

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ**

ФУРСОВ ДМИТРО ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 621.9

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЗБІРНИХ ПРОРІЗНИХ
ТОКАРНИХ РІЗЦІВ ДЛЯ ВАЖКОГО РІЗАННЯ**

Спеціальність 8.05050302 «Інструментальне виробництво»

АВТОРЕФЕРАТ
магістерської роботи

Краматорськ – 2017

Робота виконана на кафедрі «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології» Донбаської державної машинобудівної академії Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Калініченко Володимир Васильович,
Донбаська державна машинобудівна академія,
м. Краматорськ,
доцент кафедри «Комп'ютеризовані мехатронні системи,
інструмент і технології».

Захист магістерської роботи відбудеться 12 січня 2017 року о 13³⁰ на засіданні Державної екзаменаційної комісії Донбаської державної машинобудівної академії Міністерства освіти і науки України за адресою: 84313, Донецька обл., м. Краматорськ, бульв. Машинобудівників, 34, ауд. 3308.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення продуктивності токарної обробки на важких верстатах обмежується деякими технологічними операціями, до яких треба віднести у першу чергу прорізання канавок збірними прорізними різцями та відрізання. Несприятливі умови процесу різання при прорізанні канавок на важких токарних верстатах обумовлюють значні величини напружень на елементи конструкції збірних прорізних токарних різців. Вищезазначені обставини обумовлюють актуальність дослідження конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання з метою розробки конструктивних рішень, що забезпечили б високу міцність елементів конструкції різця при задовільному рівні ремонтпридатності та технологічності конструкції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, виконані в магістерській роботі, пов'язані з тематикою держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології» Донбаської державної машинобудівної академії Дк 01–2014 «Підвищення надійності та продуктивності комп'ютеризованих мехатронних верстатострументальних систем важкого машинобудування» (реєстраційний номер 0114U002757).

Мета та задачі дослідження. Мета дослідження – дослідження конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання з метою розробки конструктивних рішень, що забезпечили б високу міцність елементів конструкції різця при задовільному рівні ремонтпридатності та технологічності конструкції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1 Виконати аналіз умов роботи та існуючих конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання.

2 Провести дослідження впливу особливостей конструкції збірних прорізних токарних різців для важкого різання на характеристики напруженого стану елементів конструкції різця при прорізанні канавок шириною $b = 40$ мм та підрізанні торця деталі на важких верстатах.

3 Провести комплексне оцінювання якості конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання з урахуванням показників міцності та жорсткості, ремонтпридатності, універсальності, зносостійкості та технологічності конструкцій.

4 На основі результатів проведених досліджень сформулювати рекомендації з вибору та раціонального використання конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання.

Об'єкт дослідження – процес різання збірними прорізними токарними різцями на важких верстатах.

Предмет дослідження – вплив особливостей конструкції збірних прорізних токарних різців для важкого різання на міцність елементів конструкції при прорізанні канавок шириною $b = 40$ мм та підрізанні торця

деталі на важких верстатах, а також на комплексні показники якості конструкції.

Методи дослідження. Методика виконання роботи базувалась на фундаментальних наукових положеннях теорії різання матеріалів, теорії проектування та якості різального інструменту, а також теоретичних закономірностях опору матеріалів. Моделювання напружено-деформованого стану елементів конструкції збірного прорізного токарного різця здійснювалось з використанням методу скінченних елементів за допомогою програмних засобів Solid Works Simulation. Комплексна оцінка якості конструкцій збірних прорізних токарних різців здійснювалась методом експертної оцінки показників якості інструменту.

Наукова новизна отриманих результатів.

1 Отримані результати порівняльного дослідження напруженого стану елементів конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання для різних конструкцій різців, що відрізняються схемою базування різальної пластини та формою верхньої поверхні прихоплювача, при прорізання канавки шириною $b = 40$ мм та підрізання торця на важких верстатах. Встановлено, що менше значення максимуму еквівалентних напружень в елементах конструкції різця відзначається для конструкції різця зі схемою базування твердосплавної різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом за «верхнім» упором та кутовою формою верхньої поверхні прихоплювача.

2 Визначені комплексні показники якості конструкцій збірних прорізних різців для важкого різання з урахуванням показників міцності, ремонтпридатності та технологічності конструкцій.

Практична цінність. Запропонована конструкція збірного прорізного токарного різця, що забезпечує підвищену міцність елементів конструкції різця при виконанні прорізних та підрізних токарних робіт на важких верстатах за рахунок прогресивної схеми базування твердосплавної різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом за «верхнім» упором та використання прихоплювача з кутовою формою верхньої поверхні.

Достовірність отриманих результатів забезпечується точністю постановки задач, використанням відомих та загальноприйнятих методик досліджень.

Особистий внесок здобувача полягає у аналізі умов роботи та існуючих конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання, участі у проведенні всіх етапів досліджень, формулюванні за результатами досліджень рекомендацій з раціональної експлуатації конструкцій різців. Формулювання мети та задач дослідження, загальних висновків за результатами роботи здійснювалось спільно з керівником магістерської роботи. Дослідження напруженого стану елементів конструкцій різців та комплексне оцінювання їхньої якості здійснювалось разом з керівником магістерської роботи та співавторами публікацій. Внесок автора до друкованих наукових праць, виконаних у співавторстві, полягає у безпосередній участі у всіх стадіях підготовки публікацій, включаючи

постановку задач, виконання досліджень, формулювання висновків за результатами досліджень та оформлення тексту праць.

Апробація результатів роботи. Основні наукові положення та результати роботи доповідались на XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку» (червень 2016 р., м. Краматорськ).

Публікації. За результатами магістерської роботи опубліковано 2 наукові роботи, в тому числі 1 стаття у фаховому науковому виданні України, 1 тези доповіді на Міжнародній науково-технічній конференції.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань (82 найменування) та 2 додатків на 4 сторінках. Основний текст роботи викладений на 95 сторінках, містить 45 рисунків, 14 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 117 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми магістерської роботи, визначено мету, задачі, об'єкт, предмет та методи дослідження, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, наведено інформацію про апробацію результатів роботи, публікації за темою роботи, структуру та обсяг роботи.

У **першому розділі** магістерської роботи наведено аналіз умов роботи та існуючих конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання. Проаналізовано як загальні особливості умов роботи та конструкцій прорізних різців, так і специфіку роботи та конструкцій збірних прорізних різців для обробки канавок на важких верстатах.

Прорізання канавок на важких токарних верстатах як специфічний різновид поперечного невільного точіння характеризується несприятливими умовами процесу різання, що зумовлюють значні величини напружень в різальних пластинах та інших елементах конструкцій збірних прорізних токарних різців. Вищезазначені обставини обумовлюють важливість міцності елементів конструкцій збірних прорізних токарних різців як основного лімітуючого фактору їхньої працездатності при обробці на важких верстатах.

Основним напрямом забезпечення високої міцності збірних різців для поперечного невільного точіння на важких верстатах є вдосконалення їхніх конструкцій. Це обумовлює актуальність дослідження конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання з метою розробки конструктивних рішень, що забезпечили б високу міцність елементів конструкції різця при задовільному рівні ремонтпридатності та технологічності конструкції.

Проведено аналіз особливостей відомих типів конструкцій збірних різців для поперечного точіння. У якості прогресивної конструкції збірного прорізного токарного різця для важкого різання може бути запропонована конструкція, що передбачає використання тврдосплавної різальної пластини

підвищеної міцності з Г-подібним уступом під прихоплювач. Кріплення різальної пластини у такій конструкції різця здійснюється шляхом притискання її прихоплювачем до опорної пластини за допомогою уступу.

У розділі також наведено розгорнутий огляд відомих експериментальних та аналітичних методів дослідження напруженого стану різальних інструментів. На основі огляду було зроблено висновок, що найбільш точним методом дослідження напруженого стану різального інструменту з метою визначення характеристик міцності його конструкції є метод скінченних елементів (МСЕ), який враховує вплив найбільшого числа факторів і може бути успішно реалізований з використанням сучасних засобів комп'ютерного моделювання.

