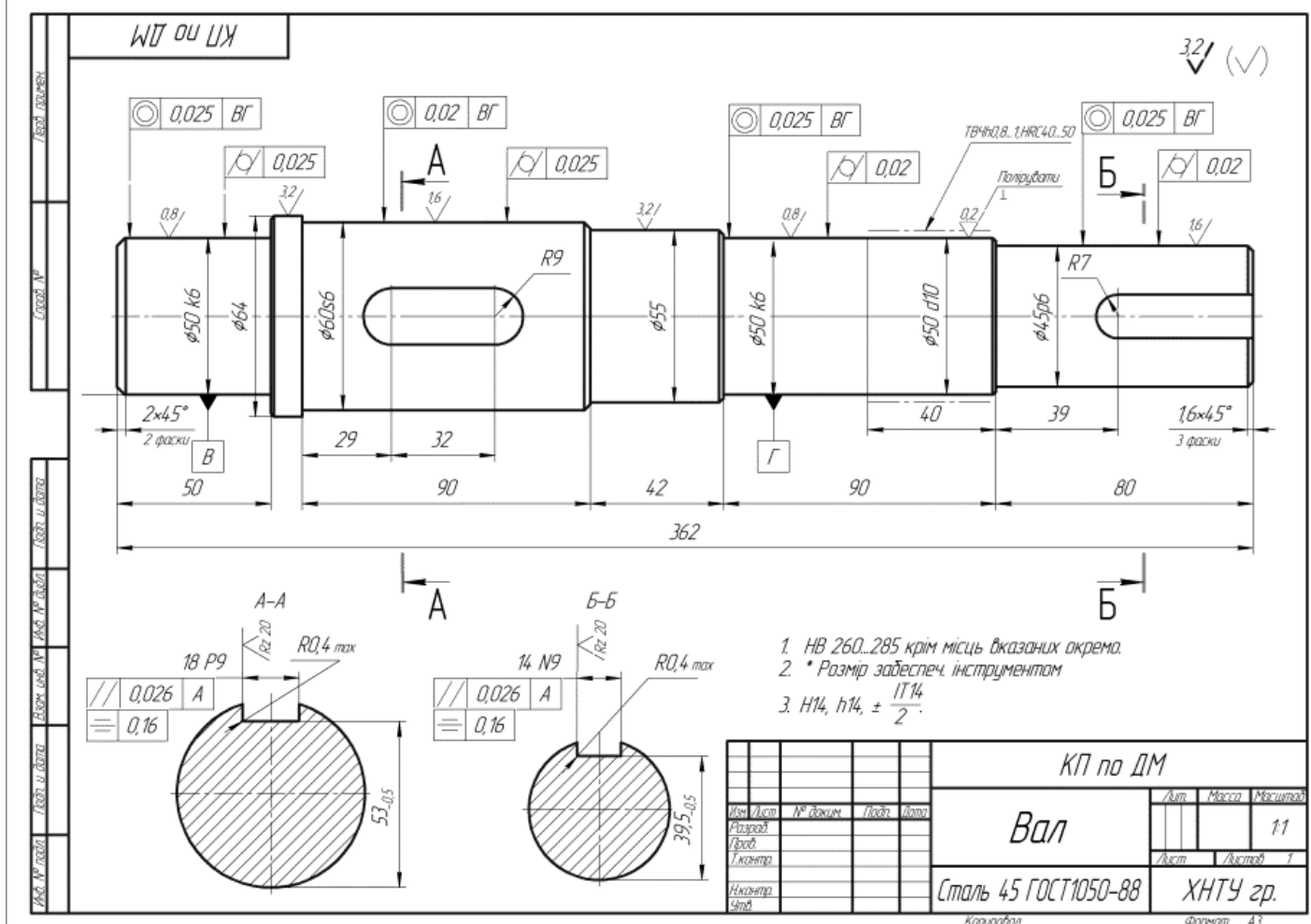
- Total height: 328
- Outer diameter: $\phi 300$
- Inner diameter: $\phi 226$
- Central hole diameter: $\phi 55H7/k6$
- Chamfers: $15 \times 45^\circ$, $175 \times 45^\circ$, $16 \times 45^\circ$
- Fillet radii: $R4$, $R2$, $R0.4$
- Surface texture symbols: $\sqrt{0.01}$, $\sqrt{0.025}$, $\sqrt{0.16}$

