

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
на тему:

«Дослідження умов утворення стружки при роботі протяжного інструмента
з розробкою вдосконалених моделей процесу»

«Research of conditions of formation of cutting waste at operating of the extended
tool with development of improved models of process»

Виконавець: ст. гр. МВ-20М1,9

_____ Олег ЧЕРНЯВСЬКИЙ

Керівник: к.т.н., доц.

_____ Олександр ЛИСЕНКО

Рецензент:

Зав. каф. ММіР

_____ Андрій ГРЕЧКА

Анотація

ЧЕРНЯВСЬКИЙ Олег. Дослідження умов утворення стружки при роботі протяжного інструмента з розробкою вдосконалених моделей процесу. Випускна кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «магістр»: ЦНТУ, 2022. – 94 с.

В кваліфікаційній магістерській роботі досліджені умови утворення стружки при роботі протяжного інструмента шляхом моделювання процесу різання методом скінчених елементів. За результатами досліджень вдосконалена конструкція збірної різальної протяжки для обробки отворів у деталях із сталі 10ГН та отримано ряд патентів на корисні моделі. Передбачуваний річний економічний ефект від впровадження розробленого інструмента у виробництво складає біля 7500 грн.

Актуальність: Проведені дослідження процесу різального протягування деталі із сталі 10ГН з використанням програмного комплексу DEFORM 2D/3D дозволили підійти до раціонального використання протяжного інструмента та початкових геометричних параметрів його робочої частини.

Практичне значення:

- вдосконалена конструкція збірної різальної протяжки для обробки отворів деталей із пластичних матеріалів;
- виконане техніко-економічне обґрунтування доцільності використання вдосконаленої конструкції інструмента.

Ключові слова: Різальна протяжка, метод скінчених елементів, різальний клин

Summary

Chernyavsky Oleg. Research of conditions of formation of shaving at work of the extended tool with development of improved models of process. Graduation thesis for the educational degree "Master": CNTU, 2022. - 94 p. Presentation materials 10 slides.

In the qualification master's thesis the conditions of chip formation during the operation of a long tool by modeling the process of cutting by the finite element method are investigated. According to the results of research, the design of prefabricated cutting broach for machining holes in 10GN steel parts has been improved and a number of utility model patents have been obtained. The estimated annual economic effect from the introduction of the developed tool into production is about UAH 7,500.

Relevance: Studies of the process of cutting drawing of steel parts 10GN using the software package DEFORM 2D / 3D allowed to approach the rational use of the drawing tool and the initial geometric parameters of its working part.

Practical meaning:

- The improved design of a combined cutting broach for processing of openings of details from plastic materials;
- Feasibility study of the expediency of using the improved design of the tool is performed.

Key words: Cutting broach, finite element method, cutting wedge

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. АНАЛІЗ ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ	5
1.1. Характер розміщення стружки у стружковій канавці при внутрішньому протягуванні.....	5
1.2. Залежність форми витка стружки при протягуванні від умов обробки	9
1.3. Вплив методів поділу стружки на умови її розміщення у стружкових канавках.....	12
1.4. Процес формування стружки у стружковій канавці.....	17
2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТІВ	20
2.1 Початкові параметри для розрахунку	20
2.2 Методика побудови моделей	21
3. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОТЯГУВАННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗБІРНИХ ПРОТЯЖОК ДЛЯ ОБРОБКИ КРУГЛИХ ОТВОРІВ	25
3.1. Жорсткість різального клина	25
3.2 Результати моделювання	37
3.3 Характеристика запропонованої схеми різальної протяжки для обробки високопластичних сталей	45
3.4. Висновки	54
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ	57
4.1. Розрахунок основних техніко-економічних показників	57
4.2. Розрахунок показників економічної ефективності	66
4.3. Організаційно-планові розрахунки	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Підвищення продуктивності праці та якості продукції, що випускається, з одночасним зниженням її собівартості [9] є одним з основних завдань, що стоять перед металообробною промисловістю.

Процес протягування є одним з методів обробки, що відповідає цим вимогам. Ріжучі інструменти, що застосовуються при цьому, забезпечують отримання виробів з точними розмірами (до 2 класу) і з досить низькою шорсткістю ($R_z < 20$ мкм) обробленої невисокої поверхні під час використання робітників низької кваліфікації. Тому вивченню протягування у нашій країні приділяється багато уваги.

Основні дослідження процесу протягування виконали відомі вчені: А.В. Щеголев [36], Д.К. Маргуліс [21-23], Г.І. Грановський [9], В.Ф. Бобров [3,4] та інші. У результаті були створені методики розрахунку та конструювання ріжучих протяжок, розроблені різні схеми протягування, що сприяло інтенсивному впровадженню цього інструменту у виробництві.

Однак, низка питань, пов'язаних з ріжучим протягуванням, є нині не вирішеним до кінця або спірним.

Усі перелічені роботи присвячені вивченню процесу протягування звичайних сталей і чавунів і розрахунку інструменту цих процесів. Нині у літературі, зокрема, відсутні дані з обробки протягування високопластичних маловуглецевих легованих сталей типу 10ГН та інших, хоча деталі з них знаходять все більше застосування в техніці.

Поєднання високої міцності і пластичності сталей типу 10ГН викликає в процесі різання інтенсивне наростоутворення, велику усадку стружки, тужавіння і несприятливі явища, що призводять до заклинення стружки в стружкових канавках протяжки, погіршенню шорсткості обробленої поверхні і зниженню стійкості інструмента, а іноді і до руйнування протяжки. Вказані несприятливі явища, що виникають при обробці в'язких сталей та інших високопластичних сталей, посилюються і недосконалістю відомих конструкцій протяжок. Відносно малі передні кути (до 15°), наявність

стружкороздільних канавок і викружок призводить не тільки до більш інтенсивного місцевого зносу, але і до появи на стружці потовщень, що значно погіршують процес формування стружки в стружкових канавках і негативно позначається на якості обробленої поверхні і стійкості ріжучого інструмента.

Спроби обробити деталі із цієї та інших пластичних сталей звичайними протяжками не дали позитивних результатів.

Запропонована робота присвячена актуальній проблемі – дослідженню основних напрямків підвищення оброблюваності термооброблених високопластичних сталей в зонах низьких швидкостей різання (до 0,5 м/сек).

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження умов утворення стружки при роботі протяжного інструмента з розробкою вдосконалених моделей процесу протягування в'язких сталей типу 10ГН.

У процесі виконання роботи вирішувалися такі завдання:

- 1) Огляд літературних джерел згідно поставленої теми;
- 2) Розробка методик дослідження і вивчення взаємозв'язку явищ при обробці в'язких сталей методом кінцевих елементів;
- 3) Дослідження умов утворення злівної стружки під час взаємодії різального клину зубця протяжки та оброблюваної поверхні;
- 4) Дослідження навантажень на різальний клин зубця протяжки;
- 5) Розробка рекомендації щодо вдосконалення протяжного інструменту для обробки в'язких сталей.

1. АНАЛІЗ ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Характер розміщення стружки у стружковій канавці при внутрішньому протягуванні

На відміну від інших способів обробки різанням при ріжучому протягуванні стружка не має вільного виходу і розміщується в стружковій канавці інструменту до закінчення операції. Тому оптимальне розміщення стружки в стружковій канавці, вибір раціональних розмірів цієї канавки та її форми, є однією з головних умов працездатності протяжки. Розміри стружкової канавки характеризуються глибиною западини h і величиною кроку зуба t .

Співвідношення цих величин повинні обиратися, виходячи з обсягу та виду стружки, знятої під час протягування. Більший, ніж це необхідно, обсяг стружкової канавки, призводить до непотрібного збільшення довжини протяжки, до необхідності застосування комплекту протяжок замість однієї або послаблення міцності інструменту. Недостатній об'єм канавки призводить до заклинювання стружки в канавці, погіршення якості обробленої поверхні (вириви, задирки), до зростання сили протягування і, як наслідок - до розриву протяжки.

Питання про вільне розміщення стружки у стружковій канавці досліджувався багатьма авторами [1-5, 7, 8, 9, 15, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28]. А. В. Щеголев [36] під коефіцієнтом заповнення канавки K розуміє відношення об'єму знятої стружки до об'єму шару металу, який перетворився на стрічку, причому, K завжди має бути більше одиниці. Для спрощених розрахунків автор пропонує відношення обсягів канавки та стружки замінити відношенням площі активної частини канавки F_α до площі поздовжнього перерізу стружки F_c :

$$\frac{Fa}{Fc} = \frac{\pi h^2}{4\alpha L} \geq K_{\min} \quad (1.1)$$

Чим щільніше стружка скручується у виток, тим меншим може бути прийнятий коефіцієнт K . Аналізуючи формулу, ми бачимо, що глибина стружкової канавки залежить від товщини зрізу до довжини протягування L та коефіцієнта заповнення канавки K .

Грановський Г.І. [8] пропонує розрахункові умови на розміщення зрізуваної стружки в обсязі канавки на підставі умовної вміщуваності в межах активної площі перерізу западини валика радіусом R_c , згорнутій у спіраль деформованої по довжині і товщині зрізаної стружки.

Цю умову він виражає рівнянням:

$$\frac{R}{R_c} \geq 1 \quad (1.2)$$

де R – радіус закруглення западини між зубцями.

Автор вважає, що при нормальному стружкоутворенні зрізана стружка деформована в поздовжньому і поперечному напрямі, звивається в архімедову спіраль.

Пропонована розрахункова умова $R_c < R$ буде виконуватись у тому випадку, якщо сумарна довжина спіралі буде більшою або, у крайньому випадку, дорівнювати довжині деформованої стружки, зрізаної з поверхні деталі довжиною L мм. Розрахункова умова буде мати вигляд:

$$\frac{\pi r^2}{\gamma * a} \geq \frac{Ka}{Kl} \quad (1.3)$$

де: K_L – коефіцієнт поздовжньої усадки стружки,

K_α – коефіцієнт поперечної усадки стружки, рівний відношенню $\frac{a_0}{a_c}$; де φ – коефіцієнт, що враховує наявність деякого зазору між окремими витками деформованої стружки.

Бобров В.Ф. [3, с. 44-47] уточнив метод Грановського Г.І. На підставі експериментально отриманих даних про значення коефіцієнтів усадки тонких стружок він вніс у рівняння (3) наступні поправки.

По перше, в момент повного заповнення западини стружкою окремі витки стружки настільки щільно прилягають одна до одної, що немає необхідності вводити коефіцієнт φ . Замість цього коефіцієнта В.Ф. Бобров застосував коефіцієнт поперечної усадки K_α .

По друге, оскільки коефіцієнт поперечної усадки залежить від товщини зрізу, а отже і підйому на зуб протяжки, то в розрахунковому вираженні K повинен бути не постійною величиною, а деякою функцією товщини зрізу.

Бобров В.Ф. [3] вважає, що між витками стружки є зазори, які слід враховувати запровадженням коефіцієнта щільності згортання стружкового валика, рівного 1, 1-1, 1-2.

Єрємін А.М. [11] як критерій, що характеризує зміну обсягу металу при його перетворенні на стружку приймає об'ємний коефіцієнт K . Цей коефіцієнт повинен показувати, скільки разів об'єм зайнятий стружкою, став більше об'єму металу перетвореного в стружку і пропонує наступне:

$$K = \frac{V_c}{V_m} \quad (1.4)$$

де V_c – об'єм, зайнятий стружкою,

V_m – об'єм метала стружки.

Критеріями визначення моменту заповнення завитком стружкової канавки автор вважає погіршення якості обробленої поверхні з моменту

припинення нормального утворення стружки, що викликано зміною характеру деформації стружки, та припинення ковзання витка стружки у западині зуба. Це означає, що стружка ущільнена до краю і не може зайняти при збереженні умови її нормальної деформації обсяг, менший, ніж вона займає. Автор вважає, що зливна стружка, яка дає завиток, заповнює не весь об'єм, а тільки її так звану робочу (активну) частину залишаючи надлишковий об'єм незаповненим.

Аналізуючи запропоновані методи, ми можемо, незважаючи на можливі відмінності, знайти в них спільне.

Автори [3, 8] у своїх рівняннях враховують розширення стружки, тому що при обробці пластичних матеріалів розширення стружки не значне, його можна не враховувати.

А.В. Щеголев [36] висловлював припущення, що «характеристикою усадки стружки, достатньої для правильного рішення питання про розміщення стружки у стружкових канавках протяжки, може слугувати коефіцієнт усадки стружки». (Під коефіцієнтом усадки стружки він розумів величину протилежну усадці, тобто $\frac{1}{\xi}$).

У роботах [2, 8, 9, 29, 30] автори роблять висновок, що на діаметр завитка головним чином впливає оброблюваний матеріал та товщина зрізу. Д.К. Маргуліс [21-23] вважає, що при обробці пластичних матеріалів сталева стружка утворює спіраль, розміри якої залежать від властивостей матеріалу, товщини зрізу, величини переднього кута та форми стружкової канавки, глибину якої він рекомендує брати більше або рівній радіусу завитка стружки. У роботі [27] також пропонується при розрахунку стружкової канавки враховувати передній кут, товщину зрізу та оброблюваний матеріал.

1.2. Залежність форми витка стружки при протягуванні від умов обробки

Велике значення для сприятливого розміщення стружки має форма витка стружки. При обробці пластичних матеріалів спостерігається два випадки утворення витка стружки (рис. 1.1).

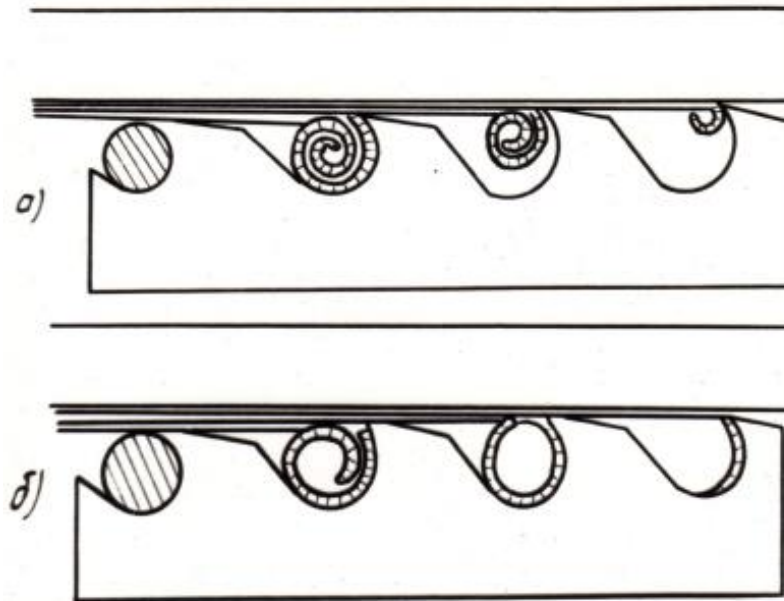


Рисунок 1.1 – Схеми утворення стручкового валика при обробці протягуванням пластичних матеріалів

Автори [7,19, 20, 27,28, 30] зазначають, що у першому випадку (рис. 1.1, а) на утворений виток стружки малого діаметра, намотується стружка, що знімається, збільшуючи, у міру просування інструменту, діаметр валика стружки. Стружкоутворення відбувається доти, поки діаметр стружкового завитка не стане рівним величині стружкової канавки.

Після цього починається примусове стружкоутворення за рахунок зменшення зазору між витками, проте щільного примикання витків не відбувається. Подальше розміщення стружки у канавці відбувається при різкому зростанні сил різання.

Щільність валика зі сталі 45 автор роботи [9] пропонує визначати з виразу:

$$\xi = (12,8 - 0,35\gamma - 21\alpha_z + 0,4U) * K_\xi \quad (1.5)$$

де: K_ξ – коефіцієнт, що враховує вплив змащувально-охолоджувальних рідин.

γ – передній кут у градусах,

α_z – товщина зрізу в мм,

U – швидкість різання м/хв.

Інша форма витка стружки під час протягування (рис. 1.1, б) характерна тим, що з самого моменту утворення витка стружка рухається по передній поверхні. Згортання стружки здійснюється радіусною поверхнею канавки і оброблюваною поверхнею. Така форма витка ускладнює стружкоутворення і супроводжується, як правило, збільшеними силами протягування. Форму, витка, що утворюється, автори [7, 8] ставлять у залежність від товщини зрізу, усадки стружки і властивостей оброблюваного матеріалу.

У роботі [27] для визначення об'єму стружкової канавки, пропонується враховувати не тільки усадку стружки, товщину зрізу, але й форму стружкового валика, який на їхню думку значною мірою залежить від переднього кута.

Горецька З.А. [7] вважає, що для будь-якої товщини зрізу існує свій, природний, радіус завивання ρ , величина якого повинна бути пов'язана з характером пластичних деформацій та тертя. При $R > \rho$ (де ρ - радіус закруглення западини біля передньої поверхні, мм) має місце завивання стружки за схемою 1.1а. При $R < \rho$ стружка завивається примусово, схема 1.1, б. При завиванні за схемою 1.1б автор [7] вважає, що стружка розмічається більш економічно, ніж за схемою 1.1, а.

Для однієї і тієї ж товщини шару, що знімається, стружка може завиватися як вільно (рис. 1.1, а), так і примусово (рис. 1.1), залежно від розмірів западин зуба.

Якщо у ранній своїй роботі [25] Пронкін Н.Ю, вважає, що розміщення зрізаної стружки у западині залежить від площі поздовжнього перерізу стружки, усадки та щільності згортання витка (при умові вільного стружкоутворення при обробці жаростійких і титанових сплавів, приймаючи рівними коефіцієнти поздовжньої та поперечної усадки стружки, запропоноване ним рівняння набуде вигляду рівняння (1), то у роботі [22] він пропонує теоретичне рівняння для визначення радіуса завитка стружки. Відповідно до цього рівняння, радіус завитка стружки залежить від товщини зрізу, переднього кута, радіуса округлення ріжучої кромки, кута ϕ і механічних характеристик матеріалу. Це рівняння є єдиним теоретичним рівнянням для розрахунку радіуса завитка стружки на цей час.

Однак розрахункова схема, яка використовується при виведенні цього рівняння, на жаль, не позбавлена недоліків і вимагає доопрацювання. Вона абсолютно не враховує процесів тертя, які відбуваються в зоні контакту різця зі стружкою, процес різання автором поділений на ряд процесів, таких як деформація елементів стружки, яка зрізається і зміщується по площині зсосу, що не зовсім відповідає загальноприйнятій думці [1, 4, 11, 13, 17]. Аналізуючи роботи, присвячені дослідженню питання заповнення стружкою стружкових канавок можна відмітити, що найбільш досконалими, на наш погляд, є висловлювання авторів [19, 20, 26], які ставлять діаметр завитка в залежність від таких факторів, як вид обробного матеріалу, товщина зрізу, величина переднього кута, форми стружкової канавки.

В висловлюваннях авторів зустрічаються розбіжності з приводу вибору критерію для визначення критичної довжини протягування, тобто довжини різання при досягненні якої припиняється нормальний процес стружкоутворення, а продовження процесу різання супроводжується додатковими деформаціями витка стружки. Так, у працях

[2, 5, 21, 22, 23 та ін.] критична довжина протягування (момент заповнення канавки) визначалася візуально або за допомогою кінофотоапаратури. За критичну довжину приймали шлях, пройдений різцем до моменту деформації валика стружки. Недоліки цього методу очевидні: це складна апаратура – для методу кінозйомки, а для фотометоду (він застосовується найчастіше) – це малі швидкості різання і відносно невисока точність.

Необхідно зазначити, що ряд авторів [22, 28 та ін.], досліджуючи питання стружкозавивання, відмічали в момент заповнення стружкової канавки збільшення шорсткості обробленої поверхні, а автори [21, 23, 27] окрім того відмічали збільшення сили протягування. На наш погляд, використання зміни цих параметрів при досяганні критичної довжини протягування послужить основою створення нової методики визначення критичної довжини з допомогою стандартного обладнання, тобто шлейфового осцилографа, профілографа-профілометра ВЭИ-Калібр мод. 201, а в заводських умовах визначати критичну довжину візуально за погіршенням оброблюваності або за зростанням навантаження верстата. Швидкість різання при використанні цього методу не обмежується. Виходячи з вищесказаного можна сказати, що створення однієї певної методики визначення критичної довжини протягування, із застосуванням широко використовуваних приладів та обладнання, рекомендація надійних критеріїв заповнення стружкової канавки дозволило б утворення більш чітких рекомендацій з розрахунку і конструювання протягнутого інструменту, що сприяло б збільшенню надійності і стійкості протягнутого інструменту, підвищенню продуктивності процесу протягування.

1.3. Вплив методів поділу стружки на умови її розміщення у стружкових канавках

Стружка, яка утворюється при протягуванні круглої протяжки з чорновими зубцями без стружкороздільних канавок, представляє собою

замкнуті кільця, погано згортається, рветься в найбільш напружених місцях і набуває таку форму, що її неможливо нормально розмістити в стружковій канавці. Зріз таких кільцевих стружок призводить до вібрацій в системі станок-пристрій-інструмент-заготовка, незадовільної якості обробленої поверхні і часто до поломки протяжок.

Щоб виток стружки міг вільно завіватись у спіраль і легко розміщуватись в стружковій канавці, її периметр ділять на окремі ділянки невеликої ширини. Спосіб поділу периметра стружки визначає конструкцію протяжок. Ширина стружки при будь-якому способі її поділу по периметру повинна бути такою, щоб запобігти деформації витка. Рациональна ширина ріжучого сектора або довжина ріжучої кромки для протяжок з діаметром калібруючих зубів $D_k \leq 100 \text{ мм}$ може бути вибрана в співвідношенні з формулою

$$B = (1,0 \div 1,3)\sqrt{D}, \quad (1.6)$$

де B – довжина ріжучої кромки зуба, мм;

D – діаметр зуба, мм.

Якщо $D > 100 \text{ мм}$, то $B = 10 \div 12 \text{ мм}$

Зрізання замкнутих кілець стружки призводить до низької якості поверхні і збільшенню сумарної сили протягування, ускладнює видалення кільця стружки зі стружкової канавки. Сталеві крючки, які застосовуються в цих випадках для звільнення протяжки від такої стружки, часто пошкоджують ріжучі кромки.

У протяжок, які мають підйом на кожен зуб, поділ стружки по її периметру виробляють за допомогою вузьких неглибоких стружкороздільних канавок. Канавки розміщують на всіх чорнових і чистових зубцях у шахматному порядку, так щоб канавки попереднього зуба перекривались

суцільними ділянками ріжучої кромки наступного. Відстань між канавками одного зуба протяжки 5-12 мм.

Стружкорозділювальна канавка залишає незрізаним вузький шар металу, що є своєрідним ребром жорсткості, у якого висота трохи більше товщини стружки. Останнє пояснюється тим, що шар металу, який утворює ребро жорсткості в процесі різання, не може збільшуватись по ширині, так як він обмежений з обох сторін бічними поверхнями канавки. У зв'язку з цим ребро жорсткості потовщується більше, ніж інші ділянки стружки. Виміри стружок показали, що висота ребра жорсткості збільшується за рахунок деформації при згортанні стружки.

Метал ребра жорсткості має більшу твердість порівняно з іншими ділянками стружки. Підвищення мікротвердості на бічних поверхнях ребра відносно мікротвердості власне стружки доходить до 200% і вище. При протягуванні заготовки зі сталі 20 ХНЗА глибина зміцнення доходила до 0,4-0,5 мм при ширині стружкорозділювальної канавки 2 мм і товщині зрізаного шару 0,12 мм. Володіючи більшою товщиною порівняно зі стружкою і більшою твердістю, ніж решта її маси, ребро жорсткості сильно перешкоджає згортанню стружки в компактний виток. Ускладнене згортання стружки з ребром жорсткості призводить до збільшення діаметра її витка. Великий габаритний розмір витка, в свою чергу, викликає необхідність виконання стружкових канавок протягування великого розміру, чим послаблює тіло протягування і збільшує його довжину.

Саме через це коефіцієнти місткості стружок, рекомендовані низкою авторів, мають занадто велике значення. Так, наприклад, рекомендований коефіцієнт місткості для протягування сталі досягає восьми. Збільшення коефіцієнта місткості викликається також прагненням конструкторів забезпечити надійне випадіння стружки з канавки після виходу зуба протяжки із заготівлі. Це пояснюється тим, що при наявності ребра жорсткості зрізана стружка з самого початку утворення витка згортається не із зазором між поверхнею, що обробляється і поверхнею стружкової

канавки, як це вимагається, а щільно притискаючись до останньої. Такі стружки найчастіше застряють в стружкових канавках, особливо якщо зуб протяжки має прямолінійну спинку. Для досягнення потрібного коефіцієнта місткості збільшують глибину стружкових канавок або зменшують підйом на зуб протяжки. В першому випадку «послаблюється» тіло протяжки, що, як правило, особливо при протягуванні отворів невеликого діаметра, неприпустимо; у другому випадку подовжується протяжка.