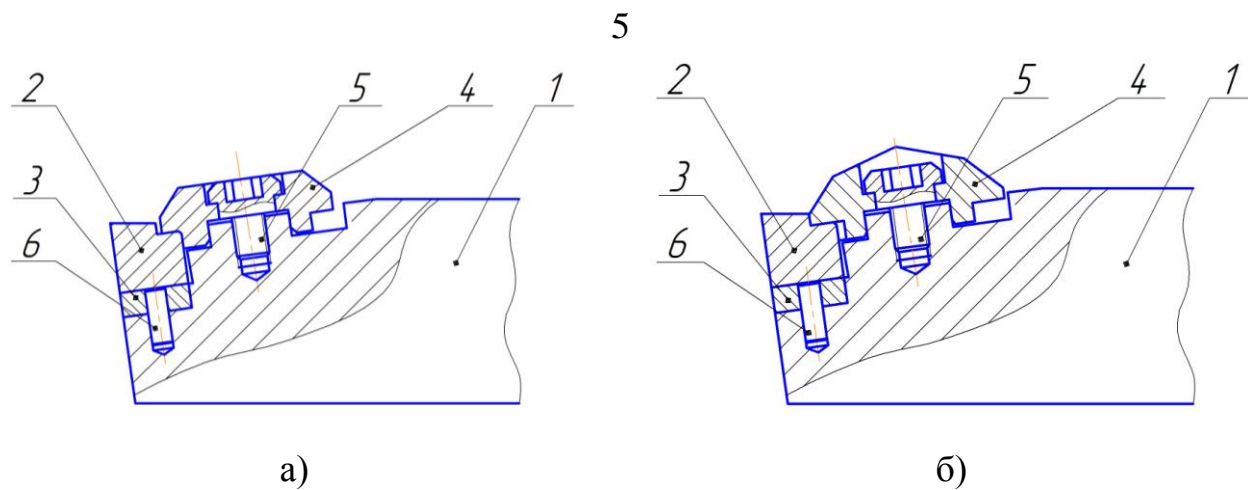
За результатами проведеного аналізу умов роботи та конструкцій збірних прорізних різців для важкого різання були сформульовані мета та задачі дослідження.

У **другому розділі** магістерської роботи наведено методику досліджень.

Досліджувані конструкції збірних прорізних токарних різців для важкого різання наведені на рисунку 1 та складаються з тримача 1, різальної пластини 2, опорної пластини 3, прихоплювача 4, кріпильного гвинта 5 та пружинного штифта 6. Різальна пластина 2 базується на верхній поверхні опорної пластини 3, що закріплюється на тримачі 1 за допомогою штифта 6. При загвинчуванні гвинта 5 прихоплювач 4 притискає різальну пластину 2 до верхньої поверхні опорної пластини 3 за допомогою Г-подібного уступу.

Відмінності між досліджуваними конструкціями різців полягають у використанні різних схем базування різальної пластини та різної форми верхньої поверхні прихоплювача. Конструкція 1 (рис. 1 а) передбачає базування різальної пластини за «нижнім» упором, при якому пластина упирається в упорний виступ прихоплювача своєю нижньою упорною поверхнею, а між верхньою упорною поверхнею пластини та притискною ділянкою прихоплювача залишається зазор; прихоплювач має плоску форму верхньої поверхні. В конструкції 2 (рис. 1 б) різальна пластина базується за «верхнім» упором, при якому різальна пластина упирається своєю верхньою упорною поверхнею в упорну поверхню притискної ділянки прихоплювача, а зазор знаходиться між упорним виступом прихоплювача та нижньою упорною поверхнею різальної пластини; прихоплювач має кутову форму верхньої поверхні.

Матеріал тримача, прихоплювача та гвинта – сталь 40Х, штифта – сталь 45, різальної та опорної пластин – твердий сплав Т5К10. Досліджувались різці з перетином тримача $B \times H = 50 \times 35$ мм та різальною пластиною підвищеної міцності з Г-подібним уступом під прихоплювач, виготовленою за ТУ 48-19-373-83 з розмірами: висота пластини $h = 17$ мм; довжина пластини $b = 17$ мм; довжина передньої поверхні $b_1 = 10$ мм; ширина пластини (довжина головної різальної кромки) $l = 40$ мм. Геометричні параметри різців обох конструкцій: головний задній кут $\alpha = 8^\circ$; допоміжний задній кут $\alpha_1 = 2^\circ 30'$; передній кут $\gamma = 0^\circ$; головний кут у плані $\varphi = 90^\circ$; допоміжний кут у плані $\varphi_1 = 3^\circ 30'$.



1 – тримач; 2 – різальна пластина; 3 – опорна пластина;
 4 – прихоплювач; 5 – кріпильний гвинт; 6 – пружинний штифт

а) конструкція 1; б) конструкція 2

Рисунок 1 – Досліджувані конструкції збірних прорізних токарних різців для важкого різання

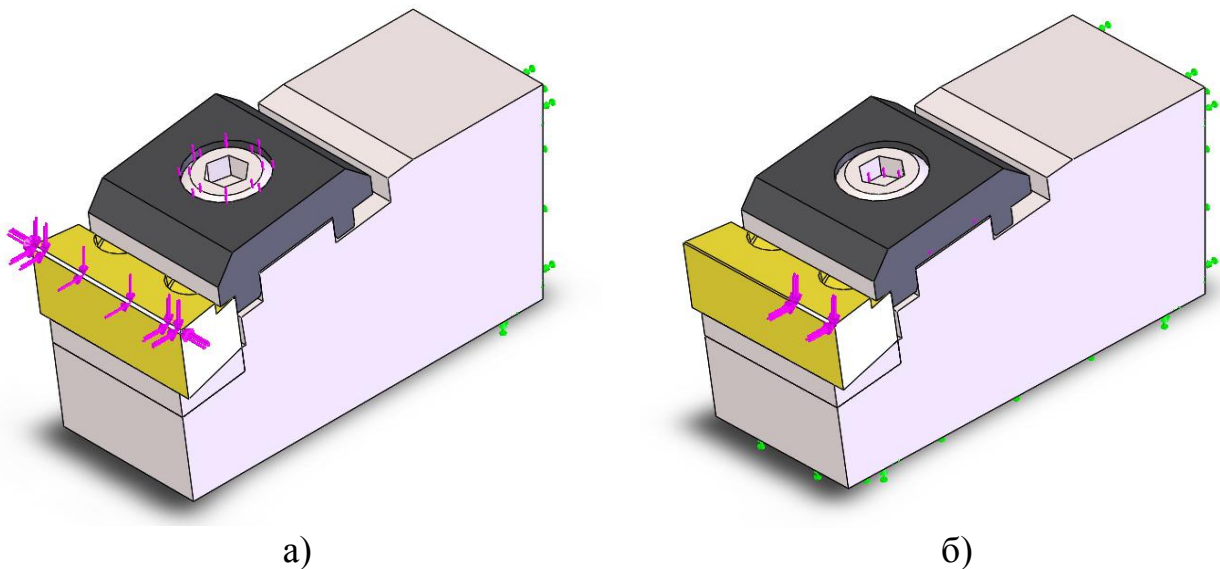
Вплив особливостей конструкції збірних прорізних різців на напружений стан елементів конструкції досліджувався на прикладі технологічних операцій:

- прорізання канавки шириною $b = 40$ мм та глибиною 5 мм під ущільнення валка прокатного стану;
- підрізання торця валу.

Матеріал оброблюваної деталі – конструкційна легована сталь 50ХН. Діаметр обробки приймався таким, що дорівнює $D = 500$ мм. Кінцевий діаметр при прорізанні канавки та підрізанні торця $D_{\min} = 490$ мм. Приймалось, що обробка деталей виконується на токарному верстаті з найбільшим діаметром встановлюваного виробу над станиною $D_C = 1250$ мм, регулювання частоти обертання шпинделю та подачі – безступінчасте. Режими різання, що використовувались при дослідженнях: при прорізанні канавки $b = 40$ мм: глибина різання $t = 40$ мм; поперечна подача різця $S = 0,36$ мм/об; швидкість різання $v = 45$ м/хв; при підрізанні торця – $t = 10$ мм; $S = 1,4$ мм/об; $v = 51$ м/хв.

Дослідження напруженого стану елементів конструкцій різців мали порівняльний характер з ідентичними умовами навантаження для різців обох конструкцій. Моделювання напруженого стану елементів конструкцій різців здійснювалось методом скінченних елементів за допомогою програмних засобів Solid Works Simulation.