Cross-section Dimensions:

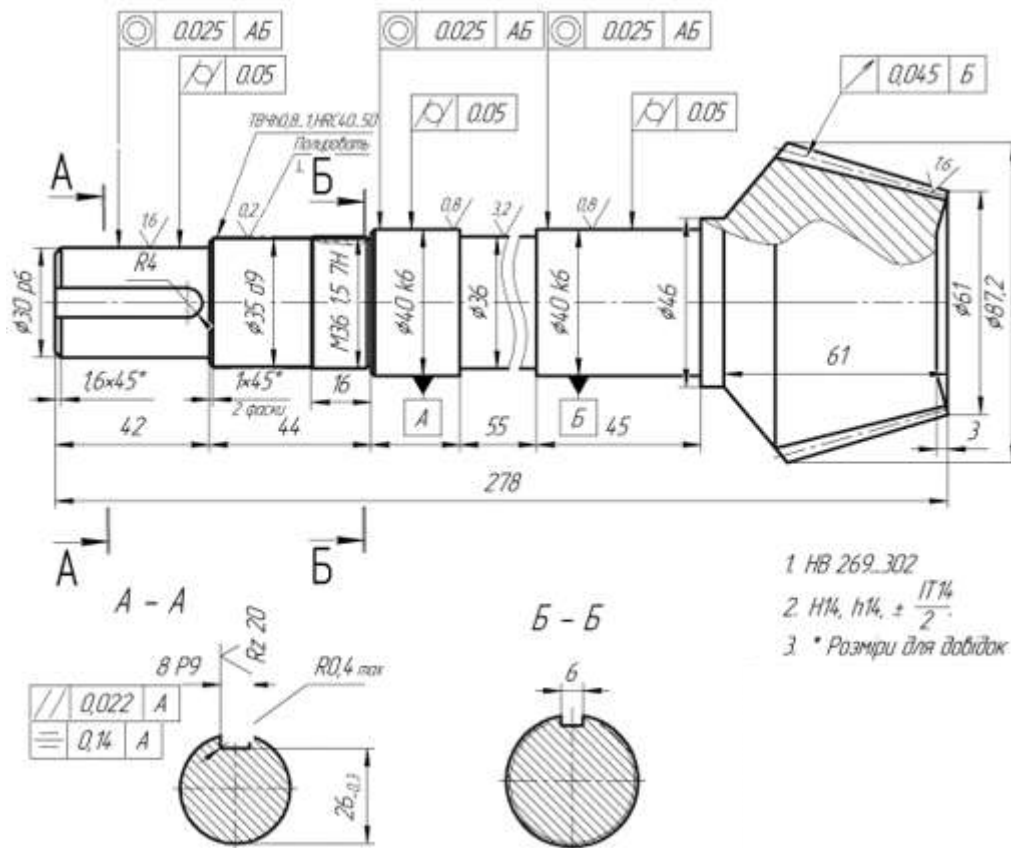
- Outer diameter: 58.8 ± 0.2
- Fillet radius: $R0.4$

