Кремнев Г.П. Наддачин В.Б. Новіков Ф.В.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІГРИ



9 786178 981334

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

Г. П. Кремнев, В. Б. Наддачин, Ф. В. Новіков

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІГРИ

Навчальний посібник

Дніпро, 2026

УДК 372.862
К79

Автори :
Г. П. Кремнев, кандидат технічних наук, доцент;
В. Б. Наддачин, кандидат технічних наук, доцент;
Ф. В. Новіков, доктор технічних наук, професор кафедри здорового способу життя, технологій і безпеки життєдіяльності Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця

Рецензент:
Н. В. Онофрейчук, канд. техн. наук, ВСП "Одеський фаховий коледж комп'ютерних технологій" ОНУ імені І. І. Мечникова, Одеса

Кремнев Г. П.
К79 Технологічні ігри : навчальний посібник / Г. П. Кремнев, В. Б. Наддачин, Ф. В. Новіков. Дніпро : ЛІРА, 2026. 104 с.
ISBN 978-617-8981-33-4

У навчальному посібнику надано обґрунтування доцільності введення в навчальний процес ігор для розвитку інтересу у здобувачів вищої освіти до дисципліни, що вивчається. На прикладі курсу ТОМ (технологічні основи машинобудування) подано дев'ять ігрових занять з тем курсу. Може бути корисним здобувачам вищої освіти та аспірантам з інженерної та прикладної механіки.

Рекомендовано для фахівців машинобудування, здобувачів вищої освіти і аспірантів вищих навчальних закладів.

УДК 372.862

© Кремнев Г. П., Наддачин В. Б., Новіков Ф. В., 2026
© ЛІРА, 2026

ISBN 978-617-8981-33-4

Про ігри (від автора Кремнева Г. П.)

У доросле життя людина успішно входить через гру, навчання та виховання. Вони тісно пов'язані один з одним і про це багато написано у літературі різних країн.

Автор з дитинства, ще задовго до школи, вже грав у багато дитячих ігор. Мої батьки пізніше мене навчили грати в дорослі ігри: шашки, шахи, доміно, популярні карткові ігри. У дворі був дворовий футбол, волейбол, розбите скло сусідів тощо.

У шкільні роки і під час навчання у ВНЗ я азарт гравця не втратив, і навіть підвищив і вже у дорослому житті продовжував грати в багато цих ігор, найчастіше в шахи та преферанс, іноді в покер. У грі був не дуже ризиковим, принаймні без "сімок мізер" не замовляв. Гра – вона забарвлює наше нудне життя в інші кольори. Людина на мить може відчути себе переможцем у житті, де цих перемог часто не знайти, а одні складнощі та проблеми. Щоправда, вона може і програвати, але не повинна зациклюватись на поразках, шукати помилки, виправляти їх і знову перемога – поразка – перемога ….

Гра людині часто дає впевненість у собі, розвиває корисну впертість, наполегливість, бажання досягти результату та багато іншого, але в розумних межах. Гра не повинна перейти у залежність (хворобу). Зі мною цього, на щастя, не сталося.

Користь від звичайних ігор я відчув у повній мірі, як хотів.

Племінник подарував моїй дружині, хворій після "COVID-19", смартфон і скинув у нього ряд ігор: "Гра в слова", "Вгадай слово" тощо. Дружина після хвороби довго приходила до тями, і ці ігри їй дуже допомогли відірватися від похмурих картин лікарні. Я випадково спробував ці ігри і відчув, як вони здорово відволікають людину від сірості буття. Ні, грошей вигравати я в цих іграх не збирався, але наявність балів, бонусів затягували повторити і відіграться. Мені це сподобалося, особливо, коли я знаходив такі слова, що їх, можливо, раніше чув або читав раз чи два в житті. Навіщо мені знати ці зайві чи нові слова? Поки не знаю, але гірше мені від того не стало.

Процес гри в різних їх видах покроковий, а в кінці – останній крок – це підсумок – результат: очки, бали, приз. І ось цей підсумковий крок мені натякнув, що в процесі навчання, а він також складається з певних кроків, ми формуємо оцінку – кількість балів. Чи можна процес навчання назвати грою?

Ділові ігри, штабні ігри та інші їх варіанти у всіх вже на слуху, і це означає, що навчання та гра не антагоністи, а складники, що доповнюють один одного. Ось на цьому місці в мене відразу ж виникло бажання взяти мої видані навчальні посібники з різних питань технологій і згадати, як я їх створював, вигадував, складав. Те, що ряд з них добре сприйняли студенти, мені підказувало, що їх можна було б продовжити використовувати як інформаційну базу, а сам хід заняття спробувати перебудувати в гру.

Оскільки більшість моїх колишніх напрацювань – це питання технологій, то з'явилася назва – технологічні ігри (Т.І.).

Трохи пізніше я вигадав їх класифікацію, структуру, тактику, правила та особливості і взяв два перші випадкові поняття: заготовка з прокату і норма часу (а це раніше описані мною теми занять) і спробував їх зробити технологічною грою, тобто Т.І.

Будь-який процес, зокрема й технологічний, складається з якихось частин, блоків, операцій.

Операція – це зазвичай закінчена частина процесу, що виконується в одному місці й у певних заздалегідь визначених умовах задля досягнення обумовленої мети.

Допустимо, я хочу круглу заготовку металу певної довжини розрізати на дві частини відомого заздалегідь розміру. Ця операція може бути виконана масою варіантів, але я вибрав один: можу це зробити на токарному верстаті різцем. Якщо цей верстат називається токарно-відрізним, то й операція буде токарно-відрізною. Ця операція складатиметься з якихось частин, а вони називаються установи, переустанови, закріплення та переходи основні та допоміжні. Мета операції: велику заготовку розділити на менші заданого розміру та якості, а ще часто і за певний час (а це завжди – гроші!).

Раніше ми все це описували у вказівках із заняття, а наприкінці отримували якийсь результат, припустимо, час цієї токарно-відрізної операції. Один студент приходив з інтересом на таке заняття, а отже, і результат – час був функцією цього інтересу. Цей інтерес у ньому – студенту відкладав десь у пам'яті всі його дії та сам факт – результат. Далі, згодом, він міг з пам'яті вивудити цей результат і його повторити, тобто. процес навчання був ефективний і його стало можливим використовувати на практиці, під час звичайної інженерної роботи.

А якщо студент прийшов на заняття без інтересу? А таке буває дуже часто. Можливо, в пам'яті щось і відкладеться, але це не гарантія. Як

викликати цей інтерес у студента, якщо його при вході в аудиторію він не мав?

Пропоную створити ситуацію гри! Тобто, заняття побудувати як гру, а в її ході стимулювати появу цього інтересу, який у свою чергу у пам'яті відкладе результат цієї гри.

Ось граю в "Вгадай слово" і після кількох спроб отримую 5 очок, а якщо зробив вдалих 5 проб, то можу отримати 5×5=25 очок. Це не гроші, а очки, але мені приємно, що я вибив із 25 усі 25 (перше), запам'ятав нехай 2 слова (друге), процес запам'ятовування пройшов із інтересом, бо був стимул – очки (третє). Скептики мені одразу кинуть камінь у город: стимули, інтерес та інше? Прийшов на заняття – вчись! Ось цей крок – прийшов на заняття, це ще не бажання вчити та вчитися, а можливо – поспілкуватися, потусуватися, показати себе іншим. А може, це примусова дія – явка на заняття, але при цьому не вчитися на них, а бути присутньою, а далі щось вигадати. Шкільне виховання сьогоднішніх дітей не готує їх вчитися, тобто, накопичувати інформацію, переробляти її та корисну частину використовувати.

Ефективніше цей процес йде в середньотехнічних закладах, хоча б у тому, що якщо потрапив не в той профіль, що до вподоби, то після закінчення цього закладу буде інший ВНЗ. А якщо потрапив за профілем, то чомусь із майбутньої професії тебе навчать, а вже ти у ВНЗ будеш з великою цікавістю ставитися до якихось дисциплін, а до інших – нейтральне ставлення, тобто без інтересу.

Одні дисципліни мають якісь інтерес, інші – ні. А у школяра – скоріше до всіх дисциплін інтересу немає. Значить, цей інтерес потрібно ініціювати викладачеві цієї дисципліни, тому що в аудиторії у нього сидять обидві ці категорії, різні за наявністю інтересу. Моя думка: гра – це найкращий і економічний на сьогодні спосіб витягнути цей інтерес на поверхню і не дати йому згаснути, для чого потрібна не одна, а серія ігор. Серія може бути за однією темою, розділом або курсом в цілому і повинна сформулювати різні інтереси: допитливість і широту подання за якоюсь вузькою темою, наполегливість у досягненні мети чи цілей, здатність аналізувати свої перемоги та поразки та вчитися тактиці перемоги. Але важко чекати в аудиторії добровольців на поразку, швидше всі хочуть перемогти, але, на жаль, не всі цього досягнуть.

У чому ще фішка від навчальних ігор? Це – можливість закласти у них нереальні умови. А в нормальному процесі навчання всі умови мають

базуватися на реальних технічних ситуаціях. Технолога вчать складати чи проєктувати технології на прикладах автомобілів, верстатів, побутових машин та іншого. Можна, звичайно, вчити виготовляти зірколіти, але креслення цих апаратів Ілон Маск широкому загалу поки що не відкрив, а інші їх розробити – ще тільки коли зберуться. А ось у грі можна ставити і нереальні цілі поза рамками існуючої реальності. Це все ж таки гра, а не життя, хоча захоплюватися виходом за ці реальні кордони бажано, адже навчального часу не вистачає навіть на обмежений набір цілей. Разом з тим такі ігри – це не заборонений плід, а спосіб показати те, що звичайний фахівець собі не малює у своїй уяві, але можна спробувати.

Отже, гра для розваги та гра для навчання може мати багато спільного, але відрізняється насамперед метою. У першому випадку – витратити час на свій настрій, а в другому – на зміну рівня знань з обов'язковим упором на те, що має потрапити в пам'ять. Якщо ти виграв приз у 25 балів, у пам'яті цей "видатний" результат може не зберегтися. А ось аналіз факту виграшу чи програшу у грі та при програші можливість провести аналіз його результатів, і повторна спроба таки виграти – це вже натяк на якийсь слід у пам'яті. Отже, технологічна ігра (Т.І.) повинна мати цей аналіз та можливий цикл повторення, якщо буде сенс та час. Вже є принципова одна розбіжність у двох підходах.

Друга розбіжність – це часові рамки. Кросворд ти можеш розгадувати цілодобово, а навчальний процес – це регламент 2×45 хв, тобто, або 1×45 хвилин, або 90 хвилин, але це перше припущення. А може бути гра на 15, 20, 25 чи 30 хвилин? Напевно, це можливо, але 2×45 хвилин (або 1×45 хвилин) – це час на одну або дві теми на одне заняття. І раніше вже численні спроби створення не Т.І., а вказівок на окремі теми чи завдання, якось трудомісткість заняття підганяли під ці цифри 2×45 або 1×45 хвилин. І якщо ми хочемо ці колишні напрацювання зберегти, хоча б як інформаційну базу, то свої перші розробки будуватимемо на цьому тимчасовому інтервалі – тема 2×45 або (1×45) ×2 теми. Коли створювалася структура єдиного письмового іспиту для студентів, вже навіть не пам'ятається звідки, взялося відношення: 1 слово за 1 хвилину – це для відповіді на запитання білета сполучалося з якимось розумовим напруженням. У Т.І. не всі ходи вимагають такого напруження, а лише частина, тому зробимо розклад часу.

Якщо Т.І. триває 2×45=90 хвилин, то відразу знімаємо ⅓ часу на до і після Т.І., а сам процес триватиме 60 хвилин (це перша редакція). Якщо всі

ходи Т.І. будуть із обмірковуванням, то за 60 хвилин зуміємо зробити не більше 60 ходів. Якщо частина йде із підказкою, тобто потрібно взяти без роздуму слово чи цифру, кількість ходів буде більше 60. Припустимо, що гра – це якийсь будинок.

А тепер спробуємо збудувати цей Будинок "Дім" "Технологічні ігри", або кілька будинків, тому що тематика у них різна:

1. "Дім" "Я – технолог?"
2. "Дім" "Я – конструктор деталей?"
3. "Дім" "Я – конструктор складальних одиниць?"
4. "Дім" "Я – робот?"
5. "Дім" "Я – метролог?"
6. "Дім" "Я – початківець економіст?"

Цей перелік можна продовжити, а ось знак "?" прибирати не потрібно, бо гра дає відповідь: вже чогось досяг або десь на підході.

У всіх цих будинках може бути різна стратегія гри:

1. На max (ризикова).
2. На min (обережна).
3. Середня за ризиком (раціональна).
4. Як вийде (випадкова).

Нехай стратегію обирають 2 особи: розробник та гравець.

Розробник може видати і всі три варіанти, якщо є бажання та час на розробку, а гравець – вибере за своїм характером.

І перш ніж перейти до детальнішого викладу всього, що я бачу в грі, слід було б зазирнути в історію – коротку історію ігор.

1. Ось що писав Шмельов І. в книзі "Навчально-технологічні ігри" 1988 р. видання.

Ігрова технологія чи І.Т. (Гра – це технологія !!!) – це послідовність дій під час реалізації гри. І.Т. має чітку мету навчання та відповідний їй педагогічний результат.

Ігри можуть бути:

- управлінсько-економічні чи прорахунок наслідків, ризиків, розподіл, торгівля ресурсами;
- навчально-технічні чи освоєння чогось;
- пошукові: чи є початок і кінець, а шляхів багато? То яким шляхом йти?

В іграх заздалегідь відомий результат, а завдання – його шукати у ході рішення!

2. Автор Суворова О. В. – завідувачка кафедри "Проєктування методик та ігрових технологій" (МДУ), у проєкті "Твоя гра – твій час" надає інше трактування. Ціль (Ц.) – це що хочу отримати?

Завдання (З.) – проблемна ситуація з явною метою, яку потрібно досягти.

З. – це "Що роблю задля досягнення Ц.!" Це – дія!

З. – це умова, питання, рішення, відповідь.

Ц. – це не дія!

З. бувають закриті (З.З.) та відкриті (З.В.).

З.З. має лише одну відому відповідь і один правильний шлях (спосіб) рішення.

З.В. вимагає нестандартного рішення, заздалегідь може мати недолік або надлишок даних, а також має кілька способів її вирішення.

З такого короткого екскурсу в історію нам близькі ігри навчально-технічні або пошукові ігри.

2. А що у своїй діяльності шукає технолог?

2.1. Помилку: - систематичну;
- випадкову;
- сумарну.

2.2. Результат: - метод виготовлення;
- заготовку;
- припуск;
- режим;
- норму;
- вартість.

2.3. Шлях: - МК; - ОК; -ТТП; - УТП.

2.4. Причину: - чому така помилка?
- чому такий режим?
- чому такий ТП?

2.5. Винуватця.

Виходить: що наше життя технолога? Гра! Пошукова гра у житті та навчально-технічна і пошукова у навчальному процесі.

З таким підходом деякі теми занять, що використовуються в навчальному процесі, було перетворено на гру.

Вже на колишньому досвіді створення вказівок відразу ж було розроблено можливу структуру:

1. Умови або "що маємо".
2. Правила.
3. Склад.
4. Хід.
5. Результат чи оцінка.
6. Рекомендації.

Це все робитиме у грі його учасник, а викладач? А він робить таке: хід, результат, оцінку та рекомендації поміщає у конверт, який учасник має право відкрити, коли він отримає свій результат. А далі: хтось виграє, а хтось і ні. Але під час гри, незалежно від її фіналу, він навчається, тобто, повторюючи всі кроки, залишає щось у голові. Моя думка: якщо ти програв і проаналізував чому це сталося, а ще й повторив спробу з уже заздалегідь прогнозованим виграшом, то залишок буде в голові гравця більшим. Але якщо хтось не вигравatиме, а лише весь час в ауті, то інтерес не виникне. Отже, змиримося з тим, що є ті, хто одразу виграв; ті, хто не виграв; ті, хто не виграв, але провів аналіз та ті, хто ще раз ризикнув зіграти на виграш. Останні особи (люди) мені найбільше до вподоби, але ігри були складені і для них, і для інших.

Успіхів Вам, друзі, у грі!

1. Залучення до гри

1.1. Залучення – це, насамперед, створення інтересу до чогось, у даному разі – до гри [6, 8]. Головна складова – це монетизація: пряма – це гроші, непряма – бали, очки, місце тощо.

У цій серії ігор для залучення використано:

- фінанси;
- бали.

Хто і що може бути ініціатором чи може дати поштовх для появи чи розвитку технологічних ігор?

Залишимо осторонь "Хто? " або "Які? " – тобто ініціатори, розробники чи ідеологи такого підходу, про них окрема розмова.

Так що може залучити учня чи студента до технологічних ігор?

1. Інтерес (свій).

2. Чужа думка.

3. Програма курсу.

4. Питома вага оцінки інших складових.

5. Гра – замінник частини заліку чи іспиту. Серія ігор може дати результат, що дорівнює заліку або частині екзаменаційної оцінки. Оцінка іспиту є сума від ігор, плюс відвідування занять, плюс відповідь на білет, плюс (інше).

6. Гра або серія завершує модуль за курсом, наприклад, розділ курсу "Проектування ТП" – серія ігор: заготовка, припуск, режим різання, норма витрати чогось або часу.

Або розділ "Управління точністю" – це серії ігор – помилки систематичні, випадкові, розрахунок браку.

7. Інше.

1.2. Класифікація технологічних ігор.

1.2.1. За складністю:

- прості (один параметр);
- складні (ряд параметрів);
- комбі (розгалужені).

1.2.2. За параметрами якості ігор:

- один;
- два;
- багато.

1.2.3. За параметрами якості процесу гри:

- витрата матеріалів;
- витрата енергії;
- витрата праці.

1.2.4. За ефектом у виробника:

- за матеріалом;
- за часом;
- за витратами грошей.

1.2.5. За ефектом для держави:

- гроші;
- знання;
- успіх.

1.2.6. За ефектом на ринку:

- гроші;
- авторитет;
- обсяг інформації.

1.3. Напрями Т.І. (прості або однопараметрові І.)

1.3.1. Технологічний напрямок гри.

1.3.1.1. Як визначити найменшу витрату матеріалу при розкрою профільного прокату?

- різання різцем;
- різання фрезою;
- різання відрізним абразивним кругом;
- різання струменем газу;
- різання струменем плазми;
- різання променем лазера;
- різання струменем води.

1.3.1.2. Як знайти найменші втрати матеріалу?

- при литті в піщано-глинисті форми;
- у спеціальних способах лиття (лиття в кокіль, оболонкові форми, під тиском, відцентрове та ін.).

1.3.1.3. Як мінімізувати втрати в процесі гарячої обробки тиском?

- вільне кування;
- штампування у штампах;
- штампування вибухом;
- прокатка;

- метод порошкової металургії.

1.3.1.4. Як правити абразивний круг?

- алмазним олівцем;
- шарошкою;
- блоком;
- кругом.

1.3.1.5. Як встановити деталь?

- вручну;
- механізмом;
- роботом.

1.3.1.6. Як краще точити?

- з великою глибиною *t* та малою подачею *S*;
- з малою глибиною *t* та великою подачею *S*;
- комбіновано.

1.3.1.7. Як краще шліфувати?

- з малою глибиною *t* та великою подачею *S*(*i*);
- з великою глибиною *t* та малою подачею *S*(*i*=0);
- з великою глибиною *t* та подачею *S* = 0 (врізання).

1.3.1.8. Що краще: пригін або повна взаємозамінність під час складання?

1.3.1.9. Що краще?

- кроковий конвеєр;
- конвеєр безперервний.

1.3.1.10. Що краще?

- свердлити за місцем на складанні;
- свердлити до складання.

1.3.2. Техніко-економічний напрям ігор.

1.3.2.1. Який взяти металорізальний верстат (МВ)?

- універсальний;
- напівавтомат;
- автомат;
- з числовим програмним керуванням.

1.3.2.2. Який взяти пристрій?

- з УЗП;
- одномісне спеціальне;
- багатомісне спеціальне;

- універсальне із спеціальним налагодженням.

1.3.2.3. Як заточити різець?

- на заточувальному верстаті;
- на спеціальній лінії;
- не переточуваний.

1.3.2.4. Як визначити найменшу собівартість заготовки?

- отриманою порізкою прокату?
- штампуванням?
- литтям?

1.3.2.5. Як знайти найменшу вартість операції?

- універсальні МВ;
- МВ із числовим програмним керуванням;
- напівавтомат;
- автомати.

1.3.3. Складні ТІ (велика кількість варіантів)

1.3.3.1. Що краще:

- великий припуск (z);
- мінімальний припуск (z);
- якщо перший показник – $T_{шт}$;
- якщо перший показник – матеріаломісткість ($M_м$), коефіцієнт використання матеріалу ($K_{вм}$);
- якщо перший показник – технологічна собівартість ($C_т$).

1.3.3.2. Що краще?

- людина на збиранні;
- робот на збиранні.

1.3.3.3. Що краще?

- лиття?
- зварювання?
- різання?

1.3.3.4. Що краще?

- штампування;
- механічна обробка.

1.3.3.5. Скільки коштує обробка з допуском за квалітетом:

- Н10;
- Н8;
- Н7;

- Н6.

1.4. Структура гри.

1.4.1. Умова або що маємо в своєму розпорядженні?

1.4.2. Правила.

1.4.3. Склад.

1.4.4. Хід.

1.4.5. Результат чи оцінка.

1.4.6. Рекомендації до ігор.

Розглянемо докладніше склад ігор (п. 1.4.3) та рекомендації (п. 1.4.6).

1.4.3. Склад гри.

1.4.3.1. Учасник:

- 1?
- 2?
- багато?

1.4.3.2. Варіації (змінні):

- 1?
- 2?
- багато?

1.4.3.3. Варіанти (завдання):

- сам собі?
- наперед хтось?
- випадковий вибір?

1.4.3.4. Що наприкінці гри:

- бали;
- час;
- фінанси;
- величина помилки;
- щось ще.

Якщо розглянемо гру "Я – технолог? ", то вона має кілька частин, а кожна частина має ряд кроків, а кожен крок може складатися з кількох ходів.

1.4.6. Рекомендації до гри

1.4.6.1. Мета гри – навчити чомусь, тому з першої спроби можна не отримати шукане, але не журіться, а продовжуйте.

1.4.6.2. Аналіз результату гри і те, що лежить у ключі, тобто головне у цій грі.

1.4.6.3. Стратегія гри може будуватися на досягненні 4-х кидків: max, min, середнього або бажаного результату. Заздалегідь обмовте її, при вивченні завдання Ви повинні вирішити, який кидок Ви готові зробити.

1.4.6.4. На кожному ході гри ви можете робити також 4 кидки, але пам'ятайте, що час на кожен кидок – свій, а чим їх більше, тим більше і витрати часу. А час – це гроші: чим більше його, то більше втрата грошей!

1.4.6.5. Гра складається з низки ситуацій – завдань чи одного завдання.

1.4.6.6. Порядок гри такий:

- отримати завдання;
- вивчити завдання;
- із запропонованого переліку вибрати "амуніцію" для гри: верстати, заготівлі, пристосування, інструменти: ріжучі, вимірювальні та допоміжні, спеціальні засоби, документацію та рекомендації;
- вибрати шлях гри: розрахунковий або описовий;
- зробити на цьому шляху кілька кроків та ходів. Кожен хід має дати якийсь результат. Всього спроб на цьому ході max може бути 4 (1; 2; 3 або 4?);
- повернення до попереднього ходу немає, він заборонений;
- на останньому ході має бути отриманим якийсь числовий результат і його треба порівняти з тим, що вже є до початку гри в ключі (конверті);
- ключ від гри лежить на столі у конверті (відкритому).

1.5. Оцінка ігор.

1.5.1. За кожен перебіг у грі дається 5 балів.

1.5.2. За результат гри поза допуском знімається 25 балів.

1.5.3. Усі ігри у цьому наборі мають свій рейтинг: від 50 до 150 балів.

1.5.4. Підсумковий результат дає підрахунок сумарного балу (Б):

$$\Sigma Б = C_1 \cdot И_1 + C_2 \cdot И_2 + C_3 \cdot И_3 + C_4 \cdot И_4 + C_5 \cdot И_5 + C_6 \cdot И_6,$$

де: C_i – вагові коефіцієнти;

$И_1 \div И_6$ – бали за гру.

1.5.5. Оцінка ризиків – $K_1 = 1{,}2 \div 1{,}5$,

де: $K_1 = 1{,}2$ – гра на min;

$K_1 = 1{,}5$ – гра на max.

1.5.6. Хід із "0" в результаті не має оцінки "5" у конверті. Але учасник цього не знає та може "гнати липу"!

1.6. Призначення гри.

Гра як частина навчального процесу повинна мати якийсь сенс: адже і без гри цей процес цілком нормально себе будував і виконував свої функції. Головна задача – це розвиток інтересу до чогось. У нашому випадку – це інтерес до якоїсь події, операції, дій та іншого. Крім цього, закріплення тих знань, які отримано раніше, якби підсумковий результат. Якщо вмієш грати (зіграв у гру), тобто є вже якийсь залишок, що дозволяє лише один факт тиражувати далі [1, 2, 9, 14].

Призначення гри – це, звичайно ж, поповнення знань або повторення їх в іншій ситуації. Але це повторення – підбиття підсумків якогось етапу. Якщо гра має тему, пов'язану з якимсь підрозділом чи розділом курсу, це закріплення знань і констатація факту. Результат гри – це якась оцінка, а це і є результатом якогось етапу навчального процесу або його частини. Сьогодні всі курси навчального процесу створено як склад модулів. Ось гра, на наш погляд, це результат цього модуля. Модульний контроль дає оцінку і гра дає свою оцінку. Їх можна складати, а можна, за деяких припущень, вважати результат гри як оцінку цього модуля.

Якщо взяти, наприклад, курс "Технологічні основи машинобудування" (ТОМ), то в ньому є ряд модулів: точність, якість продукції, методи обробки та складання, заготівлі тощо.