Розрахункова схема навантаження елементів конструкції збірного прорізного різця при прорізанні канавки показана на рисунку 2 а, при підрізанні торця – на рисунку 2 б. В обох розрахункових схемах на різальну пластину з боку передньої поверхні діє вертикально спрямована тангенціальна складова P_z , з боку головної задньої поверхні – горизонтально спрямована радіальна складова P_y сили різання. Дія складових P_z та P_y має характер рівномірно



а) при прорізанні канавки; б) при підрізанні торця

Рисунок 2 – Розрахункові схеми навантаження елементів конструкції прорізного різця

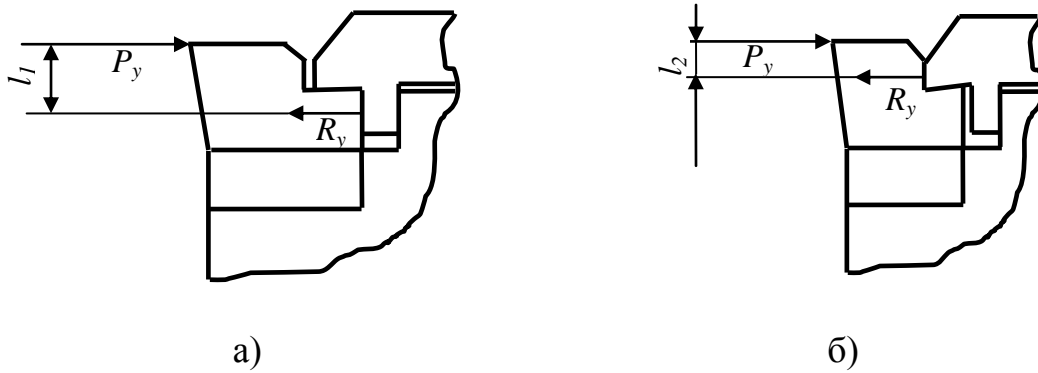
розподіленого навантаження: при прорізанні канавки – за всією довжиною головної різальної кромки, при підрізанні торця – на ділянці контакту головної різальної кромки з заготовкою. Для врахування сили тертя допоміжних різальних кромки зі стінками канавки та сили пружної післядії стінок канавки у схемі навантаження різця при прорізанні канавки передбачені прикладені до вершин різальної пластини зосереджені сили $P_x = 0,1 \cdot P_z$, паралельні до осі заготовки. Дія складових сили різання на різальну пластину в обох розрахункових схемах врівноважується силою затиску прихоплювача гвинтом.

В межах дослідження напруженого стану елементів конструкцій різців визначались нормальні напруження σ_x , σ_y , σ_z за осями x , y , z системи координат моделі, та еквівалентні напруження σ_e .

Комплексне оцінювання якості конструкцій різців здійснювалось методом експертної оцінки за 5-бальною системою. Структура оцінюваних показників якості включала: міцність та жорсткість, ремонтпридатність, універсальність, зносостійкість та технологічність конструкції.

У **третьому розділі** магістерської роботи представлені результати дослідження напруженого стану елементів конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання при прорізанні канавки шириною $b = 40$ мм, та при підрізанні торця деталі з глибиною різання $t = 10$ мм.

Основним фактором, що визначає відмінність параметрів напруженого стану досліджуваних конструкцій різців при прорізанні канавки, є схема базування різальної пластини (рисунок 3). При схемі базування різальної пластини за «верхнім» упором (рис. 3 б) відстань l за вертикаллю між радіальною складовою P_y сили різання та силою реакції R_y і, відповідно,



а) схема базування різальної пластини за «нижнім» упором;
 б) схема базування різальної пластини за «верхнім» упором

Рисунок 3 – Схеми базування твердосплавної різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом під прихоплювач у вузлі кріплення різця

момент від дії сили P_y на різальну пластину та ймовірність поламки пластини за уступом значно менші, ніж у випадку схеми базування різальної пластини за «нижнім» упором (рис. 3 а).

Ще одним фактором впливу на параметри напруженого стану елементів конструкції різця є форма верхньої поверхні прихоплювача. Кутова форма верхньої поверхні прихоплювача у порівнянні з плоскою конструктивно підсилює опір прихоплювача дії напружень як при симетричному, так і при несиметричному навантаженні збірного прорізного різця.

Згідно з вище висловленим, більша міцність елементів конструкції збірного прорізного різця забезпечується при використанні схеми базування різальної пластини за «верхнім» упором та кутової форми верхньої поверхні прихоплювача (конструкція 2), що підтверджується результатами моделювання напруженого стану елементів конструкцій різців методом скінченних елементів за допомогою програмних засобів Solid Works Simulation.

В роботі наведено розподіл нормальних напружень σ_x , σ_y , σ_z та еквівалентних напружень σ_e в елементах обох досліджуваних конструкцій різців при прорізанні канавки шириною $b = 40$ мм та підрізанні торця деталі з глибиною різання $t = 10$ мм. Картини розподілу еквівалентних напружень σ_e в елементах досліджуваних конструкцій різців представлені на рисунках 4–7.

Розподіл еквівалентних напружень σ_e в елементах конструкцій різців при прорізанні канавки шириною $b = 40$ мм (рис. 4–5) показав, що для обох досліджуваних конструкцій областю концентрації максимальних еквівалентних напружень є зони передньої, головної та допоміжної задніх поверхонь, що прилягають до головної та допоміжних різальних кромки різальної пластини. Областю максимальної концентрації σ_e при підрізанні торця (рис. 6–7) є зони передньої та головної задньої поверхонь, що прилягають до головної різальної кромки та знаходяться на відстані 10 мм від лівої вершини різця.

Имя модели: Сборка прорезного резца, нижнее плоский
 Имя исследования: Статический анализ 3 (По умолчанию)
 Тип эпоры: Статический анализ узловое напряжение Напряжение1
 Шкала деформации: 1

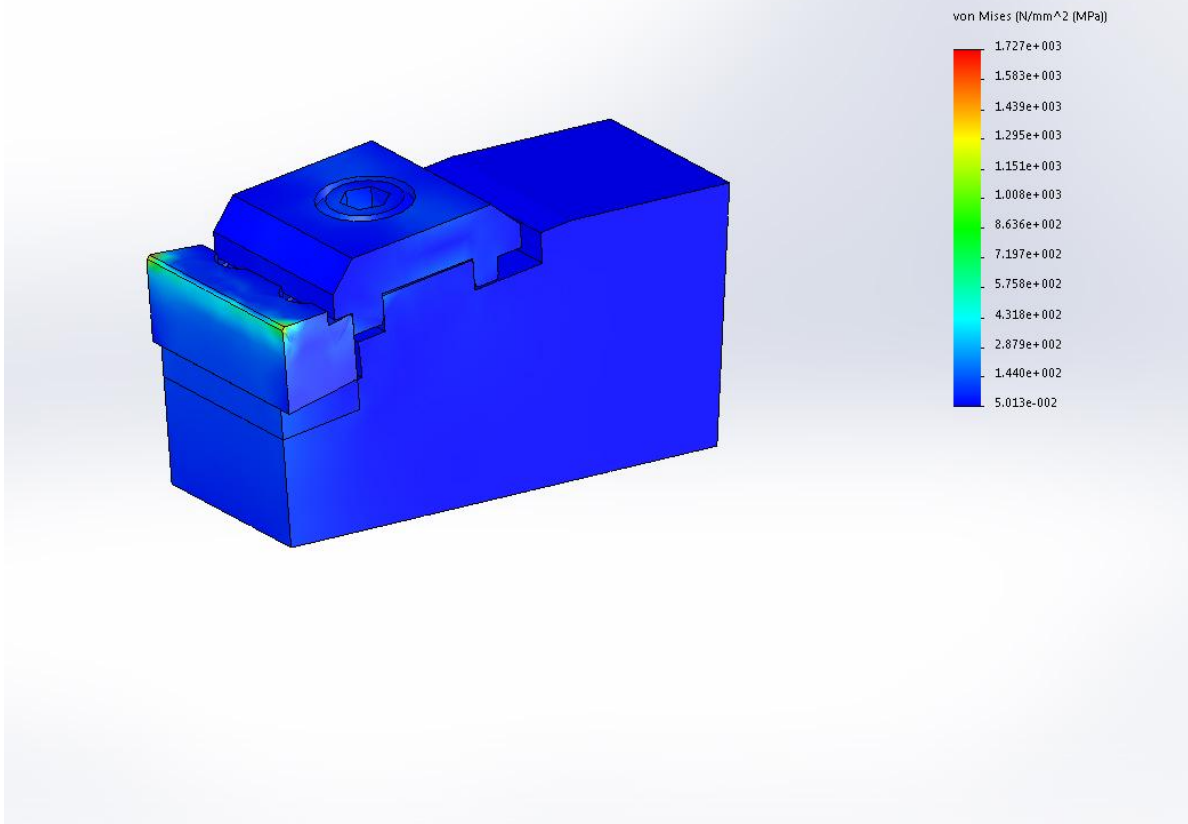


Рисунок 4 – Розподіл еквівалентних напружень σ_e в елементах конструкції 1 збірного прорізного різця з базуванням різальної пластини за «нижнім» упором та плоскою верхньою поверхнею прихоплювача при прорізанні канавки шириною $b = 40$ мм