Колесо зубчатое. Поковка, сталь 40Х

4

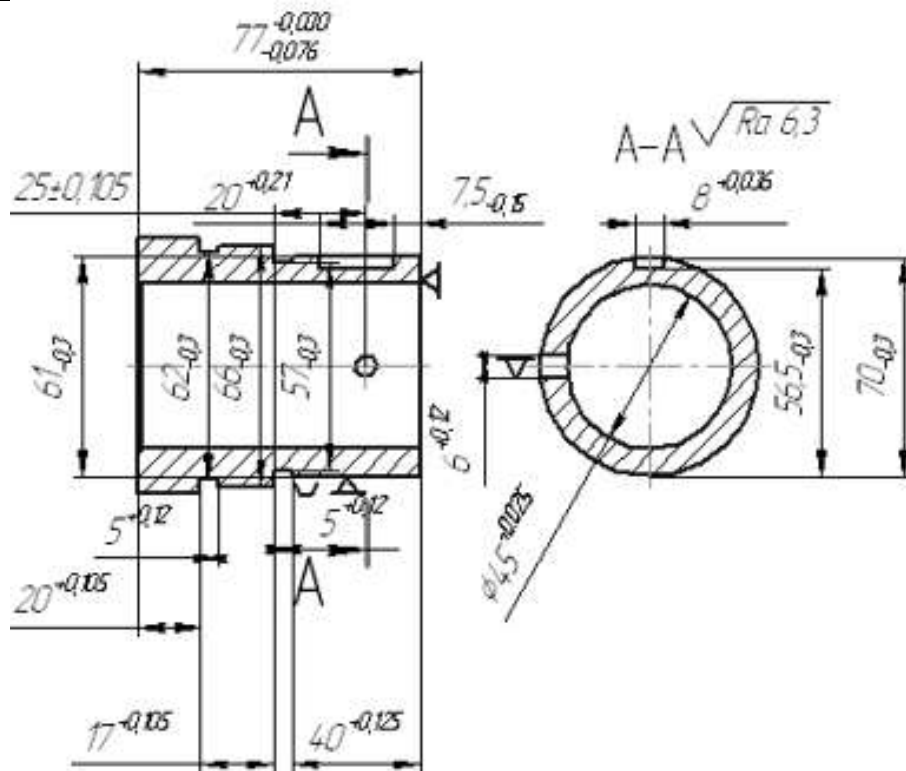


5



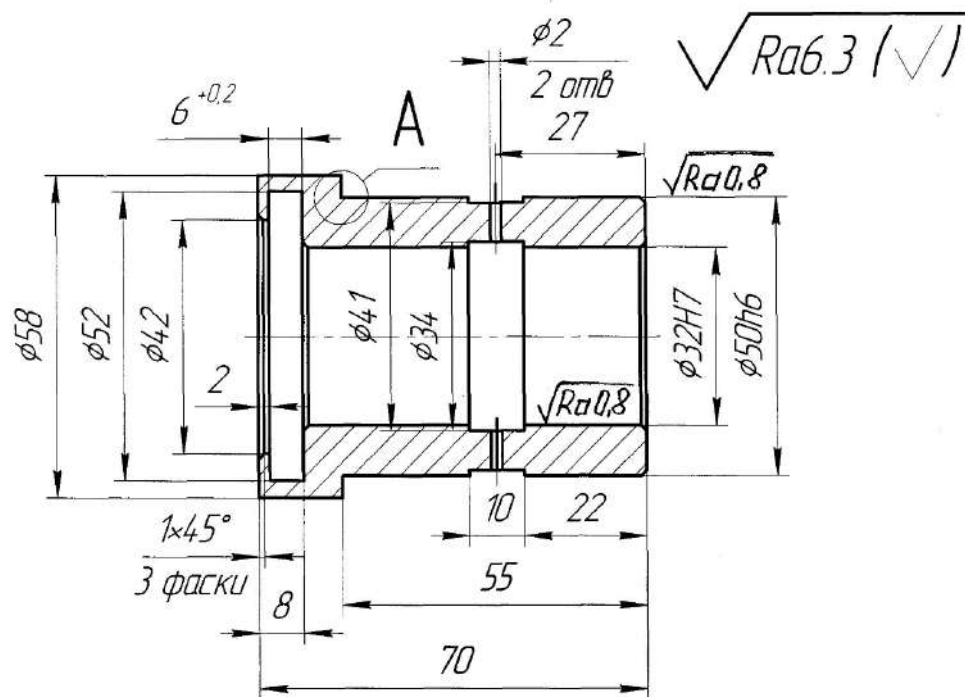
Вал-шестерня. Поковка, сталь 45

6



Втулка. Штамповка, сталь 45

7



Втулка. Штамповка, сталь 45

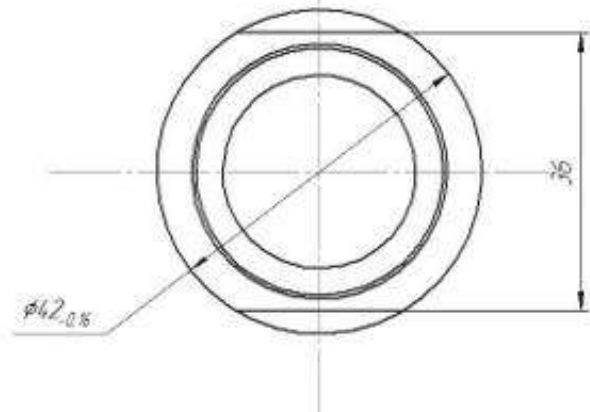
Technical drawing of a mechanical part, showing a cross-section and a detail view.

Main Drawing Dimensions:

- Top flange width: $40_{\pm 0.15}$
- Top flange thickness: $16_{\pm 0.05}$
- Central hole diameter: $\phi 25_{\pm 0.01}$
- Bottom flange width: $28_{\pm 0.03}$