За кожним модулем можна побудувати одну або декілька ігор. Наприклад, за модулем заготовки – це гаряче штампування, виливок або порізка із прокату.

Той, хто зіграв за цим модулем три гри, кінцевий результат (оцінку) матиме вищу, ніж за меншого їх набору. Це вже вибір студента. Але min – це одна гра за кожним модулем.

У пропонованій збірці ігор представлено ігри за модулями курсу "Технологічні основи машинобудування" (ТОМ). Цей курс може бути іншої назви, але це основи технологій. Їх п'ять:

- загальні питання – технологічність;
- точність – систематичні та випадкові помилки;
- заготовки – порізки з прокату, гаряче штампування, литво;
- процеси обробки – режим різання та норма часу;
- складання – різьбові з'єднання.

Якщо цей курс матиме більше модулів, ніж 5, то додається ще якась серія ігор або одна гра. Сама гра – це тема за одним варіантом, наприклад, режим різання під час свердління отворів. Серію можна побудувати за

іншими методами обробки: точіння, фрезерування тощо. Можливо серію зробити за одним методом, змінивши матеріал об'єкта, вид різального інструмента, його матеріал та інше (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Сучасний металоріжучий верстат із числовим програмним керуванням типу "обробний центр": вертикальний токарно-карусельний верстат PUMA VTR1216 із жорсткою колоною повзункового типу

На одному з прикладів у збірнику показано як можна зробити за однією темою серію ігор, змінивши параметри об'єкта та отримати інший підсумок ніж у першому виконанні: у грі не повинен бути наперед вгаданий результат, інакше це вже не буде гра! Ти робиш ставку, вибираєш стратегію та можеш як виграти, так і програти. Головне – це участь у цій грі та інтерес до неї!

2. Технологічні ігри

2.1. "Систематичні помилки"

Починаючи цю гру, ти потрапляєш у світ помилок. Одні можуть бути випадковими помилками, інші діють постійно. У цій грі йдеться щодо постійних або систематичних помилок.

Ось ти користуєшся ножом, і він тупиться, зношується – це причина помилки. Каблуки твого взуття змінюють розмір і форму від ходьби, вони зношуються – це ще одна причина тощо.

Ці помилки можна заздалегідь описати та визначити їхню величину, внести поправки до того процесу, де вони діють. Наприклад, переточити ножі, зробити набійки або замінити підбори на взутті тощо.

Без систематичних помилок неможливо виробництво, тому необхідно будувати свою роботу з урахуванням цих помилок. І ніж, каблук на взутті, і різець на токарному верстаті, і підшипники верстату – все це згодом зношується. Без зношування не працює жодна машина, а це означає, що ми повинні заздалегідь бути готовими до зношування і не доводити його до межі. Наприклад, деталі під час їх виготовлення зношеним інструментом можуть вийти за межі допуску, а це брак, тобто марно витрачена праця та матеріали, і результат – у мінус. У цій грі ми покажемо, як не зіграти в цей мінус!

Систематичні помилки мають місце у всіх процесах механічної обробки. Вони можуть бути викликані працюючим обладнанням, інструментами, режимами обробки і експлуатації. Величина та закон зміни систематичної помилки відомі заздалегідь, тому можна уникнути критичної величини її, тобто уникнути одержання браку виробів.

1. Мета гри: навчитися визначати величину систематичної помилки та керувати нею в ході якогось процесу, не доводячи його підсумок до браку.

2. Тактика гри: може мати місце раціональна, обережна чи ризикова тактика, але результат вибору необхідно оцінити наприкінці гри.

У цій грі тактика така: всі рішення в межах допустимого хороші, за умови, що брак виробу не матиме місце.

Вироби – дорогі та складні виливки, тому брак на механічній обробці не повинен бути допущений за жодних умов.

3. Умови гри: для об'єкту – колона із чавуну КЧ30 розміром $Ø300h14_{(-1,34)} \times Ø3000h14_{(-4)}$, шорсткістю $R_a = 6{,}3$ мкм.

3.1. Операція – напівчистова токарно-гвинторізна на верстаті 1М63. Встановлює заготовку на верстат кран. Кріплення у спеціальних центрах та повідковому патроні і люнетах.

Перехід № 1. Обточити поверхню заготовки $Ø305h14_{(-1,350)}$ у розмір $Ø300h11_{(-0,340)}$ (R_a = 6,3 мкм) × 3000 $h14_{(-4)}$ під наступну чистову обробку.

Допускається похибка конусності на всій довжині не більше 0,15 мм, або 0,005 %.

3.2. Маса заготовки 1,7 т.

3.3. Вартість заготовки 11200 $.

3.4. Ріжучий інструмент – різці прохідні із пластиною ВКЗМ, спецкераміки, Ельбор-Р. Граничне зношування різців ВКЗМ – 1,5 мм; решти різців – 1,0 мм.

3.5. Биття конічного отвору верстата шпинделя на довжині оправки 300 мм – 0,02 мм.

3.6. Прямолінійність та паралельність напрямних токарного верстата на всій довжині – 0,08 мм.

3.7. Вимір діаметра деталі – спеціальна скоба ПР/НЕ.

3.8. Розрахункові формули:

3.8.1. Зношування різця, мкм

$$U = U_0 \cdot \left(L_{oi} + L_{\partial o\partial}\right) = U_0 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D \cdot L_\partial}{10^6 \cdot S} + L_{\partial o\partial}\right),$$

де: U_0 – відносне зношування різця, мкм/км;

D – діаметр виробу, мм;

L_{oi} – довжина обробки, мм;

L_∂ – довжина деталі, мм (перебігом і врізанням нехтуємо через їх малість відносно L_∂);

$L_{\partial o\partial}$ – додатковий шлях різання, що дорівнює 1 км;

S – подача різця, мм/об.

3.8.2. Глибина різання, мм

$$t = \frac{D_{заг} - D_{дет}}{2},$$

де: $D_{заг}$ – діаметр заготовки, мм;

$D_{дет}$ – діаметр деталі, мм.

3.8.3. Похибка конусності деталі

$$\Delta_к = \frac{D_{дет}^{кін} - D_{дет}^{поч}}{2},$$

де: $D_{дет}^{кін}$, $D_{дет}^{поч}$ – кінцевий і початковий діаметр, мм.

Оскільки конус утворюється в результаті зношування інструменту, то $D_{дет}^{поч}$ приймемо: Ø300 мм – 0,34 мм = Ø299,66 мм:

$$D_{дет}^{кін} = D_{дет}^{поч} + 2 \cdot U < 300{,}00 \text{ мм}.$$

Конусність деталі *K*:

$$K = \frac{\Delta_к}{L_{дет}} \cdot 100\%.$$

3.8.4. Режими обробки наведено в табл. 2.1, і їх звідки треба вибрати.

Аналіз табл. 2.1 показує, що для чавуну КЧ30 є декілька варіантів режимів (місце виділено жирним):

– швидкість різання коливається від 15 до 75 %,

– подача *S* – коливається в межах 200 %.

Як же знайти правильне рішення: не допустити брак за таких коливань в будь-яких поєднаннях?

На який різець та режим роботи зробити ставку?

Таблиця 2.1 – Відносне зношування різців U_0 під час чистового точіння та розточування чавунів

№	Оброблюваний матеріал	Матеріал та марка інструменту	Режим різання		Стійкість за шорсткості L_p, км	Відносне зношування, U_0, мкм/км
			Швидкість різання, V_i, м/хв	Подача *S*, м/об.		
1	Чавун СЧ15÷18	ВКЗМ	100 – 160	0,04 – 0,08	21	6
2	Чавун СЧ21÷28	ВКЗМ	120 – 160	0,04 – 0,08	23	6,5
3	Чавун ковкий КЧ30, КЧ37	ВКЗМ Ельбор-Р	80 – 140 300 – 350	0,03 – 0,06 0,03 – 0,06	19 22	6 3
4	Чавун модифікований СМ	ВКЗМ Ельбор-Р	120 – 160 300 – 350	0,04 – 0,08 0,04 – 0,06	18 20	5 3

3.9. Гра складається з 5 кроків, а крок – з кількох ходів і за кожен хід нараховується 5 балів. Сума балів наприкінці гри порівнюється з величиною в конверті. Якщо балів більше або менше, то $K = 0{,}8$.

3.10. Інформація для гри [5, 10, 11].

4. Порядок гри

4.1. Задамо об'єкт: колона з чавуну КЧ30 розмірами $Ø300h14_{(-1,34)} \times 3000h14_{(-4)}$ та шорсткістю $R_a = 6{,}3$ мкм.

Маса – 1,7 т.

Верстат – 1М63.

Пристосування – паводковий патрон, центра, люнети.

Вимірювач – спеціальна скоба ПР/НЕ.

5 балів

4.2. Порівнюємо точність верстата: биття шпинделя – 0,02 мм та відхилення від паралельності на всій довжині – 0,08 мм з допуском деталі та надаємо відповідь щодо можливості отримання браку.

5 балів

4.3. Крок 1. Знаходимо t, мм

5 балів

4.4. Крок 2. Із табл. 2.1 знаходимо для КЧ30 матеріал різців, рекомендовані режими різання та величину U_0:

$L_{доо} = 1$ км

5 балів

4.5. Крок 3. Виберемо з набору режимів для кожного з різців, виходячи з тактик: обережної, ризикової та раціональної, своє значення V і S та знайдемо величину зношування U, мкм

Хід 1 – обережний – різець № 1 (V =80 м/хв; S =0,03 мм/об) U =

Хід 2 – обережний – різець № 2 (V =300 м/хв; S =0,03 мм/об) U=

Хід 3 – ризиковий – різець № 1 (V =140 м/хв; S =0,06 мм/об) U =

Хід 4 – ризиковий – різець № 2 (V =350 м/хв; S =0,06 мм/об) U =

Хід 5 – раціональний – різець № 1 (V =110 м/хв; S =0,04 мм/об) U =

Хід 6 – раціональний – різець № 2 (V =325 м/хв; S =0,05 мм/об) U =

6 ходів × 5 балів = 30 балів

Крок 4. Аналіз отриманих значень зношування, призначення різця та його режим роботи

5 балів

Крок 5. Визначимо величину конусності K

5 балів

Знайдемо суму балів.

Дякуємо за гру!

Конверт

4.1. Об'єкт – колона із чавуну КЧ30 розмірами $Ø300h14_{(-1,34)}\times 3000h14_{(-4)}$, шорсткістю $R_a = 6{,}3$ мкм:

маса – 1,7 т;

верстат – 1М63;

пристосування – паводковий патрон, центра, люнети;

вимірювач – спеціальна скоба ПР/НЕ.

5 балів

4.2. Порівнюємо точність верстата, а це – биття шпинделя – 0,02 мм, та відхилення від паралельності на всій довжині – 0,08 мм з допуском деталі 0,34 мм.

Відповідь: запас точності великий, тому брак у цих показниках не очікуємо.

5 балів

4.3. Крок 1. Знаходимо t, мм:

$$t = \frac{305 - 300}{2} = 2{,}5 \text{ мм.}$$

5 балів

4.4. Крок 2. Із табл. 2.1 знаходимо матеріал різців: ВКЗМ та ельбор-Р.

Діапазон режимів:

- ВКЗМ: $V = 80 – 140$ м/хв; $S = 0{,}03 – 0{,}06$ мм/об;
- Ельбор-Р: $V = 300 – 350$ м/хв; $S = 0{,}03 – 0{,}06$ мм/об.

5 балів

4.5. Крок 3. Задаємо якийсь цифровий режим:

- якщо обережний: V=80 і 300 м/хв; а S =0,03 мм/об.;
- якщо ризиковий: V=140 і 350 м/хв; а S =0,06 мм/об.;
- якщо раціональний: V=110 і 325 м/хв; а S =0,04 або 0,05 мм/об.

Визначимо кожному з них очікуване зношення інструменту U.

Хід 1 – обережний – ВКЗМ:

$$U = 6 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 300 \cdot 3000}{10^6 \cdot 0{,}03} + 1 = 566 \text{ мкм.}$$

Хід 2 – обережний – ельбор-Р:

$$U = 3 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 300 \cdot 3000}{10^6 \cdot 0{,}03} + 1 = 283 \text{ мкм.}$$

Хід 3 – ризиковий – ВКЗМ:

$$U = 6 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 300 \cdot 3000}{10^6 \cdot 0{,}06} + 1 = 284 \text{ мкм.}$$

Хід 4 – ризиковий – ельбор-Р:

$$U = 3 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 300 \cdot 3000}{10^6 \cdot 0{,}06} + 1 = 142 \text{ мкм.}$$

Хід 5 – раціональний – ВКЗМ:

$$U = 6 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 300 \cdot 3000}{10^6 \cdot 0{,}04} + 1 = 425 \text{ мкм.}$$

Хід 6 – раціональний – ельбор-Р:

$$U = 3 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 300 \cdot 3000}{10^6 \cdot 0{,}05} + 1 = 171 \text{ мкм.}$$

5 балів.

Крок 4. Аналіз: два режими обережний і раціональний для різців ВКЗМ приводять до браку, оскільки шлях різання за S=0,03 мм/об. дуже великий, а зношування інструменту U пропорційне цьому шляху. На всіх режимах різання інструментом із Ельбору-Р браку не буде.

5 балів.

Режими з великою подачею краще інших варіантів для гарантії якості виробу, а оскільки обробка напівчистова, тобто з відносно малим припуском, це збільшення подачі не перевантажує верстат за потужністю, але забезпечує точність.

Вибираємо ризиковий варіант: ельбор-Р з подачею S = 0,06 мм/об. та U =142 мкм.

Крок 5. Визначимо величину конусності *K:*

$$D_{кін} = D_{поч} + 2 \cdot U = 299{,}66 + 2 \cdot 0{,}142 = 299{,}944 \text{ мм};$$

$$K = \frac{299{,}944 - 299{,}660}{2 \cdot 3000} \cdot 100 = 0{,}005 \ \%.$$

5 балів

Підсумовуємо бали: $\Sigma = 55$.

Якщо балів набрав менше, то приймаємо $K = 0{,}8$!

Дякуємо за гру!

2.2. Випадкові помилки

Ти – студент навчального закладу на одному із занять вивчав систематичні та випадкові помилки. За систематичними помилками ми вже провели одну гру та розуміємо, що вони супроводжують процес обробки та можуть значно змінювати наші кінцеві результати. А помилки випадкові? Але перш, ніж ми до них дістанемося, трапилася ця історія.

У клубі "Ball", де ти виступаєш за юнацьку команду, перед тренуванням тренер всіх повідомив, що є можливість від спонсорів отримати грант на костюми, м'ячі та сітки на два сезони вперед.

Все це буде пошите або зроблено в Китаї з логотипом "Ball", але тренер не знає, що замовити.

У клубі є 8 чоловічих команд віком від 12 до 25 років, зростом від 155 до 215 см, вагою від 40 до 110 кг (це анкетні дані). Усього 100 осіб. Тренер просить допомогти у формуванні замовлень:

1. Костюми 2 комплекти, тобто 200 штук.
2. М'ячі до 200 штук.
3. Сітки, стійкі, розтяжки та інша комплектація.

Найбільше проблем – визначення розмірів костюмів.

Отже, проблема перша: які замовити розміри костюмів для 100 осіб, щоб не припасовувати потім по виросту і не потрібно було докуповувати щось.

Чи є з цього приводу теорії? Так, є закон Гауса, він же закон нормального розподілу випадкових величин. Це універсальний закон і для спортсменів, і для виробників машин та іншого.

Повернемося до спорту. Спортивні костюми мають два розміри – зріст та об'єм у грудях (розміри плечей). У пропорційне розвиненого спортсмена між цими двома параметрами завжди є зв'язок: чим більше зріст, тим більший

об'єм грудей. Отже, насамперед, потрібно чітко знати ростові параметри, щоб не припасовувати на зріст, а об'ємні – можна орієнтувати на фігуру людини-спортсмена ігрових видів. Зазвичай це X, XL, XX, XXL, XXXL.

Вибираємо асортимент росту. Малий ріст – це, швидше, X, XL, а великий – ближче XXL, XXXL. У картах реєстрації в клубі є ріст в сантиметрах кожного із 100 спортсменів. Візьмемо ці 100 карток і в довільному порядку занесемо в протокол всі значення росту в сантиметрах (див. протокол).

Протокол вимірювання росту членів клубу "Ball" (на 20.01.2024 р.)

№ п/п	Ріст, см	№ п/п	Ріст, см	№ п/п	Ріст, см	№ п/п	Ріст, см	№ п/п	Ріст, см	№ п/п	Ріст см
1	**195**	18	**195**	35	**195**	52	**195**	69	**195**	86	**195**
2	**180**	19	**180**	36	**180**	53	**180**	70	**180**	87	**180**
3	**167**	20	**172**	37	**185**	54	**171**	71	**167**	88	**159**
4	**215**	21	**182**	38	**173**	55	**187**	72	**177**	89	**181**
5	**183**	22	**185**	39	**173**	56	**190**	73	**190**	90	**171**
6	**182**	23	**188**	40	**174**	57	**160**	74	**181**	91	**172**
7	**181**	24	**189**	41	**180**	58	**199**	75	**182**	92	**173**
8	**180**	25	**193**	42	**190**	59	**177**	76	**183**	93	**174**
9	**169**	26	**161**	43	**191**	60	**176**	77	**184**	94	**175**
10	**173**	27	**155**	44	**159**	61	**173**	78	**185**	95	**176**
11	**196**	28	**177**	45	**165**	62	**183**	79	**186**	96	**177**
12	**194**	29	**173**	46	**171**	63	**184**	80	**187**	97	**178**
13	**167**	30	**206**	47	**172**	64	**183**	81	**190**	98	**179**
14	**185**	31	**201**	48	**173**	65	**181**	82	**167**	99	**180**
15	**188**	32	**187**	49	**174**	66	**181**	83	**168**	100	**181**
16	**189**	33	**188**	50	**175**	67	**180**	84	**171**		
17	**171**	34	**169**	51	**180**	68	**170**	85	**172**		

Знайдемо у цьому протоколі дві цифри: найбільший та найменший ріст. Це 215 см та 155 см.

Віднімемо з більшого менше значення: 215 – 155 = 60 см, де 60 см – це діапазон.

Нехай усі костюми матимуть 6 груп за ростом, тоді знайдемо розмір групи в діапазоні 60 см : 6 = 10 см/група, тобто,

група № 1: 155 – 164 см;

група № 2: 165 – 174 см;

група № 3: 175 – 184 см;

група № 4: 185 – 194 см;

група № 5: 195 – 204 см;

група № 6: – понад 205 см.

Помилка Δ під час виміру зростання дорівнює 1 см.

Допуск *h* групи повинен дорівнювати (2 ÷ 4) Δ. У разі: $h = 2 \times 1 = 2$ см.

Перш, ніж ми підемо далі, зауважимо: якби раніше нам довелося без всяких теорій замовити 100 костюмів, то ми могли б це зробити так: $100 : 6 \cong 17$, тобто в кожному зрості приблизно по 17 костюмів. Якщо точно, то в групах 1 і 6 по 16 штук, а в групах 2, 3, 4, 5 – по 17 штук. Це перша наша версія.

Можливі ще дві версії: замовлення костюмів за ростом кожного спортсмена, тобто індивідуальний костюм, і замовлення за допомогою теорії ймовірностей.

Яку версію прийняти? Почнемо гру?

У будь-якій грі є ставки – на гроші. Нам відома сума грошей на 2 комплекти костюмів:

$$5000 \text{ грн/костюм} \times 2 \times 100 = 1000000 \text{ грн.}$$

Якщо зекономимо – це наші гроші, якщо не вкладемося – доплачує суму той, хто програв!

Почнемо?

Вихідні умови:

- 100 спортсменів різного росту;
- 2 комплекти костюмів;
- 5000 грн на закупівлю одного костюму;
- 2000 грн на припасування одного костюму.

Є три версії, як вибирати ці костюми:

- індивідуальний костюм за ростом кожного спортсмена;
- замовлення зробити за допомогою теорії ймовірностей;
- замовити 2 комплекти по 100 костюмів $[(16 \times 2) + (17 \times 4)] \times 2 = 200$ костюмів в шести ростових групах.

Далі зможемо визначити нашу помилку і скільки спортсменів були б без костюма або змушені їх підганяти за ростом. Зможемо визначити і наші грошові втрати. Для цього приймемо, що новий костюм коштує 5000 грн, а його припасування за ростом – 2000 грн.

Отже: 200 костюмів × 5000 грн = 1000000 грн (один мільйон!). Це ставка! А може, більше?!

Крок 1. Підготуємо робочу табл. 2.2.

Крок 2. Заповнимо графу 1 і 2 шляхом перенесення до неї розмірів (див. протокол). З протоколу визначимо скільки за ростом є людей – це m_i у кожній групі та заповнимо графу 3. Цифри – 5; 27; 35; 19; 12; 2. Сума цифр повинна дорівнювати 100 (див. протокол).

Крок 3. Знайдемо середину діапазону кожної групи y_i (приклад: 155 +164 = 319 : 2 = 159,5 і так далі), запишемо їх у графу 4.

Таблиця 2.2 – Робоча таблиця

№ п/п	Інтервал групи, см	m_i	y_i	y_i^1	$m_i \cdot y_i^1$	$m_i \cdot (y_i^1)^2$	t	$\Phi(+)$	$F(x)$	m_i^1	m_i^1*
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1	155 – 164	5	159,5	–2	–10	20	–8,8	Графи 9 – 12 будуть продовжені у наступній грі			
2	165 – 174	27	169,5	–1	–27	27	–4,44				
3	175 – 184	35	179,5	0	0	0	–0,1				
4	185 – 194	19	189,5	1	19	19	4,26				
5	195 – 204	12	199,5	2	24	48	8,6				
6	205 – 215	2	210	3	6	18	13,2				
7		100			11	133					

m_i^1* – заокруглене значення

Крок 4. Виділимо групу 3, де є 35 величин як групу "0" і внесемо її значення в колонку y_i^1 (графа 5).

Крок 5. Далі всі групи відносно "0" меншого розміру позначимо: –1; –2; …; а великі: +1; +2; +3;… .

Крок 6. Заповнимо графу 6 шляхом множення $m_i \cdot y_i^1$ рядка (приклад: 5 × (–2) = –10 і так далі).

Крок 7. Заповнимо графу 7 шляхом множення m_i на $(y_i^1)^2$ рядка (приклад: 5 × $(-2)^2$ = 20 і так далі).

Крок 8. Визначимо середній зріст спортсменів клубу. Можна це зробити шляхом додавання 100 значень зросту та поділу на 100. Середній зріст – 180 см.

Можна зробити визначення росту на основі теорії ймовірностей, але про це йтиметься в наступній грі.

Крок 9. Визначимо параметр *t* (графа 8):

$$t = \frac{X_{нб} - \overline{X}}{S^1},$$

де $X_{нб}$ = 179,5 см (група 3 із табл. 2.2);

$\overline{X}$ – середнє значення параметра, см

$$\overline{X} = y_0 + h \cdot \frac{\sum m_i \cdot y_i^1}{\sum m_i} = 179{,}5 + 2 \cdot \frac{11}{100} = 179{,}72 \text{ см};$$

S^1 – середнє квадратичне відхилення параметра, см

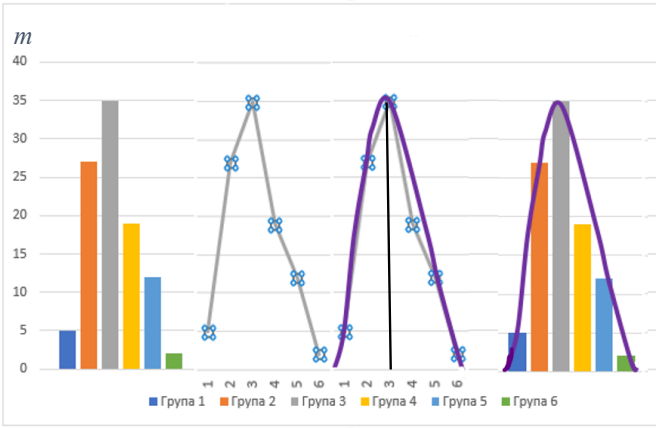
$$S^1 = h \cdot \sqrt{\frac{\sum m_i \cdot \left(y_i^1\right)^2}{\sum m_1} - \left(\frac{\sum m_i \cdot y_i^1}{\sum m_i}\right)} = 2 \cdot \sqrt{\frac{133}{100} - \left(\frac{11}{100}\right)^2} =$$

$$= 2 \cdot \sqrt{1{,}33 - 0{,}01} = 2 \cdot \sqrt{1{,}32} = 2 \cdot 1{,}15 = 2{,}3 \text{ см}.$$

Крок 10. На основі даних, наведених в табл. 2.2, побудуємо емпіричний полігон розподілу (рис. 2.1,а).

Вісь Y – число осіб m_i у групах 1 – 6.

Вісь X – розміри груп росту від 1 до 6.



а б в г

Рисунок 2.1 – Емпіричний полігон (а, б) та теоретична крива розподілу (в)

Якщо середні вершини кожного інтервалу з'єднати ламаною лінією, то отримаємо рис. 2.1,б.

Плавна крива, проведена за точками на рис. 2.1,б, дає нам теоретичну криву розподілу (рис. 2.1,в). На рис. 2.1,г накладено всі раніше побудовані криві на одну проекцію, і вони показують дуже близький збіг площ у межах полігону або кривої з малою помилкою.

Крок 11. Залишилося з'ясувати, який Закон ми отримали за нашою побудовою.

Висунемо гіпотезу: це закон нормального розподілу випадкових величин (закон Гауса).

Які ми маємо підстави для цієї версії?

Оскільки спортсмени записувалися до клуба без будь-яких відборів, тобто випадково, можна зробити чи висунути гіпотезу щодо нормального розподілу випадкових величин – у разі розмірів росту.