Слід зазначити, що вузькі стружкороздільні канавки властиві не тільки протяжкам, які мають підйом на кожен зуб. У протяжок прогресивного різання поділ стружки проводиться розбивкою ріжучої кромки зуба по периметру на ріжучі сектори; ці сектори часто мають велику довжину (частіше на останніх зубцях ріжучих кромок секцій) і тому з'являється необхідність поділу стружки в межах самого ріжучого сектора. Це додатковий поділ виробляється нанесенням на ріжучі сектори таких же стружкороздільних канавок, як і на протяжках, які мають підйом на кожен зуб. Тому одночасно з вузькими канавками протяжки прогресивного різання набувають і всі відповідні останнім негативні властивості.

Опір згортанню ребра жорсткості та решти стружки різний, тому стружка розривається, ребро зсувається відносно більш тонкої її частини і, відірвавшись, дещо розпрямляється. Це призводить до збільшення радіуса витка, прилипанню метала стружки до поверхні стружкової канавки і появи глибокої повздовжньої подряпини на протягуваній поверхні. Ця подряпина з'являється у місті відділення ребра жорсткості від основного метала стружки, а глибина її часто настільки велика, що навіть після зняття всього припуску її не вдається видалити, особливо при обробці заготовок із взятих сталей.

В круглих протяжках змінного різання поділ стружки виробляється виконаними по дузі кола широкими викружками, які мають задній кут по всьому профілю. При такому способі поділу стружки прорізні і зачищаючі зуби кожної секції зрізають шар металу однакової ширини. Ширину

викружки, яка визначає довжину стружки, розраховують так, щоб ширина стружки була не більше певного значення, при якому забезпечуються гарні умови для згортання її у виток. При такому поділі стружка не має ребра жорсткості. Товщина її однакова по всьому перерізу і лише біля самих країв може дещо зменшуватись. Завдяки відсутності ребра жорсткості окремі витки стружки більш тісно притискаються один до одного, між ними залишаються дуже малі зазори. Для розміщення їх в канавці треба набагато менше місця, що дає можливість застосувати малі коефіцієнти місткості.

Шар металу, зрізаний зубом, що зачищає, згортається не у виток, який знаходиться в одній площині, а у виток конусоподібної форми (рис. 1.2). Вершина такої конусоподібної стружки направлена всередину шліцевого паза, тобто в сторону від його бічної поверхні.

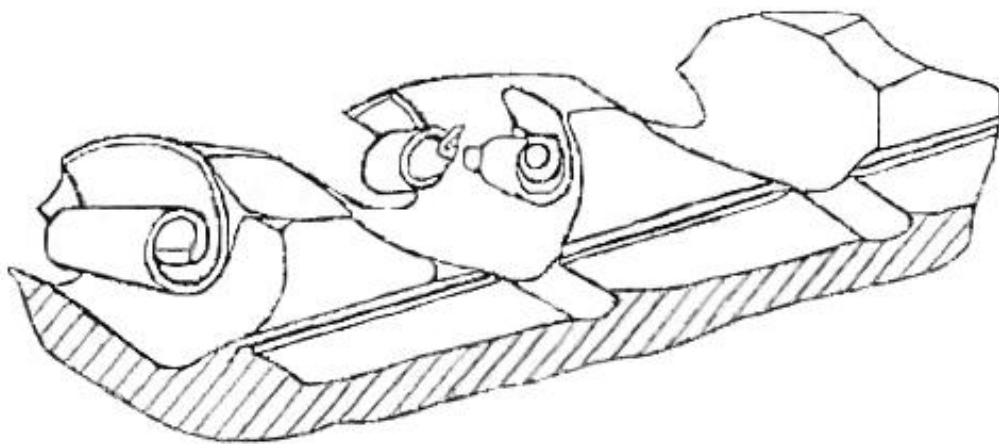


Рисунок 1.2 – Схема утворення конусоподібних витків стружки на зачистному зубі шліцевої протяжки змінного різання

Це значно полегшує умови роботи куточка зуба, який зачищає. Завдяки цьому зачищаючий зуб легко зрізає з бічної поверхні шліца стружку значної товщини. Жорсткість бічних поверхонь шліцевого паза значно зменшується навіть при збільшених подачах на зуб протяжки.

1.4. Процес формування стружки у стружковій канавці

В повздовжньому перетині виток стружки представляє собою спіраль. В залежності від фізико-механічних властивостей сталі, товщини зрізу і переднього кута зуба протяжки витки стружки більш менш щільно примикають один до одного або, навпаки, мають значні зазори між собою. Чим тонкіше стружка, тим щільніше закручуються її витки і менше їх діаметр. Під діаметром витка розуміють найбільший розмір між двома протилежними точками зовнішньої поверхні витка в вільному стані, тобто із всіма зазорами між окремими частинами витка. В процесі різання витки стружки повинні вільно поміщатися в стружковій канавці протяжки, тому глибина їх повинна дорівнювати діаметру витка або трохи менше його в момент виходу зуба протяжки із заготовки. Діаметр витка може бути більше глибини канавки тільки в тому випадку, якщо між окремими витками є достатній проміжок. В цьому випадку виток стружки пружно стиснеться, а при виході зуба протяжки із заготовки розіжметься і випаде із канавки. Великий вплив на розташування витка стружки в стружковій канавці і видаленні її звідти має форма спинки зуба.

Якщо спинка зуба прямолінійна, то виток стружки, торкаючись її, застряє в стружковій канавці. В цьому випадку неминучі втрати часу на очищення протяжки від стружки. Якщо ж спинка зуба виконана по дузі кола, як це передбачено ГОСТ 20364-74 і ГОСТ 20365-74, то стружка безперешкодно випаде із канавок; в цьому випадку очистки протяжок від стружки не вимагається.

Крок зубів повинен бути дещо меншим, так як від нього залежить довжина всієї ріжучої частини протяжки, але при цьому повинно забезпечуватись достатньо вільне розміщення стружки в канавці. Від форми поперечного перерізу стружки залежить коефіцієнт місткості. При її невеликій ширині і однаковій товщині по всьому перерізу стружка укладається у виток меншого діаметра, ніж в тих випадках, коли ширина стружки не відповідає

діаметру протяжки і коли стружка має місцеві потовщення. Найчастіше, чим товще стружка, тим більше діаметр витка. Отже, в першу чергу потрібно забезпечити достатній коефіцієнт місткості для чорнових зубів, які зрізають стружку більшої товщини, ніж чистових. Але і для чистових зубів, які зрізають стружку меншої товщини, не слід зменшувати коефіцієнт місткості. Це пояснюється, по-перше тим, що чистові зуби по мірі повторних заточувань стають перехідними і чорновими і починають зрізати стружку більшої товщини; по-друге, тим, що якщо обраний коефіцієнт місткості, відповідний тонким стружкам чистових зубів, це обумовлює дуже малі площі стружкових канавок і, в першу чергу, малі глибини канавок. Для задовільного розміщення витка стружки в канавці потрібно, щоб глибина стружкової канавки була більша за діаметр витка найбільш товстої стружки, яку зрізає зуб протяжки або дорівнює йому. Стружкові канавки малої глибини і з малим кроком між зубами не бажано застосовувати і тому, що навіть невелике відхилення від заданих розмірів неминуче при виготовленні протяжок може негативно позначитися на розташуванні стружки. При малій глибині стружкової канавки, крім того, важко отримати великий передній кут, необхідний при зрізанні тонких стружок.

При протягуванні заготовок із сталей, алюмінію і міді, які характеризуються отриманням зливної стружки, рекомендується $K = 3$ (допускається $K = 2,5$); при протягуванні заготовок із чавуну і бронзи, які характеризуються отриманням стружки надлому. Рекомендований відсоток місткості стружки $K = 2,5$ (припустимо/допускається $K = 2$); при цьому форма канавки не має великого значення.

Сили, які діють на протяжку, залежать від фізико-механічних властивостей оброблюваного металу, товщини і ширини зрізаних стружок, геометричних параметрів зубів протяжки, змащувально-охолоджуючих рідин, способу поділу стружки та інших факторів. Спосіб поділу стружки по периметру зуба, який визначає конструктивні і геометричні параметри протяжки, впливає на силу тертя, а відтак на сили різання. Наявність великої

кількості допоміжних задніх поверхонь з нульовим заднім кутом (бічні поверхні вузьких стружкороздільних канавок і ріжучих секторів) протяжок з підйомом на кожен зуб і протяжок прогресивного різання обумовлює більші сили тертя на цих поверхнях у порівнянні з протяжками змінного різання. Збільшенню сил тертя на передній поверхні зубів протяжки і відповідно сил різання сприяють ребра жорсткості на стружках, що отримані протяжками перших двох видів.

На сучасному етапі розвитку науки про різання металів не має достовірних теоретичних залежностей для визначення сил різання та протягування. Конструктори і експлуататори протяжного інструмента користуються залежностями, що отримані в результаті експериментів в тих чи інших умовах.

Тому дослідження умов утворення стружки при роботі протяжного інструмента за допомогою методу скінчених елементів з розробкою вдосконалених моделей процесу є актуальним завданням.

2.2 Методика побудови моделей

Межі експериментальних досліджень: Характеристики та режими протягування: $V=1$ мм/с; $t_{\text{ном}}=0,15$ мм. Параметри та характеристики інструменту: різальний елемент зазвичай із швидкорізальної сталі або твердого сплаву виготовляється із швидкорізальної сталі Р6М5, або твердого сплаву групи ВК.

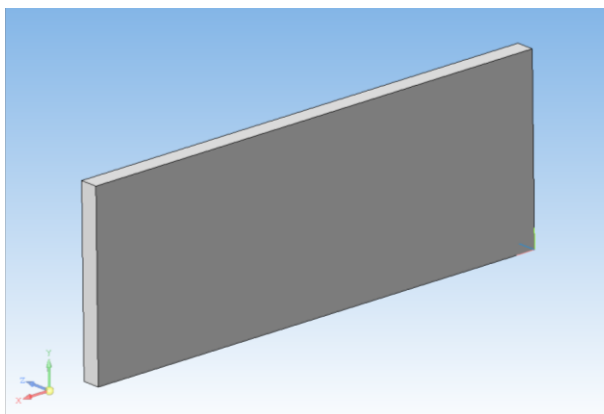
Після рішення завдання, отримані результати виводяться за допомогою модуля виводу результатів розрахунків у вигляді наочних зображень, графіків, епюр, діаграм або табличних даних у форматі Excel.

Згідна завдань роботи нами проведені теоретичні дослідження процесу різання зразків із пластичного матеріалу (сталь 10ГН).

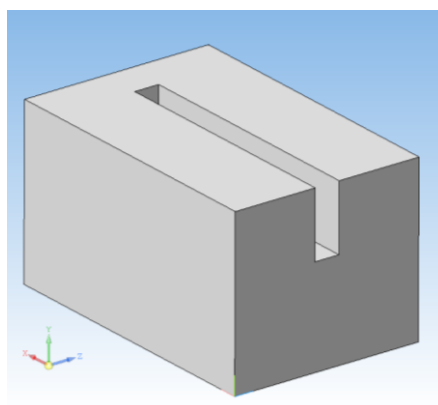
Розглянуто випадок взаємодії одиничного різального елемента та оброблюваної поверхні зразка при монотонному русі різального зубця вздовж поверхні зразка.

Для вивчення взаємодії інструменту та оброблюваної поверхні розроблено та застосовано методику, яка полягає у наступному. Дослідний зразок у формі вузького сегмента стінки деталі (див. рис. 2.2, *а*) вільно встановлюється на опорній плиті 3 (рис. 2.2, *б*), яка жорстко закріплена. Перед дослідним зразком на невеликій відстані знаходиться різальний елемент (рис. 2.2, *в*), геометричні розміри якого забезпечують потрібну глибину різання та кут різального клину.

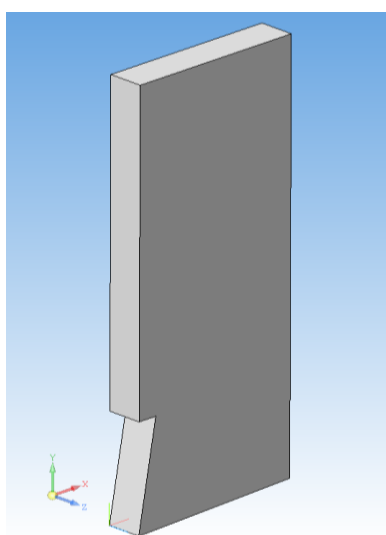
Схему обробки зразків наведено на рис. 2.3. Робочий рух інструмента задається його монотонним повздовжнім переміщенням скрізь вздовж оброблюваної поверхні, яка спирається на нерухому основу.



a)



б)



в)

Рисунок 2.2 – а) дослідний зразок; б) опора; в) різальний елемент

Розглянуто різні варіанти взаємодії різального клину та обробленої поверхні в залежності від кута різального клина робочого елемента. У процесі теоретичного дослідження як постійні параметри були використані: довжина оброблюваної поверхні ($L=30$ мм) та ширина сегменту оброблюваного отвору ($B=3$ мм), а також швидкість протягування елемент ($V=1$ мм/сек); припуск на обробку ($S=0,15$ мм); матеріал втулки (відповідно, сталь 10 ГН).

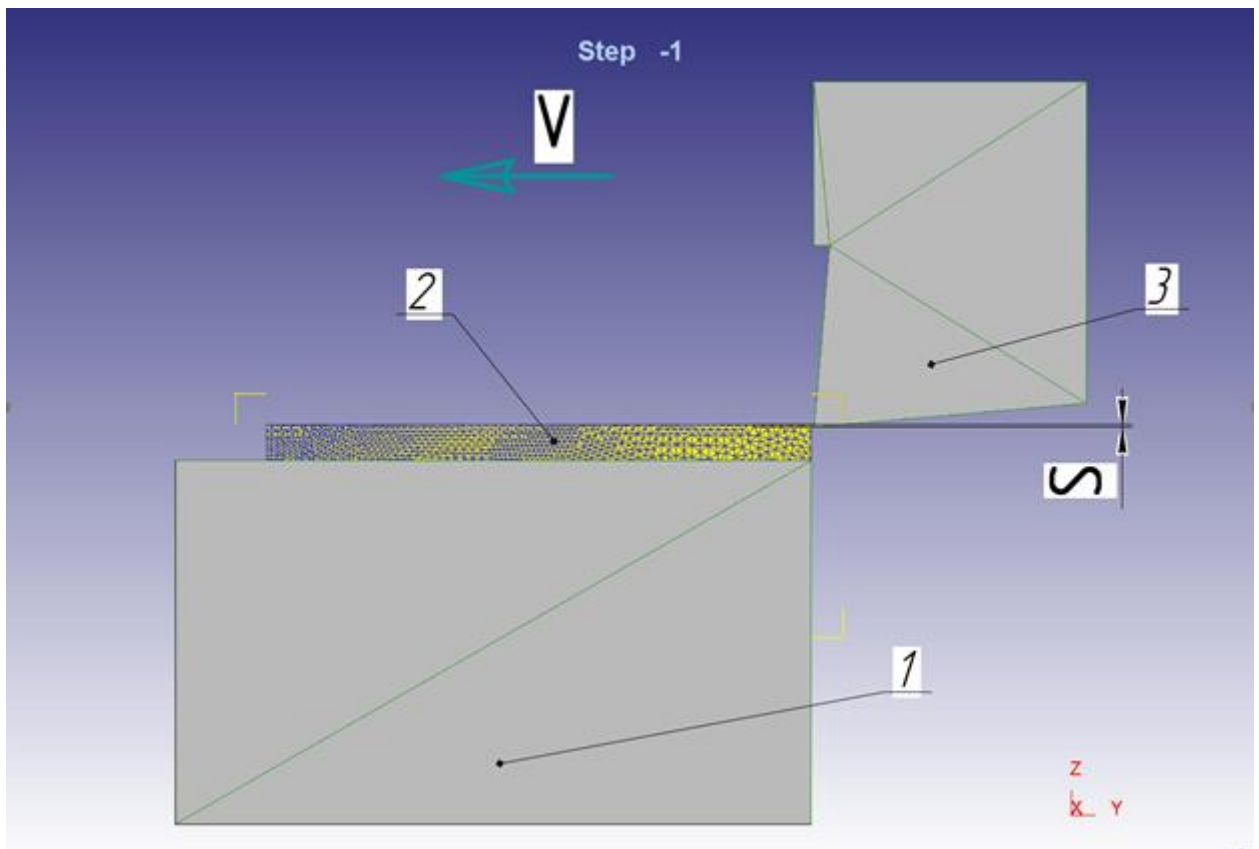


Рисунок 2.3 – Схема обробки: 1 – основа з пазом; 2 – дослідний зразок (нескінченно малий сегмент стінки оброблюваної деталі); 3 – різальний елемент (нескінченно малий сегмент циліндричного різального зубця протяжки).

Змінними параметрами є величина кута різального клину робочого елемента ($\alpha=5, 10, 15, 20, 25, 30^\circ$).

Модуль пружності і коефіцієнт Пуассона для досліджуваного матеріалу наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Матеріал	Модуль пружності Е, Па	Коефіцієнт Пуассона
Сталь 10ГН	206754	0,31

Криву зміцнення досліджуваного матеріалу [47] показано на рис. 2.4

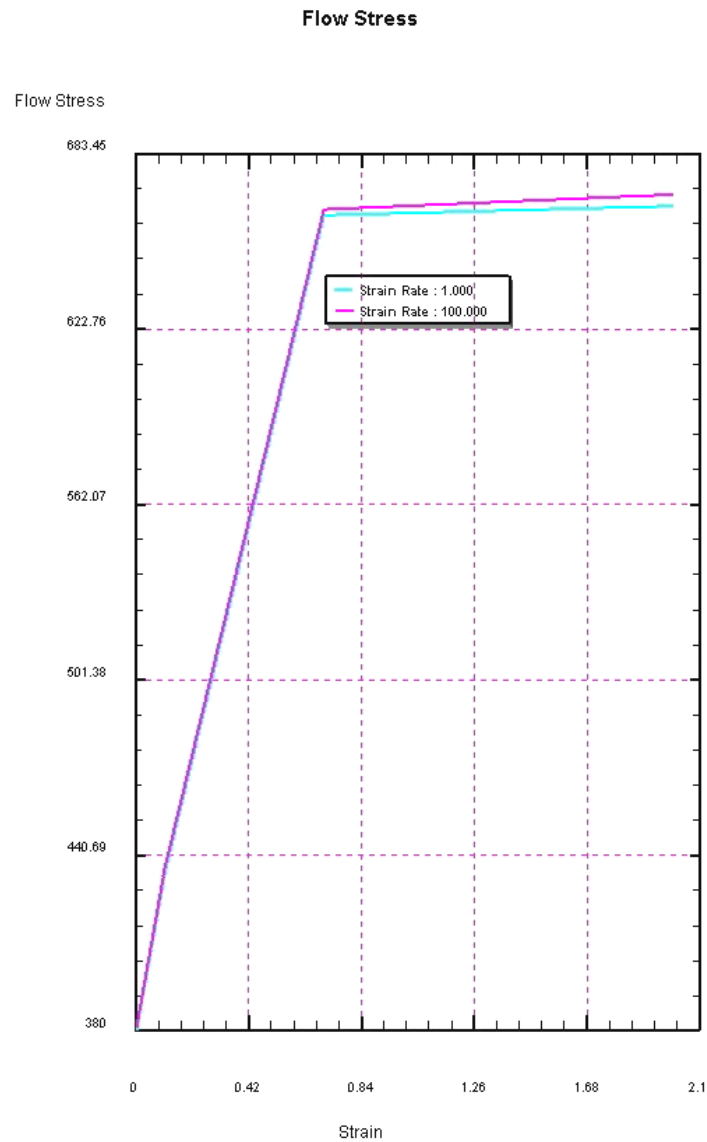


Рисунок 2.4 – Крива зміцнення сталь 10ГН

Обробка проводиться одним різальним елементом. Об'єктом дослідження є інтенсивність напружень на оброблюваній поверхні у зоні характерних точок та формоутворення валику стружки перед різальним клином інструмента.

3. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОТЯГУВАННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗБІРНИХ ПРОТЯЖОК ДЛЯ ОБРОБКИ КРУГЛИХ ОТВОРІВ

3.1. Жорсткість різального клина

Попередньо [18,26] було встановлено, що при обробці високопластичної сталі типу 10ГН, збільшення переднього кута до 30-40° дозволяє значно зменшити усадку стружки, сили різання, підвищити якість обробленої поверхні та стійкість інструмента. Надмірне ж збільшення переднього кута приводить до втрати жорсткості різального клина. Пружні відхилення різального клина в процесі різання від його статичного положення викличуть зміну дійсної товщини зрізу, дійсних передніх і задніх кутів, що не може не вплинути на характеристики процесу стружкоутворення, точність обробленого отвору, жорсткість обробленої поверхні та стійкість різального інструменту. Дослідження жорсткості різального клина має велике значення, особливо у зв'язку зі створенням нових конструкцій збірних високопродуктивного протяжного інструмента для обробки точних отворів у деталях, що виготовляються насамперед з високопластичних сталей.

Нами запропоновані розрахунки клина різального інструменту стосовно до кільцевих зубців різальної протяжки, насаджених на циліндричний стрижень. На рис. 3.1 наведена розрахункова схема для такого випадку роботи інструмента.

Основою для вибору схеми послужили передумови, викладені в [29]. Для спрощення розрахунків сили різання P_z і P_y наведені до системи координат Z_1Y_1 та представлені силами P_{z1} і P_{y1} . При цьому прийняті наступні допущення: різальний клин у радіальному перетині являє собою балку змінного перетину (рис. 3.2); через значну різницю між шириною

контакту стружка з передньою поверхнею і висотою зубця ухвалюємо силу різання зосередженої і прикладеної до вершини різального клина, причому проекція цієї сили на вісь Y_1-P_Y перпендикулярна бісектрисі кута різального клина, а проекція на вісь Z_1-P_{Z1} спрямована уздовж цієї бісектриси; матеріал різального кільця ізотропним; реакцію в місці контакту зубця та стрижня протяжки не враховуємо.

