



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2022-1

**Machinery  
Energetics  
Transport  
of Agribusiness**



**ТЕХНІКА  
ЕНЕРГЕТИКА  
ТРАНСПОРТ АПК**



*Всеукраїнський науково-технічний журнал*

**ТЕХНІКА,  
ЕНЕРГЕТИКА,  
ТРАНСПОРТ АПК**

*№ 1 (116) / 2022*

**м. Вінниця - 2022**

**ТЕХНІКА,  
ЕНЕРГЕТИКА,  
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування  
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».  
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.  
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації  
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /  
Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2022. 1(116). С. 169.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету  
(протокол № 10 від 29.04.2022 р.)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.*

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань  
України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України  
від 02.07.2020 року №886);*

*- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);*

*- індексується в CrossRef, Google Scholar;*

*- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.*

**Головний редактор**

**Токарчук О.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

**Заступник головного редактора**

**Веселовська Н.Р.** – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

**Відповідальний секретар**

**Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

**Члени редакційної колегії**

**Булгаков В.М.** – д.т.н., професор, академік  
НААН України, Національний університет  
біоресурсів і природокористування України

**Севостьянов І.В.** – д.т.н., професор,  
Вінницький національний аграрний університет

**Граняк В.Ф.** – к.т.н., доцент,  
Вінницький національний технічний університет

**Спірін А.В.** – к.т.н., доцент,  
Вінницький національний аграрний університет

**Іванчук Я.В.** – к.т.н., доцент,  
Вінницький національний технічний університет

**Твердохліб І.В.** – д.т.н., доцент,  
Вінницький національний аграрний університет

**Іскович – Лотоцький Р.Д.** – д.т.н., професор,  
Вінницький національний технічний університет

**Цуркан О.В.** – д.т.н., доцент,  
Вінницький національний аграрний університет

**Купчук І.М.** – к.т.н., доцент,  
Вінницький національний аграрний університет

**Яронуд В.М.** – к.т.н., доцент,  
Вінницький національний аграрний університет

**Зарубіжні члени редакційної колегії**

**Йордан Максимов** – д.т.н., професор Технічного  
університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет  
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,  
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: [pophv@ukr.net](mailto:pophv@ukr.net)



## ЗМІСТ

## I. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

*Калетнік Г.М., Яропуд В.М.***СИМУЛЯЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ТЕПЛООБМІННИКА ПОБІЧНО-ВИПАРНОГО ТИПУ..... 4***Грушецький С.М., Омелянов О.М.***ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ КОРЕНЕБУЛЬБОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ..... 16***Ковальчук Ю.О., Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук А.О.***ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В АПК ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО НАПЛАВЛЕННЯ ..... 25***Oleksandr Kholodiuk, Volodymyr Kuzmenko, Zhukov Volodymyr***PREPARATION FEATURES OF TECHNICAL MEANS FOR HAUMAKING..... 32***Спірін А.В., Цуркан О.В. Твердохліб І.В., Борисюк Д.В.***ЕРГОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ОХОРОНИ ПРАЦІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ..... 41**

