

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Донецкая областная и городская администрации
Международный союз машиностроителей
Фонд поддержки прогрессивных реформ
Донецкий и Севастопольский национальные технические университеты
Брянский государственный технический университет
Московский государственный индустриальный университет
Таганрогский технологический институт Южного федерального университета
Жешувский, Оставский, Силезский, Ясский технические университеты
Политехника Любельская, Технический университет Молдовы,
Политехника Ченстохова, Магдебургский, Портсмутский, Тульский университеты
Грузинский технический университет
Бухарестская военно-техническая академия
Институт международного сотрудничества, Российско-Украинский университет
Институт механики и сейсмологической стабильности АН РУ
Севастопольский центр профессионально-технического образования
Донецкий институт холодильной техники
Научно-технический союз машиностроения Болгарии
Научный центр проблем механики машин НАН Беларуси
Издательство «Машиностроение», ОАО НИИ «Изотерм», ОАО «ДЗГА»
АО «НОРД», ЗАО «НКМЗ», ЧП «Технополис»
Снежнянский машиностроительный завод ОАО «Мотор-Сич»

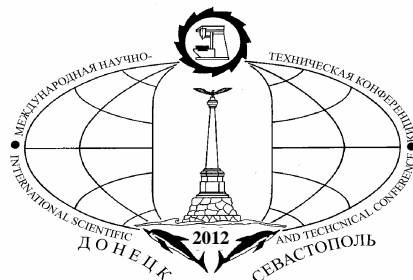
МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА XXI ВЕКА

Сборник трудов

XIX
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Том 2

17 - 22 сентября 2012 г. в городе Севастополе



Донецк-2012

ББК К5я54
УДК 621.01(06)

Машиностроение и техносфера XXI века // Сборник трудов XIX международной научно-технической конференции в г. Севастополе 17-22 сентября 2012 г. В 3-х томах. – Донецк: ДонНТУ, 2012. Т. 2. – 366 с.

ISSN 2079-2670

В сборник включены материалы XIX международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», отражающие научные и практические результаты в области обработки изделий прогрессивными методами, создания нетрадиционных технологий и оборудования. Представлены современные достижения и перспективные направления развития технологических систем, металлорежущего инструмента и оснастки. Освещены современные проблемы материаловедения в машиностроении. Рассмотрены вопросы механизации и автоматизации производственных процессов, управления качеством и диагностики технических систем. Приведены сведения об особенностях моделирования, экономических проблемах производства, вопросах инженерного образования и других актуальных проблемах техносферы.

Предназначен для научно-технических работников, ИТР и специалистов в области машиностроения и техносферы.

Издается при содействии Международного союза машиностроителей

Адрес международного организационного комитета:

Украина, 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонНТУ, кафедра ТМ.

Тел.: +38 (062) 305-01-04, факс: +38 (062) 305-01-04

E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

<http://www.dgtu.donetsk.ua>

ISSN 2079-2670

© Авторы статей, 2012 г.

© Донецкий национальный
технический университет, 2012 г.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ ДЛЯ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Карпусь В.Є.¹, Іванов В.О.², Котляр О.В.³

¹ Академія ВВ МВС України, м. Харків, Україна, E-mail: karpus_vladislav@i.ua

² СумДУ, м. Суми, Україна, Тел.: +380542-331024; E-mail: ivanov_vitalii@i.ua

³ НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна, Тел.: +38057-7076625; E-mail: kotljars80@mail.ru

Abstract: The ways of intensification of machining processes by means of reusable tooling application are described. The reasonability of reusable tooling based on machining accuracy is proved. The analysis of locating accuracy of shafts in reusable V-block is performed. The value of withdrawal drills when hole machining using multi-spindle head for lathes are determined.

Key words: intensification, machining, machine tool, reusable tooling, accuracy, modular reusable fixture, V-block, multi-spindle head.

Важливим напрямком розширення технологічних можливостей металорізальних верстатів та підвищення продуктивності механічної обробки деталей є використання переналагоджуваної технологічної оснастки, що забезпечує концентрацію технологічних переходів за рахунок удосконалення конструкцій верстатних пристроїв і реалізації багатоінструментної обробки з використання переналагоджуваної технологічної оснастки: комбінованих інструментів, багаторізцевих тримачів та багатшпindelних головок [1]. Однією з основних задач при впровадженні переналагоджуваної технологічної оснастки, яка дозволяє інтенсифікувати процеси механічної обробки, є забезпечення необхідної точності.