Чисельні значення максимальних еквівалентних напружень σ_e в елементах конструкцій різців для обох досліджуваних конструкцій наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Чисельні значення максимальних еквівалентних напружень σ_e для досліджуваних конструкцій збірних прорізних різців

Тип конструкції різця	Значення максимальних еквівалентних напружень σ_e , МПа	
	при прорізанні канавки шириною $b = 40$ мм	при підрізанні торця з глибиною різання $t = 10$ мм
Конструкція 1	$1,721 \cdot 10^3$	$1,937 \cdot 10^3$
Конструкція 2	$1,426 \cdot 10^3$	$1,723 \cdot 10^3$

Менше значення максимальних еквівалентних напружень σ_e при прорізанні канавки шириною $b = 40$ мм відзначалось для конструкції різця

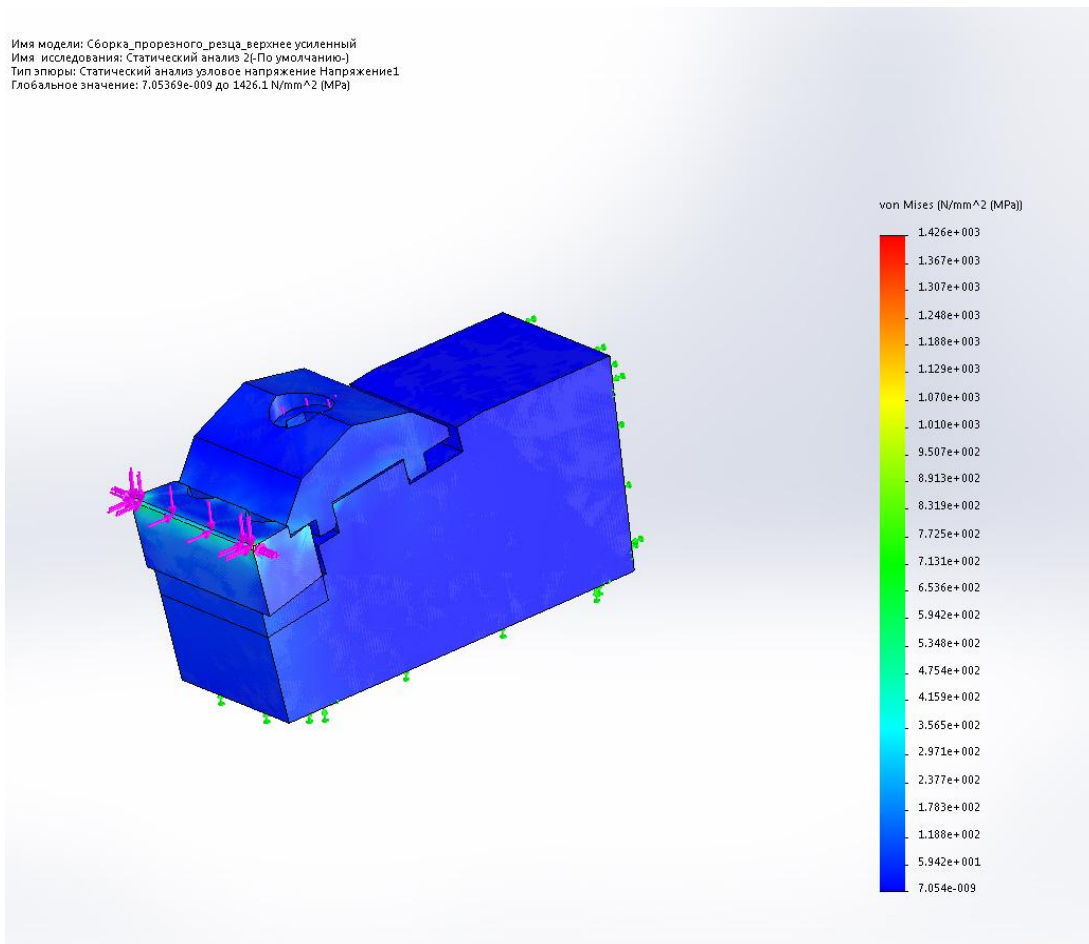


Рисунок 5 – Розподіл еквівалентних напружень σ_e в елементах конструкції 2 збірного прорізного різця з базуванням різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою верхньою поверхнею прихоплювача при прорізання канавки шириною $b = 40$ мм

з базуванням різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою формою верхньої поверхні прихоплювача. Воно на 17,1 % менше, ніж для конструкції з базуванням різальної пластини за «нижнім» упором та плоскою верхньою формою прихоплювача.

Менше значення максимальних еквівалентних напружень σ_e при підрізанні торця з глибиною різання $t = 10$ мм також відзначалось для конструкції різця з базуванням різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою формою верхньої поверхні прихоплювача. Воно на 11 % менше, ніж для конструкції з базуванням різальної пластини за «нижнім» упором та плоскою верхньою формою прихоплювача.

Таким чином, серед досліджуваних конструкцій збірних прорізних різців для важкого різання кращою з точки зору забезпечення міцності елементів конструкції як при прорізання канавки, так і при підрізанні торця слід визнати конструкцію, що передбачає базування різальної пластини за «верхнім» упором та має підсилену кутову форму верхньої поверхні прихоплювача. Позитивний вплив на міцність конструкції схеми базування різальної пластини за «верхнім» упором пояснюється меншою величиною моменту від дії радіальної

Имя модели: Сборка_подрезного_резца_нижнее
 Имя исследования: Статический анализ 1-(По умолчанию)
 Тип эпоры: Статический анализ узловое напряжение Напряжение1
 Шкала деформации: 1

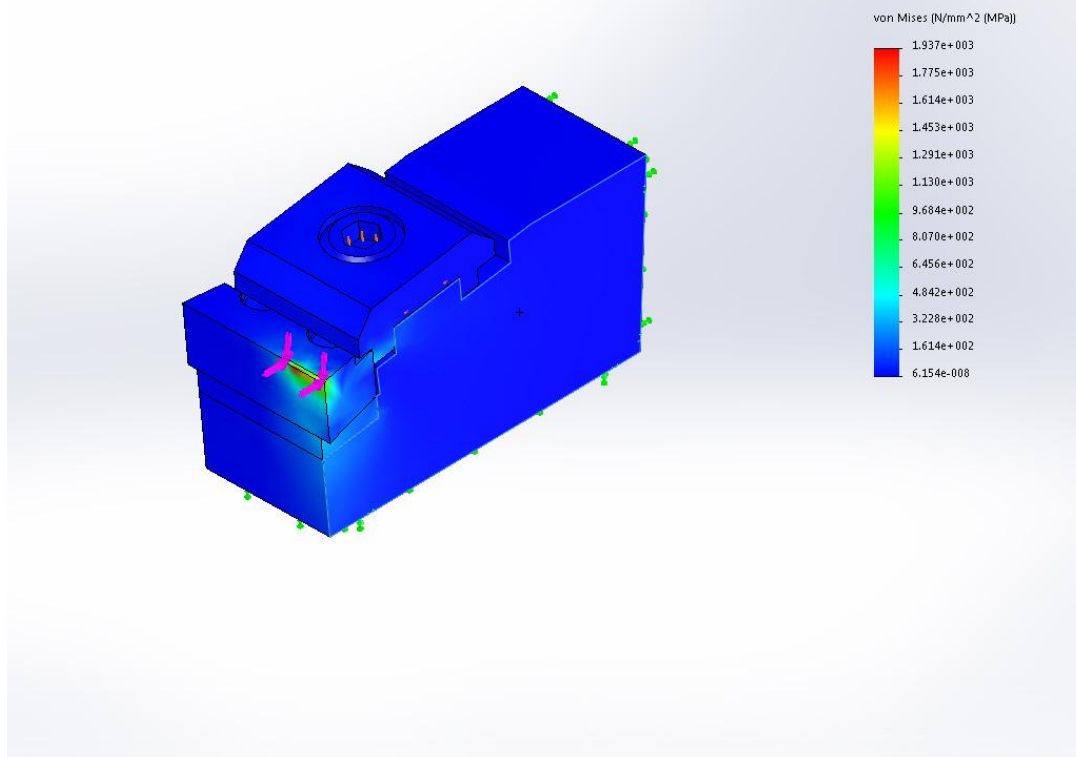


Рисунок 6 – Розподіл еквівалентних напружень σ_e в елементах конструкції 1 збірною прорізного різця з базуванням різальної пластини за «нижнім» упором та плоскою верхньою поверхнею прихоплювача при підрізанні торця з глибиною різання $t = 10$ мм

складової P_y сили різання на різальну пластину, позитивний вплив кутової форми верхньої поверхні прихоплювача – підсиленням конструктивної міцності цієї деталі збірною різця.