## II. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Алієв Е.Б., Лінко М.О.***АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЕКСПАНДОВАНОГО ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ..... 51***Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Яцук Є.В., Гречко Р.О.***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГІДРОСТАТИЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ ТИПУ ГСТ-90... 58***Возняк О.М., Бабин І.А***АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА СУШКИ ЖОМУ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА..... 65***Ivan Sevostianov, Yaroslav Ivanchuk***MODELLING OF WORKING PROCESS OF EQUIPMENT WITH HYDRAULIC DRIVE FOR SEPARATION OF DAMP DISPERSIVE MATERIALS..... 77***Матвійчук В.А., Гайдамак О.Л., Карпійчук М.Ф.***ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ДЕТАЛЕЙ З ПІДВИЩЕНИМИ ТРИБОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ ..... 83***Пазюк В.М., Токарчук О.А.***ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ..... 96***Полевода Ю.А., Соломон А.М., Бондар М.М.***ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕФІРУ..... 105***Присяжнюк Д.В.***ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОФІЗИЧНИХ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОННОМУ ПРИСТРОЇ ДЛЯ СИНТЕЗУ ОЗОНУ..... 114***Svitlana Kravets***PERFECTION OF FUNDAMENTALS OF MATHEMATICAL METHOD OF DESIGN OF HYDROSYSTEMS OF DRIVE OF TECHNICAL MACHINES..... 121***Сивак Р.І., Островський А.Й., Богатюк М.О.***ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНОВКИ УНІВЕРСАЛЬНО-СКЛАДАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ІЗ ЗМІНОЮ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ВТУЛКИ РОЗРІЗНОЇ..... 128***Цуркан О.В.***ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШНІННЯ НАСІННЯ ГАРБУЗА..... 136***Яропуд В.М., Купчук І.М., Бурлака С.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНОГО ТРИТРУБНОГО ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ..... 142**

## III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

*Возняк О.М., Штуць А.А., Тихонов В.К.***ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ТА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ..... 150***Граняк В.Ф., Кожушко О.В.***ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМАТИЧНИХ ПОХИБОК СМУГОВОГО НЕСИМЕТРИЧНОГО СЕНСОРА ВОЛОГОСТІ..... 164**



УДК 621.9-1/-9

DOI: 10.37128/2520-6168-2022-1-15

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНОВКИ УНІВЕРСАЛЬНО-СКЛАДАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ІЗ  
ЗМІНОЮ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ВТУЛКИ РОЗРІЗНОЇ**

**Сивак Роман Іванович**, д.т.н., доцент  
**Островський Анатолій Йосипович**, асистент  
**Богатюк Максим Олегович**, аспірант  
Вінницький національний аграрний університет

**Roman Sivak**, Dr. Sc. Of Eng., Associate Professor  
**Anatolii Ostrovskiy**, Assistant  
**Maxim Bogatyuk**, Graduate student  
Vinnytsia National Agrarian University

*У сучасних умовах життя, коли механізація та автоматизація виробничих процесів стає характерною особливістю розвитку галузі машинобудування, впровадження інноваційних проєктів у техніці та технологіях є актуальним для вітчизняних підприємств. Особливо це стосується сфери інструментального виробництва, галузі проєктування, передових енергоощадних технологій, виготовлення інструменту спеціального призначення й особливо пристроїв та обладнання для верстатів. Використання сучасного прогресивного технологічного оснащення, а саме верстатних пристосувань як додаткових пристроїв, які суттєво розширюють технологічні можливості металообробного обладнання та інструментів. Важливе місце у класифікації верстатних пристосувань займають універсально-складальні пристрої (УСП). Конструкції таких пристосувань для використання при обробці деталей на верстатах майже усіх груп забезпечують високу точність установки заготовок (9-10 квалітет) і можуть бути використані в усіх галузях промисловості. У зв'язку з тим, що 60% компонок УСП приходить на свердлильні пристрої, використання та раціональна зміна конструкції елементів є актуальною.*

*Наявні конструкції УСП, у переважній більшості, складаються зі стандартизованих деталей, а іноді вузлів. У більшості випадків з елементів УСП можна практично зібрати пристосування для виконання різних операцій обробки на верстатах усіх типів. Детально аналізуючи конструктивні особливості елементів УСП, можна запропонувати створення нових прогресивніших конструкцій. Обґрунтуємо необхідність удосконалення елементів УСП на прикладі втулки розрізної. Розташування розрізу паралельно до осі втулки обмежує можливості чинних елементів, наприклад, використання таких кондукторних втулок призводить до ускладнення радіальної фіксації у компоновці УСП.*

*Розроблено удосконалену конструкцію втулки розрізної, для поліпшення експлуатаційних можливостей, шляхом зміни орієнтації розрізу відносно осі інструмента. Розрізна втулка є проміжним елементом і використовується для того, щоб забезпечити фіксацію кондукторної втулки у планці. У наслідок контакту з охоплюваною поверхнею виконано розрахунок контактних напружень.*