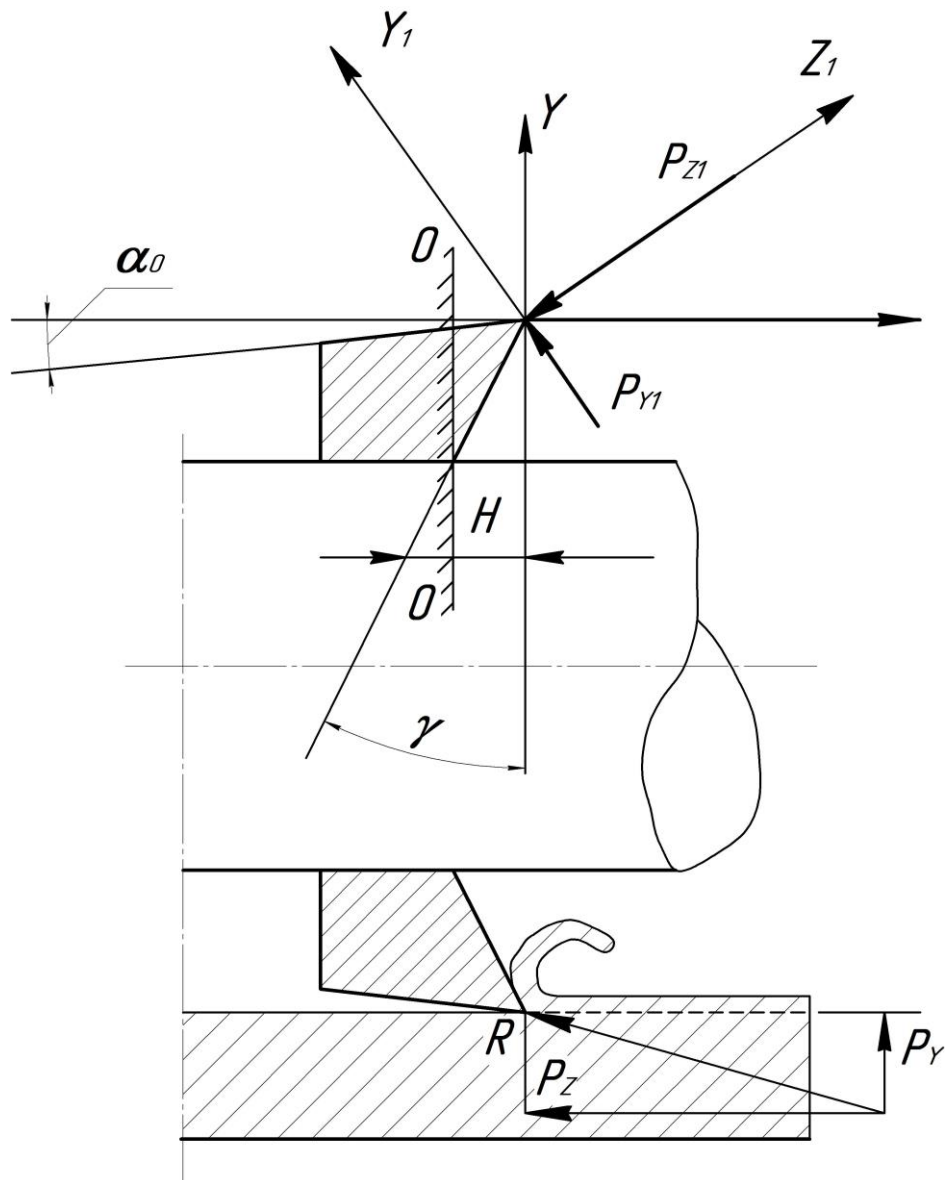


Рисунок 3.1 – Схема сил, діючих на різальний елемент протяжки, посаджений на стрижень із зазором

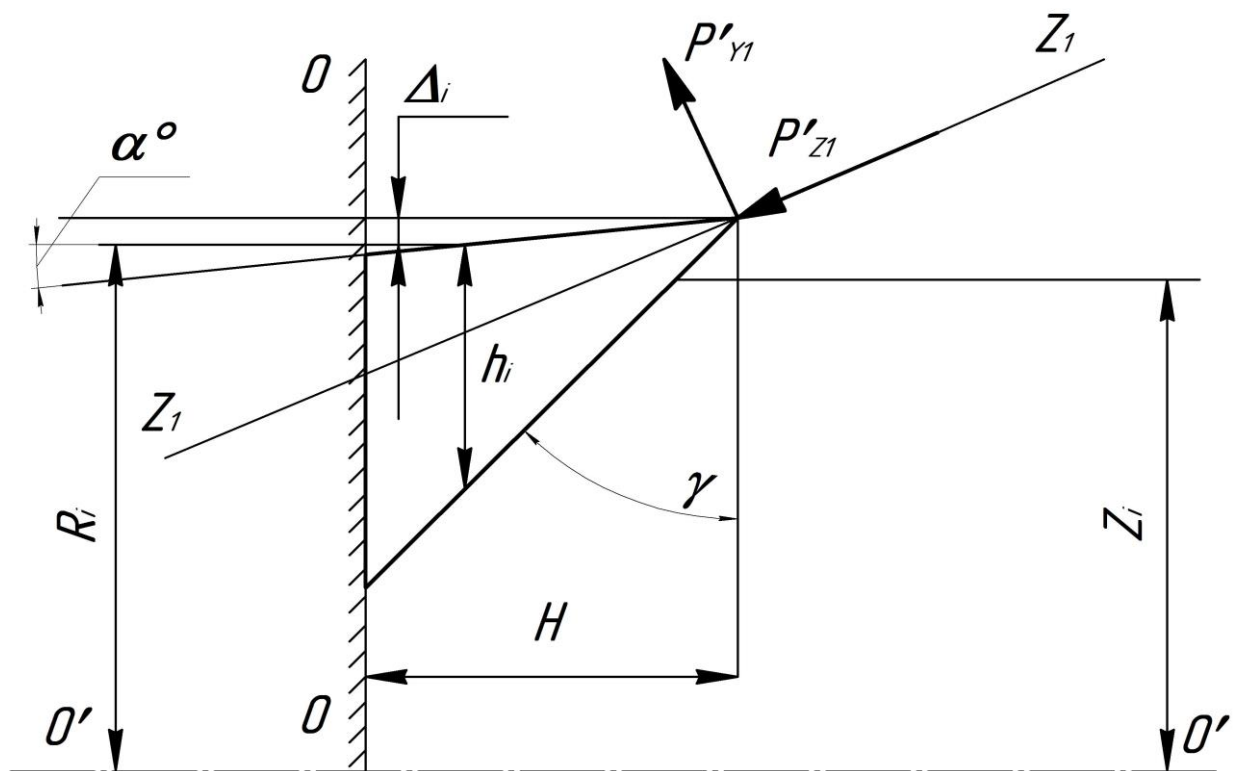


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема для визначення напрямку та величини сил, діючих на різальний клин

Представимо різальний клин, як балку, яка поділена на три рівні частини (рис. 3.3) і навантажена одиничною силою P'_{Y1} .

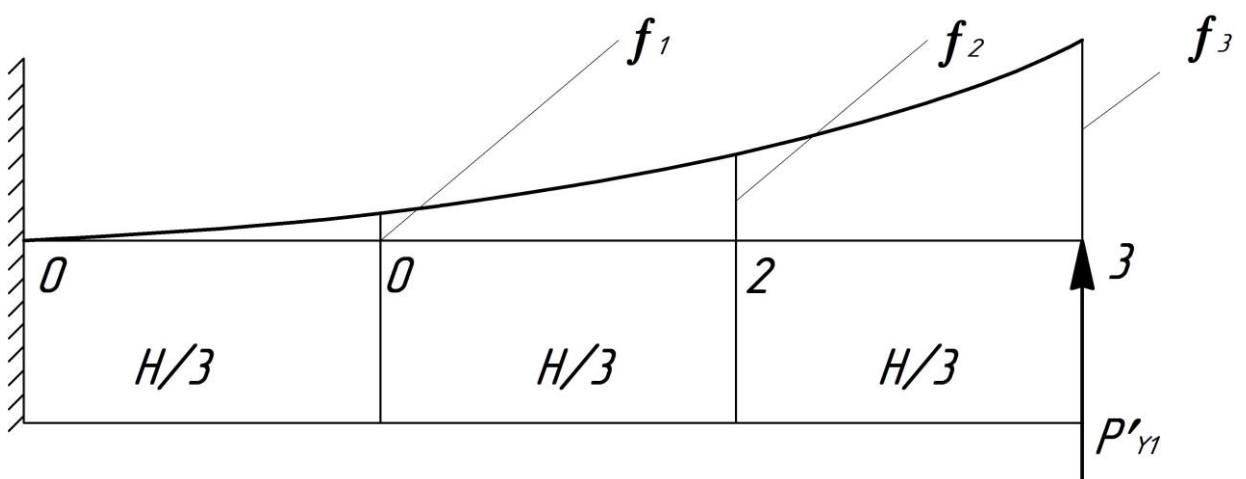


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема для визначення пружного переміщення різальної крайки під навантаженням

Шукані прогини балки визначаються зі спільного розв'язку диференціального рівняння лінії прогинів:

$$\frac{d^2 f}{dy^2} = -\frac{M_z(y)}{E \cdot J_z(y)} \quad (3.7)$$

і рівняння лінії прогинів у кінцево-різницевій формі, що виходить із кінцево-різницевого вираження для другої похідної:

$$\frac{d^2 f}{dy^2} = -\frac{f_{i-1} - 2 \cdot f_i + f_{i+1}}{l^2} \quad (3.8)$$

Згинаючі моменти в крапках 0, 1 та 2 визначаються як

$$M_0 = P \cdot y_1^1 \cdot l \quad (3.9)$$

$$M_1 = \frac{2}{3} \cdot P \cdot y_1^1 \cdot l \quad (3.10)$$

$$M_2 = \frac{1}{3} \cdot P \cdot y_1^1 \cdot l \quad (3.11)$$

Спільний розв'язок рівнянь (3.7) і (3.8) дає:

$$\frac{f_{i-1} - 2 \cdot f_i + f_{i+1}}{l^2} = \frac{M_z(y)}{E \cdot I_z(y)} \quad (3.12)$$

Підставляючи замість $M_{z(y)}$ значення згинальних моментів в крапках 0, 1, 2 і зробивши деякі перетворення, одержимо:

$$f_{-1} - 2 \cdot f_0 + f_1 = \left(\frac{l}{3}\right)^2 \cdot \left(-\frac{P_{y1}^1 \cdot l}{E \cdot I_z(y)}\right) \quad (3.13)$$

$$f_0 - 2 \cdot f_1 + f_2 = \left(\frac{l}{3}\right)^2 \cdot \left(-\frac{2}{3} \cdot \frac{P_{y1}^1 \cdot l}{E \cdot I_z(y)}\right) \quad (3.14)$$

$$f_1 - 2 \cdot f_2 + f_3 = \left(\frac{l}{3}\right)^2 \cdot \left(-\frac{1}{3} \cdot \frac{P_{y1}^1 \cdot l}{E \cdot I_z(y)}\right) \quad (3.15)$$

У рівняння (3.13) входить фіктивний прогин f_{-1} , що відноситься до уявної крапки закладення. Його можна виразити через величини дійсних прогинів за допомогою однієї із граничних умов для закладення в опорі, а саме, що кут нахилу балки в закладенні дорівнює нулю. Перша похідна довільної функції задається в кінцево-різницевому виразі:

$$\left(\frac{dy}{dz}\right)_i \approx \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2 \cdot \frac{l}{3}} \quad (3.16)$$

Якщо використовувати це вираження для визначення кута нахилу балки в крапці 0, то для нашого випадку маємо:

$$f_1 - f_{-1} = 0, \text{ тобто } f_1 = f_{-1} \quad (3.17)$$

У такий спосіб фіктивний прогин виражається через дійсний прогин балки. Другою граничною умовою для закладення є рівність $f_0 = 0$;

Після реалізації двох граничних умов можна визначити значення прогинів у крапках 1; 2; 3:

$$f_1 = \frac{P_{y1}^1 \cdot l}{18 \cdot E \cdot I_{z0}}; \quad (3.18)$$

$$f_2 = \frac{P_{y1}^1 \cdot l^3}{9 \cdot E \cdot I_{z0}} + \frac{2 \cdot P_{y1}^1 \cdot l^3}{27 \cdot E \cdot I_{z1}} \quad (3.19)$$

$$f_3 = \frac{3 \cdot P_{y1}^1 \cdot l^3}{18 \cdot E \cdot I_{z0}} + \frac{4 \cdot P_{y1}^1 \cdot l^3}{27 \cdot E \cdot I_{z1}} + \frac{4 \cdot P_{y1}^1 \cdot l^3}{27 \cdot E \cdot I_{z2}} \quad (3.20)$$

Після деяких перетворень шуканий прогин f_3 визначається як:

$$f_3 = \frac{P_{y1}^1 \cdot l^3}{9 \cdot E} \cdot \left(\frac{3}{2 \cdot I_{z0}} + \frac{4}{3 \cdot I_{z1}} + \frac{1}{3 \cdot I_{z2}} \right) \quad (3.21)$$

В отримане рівняння входять невідомими моменти інерції перетинів 0, 1, 2. Момент інерції перетинів елементарного розглянутого сектору (рис. 3.4) відносно осі $x_1 - x_1$, дорівнює:

$$dI_{x1} = \rho \cdot d\rho \cdot d\Theta \quad (3.22)$$

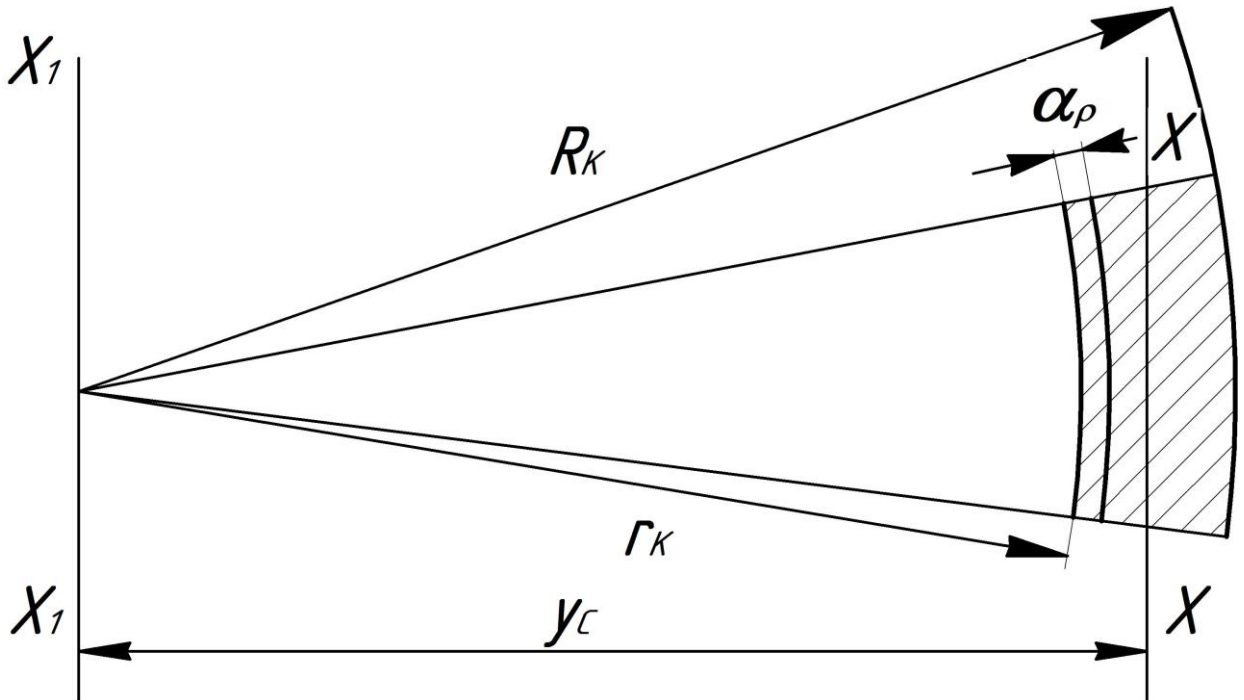


Рисунок 3.4 – Нескінченно малий сектор, вирізаний з навантаженого різального кільця.

Момент інерції всього кільця відносно осі $x_1 - x_1$, дорівнює:

$$I_{x1} = \int_{rk}^{Rk} \int_0^{2\pi} \rho^3 \cdot d\rho \cdot d\Theta = \frac{\pi}{2} \cdot (R_K^4 - r_K^4) \quad (3.23)$$

Вигин кожного нескінченно-малого елементарного обсягу сектору кільця, а, отже, і всього кільця буде відбуватися відносно осі $x - x$, яка проходить через центр ваги перетину елементарного сектору та перебуває на відстані y_c від осі $x_1 - x_1$. Момент інерції відносно нової осі $x - x$ можна представити як:

$$I_{xi} = I_{x1} - F \cdot y_c^2; \quad (3.24)$$

Згідно [29] відстань центру ваги елементарного сектору від осі $x_1 - x_1$ визначається:

$$y_c = \frac{2}{3} \cdot \frac{R_M^3 - r_M^3}{R_M^2 - r_M^2}; \quad (3.25)$$

Вирішуючи спільно рівняння 24 і 25, одержимо:

$$I_{xi} = \pi \cdot \left(\frac{R_K^4 - r_K^4}{2} \right) - \frac{4}{9} \cdot \left(\frac{R_K^3 - r_K^3}{R_K^2 - r_K^2} \right)^2; \quad (3.26)$$

Рівняння (3.26) являє собою момент інерції будь-якого кільцевого перетину зі змінної до координати z_1 ; товщиною відносно вісі $x - x$.

Для розрахунків величини деформації різального клина нам необхідно знати величину одиничної сили P_{y1}^1 . Існуючі прилади фіксують як правило тільки сили P_z і P_y , тому доцільно виразити силу P_{y1}^1 через ці сили.

Розглянемо схему сил, прикладених до вершини різця (рис. 3.5).

Сумарна сила протягування R_1 визначиться як геометрична сума сил P_{Z1} , і P_{Y1} .

У свою чергу шукана сила P_{y1}^1 , визначиться як:

$$P_{y1}^1 = R_1^1 \cdot \sin \varepsilon \quad (3.27)$$

$$\text{де кут } \varepsilon = \left[90 - \omega - \left(\gamma + \frac{\beta}{2} \right) \right];$$

Вирішуючи рівняння (3.27), маємо:

$$P_{y1}^1 = R_1^1 \cdot \sin \left[90 - \omega - \left(\gamma + \frac{\beta}{2} \right) \right] \quad (3.28)$$

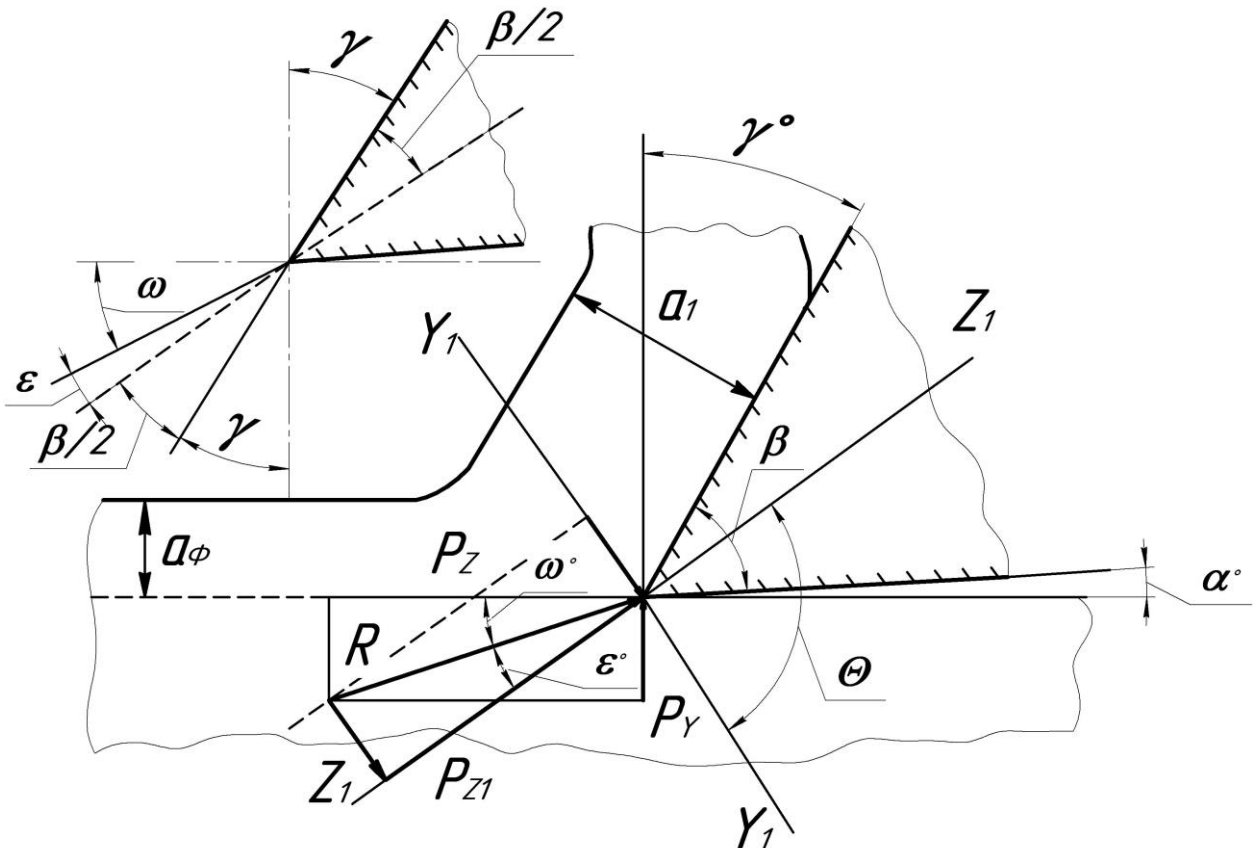


Рисунок 3.5 – Схема сил діючих на передній грані різця в процесі різання

Як впливає з рівняння (3.28), для того щоб розрахувати силу, що діє на різальний клин, необхідно знати величину та напрямок одиничної результуючої сили різання R_1^1 .

Для розрахунків сили різання використовувалася методика однофакторного експерименту. При виводі рівняння сили різання ухвалювалися наступні допущення: ширина зрізу в розрахунках сил не враховувалася, сили розраховувалися на одиницю довжини різальної крайки; швидкість різання в досліджуваному діапазоні не впливає на зміну сил, тому вона була постійна і рівнялася 0,083 м/сек. У якості МОР використовувався сульфофрезол. Задній кут різця при моделюванні був прийнятий рівним 3° . Рівняння сили P_z^1 , для різних значень переднього кута, має вигляд:

$$P_{z15}^1 = 50 + 3200 \cdot a; \quad \dots(3.30)$$

$$P_{z30}^1 = 41 + 1700 \cdot a; \quad \dots(3.31)$$

$$P_{z45}^1 = 34 + 1500 \cdot a; \quad \dots(3.32)$$

Після математичної обробки цих рівнянь залежність сили різання P_z^1 від переднього кута та товщини зрізу буде мати вигляд:

$$P_z^1 = 820 \cdot \gamma^{-0,9} + 23140 \cdot a \cdot \gamma^{-0,7} \quad \dots (3.33)$$

Рівняння для сил P_y^1 (рис. 3.7) для різних передніх кутів має вигляд:

$$P_{y45}^1 = 35 + 1290 \cdot a \quad \dots(3.34)$$

$$P_{y45}^1 = 30 + 500 \cdot a \quad \dots(3.35)$$

Після математичної обробки залежність сили різання P_y^1 від переднього кута та товщини зрізу буде мати вигляд:

$$P_y^1 = 1900 \cdot \gamma^{-0,9} + 250 \cdot a \cdot \gamma^{-0,6} \quad \dots (3.36)$$

На рис. 3.6 символами представлені залежності сили від товщини зрізу a_ϕ при змінному передньому куті, а прямі лінії побудовані за значеннями сил, розрахованих за рівняннями 3.33 і 3.36.

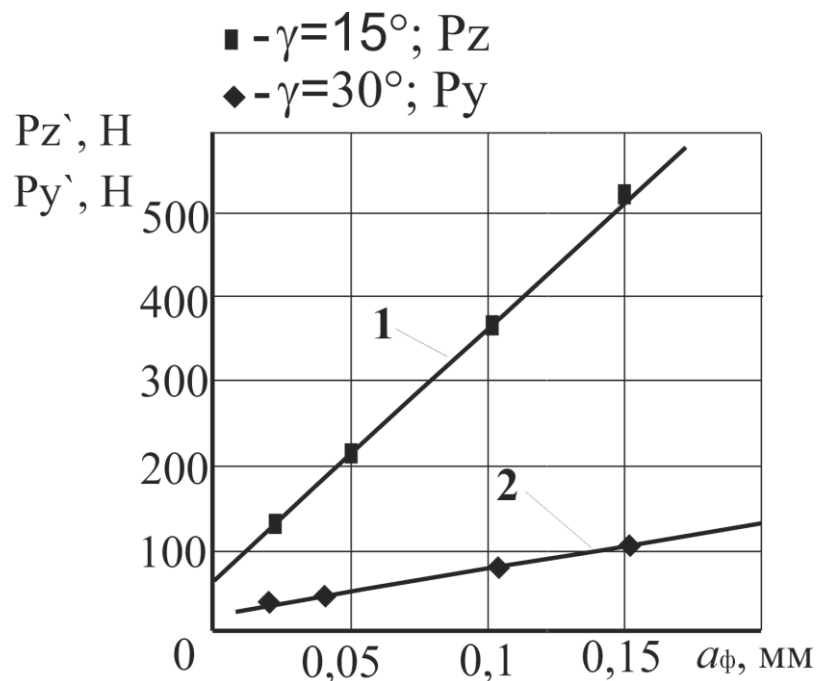


Рисунок 3.6 – Залежності розрахункових значень P_z^1 і P_y^1 від дійсної товщини зрізу при різанні сталі 10ГН ($V=0,083$ м/с; $\alpha=3^\circ$; $\gamma=15^\circ$; МОР - сульфозфрезол)

Необхідно відзначити той факт, що значення розрахункових сил різання відрізняються від теоретичних в більшій мірі при малих товщинах зрізу. При постійному передньому куті зі збільшенням товщини зрізу (рис. 3.6) усадка стружки спочатку зменшується, а далі залишається постійною.

Ця закономірність зміни усадки обумовлена впливом радіуса округлення різального леза (рис. 3.7), яке суттєво змінює дійсну геометрію

кута. Встановлено, що при співвідношенні радіуса округлення різального леза до товщини зрізу менше ніж 0,18-0,2 вплив радіуса округлення на усадку стружки практично відсутній.