- Bottom flange thickness: $15_{\pm 0.03}$
- Distance from bottom flange center to central hole center: 10
- Distance from bottom flange center to right edge: $20_{\pm 0.03}$
- Angle of bottom flange: $Q8 \pm 45^\circ$
- Surface texture symbol: $Ra 0.1$
- Material specification: $Q01 A$

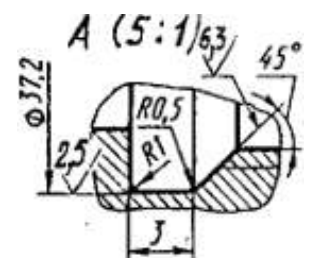
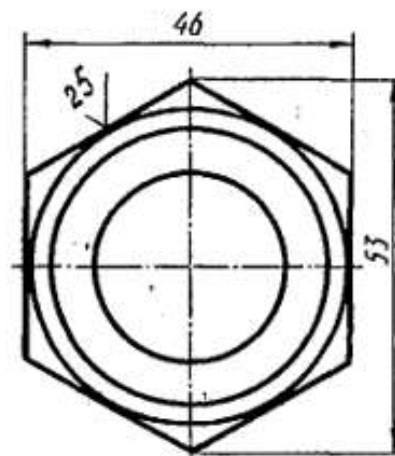
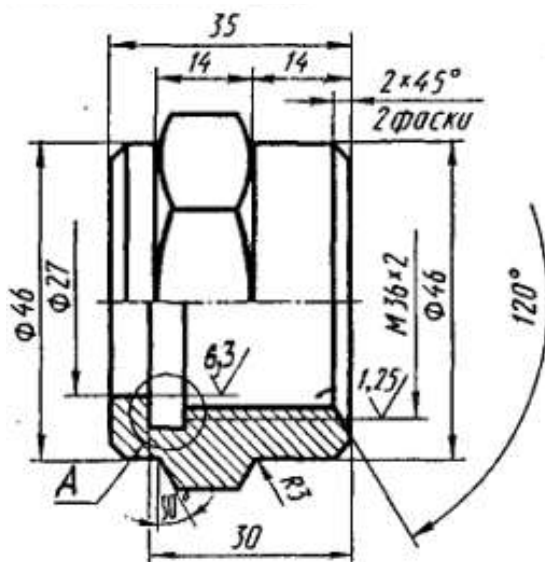
Detail View Dimensions:

- Detail view shows a circular feature with a diameter of $\phi 32$ and a width of $16_{\pm 0.05}$.
- Angle of detail view: 135°