Перевірити гіпотезу щодо нормального розподілу можна за критерієм Вестергарда, згідно якого фактичний розподіл розмірів відповідає закону нормального розподілу, якщо:

- 25 % об'єктів мають розміри в межах $\pm 0{,}3\sigma$ від вершини кривої розподілу;
- 50 % об'єктів мають розміри в межах $\pm 0{,}7\sigma$;
- 75 % об'єктів – у межах $\pm 1{,}1\sigma$;
- 99,73 % об'єктів – у межах $\pm 3\sigma$;
- на відстані $\pm 1\sigma$ розташовується 68,27 % від усієї кількості об'єктів;
- на відстані $\pm 2\sigma$ розташовується 95,45 % від загального числа.

Якщо є впевненість, що домінуючі чинники, а також систематичні похибки відсутні, то можна зробити висновок, що фактичний розподіл підпорядковується закону нормального розподілу.

Для спрощення розрахунків за відповідністю приймемо два показники із шести з цього набору як робочі:

$$I - \pm 1\sigma \approx 68{,}27\ \% \qquad \text{та} \qquad II - \pm 2\sigma \approx 95{,}45\ \%.$$

Крок 12. У табл. 2.1 сума рядків 2 і 3 в колонці 3 дає нам число 62 або 62 %, а сума рядків 2, 3, 4, 5 у тій же колонці – число 93 або 93 %, що відповідає цьому варіанту збігу: 68,27 % і 95,45 %.

Приймаємо, що наш розподіл відповідає закону Гауса чи закону нормального розподілу.

Крок 13. Отже, замовлятимемо костюми за групами так:

№ 1 – 5 штук;

№ 2 – 27 штук;

№ 3 – 35 штук;

№ 4 – 19 штук;

№ 5 – 12 штук;

№ 6 – 2 штуки.

Усього – 100 штук.

У цьому замовленні всі костюми будуть використані без припасування і витратимо на це замовлення в двох комплектах 1000000 грн.

Крок 14. Подивимося, що було б, якби ми замовили по 16÷17 костюмів у 6 розмірних групах (на партію 100 штук):

№ 1 16 – 5 = 11 штук – не використані;

№ 2 17 – 27 = –10 штук – не вистачило;

№ 3 17 – 35 = –18 штук – не вистачило;

№ 4 17 – 19 = –2 штуки – не вистачило;

№ 5 17 – 12 = 5 штук – не використані;

№ 6 16 – 2 = 14 штук – не використані.

Тобто приблизно 30 штук – не знадобилися; а приблизно 30 штук – вимагають припасування.

У грошах з припасування це було б:

$$2 \cdot 30 \text{ штук} \cdot 2000 = 120000 \text{ грн.}$$

У цій версії витрати у сумі виглядали б так:

$$1000000 + (30 \cdot 2 \cdot 5000) + 120000 = 1000000 + 300000 + 120000 = 1420000 \text{ грн,}$$

де $30 \cdot 2 = 60$ костюмів довелося б докуповувати.

Збиток 420 000 грн (1420000 – 1000000)!

Крок 15. А що із витратами на індивідуальні костюми? Вважаємо:

$$100 \cdot 2 \cdot 10000 = 2000000 \text{ грн.}$$

Збитки 1000000 грн.

Підсумок гри: теорія ймовірності та закон нормального розподілу може бути джерелом економії грошей або їх раціонального витрачання. Тож ставка – на закон нормального розподілу!

P.S. Ця гра велась за протоколом № 1. Для групи студентів завдання гри – це протокол № 2 … 25, чи інше значення.

Інформація для гри [4, 5, 13].

2.3. Заготовки – порізка прокату

Є велика група сталевих деталей, які можуть бути виготовлені із заготовок, одержаних у холодному стані – у вигляді порізок із профільного прокату. У табл. 2.3 наведено 8 методів розрізання профільного прокату на мірні заготовки в серійному виробництві.

Навіть якщо всі ці методи можна реалізувати на твоєму виробництві (а це малоймовірно), то завдання "Як різати?", хоча б раз постає перед тобою під час розробки процесу виготовлення.

Що для тебе головне в процесі вибору: час, гроші, відходи в стружку, точність твоїх заготовок? Адже ми заздалегідь налаштовані зробити роботу за менший час і гроші, отримати менше відходів (ціна 1 кг прокату в декілька разів більше від вартості відходів-стружки) і отримати більш високу точність заготовки.

У цій грі точність заготовки прийнята для тебе найдемократичнішою – 15-й квалітет. А як з рештою бажань: час, гроші, втрати? Спробуємо?

Успіхів!

Отже, перед очима таблиця із довідника та твій аналіз табл. 2.3: з пошуку часу, відходів та грошей.

Якщо твоя заготовка Ø68 мм у серійному виробництві, то це колонка 4 табл. 2.3 (чорна стрічка).

1. Час розрізання в табл. 2.3 не показано, його потрібно визначити самому.

2. Величина відходів відсутня, але є причина – ширина різу h. Для нашого розміру заготовки Ø68 мм вона найменша: у п.п. 6 та 8 – h = 2 мм; п. 7 – h = 2,5 мм та п. 4 – h = 3 мм. Але п. 7 – розрізання на приводній ножівці для дрібних партій не підходить, тобто залишаються 3 методи: п. 4, п. 6, п. 8.

3. Гроші (А) надані у вигляді вартості 1 хв роботи у гривнях. Вони дорівнюють за п. 4, п. 6, п. 8, відповідно, A = 1,72; 1,8 та 2,2 грн/хв.

На що робимо ставку? Якщо на гроші, то A = 1,72 грн/хв мінімальна у фрезерного верстата (дискова фреза). Він переможець! Гра йде за гроші!

Наша гра складається з 4-х раундів:

Раунд I. Шукаємо явні втрати – відходи.

Раунд II. Шукаємо витрачений час на розрізання.

Раунди III – IV. Шукаємо гроші, які ми можемо витратити, але поки що не пішли до банку за ними.

Таблиця 2.3 – Методи порізки профільного прокату різного розміру

№ п\п	Методи порізки	Ширина різу *h* (мм), залежно від товщини (діаметра)						Вартість 1 хв роботи, * А, грн/хв
		1	2	3	4	5	6	
		до 20***	20–30	30–45	45–75	75–150	150–250	
1	Автоген	2–3		3–5		5–8		9–37
2	Токарний верстат (відрізний різець)	2	3	4	4	5	7	2,35
3	Токарний верстат (дисковий різець)	2	2,5	3	3,5	4	–	2,35
4	Фрезерний верстат (дискова фреза) – "фрезерний"	2	2	2	3	3	–	1,72
5	Верстат диско-пильний	4	4	4	4	7	7	0,82
6	Верстат стрічко-пильний	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	1,8
7	Верстат приводний ножівковий **	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,75
8	Верстат абразивно-відрізний – "абразивний"	2	2	2	2	2	2,5	2,2

* Тільки у навчальних цілях! **Для дрібних партій. *** Порізка здійснюється пакетом, а не одного дроту.

Кожний хід гри має оцінку 5 балів.

1. Мета гри – навчитись вибирати вигідний варіант заготовки в серійному виробництві.

2. Тактика гри. Раціональна, за дешевизною не женемося.

3. Обмеження у грі.

3.1. Наші дії дуже залежать від початкової інформації та рамок серійного виробництва.

3.2. На етапі пошуку варіанта в розрахунках зроблено припущення, що

$$T_{шт} = T_o \cdot K,$$

де: T_0 – основний час, хв;

K – коефіцієнт частки основного часу в $T_{шт}$ для різних методів обробки (рис. 2.2) на аналогічних підприємствах.

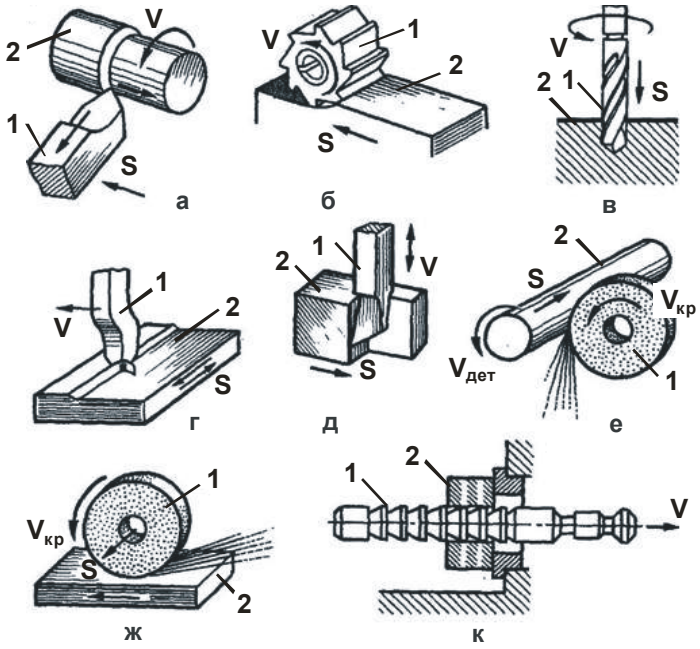


Рисунок 2.2 – Схеми основних методів обробки матеріалів різанням:
1 – інструмент; 2 – заготовка; а – точіння; б – фрезерування;
в – свердління (зенкерування і розвертання); г – стругання;
д – довбання; е – кругле зовнішнє шліфування;
ж – плоске шліфування; к – протягання

3.3. У розрахунках прийнято так звані цехові показники вартості A, проте на етапі пошуку це припущення коректне.

3.4. У грі прийнято $T_{шт}$, а не $T_{шк-к}$, для спрощення розрахунків. Помилка – приблизно 2 %.

4. Умови гри

4.1. Об'єкт – це порізка з прутка прокату Ст. 45 (ДСТУ) Ø68*h15*×200*h15* мм, масою 5,64 кг.

4.2. Партія деталей – n = 1000 шт.

4.3. Режими різання:

- фрезерний: фреза Ø200×3×32 мм; матеріал фрези Р6М5; z = 50 зубів; $V_{фр}$ = 25,0 м/хв; S_z = 0,04 мм/зуб; l_1 = 3 мм; l_2 = 5 мм;

- стрічко-пильний: матеріал стрічки Р6М5; V_c = 20 м/хв; S = до 50 мм/хв; l_1 = 2 мм; l_2 = 5 мм;

- абразивний: $V_{кр}$ = 35 м/с; t = 0,03 мм; S = 70 мм/хв; $l_1 = l_2$ = 2 мм.

4.4. Обладнання: горизонтально-фрезерний верстат (рис. 2.3); стрічко-пильний верстат та абразивно-відрізний верстат.

4.5. Інструменти: дискова фреза Р6М5 Ø200×3×32 мм (рис. 2.4); стрічка Р6М5; абразивно-відрізний круг.

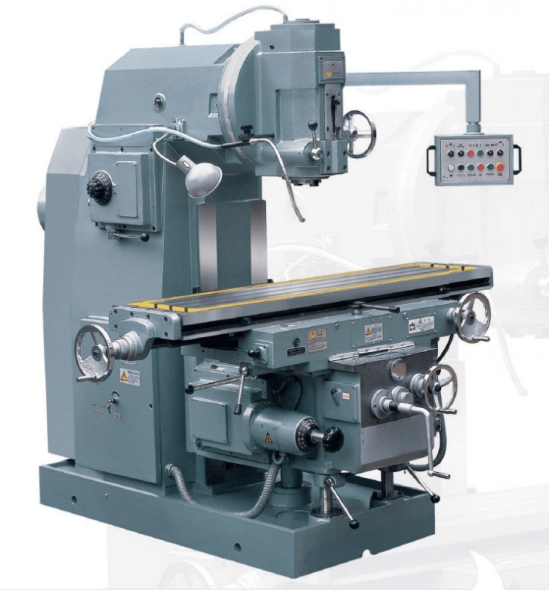


Рисунок 2.3 – Вертикально-фрезерний верстат

4.6. Пристосування: при верстаті.

5. Основні формули.

5.1. Маса різу M_p, г:

$$M_p = \frac{\pi \cdot D_з^2}{4 \cdot 10^3} \cdot h \cdot c \text{, г,} \qquad (2.3.1)$$

де: $D_з$ – діаметр заготовки, мм;

h – ширина різу, мм;

c – щільність металу заготовки, г/см^3.

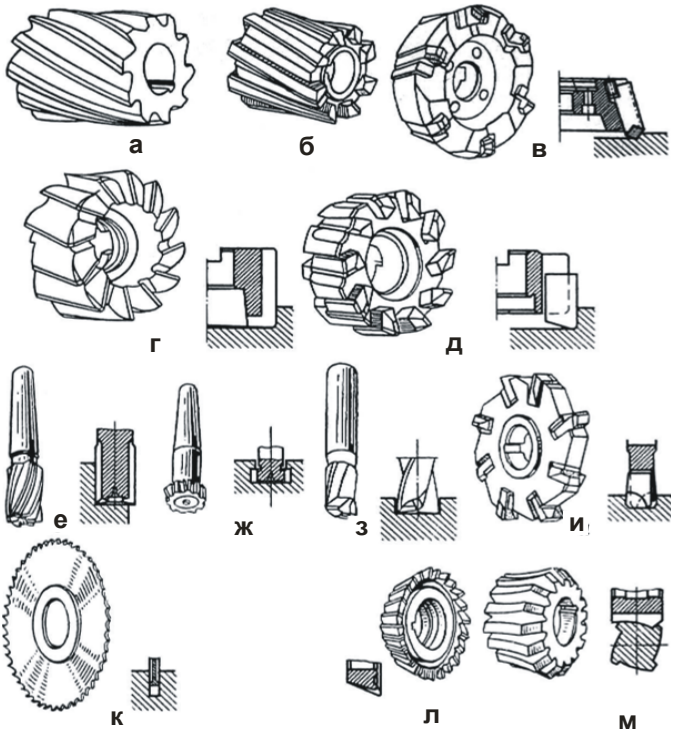


Рисунок 2.4 – Типи фрез: а, б – циліндричні; в, г, д – торцеві;
е, ж – кінцеві; з – шпонкові; и – дискові; к – відрізні та прорізні;
л – кутові; м – фасонні

5.2. Маса втрат M_n, кг;

$$M_n = \frac{M_p \cdot n}{10^3}, \text{ кг}, \qquad (2.3.2)$$

де n – партія заготовок, шт.

5.3. Основний час T_o, хв:

$$T_o = \frac{L_o}{S_{хв}} \cdot i = \frac{L_o}{n \cdot S_0} \cdot i = \frac{l_{дет} + l_1 + l_2}{n \cdot S_0} \cdot i, \qquad (2.3.3)$$

де: L_o – довжина шляху обробки, мм;

$l_{дет}$ – довжина деталі, мм;

l_1, l_2 – перебіг та врізання, мм;

$S_{хв}$ – хвилинна подача, мм/хв;

n – частота обертання фрези, 1/хв;

S_0 – подача на оберт, мм/об.;

i – число проходів дорівнює 1.

$$T_{шт} = T_o \cdot \kappa, \tag{2.3.4}$$

де: κ – коефіцієнт:

для фрезерного верстата та стрічко-пильного – κ=1,3;

для абразивного верстата – κ=1,2.

5.4. Цехова собівартість C_m, грн

$$C_m = A \cdot T_{шт} \cdot n, \tag{2.3.5}$$

де A – вартість 1 хв роботи, грн;

n – партія деталей, шт.

5.5. Очікувані витрати B, грн

$$B = \left(C_m + M_p \cdot C_1 - M_n \cdot C_2\right) \cdot n, \tag{2.3.6}$$

де: C_1 – вартість 1кг прокату Ст. 45 дорівнює 45 грн/кг;

C_2 – вартість 1 кг стружки Ст. 45 при прийманні дорівнює 12 грн/кг.

6. Порядок гри.

6.1. Задаємося об'єктом – порізка із прокату з Ст. 45 Ø68h15×200h15 мм, масою 5,65 кг, n = 1000 штук.

5 балів

6.2. Задаємо всі умови гри: обладнання, інструменти, пристрої, режими різання (п. 4.4 ÷ п. 4.6, табл. 2.3).

5 балів

6.3. Раунд 1 (Хід 1, 2, 3) – шукаємо втрати у вигляді стружки M_n на партію n: (див. п. 5.1 та п. 5.2, табл. 2.3):

- фрезерний;
- стрічко-пильний;
- абразивний.

3 ходи × 5 балів = 15 балів.

6.4. Раунд 2 (Хід 1, 2, 3) – шукаємо витрати часу T_0 на різання партії n (див. п. 5.3, табл. 2.3):

- фрезерний;
- стрічко-пильний;
- абразивний.

3 ходи × 5 балів = 15 балів

6.5. Раунд 3 (Хід 1, 2, 3) – шукаємо цехові витрати C_m на партію n (див. п. 5.4, табл. 2.3):

- фрезерний;
- стрічко-пильний;
- абразивний.

3 ходи × 5 балів = 15 балів

6.6. Раунд 4 (Хід 1, 2, 3) – шукаємо очікувані витрати B за кожним методом, грн (див. п. 5.5, табл. 2.3):

- фрезерний;
- стрічко-пильний;
- абразивний.

3 ходи × 5 балів = 15 балів

6.7. Підсумок гри: на що ми робили ставку і що ми отримали в результаті? Оскільки ставка у грі йшла на гроші, то суму балів ти можеш підрахувати сам, якщо цікавий!

Дякуємо за гру!

Відкриємо ***конверт № 1*** (Додаток № 1)

Конверт (відкрити після гри та отримання результату!)

6.1. Розміри заготовки: Ø68×200 мм. 5 балів

6.2. П. 4.1 – п. 4.5. 5 балів

6.3. Раунд 1. Маса різу або втрати у стружку на одну заготовку:

$$M_p = \frac{3{,}14 \cdot 68 \cdot 68}{4 \cdot 10^3} \cdot 7{,}8 \cdot h, \text{ г.}$$

Хід 1 – фрезерний верстат – $28{,}3 \cdot 3 \cong 85$ г. 5 балів

Хід 2 – стрічко-пильний верстат – $28{,}3 \cdot 2 \cong 57$ г. 5 балів

Хід 3 – абразивний верстат – $28{,}3 \cdot 2 \cong 57$ г. 5 балів

Разом на партію n:

- Фрезерний верстат – $85 \cdot n = 85 \cdot 1000/1000 = 85$ кг.
- стрічко-пильний верстат – $57 \cdot n = 57 \cdot 1000/1000 = 57$ кг.
- абразивний верстат – $57 \cdot n = 57 \cdot 1000/1000 = 57$ кг.

6.4. Раунд 2. Витрати часу.

Хід 1 – фрезерний верстат: $T_o = \frac{68+3+5}{80} = 0{,}95$ хв. 5 балів

Хід 2 – стрічко-пильний верстат: $T_o = \frac{68+2+5}{50} = 1{,}5$ хв. 5 балів

Хід 3 – абразивний верстат: $T_o = \frac{68+2+2}{70} = 1{,}03$ хв. 5 балів

Звідси знаходимо $T_{шт}$:

Хід 1 – фрезерний верстат: $T_{шт} = T_o \cdot 1{,}3 = 1{,}24$ хв.

Хід 2 – стрічко-пильний верстат: $T_{шт} = T_o \cdot 1{,}3 = 1{,}5 \cdot 1{,}3 = 1{,}95$ хв.

Хід 3 – абразивний верстат: $T_{шт} = T_o \cdot 1{,}2 = 1{,}03 \cdot 1{,}2 = 1{,}24$ хв.

6.5. Раунд 3. Цехова собівартість

$$C_m = A \cdot T_{шт}.$$

Хід 1 – фрезерний верстат: $1{,}72 \cdot 1{,}24 = 2{,}13$ грн. 5 балів

Хід 2 – стрічко-пильний верстат: $1{,}8 \cdot 1{,}95 = 3{,}51$ грн. 5 балів

Хід 3 – абразивний верстат: $2{,}2 \cdot 1{,}24 = 2{,}73$ грн. 5 балів

На партію n, C_m складає: фрезерний верстат – 2130 грн; стрічко-пильний верстат – 3510 грн; абразивний верстат – 2730 грн.

6.6. Раунд 4.

Витрати $B = C_m + M_p \cdot C_1 - M_n \cdot C_2$, грн.

Хід 1 – фрезерний верстат: $2130 + (85 \cdot 45) - (85 \cdot 12) = 4935$ грн.

5 балів

Хід 2 – стрічко-пильний верстат: $3510 + (57 \cdot 45) - (57 \cdot 12) = 5391$ грн.

5 балів

Хід 3 – абразивний верстат: $2730 + (57 \cdot 45) - (57 \cdot 12) = 4611$ грн.

5 балів

Разом: $14 \cdot 5 = 70$ балів.

Ставка на фрезерний верстат програла, бо варіант з абразивним верстатом дешевший приблизно на 300 грн, оскільки менше відходів. Це програш чи ти вже зовсім освоївся з табл. 2.3 і навчився шукати дешевший варіант?

Сума балів дорівнює 70.

Дякуємо за гру!

ДОДАТКИ до п. 2.2. (Порізка з прокату)

Варіанти завдань

Варіант №2 (Ø30 мм)

С.1. 1) табл. 2.3: вибираємо вихідні дані із колонки №2 (інтервал розмірів Ø20 – Ø30 мм);

2) табл. 2.3, п. 2: … розмір заготовки Ø30 мм, вона найменша: у п. 6 – h = 1,5 мм; п. 4 та п. 8 – h = 2,0 мм, тобто залишаються 3 методи розрізання: фрезерний, пильний та абразивний.

С.2. 3) табл. 2.3, п. 4.1: об'єкт – порізка із круглого прокату Ст. 45 ДСТУ Ø30h15×200h15 мм, масою 1,1 кг.

Варіант №3 (Ø45мм)

С.1. 1) табл. 2.3: вибираємо вихідні дані із колонки №3 (інтервал розмірів Ø30 – Ø45 мм);

2) табл. 2.3, п. 2: … розмір заготовки Ø45 мм, h найменша: у п. 6 – h = 1,5 мм; п. 4 та п. 8 – h = 2,0 мм, тобто залишаються 3 методи розрізання: можливість використання фрезерного, стрічково-пильного або абразивного верстата.

С.2. 3) табл. 2.3, п. 4.1: об'єкт – порізка із круглого прокату Ст. 45 ДСТУ Ø45h15×200h15 мм, масою 2,5 кг.

Варіант №4 (Ø100 мм)

С.1. 1) табл. 2.3: вибираємо вихідні дані із колонки № 5 (інтервал розмірів Ø75 – Ø150 мм);

2) табл. 2.3, п. 2: … розмір заготовки Ø100 мм, h найменша: у п. 6 та п. 8 – h = 2,0 мм; п. 7 – h = 2,5 мм, п. 4 – h = 3,0 мм. Але п. 7 – розрізка на приводній ножівці для дрібних партій і нам не підходить, тобто залишаються методи п. 4, п. 6, п. 8.

С.2. 3) табл. 2.3, п. 4.1: об'єкт – порізка із круглого прокату Ст. 45 ДСТУ Ø100h15×200h15 мм, масою ~ 12,2 кг.

Набори І. "Порізка з прокату"

1. Ø30 мм

Min відходи: абразивний – h = 2 мм; А = 2,2 грн/хв.

стрічко-пильний – h = 1,5 мм; А = 1,8 грн/хв.

фрезерний – h = 2 мм. А = 1,72 грн/хв.

2. Ø45 мм

Min відходи: абразивний – 2 мм; А = 2,2 грн/хв.

стрічко-пильний – 1,5 мм; А = 1,8 грн/хв.

фрезерний – 2 мм. А = 1,72 грн/хв.

3. Ø100 мм

Min відходи: абразивний – 2 мм; А = 2,2 грн/хв.

стрічко-пильний – 2 мм; А = 1,8 грн/хв.

фрезерний – 3 мм. А = 1,72 грн/хв.

1. Відходи Ø30 мм (використовувати формули (2.3.1), (2.3.2)):

$$\frac{3{,}14\cdot 30\cdot 30}{4\cdot 10^3}\cdot 7{,}8\cdot h \cong 5{,}5\cdot h \begin{cases} \cong 11\cdot 1000 = 11 \ \ кг \\ \cong 8\cdot 1000 = 8 \ \ кг \\ \cong 11\cdot 1000 = 11 \ \ кг \end{cases}$$

2. Відходи Ø45 мм:

$$\frac{3{,}14\cdot 45\cdot 45}{4\cdot 10^3}\cdot 7{,}8\cdot h \cong 12{,}4\cdot h \begin{cases} \cong 25\cdot 1000 = 25 \ \ кг \\ \cong 19\cdot 1000 = 19 \ \ кг \\ \cong 25\cdot 1000 = 25 \ \ кг \end{cases}$$

3. Відходи Ø100 мм:

$$\frac{3{,}14\cdot 100\cdot 100}{4\cdot 10^3}\cdot 7{,}8\cdot h \cong 61{,}2\cdot h \begin{cases} \cong 122 = 122 \ \ кг \\ \cong 122 = 122 \ \ кг \\ \cong 183 = 183 \ \ кг \end{cases}$$

1. Час у хвилинах, Ø30 мм (формули (2.3.3), (2.3.4)):

- абразивний: $T_o = \frac{30+4}{70} \approx 0{,}5\cdot 1{,}2 = 0{,}6$ хв,

- стрічко-пильний: $T_o = \frac{30+8}{50} \approx 0{,}76\cdot 1{,}3 = 1{,}0$ хв,

- фрезерний: $T_o = \frac{30+8}{80} \approx 0{,}48\cdot 1{,}5 = 0{,}72$ хв.

2. Час у хвилинах, Ø45 мм:

- абразивний: $T_o = \frac{45+4}{70} \approx 0{,}7 \cdot 1{,}2 = 0{,}84$ хв,

- стрічко-пильний: $T_o = \frac{45+8}{50} \approx 1{,}06 \cdot 1{,}3 = 1{,}38$ хв,

- фрезерний: $T_o = \frac{45+8}{80} \approx 0{,}66 \cdot 1{,}5 = 0{,}8$ хв.

3. Час у хвилинах, Ø68 мм:

- абразивний: $T_o = \frac{68+4}{70} \approx 1{,}03 \cdot 1{,}2 = 1{,}25$ хв,

- стрічко-пильний: $T_o = \frac{68+8}{50} \approx 1{,}5 \cdot 1{,}3 = 1{,}95$ хв,

- фрезерний: $T_o = \frac{68+8}{80} \approx 0{,}66 \cdot 1{,}5 = 1{,}0$ хв.