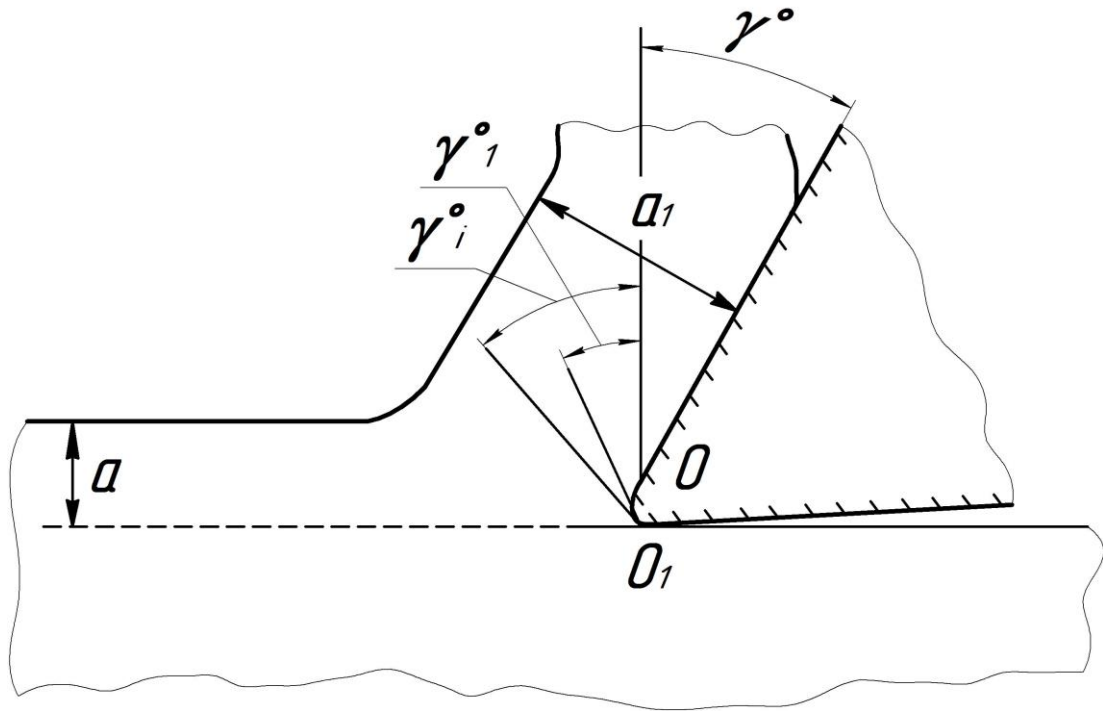


Рисунок 3.7 – Вплив радіуса округлення різального леза на величину дійсного переднього кута γ_ϕ

При відносинах, дорівнюючих 0,18-0,2 (рис. 3.8), геометрія різального клина визначається не переднім кутом заточки, а фактичним переднім кутом γ_ϕ на циліндричній поверхні округлення різальної крайки. Причому, при однакових умовах заточування інструменту більшого переднього кутку відповідає менший радіус округлення різальної крайки.

Аналізуючи вищевикладене, можна запропонувати наступну схему розрахунку різального клина на жорсткість. Використовуючи формули 3.33 і 3.36, з урахуванням дійсної геометрії різального інструменту, розраховуємо величину і напрямок рівнодіючої сили різання R_1^1 , за формулою 3.28 знаходимо величину сили P_y^1 , а потім за формулою 3.21 розраховуємо пружні переміщення різального клина під навантаженням.

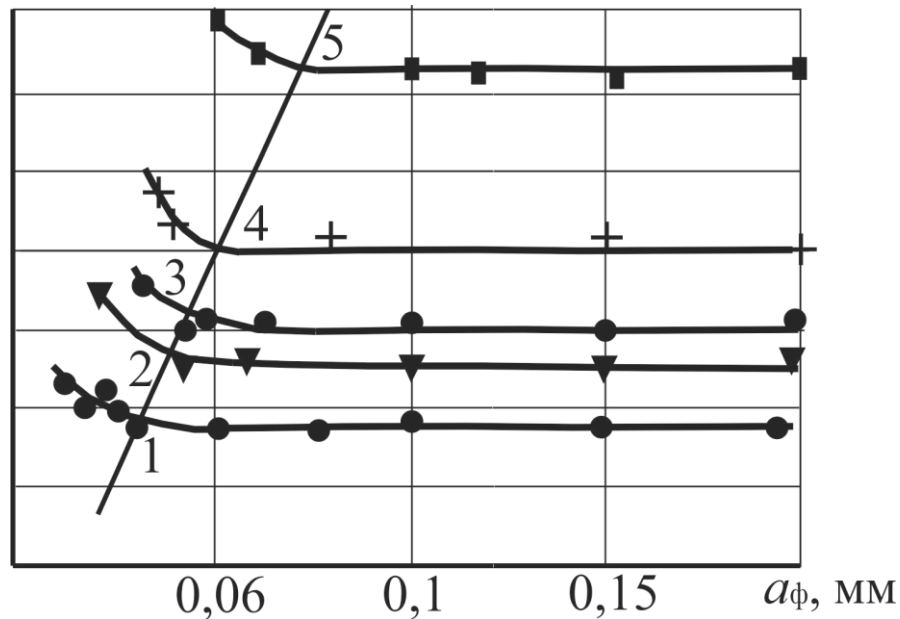


Рисунок 3.8 – Залежність усадки стружки ξ від фактичної товщини зрізу a_ϕ при різних передніх кутах ■ – $\gamma=5^\circ$; + – $\gamma=10^\circ$; ○ – $\gamma=15^\circ$; ▼ – $\gamma=20^\circ$; ● – $\gamma=30^\circ$ ($V=0,083$ м/с; $\alpha=3^\circ$; різець Р6М5; МОР - сульфорезол).

Виходячи з величини пружних переміщень при постійній швидкості різання, МОР і обладнанні, можна коригувати призначені режими обробки або за рахунок зменшення переднього кута, що призводить до зростання жорсткості різального клина, але деякого погіршення якості обробленої поверхні, або за рахунок зменшення товщини зрізу.

Таким чином, при конструюванні різального протяжного інструменту з великими передніми кутами необхідно враховувати пружні переміщення різального клина (рис. 3.9).

Таким чином запропонована методика розрахунку жорсткості різального клина в досліджуваному нами діапазоні передніх кутів може бути використана при проектуванні протяжного різального інструменту і призначення режимів обробки при протягуванні високопластичних сталей.

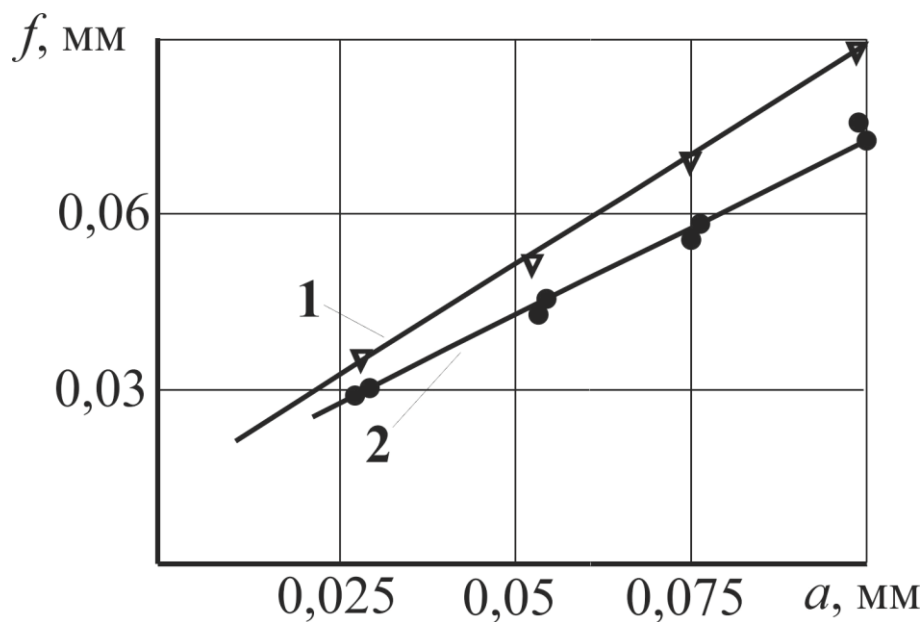


Рисунок 3.9 – Залежність пружного переміщення f різального клина від товщини зрізу a при різальному протягуванні сталі 10ГН. ($V=0,083$ м/с; $\alpha=3^\circ$; $\gamma=40^\circ$; МОР – сульфофрезол)

3.2 Результати моделювання

Протяжний інструмент збірної конструкції має багато переваг. Він дозволяє значно підвищити продуктивність праці, знизити кількість металообробного обладнання та інструменту, які потрібні для обробки точних отворів у деталях типу втулка. Але виготовлення дослідних зразків такого інструменту досить коштовне та потребує багато часу, тому питання аналітичного дослідження процесу взаємодії робочих елементів протяжного інструмента та оброблюваної поверхні деталей із пластичних металів за допомогою сучасних програмних комплексів є актуальним на даний час.

Із літературних джерел відомо, що процес різального протягування може бути виконаний за схемою, представленою на рис. 2.3. Згідно розробленої методики було проведено моделювання взаємодії різального клину із різними передніми кутами та оброблюваної поверхні дослідного зразка із сталі 10ГН.

Результати моделювання представлено на рис. 3.10-3.15.