У **четвертому розділі** представлені результати комплексного оцінювання якості досліджуваних конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання.

За результатами відкритої групової експертизи були визначені вагомості одиничних показників якості досліджуваних конструкцій збірних прорізних різців при виконанні технологічних операцій прорізання широких канавок та підрізання торця на деталях з конструкційних сталей на важких токарних верстатах з найбільшим діаметром встановлюваного виробу над станиною $D_c = 1250$ мм (висота посадочного місця різетримача верстату під тримач різця $H = 50$ мм). Числові значення вагомостей одиничних показників якості конструкцій та їхніх ознак наведені у таблиці 2.

Для вказаних умов експлуатації найважливішою властивістю різців є міцність та жорсткість конструкції (вагомість 0,50), які визначаються

Имя модели: Сборка_подрезного_резца_верхнее усиленное
 Имя исследования: Статический анализ 1(-По умолчанию-)
 Тип эпюры: Статический анализ узловое напряжение Напряжение1
 Шкала деформации: 1

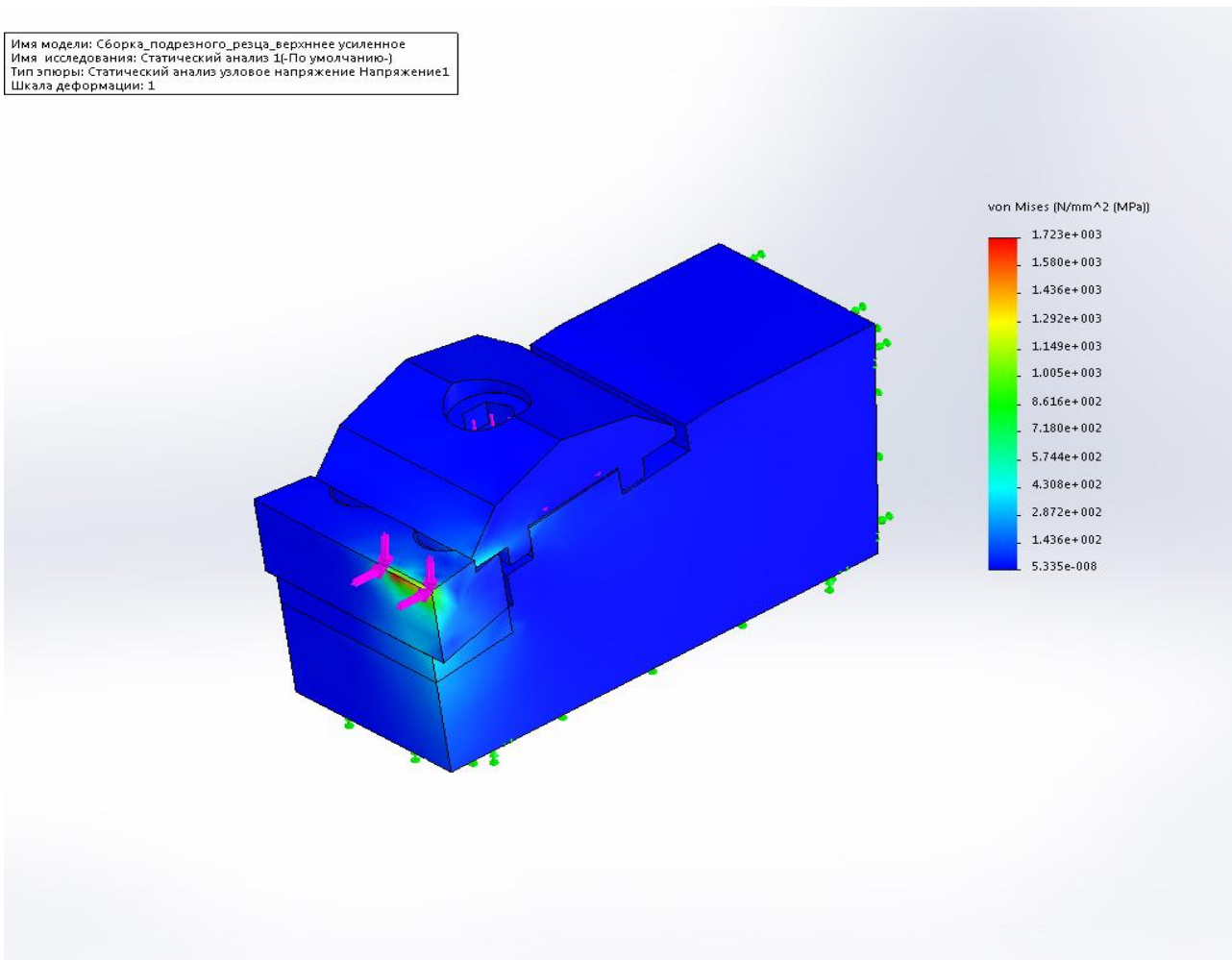


Рисунок 7 – Розподіл еквівалентних напружень σ_e в елементах конструкції 2 збірного прорізного різця з базуванням різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою верхньою поверхнею прихоплювача при підрізанні торця з глибиною різання $t = 10$ мм

формою поперечного перетину та суцільністю різальної пластини, схемами кріплення та базування різальної пластини, формою прихоплювача, наявністю опорної пластини, кількістю поверхонь, що спрягаються. Малий об'єм партій випуску та висока вартість різців для важких верстатів обумовлюють достатньо високу вагомість технологічності конструкцій (вагомість 0,20). Важливими властивостями конструкцій є ремонтпридатність (вагомість 0,14; визначається зручністю закріплення та регулювання різальної пластини) та універсальність (вагомість 0,11; визначається можливістю ефективного використання конструкції для різних операцій токарної обробки та можливістю вибору різних марок твердих сплавів для оснащення різця). Вагомість зносостійкості суттєво нижче вагомості інших показників якості конструкції (вагомість 0,05).

Оцінки ознак одиничних показників якості досліджуваних конструкцій різців наведені в таблиці 3. Такі ознаки міцності та жорсткості конструкції, як форма поперечного перетину, суцільність та схема сил кріплення різальної пластини оцінюються дуже високо (4,5 бали). Обидві досліджувані конструкції мають достатньо високий бал 4,0 за такими ознаками, як наявність опорної

Таблиця 2 – Структура показників якості досліджуваних конструкцій збірних прорізних різців для важкого різання

Одиничні показники якості	Ознаки одиничних показників якості	Вагомості ознак		Вагомість одиничних показників якості
		окремо	підсумкові	
Міцність та жорсткість	Форма поперечного перетину різальної пластини	0,22	0,11	0,50
	Суцільність різальної пластини	0,16	0,08	
	Схема сил кріплення різальної пластини	0,16	0,08	
	Схема базування різальної пластини за упорною поверхнею	0,16	0,08	
	Форма прихоплювача	0,12	0,06	
	Наявність опорної пластини	0,13	0,065	
	Кількість поверхонь, що спрягаються	0,05	0,025	
Ремонто-придатність	Зручність закріплення різальної пластини	0,65	0,091	0,14
	Зручність регулювання	0,35	0,049	
Універсальність	Можливість ефективного використання конструкції для різних операцій токарної обробки	0,50	0,065	0,11
	Можливість вибору марок твердих сплавів для різальної пластини	0,50	0,065	
Зносостійкість	Властивості матеріалів елементів конструкції	1,0	0,05	0,05
Технологічність	Кількість деталей	0,5	0,1	0,20
	Кількість складних деталей або поверхонь	0,5	0,1	

пластини, кількість поверхонь, що спрягаються, зручність закріплення різальної пластини, зручність регулювання, можливість вибору марок твердих сплавів для різальної пластини, властивості матеріалів елементів конструкції, кількість деталей, що свідчить про достатню адаптованість обох оцінюваних конструкцій до операцій прорізання канавки та підрізання торця деталі на важких токарних верстатах. Схема базування різальної пластини за «верхнім» упором (конструкція 2) оцінюється на 5,0 балів, схема базування різальної пластини за «нижнім» упором (конструкція 1) – на 3,0 бали. Форма прихоплювача з плоскою верхньою поверхнею (конструкція 1) оцінюється на 4,0 бали, з кутовою верхньою поверхнею (конструкція 2) – на 5,0 балів.