Базування заготовки у верстатному пристрої є одним із найважливіших етапів операції, що суттєво впливає на точність обробки. Встановлено, що похибки базування заготовок в універсально-збірних переналагоджуваних пристроях [2, 3] залежать від конструктивних елементів, які сприяють підвищенню гнучкості конструкції. Наприклад, на величину похибки базування валів при установленні на базуючу призму [4] впливають радіус R та кут повороту γ опорних дисків, величина ексцентриситету e , на яку зміщено вісь повороту опорного диска, та відстань між осями повороту опорних дисків L (рис. 1).

Положення опорних дисків навколо осі повороту (вісь 1) визначається величиною γ – кутом повороту опорного диска, який відповідає куту між осями заготовки (вісь 2) та опорного диска (вісь 3). Слід зауважити, що осі 1 та 2 мають незмінне положення відносно одна одної та конструкції базуючої призми, а вісь 3 змінює своє положення при переналагодженні на інший типорозмір заготовок та визначає кут повороту опорного диска. На схемі безперервним колом показано заготовку, діаметр якої відповідає найбільшому діаметру заготовки d_{\max} у оброблюваній партії, штриховим – найменшому діаметру заготовки d_{\min} .

При базуванні заготовки технологічна база для максимального та мінімального діаметрів заготовок знаходиться на твірній вала у точках T та T_1 відповідно, а вимірвальні бази, наприклад, при дотриманні розміру h_1 відповідають точкам B та B_1 . Відстань між ними є похибкою базування для розміру h_1 . Похибки базування валів для розмірів h_1, h_2, h_3 визначаються за розробленими математичними залежностями [5, 6]:

$$\varepsilon_{\delta_{h_1}} = \frac{Td}{2} - \sqrt{\left(\frac{Td}{2} + \frac{d_{\min}}{2} + R\right)^2 - \left(\frac{L}{2} + e \cdot \sin \gamma\right)^2} - \sqrt{\left(\frac{d_{\min}}{2} + R\right)^2 - \left(\frac{L}{2} + e \cdot \sin \gamma\right)^2};$$

$$\varepsilon_{\sigma_{h_2}} = \frac{Td}{2} + \sqrt{\left(\frac{Td}{2} + \frac{d_{\min}}{2} + R\right)^2 - \left(\frac{L}{2} + e \cdot \sin \gamma\right)^2} - \sqrt{\left(\frac{d_{\min}}{2} + R\right)^2 - \left(\frac{L}{2} + e \cdot \sin \gamma\right)^2};$$

$$\varepsilon_{\sigma_{h_3}} = \sqrt{\left(\frac{Td}{2} + \frac{d_{\min}}{2} + R\right)^2 - \left(\frac{L}{2} + e \cdot \sin \gamma\right)^2} - \sqrt{\left(\frac{d_{\min}}{2} + R\right)^2 - \left(\frac{L}{2} + e \cdot \sin \gamma\right)^2}.$$