4. Час у хвилинах, Ø100 мм:

- абразивний: $T_o = \frac{100+4}{70} \approx 1{,}48 \cdot 1{,}2 = 1{,}78$ хв,

- стрічко-пильний: $T_o = \frac{100+8}{50} \approx 2{,}16 \cdot 1{,}3 = 2{,}8$ хв,

- фрезерний: $T_o = \frac{100+8}{80} \approx 1{,}35 \cdot 1{,}5 = 2{,}03$ хв.

1. Цехова собівартість (грн), Ø30 мм (формула (2.3.5)):

- абразивний: 0,6 · 2,2 = 1,32 грн;
- стрічко-пильний: 1,0 · 1,3 = 1,3 грн;
- фрезерний: 0,72 · 1,72 = 1,24 грн.

2. Цехова собівартість (грн), Ø45 мм:

- абразивний: 0,84 · 2,2 = 1,85 грн;
- стрічко-пильний: 1,38 · 0,82 = 1,13 грн;
- фрезерний: 0,8 · 1,72 = 1,38 грн.

3. Цехова собівартість (грн), Ø68 мм:

- абразивний: 1,25 · 2,2 = 2,75 грн;
- стрічко-пильний: 1,95 · 0,82 = 1,6 грн;

- фрезерний: 1,0 · 1,72 = 1,72 грн.

4. Цехова собівартість (грн), Ø100 мм:
- абразивний: 1,78 · 2,2 = 3,92 грн;
- стрічко-пильний: 2,8 · 0,82 = 2,3 грн;
- фрезерний: 2,03 · 1,72 = 3,5 грн.

1. Втрати у відходи (кг), Ø30 мм:
- абразивний: 11 · 12 = 132 кг;
- стрічко-пильний: 8 · 12 = 96 кг;
- фрезерний: 11 · 12 = 132 кг.

2. Втрати у відходи (кг), Ø45 мм:
- абразивний: 25 · 12 = 300 кг;
- стрічко-пильний: 19 · 12 = 230 кг;
- фрезерний: 25 · 12 = 300 кг.

3. Втрати у відходи (кг), Ø68 мм:
- абразивний: 56 · 12 = 672 кг;
- стрічко-пильний: 56 · 12 = 672 кг;
- фрезерний: 85 · 12 = 1020 кг.

4. Втрати у відходи (кг), Ø100 мм:
- абразивний: 122 · 12 = 1464 кг;
- стрічко-пильний: 122 · 12 = 1464 кг;
- фрезерний: 183 · 12 = 2196 кг.

1. Витрати грошей (грн), Ø30 мм:
- абразив: 1,32·1000 + 11·45 – 132 = 1320 + 495 – 132 ≅ 1683 грн;
- стрічка: 1,3·1000 + 8·45 – 96 = 1300 + 360 – 96 ≅ 1564 грн;
- фреза: 1,24·1000 + 11·45 – 132 = 1240 + 495 – 132 ≅ 1603 грн.

2. Витрати грошей (грн), Ø45 мм:
- абразив: 1,85·1000 + 25·45 – 300 ≅ 2675 грн;
- стрічка: 1,13·1000 + 19·45 – 230 ≅1755 грн;
- фреза: 1,38·1000 + 25·45 – 300 ≅2205 грн.

3. Витрати грошей (грн), Ø68 мм:

- абразив: 2,75·1000 + 56·45 – 670 ≅ 4600 грн;
- стрічка: 1,6·1000 + 56·45 – 670 ≅3450 грн;
- фреза: 1,72·1000 + 85·45 – 1020 ≅4525 грн.

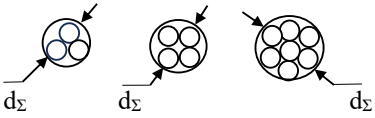
4. Витрати грошей (грн), Ø100 мм:

- абразив: 3,92·1000 + 122·45 – 1465 ≅7945 грн;
- стрічка: 2,3·1000 + 122·45 – 1465 ≅ 6325 грн;
- фреза: 3,5·1000 + 183·45 – 2200 ≅ 9535 грн.

P.S. Конверт зроблено на 4 групи розмірів в інтервалі:

$$\begin{bmatrix} \varnothing 30 & (20-30) \\ \varnothing 45 & (30-45) \\ \varnothing 68 & (45-75) \\ \varnothing 100 & (75-10) \end{bmatrix}$$ (*за 4 варіантами розрізання*)

Дроти діаметром до Ø20 мм повинні надходити в пакеті з розміром d_{Σ}, мм:



і так далі.

Диаметр дроту в пакете в залежності від кількості дротів збільшується, тобто переходить у більший розмір, а він уже є у табл. 2.3.

Прокат Ø150 – Ø 200 мм – це для небагатьох виробів і тому в серійному виробництві партію 1000 штук потрібно ще знайти!

Конверт № 2

6.1. Розміри заготовки: Ø30×200 мм.

6.2. Див. п. 4.4 – п. 4.6, табл. 2.3.

Табл. 2.3: *min* відходи за різом h і витрати A:

- фрезерний – h = 2 мм, A = 1,72 грн/хв;
- стрічко-пильний – h = 1,5 мм, A = 1,8 грн/хв;
- абразивний – h = 2 мм, A = 2,2 грн/хв.

6.3. Раунд 1. Втрати у стружку на одну заготовку:

$$M_p = \frac{3{,}14 \cdot 30 \cdot 30}{4 \cdot 10^3} \cdot 7{,}8 \cdot h \text{, г.}$$

Хід 1 – фрезерний – $M_p \cong 11$ г.

Хід 2 – стрічко-пильний – $M_p \cong 8$ г.

Хід 3 – абразивний – $M_p \cong 11$ г.

Разом на партію (n = 1000 шт.):
$Mn_{фр.} = 11$ кг; $Mn_{стр-п.} = 8$ кг; $Mn_{абр.} = 11$ кг.

6.4. Раунд 2. Витрати часу.

Хід 1 – фрезерний: $T_o = \frac{30+3+5}{80} = 0{,}48$ хв.

Хід 2 – стрічко-пильний: $T_o = \frac{30+2+5}{50} = 0{,}74$ хв.

Хід 3 – абразивний: $T_o = \frac{30+2+2}{70} = 0{,}5$ хв.

Звідси: $T_{шт} = T_o \cdot \kappa$, хв.

Хід 1 – фрезерний: $T_{шт} =$ 0,48 · 1,3 = 0,62 хв.

Хід 2 – стрічко-пильний: $T_{шт} =$ 0,74 · 1,3 = 0,96 хв.

Хід 3 – абразивний: $T_{шт} =$ 0,5 · 1,2 = 0,6 хв.

Разом на партію n = 1000 шт.:
– 620 хв – 1000 хв – 600 хв.

6.5. Раунд 3. Цехова собівартість $C_m = A \cdot T_{шт}$, грн.

Хід 1 – фрезерний: $C_m = 1{,}72 \cdot 0{,}62 = 1{,}07$ грн.

Хід 2 – стрічко-пильний: $C_m = 1{,}8 \cdot 0{,}96 = 1{,}73$ грн.

Хід 3 – абразивний: $C_m = 2{,}2 \cdot 0{,}6 = 1{,}32$ грн.

Разом на партію n = 1000 шт.:
– 1070 грн – 1730 грн – 1320 грн.

6.6. Раунд 4.

Витрати: $B = C_m + M_p \cdot C_1 - M_n \cdot C_2$, грн.

Хід 1 – фрезерний: B =1070 + 11·45 – 11·12 = 1433 грн.

Хід 2 – стрічко-пильний: B =1730 + 8·45 – 8·12 = 1994 грн.

Хід 3 – абразивний: B =1320 + 11·45 – 11·12 = 1683 грн.

Ставка на фрезерний верстат виграла.

Сума балів 70.

Дякуємо за гру!

Конверт №3

6.1. Розміри заготовки: Ø45×200 мм.

6.2. Див. п. 4.4 – п. 4.6, табл. 2.3.

Табл. 2.3: *min* відходи за різом h і витрати A:

- фрезерний – h = 2 мм, A = 1,72 грн/хв;
- стрічко-пильний – h = 1,5 мм, A = 1,8 грн/хв;
- абразивний – h = 2 мм, A = 2,2 грн/хв.

6.3. Раунд 1. Втрати у стружку на одну заготовку:

$$M_p = \frac{3{,}14 \cdot 45 \cdot 45}{4 \cdot 10^3} \cdot 7{,}8 \cdot h.$$

Хід 1 – фрезерний: $M_p \cong 25$ г.

Хід 2 – стрічко-пильний: $M_p \cong 19$ г.

Хід 3 – абразивний: $M_p \cong 25$ г.

Разом на партію n = 1000 шт.:

$Mn_{фр.}$ = 25 кг; $Mn_{стр\text{-}п.}$ = 19 кг; $Mn_{абр.}$ = 25 кг.

6.4. Раунд 2. Витрати часу.

Хід 1 – фрезерний: $T_o = \frac{45+3+5}{80} = 0{,}66$ хв.

Хід 2 – стрічко-пильний: $T_o = \frac{45+3+5}{50} = 1{,}06$ хв.

Хід 3 – абразивний: $T_o = \frac{45+2+2}{70} = 0{,}7$ хв.

Звідси: $T_{шт} = T_o \cdot \kappa$, хв;

Хід 1 – фрезерний: $T_{шт} = 0{,}66 \cdot 1{,}3 = 0{,}86$ хв.

Хід 2 – стрічко-пильний: $T_{шт} = 1{,}06 \cdot 1{,}2 = 1{,}27$ хв.

Хід 3 – абразивний: $T_{шт} = 0{,}7 \cdot 1{,}2 = 0{,}84$ хв.

Разом на партію n = 1000 шт.:

– 860 хв – 1270 хв – 840 хв.

6.5. Раунд 3. Цехова собівартість $C_m = A \cdot T_{шт}$, грн.

Хід 1 – фрезерний: $C_m = 1{,}72 \cdot 0{,}86 = 1{,}48$ грн.

Хід 2 – стрічко-пильний: $C_m = 1{,}8 \cdot 1{,}27 = 2{,}29$ грн.

Хід 3 – абразивний: $C_m = 2{,}2 \cdot 0{,}84 = 1{,}85$ грн.

Разом на партію n = 1000 шт.:
– 1480 грн – 2290 грн – 1850 грн.

6.7. Раунд 4. Витрати: $B = C_m + M_p \cdot C_1 - M_n \cdot C_2$ грн.

Хід 1 – фрезерний: $B = 1480 + 25 \cdot 45 - 25 \cdot 12 = 2305$ грн.
Хід 2 – стрічко-пильний: $B = 2290 + 19 \cdot 45 - 19 \cdot 12 = 2917$ грн.
Хід 3 – абразивний: $B = 1850 + 25 \cdot 45 - 25 \cdot 12 = 2675$ грн.

Ставка на фрезерний верстат виграла.
Сума балів 70.
Дякуємо за гру!

Конверт №4

6.1. Розміри заготовки: Ø100×200 мм.
6.2. Див. п. 4.4 – п. 4.6, табл. 2.3.
Табл. 2.3: *min* відходи за різом h і витрати A:
- фрезерний – h = 3 мм, A = 1,72 грн/хв;
- стрічко-пильний – h = 2,0 мм, A = 1,8 грн/хв;
- абразивний – h = 2 мм, A = 2,2 грн/хв.

6.3. Раунд 1. Втрати у стружку на одну заготовку:

$$M_p = \frac{3{,}14 \cdot 100 \cdot 100}{4 \cdot 10^3} \cdot 7{,}8 \cdot h, \text{ г.}$$

Хід 1 – фрезерний: $M_p \cong 184$ г.

Хід 2 – стрічко-пильний: $M_p \cong 122$ г.

Хід 3 – абразивний: $M_p \cong 122$ г.

Разом на партію n = 1000 шт.:
$Mn_{фр.} = 184$ кг; $Mn_{стр\text{-}п.} = 122$ кг; $Mn_{абр.} = 122$ кг.

6.4. Раунд 2. Витрати часу.

Хід 1 – фрезерний: $T_o = \frac{100 + 3 + 5}{80} = 1{,}35$ хв.

Хід 2 – стрічко-пильний: $T_o = \frac{100+3+5}{50} = 2{,}16$ хв.

Хід 3 – абразивний: $T_o = \frac{100+2+2}{70} = 1{,}49$ хв.

Звідси: $T_{шт} = T_o \cdot \kappa$, хв.

Хід 1 – фрезерний: $T_{шт} = 1{,}35 \cdot 1{,}3 = 1{,}76$ хв.

Хід 2 – стрічко-пильний: $T_{шт} = 2{,}16 \cdot 1{,}2 = 2{,}6$ хв.

Хід 3 – абразивний: $T_{шт} = 1{,}49 \cdot 1{,}2 = 1{,}79$ хв.

Разом на партію n = 1000 шт.:
– 1760 хв – 2600 хв – 1790 хв.

6.5. Раунд 3. Цехова собівартість $C_m = A \cdot T_{шт}$, грн.

Хід 1 – фрезерний: $C_m = 1{,}72 \cdot 1{,}76 = 3{,}0$ грн.

Хід 2 – стрічко-пильний: $C_m = 1{,}8 \cdot 2{,}6 = 4{,}68$ грн.

Хід 3 – абразивний: $C_m = 2{,}2 \cdot 1{,}79 = 3{,}94$ грн.

Разом на партію n = 1000 шт.:
– 3000 грн – 4680 грн – 3940 грн.

6.6. Раунд 4. Витрати: $B = C_m + M_p \cdot C_1 - M_n \cdot C_2$; грн.

Хід 1 – фрезерний: $B = 3000 + 183 \cdot 45 - 183 \cdot 45 = 9039$ грн.

Хід 2 – стрічко-пильний: $B = 4680 + 122 \cdot 45 - 122 \cdot 45 = 8706$ грн.

Хід 3 – абразивний: $B = 3940 + 122 \cdot 45 - 122 \cdot 45 = 8620$ грн.

Ставка на фрезерний верстат не виграла!
Сума балів 70.
Дякуємо за гру!
Інформація до гри [5, 7, 13]

2.4. Гаряче штампування

Заготовку – порізку з прокату – ми вже вибирали, але навіть найкращий варіант такої заготовки – це великі втрати металу в стружку та великий обсяг роботи з її видалення. Чи є вихід?

Так, є: зробити заготовку гарячим штампуванням різними способами її отримання (табл. 2.4).

У табл. 2.4, як приклад, наведено 6 способів гарячої обробки, які реалізуються в серійному виробництві. Є широкий діапазон за масою, точністю та величиною припусків.

У колонці 7 є $K_{в.м}$ – коефіцієнт використання металу, тобто маса в самому виробі відносно до маси заготовки: чим він більше, тим менше відходів (стружки), і тим менше вартість деталі.

У графі 8 наведено відносну вартість методу до штампування на молоті (ШМ) – рядок 2, і вона також різна.

Якщо тобі потрібно вибрати гаряче штампування із Ст. 45 масою ≈3 кг, n = 1000 шт. точністю 15 квалітету, то за п. 2 – п. 5 всі способи хороші. А який вибрати?

Обмежимося способами 1 – 4, бо №5 – для масового виробництва (а у нас – серійне), а №6 – більш коштовний за способи 2, 3 і 4.

А перший теж більш коштовний? Так, він найпростіший, тому для першої оцінки ми його залишимо. Отже, є способи 1, 2, 3, 4, а нам потрібно вибрати один! Який?

Таблиця 2.4 – Характеристика різних способів кування та штампування

№	Спосіб отримання	Тип виробництва	Маса, кг	Точність, квалітет	Припуск на сторону, мм	$K_{в.м}$	Відносна собівартість, %
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	Вільне кування (ВК)	Одиничне, Серійне	0,1 – 250000	16 – 17	Впоперек 20 – 40. Вздовж 8 – 70	0,63 – 0,71	130 – 220
2	Штампування на молоті (ШМ)	Сер.	0,1 – 2000	15 – 17	0,75 – 4,25	0,74 – 0,87	100
3	Штампування на пресі (ШП)	Сер. Мас.	0,1 – 1000	13 – 17	0,5 – 3	0,9	86 – 100
4	Штампування на ГКМ (ШГКМ)	Сер. Мас.	0,5 – 100	13 – 17	0,5 – 3,35	0,87 – 0,95	70 – 75
5	Штампування з калібруванням	Мас.	0,3 – 120	11– 15	0,4	0,95	77 – 93
6	Штампування видавлюванням	Сер.	0,2 – 80	13 – 17	0,5 – 4	0,9	110 – 115

Розділимо гру на 2 частини: 1 – порівняємо всі методи за масою заготовок та втрат металу при їх виготовленні; 2 – зробимо ставку в грошах на один з методів і перевіримо, чи буде вона виграшною!

Кожна частина гри складається з кількох раундів, а раунд – з кількох ходів.

За кожен хід нараховуємо 5 балів, наприкінці гри порівняємо суму твоїх балів із моїми. Якщо виграв, то бали на 20 % зростуть, а якщо програв?

Тож спробуємо?

Успіху у грі!

1. Мета гри: навчитись вибирати вигідний варіант заготовки – гарячого штампування – в серійному виробництві.

2. Тактика гри – раціональна, за дешевизною не женемося!

3. Обмеження у грі.

3.1. Наші дії орієнтовані на умови середньо серійного виробництва.

3.2. Показники $K_{в.м}$ із табл. 2.4 і табл. 2.5 взяти за середнім значенням.

3.3. Розмір припуску на сторону для методу №1 = 8 мм, а для методів №2 – №4 – за їх максимальними значеннями.

3.4. Вартість Ст. 45 та відходів-стружки зі Ст. 45 отримано з Інтернету на 20.04.2024 р. і далі можуть змінюватись.

4. Умови гри.

4.1. Об'єкт заготовка-штампування із Ст. 45 ДСТУ.

Точність заготовки $D_з$; $H15$; $d_з$; $h15$; $B_з$; $\pm\frac{H15}{2}$.

Готовий виріб – розмірами $D150h10\times d60H7\times B25h10$, масою $M_д = 2{,}9$ кг.

4.2. Партія деталей n = 1000 штук.

Обладнання: ковальський молот, прес, ГКМ, нагрівальна піч.

Оснащення: штампи та форми в асортименті.

4.3. Режими роботи – наведено у картах технологічного процесу.

5. Основні формули.

5.1. Розміри заготовок, мм:

$D_з = D + 2z$, мм;

$d_з = d - 2z$, мм;

$B_з = B + 2z$, мм.

5.2. Маса заготовки (г):

$$M_з = \left(\frac{3{,}14 \cdot D_з^2}{4 \cdot 10^3} - \frac{3{,}14 \cdot d_з^2}{4 \cdot 10^3} \right) \cdot C \cdot B_з, \text{ г},$$

де: C – щільність матеріалу, г/см^3.

5.3. Втрати у стружку під час механічної обробки партії n – $M_п$, кг

$$M_п = (M_з - M_д) \cdot n, \text{ кг}.$$

5.4. Коефіцієнт використання металу $K_{вм}$ під час виготовлення заготовки:

– ШМ = 0,66 (табл. 2.5, графа 8);

– ШП = 0,7 (табл. 2.5, графа 9);

– ВК = 0,67 (табл. 2.4, графа 7);

– ШГКМ = 0,9 (табл. 2.4, графа 7).

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт використання металу $K_{вм}$ під час виробництва сталевих заготовок на штампувальних молотах та пресах у серійному виробництві*

№	Типи деталей	Середня маса, кг	Маса поковки, кг		Витрати метала на виготовлення поковок, кг		$K_{вм}$ під час виготовлення поковок		$K_{вм}$ під час обробки різанням		Загальний $K_{вм}$	
			Молот	Прес	Молот	Прес	Молот	Прес	Молот	Прес	Молот	Прес
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
1	Шестерні	2,7	4,1	3,85	5	4,5	0,66	0,7	0,8	0,86	0,54	0,6
2	Фланці	1,85	3	3	3,2	3,2	0,62	0,62	0,9	0,9	0,58	0,58
3	Кулачки	10,5	16,3	15,7	21,3	18,1	0,49	0,58	0,64	0,67	0,49	0,58

* Це чужий досвід та цифри його – для порівняння.

5.5. Коефіцієнт використання металу $K_{вм}$ під час обробки різанням:

$$K_{вм} = \frac{M_д}{M_з}.$$

5.6. Витрата металу на заготовку, кг:

$$M_р = \frac{M_з}{K_{вм}},$$

де: $K_{вм}$ – коефіцієнт (п. 5.4).

Витрата металу на партію n, кг:

$$M_n = M_p \cdot n, \text{ кг.}$$

5.7. Витрати грошей на виготовлення партії заготовок n, грн:

$$B = M_n \cdot C_{Cm.45} - M_n \cdot C'_{Cm.45}, \text{ грн,}$$

де: $C_{Cm.45}$ – вартість 1 т Ст. 45 у прутку, дорівнює 45000 грн/т,

$C'_{Cm.45}$ – вартість 1 т стружки Ст. 45, дорівнює 12000 грн/т.

6. Порядок гри:

6.1. Об'єкт (див. п. 4.1).

6.2. n = 1000 штук (див. п. 4.2).

Частина І.

6.3. Раунд 1. Визначаємо розміри заготовок методами 1 – 4 (табл. 2.4).

Хід 1. Заготовка ВК		5 балів
Хід 2. Заготовка ШМ		5 балів
Хід 3. Заготовка ШП		5 балів
Хід 4. Заготовка ШГКМ		5 балів

6.4. Раунд 2. Визначаємо масу заготовок методами 1 – 4 (табл. 2.4).

Хід 1. Заготовка ВК		5 балів
Хід 2. Заготовка ШМ		5 балів
Хід 3. Заготовка ШП		5 балів
Хід 4. Заготовка ШГКМ		5 балів

6.5. Раунд 3. Визначаємо втрату в стружку заготовок методами 1 – 4 (табл. 2.4.).

Хід 1. Заготовка ВК		5 балів
Хід 2. Заготовка ШМ		5 балів
Хід 3. Заготовка ШП		5 балів
Хід 4. Заготовка ШГКМ		5 балів

6.6. Раунд 4. Коефіцієнт $K_{в.м}$ під час виготовлення заготовок.

Хід 1. Заготовка ВК		5 балів
Хід 2. Заготовка ШМ		5 балів
Хід 3. Заготовка ШП		5 балів
Хід 4. Заготовка ШГКМ		5 балів

6.7. Раунд 5. Коефіцієнт $K_{в.м}$ під час обробки різанням.

Хід 1. Заготовка ВК		5 балів
Хід 2. Заготовка ШМ		5 балів
Хід 3. Заготовка ШП		5 балів
Хід 4. Заготовка ШГКМ		5 балів

6.8. Робимо ставку на гроші за підсумками аналізу, попередньо метод ВК відставивши як явно не конкурентний.

Ставка – ?

Частина ІІ.

6.9. Визначаємо обсяг металу на партію n заготовок за методами 2 – 4.

Хід 1. Обсяг ШМ		5 балів
Хід 2. Обсяг ШП		5 балів
Хід 3. Обсяг ШГКМ		5 балів

6.10. Раунд 7 – 8. Витрати грошей на партію заготовок n методами 2 – 4.

Хід 1. Витрати ШМ		2 ходу×5 балів =10 балів
Хід 2. Витрати ШП		2 ходу ×5 балів =10 балів
Хід 3. Витрати ШГКМ		2 ходу ×5 балів =10 балів

6.11. Порівняємо ставку і отриманий розрахунком результат. Що менше?

6.12 Відкриваємо конверт та порівняємо результати. Чи є виграш?

Сума балів Σ = 150.

Дякуємо за гру!

КОНВЕРТ

6.1. Об'єкт – шестерня $D \times d \times H$ = Ø150h10 × Ø60H7 × 25h10 масою $M_д$ = 2,9 кг із Ст.45 ДСТУ. Мета гри – заготовка шестірні.

6.2. Умови роботи, обладнання, режими, партія деталей.

Партія деталей n = 1000 штук. Устаткування: ковальський молот, прес, ГКМ, Піч нагріву. Оснащення: штампи та форми в асортименті.	= 5 балів

Частина І.

6.3. Раунд 1.

Розміри заготовок, одержаних методами 1 – 4 (графа 6):

$D_з = D + 2z$, мм;

$D_з = d - 2z$, мм;

$B_з = B + 2z$, мм.

Хід 1. Поковка – ВК:

$D_з = 150 + 2 \cdot 8 = 166$ мм;

$d_з = 60 - 2 \cdot 8 = 44$ мм;

$B_з = 25 + 2 \cdot 8 = 41$ мм. 5 балів

Хід 2. Заготовка ШМ:

$D_з = 150 + 2 \cdot 4{,}25 = 158{,}5$ мм;

$d_з = 60 - 2 \cdot 4{,}25 = 51{,}5$ мм;

$B_з = 25 + 2 \cdot 4{,}25 = 33{,}5$ мм. 5 балів

Хід 3. Заготовка ШП:

$D_з = 150 + 2 \cdot 3 = 156$ мм;

$d_з = 60 - 2 \cdot 3 = 54$ мм;

$B_з = 25 + 2 \cdot 3 = 31$ мм. 5 балів

Хід 4. Заготовка ШГКМ:

$D_з = 150 + 2 \cdot 3{,}25 = 156{,}5$ мм;

$d_з = 60 - 2 \cdot 3{,}25 = 53{,}5$ мм;

$B_з = 25 + 2 \cdot 3{,}25 = 31{,}5$ мм. 5 балів

6.4. Раунд 2. Маса заготовок за методами 1 – 4:

$$M_з = \left(\frac{3{,}14 \cdot D_з^2}{4 \cdot 10^3} - \frac{3{,}14 \cdot d_з^2}{4 \cdot 10^3} \right) \cdot C \cdot B_з .$$

Хід 1. ВК – $M_з = \left(\frac{3{,}14 \cdot 16{,}6^2}{4 \cdot 10^3} - \frac{3{,}14 \cdot 4{,}42^2}{4 \cdot 10^3} \right) \cdot 7{,}8 \cdot 4{,}1 = 6{,}43$ кг.