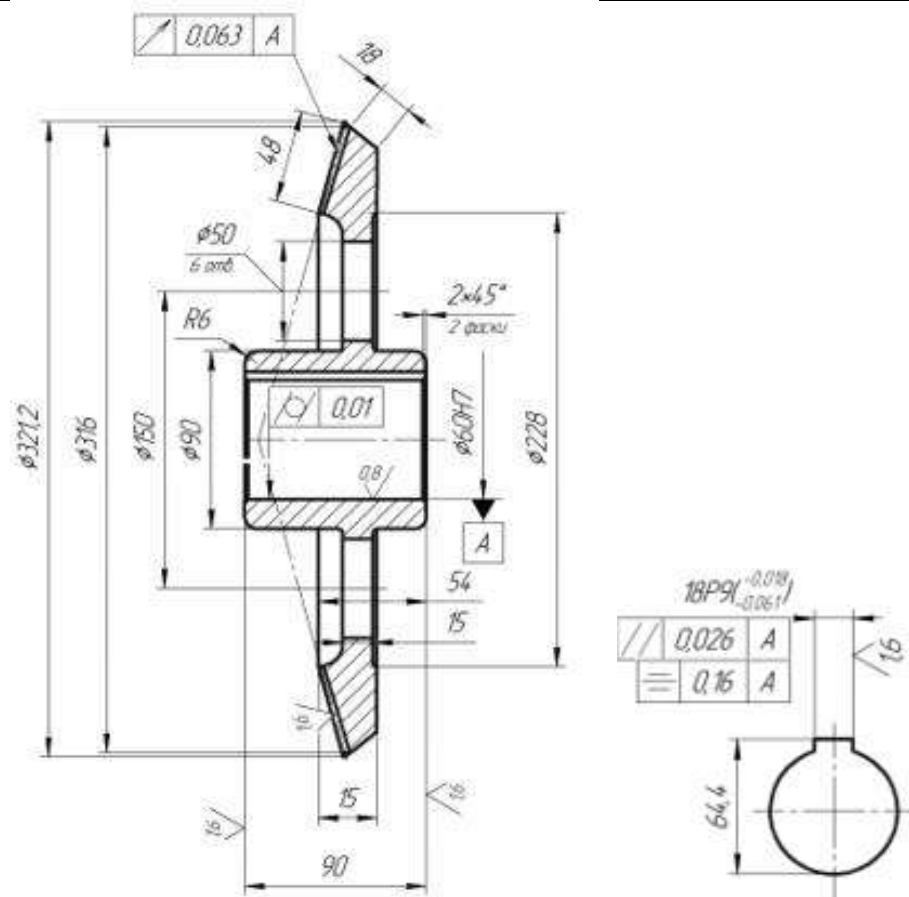
2. Общие допуски по ГОСТ 30893.1 H14, h14, ±IT14/2