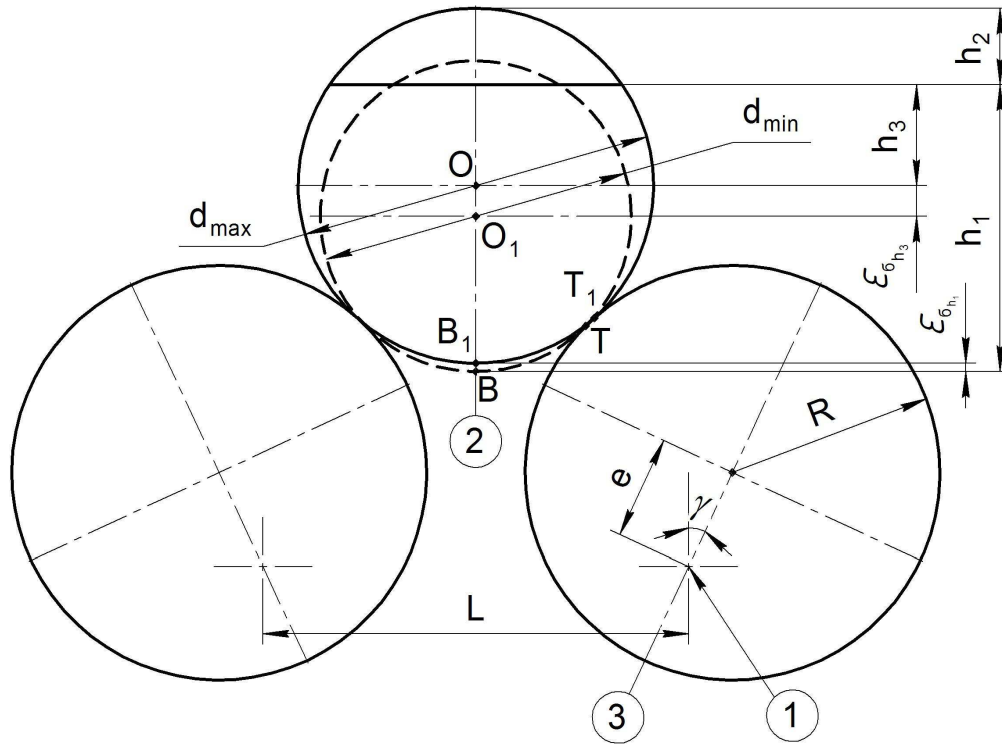


Рис. 1. Схема визначення похибки базування вала при установленні у базуючу призму

Дослідження показали, що для валів із базовими поверхнями однакового діаметра похибка базування збільшується при збільшенні квалітета точності базових поверхонь заготовки, тобто при збільшенні величини поля допуску. Отже, наприклад, при установленні валів діаметром 30 мм, найменшою буде похибка базування для заготовок з базовими поверхнями, обробленими за шостим квалітетом точності, й дорівнюватиме 0,003–0,019 мм залежно від заданого конструктором розміру (рис. 2).

Таким чином, при установленні у базуючій призмі валів діаметром 30 мм, базові поверхні яких оброблені за квалітетами IT6–IT11, похибка базування для розміру h_1 знаходиться у межах 0,003–0,033 мм, для розміру h_2 – 0,019–0,193 мм, для розміру h_3 – 0,011–0,113 мм.

Під час дослідження впливу кута повороту опорного диска на похибку базування встановлено, що при збільшенні кута γ похибка базування збільшується. На рис. 3 наведено залежність похибки базування заготовки від кута повороту опорного диска для розміру h_1 для валів із базовими поверхнями, обробленими за квалітетами точності IT6–IT11.

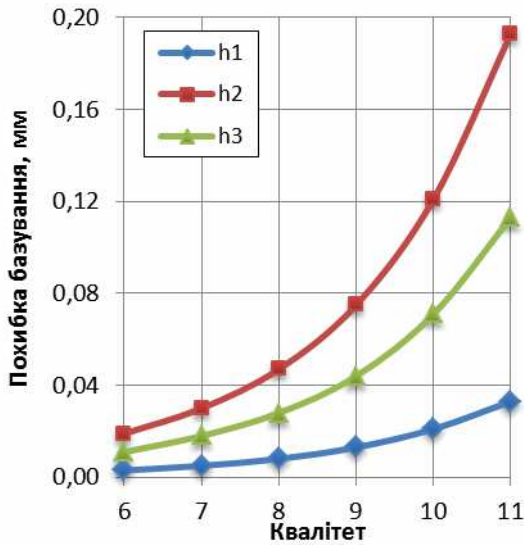


Рис. 2. Залежність похибки базування від квалітету точності базових поверхонь заготовок