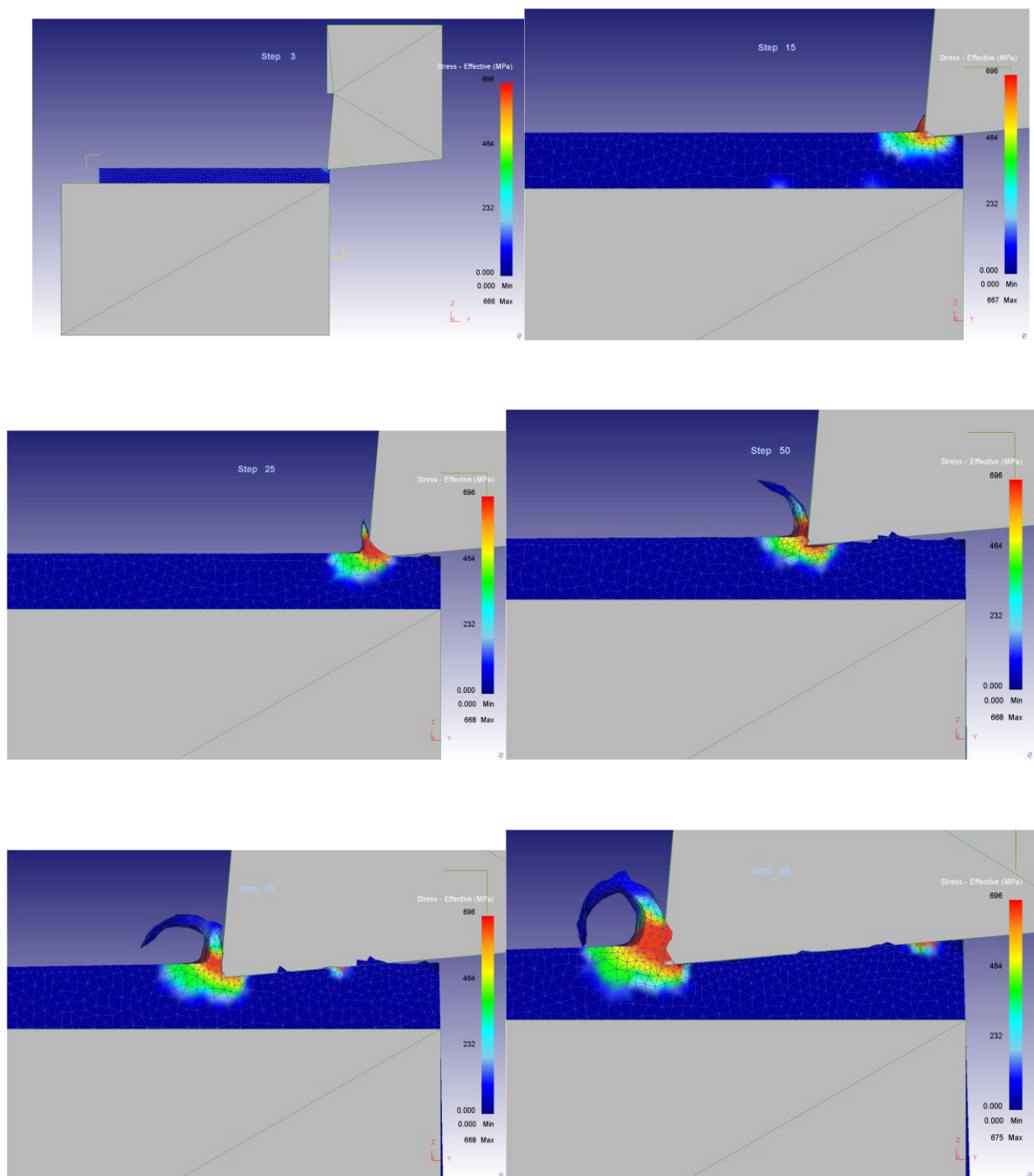


Рисунок 3.10 – Різальний клин із переднім кутом $\gamma=5^\circ$

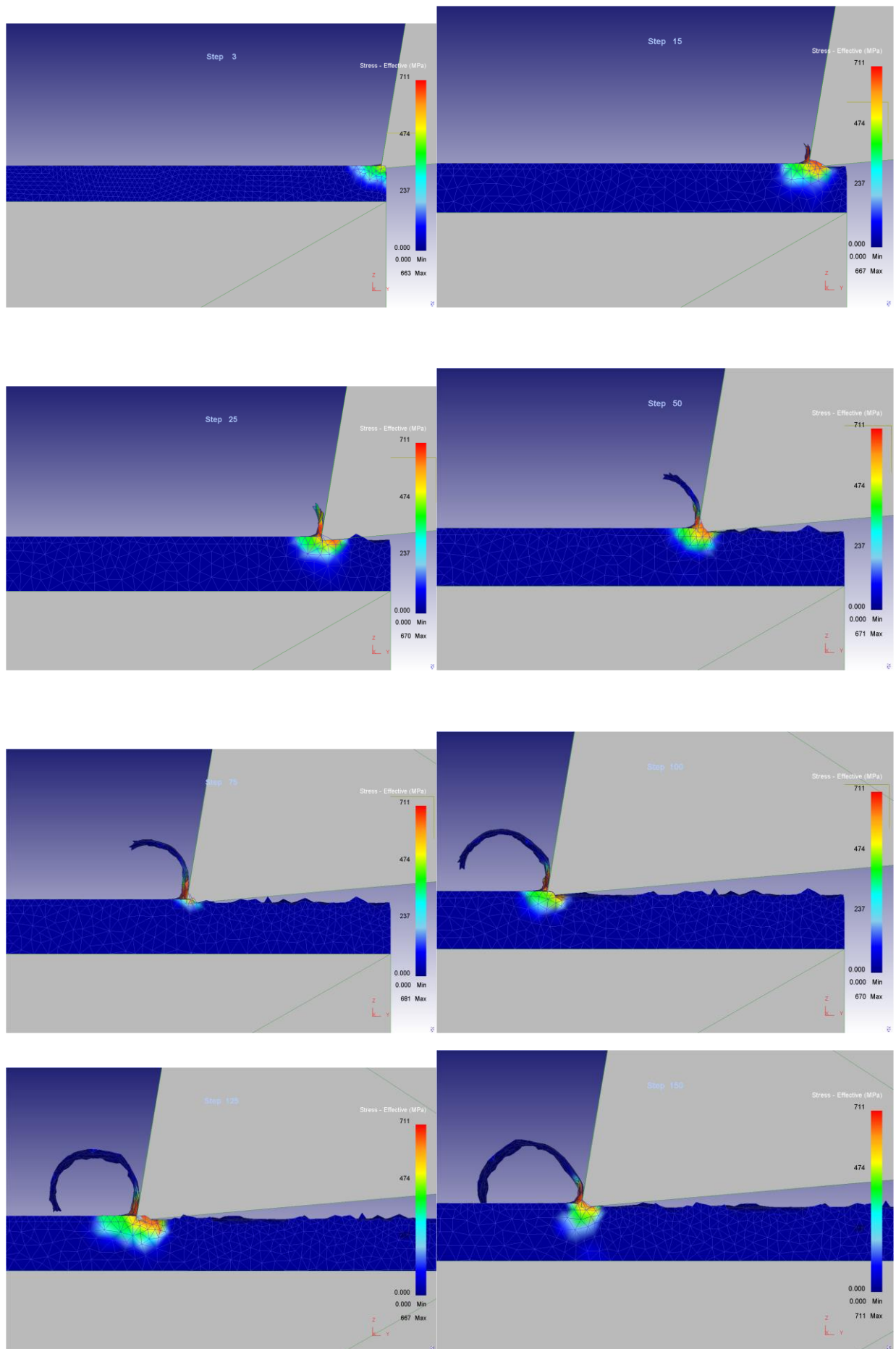


Рисунок 3.11 – Різальний клин із переднім кутом $\gamma=10^\circ$

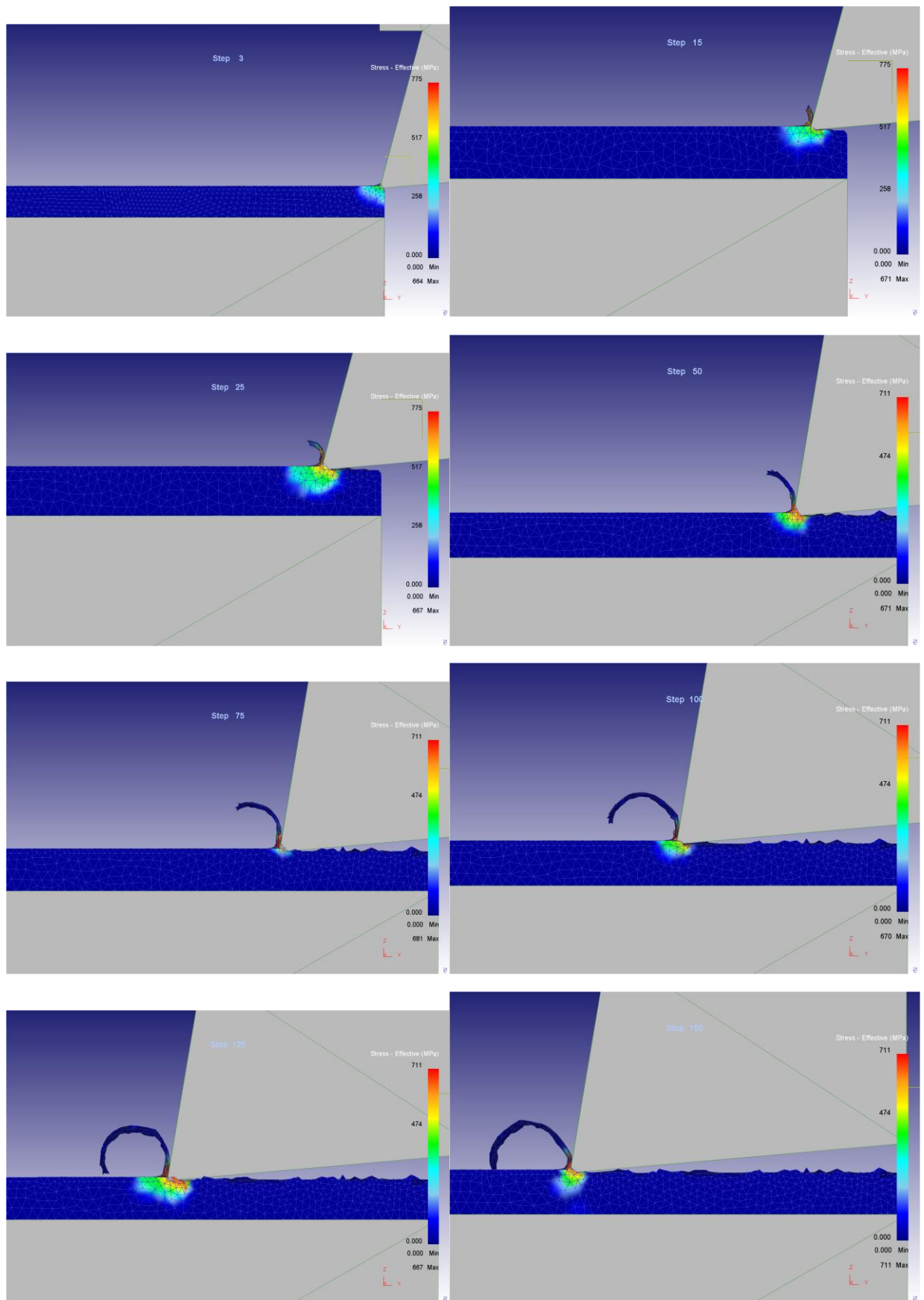


Рисунок 3.12 – Різальний клин із переднім кутом $\gamma=15^\circ$

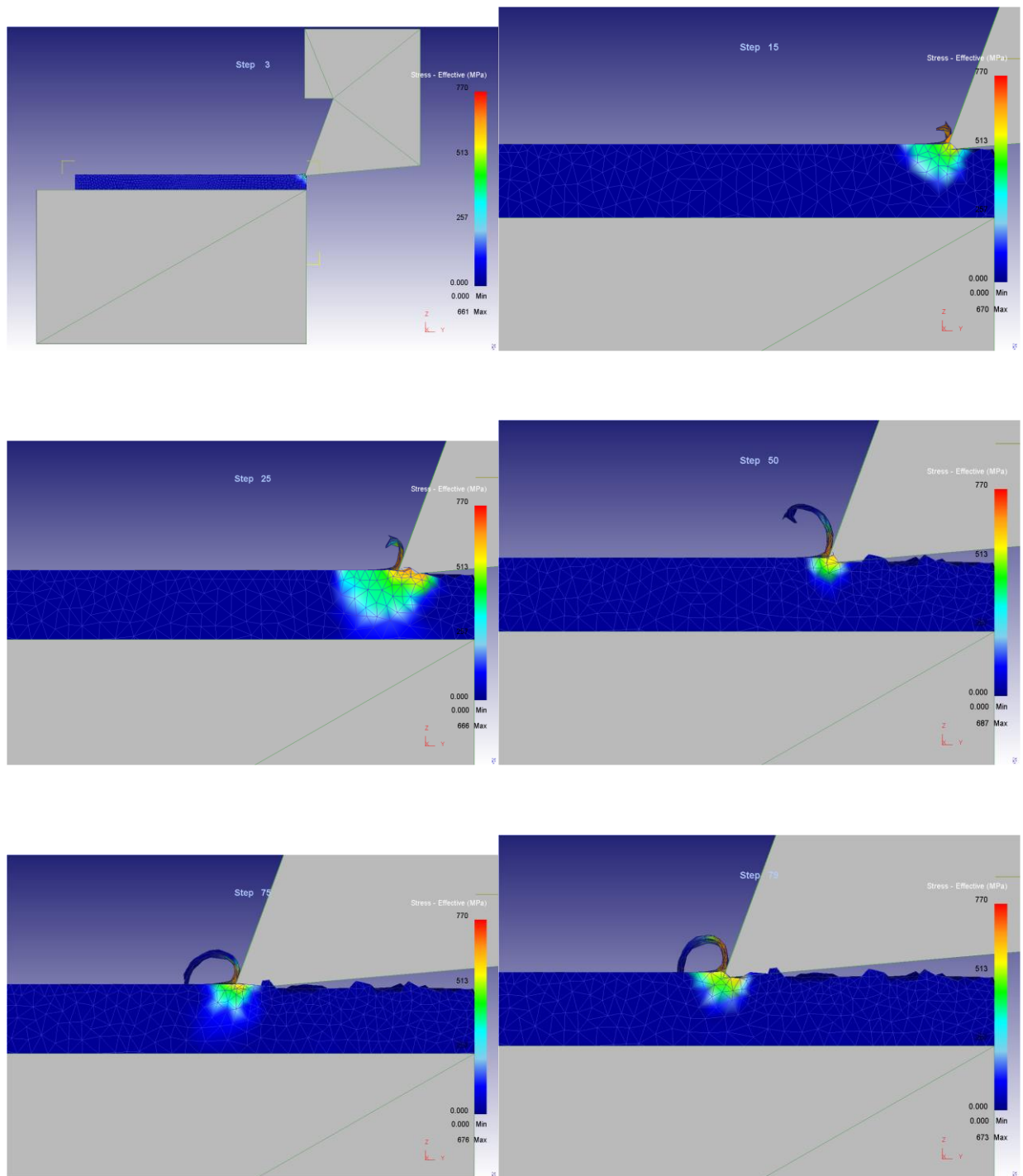


Рисунок 3.13 – Різальний клин із переднім кутом $\gamma=20^\circ$

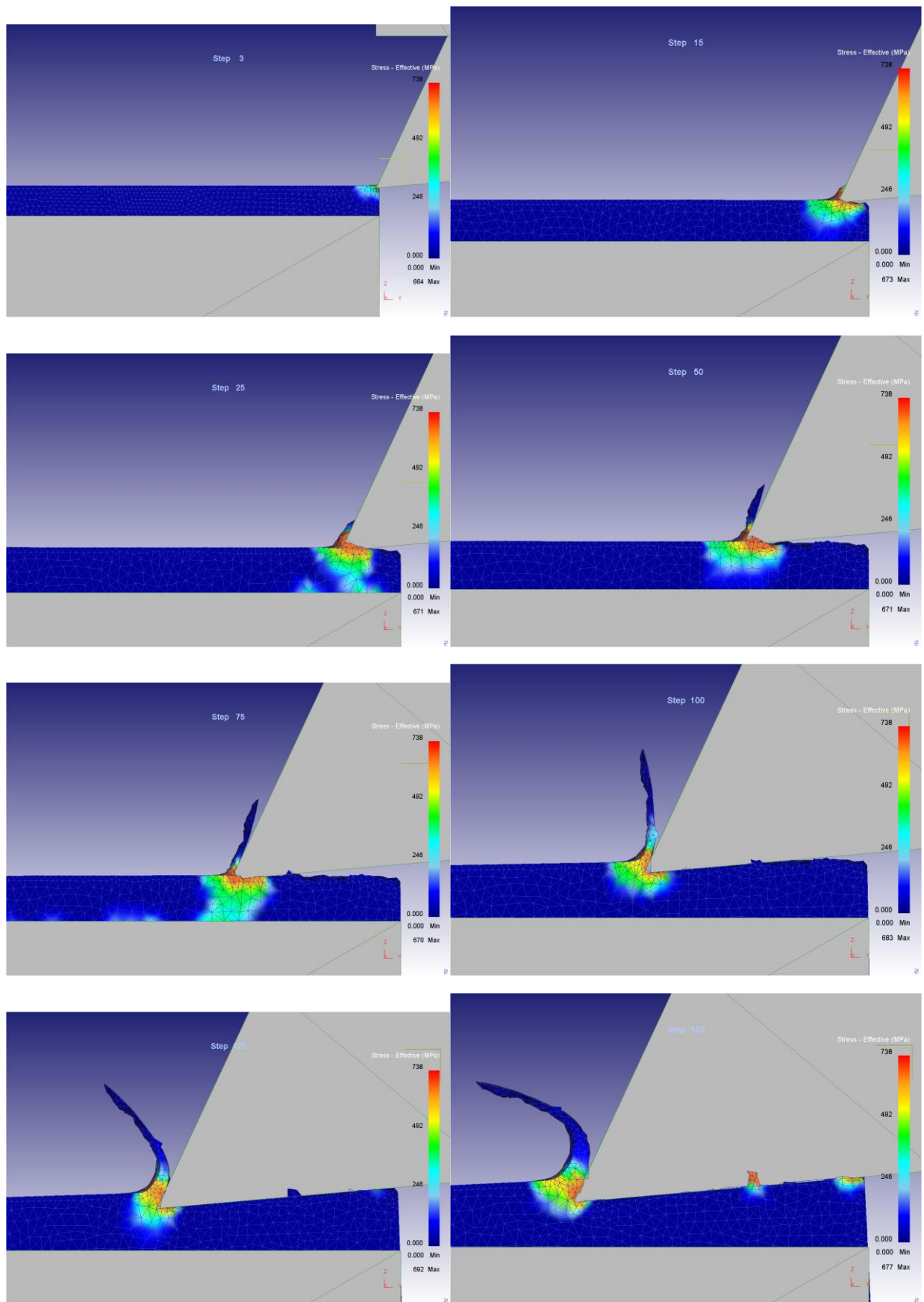


Рисунок 3.14 – Різальний клин із переднім кутом $\gamma=25^\circ$

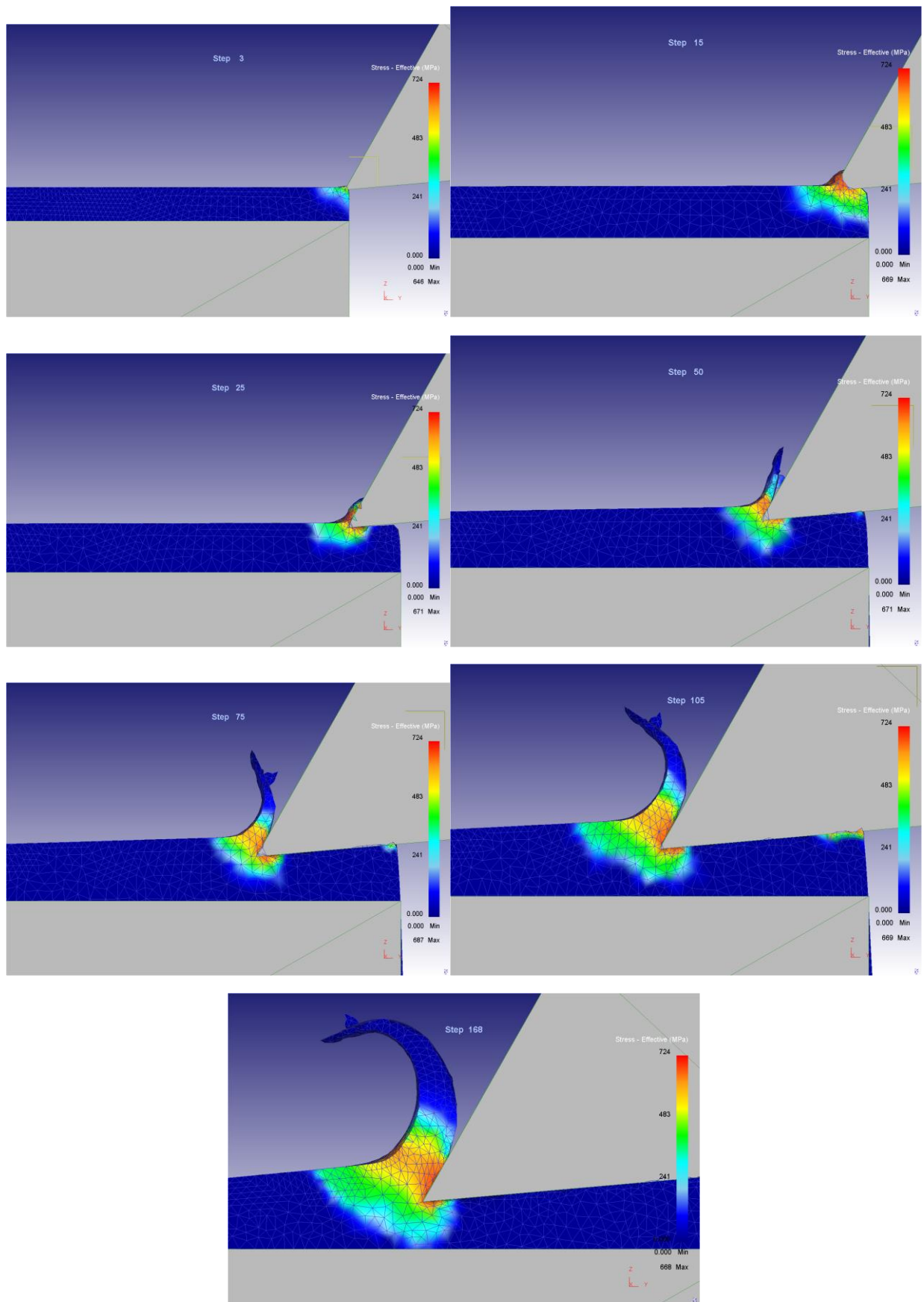


Рисунок 3.15 – Різальний клин із переднім кутом $\gamma=30^\circ$

Аналіз результатів моделювання дозволив зробити наступні висновки:

1) Збільшення переднього кута γ від 5° до 30° веде до поступового зменшення сили різання внаслідок «загострення» різального зубця протяжки. Це співпадає із результатами реальних експериментів, що були наведені у відомих літературних джерелах. Характер утворення стружки також залежить від величини переднього кута γ . Якщо при $\gamma=5^\circ$ різальний клин займає відносно оброблювальної поверхні практично перпендикулярне положення, то він переважно «згортає» шар металу поперед себе, формуючи таким чином валик із зміцненого матеріалу (рис. 3.11). Отриманий валик у свою чергу починає відокремлюватись від основного матеріалу досліджуваного зразка і починається формування елементу стружки. Діаграма напруження показує, що її максимальні значення фіксуються у зоні «кореня стружки». Завдяки високій пластичності сталі 10ГН, така стружка починає практично одразу завиватися у напівкільце, а після торкання нею поверхні оброблюваного зразку надалі формується валик із стружки.

2) Подальше збільшення переднього кута γ призводить до того, що отримуваний сегмент стружки спочатку «сковзить» по поверхні різального клину, і тільки потім починається формування кільцеподібного валику із стружки (рис. 3.12-3.15).

Слід відмітити характер взаємодії різального кута та оброблюваної поверхні у плані напрямку сил, діючих у зони різання. При невеликих кутах γ різальний клин переміщується вздовж оброблюваної поверхні, більш деформуючи, ніж ріжучи її, а при збільшенні його величини клин починає занурюватись у оброблювану поверхню. Завдяки цьому сили різання зменшуються, а стружка становиться більш товстою у зоні її кореня (рис. 3.14). Однак подальше збільшення кута γ веде до ослаблення різального кута у поперечному перерізі та можливості його механічного руйнування у найбільш напружених місцях. Тому, на нашу думку, найбільш оптимальним значенням кута є $25-30^\circ$.

3) Зміна кута γ також впливає на величину ефективного напруження у зоні контакту, яка лежить у межах 696...775 МПа. При таких величинах пластичні матеріали спочатку деформуються і тільки при перевищенні межі витривалості починаються руйнуватись у зоні кореня стружки.

3.3 Характеристика запропонованої схеми різальної протяжки для обробки високопластичних сталей

Недоліки відомих протяжок полягають у наступному. Щоб уникнути зрізання леза зубця шліфувальним колом при заточуванні, контакт цього кола з передньою поверхнею повинен здійснюватися по утворюючій конічній поверхні. А тому що ця умова накладає обмеження на максимально припустимий діаметр шліфувального кола, зубці відомих протяжок можуть мати передній кут, що не перевищує 20° , або кут клина, не менше $67-70^\circ$. Інакше кажучи, для одержання більших передніх кутів діаметри шліфувальних кіл повинні бути настільки малі, що здійснити заточення або переточування відомих протяжок було б, або економічно недоцільно, через надзвичайно високу трудомісткість цих операцій, або взагалі технічно неможливо. У той же час, як було наведено вище, збільшення переднього кута інструмента є одним з головних шляхів підвищення якості обробки в'язких матеріалів на операціях типу протягування, здійснюваних на низьких швидкостях різання.

Таким чином, за допомогою протяжок відомих конструкцій неможливо одержати високу якість обробки матеріалів, що мають підвищеною в'язкість. Іншим недоліком відомих протяжок є низька продуктивність заточування та переточування по сукупності наступних причин. Ці операції здійснюються шліфувальним колом тарілчастої форми, що подається до упору в дно стружкової канавки. Через недостатню жорсткість таких кіл і їх роботи за схемою врізання при заточуванні,

застосовуються малі подачі. Лінійні швидкості кіл (швидкості шліфування), також обмежені їхніми припустимими діаметрами із зазначеної вище причини. Крім того, тарілчасті кола, що працюють за схемою врізання, вимагають частого виправлення, причому профіль кола після виправлення повинен строго відповідати досить складному профілю дна стружкової канавки. Ще один недолік відомих протяжок полягає в тому, що в міру їх експлуатації стійкість між переточуваннями знижується, а якість обробки погіршується. Ці негативні явища викликаються тим, що при кожному наступному переточуванні усе більше спотворюється первісний профіль стружкових канавок, заданий конструктором з урахуванням оптимальних умов процесу стружкоутворення. Отже, ці оптимальні умови погіршуються, що приводить до збільшення усадки стружки та сил різання, а в остаточному підсумку - до зниження стійкості протяжки та погіршенню обробки. Недоліком відомих протяжок є також велика витрата інструментального матеріалу, тому що різальна та калібрувальна частини виготовляються цілком із цього матеріалу.

На підставі проведених досліджень було запропоновано кілька конструкцій збірних різальних протяжок, що не мають перераховані недоліки [55]. Принципова їхня відмінність від відомих полягає в наступному. В запропонованій збірній різальній протяжці, що містить оправку з посадковими поверхнями, на якій закріплені зубці, розділені стружковими канавками, передня поверхня зубців виконана у вигляді конічної поверхні, обмеженої із зовнішньої сторони зубця його задньою поверхнею, а із внутрішньої - посадковою поверхнею отвору, причому кут різального клина зубців становить $58-68^\circ$, а основи стружкових канавок виконані в тілі оправки у вигляді кільцевих канавок. Завдяки тому, що передня поверхня зубців має звичайну конічну форму, значно спрощується заточення та переточування протяжки, тому що зубці можна обробляти шліфувальними колами як тарілчастого, так і прямого профілю, що працюють «на вихід». Така схема шліфування дозволяє застосовувати більш високі подачі та

товщини шару, що знімається, ніж шліфування «на врізання». Причому, при виправленні тарілчастих кіл не потрібне додання їм складного точного профілю. Усе це разом, а також відсутність необхідності обробки при кожному переточуванні підстав стружкових канавок, що мають досить складний профіль, дозволяє знизити трудомісткість переточування протяжки. Завдяки тому, що основи стружкових канавок виконані в тілі оправки у вигляді кільцевих канавок, при переточуваннях протяжки вони не обробляються та зберігають розрахунковий профіль протягом усього періоду експлуатації інструменту. Це сприяє протіканню процесу стружкоутворення в оптимальних умовах і, отже, підвищенню якості обробленої поверхні. Кут різального клина зубців розробленої протяжки становить $58-68^\circ$, що приблизно відповідає переднім кутам $20-30^\circ$. Збільшення переднього кута, як ми вже відзначали, знижує деформацію обробленого матеріалу при протягуванні, усадку стружки, сили різання, що сприяє підвищенню якості обробленої поверхні. Разом з тим, як було показано вище, при значеннях передніх кутів, близьких до $40-45^\circ$ (залежно від марки оброблюваного матеріалу та режимів обробки), жорсткість зубця стає недостатньою, у результаті чого при роботі протяжки виникають вібрації, що приводить до зниження якості обробленої поверхні. Тому, застосування кутів різального клина зубців менше 50° недоцільно.

З метою підвищення стійкості збірної різальної протяжки передня поверхня зубців установлена із завищенням щодо поверхні кільцевих канавок оправки в місті сполучення цих поверхонь, рівним 10-25 підйомам на зубець. Завищення передньої поверхні зубця відносно поверхні стружкової канавки в місці їх сполучення дозволяє робити заточення та переточування протяжки тільки по передній поверхні зубця та зберегти розрахунковий профіль основ стружкових канавок протягом усього періоду експлуатації протяжки. Отже, протягом усього цього періоду будуть підтримуватися оптимальні умови стружкоутворення, що визначають найбільш високу для заданих режимів різання стійкість інструмента. Діапазон значень зазначеного завищення,

рівний 10-25 підйомам на зубець, обраний таким чином, щоб забезпечити 5-12 переточувань протяжки за період її експлуатації. Протяжка є досить складним і дорогим інструментом і менше ніж п'ять разів її переточувати економічно недоцільно [24, 63]. При кількості переточувань понад 12 помітно зменшується жорсткість зубця. Між величиною зносу за період стійкості, тобто товщиною шару, який потрібно видаляти при переточуванні, і підйомом на зубець (різницею розмірів двох сусідніх зубців) існує залежність, яку спрощено можна виразити так. При площадці зносу на задній поверхні зубця, приблизно рівної двом підйомам на зубець, потрібно робити переточування. Тому названий діапазон завищень передньої поверхні саме і відповідає 5-12 переточуванням протяжки.

Для збірних різальних протяжок, призначених для обробки отворів діаметром 15-30 мм поставлена мета конструктивно найбільше просто досягається за рахунок того, що всі посадкові поверхні оправлення збірної різальної протяжки виконані у вигляді усічених конусів, звернених меншими основами убік передніх поверхонь закріплених на них зубців, що мають загальну утворюючу, причому кожний із зубців закріплений зі змінним натягом, що збільшуються від нуля на меншій основі посадкової поверхні до величини, дорівнюючої $0,9 \cdot \frac{d \cdot \sigma_{0,2}}{E}$ на більшій її основі, де d – діаметр отвору зубця, $\sigma_{0,2}$ – межа пружності матеріалу зубця, E – модуль пружності матеріалу зубця. Сполучення конічної посадочної поверхні оправки із циліндричною поверхнею зубця дозволяє одержати надійне технологічне з'єднання з натягом, придатне для багаторазового швидкого складання та розбирання, за рахунок чого забезпечується зниження трудомісткості переточування збірної різальної протяжки в порівнянні з відомими збірними протяжками. Крім того, змінний натяг з'єднання дозволяє, з однієї сторони надійно зафіксувати зубець у певному положенні на оправці, завдяки чому забезпечується задане завищення передньої поверхні зубців щодо поверхні кільцевих канавок у місці їх сполучення, що дозволяє підвищити стійкість

протяжки. З іншого боку, змінний натяг з'єднання дозволяє забезпечити високу якість обробки, тому що завдяки тому, що на меншій основі посадкової поверхні, розташованій приблизно під різальною крайкою зубця, натяг з'єднання дорівнює нулю, при складанні протяжки різальна крайка зубця не спотворюється деформацією.

Найбільше значення змінного натягу, дорівнює $0,9 \cdot \frac{d \cdot \sigma_{0,2}}{E}$ є оптимальним, тому що воно обмежує роботу з'єднання областю пружних деформацій. Перевищення цього значення привело б або до пластичного деформування зубця та оправки, або до руйнування зубця, тобто негативно позначилося б на стійкості протяжки. При більш низьких значеннях натягу з'єднання буде працювати, однак для забезпечення його надійності довелося б збільшити довжину посадкових поверхонь, а отже, і всієї протяжки. Це, в остаточному підсумку, також привело б до зниження стійкості протяжки. Загальна утворююча всіх посадкових поверхонь оправки дозволяє знизити трудомісткість їх шліфування при виготовленні протяжки, і, якщо необхідно, при переточуваннях оправки.

Для протягування отворів діаметром 30-90 мм найбільш доцільна інша конструкція збірної різальної протяжки, що дозволяє досягти поставленої мети за рахунок того, що зубці закріплені на посадкових поверхнях оправки за допомогою різьблення та зафіксовані в окружному напрямку. Фіксація зубців на оправці в окружному напрямку дозволяє точно зорієнтувати їх стружкоподільчі канавки у відповідності зі схемою протягування, а, отже, підвищити якість обробленої поверхні. Різьбове сполучення зубців з оправкою дозволяє точно забезпечити задане завищення передньої поверхні зубців відносно поверхні кільцевих канавок у місці їх сполучення, що, як відмічалось вище, впливає на стійкість протяжки. З іншого боку, таке з'єднання дозволяє знизити трудомісткість переточування протяжки, тому що оправка не вимагає ніякої обробки протягом усього періоду експлуатації.

Для збірних різальних протяжок, призначених для обробки отворів діаметром понад 90 мм, поставлена мета конструктивно найбільше просто

досягається за рахунок того, що зубці з боку отвору оснащені гніздами, а оправка оснащена стрижнем з пасками конічної форми та штирями, основи яких контактують із цими пасками, а головки розміщені в гніздах зубців. Оскільки штирі, розміщені в тілі оправки, точно фіксують зубець в осьовому та окружному напрямках, цим забезпечується задане завищення передньої поверхні зубців відносно поверхні кільцевих канавок у місці їх сполучення та необхідне взаємне розташування стружкоподільчих канавок у відповідності зі схемою протягування, за рахунок цього досягається підвищення стійкості протяжки і якості обробленої поверхні. Крім того, таке фіксування зубця на оправці забезпечує швидке складання та розбирання протяжки, що дозволяє знизити трудомісткість її переточування.

На рис. 3.16 представлені конструкції описаних протяжок.

Збірна різальна протяжка (рис. 3.16а) містить оправку 1 з посадковими поверхнями 2, на яких закріплені зубці 3. Передня поверхня 4 зубців 8 виконана конічної та обмежена із зовнішньої сторони зубця задньою поверхнею 5, а із внутрішньої - посадковою поверхнею 6 отвору. Кут різального клина зубця 3 становить 40-65°. Основи стружкових канавок виконані в тілі оправки 1 у вигляді кільцевих канавок 7. Передня поверхня 4 зубців установлена із завищенням 8 відносно поверхні кільцевих канавок 7 у місці сполучення 8 цих поверхонь. Величина завищення 8 становить 10-25 підйомів на зубець. У протяжці зубці 3 кріпляться на оправці 1 зі змінним натягом, причому, з боку передньої поверхні 4 він повинен бути рівним нулю, а з боку спинки 9 зубця - повинен бути максимальним. Забезпечується це за рахунок того, що циліндричні посадкові поверхні 6 отворів зубців сполучаються з конічними посадковими поверхнями 2 оправки, менші основи яких звернені у бік передніх поверхонь зубців. Конусність посадкових поверхонь оправлення, їх довжина, а також діаметр і довжина отворів зубців розраховуються таким чином, щоб після посадки зубців на оправку було забезпечено задане завищення 8 і змінний натяг від нуля до величини, рівної

$0,9 \cdot \frac{d \cdot \sigma_{0,2}}{E}$. Протяжка призначена для обробки отворів діаметром 15-30 мм.