5 балів

Хід 2. ШМ – $M_з = \left(\frac{3{,}14 \cdot 15{,}85^2}{4 \cdot 10^3} - \frac{3{,}14 \cdot 5{,}15^2}{4 \cdot 10^3} \right) \cdot 7{,}8 \cdot 3{,}35 = 4{,}59$ кг.

5 балів

Хід 3. ШП – $M_з = \left(\frac{3{,}14 \cdot 15{,}6^2}{4 \cdot 10^3} - \frac{3{,}14 \cdot 5{,}4^2}{4 \cdot 10^3} \right) \cdot 7{,}8 \cdot 3{,}1 = 4{,}06$ кг.

5 балів

Хід 4. ШГКМ – $M_з = \left(\frac{3{,}14 \cdot 15{,}65^2}{4 \cdot 10^3} - \frac{3{,}14 \cdot 5{,}35^2}{4 \cdot 10^3} \right) \cdot 7{,}8 \cdot 3{,}15 = 4{,}18$ кг.

5 балів

6.5. Раунд 3. Втрати в стружку $M_п$ методами 1 – 4:

$$M_п = (M_з - M_д) \cdot n, \text{ кг.}$$

Хід 1. $M_{п_{ВК}}$ = (6,43 – 2,9)·1000 = 3530 кг = 3,53 т. 5 балів

Хід 2. $M_{п_{ШМ}}$ = (4,59 – 2,9)·1000 = 1690 кг = 1,69 т. 5 балів

Хід 3. $M_{п_{ШП}}$ = (4,06 – 2,9)·1000 = 1160 кг = 1,16 т. 5 балів

Хід 4. $M_{п_{ШГКМ}}$ = (4,18 – 2,9)·1000 = 1280 кг = 1,28 т. 5 балів

6.6. Раунд 4. $K_{вм}$ під час виготовлення поковки (штампування).

Хід 1. $K_{вм_{ВК}} = \frac{M_{з_{СВ}}}{M_{отр}} = 0{,}67$ (табл. 2.4). 5 балів

Хід 2. $K_{вм_{ШМ}} = \frac{M_{з_{ШМ}}}{M_{отр}} = 0{,}66$ (табл. 2.5). 5 балів

Хід 3. $K_{вм_{ШП}} = \frac{M_{з_{ШП}}}{M_{отр}} = 0{,}7$ (табл. 2.5). 5 балів

Хід 4. $K_{вм_{ШГКМ}} = \frac{M_{з_{ШГКМ}}}{M_{отр}} = 0{,}9$ (табл. 2.5). 5 балів

6.7. Раунд 5. $K_{вм}$ під час обробки різанням заготовки:

$$K_{вм} = \frac{M_д}{M_з}.$$

Хід 1. $K_{вм_{СВ}} = \frac{2{,}9}{6{,}43} = 0{,}45.$ 5 балів

Хід 2. $K_{вм_{ШМ}} = \frac{2{,}9}{4{,}59} = 0{,}63.$ 5 балів

Хід 3. $K_{вм_{ШП}} = \frac{2{,}9}{4{,}06} = 0{,}71.$ 5 балів

Хід 4. $K_{вм_{ШГКМ}} = \frac{2{,}9}{4{,}18} = 0{,}69.$ 5 балів

Частина ІІ.

За підсумками раундів 3÷5 ви повинні зробити ставку на гроші.

Який метод має мінімум витрат? ВК відразу відпадає – він найгірший за цифрами:

- за витратами в стружку – це ШП,
- за $K_{вм}$ під час отримання заготовки – це ШГКМ,
- за $K_{вм}$ під час зняття стружки – ШП.

На що робимо ставку? | ШП |

Із трьох показників – два на його користь! Згодні?

Ставку зроблено – це заготовка на штампувальному пресі!

6.8. Раунд 6. Визначимо витрати металу на заготовку:

$$M_p = \frac{M_з}{K_{вм}}.$$

Хід 1. $M_{p_{ШМ}} = \frac{4{,}59}{0{,}63} = 7{,}29$ кг. 5 балів

Хід 2. $M_{p_{ШП}} = \frac{4{,}06}{0{,}7} = 5{,}8$ кг. 5 балів

Хід 3. $M_{p_{ШГКМ}} = \frac{4{,}18}{0{,}9} = 6{,}06$ кг. 5 балів

6.9. Раунд 7. Визначимо загальну витрату матеріалу на партію *n*:

$$M_n = M_p \cdot n.$$

Хід 1. $M_{n_{ШМ}}$ = 7,29 кг ·1000 = 7,29 т. 5 балів

Хід 2. $M_{n_{ШП}}$ = 5,8 кг · 1000 = 5,8 т. 5 балів

Хід 3. $M_{n_{ШГКМ}}$ = 6,06 · 1000 = 6,06 т. 5 балів

6.10. Раунд 8. Витрати грошей на виготовлення партії заготовок *n*:

$$B = M_n \cdot C_{Ст.45} - M_n \cdot C'_{Ст.45} \text{ грн},$$

де: $C_{Ст.45}$ – вартість 1 т прокату Ст. 45;

$C'_{Ст.45}$ – вартість 1 т стружки Ст. 45.

Хід 1. $B_{ШМ}$ = 7,29·45000 – 1,69·12000 = 307770 грн. 5 балів

Хід 2. $B_{ШП}$ = 5,8·45000 – 1,16·12000 = 247080 грн. 5 балів

Хід 3. $B_{ШГКМ}$ = 6,06·45000 – 1,28·12000 = 257340 грн. 5 балів

Ставка на штампування на пресах програла із солідним результатом:

$$307770 - 247080 = 60690 \text{ грн.}$$

Σ балів 145.

Дякую за гру.

Інформація до гри [5, 7, 12, 13].

2.5. Виливки

Лиття – це один із найдавніших та універсальних способів отримання заготовок або виробів шляхом розплавлення матеріалу, а потім заповнення рідким матеріалом ливарної форми та охолодження форми з матеріалом.

У табл. 2.6 наведено шість способів лиття, що найчастіше застосовують у виробництві. У колонках 3, 4, 5 наведено загальні відомості щодо матеріалів і мас заготовок у різних типах виробництва.

У серійному машинобудуванні найчастіше заготовки отримують литтям у постійні форми: у кокіль, відцентрове та під тиском (графи 2, 3, 4). У цій грі і будемо розглядати їх як цікавий для нас спосіб отримання заготовки.

Сьогодні не на кожному заводі є ливарний цех чи ділянка, тому часто заготовки роблять на замовлення на спеціалізованих підприємствах, навіть у іншій країні. Як же не помилитися на початковому етапі вибору заготовки? Ми повинні забезпечити матеріал деталі (чавун, сталь, кольоровий сплав, наприклад, алюміній *Al*), її масу і при цьому забезпечити мінімальні витрати. Адже вартість заготовки сягає 40 … 50 % вартості готової деталі!

Що для тебе є головним?

Технічні параметри (товщина стінок та точність поверхонь виливки), чи втрати металу у відходи під час подальшої обробки заготовки, чи витрати грошей? А може бути все разом?

Отже, у цій грі всі ці параметри розглянуто у комплексі. Ти ж не купиш нормальний за точністю виріб, якщо він буде дорожчим за попередника, не внісши при цьому в його конструкцію додаткових змін?!

За кожний хід у грі нараховуємо 5 балів, на при кінці порівнюємо суму твоїх балів з моїми. Якщо виграв, то сума зросте на 20 %.

Гра йде за гроші!

Спробуємо?

Успіхів!

Таблиця 2.6 – Характеристика різних способів лиття

№	Спосіб отримання	Тип виробництва	Матеріал	Маса, кг	Товщина стінки, мм	Точність, квалітет		Коефіцієнт використання матеріалу, $K_{вм}$		Технологічна собівартість, $C_т$, грн/час*
						діапазон	ср.	діапазон	ср.	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	У піщану форму "П"	Одиничне Серійне	СЧ Сталь *Al*	0 ÷ 1000	> 3	14 ÷ 17	15	0,5 ÷ 0,7	0,6	–
2	У кокіль "К"	Сер.	СЧ Сталь *Al*	0,1 ÷ 50	> 3	12 ÷ 15	14	0,7 ÷ 0,735	0,72	110
3	Відцентров. "Ц"	Сер. Мас.	СЧ Сталь *Al*	0,1 ÷ 3000	> 4	13 ÷ 15	14	0,7 ÷ 0,8	0,75	235
4	В оболонку	Сер. Мас.	*Al*	0,1 ÷ 80	2 ÷ 4	12 ÷ 15	13	0,85 ÷ 0,9	0,87	–
5	Модель, що виплавляється	Сер. Мас.	Сталь *Al*	0,01 ÷ 135	> 0,7	11 ÷ 14	12	0,85 ÷ 0,95	0,9	–
6	Під тиском "Д"	Сер. Мас.	СЧ Сталь *Al*	0,01 ÷ 13	0,5 ÷ 6	9 ÷ 13	11	0,95 ÷ 0,98	0,96	210

* Тільки для навчальних цілей.

1. Мета гри: навчитися вибирати вигідний варіант заготовки-виливки в серійному виробництві.

2. Тактика гри – раціональна, за дешевизною не женемося!

3. Обмеження у грі.

3.1. Наші дії обмежено середньосерійним виробництвом.

3.2. Показники $K_{вм}$ взято із табл. 2.6 за середнім значенням.

3.3 Величину припуску Z вибрано за спрощеним підходом: $Z = (2 \div 4)$ ITd заготовки.

3.4. Вартість сірого чавуну та відходів – стружки з нього – отримано з Інтернету на 05.08.2024 р. і далі можуть бути змінено.

4. Умови гри.

4.1. Об'єкт: гільза Ø60*h*8 × Ø45*H*8 × 150*h*14 із сірого чавуну СЧ15 ДСТУ масою $M_д = 1{,}46$ кг.

Точність заготовки під час лиття в кокіль та відцентровим способом – 14 квалітет, під тиском – 11 квалітет (графа 8 у табл. 2.6).

4.2. Партія деталей n = 1000 штук.

Обладнання: ливарні машини кокільного лиття, відцентрового лиття та лиття під тиском.

Оснащення: ливарні форми встановлені у машинах.

4.3. Режими лиття: обумовлено картами технологічного процесу.

5. Основні формули.

5.1. Величина припуску Z: $Z = (2 \div 4)$ ITd заготовки, мм.

5.2. Розміри заготовки, мм:

$D_з = D_{дет} + Z$, мм;

$d_з = d_{дет} - Z$, мм;

$L_з = L_{дет} + Z$, мм.

5.3. Маса заготовки, кг:

$$M_з = \frac{\pi \cdot \left(D_з^2 - d_з^2\right)}{4 \cdot 10^6} \cdot L_з \cdot C,$$

де: C – щільність чавуну (C = 7,8 кг/дм^3).

5.4. Втрати металу $M_п$ в стружку під час механічної обробки партії n деталей, кг:

$$M_п = \left(M_з - M_д\right) \cdot n, \text{ кг},$$

де: $M_з$ і $M_д$ – маса заготовки та деталі, кг.

5.5. Коефіцієнт використання металу $K_{вм}$ під час різання:

$$K_{вм} = \frac{M_д}{M_з}.$$

5.6. Коефіцієнт використання металу $K_{вм}$:

- лиття в кокіль – 0,72;
- лиття відцентрове – 0,75;
- лиття під тиском – 0,96.

5.7. Витрата металу $M_{рп}$ на партію заготовок n, кг:

$$M_{рп} = M_р \cdot n, \text{ кг}.$$

5.8. Витрати грошей (B) на виготовлення партії заготовок n, грн:

$$B = M_{pn} \cdot C_{СЧ15} - M_n \cdot C'_{СЧ15},$$

де: $C_{СЧ15}$ – вартість 1 кг сірого чавуну, грн (дорівнює 250 грн/кг);

$C'_{СЧ15}$ – вартість 1 кг стружки сірого чавуну СЧ15 (дорівнює 4,5 грн/кг).

6. Порядок гри:

6.1. Об'єкт (див. п. 4.1).

6.2. n = 1000 штук (див. п. 4.2).

Частина I.

6.3. Раунд 1. Визначаємо розміри заготовки за методами лиття:

2 – "К"; 3 – "Ц" і 6 – "Д".

Хід 1. Заготовка "К" ☐ 5 балів

Хід 2. Заготовка "Ц" ☐ 5 балів

Хід 3. Заготовка "Д" ☐ 5 балів

6.4. Раунд 2. Визначаємо масу заготовок "К", "Ц", "Д".

Хід 1. Заготовка "К" ☐ 5 балів

Хід 2. Заготовка "Ц" ☐ 5 балів

Хід 3. Заготовка "Д" ☐ 5 балів

6.5. Раунд 3. Визначаємо масу заготовок "К", "Ц", "Д" на партію.

Хід 1. Заготовка "К" ☐ 5 балів

Хід 2. Заготовка "Ц" ☐ 5 балів

Хід 3. Заготовка "Д" ☐ 5 балів

6.6. Раунд 4. Визначаємо $K_{вм}$ під час обробки різанням.

Хід 1. Заготовка "К" ☐ 5 балів

Хід 2. Заготовка "Ц" ☐ 5 балів

Хід 3. Заготовка "Д" ☐ 5 балів

Робимо ставку на гроші за підсумками аналізу результатів за раундами 4 та 5.

Ставка – ☐ Метод "Д"

Частина II.

6.6. Раунд 5. Визначаємо витрати чавуну на партію деталей n.

Хід 1. Заготовка "К" ☐ 5 балів

Хід 2. Заготовка "Ц" ☐ 5 балів

Хід 3. Заготовка "Д" ☐ 5 балів

6.7. Раунд 6. Визначаємо витрати грошей на партію *n* заготовок "К", "Ц" і "Д".

Хід 1. Заготовка "К" ☐ 5 балів

Хід 2. Заготовка "Ц" ☐ 5 балів

Хід 3. Заготовка "Д" ☐ 5 балів

6.8. Розглянемо ставку і найменший за витрати грошей результат. Що виграло?

6.90. Відкриваємо конверт та порівнюємо результати.

Сума балів Σ = 90

Дякуємо за гру!

КОНВЕРТ

6.1. Об'єкт: гільза Ø60*h*8 × Ø45*H*8 × 150*h*14 із сірого чавуну СЧ15 ДСТУ масою $M_д$ = 1,46 кг.

6.2. Партія деталей *n* = 1000 штук.

Обладнання та оснащення – див. п. 4.2.

Режими лиття – див. технологічну документацію.

Частина І.

6.3. Раунд 1. Розміри заготовки:

Хід 1, 2. Заготовка "К" та "Ц":

$D_з =$ 60 + Z_1 = 60 + 4·IT*d*14 (розмір деталі 60), мм;

$D_з = 60 + 4 \cdot 0{,}74 \cong 63h14$ мм; 5 балів

$d_з = d_{дет} - Z_2 = 45 - 4 \cdot ITd14$ (розмір деталі 45), мм;

$d_з = 45 - 4 \cdot 0{,}62 \cong 42{,}5H14$ мм; 5 балів

$L_з = L_д + Z_з = 150 + ITd14$ (розмір деталі 150), мм;

$L_з = 150 + 4 \cdot 1 = 154h14$ мм. 5 балів

Хід 3. Заготовка "Д":

$D_з = 60 + Z_1 = 60 + 4 \cdot ITd11$ (розмір деталі 60), мм;

$D_з = 60 + 4 \cdot 0{,}2 \cong 60{,}8h11$ мм; 5 балів

$d_з = d_{дет} – Z_2 = 45 – 4 \cdot ITd11$ (розмір деталі 45).

$d_з = 45 – 4 \cdot 0{,}17 \cong 44{,}3H11$ мм; 5 балів

$L_з = 150 + 4 \cdot 0{,}26 = 151h11$ мм. 5 балів

6.4. Раунд 2. Маса заготовки.

Хід 1, 2. $M_з = \dfrac{3{,}14 \cdot \left(63^2 – 42{,}5^2\right)}{4 \cdot 10^6} \cdot 154 \cdot 7{,}8 = 2{,}04$ кг. 2ходи×5 балів=10 балів

Хід 3. $M_з = \dfrac{3{,}14 \cdot \left(60{,}8^2 – 44{,}3^2\right)}{4 \cdot 10^6} \cdot 151 \cdot 7{,}8 = 1{,}6$ кг. 5 балів

6.5. Раунд 3. Визначаємо масу заготовок на партію *n*.

Хід 1, 2. $M_{з_n} = 2{,}04 \cdot 1000 = 2040$ кг. 2 ходи×5 балів=10 балів

Хід 3. $M_{з_n} = 1{,}6 \cdot 1000 = 1600$ кг. 5 балів

6.6. Раунд 4. $K_{вм}$.

Хід 1, 2. $K_{вм} = \dfrac{1{,}46}{2{,}06} = 0{,}71$. 2 ходи×5 балів=10 балів

Хід 3. $K_{вм} = \dfrac{1{,}46}{1{,}6} = 0{,}91$. 5 балів

За коефіцієнтом використання матеріалу висновок може бути один: лиття під тиском – найкращий варіант!

Робимо ставку на гроші за підсумками аналізу результатів за раундами 4 та 5.

Ставка – | Лиття під тиском! |

Частина ІІ.

6.7. Раунд 5. Визначаємо витрату металу на партію деталей *n*.

Хід 1. $M_{П_n} = 2{,}04 \cdot 1000 = 2040$ кг. 5 балів

Хід 2. $M_{П_n} = 2{,}04 \cdot 1000 = 2040$ кг. 5 балів

Хід 3. $M_{П_n} = 1{,}60 \cdot 1000 = 1600$ кг. 5 балів

6.8. Раунд 6. Визначаємо витрати грошей на партію деталей *n*.

Хід 1. $B = 2040 \cdot 250 – (2{,}04 – 1{,}46) \cdot 1000 \cdot 4{,}5 =$

$= 510000 – 2610 \cong 507400$ грн. 5 балів

Хід 2. $B = 2040 \cdot 250 – (2{,}04 – 1{,}46) \cdot 1000 \cdot 4{,}5 =$

$= 510000 – 2610 \cong 507400$ грн. 5 балів

Хід 3. $B = 1600 \cdot 250 – (1{,}6 – 1{,}46) \cdot 1000 \cdot 4{,}5 =$

$= 400000 – 630 \cong 399400$ грн. 5 балів

або: $B = 507400$ грн. 5 балів

$B = 507400$ грн. 5 балів

$B = 399400$ грн. 5 балів

Ставка на лиття під тиском виграла, хоча, за даними табл. 2.6 (графа 11) – її собівартість висока.

Сума балів $\Sigma = 90$.

Дякуємо за гру!

Інформація до гри [5, 7, 11, 12, 13].

2.6. Технологічність

Розглянемо креслення деталі "шестерня" (рис. 2.5). Шестерня служить для передачі обертального руху і крутного моменту між валами. Залежно від призначення, шестерні центруються на валу по одній із поверхонь шліцьового з'єднання (за внутрішнім або зовнішнім діаметром, або з бокових поверхонь зубів). Вага цієї шестерні 0,63 кг. Готовий виріб коштує на ринку приблизно 20$/кг × 0.63 кг = 12.6 $ (курс 31.05.24 г – 40,5 ≈ 510 грн).

1. Мета гри: навчитися виконувати аналіз креслення деталі – завдання для розробки технологічного процесу (ТП) її виготовлення у серійному виробництві (ТП) та дати висновок щодо потенційних складнощів (ризиків) у ході розробки ТП.

Конструкція деталі буде визнана технологічною, якщо вона забезпечує просте та економічне виготовлення об'єкта.

За суттю, перед технологом на столі лежить "чорний ящик", на одній стороні якого зображено креслення деталі-завдання та записано додаткові дані:

1. Місце виготовлення: місто, завод, цех, ділянка, лінія, група верстатів.

2. Програма виготовлення: річна, місячна, розмір партії, кількість партій.

3. Термін виготовлення в годинах або хвилинах.

4. Очікувана вартість цієї деталі чи її аналога на ринку.

5. Поточна інформація щодо виготовлення аналогів цієї деталі на самому підприємстві або суміжниках (якщо є!).

Що у "чорному ящику"?

За кожний хід у грі нараховуємо 5 балів, на при кінці порівнюємо суму твоїх балів і моїх. Якщо виграв, то сума зросте на 20 %.

2. Умови початку гри.

2.1. Об'єкт – креслення деталі (рис. 2.5):

Шифр	+	Найменування	перед тобою на столі.

2.2. Місце: завод "XXX", цех "YYY", ділянка "ZZZ" – задані.

2.3. Програма випуску:

- річна – 1000 шт./рік;
- місячна – 85 шт./міс.;
- партія *n* – 85 шт.

2.4. Терміни виготовлення завдання – 3 роки.

2.5. Аналог на ринку 20$/кг.

2.6. Завод "XXX" має в своєму розпорядженні заготівельний цех, де зі стандартного прокату нарізають штучні заготовки, виготовляють деталі штампуванням на молотах і пресах масою до 100 кг.

2.7. Що відомо про об'єкт?

На кресленні є такі дані:

- найменування;
- габаритні розміри;
- маса;
- набір поверхонь;
- вимоги за точністю та якістю всіх поверхонь;
- відхилення форми та розташування поверхонь;
- вимоги до твердості та міцності деталі;
- вимоги до зовнішнього вигляду, покриття, фарбування.

Що відомо відносно оцінки об'єктів на початковому етапі технологічного проєктування?

Є оцінки технологічності: якісні та кількісні, разові та комплексні.

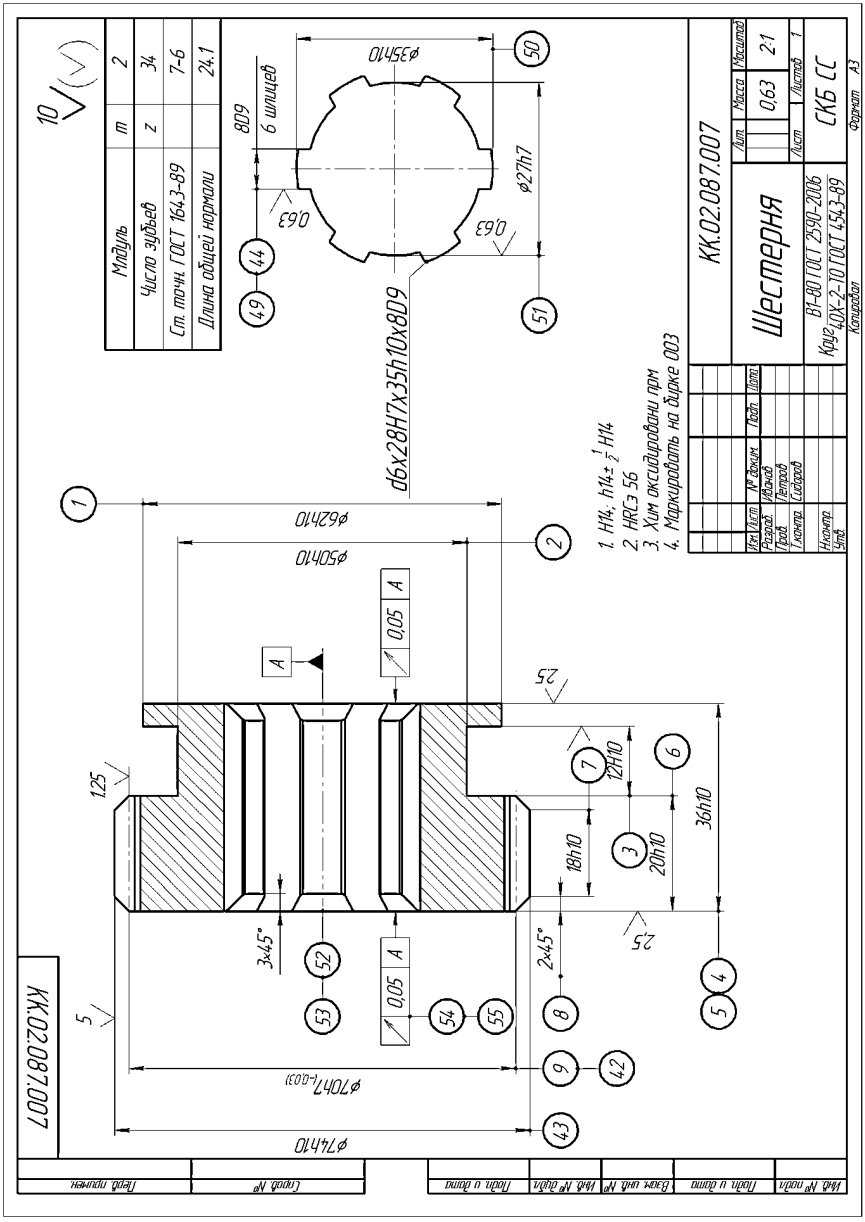


Рисунок 2.5 – Шестерня

Якісна оцінка – це коефіцієнт відносної оброблюваності чорних металів – K_v:

$$K_v = \frac{V_{різ.мат}}{V_{різ.Ст.45}},$$

де: $V_{різ.мат}$ та $V_{різ.Ст.45}$ – швидкість різання, м/хв.

Якщо матеріал об'єкта має $K_v \geq 1$, це хороший знак: проблем з оброблюваністю матеріалу буде небагато.

Кількісні оцінки з креслення можуть бути:

- щодо уніфікації розмірів – $K_{ун}$;
- за точністю – $K_{т.ч}$;
- за шорсткістю поверхні – $K_{ш}$.

Кількісна оцінка можливостей заводу "XXX" – це раціональна заготовка, яка описується коефіцієнтом – $K_{вм}$, тобто витрати металу під час виготовлення деталі.

Комплексною оцінкою технологічності оброблюваних деталей загального призначення може бути коефіцієнт $K_{\sum}$ з діапазоном 1,1÷1,65.

2.8. Розрахункові формули.

2.8.1. Коефіцієнт уніфікації :

$$K_{ун} = \frac{Q_{ун.е}}{Q_е},$$

де: $Q_{ун.е}$ – число уніфікованих елементів на кресленні;

$Q_е$ – загальна кількість конструктивних елементів на кресленні.

$K_{ун}$ може бути від 0,6 до 1,0.