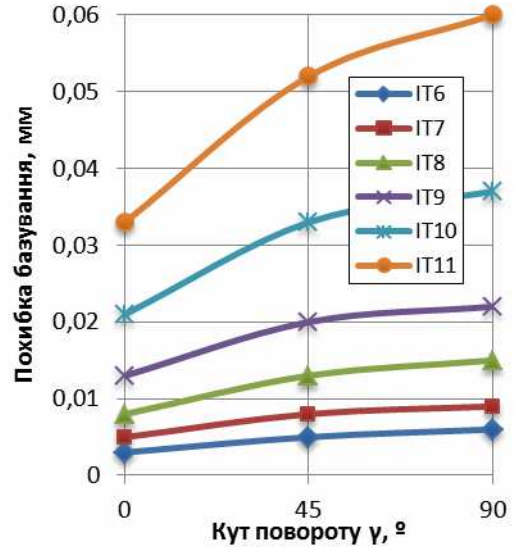


Рис. 3. Залежність похибки базування від кута повороту опорних дисків γ

Результати аналітичних розрахунків похибок базування за розробленими математичними залежностями показали, що при базуванні валів діаметрами 30–100 мм з базовими поверхнями, обробленими за квалітетами IT6–IT11, похибка базування знаходиться у межах 0,003–0,06 мм для розміру h_1 , 0,019–0,266 мм для розміру h_2 та 0,011–0,156 мм для розміру h_3 .

Доцільністю багатоінструментної обробки з використання багатопшпіндельних головок є забезпечення необхідної точності з урахуванням збільшення сил різання та зменшення жорсткості за рахунок включення в конструкцію додаткових елементів.

Багатопшпіндельні головки використовуються при механічній обробці отворів осьовими інструментами (свердла, зенкери, розгортки, мітчики) здебільшого на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах. Багатоінструментна обробка отворів на токарних верстатах може здійснюється із застосуванням багатопшпіндельної головки [7], що дозволяє обробляти одночасно декілька позацентрих отворів у деталях типу фланця та диска (рис. 4).

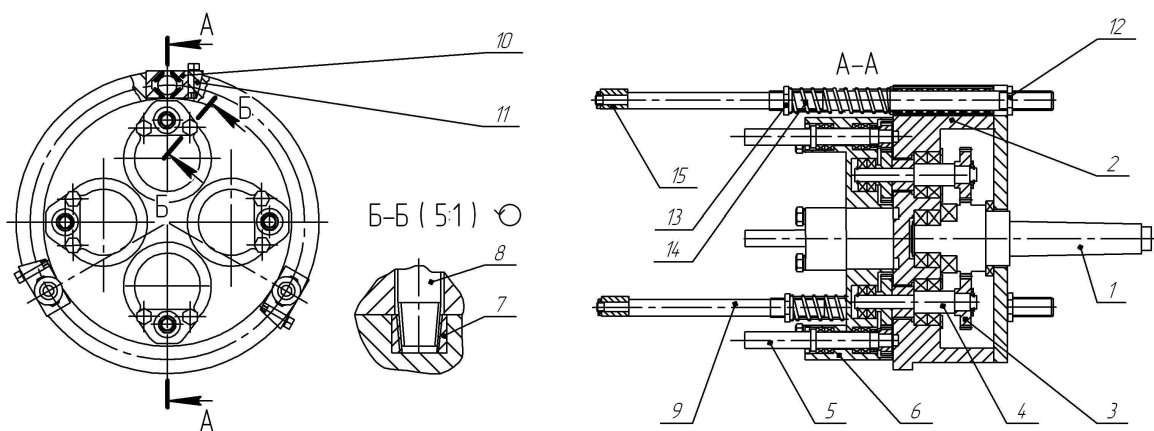


Рис. 4. Багатопшпіндельна головка для токарного верстата

Вона складається з вал-шестірні 1, що встановлюється у піноль задньої бабки токарно-гвинторізного верстата або у паз револьверної головки токарно-револьверного

верстата, а також основного корпуса 2, який у процесі обробки одержує обертання від шпинделя верстата за рахунок пересувних скалок 9. При обертанні основного корпуса шестірні проміжних валів 3, перекочуючись по зубцях нерухливої вал-шестірні 1, починають обертатися, забезпечуючи незалежне обертання проміжних валів 4 і шпинделів 5 з різальними інструментами. Фіксація незалежних шпиндельних корпусів 6 у необхідному положенні здійснюється розтисканням розрізних вставок 7 у кільцевих пазах основного корпуса за допомогою болтів 8. При здійсненні головкою робочої подачі рухливі скалки переміщуються за напрямними кочення 10, передаючи обертаючий момент різальним інструментам. Зазори у рухливих скалках регулюються за допомогою затискних клинів 11. Поздовжнє регулювання рухливих скалок з урахуванням довжини робочого та холостого ходу різальних інструментів здійснюється переміщенням гайок 12 і 13. Після завершення обробки рухливі скалки повертаються у вихідне положення пружинами 14. Безззорне притискання скалок до затискних кулачків патрона забезпечується ексцентрикними втулками 15.