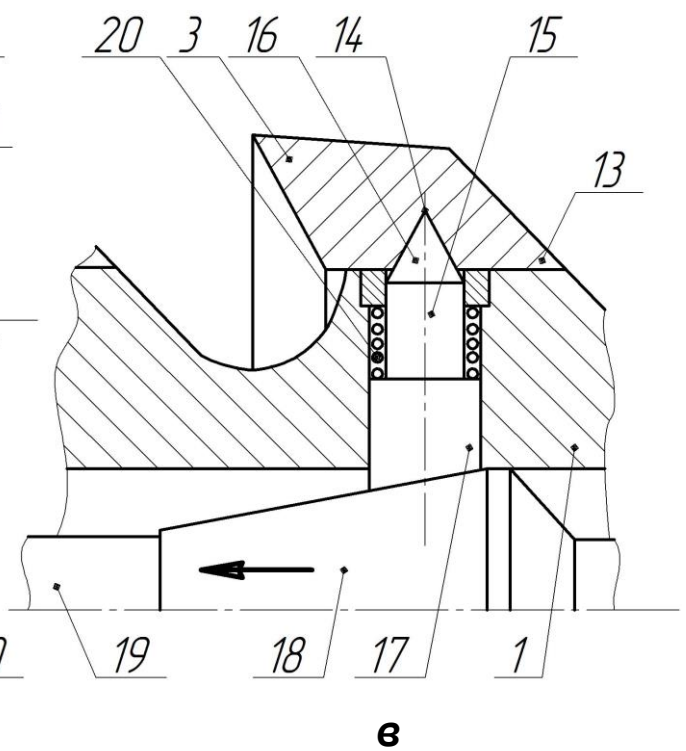
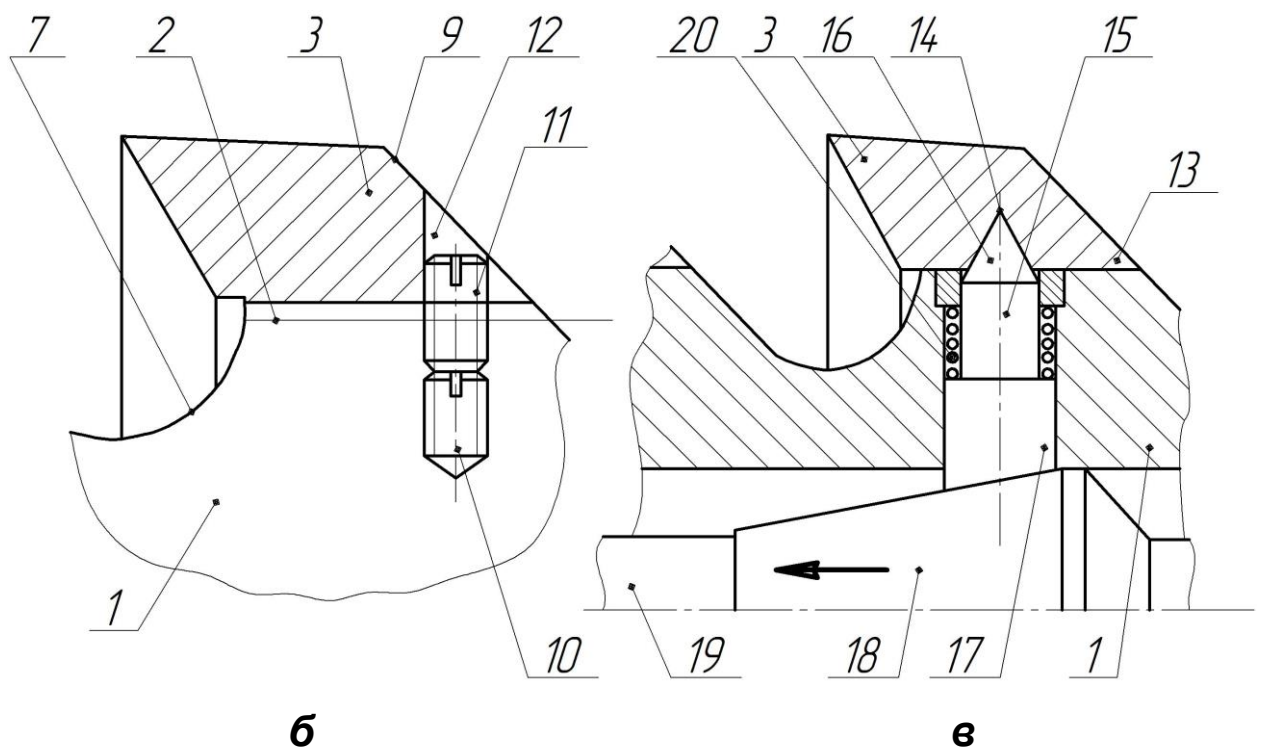
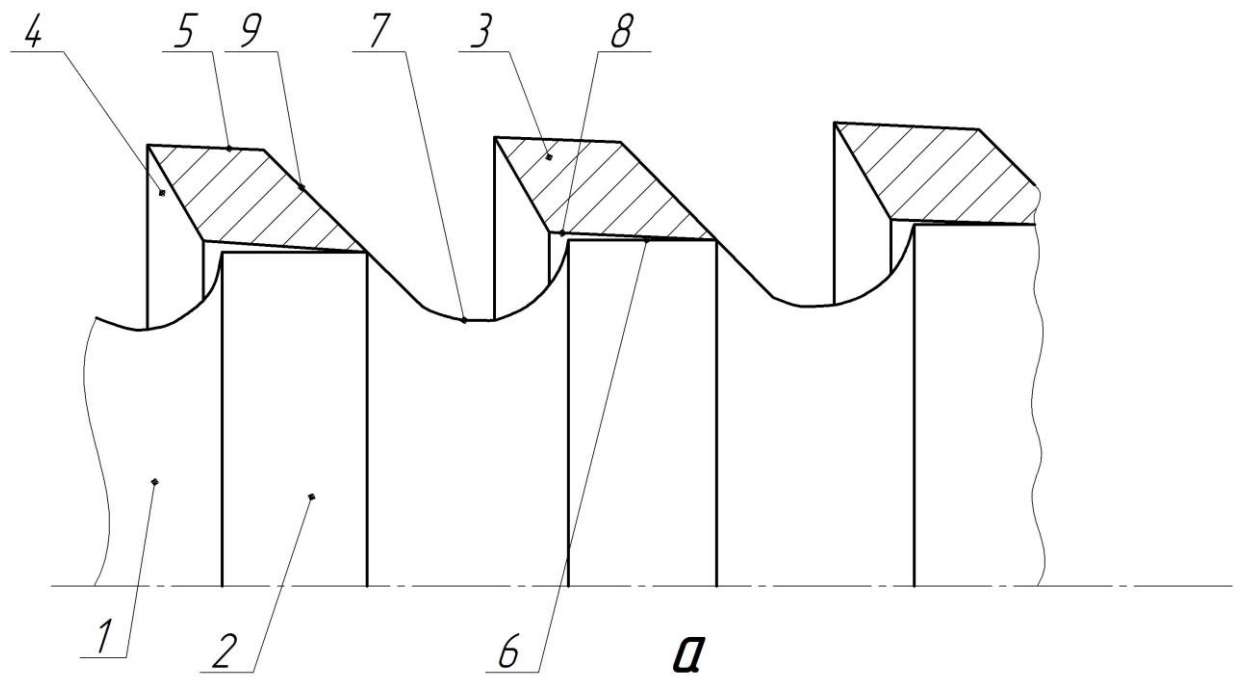


Рисунок 3.16 – Конструкції різальних протяжок для обробки деталей з високопластичних матеріалів типу стали 10ГН

При протягуванні отворів діаметром 30-90 мм доцільно використовувати збірну різальну протяжку, зубці 3 якої кріпляться на оправці 1 за допомогою різьблення (рис. 3.16б). Посадкові поверхні 2 оправки такої протяжки являють собою ділянки зовнішнього різьблення одного розміру, розділені кільцевими канавками 7. У тілі оправки є глухі різьбові отвори 10 із гвинтами 11, за допомогою яких зубець 3 фіксується в окружному напрямку. Після складання протяжки головка гвинта 11 входить у гніздо 12 зубця, розташоване з боку його спинки 9.

Обробку отворів діаметром понад 90 мм доцільно робити за допомогою збірної різальної протяжки (рис. 3.16в). Зубці 3 такої протяжки встановлюються на циліндричних посадкових поверхнях 13 оправки 1 одного діаметра. Зубці 3 оснащені конічними гніздами 14, а в радіальних отворах оправки встановлені штирі 15, конічні головки 16, яких входять у ці отвори і тим самим фіксують зубці на оправці в осьовому та радіальному напрямках. Основи 17 штирів 15 мають ухили, що опираються на паски 18 конічної форми стрижня 19 установленого усередині оправки 1. Штирі 15 притискаються до пасків 18 стрижня 19 за допомогою пружини 20, зафіксованою гайкою 21.

Складання та заточення збірних різальних протяжок роблять у такий спосіб. Зубці 3 протяжки (рис. 3.16а) при складанні насаджують на конічні посадкові поверхні 2 по черзі, починаючи з останнього зубця. Змінний натяг з'єднання зубця з оправкою розраховується конструктором таким чином, щоб осьова сила запресовування при складанні протяжки на кожному зубці в 1,5-2 рази перевищувала силу протягування на цьому ж зубці. Тим самим гарантується надійність з'єднання при експлуатації протяжки. При складанні протяжки також повинне бути забезпечене плавне сполучення поверхні спинки 9 зубця з поверхнею стружкової канавки 7. Тому що протяжка призначена головним чином для обробки отворів малих діаметрів (15-30 мм), де рекомендується використовувати схему протягування змінного різання, при якій кожна секція складається із двох зубців, причому другий з них не

має стружкоподільчих канавок, фіксувати зубці даної протяжки в строго певному положенні в окружному напрямку не потрібно. Перші переточування протяжки можна робити без її розбирання, тому що завдяки наявності завищення 8, для кола є вихід і він не буде стикатися з основою стружкової канавки. На заключних періодах експлуатації протяжки переточування зубців рекомендується робити після розбирання протяжки. Розбирання протяжки роблять шляхом випресовування оправки із зубців. Після повного зношування комплекту зубців вони замінюються новим комплектом, а оправка та інші деталі протяжки використовуються повторно. Протяжка (рис. 3.16б) збирається при втоплених у тілі оправки гвинтах 11. Потім після установки зубців 3 на посадкових поверхнях 2 вони фіксуються в заданому положенні за допомогою гвинтів 11. Перші переточування протяжки роблять при робочому положенні зубців, а для останніх переточувань зубці переміщують по різьбленню на 2-3 оберти вперед при втоплених гвинтах 11, фіксують у цьому положенні, переточують по передній поверхні, а потім повертають у робоче положення та знову фіксують. Після 5-12 переточувань (залежно від діаметра протяжки та виду оброблюваного матеріалу) зубці слід замінити на нові. Оправка та інші деталі протяжки використовуються багаторазово.

Складання протяжки (рис. 3.16в) проводиться в такий спосіб. Стрижень 19 переміщують у напрямку, протилежному зазначеному стрілкою до упору. Штирі 15 за допомогою пружин 20 занурюються в оправку 1, після чого на її посадковій поверхні 13 насаджуються зубці 3. Задане положення в осьовому та окружному напрямках зубець займає після переміщення стрижня 19 у напрямку, зазначеному стрілкою, у результаті якого штирі 17 висуваються і їх головки 16 входять у гнізда 14 зубців 3. Розбирання протяжки проводиться шляхом утоплення штирів і зняття зубців. Так як протяжка (рис. 6.____в) призначена для обробки отворів великих діаметрів і переточування її зубців великого діаметру тарілчастими колами малопродуктивна, а конструкція протяжки дозволяє робити швидко

складання та розбирання, переточування зубців доцільно робити, знявши їх з оправки, колами прямого профілю. дана конструкція також припускає багаторазове використання оправки та інших деталей при заміні повністю використаних комплектів зубців.

Працює збірна різальна протяжка всіх описаних конструкцій так само, як і звичайна суцільна різальна протяжка.

Основною перевагою зірної різальної протяжки є те, що завдяки збільшеним значенням переднього кута зубців, кінчній формі їх передніх поверхонь, виконанню основи стружкових канавок на оправці та наявності завищення передньої поверхні зубців відносно поверхні стружкових канавок підвищується якість обробленої поверхні, знижується трудомісткість переточування протяжки та зростає її стійкість.

3.4. Висновки

1. На підставі аналізу літературних джерел встановлено, що різальне протягування не знайшло широкого поширення при обробці високопластичних сталей через їх низьку оброблюваність на малих швидкостях різання через інтенсивне наростування та «схоплювання», заклинювання стружки в канавках протяжок і незадовільний стан обробленої поверхні після протягування.

2. У розвиток робіт Зорева І.Н., стосовно до різального протягування високопластичних сталей встановлено, що головними факторами, що впливають на напруженість процесу різання, є передній кут, кут дії, властивості оброблюваного матеріалу та швидкість різання. Тому в якості основних напрямків підвищення оброблюваності, були досліджені можливості зміни переднього кута і умов контакту на передній поверхні, що визначають величину кута дії. Вплив швидкості різання на оброблюваність не настільки значний через малий діапазон її зміни при протягуванні.

3. Із застосуванням програмного комплексу DEFORM-2D/3D розроблена модель процесу різального протягування отворів у втулках із високопластичної сталі, яка дозволяє визначати формозміну деталі, напружений стан металу у вогнищі деформації та енергосилові параметри. Модель враховує пластичний характер деформації металу та монотонний характер процесу. Досліджено вплив кута різального клину робочого елемента на енергосилові параметри при різальному протягуванні втулок із досліджуваних матеріалів;

4. Встановлено, що при збільшенні переднього кута відбувається звуження зони стружкоутворення і її поворот за годинниковою стрілкою.

5. Доведено, що збільшення переднього кута до певних значень приводить до поліпшення оброблюваності високопластичних сталей. Так, при цьому зростає кут зрушення, знімаються усадка стружки, сили різання, довжина контакту стружки з передньою поверхнею, діаметр завитка стружки, шорсткість обробленої поверхні. Подальше збільшення переднього кута обмежується жорсткістю різального клина. Розроблена теоретична залежність для знаходження оптимальних значень переднього кута при протягуванні високопластичних сталей, у якій у якості вихідних факторів задаються механічні властивості оброблюваного матеріалу, товщина зрізу та гранично припустимі радіальні переміщення різального клина. Оптимальне значення переднього кута зубців протяжок для сталі 10ГН становить 25-30°. Збільшення переднього кута з 10 до 30° приводить до підвищення стійкості в 2,5 рази, підвищення жорсткості з 1,75 ГПа до 2,4 ГПа - до зниження стійкості на 15%, а спільна їхня дія в зазначеному діапазоні - до підвищення стійкості до 2-х разів.

6. На підставі проведених досліджень запропонований процес обробки виробів з високопластичних сталей, що містить операцію – різальне протягування з використанням оригінальних конструкцій збірних різальних протяжок.

7. Моделювання показало, що різальне протягування

запропонованим збірним інструментом дозволяє одержати бажану якість поверхні при обробці в'язких сталей, знизити витрати інструментального металу, працемісткість обробки та витрати на інструмент.

8. Проведені експерименти підтверджують адекватність створеної моделі реальному процесу обробки. Отримані за її допомогою результати дозволяють проектувати технологічне встаткування та інструмент для даного виду металообробки, а також оцінити можливість використання існуючих протяжних верстатів та гідравлічних пресів для різального протягування за даною схемою

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

4.1. Розрахунок основних техніко-економічних показників

4.1.1 Загальні вихідні дані

Розроблена у даному дипломному проєкті збірна конструкція різальної протяжки призначена для протягування круглих отворів у високопластичних матеріалах, таких як сталь 10ГН. Перевагами оригінальної конструкції даного інструменту є можливість багатократного переточування різальних зубців без втрат точності обробки круглих отворів, а також можливість їх заміни при повному зношенні.

Для розрахунку показників економічної ефективності нової конструкції розглянемо процес протягування круглих отворів на горизонтально-протяжному верстаті моделі 7545. В якості бази для порівняння приймемо звичайну суцільну протяжку.

Розрахуємо річну потребу в інструменті за формулою:

$$\kappa_i = \frac{N_{\partial} \cdot T_{\text{нор}} \cdot \gamma \cdot \kappa_{\text{вт}}}{t_e (1 + p)}, \quad (4.1)$$

де N_{∂} – річна програма виробництва деталей, шт./рік;

$T_{\text{нор}}$ – штучний час обробки однієї деталі, год.;

γ – питома значення машинного часу в загальному його варіанті;

$\kappa_{\text{вт}}$ – коефіцієнт випадкової втрати інструменту;

t_e – економічна стійкість інструменту, год.;

p – кількість переточок інструменту до повного зносу.

В базовому варіанті:

$$K_{баз} = \frac{50000 \cdot 0,5 \cdot 0,45 \cdot 1,1}{840 \cdot (1+12)} = 2 \text{ шт.} \quad (4.2)$$

В проектному варіанті:

$$K_{пр} = \frac{50000 \cdot 0,5 \cdot 0,45 \cdot 1,1}{1440 \cdot (1+15)} = 1 \text{ шт.} \quad (4.3)$$

4.1.2. Витрати на проектування збірної протяжки визначаємо за формулою:

$$B_{пк} = H_{ор} \cdot T_{кон} \cdot Z_{сз}^{\kappa} \cdot \left(1 + \frac{\kappa_d}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{B_c}{100}\right) + H_{в} \cdot 1,18 \quad (4.4)$$

де $H_{ор}$ – кількість найменувань оригінальних деталей, які входять до конструкції інструменту;

$T_{кон}$ – сумарна кількість годин на розробку усіх видів конструкторської документації, яка в середньому припадає на одне найменування оригінальної деталі;

$Z_{сз}^{\kappa}$ – середньогодинна заробітна плата конструктора, грн./год;

κ_d – додаткова заробітна плата конструктора, %;

B_c – відрахування у соц. фонди від заробітної плати конструкторів, %;

$H_{в}$ – накладні витрати, грн. (визначаються в процентах від основної заробітної плати конструктора).

$$B_{nx} = 10 \cdot 19 \cdot 55,56 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{22,0}{100}\right) + 10 \cdot 19 \cdot 55,56 \cdot \frac{45}{100} \cdot 1,18 = 21260,06 \text{ грн.}$$

4.1.3. Витрати на технологічну підготовку виробництва збірної протяжки:

$$B_m = H_{op} \cdot T_{mex} \cdot 3_{ce}^m \cdot \left(1 + \frac{\kappa_d}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{B_c}{100}\right) + H_e \cdot 1,18 \quad (4.5)$$

де T_{mex} – сумарна трудомісткість технологічних робіт, які припадають на одне найменування оригінальної деталі;

3_{ce}^m – середньогодинна заробітна плата технолога, грн./год.

$$B_m = 10 \cdot 21 \cdot 54,93 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{22,0}{100}\right) + 10 \cdot 21 \cdot 54,93 \cdot \frac{65}{100} \cdot 1,18 = 27115,22 \text{ грн.}$$

4.1.4. Визначення витрат на виготовлення інструменту.

Трудомісткість виготовлення збірної ріжучої протяжки визначаємо в нормо-годинах за формулою:

$$T_o = \sum_{i=1}^m T_i, \quad (4.6)$$

де $T_z, T_m, T_{tr}, T_c, T_{in}$ – трудомісткість заготівельних, механічних, термічних, складальних та інших робіт (встановлена експертним шляхом та за допомогою нормативно-довідкової інформації).

Далі розраховуємо:

– основну заробітну плату виробничих робітників:

$$Z_{op} = \sum_{i=1}^m C_{zi} \cdot T_i, \quad (4.7)$$

де m – кількість і-х видів робіт по виготовленню інструменту;

C_{zi} – середньогодинна тарифна ставка робітників, які виконують і-тий вид робіт, з врахуванням умов праці, грн.

Наприклад, основна заробітна плата виробничих робітників на механічних роботах по виготовленню інструмента:

$$Z_{op}^m = 48,58 \cdot 4,8 = 233,19 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунки основної заробітної плати на інших роботах, результати складаємо і заносимо до табл. 4.1.

– витрати на утримання та експлуатацію обладнання:

$$B_o = \sum_{i=1}^m Z_{opi} \cdot \frac{P_{ep}}{100}, \quad (4.8)$$

де P_{ep} – процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання по кожному і-му виду робіт за заводською документацією.

– цехові витрати:

$$K_{цех} = \sum_{i=1}^m Z_{opi} \cdot \frac{P_{цех}}{100}, \quad (4.9)$$

де $P_{цех}$ – процент цехових витрат по кожному і-му виду робіт за заводською калькуляцією.

Для механічних робіт:

$$B_o^m = 233,19 \cdot \frac{325}{100} = 757,86 \text{ грн.};$$

$$K_{цех}^м = 233,19 \cdot \frac{240}{100} = 559,65 \text{ грн.};$$

Аналогічно виконуємо розрахунки даних статей на інших роботах, результати складаємо і заносимо до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Трудомісткість виготовлення та окремі види витрат, які включені в собівартість комбінованої протяжки.

Види робіт	Трудомісткість робіт, нормо-год	Середній розряд	тарифна ставка робітників, грн./год	плата робітників, $З_{ор}$, грн.	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання, B_o		Загальноцехові витрати, $K_{цех}$	
					%	грн.	%	грн.
Заготівельні	0,66	4,00	66,52	43,90	285,00	106,02	232,00	86,31
Механічні	4,80	4,00	57,32	275,14	325,00	757,86	240,00	559,65
Термічні	2,50	3,00	63,99	159,98	350,00	474,52	280,00	379,62
Складальні	0,52	4,00	57,32	29,81	210,00	53,05	220,00	55,58
Всього	8,48	-	-	508,83	-	1391,46	-	1081,15

Собівартість (повну) виготовлення інструменту розраховуємо за статтями витрат за допомогою отриманих на заводі кошторисних та звітних калькуляцій базових конструкцій. Розрахунок виконуємо за формулою:

$$C_{нов} = M_o + M_{\partial} + \Pi_n + T_v - B_{зв} + E_{mex} + \Pi_{mex} + Z_{op} + Z_{\partial p} + B_c + B_{yn} + B_o + K_{цех} + K_{зав} + B_{ин} + K_{не} \quad (4.10)$$

де M_o – витрати на основні матеріали, грн.;

Π_n – покупні напівфабрикати, комплектуючі вироби та послуги інших підприємств, грн.

M_d – матеріали допоміжні, грн.;

T_p – транспортно-заготівельні витрати, грн.;

$B_{зв}$ – зворотні відходи, що реалізуються (віднімаються), грн.;

E_{tex}, Π_{tex} – енергія та паливо для технологічних цілей, грн.;

$З_{ор}$ – додаткова заробітна плата виробничих робітників, грн.;

B_c – відрахування у соціальні фонди, грн.;

B_{yn} – відшкодування зносу інструменту та пристосувань цільового призначення та інші спеціальні витрати, грн.;

$K_{зав}, K_{nv}$ – загальнозаводські та позавиробничі витрати, грн.;

B_{in} – інші витрати, грн.

Розрахунок M_o та Π_n зводимо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Склад матеріальних витрат на виріб

№ з/п	Найменування	Одиниця	Витрати (шт, кг)	Ціна, грн.	Витрати на виріб, грн.
1.	Сталь 40X	кг	6,7	39,00	261,30
2.	Сталь Р6М5	кг	6,2	330,00	2 046,00
	Всього основні матеріали				2 307,3

Розрахунок собівартості зводимо до таблиці 4.4.

Оптову ціну інструменту розраховуємо за формулою:

$$C_{opt} = C_{nov} + \Pi_n \quad (4.11)$$

де Π_n – нормативний прибуток, грн.

$$\Pi_n = \frac{P_c \cdot C_{nov}}{100} \quad (4.12)$$

P_c – встановлений рівень рентабельності виробу, %.

$$\Pi_n = \frac{20 \cdot 8217,76}{100} = 1643,55 \text{ грн.}$$

$$C_{opt} = 8217,76 + 1643,55 = 9861,31 \text{ грн.}$$

Виконані розрахунки зводимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Повна собівартість виготовлення комбінованої протяжки та її оптова ціна

№ з/п	Стаття калькуляції	Позначення	Метод розрахунку, джерело інформації	Результат, сума, грн.
1.	Матеріали основні	M_o	табл. 4.3	2 307,30
2.	Матеріали допоміжні	M_d	6% від M_o	138,44
3.	Покупні напівфабрикати, комплектуючі вироби та послуги інших підприємств	Π_n	табл. 4.5	-
4.	Транспортно-заготівельні витрати	T_v	5% від $(M_o + M_d + \Pi_n)$	122,29

№ з/п	Стаття калькуляції	Позна-чення	Метод розрахунку, джерело інформації	Результат, сума, грн.
5.	Зворотні відходи (віднімаються)	$B_{зв}$	5% від M_o	115,37
6.	Паливо та енергія на технологічні цілі	$ПЕ_{тех}$	185,8% від $З_{ор}$	941,34
7.	Всього матеріальні витрати			3 394
8.	Основна заробітна плата виробничих робітників	$З_{ор}$	табл. 4.2	508,83
9.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	$З_{др}$	10% від $З_{ор}$	50,88
10.	Відрахування у соціальні фонди	$B_{сс}$	22% від $(З_{ор}+З_{др})$	123,14
11.	Відшкодування зносу інструменту та пристосувань цільового призначення	$З_{цп}$	22,0% від $З_{ор}$	111,94
12.	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	B_o	табл. 4.2	1391,46
13.	Цехові витрати	$K_{цех}$	табл. 4.2	1081,15
14.	Загальнозаводські витрати	$K_{зав}$	280% від $З_{ор}$	1 424,72
15.	Інші виробничі витрати	$B_{ін}$	8,3% від $З_{ор}$	42,23
16.	Виробнича собівартість інструменту	$C_{вир}$	Σст. 8÷16	8 128,35
17.	Позавиробничі витрати	$K_{пв}$	1,1% від $C_{вир}$	89,41
18.	Повна собівартість	$C_{пов}$	$C_{вир}+K_{пв}$	8 217,76
19.	Прибуток	$П_n$	20% від $C_{пов}$	1 643,55
20.	Оптова ціна підприємства	$Ц$	$C_{пов}+П_n$	9 861,31

4.1.5. Визначення експлуатаційних витрат (собівартості обробки) – B_e , які припадають на одиницю продукції в базовому та проектному варіантах

Оскільки в базовому і в проектному варіанті використовується однакова модель верстата та продуктивність обробки співпадає, у порівнюваних варіантах залишаються незмінними майже всі статті витрат, крім витрат на ріжучий інструмент.

Витрати на експлуатацію ріжучого інструменту:

$$B_{ip} = \frac{(S_u + pS_{nep}) \cdot \gamma T_{nop}}{t_e(p+1)} \kappa_{em}, \quad (4.13)$$

де S_u – первісна вартість ріжучого інструменту, грн.;

p – кількість переточок різального інструменту до повного зносу по лімітуючому розміру різальної грані [55, табл. 7.12];

S_{nep} – вартість однієї переточки, грн.;

γ – питома значення машинного часу роботи обладнання в загальному варіанті його роботи [55, табл. 7.11];

t_e – економічна стійкість інструменту, хв. [55, табл. 7.12];

κ_{em} – коефіцієнт обліку втрати інструменту [55, табл. 7.12].

В базовому варіанті при використанні суцільної протяжки:

$$B_{ip}^{\delta} = \frac{(10550 + 12 \cdot 21,51) \cdot 0,45 \cdot 0,5}{840 \cdot (1 + 12)} \cdot 1,1 = 0,2227 \text{ грн.}$$

$$B_{ip}^{np} = \frac{(9861,31 + 15 \cdot 18,88) \cdot 0,5 \cdot 0,45}{1440 \cdot (1 + 15)} \cdot 1,1 = 0,0990 \text{ грн.}$$

4.2. Розрахунок показників економічної ефективності

4.2.1. Річний економічний ефект, який отримує виробник протяжки розраховуємо за формулою:

$$E_{pe} = (C_{opt.np} - C_{пов.np}) \cdot P_6 - E_n \cdot K_6, \quad (4.14)$$

де $C_{opt.np}$, $C_{пов.np}$ – відповідно оптова ціна та повна собівартість проектного інструменту, грн.;

P_6 – програма виробництва інструменту, шт./рік;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K_6 – додаткові капітальні витрати у виробника, грн.