9



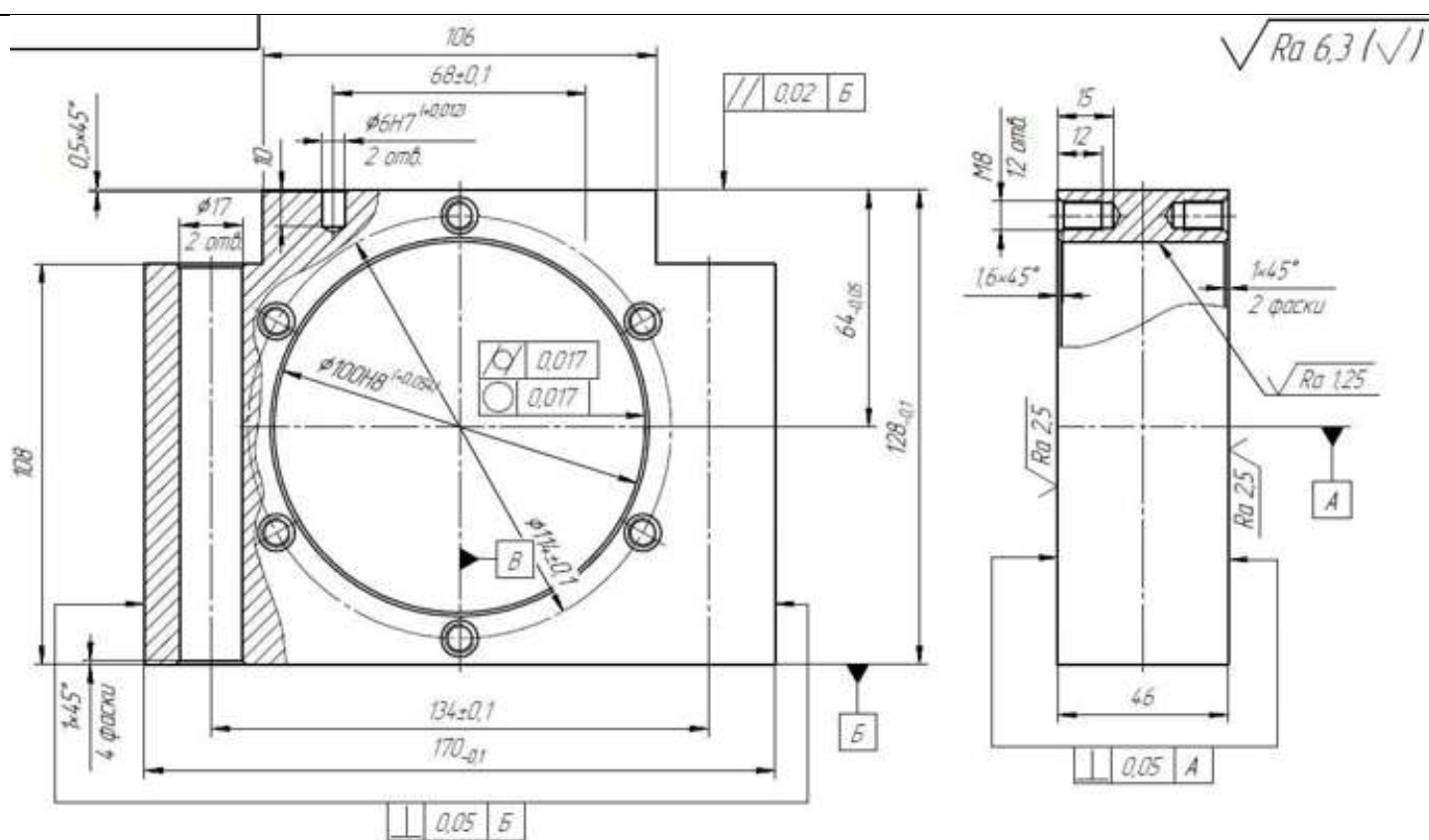
Гайка. Прокатка. Ст 20

10