Використання багатошпindelної головки для токарного верстата при обробці отворів у деталях типу диска та фланця дозволяє виключити свердлильну операцію з технологічного процесу та зменшити кількість металорізальних верстатів, необхідних для обробки деталі, а також забезпечує скорочення витрат допоміжного часу на установку та закріплення заготовки, а отже, дозволяє підвищити продуктивність механічної обробки.

Необхідною умовою застосування багатошпindelної головки для токарних верстатів є забезпечення необхідної точності обробки, що, наприклад, при свердлінні регламентується величиною розбивки та відведення осі отворів. У загальному випадку при свердлінні отворів на свердла діють осьова сила P_0 , обертовий момент $M_{об}$ і невірноважена радіальна сила P , що є результатом дії нерухливої P_H і обертової P_O радіальних складових.

Нерухлива складова викликає відведення свердла та з'являється при відхиленні від перпендикулярності поверхні заготовки відносно осі свердла, неправильному центруванні свердла при його врізанні та відхиленні від симетричності заточення кутів при вершині та задніх кутів, що призводить до появи кута нахилу поперечної різальної кромки [8]. Обертаюча складова викликає розбивку отвору та є результатом відхилення від симетричності заточення різальних кромки свердла.

Величина відведення свердла наприкінці обробки (рис. 5, а), при відсутності різнооброблюваності матеріалу деталі на довжині оброблюваного отвору L визначається наступним чином:

$$\Delta_0 = Y_0 + tg\beta_0 \cdot L = Y_0 + \frac{Y_0}{l_0} \cdot L = Y_0 + \frac{4 \cdot Y_0}{d_{CB} \cdot tg\varphi} \cdot L,$$

де L – довжина оброблюваного отвору, мм;

β_0 – початковий кут нахилу кінця консолі свердла;

Y_0 – початковий зсув вершини свердла, мм;

d_{CB} – діаметр свердла, мм;

φ – головний кут у плані.

При використанні багатошпindelної головки для токарного верстата крім розглянутих факторів на величину відведення свердел будуть здійснювати вплив пружні деформації рухливих скалок, викликані дією сумарного обертового моменту, які призведуть до зміщення початкового положення заготовки відносно свердел і до збільшення кута нахилу кінця консолі свердел і початкового зсуву їх вершин (рис. 5, б).