*Запропоноване конструктивне рішення дасть можливість більш технологічного використання елементів УСП. Нова конструкція втулки розрізної довела свою ефективність у зв'язку із покращенням радіальної фіксації в отворі планки, що сприяє точності виконання операцій інструментального виробництва.*

**Ключові слова:** універсально-складальні пристрої, компоновка УСП, кондукторна втулка, втулка розрізна, технологічне оснащення, універсально-збірний кондуктор, УСП, застосування УСП, нормалізований вузол, техніко-економічний ефект.

**Ф. 18. Рис. 9. Літ. 9.**

---

**1. Постановка проблеми**

У машинобудуванні для механічної обробки деталей широко застосовуються верстатні універсально-складальні пристрої. Враховуючи, що дільниці УСП здебільшого підпорядковані інструментальному виробництву, процес обробки вимагає однозначного (цілком певного) положення елементів УСП щодо верстата та заготовки. Визначивши положення втулки розрізної за реальними базовими поверхнями важко забезпечити сталість положення відносно вибраної системи координат (осі



циліндричного отвору планки) у зв'язку із розмірами та розташуванням розрізу. Підвищенню точності центрування направляючого отвору та скороченню часу на установку і закріплення буде сприяти зменшення ширини розрізу втулки та повне перекриття контактної циліндричної поверхні отвору планки. При такому конструктивному рішенні досягається майже довільне розташування втулки розрізної відносно осі планки.

## 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Визначенню напружено-деформованого стану елементів УСП та впливу деформації заготовки присвячена праця науковця Сумського національного аграрного університету Думанчука М. Ю. [9]. У статті «Використання комп'ютерного моделювання при проектуванні УСП для хонінгування гільзи ДВС» автор відмічає широке застосування комплексу УСП для оснащення свердлильних, токарних, фрезерних, розточувальних, зубодовбальних, шліфувальних та інших видів обробки, а також для зварювальних робіт і операцій контролю. Проведено аналіз жорсткості пристрою з використанням CAD-системи SOLIDWORKS та її модуля Simulation.

Проектуванню і методам розрахунку технологічної оснастки машинобудівного виробництва, у тому числі універсально-складальним пристосуванням, присвячена праця науковців В. С. Медведєва, В. І. Тулупова, С. Г. Онищука [8] Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА). Автори відмічають, що близько 70% від усього технологічного оснащення виробництва складають верстатні пристосування. Характеризуючи УСП, у системі за ступенем спеціалізації, авторський колектив звертає увагу на високу точність елементів, багаторазовість застосування, відсутність механічного доопрацювання.

Про широке застосування універсально-складальних пристроїв на теренах України інформує Українська Технічна енциклопедія TechTrend у розділі технічні терміни [7].

Розробники системи універсально-складальних пристроїв Кузнецов В.С. та Пономарьов В.А. присвятили свої праці дослідженню, класифікації, випуску каталогів своєї розробки.

Конструкторсько-технологічні прийоми підвищення ефективності їх механічної обробки та можливості використання групових технологічних процесів для виготовлення деталей універсально-складальних пристроїв розглядають у своїх дослідженнях Козлов Н. И., Гордєєв Ю. И., Анистратенко Н. Е., Вадимов В. Н.

Праці Блюменштейна А. А., Черникова М.С., Железнова О. В. присвячені розробці автоматизованої системи управління життєвим циклом універсально-складальних пристроїв. Автори акцентують увагу на актуальності і очевидності можливості організації процесу замовлення, проектування та складання компоновок універсально-складальних пристроїв у терміни, які значно скоротять етап підготовки основного виробництва. Оптимізація технологічної підготовки виробництва при проектуванні оснастки для верстатів, на думку авторів, є суттєвим фактором успіху.