2.8.2. Коефіцієнт точності:

$$K_{т.ч} = 1 - \frac{1}{IT_{ср}},$$

де: $IT_{ср} = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \ldots + 19 \cdot n_{19}}{n_1 + n_2 + \ldots + n_{19}}$ – середній квалітет креслення;

1, 2 ... 19 – номери квалітетів;

$n_1,\ n_2,\ \ldots,\ n_{19}$ – кількість розмірів креслення у кожному квалітеті.

$K_{т.ч}$ може бути від 0,85 до 1,0.

2.8.3. Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср}} = 0{,}3 \ \ldots \ 0{,}5,$$

де: $B_{ср} = \frac{0{,}5 \cdot n_1 + 0{,}8 \cdot n_2 + 1{,}0 \cdot n_3 + \ldots + 16 \cdot n_{16}}{n_1 + n_2 + \ldots + n_{16}}$, мкм;

0,5; 0,8; 1,0 … 16 – шорсткість поверхні, мкм;

n_1; n_2; ... n_{16} – число значень кожного номіналу шорсткості поверхні.

2.8.4. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{вм} = \frac{M_д}{M_з} \geq 0{,}71 \ \ldots \ 1{,}0,$$

де: $M_д$ – маса деталі, кг;

$M_з$ – маса заготовки, кг.

2.8.5. Комплексна оцінка технологічності:

$$K_{\Sigma} = C_1 \cdot K_{ун} + C_2 \cdot K_{т.ч} + C_3 \cdot K_{ш} + C_{ун} \cdot K_{і.м} = 1{,}1 \ \ldots \ 1{,}6,$$

де: C_1; C_2; C_3; C_4 – вагові коефіцієнти впливу, що дорівнюють:

$C_1 = 0{,}1$;

$C_2 = C_3 = 0{,}5$;

$C_4 = 0{,}8$.

3. Стратегія гри.

Оцінимо за величиною всіх коефіцієнтів наш об'єкт і надамо собі відповідь:

- якщо всі показники кращі за нормативні, то ризиків мало;

- якщо всі показники поза нормативами, такий об'єкт виробництву дуже ризиковий або токсичний;

- якщо частина показників виходить за межі, то ризики є та їх вже потрібно оцінювати за іншою методикою.

4. Склад гри.

Гра складається з 2-х частин, кожна частина має свою кількість ходів. За кожен перебіг нараховується 5 балів, а на при кінці визначається сума

витрачених балів. Після відкриття конверта та порівняння вашого бала з правильним, ваша сума балів може збільшитися, а може й зменшитися.

Якщо $K_{\Sigma} < 1{,}1$, то $C = 0{,}8$.

Якщо $K_{\Sigma} > 1{,}3 \div 1{,}4$, то $C = 1{,}2$.

5. Обмеження у грі.

5.1. Шестерні мають розміри:
- діаметри – 40…200 мм;
- отвори – 12…80 мм;
- довжина – 30…120 мм.

5.2. Розміри вінців:
- $m = 1{,}5…3$ мм;
- $z = 18…5$ зубів;
- $d_d = 40…170$ мм.

5.3. Канавки від 2 до 5 мм,
завглибшки 1,5…3 мм.

5.4. Фаски: 1…3 мм × 45°.

5.5. Точність основних отворів – h6…h8; точність вінців – 7…8 ступінь (умовно номер ступені дорівнює номеру квалітету).

5.6. Шпонки: $b = 6…15$ мм, завглибшки – 2…8 мм.

5.7. Матеріали: див. раніше.

5.8. Заготовки: порізки прокату, гаряче штампування на ГКМ, молотах та пресах.

5.9. Виробництво: серійне, великосерійне.

6. Ходи гри.

Частина І

Хід 1. Задаємося своїм об'єктом: "шестірня" і проставимо на ньому розміри та допуски з урахуванням того, що це шестерня приводу комбайна КК.02, який працює зі знакозмінними навантаженнями в безперервному режимі експлуатації (табл. 2.7).

Хід 2. Напишемо шифр деталі ☐ 5 балів

Хід 3. Визначимо масу деталі $M_д$ = ☐ кг 5 балів

Хід 4. Задаємося маркою сталі для нашої деталі Ст. ☐ 5 балів

Хід 5. Чи є інформація про твердість деталі ☐ 5 балів

Хід 6. Чи є відомості щодо захисту деталі від корозії ☐ 5 балів

Хід 7. Як "дізнатися" деталь на складі? 5 балів

Хід 8. Вказати габарити деталі: $D_{нб} \times L_{нб} =$ 5 балів

Хід 9. Знайти найточнішу поверхню і її номер 5 балів

Хід 10. Знайти відхилення форми та розташування 5 балів

Хід 11. Знайти конструкторську базу деталі та вказати її 5 балів

Хід 12. Провести аналіз об'єкта, на кресленні, та відзначити, або відповісти на запитання:

- який клас деталі?
- хто її автор до вас?
- деталь легка чи ні?
- деталь буде легко оброблятися?
- чи є вказівки щодо зміцнення деталі та які?
- як захищена деталь від довкілля?
- деталь жорстка?
- чи можна за кресленням цієї деталі відповісти щодо кількості етапів її обробки і скільки їх?
- яку технологічну базу слід призначити виходячи з креслення деталі?
- чи впливає якість поверхні деталі на етапи виготовлення?

10 питань × 5 балів = 50 балів

Хід 13. Знайти суму балів $\Sigma =$

Частина ІІ

Знайти показники технологічності нашої деталі за допомогою табл. 2.7.

Хід 1. Знайти $K_v = \dfrac{V_{різ.мат}}{V_{різ.Ст.45}} =$ 5 балів

Хід 2. Знайти $K_{ун} = \dfrac{Q_{ун.е}}{Q_е} =$ 5 балів

Хід 3. Знайти $K_{т.ч} = 1 - \dfrac{1}{IT_{ср}} =$ 5 балів

Хід 4. Знайти масу заготовки деталі, припускаючи метод її виготовлення порізку з прокату $M_з =$ кг 5 балів

Хід 5. Знайти $K_{вм} = \dfrac{M_д}{M_з} =$ 5 балів

Хід 6. Знайти $K_ш = \dfrac{1}{B_{ср}} =$, мкм 5 балів

Хід 7. Знайти комплексний показник технологічності:

$$K_{\Sigma} = C_1 \cdot K_y + C_2 \cdot K_{т.ч.} + C_3 \cdot K_{ш} + C_4 \cdot K_{в.м},$$

за умови, що:

$$C_1 = 0{,}1;\ C_2 = C_3 = 0{,}5;\ C_4 = 0{,}8.$$

K_{Σ} = ☐ 5 балів

Хід 8. Підсумувати отримані бали частини 2: Σ = ☐

Хід 9. Знайти суму балів 2-х частин Σ = ☐

Якщо $\sum_{б} < 140$, його результат слід зменшити на 20%.

Хід 10. Відкрити деталь, тобто робоче креслення із зазначенням її суми балів – ☐ $\sum_{обличчя}$ = ☐

КОНВЕРТ

Частина І

Хід 1. Цифри проставлено на кресленні. 5 балів

Хід 2. Шифр КК 02.087.007. 5 балів

Хід 3. Марка сталі – 40Х ДСТУ 7806:2015. 5 балів

Хід 4. $M_д = 4$ кг. 5 балів

Хід 5. Твердість: $HRC_э$ 56. 5 балів

Хід 6. Захист деталі – хімічне оксидування. 5 балів

Хід 7. "Дізнатися" на складі – код маркований на бирці. 5 балів

Хід 8. Габарити Ø74*h*10 × *L*36*h*10. 5 балів

Хід 9. Найточніша поверхня Ø28*h*. 5 балів

Хід 10. Відхилення форми - биття

↗	0,05	A

5 балів

Хід 11. Конструкторська база – вісь А–А. 5 балів

Хід 12. Клас – зубчасті коліса:

- СКБ СВ;
- менше 12 кг, тобто легке;
- $K_v = 1$ – легко оброблюється;
- деталь проста;
- є покриття оксидуванням;
- поверхня *H*7 вимагає 4-х етапів обробки;
- вісь А–А;
- R_a = 0,63 мкм – вимагає 4 етапів обробки;

- жорсткість $\frac{l_d}{d_в} < 1$, – тобто жорстка.

10 питань × 5 балів = 50 балів

Частина ІІ

– $K_v = (0{,}85)$ згідно до [12, табл. 2.1, с. 10]; 5 балів

– $K_{ун} = \frac{54}{55} = 0{,}98 > 0{,}6$; 5 балів

– $K_{т.ч} = 1 - \frac{1}{8{,}13} = 1 - 0{,}123 = 0{,}877$; 5 балів

– $IT_{ср} = \frac{7 \cdot 35 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 6 + 10 \cdot 9 + 14 \cdot 13}{55} = \frac{447}{55} = 8{,}13$; 5 балів

– $K_ш = \frac{1}{B_{ср}} = \frac{1}{2{,}6} \approx 0{,}38$; 5 балів

– $B_{ср} = \frac{10 \cdot 7 + 5 \cdot 1 + 2{,}5 \cdot 3 + 1{,}25 \cdot 34 + 0{,}63 \cdot 7}{53} = \frac{129{,}41}{53} = 2{,}44$;

– $K_{вм} = \frac{M_д}{M_з} = \frac{0{,}63}{1{,}57} \approx 0{,}4$, 5 балів

де: $M_з = \frac{\pi \cdot (Д_з + 2 \cdot z_1)^2}{4} \cdot (L_з + 2 \cdot z_2) \cdot C$;

z_1 = 3 мм [9, табл. 2.10 та 2.11];
z_2 = 2 мм [9, табл. 2.10 та 2.11];

$M_з = \frac{3{,}14 \cdot 80^2}{4 \cdot 10^6} \cdot 40 \cdot 7{,}8 \cong 1{,}57$ кг.

– K_Σ = 0,1·0,98 + 0,5·0,877 + 0,5·0,38 + 0,8·0,4 =1,046. 5 балів

2. Оцінка $K_\Sigma = 1{,}046$ близька до межі 1,1÷1,6. Тому можна зробити висновок про те, що дана деталь є технологічною. Однак в реальному виробництві необхідно переглянути варіант вибору заготовки, наприклад, взяти штампування.

3. Сума балів 140, але, як домовились, знімаємо 20 %, тобто 140 × 0,8 = 112 балів!

Таблиця 2.7

№	Розмір, мм	Квалітет точності Ступінь точності *	Шорсткість *Ra*, мкм **	Відхилення форми, мм	Інші відомості
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	62	10	10		
2	50	10	10		
3	12	10	2,5		
4	36	10	2,5		
5	36	10	10		
6	20	10	2,5		
7	20	10	10		
8	20	14	10		Фаски 34 зубця
9-42	70	7*	1,25		
43	76	10	5		
44-49	8	9	0,63		
50	35	10	10		
51	27	7	0,63		
52-53	2	14	10		Фаски
54-55	0,05	8	-	биття	

*Ст. точності ≈ номер квалітету

Модуль	*m*, мм	2
Число зубів	*Z*	34
Ступінь точності	–	7-в
Ділильний діаметр	D_d, мм	70

1. $HRC_э$ 50–54, крім місця, зазначеного особливо.
2. IT 14; ±IT 14/2.
3. Хімічна оксидація застосовна.
4. Маркувати код на бирці.

2.7. Режим різання

Режим різання (Р.Р.) багато в чому визначає досягнуті результати операції з якості виробу, часу роботи та витраченої енергії (а це гроші!).

Свердління – найпростіший метод обробки отворів у суцільному матеріалі. 70 % отворів мають відхилення Н10 – Н14, тобто їх можна одержати свердлом, щодо його особливостей "в обмеженнях у грі".

Режим різання (Р.Р.) – це свого роду модель (mini-модель) операції або технологічного процесу (ТП), що дозволяє дати інформацію щодо:

- точності обробки (через величини P_z і P_y та деформації);
- якість поверхні (через величини подач);
- витрати енергії (через величину потужності N_e);
- витрати часу (через величини S, t, n_o);
- витрати грошей (через величину часу).

Спробуємо зіграти?

1. Мета гри: навчитися визначати режим різання за формулами чи таблицями на операцію ТП серійного виробництва деталей загального призначення.

2. Тактика гри: триматися середини діапазону параметрів, щоб мати запас для маневру за наявності якихось змін.

3. Обмеження у грі:

3.1. Р.Р. отримано аналітичним шляхом, тому під час порівняння з чинним набором параметрів обладнання можливе коригування.

3.2. Р.Р. рекомендовані у серійному виробництві (середньо- та великосерійному виробництві).

3.3. Р.Р. призначається для деталей нормального набору параметрів якості і не може враховувати спеціальні вимоги якості.

3.4. Свердло – відносно неміцний інструмент, тому що його серцевина – це $0{,}6 \cdot D_{св.}$, тому його легко зламати!

4. Умови гри:

4.1. Об'єкт – деталь (рис. 2.5) з річним завданням і розміром партії.

4.2. Р.Р. призначається на операцію зі зняттям стружки, вибір якої в даній грі не обговорюється, тому вся інформація про обладнання, пристрої, інструменти, склад переходів, установ та переустанови приймається як завдання.

4.3. У поняття набору Р.Р. входять:

t – глибина різання, (мм);

i – число переходів, шт;

S – подача на оборот (мм/об.), хвилинна (мм/хв), на зуб (мм/зуб);

V – швидкість різання (м/с чи м/хв);

V_∂ – швидкість переміщення деталі (мм/хв або м/хв);

n – частота обертання (об./хв);

T – період стійкості інструмента (хв);

P_z – сила різання (Н);

M – момент різання (Н/м);

N_e – потужність різання (кВт);

η_e – коефіцієнт використання потужності;

T_o – основний (машинний) час (хв).

4.4. Гра складається з 10 кроків:

1 – знаходять число переходів i;

2 – знаходять t;

3 – знаходять S;

4 – визначають V;

5 – знаходять n;

6 – визначають P_z;

7 – визначають M;

8 – визначають N_e;

9 – визначають T_o;

10 – порівнюють розрахунковий варіант із табличним.

На рис. 2.6 наведено всі позначення режиму.

4.5. Залежно від точності отвору (а це величина допуску), його можна отримати свердлом (Н12), свердлом плюс зенкером (Н11), свердлом плюс зенкером № 1, плюс зенкер № 2 (Н10–Н9), свердлом плюс зенкер № 1–2, плюс розгортка № 1 (Н8–Н7) і, нарешті, свердлом плюс зенкер № 1–2, плюс розгортка № 1 плюс розгортка № 2 (Н7–Н6).

Таким чином, даний отвір можна отримати за один перехід чи за декілька переходів.

Після свердління в кондукторі послідовно змінюють втулку під зенкер №1, потім – під №2, а розгортання проходить при "плаваючому" положенні інструменту без направлення його у втулках.

4.6. Свердло має 2 зуби, зенкер і розгортка – багатозубі або багатолезові інструменти, тому збільшення навантаження на свердло, крім його можливої поломки, веде до підвищеного зношування зубів та багаторазових переточувань.

4.7. Кожний крок може мати декілька ходів і за кожен з них призначається 5 балів.

Сума балів наприкінці гри визначається та порівнюється з величиною в конверті.

Якщо балів більше, то результат приймають з $K = 0{,}75$.

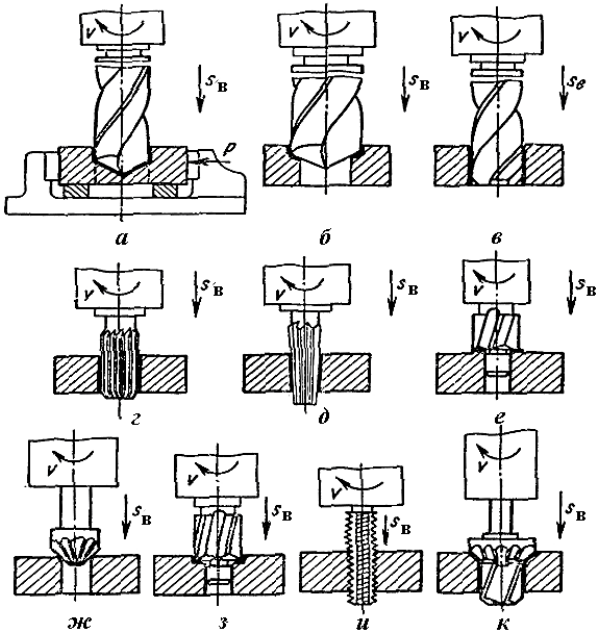


Рисунок 2.6 – Види робіт, що виконуються на свердлильних верстатах:
а, б – свердління; в – зенкерування; г, д – розгортання; е, ж – цекування;
з – торцеве зенкування; і – формування різьблення; к – комбінована обробка

5. Розрахункові формули (Розглянемо приклад розрахунку на операцію свердління)

5.1. Швидкість різання V (свердління), м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot d^q}{T^m \cdot S_0^y} \cdot K_v, \quad \text{м/хв},$$

де: C_v – коефіцієнт на геометрію свердла та його ріжучу частину;

d – діаметр свердла, мм;

T – період стійкості свердла, хв;

S_0 – подача, мм/об;

q, m, y – показники ступеня (див. додаток 2.7.2);

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{i_v} \cdot K_{\tau_v},$$

де: K_{m_v} – враховує якість оброблюваного матеріалу заготовки;

K_{i_v} – матеріал інструмента;

K_{τ_v} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління.

5.2. Глибина різання t (для свердління), мм:

$$t = \frac{d}{2}, \text{ мм.}$$

5.3. Основний час T_o, хв:

$$T_o = \frac{L_0}{n \cdot S_0}, \text{ хв,}$$

де: L_0 – довжина обробки, мм:

$$L_0 = l_{\partial em} + (3...5) \text{ мм,}$$

$l_{\partial em}$ – довжина отвору, мм;

n – число обертів свердла:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ 1/хв.}$$

5.4. Сила різання P_z, Н:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot d^q \cdot S_0^y \cdot K_p,$$

де: $K_p = K_{мр}$,

для Ст. 45 – $K_{мр} = 0{,}85$.

5.5. Крутний момент M, Н·м:

$$M_{кр} = C_м \cdot d^q \cdot S_0^y \cdot K_p$$

(показники C_p, $C_м$, q, y див. додаток 2.7.2).

5.6. Ефективна потужність різання N_e, кВт:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}.$$

5.7. Коефіцієнт використання потужності:

$$\eta = \frac{N_e}{N_в},$$

де: $N_в$ = 2,8 кВт – потужність верстата за паспортом.

6. Порядок гри

6.1. Задаємося об'єктом гри – деталлю "вісь" та схемою обробки отвору: (рис. 2.7 та рис. 2.8).

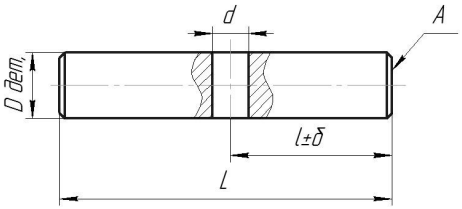


Рисунок 2.7 – Вісь з отвором (Сталь 45)
($D_{дет}$ = 30 мм, L = 60 мм, l = 30 мм, d = *Ø12H12*)

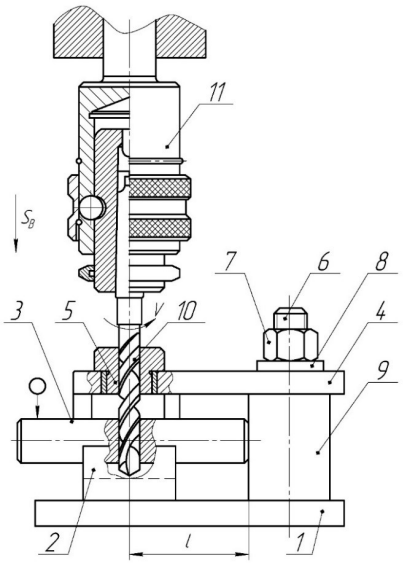


Рисунок 2.8 – Схема операції: 1 – плита прямокутна; 2 – призма; 3 – заготовка; 4 – планка; 5 – швидкозмінна кондукторська втулка; 6 – болт; 7 – гайка; 8 – шайба; 9 – стійка; 10 – свердло; 11 – патрон

6.2. Залежно від допуску отвору d (де d =*12H12*, див. креслення) вибираємо склад операції, в якій може бути один перехід – свердління та по 2 переходи – зенкерування та розгортання. Свердління буде присутнє завжди за будь-якого допуску отвору, якщо заготовка – суцільний метал!

6.3. Перший раунд гри: режими різання з таблиць [3].

6.3.1. Крок 1. Знаходимо i – число переходів операції, задаючись величиною допуску на отвір d – $H12$ ☐ 5 балів

6.3.2. Крок 2. Знаходимо t ☐ 5 балів

6.3.3. Крок 3. Знаходимо S_o [5, табл. 3.18, с. 94]

☐ 5 балів

6.3.4. Крок 4. Знаходимо V [5, табл. 3.20, с. 95]

☐ 5 балів

6.3.5. Крок 5.

Хід 1. Визначаємо n; число n повинне збігатися з $n_{факт}$, тобто з тим, що можна встановити на верстаті (див. додаток 2.7.1 – ряд чисел обертів верстата 2М125) ☐ 5 балів

Хід 2. Визначаємо $V_{факт} = \dfrac{\pi \cdot d \cdot n_{факт}}{1000}$, м/хв ☐ 5 балів

6.3.6. Крок 6. Визначимо T_o, хв. ☐ 5 балів

6.3.7. Крок 7. Порівняємо T_o з розрахунку (з таблиць) і своє відчуття, що воно велике. Чи ні?

Якщо почуття є, то повернемося назад (див. п. 6.3.6) і спробуємо щось змінити.

В цій зміні L_0 – залишиться колишнім (див. креслення), а параметри S_o і n мають діапазон змін.

Середня S_o від max має розбіг – 12 %, а середня V – 15 %.

Якщо ризикуєте, призначайте інше значення $S_в$ і $V_{факт}$.

6.3.8. Підіб'ємо підсумок: ∑ балів ☐ 2 кроки×5 балів = 10 балів

6.4. Другий раунд гри.

6.4.1. Повторити кроки 1 – 3, як і раніше

☐; ☐; ☐; 3 кроки×5 балів = 15 балів

6.4.2. Крок 4. Знайти за формулою V.

Хід 1. Запишемо формулу V з усіма цифровими даними в рядок

☐ 5 балів

Хід 2. Визначимо V у цифровому значенні, м/хв

☐ 5 балів

Хід 3. Порівняємо порядок цифр (див. п. 6.3.4.)

☐ 5 балів

Хід 4. Знайдемо $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$, 1/хв. 5 балів

Хід 5. Знайдемо $n_{факт}$ за паспортними даними верстата 2М125

5 балів

Хід 6. Визначимо $V_{факт} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{факт}}{1000}$, м/хв 5 балів

6.4.3. Крок 5. Визначимо силу різання P_z, Н

5 балів

6.4.4. Крок 6. Визначимо $M_{кр}$, Н/м

5 балів

6.4.5. Крок 7. Визначимо N_e, кВт

5 балів

6.4.6. Крок 8. Визначимо T_o, хв

5 балів

6.4.7. Крок 9. Визначимо η_d

5 балів

Підсумок Σ балів

Конверт

1. Порядок гри.

6.1. Об'єкт – деталь "вісь" (рис. 2.7):

$D_{дет}$ = 30 мм; L = 60 мм; l = 30 мм; d = 12Н12.

Матеріал: Ст. 45 (ДСТУ 7809) (НВ = 195).

6.2. Річна програма N = 3000 шт./рік, партія деталей – $N_{парт}$ = 100 шт.

6.3. Верстат: вертикально-свердлильний 2М125, пристрій – кондуктор з ручним затискачом; вимірювач – калібр-пробка Ø12 ПР/НЕ. Інструмент – свердло спіральне Ø12 мм із сталі Р6М5.

6.4. Операція: вертикально-свердлильна. Склад: встановити вісь та закріпити у пристосуванні. Свердлити отвір Ø12Н12. Виміряти розмір Ø12 мм. Зняти вісь і покласти в тару.

6.5. Крок 1. Визначимо кількість переходів i: i = 1, оскільки Ø12Н12, його можна забезпечити після одноразової обробки свердлом.

5 балів

6.6. Крок 2. Визначимо глибину різання:

$$t = \frac{d}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ мм.}$$

5 балів

6.7. Крок 3. Знаходимо S_o: S_o = 0,3 мм/об. [5, табл. 3.18, с. 94].

5 балів

6.8. Крок 4. Знаходимо V : V = 20 – 55 м/хв. [5, табл. 3.20, с. 94], приймаємо V = 30 м/хв.

5 балів

6.9. Крок 5.

Хід 1. Визначаємо n:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 30}{3{,}14 \cdot 12} \cong 796 \text{ об./хв.}$$ 5 балів

Приймаємо $n_{факт.}$ = 710 об./хв (дивись додаток 2.7.1).

Хід 2. Визначимо:

$$V_{факт} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{факт}}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 12 \cdot 710}{1000} \cong 27 \text{ м/хв.}$$ 5 балів

6.10. Крок 6. Визначимо T_o:

$$T_o = \frac{30 + 5}{710 \cdot 0{,}3} \cong 0{,}16 \text{ хв.}$$ 5 балів

Повільно в думці порахуйте до ста (1, 2, 3, …, 100) – це довго?
Ви хочете щось змінити?
Дякуємо за перший раунд гри!

7. Другий раунд гри.

7.1. Повторюємо кроки 1 – 3:

i = 1; t = 6 мм; S_o = 0,3 мм/об. 15 балів

7.2. Крок 4. Знаходимо V

Хід 1. Шукаємо K:

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{i_v} \cdot K_{\tau_v}$$ 5 балів

Хід 2. Шукаємо C: C = 9,8. 5 балів

Хід 3. Шукаємо T: T = 45 хв. (дод. 83, с. 355 [12]). 5 балів

Хід 4. Шукаємо показники m, y, q, n (див. додаток 2.7.2). 5 балів

Хід 5. Визначаємо:

$$V = \frac{9{,}8 \cdot 12^{0{,}4}}{45^{0{,}2} \cdot 0{,}3^{0{,}5}} \cdot 1 = 22{,}48 \text{ м/хв}$$ 5 балів

7.3. Крок 5. Знаходимо *n*

Хід 1. Визначаємо *n*:

$$n = \frac{1000 \cdot 22{,}48}{3{,}14 \cdot 12} = 596{,}6 \quad 1/\text{хв.}$$ 5 балів

Хід 2. Визначаємо $n_{факт}$.