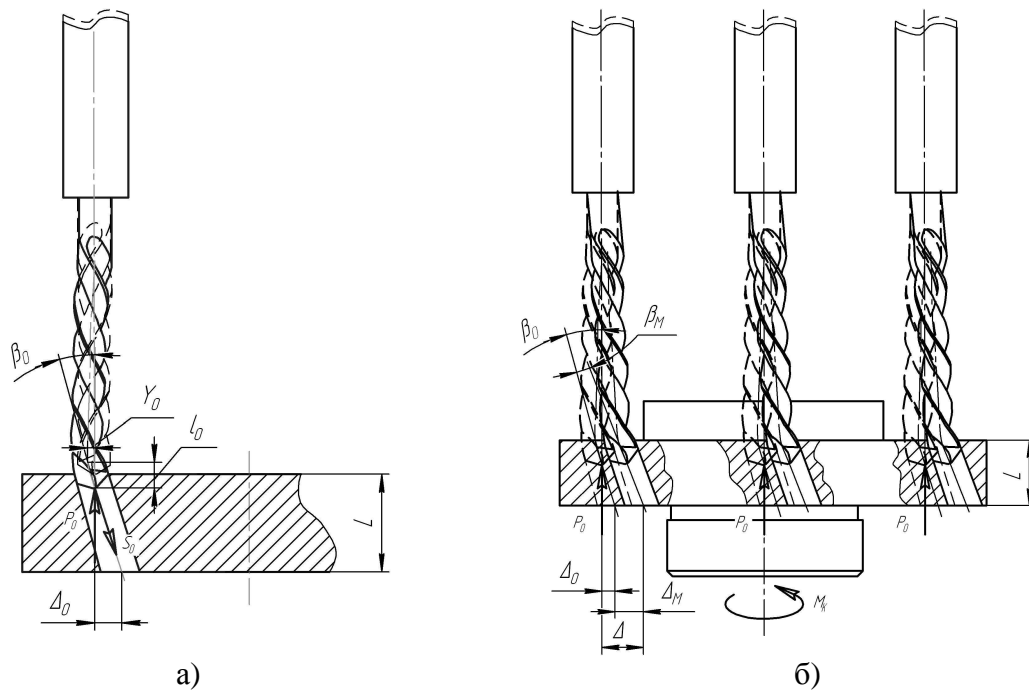


Рис. 5. Схеми формування похибки відведення свердел: а – при одноінструментній обробці; б – при обробці багатошпindelною головкою для токарного верстата

Таким чином, величина відведення свердел наприкінці обробки при використанні багатошпindelної головки для токарного верстата визначається за формулою:

$$\Delta = \Delta_0 + \Delta_M = Y_0 + tg\beta_0 \cdot L + Y_M + tg\beta_M \cdot L = Y_0 + \frac{4 \cdot Y_0}{d_{CB} \cdot tg\varphi} \cdot L + Y_M + \frac{4 \cdot Y_M}{d_{CB} \cdot tg\varphi} \cdot L,$$

де Δ_0 – відведення свердла, викликане дією нерухливої складової невірноваженої радіальної сили, мм;

Δ_M – відведення свердла, викликане пружною деформацією рухливих скалок багатошпindelної головки, мм;

β_M – кут нахилу кінця консолі свердла від деформації рухливих скалок багатошпindelної головки;

Y_M – початковий зсув вершини свердла, викликаний пружною деформацією рухливих скалок багатошпindelної головки, мм.

Дослідження напружено-деформованого стану багатошпindelної головки для токарного верстата (рис. б) дозволили встановити, що найбільший вплив на відведення свердел здійснює їх довжина. Наприклад, при свердлінні 4-х кріпильних отворів діаметром 10 мм у деталі типу фланець довжиною 5 мм відведення свердел становить 0,09 мм, а при довжині 20, 30 і 40 мм відведення свердел має значення 0,28, 0,39 і 0,51 мм відповідно.

Зі збільшенням діаметру обробки відведення свердел також збільшується, при свердлінні отвору довжиною 10 мм і діаметром 5 мм відведення становить 0,09 мм, при діаметрі 10 і 20 мм 0,13 і 0,16 мм відповідно.

Зменшити величину відведення свердел дозволить пересувних кондуктор, який може бути закріплений на рухливих скалках головки. Його використання збільшить жорсткість пересувних скалок та зменшить величину початкового кута нахилу кінця консолі свердел і початковий зсув вершин свердел.