Різниця в оцінках схеми базування різальної пластини та форми прихоплювача пояснюється позитивним впливом схеми базування різальної пластини за «верхнім» упором та кутової форми верхньої поверхні прихоплювача на міцність конструкції збірного прорізного різця. Можливість ефективного використання конструкції різця для різних операцій токарної обробки для конструкції 1 оцінюється на 4,0 бали, для конструкції 2 – на 4,5 бали, оскільки конструкція з кутовою формою верхньої поверхні прихоплювача краще адаптована для виконання підрізних токарних робіт.

Таблиця 3 – Оцінки ознак одиничних показників якості досліджуваних конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання

Одиничні показники якості	Ознаки одиничних показників якості	Тип конструкції	
		1	2
Міцність та жорсткість	Форма поперечного перетину різальної пластини	4,5	4,5
	Суцільність різальної пластини	4,5	4,5
	Схема сил кріплення різальної пластини	4,5	4,5
	Схема базування різальної пластини за упорною поверхнею	3,0	5,0
	Форма прихоплювача	4,0	5,0
	Наявність опорної пластини	4,0	4,0
	Кількість поверхонь, що спрягаються	4,0	4,0
Ремонтопридатність	Зручність закріплення різальної пластини	4,0	4,0
	Зручність регулювання	4,0	4,0
Універсальність	Можливість ефективного використання конструкції для різних операцій токарної обробки	4,0	4,5
	Можливість вибору марок твердих сплавів для різальної пластини	4,0	4,0
Зносостійкість	Властивості матеріалів елементів конструкції	4,0	4,0
Технологічність	Кількість деталей	4,0	4,0
	Кількість складних деталей або поверхонь	4,5	4,3

Кількість складних деталей або поверхонь для конструкції 1 оцінюється на 4,5 бали, для конструкції 2 – на 4,3 бали, оскільки ця конструкція має дещо складнішу кутову форму верхньої поверхні прихоплювача. Після обробки результатів експертної оцінки з урахуванням вагомостей ознак були отримані оцінки конструкцій різців за ознаками та одиничними показниками якості, а також узагальнені показники якості оцінюваних конструкцій різців (таблиця 4). За показниками міцності та жорсткості в цілому конструкція 2 отримала 2,275 бали проти 2,055 балів у конструкції 1. За показниками універсальності в цілому конструкція 2 отримала 0,4675 бали, конструкція 1 – 0,44 бали. За показниками технологічності конструкція 2 отримала 0,83 бали, конструкція 1 – 0,85 бали. За показниками ремонтпридатності та зносостійкості конструкції отримали однакові бали – відповідно по 0,56 бали за ремонтпридатність та по 0,2 бали за зносостійкість.

Узагальнений показник якості для конструкції 1 склав 4,11 бали, для конструкції 2 – 4,33 бали. За результатами комплексного оцінювання кращі показники якості – у конструкції 2 (зі схемою базування різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою формою верхньої поверхні прихоплювача), яку і слід рекомендувати для широкого використання на виробництві.

У **п'ятому розділі** представлені рекомендації з вибору конструкцій та раціонального використання збірних прорізних токарних різців для важкого різання.

За результатами проведених досліджень запропонована прогресивна конструкція збірного прорізного різця для важкого різання (рисунок 8). Підвищена міцність елементів конструкції різця при виконанні прорізних та підрізних токарних робіт на важких верстатах забезпечується за рахунок

Таблиця 4 – Результати комплексного оцінювання конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання

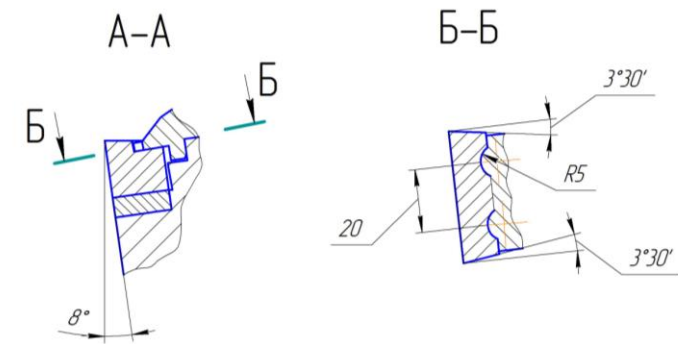
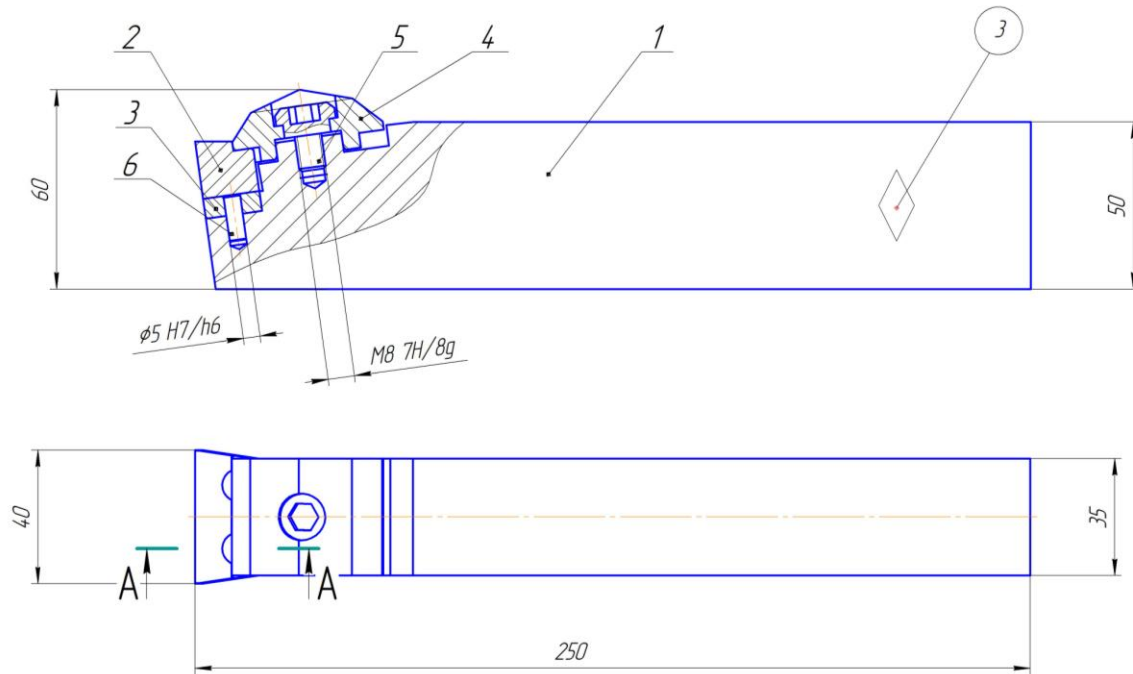
Одиничні показники якості	Ознаки одиничних показників якості	Тип конструкції					
		Конструкція 1			Конструкція 2		
		Оцінка за ознакою з урахуванням вагомості	Оцінка за одиничним показником якості	Оцінка за одиничним показником якості з урахуванням вагомості	Оцінка за ознакою з урахуванням вагомості	Оцінка за одиничним показником якості	Оцінка за одиничним показником якості з урахуванням вагомості
Міцність та жорсткість	Форма поперечного перетину різальної пластини	0,990	4,110	2,055	0,990	4,550	2,275
	Суцільність різальної пластини	0,720			0,720		
	Схема сил кріплення різальної пластини	0,720			0,720		
	Схема базування різальної пластини за упорною поверхнею	0,480			0,800		
	Форма прихоплювача	0,480			0,600		
	Наявність опорної пластини	0,520			0,520		
	Кількість поверхонь, що спрягаються	0,200			0,200		
Ремонтпридатність	Зручність закріплення різальної пластини	2,600	4,000	0,560	2,600	4,000	0,560
	Зручність регулювання	1,400			1,400		
Універсальність	Можливість ефективного використання конструкції для різних операцій токарної обробки	2,000	4,000	0,440	2,250	4,250	0,4675
	Можливість вибору марок твердих сплавів для різальної пластини	2,000			2,000		
Зносостійкість	Властивості матеріалів елементів конструкції	4,000	4,000	0,200	4,000	4,000	0,200
Технологічність	Кількість деталей	2,000	4,250	0,85	2,000	4,150	0,83
	Кількість складних деталей або поверхонь	2,250			2,150		
Узагальнений показник якості				4,105			4,3325