Приймаємо $n_{факт} = 500$ 1/хв. 5 балів

Хід 3. Визначаємо $V_{факт}$:

$$V_{факт} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{факт}}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 12 \cdot 500}{1000} \cong 18{,}84 \text{ м/хв.}$$ 5 балів

7.4. Крок 6. Знаходимо $P_z = 10 \cdot C_p \cdot d^q \cdot S_0^y \cdot K_p$, Н:

$$P_z = 10 \cdot 68 \cdot 12^1 \cdot 0{,}3^{0{,}7} \cdot 0{,}92 = 3222{,}1, \text{ Н.}$$ 5 балів

7.5. Крок 7. Знаходимо $M_{кр} = C_м \cdot d^q \cdot S_0^y \cdot K_p$, Н/м:

$$M_{кр} = 0{,}0345 \cdot 12^2 \cdot 0{,}3^{0{,}8} \cdot 0{,}84 = 1{,}58, \text{ Н/м,}$$ 5 балів

де: коефіцієнт K_p при свердлінні залежатиме від матеріалу деталі, що обробляється $K_{мр}$.

7.6. Крок 8. Знаходимо N_e:

$$N_e = \frac{1{,}58 \cdot 500}{9750} = 0{,}08 \text{ кВт.}$$ 5 балів

7.7. Крок 9. Визначаємо T_o:

$$T_o = \frac{35}{500 \cdot 0{,}3} = 0{,}23 \text{ хв.}$$ 5 балів

7.8. Крок 10. Визначимо η_e :

$$\eta_e = \frac{N_e}{N_в} = \frac{0{,}08}{2{,}8} = 0{,}03.$$ 5 балів

7.9. Порівнюємо T_o за двома розрахунками, і який Р.Р. оберемо?

Дякуємо за гру!

Інформація до гри [3, 12].

Додаток 2.7.1

Ряд чисел оборотів шпинделя верстата 2М125

Положення лімбу	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n, 1/хв	45	63	90	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

Додаток 2.7.2

Коефіцієнти у формулах

Показник	Величина					
	m	*y*	*q*	*C*	*n*	K_p
V	0,2	0,5	0,4	9,8	–	
P_z	–	0,7	1,0	68	0,35	3222,1
M	–	0,8	2,0	0,0345	0,75	1,58

2.8. Норма часу

Починаючи цю гру ти не здогадуєшся, що ступив однією ногою на "мінне поле" будь-якого виробництва: час визначає всі дії, усі вчинки, усі результати, а головне для будь-якого працівника підприємства – його зарплатню.

Щогодини роботи має для певної групи людей свою ціну, а загальна кількість годин, припустимо, на місяць – формує зарплату.

Об'єктивна цифра витрат часу – це запорука спокійного перебігу будь-якого процесу, де бере участь людина.

Вміння об'єктивно визначити витрати часу на ведення якоїсь, нехай навіть простої, операції – це спосіб йти "мінним полем" без побоювань підірватись на ньому.

Успіхів в оволодінні цим умінням!

1. Мета гри – навчитися визначати норму часу за нормативами на операцію технологічного процесу (ТП) серійного виробництва деталей загального призначення.

2. Тактика гри – триматися середини діапазону параметрів, щоб мати невеликий запас у майбутнє за прийнятної величини норми наприкінці розрахунку.

Велика норма часу невигідна роботодавцю, а мала – за наявності розбіжностей умов – відсутність поля для маневру.

3. Обмеження у грі.

3.1. Норма часу технічна, тобто одержана аналітичним шляхом.

3.2. Основна робота відокремлена від допоміжної та підготовчої.

3.3. Норма діє в середньо- та велико серійному виробництві.

3.4. Витрати часу – це сума оперативного часу, часу обслуговування робочого місця, перерв на відпочинок та особисті потреби робітника, підготовчий та заключний час на операцію.

3.5. Розрахунок норми здійснюється тільки за заздалегідь обумовленими нормативами – калькуляціями і тому вона $T_{шт.-к}$, тобто час на одиницю виробу, отриманий калькуляцією.

3.6. Кожен хід із результатом "0" йде в мінус з підсумкового бала з результатом – 5.

4. Умови гри.

4.1. Об'єкт № 1 – деталь з річним завданням та розміром партії n: плита розміром $L \times B \times H$ = 130h14 × 105h14 × 40h10 мм, R_a = 5 мкм, масою 4,25 кг. Партія n = 100 штук. Заготовка плити має розміри $L_з \times B_з \times H_з$ = 130h14 × 105h14 × 42h14 мм, масою 4,9 кг.

4.2. Об'єкт №2 – процес виготовлення у серійному виробництві партії деталей, а точніше – одна операція цього процесу, гранично спрощена для прикладу, тобто один перехід за її складом.

Структура операції:

А. Встановити (зняти) закріпити плиту в лещатах гвинтових машинних.

1. Фрезерувати площину B розміром 40h10 остаточно.

2. Контроль.

4.3. Умови процесу:

- обладнання (О.);
- пристосування (П.);
- ріжучий інструмент (Р.І.);
- мірник (М.);
- допоміжний інструмент (Д.І.);
- засоби завантаження або транспорт.

4.4. Режими різання (Р.Р.) для операції отримано розрахунковим шляхом, і вони обґрунтовані за продуктивністю.

4.5. Гра складається з 5 кроків:

- визначення T_o – основний час;
- визначення $T_д$ – допоміжний час;
- визначення $T_{дод.}$ плюс $T_{від.}$ – додатковій час та час відпочинку;
- визначення $T_{п.-з.}$ – час підготовчо-заключний;
- визначення $T_{шт.-к}$ – час штучно-калькуляційний.

4.6. Кожен крок може мати кілька ходів і за кожен із них нараховується 5 балів. Сума балів в кінці гри визначається та порівнюється з нормою $T_{шт.-к}$ у конверті. Якщо розрахунковий час менший за заданий або дорівнює йому, то $K = 1{,}1$, а якщо більше на 10 %, то $K = 0{,}75$.

5. Розрахункові формули.

5.1. Основний час T_o, хв:

$$T_o = \frac{L_0}{n_0 \cdot S_o} \cdot i = \frac{l_{дет} + l_1 + l_2}{n_0 \cdot S_o} \cdot \frac{z}{t_o},$$

де: L_0 – довжина обробки, мм;

$l_{дет}$ – довжина деталі, мм;

l_1 і l_2 – перебіг та врізання, мм;

i – число проходів;

z – операційний припуск, мм;

t_0 – глибина різання, мм;

S_o – подача на оборот деталі, мм/об.;

n_0 – кількість обертів, 1/хв (для нашого випадку: $n_0 = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{фр}}$,

де: V – швидкість різання, м/хв).

Подача за якістю поверхні:

$$S = \sqrt{8r \cdot R_z},$$

де: r – радіус заокруглення ріжучої кромки інструменту (мм), зазвичай $r \approx 1$ мм;

R_z – шорсткість поверхні в мкм, зазвичай $R_z = 4 \cdot R_a$;

R_a – шорсткість поверхні за кресленням, мкм.

Швидкість різання: $V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$, м/хв [5, с.102],

де: C_V – поправочний коефіцієнт;

T – період стійкості інструменту, хв;

t – глибина різання, мм;

S – подача оборотна, мм/об.;

K_v – поправочний коефіцієнт.

5.2. Допоміжний час, хв:

$$T_{\partial\Sigma} = T_{\partial 1} + T_{\partial 2} + T_{\partial 3} + T_{\partial 4},$$

де: $T_{\partial 1}$ – час на встановлення, закріплення та зняття об'єкта, хв;

$T_{\partial 2}$ – час на перехід, хв;

$T_{\partial 3}$ – час на контрольні дії, хв;

$T_{\partial 4}$ – час зміну інструменту, якщо передбачено умовами ходу операції, хв.

5.3. Оперативний час, хв:

$$T_{on} = T_o + T_{\partial\Sigma}.$$

5.4. Час обслуговування робочого місця $T_{оод.}$ та час відпочинку $T_{від.}$, у відсотках від T_{on}, хв.

5.5. Штучний час, хв:

$$T_{шт} = T_{on} + T_{оод} + T_{від}.$$

5.6. Підготовчо-заключний час, хв:

$$T_{п.-з.} = T_{підг.} + T_{закл.},$$

де: $T_{підг.}$ – час на підготовку робітника та засобів виробництва, хв;

$T_{закл.}$ – час закінчення процесу, хв.

$T_{п.-з.}$ – визначається на партію деталей n, але в одну операцію:

$$T_{п.-з./on} = \frac{T_п + T_з}{n}, \text{ хв.}$$

5.7. Норма часу на операцію, хв:

$$T_{шт.-к} = T_{шт} + T_{п.-з./on}.$$

5.8. Коефіцієнт $K_1 = \frac{T_o}{T_{шт}}$.

5.9. Коефіцієнт $K_2 = \frac{T_o}{T_{шт-к}}$.

K_1 або K_2 – коефіцієнт основного часу, що показує ефективність роботи верстатника.

6. Порядок гри.

6.1. Задаємося об'єктом гри та обсягом його випуску: річна програма, розмір операційної партії n. Варіант заготовки деталі

5 балів

6.2. Задаємося ОК ТП з чітким формулюванням всіх дій

5 балів

6.3. Запишемо всі умови ходу операції [4]:

- обладнання (О.)
- пристосування (П.)
- Р.І.
- М.І.
- Д.І.
- засоби завантаження та транспортування
- режим обробки (Z, t_0, n_0, V_o, S_o, i)

5 балів

6.4. Крок 1. Шукаємо T_o.

Хід 1. Значення L_0, мм 5 балів

Хід 2. Значення l_1 та l_2, мм 5 балів

Хід 3. Значення Z та t_0, мм 5 балів

Хід 4. Значення $n_0 = \dfrac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{фр}}$, 1/хв. 5 балів

Хід 5. Значення S_o, мм/об. 5 балів

Хід 6. Значення T_o, хв 5 балів

6.5. Крок 2. Шукаємо $T_{д\Sigma}$, хв.

Хід 1. Знаходимо $T_{д1}$, хв 5 балів

Хід 2. Знаходимо $T_{д2}$, хв 5 балів

Хід 3. Знаходимо $T_{д3}$, хв 5 балів

Хід 4. Знаходимо $T_{д4}$, хв 5 балів

Хід 5. Знаходимо $T_{д\Sigma}$, хв 5 балів

Хід 6. Розрахунок $T_{оп}$, хв 5 балів

6.6. Крок 3. Шукаємо $T_{дод} + T_{відп}$, хв.

Хід 1. Знаходимо $T_{дод}$, % 5 балів

Хід 2. Знаходимо $T_{відп}$, % ☐ 5 балів

Хід 3. Знаходимо $T_{дод} + T_{відп}$, хв ☐ 5 балів

6.7. Крок 4. Шукаємо $T_{п.-з.}$

Хід 1. Знаходимо $T_{підг}$, хв ☐ 5 балів

Хід 2. Знаходимо $T_{зак}$, хв ☐ 5 балів

Хід 3. Знаходимо $T_{п.-з.}$ на деталь, хв ☐ 5 балів

6.8. Крок 5. Шукаємо $T_{шт-к}$, хв.

Хід 1. $T_{шт}$, хв ☐ 5 балів

Хід 2. $T_{шт-к}$, хв ☐ 5 балів

Хід 3. K_1 ☐ 5 балів

Хід 4. K_2 ☐ 5 балів

Хід 5. Підсумовуємо всі бали ☐ Σ балів

Хід 6. Відкриваємо конверт та порівнюємо:

- суму балів у конверті з одержаним вище;
- показники K_1 та K_2;
- показники $T_{оп}$.

Якщо $T_{оп}$ вийшло менше, то $\Sigma_б \times 1{,}1$, а якщо більше, то $\Sigma_б \times 0{,}75$ і радимо знайти хід, який спричинив помилку.

Дякуємо за гру!

Конверт

6. Порядок гри.

6.1. Річна програма на деталь "Плита" $Q = 3000$ шт.

Партія деталей $n = 100$ штук.

Задаємося об'єктом – деталь "Плита" із сталі Ст.45 ДСТУ (НВ=180). Маса 4,25 кг. $L \times B \times H = 130h14 \times 105h14 \times 40h10$ мм, $R_a = 5$ мкм.

Задаємося заготовкою плити – чорнова обробка після гарячого штампування на молотах розмірами: $L_з \times B_з \times H_з = 130h14 \times 105h14 \times 42h14$ мм. Маса 4,9 кг.

5 балів

6.2. Задаємося ТП деталі "Плита" у серійному виробництві:

10. Заготівельна – штампована на молоті.
20. Вертикально-фрезерна чорнова на В/ФВ – 6Р13.
30. Вертикально-фрезерна чистова на В/ФВ – 6Р13.
40. Контрольна.

Задаємося структурою операції 30:

А. Встановити (зняти), закріпити плиту в лещатах гвинтових машинних.

1. Фрезерувати площину В розміром 40h10 (IT = 0,4 мм), R_a = 5 мкм остаточно.

2. Контроль.

5 балів

6.3. Пристосування – лещата з гвинтовим затискачем.

Інструмент ріжучий – торцева фреза зі вставними зубами, що переточуються, з твердого сплаву Т15К6.

Мірник – скоба одностороння ПР-НЕ.

Режим обробки вибраний із рекомендацій [4] "Режим обробки": V_0 = 250 – 300 м/хв; t_0 = 1 – 2 мм; S_0 = 0,09 – 0,18 мм/об.фр.; i = 1.

Обираємо: V_0 = 265 м/хв; S_0 = 0,13 мм/об.фр; t_0 = 2 мм; i = 1. 5 балів

6.4. Крок 1. Шукаємо T_o.

Хід 1. Знайдемо L_o = 100 мм. 5 балів

Хід 2. Знайдемо $l_1 = l_2$ = 19 мм [4, табл. 2.5.2, с. 48].

За умови, що t_0 = 2 мм, а $D_{фр}$ = 1,6 мм; $B_{обр}$ = 160 мм. 5 балів

Хід 3. Знайдемо z = 2 мм і t_0 = 2 мм. 5 балів

Хід 4. Знайдемо:

$$n_0 = \frac{1000 \cdot V_o}{\pi \cdot D_{фр}} = \frac{1000 \cdot 265}{3{,}14 \cdot 160} = 527 \text{ об./хв.}$$

Приймаємо n_0 = 530 об./хв. 5 балів

Хід 5. Значення S_o = 0,13, мм/об. фр. 5 балів

Хід 6. Значення $T_o = \frac{119}{530 \cdot 0{,}13} \cdot \frac{2}{2} = 1{,}73$, хв. 5 балів

6.5. Крок 2. Шукаємо $T_{o\Sigma}$.

Хід 1. Знайдемо T_{o1} = 0,32 хв, час встановлення та закріплення (зняття) деталі масою 3,9 кг, тобто до 5 кг [4, табл. 2.5.3, с. 49]. 5 балів

Хід 2. Знаходимо T_{o2} = 0,18 хв, час, пов'язаний з переходом [4, табл. 2.5.4, с. 50]. 5 балів

Хід 3. Знаходимо T_{o3} = 0,09 хв, час на вимір шаблоном лінійним з точністю 0,2 ÷ 0,5 мм [4, табл. 2.5.5, с. 50]. 5 балів

Хід 4. Зміни фрези не передбачається, тому T_{o4} = 0. 5 балів

Хід 5. Знаходимо $T_{o\Sigma}$:

$T_{д\Sigma}$ = 0,32+0,18+0,09 = 0,59 хв. 5 балів

Хід 6. Розрахунок $T_{оп}$, хв;

$T_{оп} = T_о + T_{д\Sigma}$ = 1,73 + 0,59 = 2,32 хв. 5 балів

6.6. Крок 3. Шукаємо $T_{дод} + T_{відп}$.

За розміром столу верстата 1250 мм [4, табл. 2.5.6, с. 51].

Хід 1. $T_{дод}$ = 3,5 % при розмірі столу верстата 1250 мм [4, табл. 2.5.6, с. 51]. 5 балів

Хід 2. $T_{відп}$ = 5 % [4, табл. 2.5.7, с. 51]. 5 балів

Хід 3. $T_{дод} + T_{відп}$=3,5+5 хв:

$$\frac{(T_{дод} + T_{відп}) \cdot T_{оп}}{100} = \frac{(3{,}5 + 5) \cdot 2{,}32}{100} = 0{,}197 \approx 0{,}2 \text{ хв.}$$ 5 балів

6.7. Крок 4. Шукаємо $T_{п.-з.}$

Хід 1. Знаходимо $T_п = 16$ хв [4, табл. 2.5.8, с. 52]: для універсальних лещат на 1 деталь на столі 1250 мм. 5 балів

Хід 2. Знаходимо $T_з$ = 0 хв. [4, табл. 2.5.8, с. 52]. 5 балів

Хід 3. Знаходимо $T_{п.-з/дет} = \frac{16}{100} = 0{,}16$, хв. 5 балів

6.15. Крок 5. Шукаємо $T_{шт.-к.}$

Хід 1. Знайдемо $T_{шт}$ = 2,32 + 0,2 = 2,52 хв. 5 балів

Хід 2. Знаходимо $T_{шт.-к.}$ = 2,52 + 0,16 = 2,68 хв. 5 балів

Хід 3. Знайдемо $K_1 = \frac{1{,}73}{2{,}52} \approx 0{,}69$. 5 балів

Хід 4. Знайдемо $K_2 = \frac{1{,}73}{2{,}68} \approx 0{,}64$.

$K_2 > 0{,}6$, тобто норма має запас за min та за max. 5 балів

Хід 5. Підсумовуємо всі бали.

У конверті: $Б_\Sigma$ = 80.

А далі – є C = 1,1 або C = 0,75.

Тобто виводимо реальний бал: [ ]

Інформація до гри [5, 11].

2.9. Складання: як швидко закрутити шпильки та гайки

Вибираючи гру "Як швидко закрутити "шпильки та гайки"?", ти потрапив у особливий світ на будь-якому підприємстві – складання.

Особливості цього світу:

1. Це останній етап виробництва будь-якого виробу, тому що наприкінці процесу складання відділ технічного контролю (ВТК) у документі на машину – у її паспорті – ставить свій штамп "Придатна!" і дату, термін гарантії та бере на себе відповідальність, що машина якісна.

2. Витрати на складання можуть досягати до 25 % всіх витрат на машину під час її виготовлення, тобто найвищі.

3. Складання руками людини становить 80 % всього обсягу складання і в рази більше за інші етапи виробництва машин. Так, рóботи на складанні – часті гості, але сьогодні поки що люди коштують дешевше!

4. Кількість працівників на складанні може бути до 40 – 50 % всього штату завода.

5. Складальний цех одне з найчистіших місць заводу: халат або комбінезон може бути не білим, а кольоровим, але чистим, і руки також, і підлога, і стіни, і повітря.

6. У складальному цеху часто є гарне освітлення, вентиляція, кондиціювання, грає музика і навіть можуть бути квіти (живі) та дерева з пташками (живі), але 1 м^2 площі складального цеху в 5÷10 разів дорожче коштує площі звичайного механічного цеху.

7. У складальному цеху збирають машину або її частину шляхом виконання робіт: підготовчих (4 види), транспортних (2 види), комплектації (4 види), пригонкових (2 види) і власне – складальних (3 види), тобто 15 різних робіт.

Якщо ти цікавий, то знайди свої гайки та шпильки у цьому переліку [13, с. 129, табл. 3.5].

8. Різьбові з'єднання в машинах становлять ~20 % від загальної кількості з'єднань, а ось витрати праці сягають 30 % усіх витрат на складання.

Складання різьбового з'єднання, припустимо, шпильки, болта, гвинта та гайки використовує ряд прийомів:

- подача деталей та встановлення їх;
- попередні їх вкручування (наживлення);
- підведення та встановлення інструменту;

- закручування;
- відведення інструменту та інше.

При механізованому виконанні складання наживлення, підведення (відведення) та встановлення інструменту здійснюється людиною-складальником для зменшення браку.

9. У світі конкуренції на якості машин не заощаджують, а ось на часі будь-якого процесу в тім числі складального – 100 %. Тобто, раціонально витрачати час збирання необхідно з першого кроку на порозі цеху.

Успіхів у грі!

1. Мета гри – навчити визначати норму часу за нормативами на операцію складання ТП серійного виробництва для виробів загального призначення.

2. Тактика гри. Їх три:
- економна (менше часу комусь, більше грошей мені);
- витратна (гроші не мої, можу дати комусь);
- раціональна (ні Вашим, ні Нашим!).

3. Обмеження у грі

3.1. Норма часу технічна, тобто отримана аналітично.

3.2. Всі роботи на збиранні поділені на підготовчі та складальні.

3.3. Норма діє в середньо- та великосерійному виробництві.

3.4. Розрахунок норми часу здійснюється тільки за заздалегідь обумовленими нормативами, тобто за калькуляцією, тому вона – $T_{шт\text{-}к}$ – час на одиницю виробу.

3.5. Витрати часу $T_{шт\text{-}к}$ – це сума основного, допоміжного та часу обслуговування робочого місця, відпочинку та природних потреб, підготовчого та заключного часу.

3.6. У серійному виробництві підготовчий та заключний час $T_{п\text{-}з}$ складає всього близько 10 хвилин на партію деталей, тому їм у навчальних цілях можна знехтувати.

4. Умови гри.

4.1. Об'єкт №1 – пневматичний циліндр, що гойдається. Креслення складання наведено на рис. 2.9. Річне завдання N, шт./рік та розмір партії n, шт.

4.2. Об'єкт №2 – технологічний процес складання (ТПС). (Схема складання на рис. 2.10). ТПС має п'ять етапів: I – складання циліндра зі шпильками; II – складання штока з поршнем; III – складання кришки 3; IV – складання кришки 4 з фланцем; V – загальне складання циліндра з кришками. На кожному з чотирьох етапів отримують складальну одиницю (СО), на V етапі – готовий виріб.

4.3. Умови для об'єкта № 1: (рис. 2.9):

- обладнання (Обл.);
- пристосування (Пр.);
- інструменти (І.);
- засоби завантаження та транспортування (ЗЗ та Т).

4.4. Такт складання чи випуску $T_{вип} = 10$ хв.

4.5. Гра складається з двох частин, в кожній з них є декілька ходів, за кожний нараховують 5 балів, а в кінці гри – їх суму.

5. Розрахункові формули

5.1. $$T_{шт.-к} = T_o + T_д + \frac{T_{оп} \cdot (K + \gamma)}{100} = T_{оп} + \frac{T_{оп} \cdot (K + \gamma)}{100},$$

де: T_o – основний час, хв;

$T_д$ – допоміжний час, що не перекривається основним, хв;

$T_{оп} = T_o + T_д$ – оперативний час, хв;

K, γ – коефіцієнти, що враховують частку часу обслуговування робочого місця ($T_{обс}$) та відпочинку з природними потребами ($T_{п.п.}$) у $T_{оп}$. У наближенні до реального K та $\gamma = 5\%$, тобто,

$$T_{обс} + T_{пп} = \frac{T_{оп} \cdot (K + \gamma)}{100} = 0{,}1 \cdot T_{оп}.$$

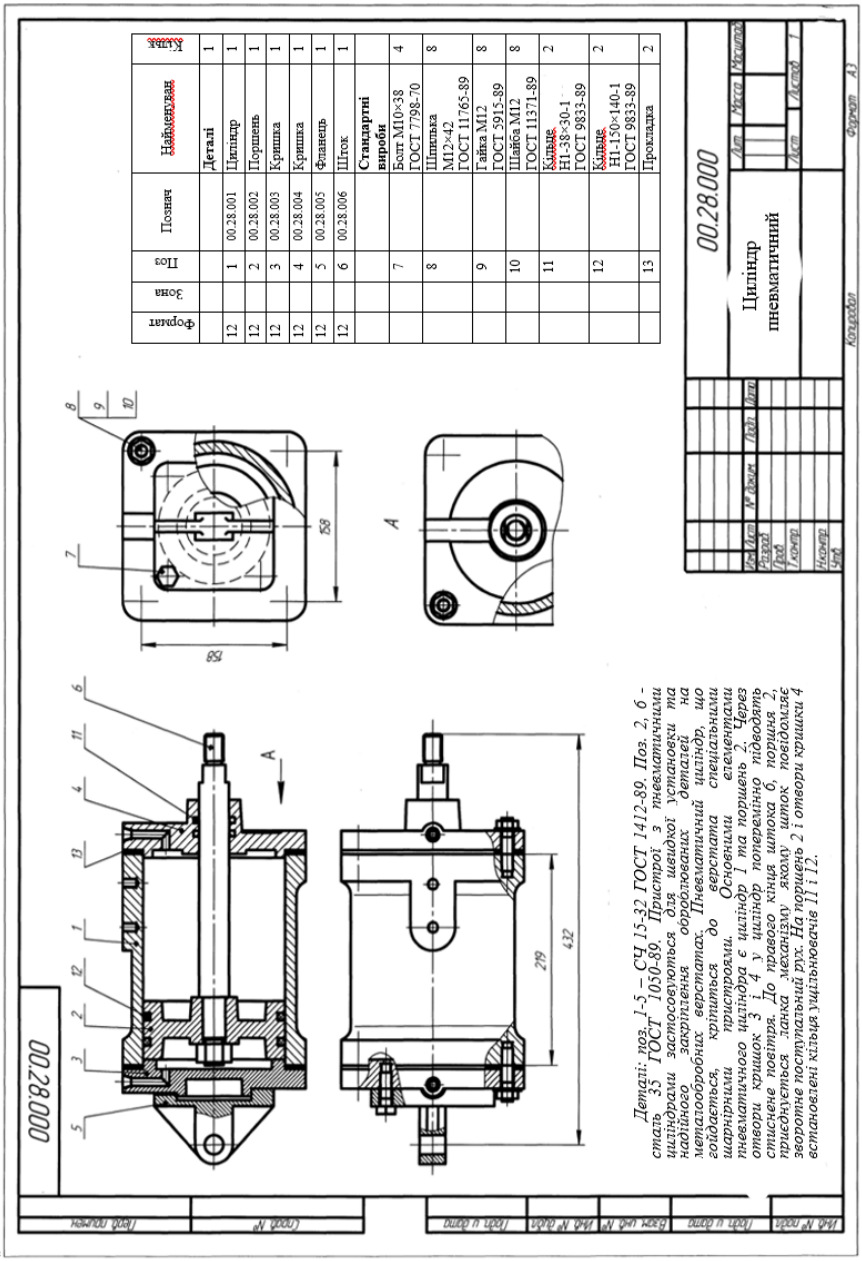
6. Порядок гри.