Додаткові капітальні витрати у виробника складаються з витрат на конструкторську та технологічну підготовку виробництва інструменту:

$$K_6 = B_{нк} + B_m = 21260,06 + 27115,22 = 48375,28 \text{ грн.}$$

де $B_{нк}$, B_m – відповідно, вартість конструкторської та технологічної підготовки виробництва, грн.

$$E_{pe} = (9861,31 - 8217,76) \cdot 20 - 0,16 \cdot 48375,28 = 25130,96 \text{ грн.}$$

4.2.2. Річний економічний ефект, який отримує підприємство – споживач, розраховуємо за формулою:

$$E_{p.cn} = (B_e^o - B_e^{np}) \cdot N_o - E_n \cdot K_{cn}, \quad (4.15)$$

де K_{cn} – додаткові капітальні витрати у споживача, грн.

$$K_{cn} = U_i^{np} \cdot K_i^{np} - U_i^{\delta} \cdot K_i^{\delta}, \quad (4.16)$$

де U_i^{np} , U_i^{δ} – вартість інструменту відповідно в проектному та базовому варіантах;

K_i^{np} , K_i^{δ} – потреба в інструменті відповідно в проектному та базовому варіантах.

$$K_{cn} = 9861,31 \cdot 1 - 10550 \cdot 2 = -11238,69 \text{ грн.}$$

$$E_{p.cn} = (0,2227 - 0,0990) \cdot 50000 - 0,16 \cdot (-11238,69) = 7983,19 \text{ грн.}$$

4.2.3. Строк окупності додаткових капітальних вкладень у виробника:

$$T_{ок.с} = \frac{K_{с}}{(U_{опт.оп} - C_{нос.пр}) \cdot \Pi_{с}} = \frac{48375,28}{(9861,31 - 8217,76) \cdot 20} = 1,5 \text{ років;}$$

4.3.5. В підсумку складаємо зведену таблицю техніко-економічні показників проекту (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Підсумкові техніко-економічні показники проекту

№ п/п	Показник	Одиниця	Базовий варіант	Проект	Зміна, % (+, -)
1.	Потреба в інструменті	шт./рік	2	1	-50,0
2.	Річна програма виробництва деталей	шт./рік	50000	50000	—
3.	Штучний час протягування	хв.	0,5	0,5	—
4.	Собівартість (повна) виготовлення інструменту	грн.	—	8 217,76	—
5.	Оптова ціна інструменту	грн.	10 550	9 861,31	-6,5
6.	Експлуатаційні витрати на ріжучий інструмент в розрахунку на одну деталь	грн.	0,199	0,088	-55,8
7.	Капітальні витрати на конструкторську та технологічну підготовку виробництва (у виробника)	грн.	—	48375,28	—
8.	Строк окупності додаткових капітальних вкладень у виробника	років	—	1,5	—
9.	Річний економічний ефект				
	— у виробника	грн.	—	25130,96	—
	— у споживача	грн.	—	7313,19	—

4.3. Організаційно-планові розрахунки

4.3.1. Розробка плану виконання комплексу робіт з підготовки виробництва.

Складання такого плану виконуємо з використанням сіткових методів планування ат організації виробництва.

Комплекс робіт, на який необхідно розробити оптимізований план представимо у вигляді сіткової моделі (рис. 4.1), Дані про тривалість виконання роботи та попередньо прийняту кількість виконавців зводимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Дані про комплекс робіт з проектування інструменту

Номер роботи	Шифр роботи	Зміст роботи	Тривалість виконання, роб. дні	Кількість виконавців, осіб
1.	1-2	Розробка технічної пропозиції на проектування комбінованої протяжки	5-8	2
2.	2-3	Аналіз науково-технічної літератури	2-4	2
3.	2-4	Аналіз патентної літератури	6-8	3
4.	4-5	Дослідження конструкції протяжки	3-4	2
5.	5-6	Розрахунок параметрів протяжки	2-3	2
6.	5-7	Розробка методики проектування комбінованої протяжки	5-7	1
7.	6-7	Розрахунок геометрії і профілю інструменту	2-3	2
8.	7-8	Розробка конструкції інструменту	6-8	1
9.	8-9	Деталювання протяжки	1-2	1
10.	8-10	Аналіз технологічності протяжки	2-3	1
11.	8-13	Розробка карти налагодження	1	1

12.	8-18	Перевірка конструкції на патентну чистоту	5-7	2
13.	10-11	Розробка техпроцесу інструменту	1	1
14.	10-12	Розробка техпроцесу виготовлення деталей протяжки	2-3	2
15.	12-14	Розробка конструкції різця для обробки деталей протяжки	2-3	1
16.	12-15	Визначення розмірів шліфувального круга для шліфування профілю	1-2	1
17.	13-15	Перевірка конструкції на відповідність вимогам техніки безпеки	1-2	1
18.	14-15	Розрахунок розмірів профілю різця	1-2	1
19.	15-16	Перевірка креслень на технологічність	1	1
20.	15-17	Розробка відомостей специфікацій	1	1
21.	15-20	Виготовлення різця	1	1
22.	16-18	Нормоконтроль креслень	1	1
23.	17-18	Розрахунок показників економічної ефективності	2-3	1
24.	18-19	Передача комплекту документації на науково-технічну раду (НТР)	1	2
25.	19-20	Доробка документації за зауваженнями НТР	2-3	2
26.	20-21	Виготовлення дослідного зразка комбінованої протяжки	1	1

4.3.2. Визначення очікуваної тривалості робіт.

Тривалість робіт, яка визначається за нормативними або експертними оцінками, може задаватися однозначно або у вигляді мінімально ($t_{\min}$) та максимально ($t_{\max}$) можливих значень. Для таких робіт очікувану тривалість визначаємо за формулою:

$$t_{oc} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}. \quad (4.17)$$

Округлені до цілих чисел значення t_{oc} , заносимо в гр. 4 таблиці 4.6, а також наносимо на вихідну сітьову модель (рис. 4.2). При цьому тривалість роботи вказують над стрілкою, кількість виконавців – під нею.

4.3.3. Розрахунок параметрів сітьового графіку.

До основних параметрів сітьового графіку відносяться ранні T_p та пізні строки здійснення подій, резерви часу подій P_n та робіт P_p , коефіцієнти напруженості κ_n , тривалість критичного шляху.

Ранній строк здійснення i -тої події визначається тривалістю максимального шляху від початкової події до даної. (гр. 2 таблиці 4.7).

Ранній строк здійснення кінцевої події дорівнює тривалості критичного шляху $L_{кр}$. В даному випадку він складає 43 робочих днів.

Пізні строки здійснення подій розраховуємо за наступною формулою, а отримані величини заносимо в гр. 3 таблиці 4.7.

$$T_{n(i)} = L_{кр} - L_{\max(i-c)}, \quad (4.18)$$

де $L_{\max(i-c)}$ – тривалість максимального шляху від даної i -тої події до кінцевої c -ої події.

Наприклад, пізній строк здійснення 3-ої події:

$$T_{n(3)} = 43 - 30 = 13 \text{ робочих днів.}$$

Резерви часу здійснення подій визначаємо за наступною формулою, отримані величини заносять в гр. 4 таблиці 4.7.

$$P_{n(i)} = T_{n(i)} - T_{p(i)}. \quad (4.19)$$

Наприклад:

$$P_{n(3)} = 13 - 9 = 4 \text{ робочих днів.}$$

Кількісна оцінка рівня напруженості некритичних робіт відносно робіт критичного шляху проводиться за допомогою коефіцієнтів напруженості робіт K_n . Цей коефіцієнт для робіт, які лежать на критичному шляху, дорівнює одиниці, а для фіктивних робіт він дорівнює нулю.

Для некритичних робіт коефіцієнт напруженості менше одиниці. Його визначають за формулою:

$$K_{n(i-k)} = \frac{L_{\max} - L_{кр.с}}{L_{кр} - L_{кр.с}}, \quad (4.20)$$

де $L_{\max}$ – тривалість максимального повного шляху, який приходить через дану роботу;

$L_{кр.с}$ – відрізок цього шляху, який співпадає з критичним шляхом.

Отримані величини K_n заносимо в гр. 8 таблиці 4.6.

Наприклад для роботи 2-3:

$$K_n = \frac{39 - 36}{43 - 36} = 0,43.$$

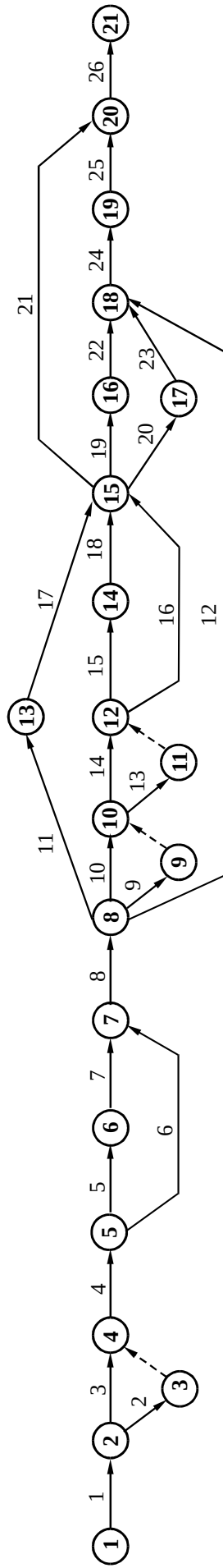


Рис. 4.1. Сітьова модель комплексу робіт

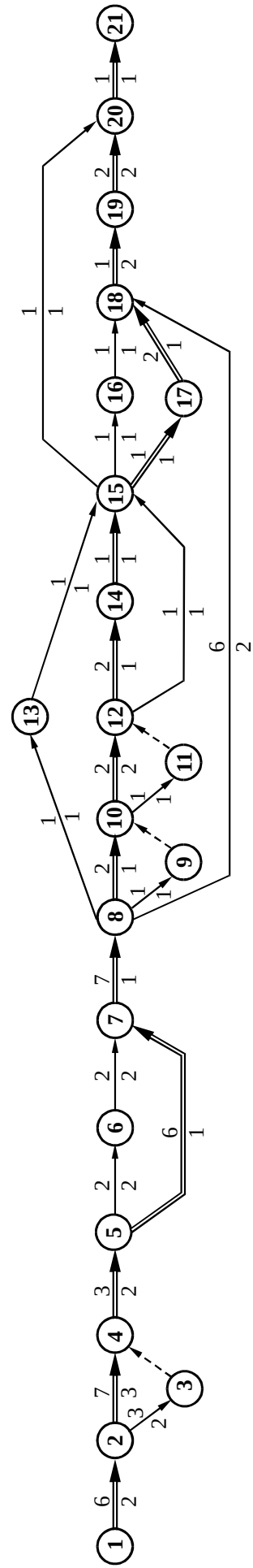


Рис. 4.2. Вихідний сітьовий графік, $L_{кр} = 43$ робочі дні.

Таблиця 4.6.

Параметри робіт

Шифр роботи	Тривалість виконання робіт, робочі дні				Кількість виконавців, чол.		Коефіцієнт напруженості		σ^2 , роб. дні
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	очікувана ($t_{оч}$)						
			до оптимізації ації	після оптимізації ації	до оптимізації ації ($K_{вик}$)	після оптимізації ації ($K'_{вик}$)	до оптимізації ації	після оптимізації ації	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	5	8	6	6	2	2	1	1	0,36
2-3	2	4	3	6	2	1	0,43	1	0,16
2-4	6	8	7	5	3	4	1	0,83	
3-4	Фіктивна робота		0	0	0	0	0	0	
4-5	3	4	3	3	2	2	1	1	0,04
5-6	2	3	2	2	2	2	0,67	0,67	
5-7	5	7	6	6	1	1	1	1	0,16
6-7	2	3	2	2	2	2	0,67	0,67	
7-8	6	8	7	7	1	1	1	1	0,16
8-9	1	2	1	1	1	1	0,5	0,5	
8-10	2	3	2	2	1	1	1	1	0,04
8-13	1	1	1	1	1	1	0,29	0,29	

8-18	5	7	6	6	2	2	0,6	0,6	
9-10	Фіктивна робота		0	0	0	0	0	0	
10-11	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	
10-12	2	3	2	2	2	2	1	1	0,04
11-12	Фіктивна робота		0	0	0	0	0	0	
12-14	2	3	2	2	1	1	1	1	0,04
12-15	1	2	1	1	1	1	0,33	0,33	
13-15	1	2	1	1	1	1	0,29	0,29	
14-15	1	2	1	1	1	1	1	1	0,04
15-16	1	1	1	1	1	1	0,67	0,67	
15-17	1	1	1	1	1	1	1	1	
15-20	1	1	1	1	1	1	0,2	0,2	
16-18	1	1	1	1	1	1	0,67	0,67	
17-18	2	3	2	2	1	1	1	1	0,04
18-19	1	1	1	1	2	2	1	1	
19-20	2	3	2	2	2	2	1	1	0,04
20-21	1	1	1	1	1	1	1	1	

Таблиця 4.7.

Параметри подій (робочі дні).

Шифр події	До оптимізації			Після оптимізації		
	T_p	T_n	P_n	T_p	T_n	P_n
1	0	0	0	0	0	0
2	6	6	0	6	6	0
3	9	13	4	12	12	0
4	13	13	0	12	12	0
5	16	16	0	15	15	0
6	18	20	2	17	19	2
7	22	22	0	21	21	0
8	29	29	0	28	28	0
9	30	31	1	29	30	1
10	31	31	0	30	30	0
11	32	33	1	31	32	1
12	33	33	0	32	32	0
13	30	35	5	29	34	5
14	35	35	0	34	34	0
15	36	36	0	35	35	0
16	37	38	1	36	37	1
17	37	37	0	36	36	0
18	39	39	0	38	38	0

19	40	41	0	39	39	0
20	42	42	0	41	41	0
21	43	43	0	42	42	0

4.3.4. Оптимізація сітьового графіку.

Для скорочення тривалості критичного шляху та забезпечення рівномірного завантаження виконавців, переведемо одного виконавця з роботи 2-3 відповідно на роботу 2-4. При переводі виконавців з однієї роботи на іншу, змінюється їх тривалість. Нова тривалість роботи:

$$t'_{оч(i-k)} = \frac{t_{оч(i-k)} \cdot K_{вик(i-k)}}{K'_{вик(i-k)}}, \quad (4.21)$$

де $t_{оч(i-k)}$, $K_{вик(i-k)}$ – відповідно очікувана тривалість роботи (i-k), та кількість її виконавців до оптимізації;

$K'_{вик(i-k)}$ – кількість виконавців, яка запланована для виконання роботи (i-k), після їх перерозподілу.

Наприклад, для роботи 2-4 після перерозподілу виконавців нова тривалість:

$$t'_{оч(2-4)} = \frac{7 \cdot 3}{4} = 5 \text{ робочих днів.}$$

Отримані нові значення очікуваної тривалості робіт і їх виконавців записуємо в гр. 5 і 7 таблиці 4.8 і наносимо на сітьовий графік. Такий графік зображено на рис. 4.3, а розрахунки його параметрів – у відповідних графах таблиць 4.8-4.9. Як свідчать розрахунки, тривалість критичного шляху сітьового графіку після оптимізації складає 42 робочих днів. В порівнянні з вихідним графіком вона скоротилася на 1 робочий день.

4.3.5. Розробка карти проекту.

Для досягнення мінімізації потреби в одночасно необхідних виконавцях будують так звану карту проекту. При цьому сітьовий графік перетворюємо в лінійний і створюємо діаграму зайнятості виконавців (рис. 4.4).

Як видно з побудованої діаграми, потрібна кількість виконавців коливається від 1 до 5 чоловік. Зменшити потрібну кількість виконавців і раціонально їх завантажити в окремі проміжки часу можливо за рахунок переміщення вправо некритичних робіт, що мають резерви часу. Для цього змістимо роботи 9-10, 12-15, 13-15, 15-20 вправо, в межах їх резервів, що дає можливість зменшити у певні проміжки часу максимальну кількість виконавців. Нове положення робіт на графіку та діаграмі зображено суцільною лінією. А початкове положення цих робіт – пунктиром.

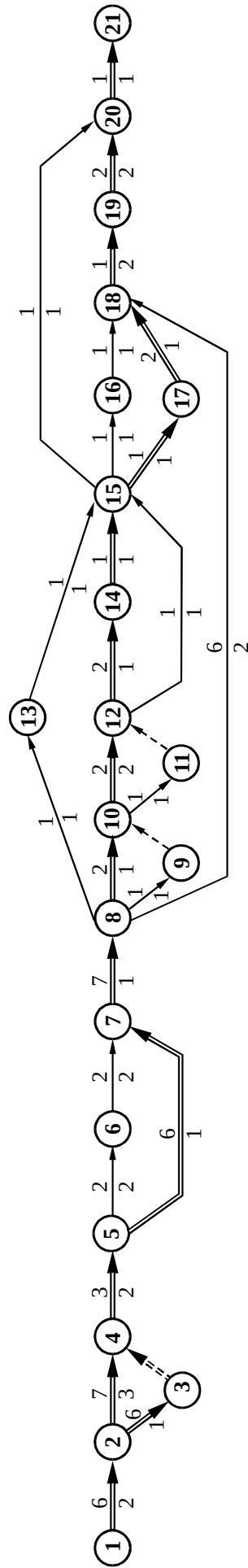


Рис. 4.3. Оптимізований сітьовий графік, $L_{кр} = 42$ робочі дні.

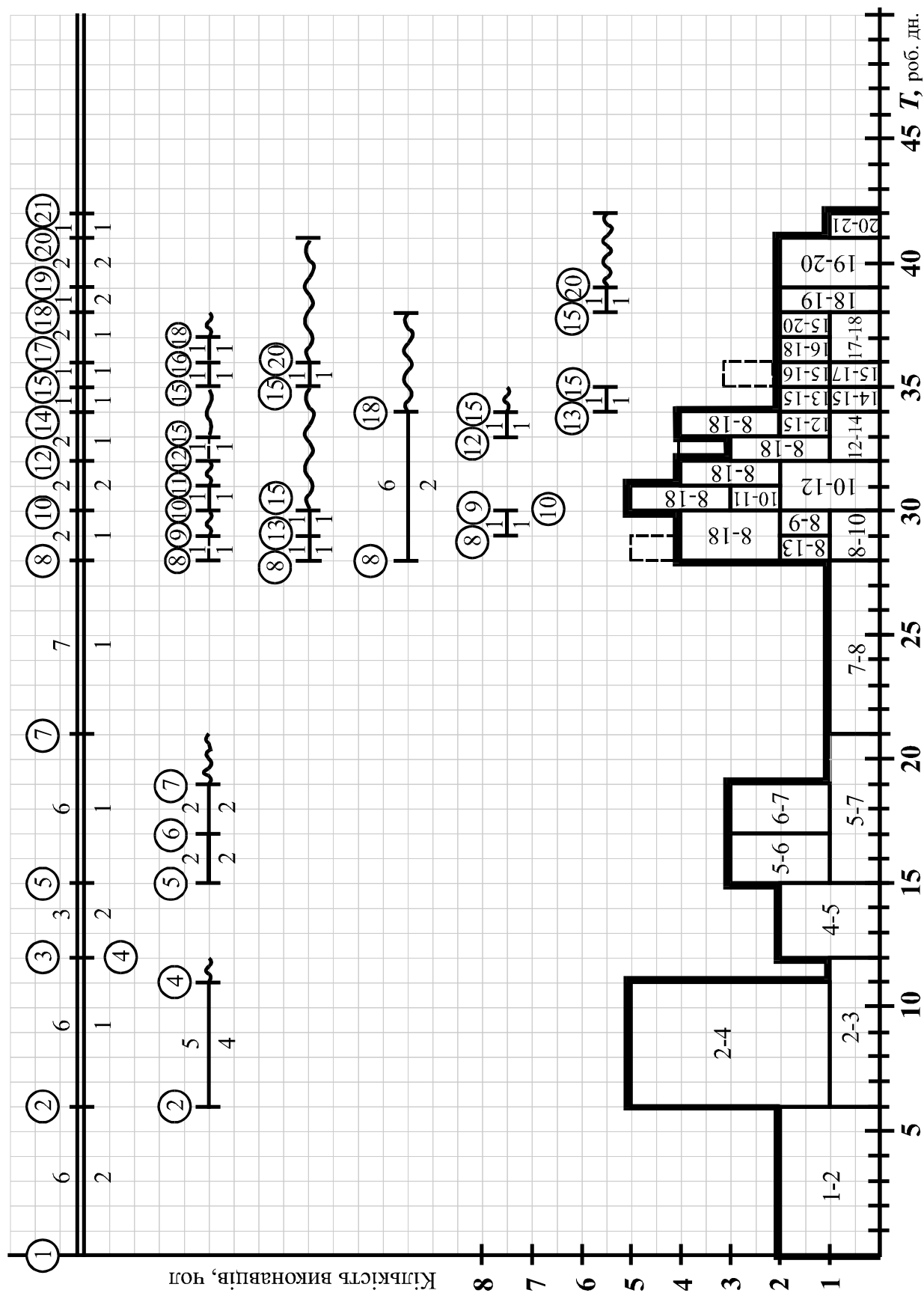


Рис. 4.4. Карта проекту: а) лінійний графік комплексу робіт; б) діаграма завантаження виконавців

4.3.6. Оцінка можливих відхилень тривалості критичного шляху

Тривалість ряду робіт, які лежать на критичному шляху, задана ймовірними оцінками, а розрахунок шляхів виконано за середніми значення. В результаті фактична тривалість критичного шляху може виявитися більше або менше розрахованої.

Встановлення максимальної та мінімальної тривалості критичного шляху визначається із врахуванням середньоквадратичого відхилення. Для цього спочатку розраховуємо дисперсії тривалості виконання робіт, які лежать на критичному шляху, за формулою:

$$\sigma_{(i-k)}^2 = 0,04(t_{\max(i-k)} - t_{\min(i-k)})^2 \quad (4.22)$$

Результати розрахунків заносимо в гр. 10 таблиці 4.6.

Наприклад, дисперсія тривалості роботи 1-2:

$$\sigma_{(1-2)}^2 = 0,04(8 - 5)^2 = 0,36 \text{ робочих днів.}$$

Середньоквадратичне відхилення тривалості критичного шляху:

$$\sigma_{кр} = \pm \sqrt{\sum \sigma_{(i-k)}^2} = \pm \sqrt{1,12} = 1 \text{ робочий день.}$$

З врахуванням розрахованого відхилення планова тривалість критичного шляху складає:

$$L_{кр} = 42 \pm 1 \text{ робочі дні.}$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі аналізу літературних джерел встановлено, що різальне протягування не знайшло широкого поширення при обробці високопластичних сталей через їх низьку оброблюваність на малих швидкостях різання через інтенсивне наростоутворення та «схоплювання», заклинювання стружки в канавках протяжок і незадовільний стан обробленої поверхні після протягування.

Встановлено, що головними факторами, що впливають на напруженість процесу різання, є передній кут, кут дії, властивості оброблюваного матеріалу та швидкість різання. Тому в якості основних напрямків підвищення оброблюваності, були досліджені можливості зміни переднього кута і умов контакту на передній поверхні, що визначають величину кута дії. Вплив швидкості різання на оброблюваність не настільки значний через малий діапазон її зміни при протягуванні.

Із застосуванням програмного комплексу DEFORM-2D/3D розроблена модель процесу різального протягування отворів у втулках із високопластичної сталі, яка дозволяє визначати формозміну деталі, напружений стан металу у місті концентрації деформації та енергосилові параметри. Модель враховує пластичний характер деформації металу та монотонний характер процесу. Досліджено вплив кута різального клину робочого елемента на енергосилові параметри при різального протягуванні втулок із досліджуваних матеріалів;

Встановлено, що при збільшенні переднього кута відбувається звуження зони стружкоутворення і її поворот за годинниковою стрілкою.

Експериментально доведено, що збільшення переднього кута до певних значень приводить до поліпшення оброблюваності високопластичних сталей. Подальше збільшення переднього кута обмежується жорсткістю різального клина. Розроблена теоретична залежність для знаходження раціональних

значень переднього кута при протягуванні високопластичних сталей, у якій у якості вихідних факторів задаються механічні властивості оброблюваного матеріалу, товщина зрізу та граничноприпустимі радіальні переміщення різального клина. Раціональне значення переднього кута зубців протяжок для сталі 10ГН становить 30° .

На підставі проведених досліджень запропонований процес обробки виробів з високопластичних сталей, що містить операцію різального протягування з використанням оригінальних конструкцій збірних різальних протяжок.

Моделювання показало, що різальне протягування запропонованим збірним інструментом дозволяє одержати високу якість поверхні при обробці в'язких сталей, знизити витрати інструментального металу, трудомісткість обробки та витрати на інструмент.