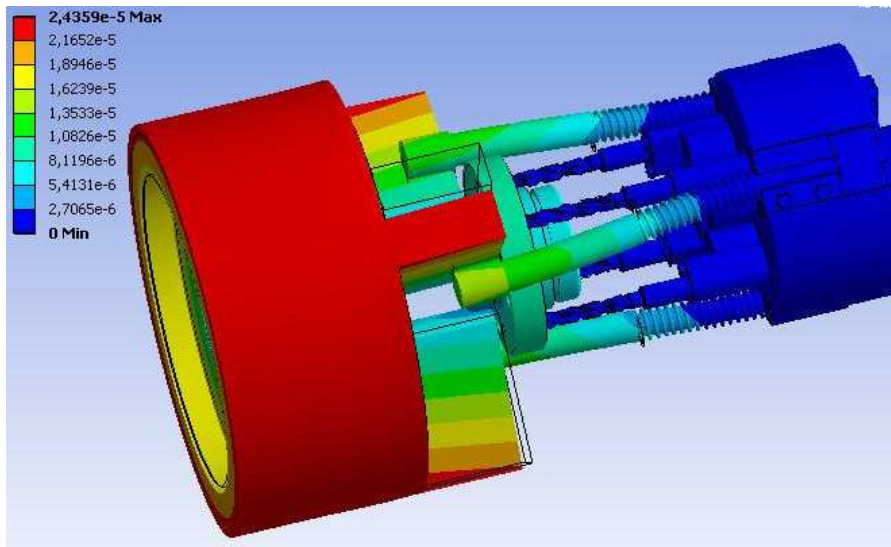


Рис. 6. Напружено-деформований стан багатошпindelьної головки для токарного верстата

Висновки:

1. Розроблена методологія визначення похибок базування валів у переналагоджуваній базуючій призмі залежно від її конструктивних параметрів, які безпосередньо впливають на виникнення похибок.
2. Запропонована багатошпindelьна головка для токарного верстата розширює технологічні можливості та дозволяє підвищити продуктивність механічної обробки. Точність обробки при її використанні знаходиться у межах полів допусків на чорнову та напівчистову обробку.

Список літератури: 1. Інтенсифікація процесів механічної обробки: монографія / В.Є. Карпусь, В. О. Іванов, О. В. Котляр та ін.; за ред. В. Є. Карпуся. – Суми: Сумський державний університет, 2012. – 436 с. 2. Карпусь В. Е. Универсально-сборные переналаживаемые приспособления / В. Е. Карпусь, В. А. Иванов // Вестник машиностроения. – 2008. – №11. – С. 46–50. 3. Karpus' V. E., Ivanov V. A. Universal-composite adjustable machine-tool attachments, Russian Engineering Research. – 2008. – Vol. 28, No. 11. – pp. 1077–1083. 4. Пат. на корисну модель № 31416 Україна, МПК (2006) B23B 39/00. Базуюча призма, що автоматично регулюється / Карпусь В. Є., Іванов В. О. 5. Карпусь В. Е. Точность базирования валов в призмах / В. Е. Карпусь, В. А. Иванов // Вестник машиностроения. – 2012. – № 2. – С. 40–45. 6. Karpus V. E., Ivanov V. A. Locating accuracy of shafts in V-blocks, Russian Engineering Research, 2012, Vol. 32, No. 2, pp. 144–150. 7. Пат. на корисну модель № 36305 МПК(2006) B23B 29/00. Багатошпindelьна головка для токарного верстата / Карпусь В. Є., Котляр О. В. 8. Холмогорцев Ю. П. Оптимизация процессов обработки отверстий. – М.: Машиностроение, 1984. – 184 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Каверіна О.Г. ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ У ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ.....	3
Казначеева О.К., Черпаков А.В. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЖЕСТКОСТИ НЕЛИНЕЙНО УПРУГОЙ АРМИРОВАННОЙ БАЛКИ.....	8
Каплюхин А.А., Кузнецова З.П. ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ВАЛОВОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ УКРАИНЫ.....	12
Карабутов А.А., Макаров В.А. ВОЗМОЖНОСТИ КОНТАКТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СТРУКТУРОСКОПИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	16
Кардаполова М.А., Чигринова Н.М., Кавальчук О.Н., Девойно Д.Г., Василенко А.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ СОЧЕТАНИЕМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ И ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТОК.....	19
Карпусь В.Є., Іванов В.О., Котляр О.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ ДЛЯ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	25
Кахиани М.Р., Варсимашвили Р.Ш. УСТРОЙСТВА, ПОВЫШАЮЩИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ.....	31
Кипреев Ю.Н., Микитюк В. Е., Рожков Н.А. ПРОТИВОУДАРНЫЕ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЕ АМОРТИЗАТОРЫ.....	35
Кирилович В.А. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ РОБОТИЗОВАНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ КОМІРКАХ.....	38
Киселев Е.С., Благовский О.В., Кабиров Р.С. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ СТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.....	40
Ковалев С.А., Азамат М.Н., Дорожко Л.И. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА ШАХТЫ.....	45
Коваленко В.И., Дёмин В.П., Хмиров Н.А. РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ РЕЗКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИСЛОРОДА.....	49