Частина № 1.

6.1. Хід 1. Задамося об'єктом гри – складальною одиницею (СО) – циліндр зі шпильками (рис. 2.9).

Креслення	+	Специфікація	5 балів

Маса 8 кг. Річний випуск $N = 10000$ шт. Партія $n = 100$ шт. $T_{вип} = 10$ хв.



Формат	Зона	Поз	Позначення	Найменування	Кіл.
				Деталі	
12		1	00.28.001	Циліндр	1
12		2	00.28.002	Поршень	1
12		3	00.28.003	Кришка	1
12		4	00.28.004	Кришка	1
12		5	00.28.005	Фланець	1
12		6	00.28.006	Шток	1
				Стандартні вироби	
		7		Болт М10×38 ГОСТ 7798-70	4
		8		Шпилька М12×42 ГОСТ 11765-89	8
		9		Гайка М12 ГОСТ 5915-89	8
		10		Шайба М12 ГОСТ 11371-89	8
		11		Кільце Н1-38×30-1 ГОСТ 9833-89	2
		12		Кільце Н1-150×140-1 ГОСТ 9833-89	2
		13		Прокладка	2

Рисунок 2.9 – Циліндр пневматичний (*N*=10000 шт./рік)

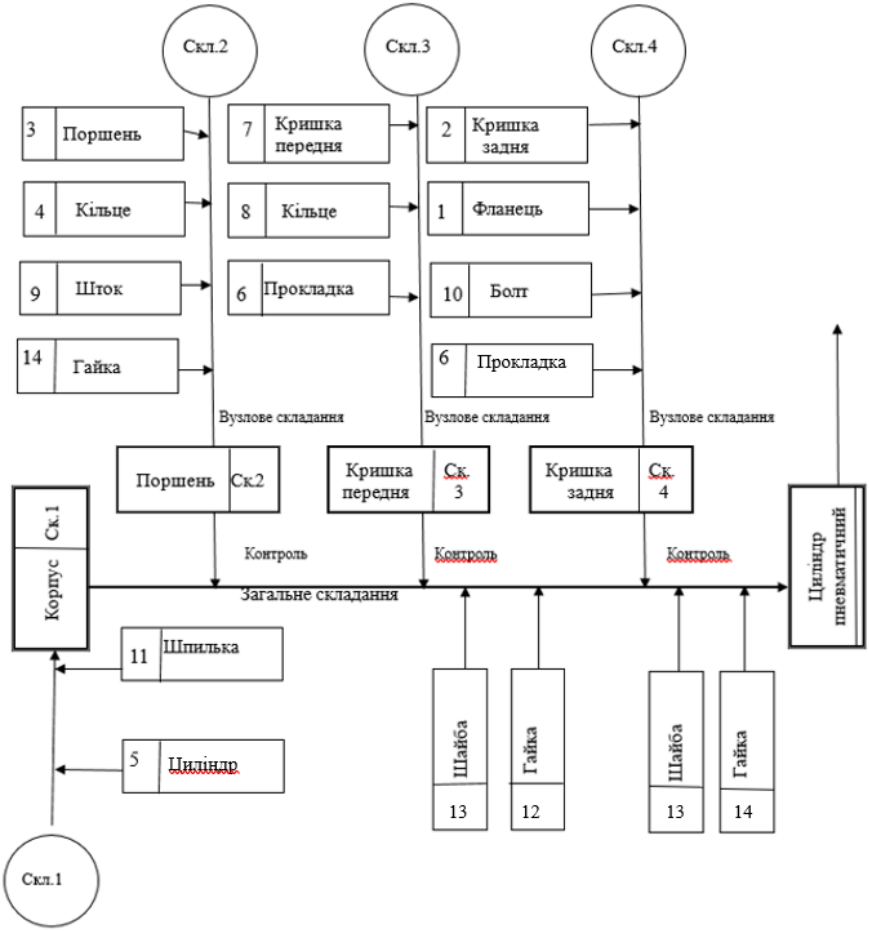


Рисунок 2.10 – Схема складання

6.2. Хід 2. Задамося об'єктом № 2 – схема (рис. 2.10) та ТП – складальна операція 20 ([13, табл. 3.6, с. 132]:

- складання корпусу і 8 шпильок.

Перехід 1 (П. 1) – підготовчий – очистити різьбові отвори від стружки з 2-х сторін.

Встановлення (В1). Встановити корпус у поворотне пневматичне пристосування, закріпити його (зняти).

Перехід 3 – 6 (П. 3 – П. 6) – складальний. Встановити 4 шпильки в отвори і закрутити до упору.

В2. Перевстановити корпус на 180° (В2) шляхом повороту пристосування на 180°.

Перехід 8 – 12 – складальний. Встановити 4 шпильки в отвори та загорнути до упору.

Контроль (К.) Перевірити відсутність перекосу шпильок з обох боків.

Запишемо всі умови ходу операції:

- обладнання (Об.) – кроковий конвеєр;
- пристосування (Пр.) – пневматичне поворотно-затискне пристосування;
- інструмент (Ін.) – шпильковерт пневматичний з тарованим ключем на затиску;
- шпильки М12×4В (8 штук), масою до 1 кг;
- довжина завинчування шпильки у корпус – 20 мм. 5 балів

6.3. Хід 3. Запишемо всі роботи, які ми зробимо з переходів:

П.1 – підготовчий – очищення від стружки щіткою

8 отворів у корпусі: T_o = ☐ × 8 = ☐

В1 – корпус масою 8 кг: $T_д$ = ☐

П.3 … П. 6 – послідовно кожну шпильку змащуємо, наживляємо в отвір (1–2 нитки різьблення) і закручуємо (і так 4 рази) (Схема № 1) або 4 рази змащуємо кожну шпильку і наживляємо її в отвір, а потім послідовно закручуємо 4 рази (Схема № 2).

$T_{oΣ} = T_o \times 4$ = ☐

В2 – час повороту П: $T_д$ = ☐

П.8 – (повтор пункту П.3) $T_{oΣ}$ = ☐

Час контролю *К* – перевірка оглядом перекосу 8 шпильок $T_д$= ☐ 5 балів

6.4. Порядок розрахунків.

Завдання: зібрати n = 10000 циліндрів за мінімальний час.

6.4.1. Хід 4. Час на очищення отворів – T_o = 0,88 хв. 5 балів

6.4.2. Хід 5. Час на встановлення корпусу – $T_д$ = 0,36 хв. 5 балів

6.4.3. Хід 6. Усі прийоми за часом – B = 0,074 хв; O = 0,1 хв.
$З_м$ = 0,074 хв; H = 0,1 хв; BI = 0,55 хв; $З$ = 0,05 хв. 5 балів

6.4.4. Хід 7 – 12. Перевіряємо цифри п. 6.4.3 на шість прийомів і підтверджуємо їх чинність: B = 0,074 хв; O = 0,1 хв;
$З_м$ = 0,074 хв; H = 0,1 хв; BI = 0,55 хв; $З$ = 0,05 хв.
6 ходів × 5 балів = 30 балів

6.4.5. Хід 13. T_o переходу 3 = 1,05 хв. 5 балів

6.4.6. Хід 14. $T_д$ = 0,36 хв. 5 балів

6.4.7. Хід 15. $T_д$ на шпильку 0,06 хв, на 8 шпильок $T_{дΣ}$ = 0,48 хв. 5 балів

6.4.8. Хід 16. $T_о$ переходу 8 = 1,05 хв. 5 балів

6.4.9. Хід 17.

Схема №1. Усі прийоми *В, О, З*$_м$, *Н, ВІ, З* послідовно виконуємо на одній стороні і тоді: $T_о$ = 4,2 хв.

Схема №2. Прийоми *В, О, З*$_м$, *Н* виконуємо на кожному отворі і її сума буде: 0,074 + 0,1 + 0,074 + 0,2 ≈ 0,45 хв, а на чотирьох отворах:

0,45 хв × 4 = 1,8 хв.

Потім буде прийом $B_і$ = 0,55 хв і чотири прийоми

З = 0,05 хв, а за сумою 0,05 × 4 = 0,2 хв.

Підсумок: $T_о$ = 1,8 + 0,55 + 0,2 = 2,55 хв.

5 балів

6.4.10. Хід 18.

Схема №1 – $T_{шт\text{-}к}$ = 11,53 хв.

Схема №2 – $T_{шт\text{-}к}$ = 7,9 хв.

5 балів

6.4.11. Хід 19. Порівняємо отримане значення $T_{шт\text{-}к}$ з $T_{вип}$ = 10 хв.

5 балів

Якщо отримав $T_{шт\text{-}к} < T_{вип}$ = 10 хв, то виграш, а якщо $T_{шт\text{-}к} > T_{вип}$, то потрібно можливо інакше збирати?

7. Визначимо Σ балів = ☐

При програші *К* = 0,8!

КОНВЕРТ Частина 1.

6.1. Хід 1. Креслення збирання (рис. 2.9). Маса 8 кг ☐

Специфікація збирання (рис. 2.10) ☐

$T_{вип}$ = 10 хв.

N = 10000 шт., *n* = 100 шт. 5 балів

6.2. Хід 2. Об. – кроковий конвеєр, Пр. – пристосування поворотно-затискне пневматичне, Ін. – шпильковерт і гайковерт пневматичний з тарованим ключем на затискачі, масою 5 кг.

Шпильки – 8 шт., гайки – 16 штук, шайби – 8 шт. 5 балів

6.3. Хід 3. Складання шпильок (масою до 1кг).

6.3.1. Випишемо всі дії із зазначенням часу на них:

6.3.2. Очищення 1 отв. = 0,11 хв, всіх 8: Σ = 0,11 × 8 = 0,88 хв.

6.3.3. Встановлення корпусу масою 8 кг та переустановлення: 0,36 хв. та $\Sigma = 0{,}36 \times 2 = 0{,}72$ хв.

6.3.4. Взяти шпильку (В) – 0,074 хв;

– очистити шпильку (О) – 0,1 хв;
– змастити шпильку ($З_м$) – 0,074 хв;
– наживити шпильку (Н) – 0,2 хв;
– взяти інструмент (ВІ) – 0,55 хв;
– закрутити шпильку (З) – 0,05 хв.

5 балів

6.3.5. Побудуємо перехід П.3 – 6 та П.8 – 11 за різними схемами:

*Схема №*1: В + О + $З_м$ + Н + ВІ + З, тобто $T_o = 0{,}074 + 0{,}1 + 0{,}074 + 0{,}2 + + 0{,}55 + 0{,}05 \approx 1{,}05$ хв на 1 шпильку.

T_o, хв переходу З = $T_{o1} \times 4 = 1{,}05 \times 4 = 4{,}2$ хв.

*Схема №*2: Усі прийоми В + О + $З_м$ + Н, виконують для всіх шпильок:

T_{o2} = В + О + $З_м$ + Н = 0,074 + 0,1 + 0,074 + 0,2 ≈ 0,45 хв на одну шпильку, а на чотири: 0,45 хв × 4 = 1,8 хв. Після цього треба взяти інструмент (ВІ) один раз і закрутити 4 шпильки: T_o, хв. переходу

З = 1,8+ 0,55 + (0,05 × 4) = 2,55 хв.

6.4. Хід 4. Час огляду шпильок $T_д = 0{,}06 \times 8 = 0{,}48$ хв.

5 балів

6.5. Хід 5. Визначаємо

$T_{шт-к}$ (схема 1) складається з часу очищення 0,88 хв, часу збирання 4 шпильок з однієї сторони 4,2 хв, часу збирання 4 шпильок з другої сторони 4,2 хв, встановлення корпусу та його повороту 0,36 + 0,36 = 0,72 хв, та часу огляду шпильок = 0,48 хв, за сумою складає:

0,88 + 4,2 + 4,2 + 0,72 + 0,48 = 10,48 хв, а також 10 % від нього на відпочинок та природні потреби.

В сумі це буде:

$$10{,}48 + (0{,}1 \times 10{,}48) = 11{,}53 \text{ хв.}$$

$T_{шт-к}$ (схема 2) складається з часу очищення 0,88 хв, часу збирання 4 шпильок з однієї сторони 2,55 хв, часу збирання 4 шпильок з другої сторони 2,55 хв, встановлення корпусу та його повороту 0,36 + 0,36 = 0,72 хв, та часу огляду шпильок = 0,48 хв, що за сумою складає:

0,88 + 2,55 + 2,55 + 0,72 + 0,48 = 7,2 хв, а також 10 % від нього на відпочинок та природні потреби.

В сумі це буде:

$$7{,}2 + (0{,}1 \times 7{,}2) = 7{,}9 \text{ хв.}$$

6.6. Аналіз результатів: $T_{шт-к}$(схема 1) $> T_{вип}$ = 10 хв і потрібно буде будувати 2 паралельні операції з

$$T_{шт-к} = \frac{T_{шт-к}(схема1)}{2} = \frac{11{,}53}{2} = 5{,}77 \text{ хв.}$$

Завантаження операції $\eta = \frac{5{,}77}{10} \approx 0{,}58$ або $T_{шт-к}$ (схема 2) $< T_{вип}$ і тому буде одна операція з $\eta = \frac{7{,}9}{10} = 0{,}79$ або 79 %.

Сума балів 90.

Частина 2.

6.5. Хід 1. Задамося об'єктом – складальною одиницею (СО) – циліндр з поршнем і кришками (рис. 2.9)

Креслення	+	Специфікація

6.6. Хід 2. Задамося об'єктом гри ТПС – загальне складання.

ТПС – складальна операція 60 [13, с. 126]:

– загальне складання корпусу зі шпильками, плунжером та штоком із задньою та передньою кришкою.

Встановити (В1) корпус зі шпильками та плунжером у пристосування, закріпити (зняти).

Перехід 1 (П.1). З'єднати задню кришку з корпусом, перевірити відсутність перекосу.

Перехід 2 (П.2). Встановити 4 шайби, 4 гайки та 4 контргайки та їх загорнути.

Повернути (В2) корпус на 180º у пристосуванні та зафіксувати нове положення.

Перехід 3 (П.3). Встановити передню кришку на шток і шпильки і перевірити відсутність перекосу.

Перехід 4 (П.4). Встановити 4 шайби, 4 гайки та 4 контргайки та їх загорнути.

Передати збірку на контроль. 5 балів

6.7. Хід 3. Запишемо всі умови ходу операції:

$О_б$ – кроковий конвеєр;

$П_р$. – пневматичний поворотно-затискний пристрій для встановлення корпусу;

І – гайковерт пневматичний з тарованим ключем на затиску;

гайки М12 (16 шт.);

шайби круглі, плоскі Ø12,5 мм (8 шт.);

довжина різьблення шпильки 22 мм. 5 балів

6.8. Хід 4. Запишемо час на проведення всіх робіт, які виконаємо з переходів.

В1 – корпус масою 8 кг $T_д$ = ☐

П.1 – встановити кришку задню (масою 3 кг) на шпильки і перевірити щупом відсутність перекосу $T_д$ = ☐

П.2 – Встановити 4 шайби + 4 гайки та 4 контргайки на шпильки та загорнути їх: $T_о$ = ☐

В2 – перевстановити корпус на 180º через поворот пристосування на 180º $T_д$ = ☐

П.3 – Встановити передню кришку (масою 3 кг) на шток і 4 шпильки та перевірити відсутність перекосу $T_о$ = ☐

П.4 – Встановити 4 шайби + 4 гайки + 4 контргайки на шпильки та загорнути їх: $T_д$ = ☐

К – перевірити оглядом перекіс гайок на шпильках. 5 балів

6.9. Порядок гри.

Завдання: зібрати 10000 штук циліндрів за мінімальний час.

6.9.1. Хід 5. Визначаємо час $T_д$ на встановлення корпусу масою 8 кг у пристосуванні: $T_д$ = 0,36 хв.

5 балів

6.9.2. Хід 6. Запишемо всі прийоми під час роботи з гайкою:

- взяти рукою (маса до 1 кг) – В.;
- змастити – Зм.;
- наживити – Н.;
- взяти інструмент – В.Ін.;
- загорнути до упору – З.

Тобто В + Зм + Н + В.Ін . + З – обов'язкові дії

В. (масою до 1 кг) – 0,074 хв.

Зм. [13, табл. 3.10, с. 141] – 0,074 хв.

Н. [13, табл. 3.8, с. 139] – 0,07 хв.

В.Ін. (масою до 5 кг) [13, табл. 3.11, с. 141] – 0,55 хв.

З. [13, табл. 3.7, с. 139].

- гайка М12 при l = 20 мм (1 ряд) – 0,55 хв.
- гайка М12 при l = 10 мм (2 ряд) – 0,35 хв. (аналог М10).

5 балів

6.9.3. Часом установки 8 шайб через небагато його в цій грі нехтуємо, але воно є!

6.9.4. Хід 7. Отже,

- складання кришок передньої і задньої зі шпильками – T_o = 0,36 хв;
- встановлення корпусу зі шпильками в пристрій – $T_д$ = 0,36 хв;
- час огляду 8 місць кріплення гайок – $T_д$ = 0,06 · 8 = 0,48 хв;
- збирання 1 гайки (1 ряд) – В + С + Н + В.І. + З = 0,074 + 0,074 + 0,07 + 0,55 + 0,55 = 1,318 ≅ 1,32 хв;
- збирання 1 гайки (2 ряд) – В + С + Н + В.І. + З = 0,074 + 0,074 + 0,07 + 0,55 + 0,35 = 1,118 ≅ 1,12 хв. 5 балів

6.9.5. Хід 8. Знайдемо T_o для П.2:

1 ряд – T_o = 4·1,32 = 5,28 хв.

2 ряд – T_o = 4·1,12 = 4,48 хв. 5 балів

6.9.6. Хід 9. Знайдемо T_o для П.4:

1 ряд – T_o = 4·1,32 = 5,28 хв.

2 ряд – T_o = 4·1,12 = 4,48 хв. 5 балів

6.9.7. Хід 10. Визначимо ΣT_o = 0,36 + 0,36 + 5,28 + 4,48 + 5,28 + 4,48 = =20,24 хв. 5 балів

6.9.8. Хід 11. Визначимо $\Sigma T_д$ = 0,36 + 0,36 + 0,8 = 1,2 хв. 5 балів

6.9.9. Хід 12. Визначимо $\Sigma T_{оп} = T_o + T_д$ = 20,24 + 1,2 = 21,44 хв. 5 балів

6.9.10. Хід 13. Знайдемо $T_{шт-к}$ = 1,1· $T_{оп}$ = 1,1·21,44 = 23,58 хв. 5 балів

6.10. Порівняємо отримане значення $T_{шт-к}$ з $T_{вип}$ = 10.

Якщо $T_{шт-к} > T_{вип}$, то програв, а може, інакше можна збирати?

7. Визначимо Σ балів = 65.

При програші K = 0,8.

КОНВЕРТ Частина 2.

6.5. Хід 1. Креслення і специфікація об'єкта. 5 балів

6.6. Хід 2. Складальна операція 60: $T_{вип}$ = 10 хв., має 4 переходи, два встановлення та контроль. 5 балів

6.7. Хід 3. Умови операції: об'єкт (Об.), інструмент (І), гайки, шайби. 5 балів

6.8. Хід 4. $T_в$ на встановлення та поворот корпусу 0,36 + 0,36 = 0,72 хв.
$T_в$ на огляд однієї позиції 0,06 хв, а на всі вісім шпильок буде 0,06×8=0,48хв.
$T_в$ на змащення 0,074 хв.
$T_в$ на живлення 0,07 хв.

6.8.1. Хід 5. $T_д$ = 0,36 хв. 5 балів

6.8.2. Хід 6. Час загортання однієї гайки 1 ряду = 0,55 хв,
гайки 2 ряду = 0,35 хв. 5 балів

6.8.3. – 6.8.4. Хід 7. Час збирання гайок 1 ряду = 1,32 хв.
Час збирання гайок 2 ряду = 1,12 хв. 5 балів

6.8.5. Хід 8. $T_о$ для П2 (1 ряд) = 5,28 хв;
$T_о$ для П2 (2 ряд) = 4,48 хв. 5 балів

6.8.6. Хід 9. $T_о$ для П8 (1 ряд) = 5,28 хв;
$T_о$ для П8 (2 ряд) = 4,48 хв. 5 балів

6.8.7. Хід 10. $\Sigma T_о$ = 20,24 хв. 5 балів

6.8.8. Хід 11. $\Sigma T_д$ = 1,2 хв. 5 балів

6.8.9. Хід 12. $\Sigma T_{оп}$ = 21,44 хв. 5 балів

6.8.10. Хід 13. $T_{шт\text{-}к}$ = 23,58 хв. 5 балів

6.9.11. Порівняємо $T_{шт-к}$ із $T_{вип}$: $\frac{23,58}{10} \cong 2,4$, тобто потрібно мати три робочих місця збирання з коефіцієнтом $\eta \cong 0,8 = 80$ %.

Сума балів 65.

Якщо $T_{шт-к} > T_{вип}$, то K=0,8, тобто 65×0,8=52 бали.

Дякуємо за гру!

Список використаних джерел

1. Викторова К. М. Роль ігрових технологій у формуванні загальних та професійних компетенцій учнів / К. М. Викторова, М. А. Ткачук // Освіта, кар'єра, суспільство, 2016. – № 4–1. – С. 80.

2. Дзюба М. В. Математична гра як один із засобів розвитку творчих здібностей, контролю знань та умінь під час занять з дисципліни "Вища математика" в авіаційному коледжі / М. В. Дзюба // Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірка наук. праць XI МНМК, 13–14 листопада 2019 р., м. Краматорськ / Краматорськ : ДДМА, 2019. – С. 67–70.

3. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т. Т.2 / За редакцією А. Г. Косилової та Р. К. Мещерякова. – Машинобудування, 1986. – 496 с.

4. Кремнев Г. П. Методи механічної обробки на універсальних верстатах : навчальний посібник / Г. П. Кремнев, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх. – Дніпро: ЛІРА, 2019. – 221 с.

5. Кремнев Г. П. Системи технологій : навчальний посібник / Г. П. Кремнев, Ф. В. Новіков, В. М. Колесник. – Дніпропетровськ: ЛІРА, 2015. – 140 с.

6. Кремнев Г. П. Технологічні ігри у навчальному процесі / Г. П. Кремнев / Фізичне виховання, безпека життєдіяльності і сучасні технології виробництва : збірник тез доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції (електронне видання), 12 березня 2026 року / за заг. ред. А. А. Івашури. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2026. С. 243–247.

7. Наддачин В. Б. Методи виробництва заготовок у машинобудуванні : навчальний посібник / В. Б. Наддачин; Одес. нац. політехн. ун-т. – Одеса : Інтерпрінт, 2017. – 264 с.

8. Новицька Л. І. Шляхи підвищення ефективності навчання студентів розв'язувати прикладні задачі. Збірка наук. праць / Л. І. Новицька. – Вип. 15. – К., 2007.

9. Раф Костер. Теорія розваг для ігрового дизайну. – ArtHuss. 2023. – 219 с.

10. Системи технологій : навчальний посібник / В. М. Гриньова, П. Д. Дудко та ін.; за ред. П. Д. Дудко, А. Г. Крюка. – Харків : Вид. ХДЕУ, 2003. – 292 с.

11. Технологія машинобудування : підручник / П. П. Мельничук, А. І. Боровик, П. А. Лінчевський, Ю. В. Петраков. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 882 с.

12. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навчальний посібник / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М. Кук, Є. М. Махоркін, В. П. Свізінський; За ред. І. І. Юрчишина. – Львів: Вид-во Національного університету "Львівська політехніка", 2009. – 528 с.

13. Технологія обробки типових деталей : навчальний посібник / Г. П. Кремнев, В. М. Колесник, Ф. В. Новіков, І. О. Рябенков. – Харків: Вид. "С.А.М.", 2014. – 156 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

14. Гурина С. Н. Ігрові технології, сутність та функції гри. [Електронний ресурс] / С. Н. Гурина. Режим доступу: https://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/materialy-mo/2015/01/01/statya-igrovye-tekhnologii-sushchnost-i-funktsii-igry

Зміст

	Про ігри (від автора Кремнева Г. П.)…….…….	3
1	Залучення до гри……..……..……..……...	10
2	Технологічні ігри…….…..……	18
2.1.	Систематичні помилки…….……...	18
2.2.	Випадкові помилки…….…..…….	24
2.3.	Заготовки – порізка прокату…..……...……	31
2.4.	Гарячі штампування…….…….…….....	47
2.5.	Виливки……..……	56
2.6.	Технологічність…….……...	62
2.7.	Режим різання…….……..…….	71
2.8.	Норма часу…….….....	81
2.9.	Складання: як швидко закрутити шпильки та гайки?.....	89
	Список використаних джерел…….…….	101

Навчальне видання

Георгій Петрович Кремнев
Валерій Борисович Наддачин
Федір Васильович Новіков

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІГРИ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск **Кремнев Г. П.**

В авторській редакції

Обкладинку підготувала Горбунова Валерія Володимирівна

Підп. до друку 05.10.2026 р.
Формат 60х84/16. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 6,05.
Наклад 150 пр. Заказ № 157.

Видавництво та друкарня ПП "Ліра ЛТД"
49107, м. Дніпро, вул. Наукова, 5
Свідоцтво про внесення до Держреєстру
ДК № 6042 від 26.02.2018.