Проведені експерименти підтверджують адекватність створеної моделі реальному процесу обробки. Отримані за її допомогою результати дозволяють проектувати технологічне обладнання та інструмент для даного виду металообробки, а також оцінити можливість використання існуючих протяжних верстатів та гідравлічних пресів для різального протягування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абуладзе Н.Г. Некоторые вопросы механики образования сливной стружки: Автореф. дис.. канд.техн.наук [Текст] / Тбилиси, 1962, с. - 25 с.
2. Берлинер М.С. Процессы протягивания деталей на ЗИЛе. В сб.: Новые протяжные станки и прогрессивные методы протягивания [Текст] / М.С. Берлинер, М., НИИМАШ, 1966, с. 8-14.
3. Бобров В.Ф. Определение размеров впадины зубьев протяжек на основании изучения усадки стружки. [Текст] / В.Ф. Бобров - В кн.: Труды Тульского механического института, выпуск 3, 1949, с. 44-47.
4. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. [Текст] / В.Ф. Бобров - М., Машиностроение, 1975, - 344 с.
5. Бусел Ю.Ф. Исследование процесса протягивания точных отверстий в пакетах из некоторых авиационных материалов. Дис... канд. техн. наук. [Текст] / - Киев, 1971, - 280 с.
6. Бусел Ю.Ф. Кодрик А.И. Влияние некоторых параметров конструкции протяжек и режимов деформирующего протягивания на краевой эффект [Текст] / – В кн.: Сверхтвердые материалы. Пр-во, применение. Киев, ИСМ АН УССР, 1977, с. 122-125.
7. Горецкая З.Л. Протягивание с большими подачами. [Текст] / З.Л. Горецкая - М.: Машгиз, 1960, - 76 с.
8. Грановский Г.И. Расчет и конструирование протяжек. [Текст] / Г.И. Грановский - М., Машгиз, 1960, - 252 с.
9. Грановский Г.И. Металлорежущий инструмент, конструкция и эксплуатация. Справочное пособие [Текст] / Г.И. Грановский, М., Машгиз, 1962, - 278 с.
10. Гриценко Э.И. Исследование качества поверхности обработанных режущим инструментом и твердосплавными деформирующими протяжками. Дис.... канд.техн.наук [Текст] / Харьков , 1974, - 270 с.

11. Еремін А.Н. Фізическа сутьність явлєній при рєзанії сталєй. [Тєкст] / А.Н. Еремін - Москва-Свердловск, Машгиз, 1951, - 226 с.
12. Єрьомін П.М. Підвищення ефективності обробки отворів в деталях із чавунів комбінованим протягуванням: авторєф. дис. на здобуття ступєня канд. техн. наук спец. 05.03.01 «Процєси механічної обробки, верстати та інструмент» / П.М. Єрьомін – Кіровоград, 2015. – 24 с.
13. Зорєв Н.Н. Современное состояние и задачи развития обработки труднообрабатываемых материалах. – В кн.: Перспективы развития режущего инструмента и повышения его производительности в машиностроении. М., 1972, с. 15-22.
14. Зорєв Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. [Тєкст] / Н.Н. Зорєв – М., Машгиз, 1956, - 378 с.
15. Зорєв Н.Н. Исследование процесса резания металлов в США. – Випуск I, Механика процессов резания. М., НИИМАШ, 1965, - 126 с.
16. Кацев П.Г., Епифанов Н.П. Справочник протяжника. М., Машгиз, 1963, - 256 с.
17. Кацев П.Г. Обработка протягиванием [Тєкст] / П.Г. Кацев // Справочник. – М.: Машиностроение, 1986. - 272 с.
18. Кодрик А.И. Некоторые вопросы обрабатываемости высоко-пластичной стали 10ГН применительно к режущему протягиванию. – В кн.: Сверхтвердые материалы. Пр-во и применение. Киев, ИСМ АН УССР, 1977, с. 131-137
19. Клушин М.И. Резание металлов. – М., Машгиз, 1958, - 454 с.
20. Ларин М.Н. Оптимальные геометрические параметры режущей части инструментов. – М., Оборонгиз, 1958, - 147 с.
21. Маргулис Д.К. Определение рациональной величины подачи в связи со стойкостью протяжки при внутреннем протягивании. – Вестник машиностроения. №9, 1960, с. 21-24.
22. Маргулис Д.К. Протяжки переменного резания. Москва. – Свердловск, Машгиз, 1962, - 269 с.

23. Маргулис Д.К. Протяжки для обработки отверстий [Текст] / Д.К. Маргулис, М.М. Тверской, В.И. Ашихмин и др.// – М. : Машиностроение, 1986. – 232 с.
24. Паршин В.С. Практическое руководство к программному комплексу DEFORM-3D [Текст] / В.С. Паршин, А.П. Карамышев, И.И. Некрасов, А.И. Пугин, А.А. Федулов. / Учебное пособие. — Екатеринбург: УрФУ, 2010. – 266 с.
25. Пронкин Н.Ю. Протягивание труднообрабатываемых материалов [Текст] / Н.Ю. Пронкин. – М.: Машиностроение. 1978. – 117 с.
26. Посвятенко Э.К., Кодрик А.И. Особенности режущего протягивания стали 10ГН. – В кн.: Физические явления при деформирующем протягивании и резании пластичных металлов. Киев, 1978, с. 144-148.
27. Розенберг А.М., Еремин А.П. Элементы теории процесса резания металлов. – Машгиз. – Свердловск, 1956, -320 с.
28. Розенберг А.М., Посвятенко Э.К. Особенности конструкции протяжек, работающих по предварительно упрочненному металлу. – В кн.: Синтетические сверхтвердые материалы и твердые сплавы. – Киев, 1973, с. 257-264.
29. Розенберг А.М. Розенберг О.А. Исследование процесса формирования стружки при мелкоразмерном протягивании. – Станки и инструмент, 1967, №4, с. 21-28.
30. Розенберг О.А. Исследования протягивания цветных металлов и методика расчета протяжек мелких размеров. Дис.... Канд.техн.наук. – Куйбышев. Из-во Куйбышевского политехнического института, 1966, 29 с.
31. Розенберг О.А. Высокопроизводительный инструмент для обработки точных отверстий. – Электротехническая промышленность, 1963, №6, с. 30-32.
32. Пат. на корисну модель 118919 Україна, МПК В23D 43/04. Комбінована протяжка / О.В. Чернявський, І.В. Шепеленко, Е.К. Посвятенко,

- Я.Б. Немировський, П.М. Єрьомін, О.О. Чернявський. - заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т. - № u201704079 ; заявл. 24.04.2017 ; опубл. 28.08.2017 ; Бюл. № 16. - 3 с. : іл.
33. Пат. на корисну модель 124867 Україна, МПК В23D 43/00. Протяжка / О.В. Чернявський, І.В. Шепеленко, Е.К. Посвятенко, Я.Б. Немировський, О.Д. Сіренко, П.М. Єрьомін, О.О. Чернявський. - заявник і патентовласник Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - № u201711064 ; заявл. 13.11.2017 ; опубл. 25.04.2018 ; Бюл. № 8. - 3 с. : іл.
34. Чернявський О.В. Обробка круглих отворів протягуванням [Текст] / О.В. Чернявський // Навч. посібник для ВНЗ. – Кіровоград, 2008 – 72 с.
35. Чернявский А.В. Повышение эффективности обработки отверстий в деталях из чугуна деформирующим протягиванием: автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук спец. 05.03.01 «Процессы механической и физико-химической обработки, станки и инструмент» / А.В. Чернявский // – Киев, 1988. – 17 с.
36. Щеголев А. В. Конструирование протяжек [Текст] // М.–Л. : Машгиз, 1960. – 320 с.
37. Расчеты экономической эффективности новой техники [Текст] / Справочник, 2-е издание, дополненное и переработанное // Под. ред. К.М. Великанова – Л., Машиностроение, 1990.–358 с.
38. Raghavendra Kamath Cholpadi and Appu Kuttan «Mechanistic Force Modeling for Broaching Process» [Text] / Research Article | Open Access Volume 2014 |Article ID 485712 | <https://doi.org/10.1155/2014/485712>
39. Description of helical broach geometry using mathematical models associated with cad 3d models Daniel Amoretti Gonçalves, Henrique von Paraski, Rolf Bertrand Schroeter, Laboratório de Mecânica de Precisão [Text] / (LMP), UFSC, Caixa Postal-476 EMC, 88.010-970 Florianópolis/SC, Brazil <https://www.abcm.org.br/anais/cobem/2009/pdf/COB09-0861.pdf>

ДОДАТКИ



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 118919

(13) U

(51) МПК

B23D 43/04 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 04079

(22) Дата подання заявки: 24.04.2017

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: 28.08.2017

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 28.08.2017, Бюл.№ 16

(72) Винахідник(и):

Чернявський Олександр Васильович
(UA),
Шепеленко Ігор Віталійович (UA),
Посвятенко Едуард Карпович (UA),
Немировський Яків Борисович (UA),
Єрьомін Павло Миколайович (UA),
Чернявський Олег Олегович (UA)

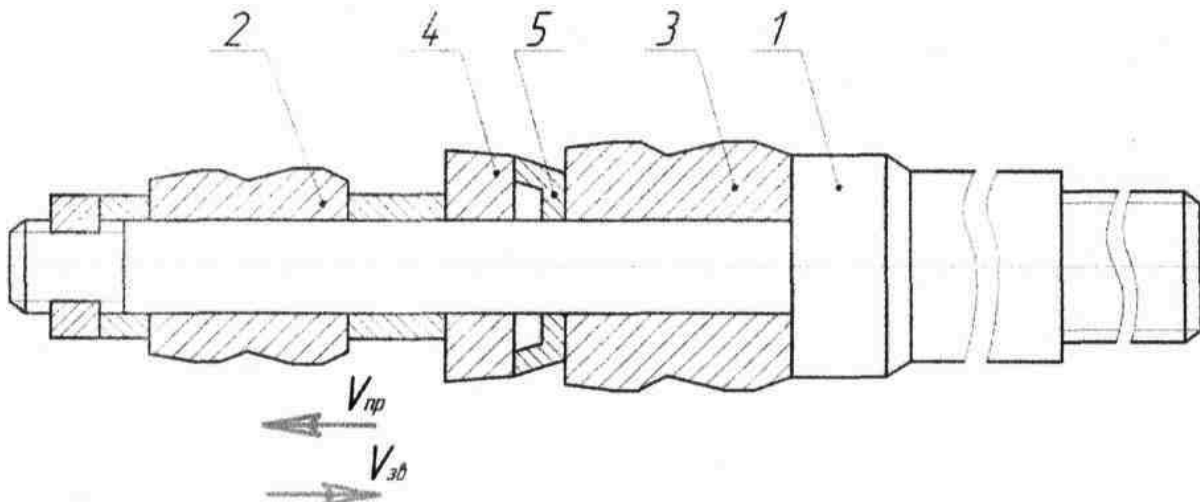
(73) Власник(и):

КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
пр. Університетський, 8, м. Кіровоград,
25006 (UA)

(54) КОМБІНОВАНА ПРОТЯЖКА

(57) Реферат:

Комбінована протяжка має оправку, на якій розташовані деформуючі блоки та ріжучий зубець. За ріжучим зубцем встановлений демпфуючий елемент.



UA 118919 U

Корисна модель належить до області обробки металів різанням і холодним пластичним деформуванням, зокрема, до інструменту для обробки отворів в деталях типу втулок та корпусів.

Відома конструкція комбінованої деформуючо-ріжучо-деформуючої протяжки [1], яка має передній хвостовик, оправку, на якій розташовані деформуючі та ріжучі елементи, напрямні і дистанційні втулки та елементи закріплення.

Однак, велика довжина та обмежена жорсткість конструкції протяжки сприяє виникненню вібрації в технологічній системі верстата і, як результат - зниженню точності та якості обробленої поверхні.

Найбільш близьким технічним рішенням до заявленого є комбінована протяжка двосторонньої дії [2] із жорстким закріпленням у штоку верстата або гідравлічного преса, яка має два деформуючих блоки, між якими розташовані один різальний зубець, дистанційні втулки та елементи закріплення.

Недоліком такої конструкції інструменту є те, що в процесі протягування на поверхні, що обробляється, утворюються кільцеподібні виступи, причиною появи яких є стрімкий перепад навантаження при вході в оброблюваний отвір та виході із нього робочих елементів протяжки.

Задачею корисної моделі є підвищення якості обробки шляхом гасіння інтенсивності коливань сили протягування при вході та виході робочих елементів протяжки з отвору, що обробляється.

Поставлена задача вирішується за рахунок конструкції комбінованої протяжки, на якій за ріжучим зубцем встановлений демпфуючий елемент у вигляді тарілчастої пружини.

На кресленні показана конструкція комбінованої протяжки, що заявляється.

Комбінована протяжка складається з оправки 1, на якій розташовані деформуючі блоки 2, 3, ріжучий зубець 4 та демпфуючий елемент 5 у вигляді тарілчастої пружини.

Умовні позначення: $V_{\text{пр}}$ - прямий рух протяжки; $V_{\text{зв}}$ - зворотний рух протяжки.

Комбінована протяжка, що заявляється, працює наступним чином. Інструмент різьбовим хвостовиком жорстко закріплюється в штоку вертикально-протягувального верстата або гідравлічного преса. При прямому русі комбінованої протяжки $V_{\text{пр}}$ деформуючий блок 2 виконує функцію передньої напрямної, а також готує поверхню, що обробляється. Розташований за ним ріжучий зубець 4 зрізує необхідний припуск, а деформуючий блок 3 виконує функцію задньої напрямної та деформує поверхневий шар отвору, що обробляється. Вхід та вихід названих елементів із зони обробки супроводжується ступінчастим перепадом сили і швидкості протягування через податливість технологічної системи верстата й пружної деформації заготовки. Такий недолік компенсується за рахунок встановлення за ріжучим зубцем тарілчастої пружини 5, яка гасить певною мірою інтенсивність коливань технологічної системи та позитивно впливає на точність та якість отвору, що обробляється, при високій продуктивності процесу обробки. При зворотному русі інструменту $V_{\text{зв}}$ у роботі бере участь тільки деформуючий блок 3, що вигладжує оброблювальну поверхню та додатково зміцнює поверхневий шар.

Використання запропонованої конструкції комбінованої протяжки дозволить підвищити якість обробки шляхом гасіння інтенсивності коливань сили протягування при вході та виході робочих елементів інструменту з отвору, що обробляється.

Джерела інформації:

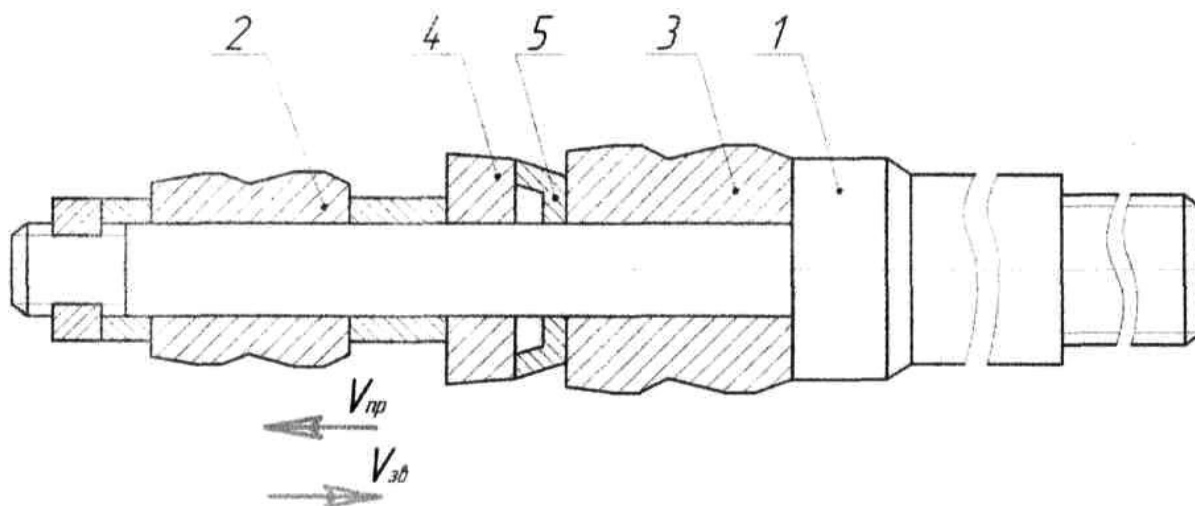
1. Розенберг А.М. Расчет и проектирование твердосплавных деформирующих протяжек и процесса протягивания / А.М. Розенберг, О.А. Розенберг, Э.К. Посвятенко и др. - К.: Наук. думка, 1978. - 256 с.

2. Розенберг О.А. Сборная твердосплавная протяжка для обработки гильз и цилиндров / О.А. Розенберг, Я.Б. Немировский, А.В. Чернявский // Станки и инструмент. - 1986. - № 8. - С. 19-20.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Комбінована протяжка, що складається із оправки, на якій розташовані деформуючі блоки та ріжучий зубець, яка **відрізняється** тим, що за ріжучим зубцем встановлений демпфуючий елемент.

2. Комбінована протяжка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що демпфуючий елемент виконаний у вигляді тарілчастої пружини.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124867** (13) **U**
(51) МПК (2018.01)
B23D 43/00

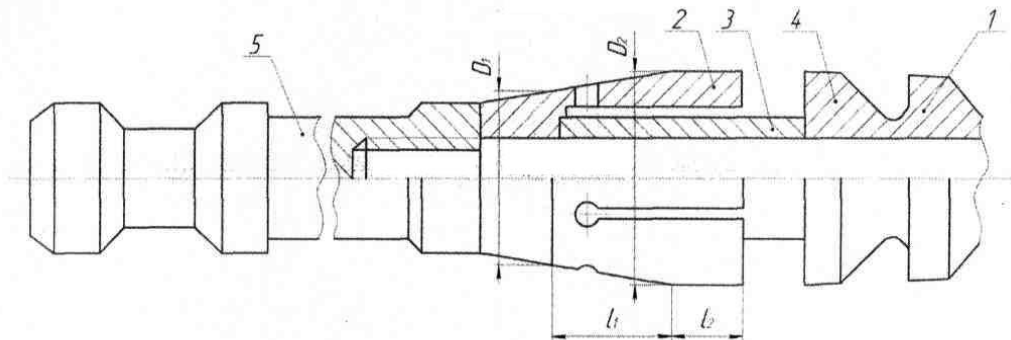
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 11064	(72) Винахідник(и): Чернявський Олександр Васильович (UA), Шепеленко Ігор Віталійович (UA), Посвятенко Едуард Карпович (UA), Немировський Яків Борисович (UA), Сіренко Олег Дем'янович (UA), Єрьомін Павло Миколайович (UA), Чернявський Олег Олегович (UA)
(22) Дата подання заявки: 13.11.2017	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.04.2018	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.04.2018, Бюл.№ 8	(73) Власник(и): ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, пр. Університетський, 8, м. Кропивницький, 25006 (UA)

(54) ПРОТЯЖКА

(57) Реферат:

Протяжка складається із оправки, на якій розташовані пружна передня напрямна втулка, дистанційна втулка, ріжучі зубці. Пружна передня напрямна втулка має напрямний конус та циліндричну частину. При цьому діаметр напрямного конуса відповідає мінімальному діаметру оброблюваного отвору, а діаметр його циліндричної частини - максимальному.



UA 124867 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування, а саме до інструментів для механічної обробки внутрішніх поверхонь і може бути використана при обробці точних отворів у деталях типу втулок та гільз.

Відома конструкція протяжки, що має робочу частину, хвостовик, шийку, перехідний конус та передню і задню напрямні частини [1].

При такій конструкції протяжки діаметр передньої напрямної приймається рівним найменшому діаметру попередньо обробленого отвору, розмір якого може змінюватись в межах встановленого допуску. Тому передня напрямна не завжди спроможна забезпечувати надійне центрування оброблюваного отвору відносно осі інструмента.

Найбільш близьким технічним рішенням до заявленого є протяжка збірної конструкції, яка складається із оправки, на якій розташовані робочі елементи (зубці), дистанційні та напрямні втулки. Передня напрямна втулка виконана із зазором до оброблюваного отвору за посадкою f7 [2].

Недоліком такої конструкції інструменту є те, що передня напрямна втулка не може забезпечити надійного центрування оброблюваного отвору відносно осі інструменту через наявність зазору між зовнішнім діаметром напрямної втулки і оброблюваним отвором, який виконується під протягування, як правило, за квалітетом точності H9 - H12. У такому разі, при роботі на горизонтально-протяжному верстаті виникає провисання заготовки на передній напрямній втулці, в результаті чого чорнові ріжучі зубці зрізують нерівномірний за діаметром отвору припуск, що приводить до виникнення вібрацій, а в гіршому випадку до їх поломок.

Задачею корисної моделі є розширення технологічних можливостей протягування за рахунок забезпечення надійного центрування оброблюваного отвору відносно осі інструменту.

Поставлена задача вирішується завдяки використанню в конструкції протяжки пружної передньої напрямної втулки, що має напрямний конус та циліндричну частину, причому діаметр напрямного конуса відповідає мінімальному діаметру оброблюваного отвору, а діаметр його циліндричної частини - максимальному.

На кресленні показана частина протяжки, що заявляється.

Протяжка складається із оправки 1, на якій розташовані пружна передня напрямна втулка 2, дистанційна втулка 3 і ріжучі зубці 4. Оправка за допомогою різьби з'єднана з хвостовою частиною 5.

Пружна передня напрямна втулка має перехідний та напрямний конуси довжиною l_1 та циліндричну частину довжиною l_2 . Діаметр напрямного конуса D_1 відповідає мінімальному діаметру оброблюваного отвору, а діаметр його циліндричної частини D_2 - максимальному.

Протяжка, що заявляється, працює наступним чином. Перед обробкою, отвір заготовки, який має повний допуск на діаметр, попередньо центрується відносно осі протяжки конічною частиною пружної передньої напрямної втулки 2, діаметр D_1 якої відповідає мінімальному, а діаметр D_2 - максимальному діаметру отвору під протягування. При переміщенні інструменту через отвір заготовки за рахунок пружної деформації пелюсток напрямної, яка виконана у вигляді цанги, забезпечується беззазорний контакт зовнішніх поверхонь пелюсток з оброблюваною поверхнею по діаметру отвору незалежно від його розмірів в межах встановленого допуску.

Для забезпечення надійного центрування оброблюваного отвору відносно осі протяжки довжина конічної l_1 та циліндричної l_2 частин повинна складати не менше 0,6 та 0,4 довжини оброблюваного отвору відповідно. У такому випадку за рахунок пружної деформації пелюсток розрізної втулки завжди гарантується надійне центрування оброблюваного отвору відносно осі інструмента і, як результат, - стабільний за периметром ріжучих зубців припуск.

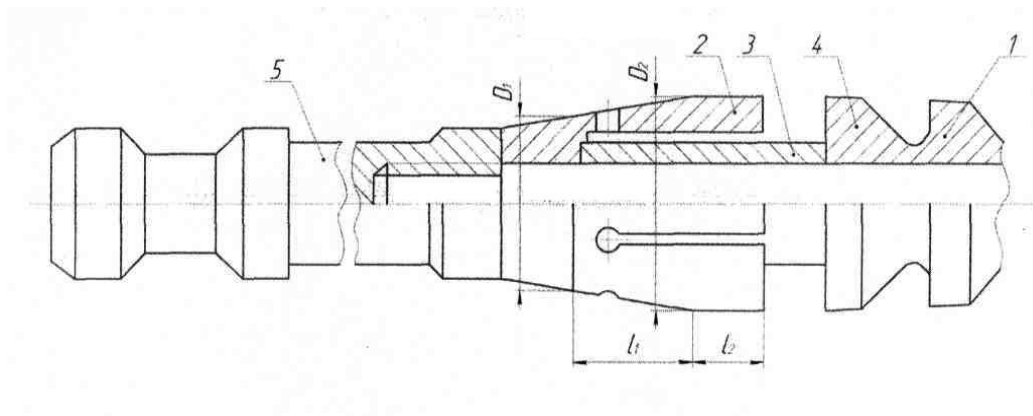
Джерела інформації:

1. Щеголев А.В. Конструирование протяжек /А.В. Щеголев // - М.- Л.: Машгиз, 1960. - 320 с.

2. Кацев П. Г. Обработка протягиванием /П.Г. Кацев //Справочник. - М.: Машиностроение. 1986. - 272 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Протяжка, що складається із оправки, на якій розташовані пружна передня напрямна втулка, дистанційна втулка, ріжучі зубці, яка **відрізняється** тим, що пружна передня напрямна втулка має напрямний конус та циліндричну частину, причому діаметр напрямного конуса відповідає мінімальному діаметру оброблюваного отвору, а діаметр його циліндричної частини - максимальному.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601