прогресивної схеми базування твердосплавної різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом за «верхнім» упором та використання прихоплювача з кутовою формою передньої поверхні. Запропонована конструкція збірного прорізного різця складається з тримача 1, різальної пластини 2, опорної пластини 3, прихоплювача 4, гвинта 5 та штифта 6. Матеріал тримача, прихоплювача та гвинта – сталь 40Х (ГОСТ 4543–71); термічна обробка – загартування з відпуском. Матеріал штифта – сталь 45 (ГОСТ 1050–2013); термічна обробка – нормалізація. Матеріал різальної та опорної пластин – твердий сплав Т5К10 (ГОСТ 3882–74).

Закріплення різальної пластини 2 на тримачі 1 різця здійснюється наступним чином. Опорна поверхня різальної пластини 2 базується на верхній поверхні опорної пластини 3, що закріплюється на тримачі 1 за допомогою штифта 6. При загвинчуванні гвинта 5 прихоплювач 4 притискає різальну пластину 2 до верхньої поверхні опорної пластини 3 за допомогою Г-подібного уступу. Для запобігання бічному зміщенню різальної пластини 2 на ній виконані дві симетрично розташовані круглі виїмки R5 мм, у яких розміщуються передбачені конструкцією прихоплювача два його виступи відповідної форми та розмірів. Різальна пластина упирається своєю верхньою упорною поверхнею в упорну поверхню притискної ділянки прихоплювача. Між упорним виступом прихоплювача та нижньою упорною поверхнею різальної пластини залишається зазор.

Розміри перетину тримача різця $B \times H = 50 \times 35$ мм. Різальна пластина підвищеної міцності виготовляється з твердосплавної заготовки за ТУ 48-19-373-83; висота пластини $h = 17$ мм; довжина пластини $b = 17$ мм; довжина передньої поверхні $b_1 = 10$ мм; ширина пластини $l = 40$ мм. Розміри опорної пластини забезпечують надійне базування різальної пластини по опорній поверхні. Верхня поверхня прихоплювача має кутову форму з величиною кута 15° . Гвинт, що забезпечує притискання прихоплювачем різальної пластини, має різьбу М8. Форма та розміри отвору прихоплювача відповідають формі та розмірам конструктивних елементів гвинта. Опорна пластина встановлюється на штифті з посадкою $\varnothing 5 \text{ H7/h6}$. Посадка різьбового з'єднання кріпильного гвинта з тримачем – М8 7Н/8g. Геометричні параметри різця в зборі: головний задній кут $\alpha = 8^\circ$; допоміжний задній кут $\alpha = 2^\circ 30'$; передній кут $\gamma = 0^\circ$; головний кут у плані $\varphi = 90^\circ$; допоміжний кут у плані $\varphi_1 = 3^\circ 30'$.

Запропонована конструкція збірного прорізного різця рекомендується до використання на прорізних та підрізних роботах при обробці валків прокатних станів, роторів енергетичних установок, інших деталей важкого машинобудування з конструкційних вуглецевих та легованих сталей на важких токарних верстатах (як універсальних, так і з ЧПК) з найбільшим діаметром встановлюваного виробу над станиною $D_s = 1250$ мм та розміром посадочного місця різцетримача $H = 50$ мм (приклад – верстат мод. 1А660). Використання різця на прорізних роботах обмежується прорізанням канавок шириною $b = 40$ мм. Прикладом таких канавок є канавки під ущільнення прокатних валків виробництва ПАТ НКМЗ (м. Краматорськ). Запропонований тип



1. Пластина опорная должна плотно прилегать к опорной поверхности гнезда в корпусе.
2. Выступление опорной поверхности за габариты режущей не допускается.
3. Маркировать код изделия.

Рисунок 8 – Запропонована конструкція збірного прорізного різця для важкого різання

конструкції з іншими розмірними параметрами різальної пластини може використовуватись при обробці канавок іншої ширини.

Розроблені технологічні рекомендації з використання збірних прорізних різців запропонованої конструкції при прорізанні канавки шириною $b = 40$ мм та підрізанні торця на деталях з конструкційних вуглецевих та низьколегованих сталей на важких токарних верстатах (таблиця 5).

Таблиця 5 – Технологічні рекомендації з використання збірних прорізних токарних різців запропонованої конструкції

Оброблюваний матеріал	Вид токарних робіт	Глибина різання t , мм	Поперечна подача різця S , мм/об	Швидкість різання v , м/хв
Сталь 45, 50, 50ХН, 60ХН, 90ХФ	Прорізання канавки шириною $b = 40$ мм	40	0,35–0,5	40–55
	Підрізання торця	5–10	1,2–1,8	40–60

Основні наукові положення та результати роботи доповідались на XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку» (червень 2016 р., м. Краматорськ). За результатами досліджень підготовлені до публікації та опубліковані 1 стаття у фаховому науковому виданні України та 1 тези доповіді на Міжнародній науково-технічній конференції.

ВИСНОВКИ

1 Прорізання канавок на важких токарних верстатах характеризується несприятливими умовами процесу різання, що зумовлюють значні величини напружень на елементи конструкції збірних прорізних токарних різців. Вищезазначені обставини обумовлюють актуальність дослідження конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання з метою розробки конструктивних рішень, що забезпечили б високу міцність елементів конструкції різця при задовільному рівні ремонтпридатності та технологічності конструкції.

2 У якості прогресивних конструкцій збірних прорізних токарних різця для важкого різання можуть бути запропоновані конструкції, що передбачають використання твердосплавної різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом під прихоплювач. Кріплення різальної пластини у різці здійснюється шляхом притискання її прихоплювачем до опорної пластини за допомогою уступу. При цьому можуть бути реалізовані різні схеми базування різальної пластини (з «нижнім» та «верхнім» упором) та різні форми верхньої поверхні прихоплювача (плоска та кутова).

3 Для заданих умов прорізання канавки шириною $b = 40$ мм та підрізання торця з глибиною різання $t = 10$ мм кращі показники міцності

конструкції відзначались у конструкції різця з базуванням різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою формою верхньої поверхні прихоплювача. У цієї конструкції чисельне значення максимальних еквівалентних напружень σ_e при прорізанні канавки шириною $b = 40$ мм на 17,1 % менше, а при підрізанні торця з глибиною різання $t = 10$ мм на 11 % менше, ніж у конструкції з базуванням різальної пластини за «нижнім» упором та плоскою верхньою формою прихоплювача.

4 Комплексне оцінювання якості досліджуваних конструкцій різців за визначеними показниками якості показало, що більше значення узагальненого показника якості має конструкція збірною прорізного різця зі схемою базування різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою формою верхньої поверхні прихоплювача (4,33 бали за 5-бальною шкалою), в той час як у конструкції зі схемою базування різальної пластини за «нижнім» упором та плоскою формою верхньої поверхні прихоплювача узагальнений показник якості склав 4,11 бали.

5 За результатами проведених досліджень запропонована прогресивна конструкція збірною прорізного різця для важкого різання, що забезпечує підвищену міцність елементів конструкції різців при виконанні прорізних та підрізних токарних робіт на важких верстатах за рахунок прогресивної схеми базування твердосплавної різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом за «верхнім» упором та використання прихоплювача з кутовою формою верхньої поверхні. Визначені конструктивні та геометричні параметри збірною різця, виконане та наведене його збірне креслення. Розроблені рекомендації з раціонального використання збірних прорізних токарних різців запропонованої конструкції при виконанні прорізних та підрізних робіт на важких верстатах.