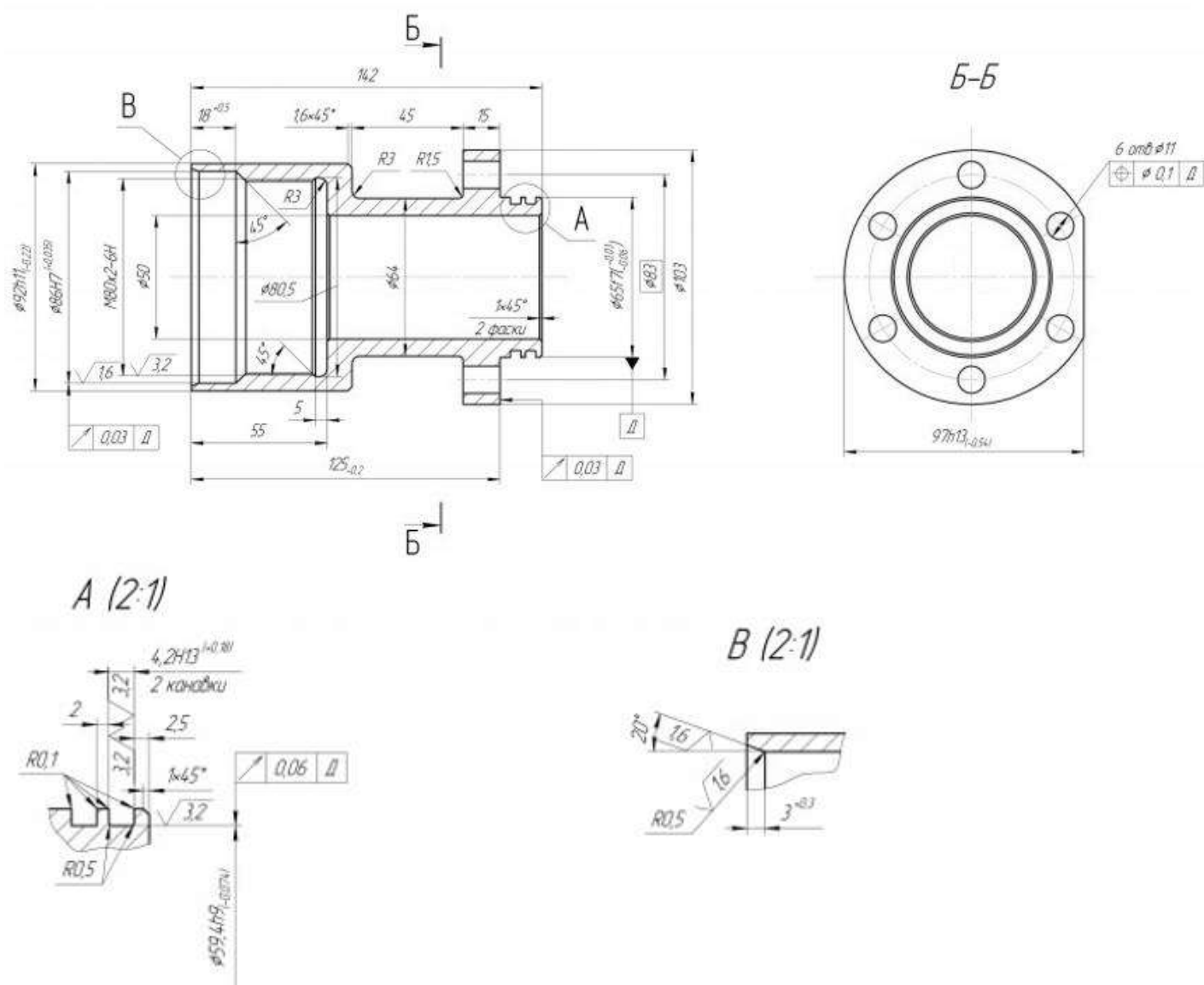
Колесо зубчатое конічне. Поковка, сталь 40Х