6 Основні наукові положення та результати роботи доповідались на XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку» (червень 2016 р., м. Краматорськ). За результатами досліджень підготовлені до публікації та опубліковані 2 наукові роботи, в тому числі 1 стаття у фаховому науковому виданні України, 1 тези доповіді на Міжнародній науково-технічній конференції.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1 Міранцов, С. Л. Дослідження конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання / С. Л. Міранцов, В. В. Калініченко, В. В. Хорошайло, Д. В. Фурсов // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. Краматорськ, 2016. – Вип. 39. *(автором магістерської роботи проведено аналіз умов роботи збірних прорізних різців для важкого різання, систематизовані та проаналізовані результати моделювання напруженого стану елементів конструкцій збірних*

прорізних різців та комплексного оцінювання якості досліджуваних конструкцій, сформульовані рекомендації з раціональної експлуатації запропонованої конструкції різця).

2 Міранцов, С. Л. Особливості конструкції збірних прорізних токарних різців для важкого різання // С. Л. Міранцов, В. В. Калініченко, Д. В. Фурсов / Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції 31 травня–3 червня 2016 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова, д-ра техн. наук. – Краматорськ : ДДМА, 2016. – С. 67. *(автором магістерської роботи проаналізовані основні особливості конструкції збірних прорізних токарних різців для важкого різання).*

АНОТАЦІЯ

Фурсов Д. В. Дослідження конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання.

Магістерська робота зі спеціальності 8.05050302 «Інструментальне виробництво». – Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, 2017.

Робота містить 117 сторінок друкованого тексту, 44 рисунки, 15 таблиць, 2 додатки, 82 джерела, 20 слайдів.

Робота присвячена дослідженню конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання з метою розробки конструктивних рішень, що забезпечили б високу міцність елементів конструкції різця та високі комплексні показники якості конструкції.

В роботі виконано аналіз умов роботи та існуючих конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання. Обґрунтовано методику дослідження напруженого стану та комплексного оцінювання якості конструкцій різців. Досліджувались конструкції збірних прорізних різців з кріпленням різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом під прихоплювач, що відрізнялись схемою базування різальної пластини (за «верхнім» або за «нижнім» упором) та формою верхньої поверхні прихоплювача (плоскою або кутовою).

Проведено дослідження впливу особливостей конструкції збірних прорізних токарних різців (схеми базування різальної пластини та форми верхньої поверхні прихоплювача) на характеристики напруженого стану елементів конструкції різця при прорізанні канавок шириною $b = 40$ мм та підрізанні торця деталі на важких верстатах. Встановлено, що менше значення максимуму еквівалентних напружень в елементах конструкції різця відзначається для конструкції різця зі схемою базування різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою формою верхньої поверхні прихоплювача.

Визначені комплексні показники якості конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання з урахуванням показників міцності та жорсткості, ремонтпридатності, універсальності, зносостійкості

та технологічності конструкцій. Вищий узагальнений показник якості має конструкція різця з базуванням різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою формою верхньої поверхні прихоплювача.

На основі результатів досліджень запропонована конструкція збірного прорізного токарного різця, що забезпечує підвищену міцність елементів конструкції різця при виконанні прорізних та підрізних токарних робіт на важких верстатах за рахунок прогресивної схеми базування твердосплавної різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом за «верхнім» упором та використання прихоплювача з кутовою формою верхньої поверхні. Сформульовані рекомендації з раціонального використання запропонованої конструкції різця.

Ключові слова: збірний прорізний токарний різець, важке різання, конструкція, вузол кріплення, різальна пластина, прихоплювач, напруження, еквівалентні напруження, міцність, моделювання.

АННОТАЦІЯ

Фурсов Д. В. Исследование конструкций сборных прорезных токарных резцов для тяжелого резания.

Магистерская работа по специальности 8.05050302 «Инструментальное производство». – Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск, 2017.

Работа содержит 117 страниц печатного текста, 44 рисунка, 15 таблиц, 2 приложения, 82 источника, 20 слайдов.

Работа посвящена исследованию конструкций сборных прорезных токарных резцов для тяжелого резания с целью разработки конструктивных решений, обеспечивающих высокую прочность элементов конструкции резца и высокие комплексные показатели качества конструкции.

В работе выполнен анализ условий работы и существующих конструкций сборных прорезных токарных резцов для тяжелого резания. Обоснована методика исследования напряженного состояния и комплексной оценки качества конструкций сборных прорезных токарных резцов для тяжелого резания. Исследовались конструкции сборных прорезных резцов с креплением режущей пластины повышенной прочности с Г-образным уступом под прихват, отличающиеся схемой базирования режущей пластины (по «верхнему» или по «нижнему» упору) и формой верхней поверхности прихвата (плоской или угловой).

Проведено исследование влияния особенностей конструкции сборных прорезных токарных резцов (схемы базирования режущей пластины и формы верхней поверхности прихвата) на характеристики напряженного состояния элементов конструкции резца при прорезании канавок шириной $b = 40$ мм и подрезании торца детали на тяжелых станках. Установлено, что меньшее значение максимума эквивалентных напряжений в элементах конструкции резца отмечается для конструкции резца со схемой базирования режущей

пластины по «верхнему» упору и угловой формой верхней поверхности прихвата.

Определены комплексные показатели качества конструкций сборных прорезных токарных резцов для тяжелого резания с учетом показателей прочности и жесткости, ремонтпригодности, универсальности, износостойкости и технологичности конструкций. Более высокий обобщенный показатель качества имеет конструкция резца с базированием режущей пластины по «верхнему» упору и угловой формой верхней поверхности прихвата.

На основе результатов исследований предложена конструкция сборного прорезного токарного резца, обеспечивающая повышенную прочность элементов конструкции резца при выполнении прорезных и подрезных токарных работ на тяжелых станках за счет прогрессивной схемы базирования твердосплавной режущей пластины повышенной прочности с Г-образным уступом по «верхнему» упору и использования прихвата с угловой формой верхней поверхности. Сформулированы рекомендации по рациональному применению предложенной конструкции резца.

Ключевые слова: сборный прорезной токарный резец, тяжелое резание, конструкция, узел крепления, режущая пластина, прихват, напряжения, эквивалентные напряжения, прочность, моделирование.

SUMMARY

Fursov D. V. Research of constructions of assembly grooving cutters with heavy turning.

Master's work on the speciality 8.05050302 «Tool production». – Donbass state engineering academy, Kramatorsk, 2017.

The work contains 117 pages of text, 44 figures, 15 tables, 2 appendices, 82 power, 20 slides.

The work is dedicated to research of construction of assembly grooving tools for heavy turning with the purpose of development of construction decisions providing high strength of construction elements and high complex quality indexes of construction.

The analysis of cutting conditions and existent constructions of assembly grooving tools for heavy turning is executed. Methodology of research of stress state and determination of complex quality indexes of constructions of assembly grooving tools for heavy turning are reasonable. The constructions of assembly grooving tools fixing of extra-strong cutting plate with the L-type ledge under clamp, different a chart of basing of cutting plate (on overhead or on lower support) and form of clamp top face (flat or angular) were prospected.

The influence of construction features of assembly grooving tools (chart of basing of cutting plate and form of clamp top face) on descriptions of the stress state of tool' construction elements at the turning of groove breadthways $b = 40$ mm and paring of butt end of detail on heavy machines is investigated. It is set that less

value of a maximum of equivalent stress in the construction elements of tool marked for the construction with the chart of basing of cutting plate on overhead support and angular form of clamp top face.

The complex quality indexes of constructions of assembly grooving tools for heavy turning taking into account the indexes of strength and stiffness, repairability, universality, wearproofness and manufacturability of constructions are certain. The construction of tool with basing of cutting plate on overhead support and angular form of clamp top face has the higher generalized quality index.

On the basis of results of researches the construction of assembly grooving tool providing enhanceable strength of tool' construction elements at implementation of grooving and facing lathe works on heavy machines due to the progressive chart of basing of extra-strong cutting plate with the L-type ledge on overhead support and angular form of clamp top face, is offered. Set forth to recommendation on rational application of the offered construction of tool.

Key words: assembly grooving tool, heavy turning, construction, attachment, cutting plate, clamp, stress, equivalent stress, strength, modeling.