11



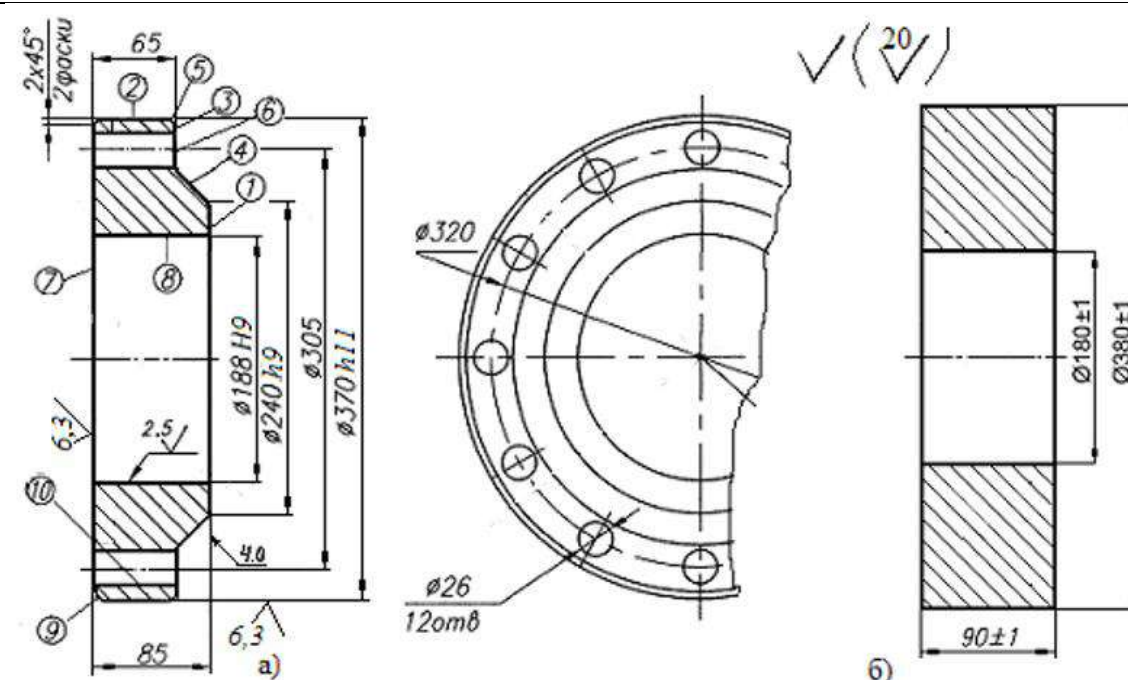
Корпус. Лиття, сталь 45

12

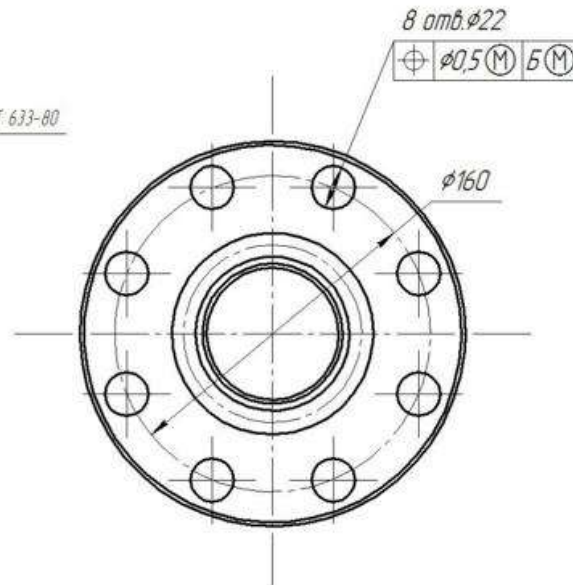


Основа. Лиття, сталь 45

13

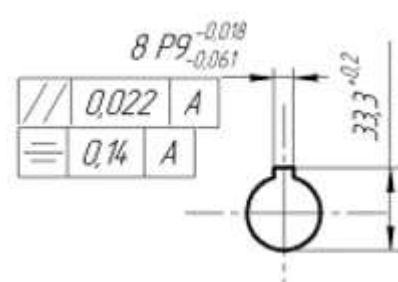


Корпус. Лиття, сталь 45



Фланець. Лиття, сталь 40Х

15



Шків. Лиття, СЧ 15

Навчальне видання

Методичні вказівки
до практичного заняття «Аналіз технологічності деталі»
з навчальної дисципліни
«Технологічні основи машинобудування»
для студентів усіх рівнів та форм навчання
за спеціальностями G9 «Прикладна механіка»,
G11 «Машинобудування»

Укладачі:

ЯКОВЕНКО Ігор Едуардович

БАСОВА Євгенія Володимирівна

Відповідальний за випуск доц. Іванова М.С.

Роботу до видання рекомендував проф. Ключко О.О.

В авторській редакції

План 2026 р., поз. 513

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1.8

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Електронне видання