## 3. Мета дослідження

Метою дослідження є обґрунтування параметрів оновленої конструкції втулки розрізної, виявити можливості широкого використання елемента УСП завдяки зміни просторового розміщення розрізу: під кутом до осі отвору планки. Розкрити особливості розрахунку контактних напружень при взаємному стисканні спряжених поверхонь. Провести розрахунок найбільших напружень стиснення та розтягування у характерних точках, так як у поперечному перерізі втулки розрізної виникає поздовжня сила та згинаючий момент. Виконати перевірку міцності при контактних напруженнях у небезпечних точках, де усі три головні напруження стискальні, за загальноприйнятою теорією міцності.

## 4. Виклад основного матеріалу

Машинобудівна промисловість України, у склад якої входять десятки спеціалізованих галузей, має виняткове значення для розвитку науки і техніки. Характерною особливістю машинобудівного комплексу є спеціалізація та кооперування з метою випуску різноманітної продукції. На фоні такого різноманіття, технологічними особливостями машинобудівних підприємств є подібність структури. Наприклад, наявність інструментальних виробництв, механічних цехів із металообробними верстатами та багато інших підрозділів для забезпечення життєдіяльності підприємств у сфері експлуатації, проектування і виробництва машин і інструментів.

Інструментальне виробництво є важливою ланкою у забезпеченні підприємств необхідним технологічним оснащенням будь-якого ступеня складності для підготовки виробництва, ремонтних робіт власної оснастки, проектними розробками по скороченню терміну виготовлення продукції і т. ін. Функції

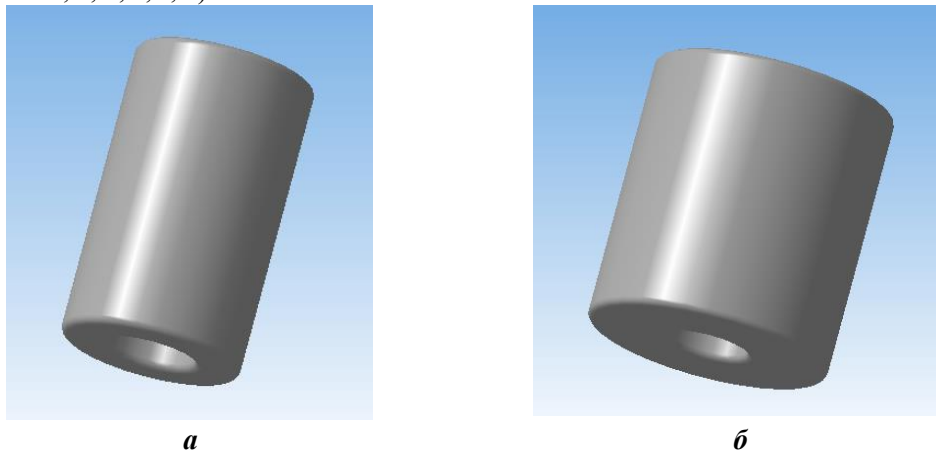


інструментального виробництва, відділу чи бюро, наприклад, вимоги високої точності до виробництва інструментарію, численна номенклатура технологічних оснащень, пристосувань і інструментів, значні втрати інструментів на виробництві, висока кваліфікація працівників інструментального цеху, роблять його самим коштовним та найскладнішим для виробництва підприємства. Інструментальне виробництво структуроване у залежності від обсягу і характеру основного виробництва. Одним із основних підрозділів у структурі інструментального господарства підприємства є дільниця універсально-складальних пристроїв.

Дільниця універсально-складальних пристроїв на підприємствах створюється відповідно до потреб у таких компоновках. Важливими заходами в організації підрозділу є створення та збереження комплекту УСП у вигляді компоновок та окремих елементів як у межах дільниці, так і підприємства у цілому. З метою чіткої систематизації наявності, обліку та періодичної звітності про рух пристроїв, ведуться спеціальні журнали, а компоновки оснащені металевими бирками для розпізнавання. Відповідальними кроками є організація ділянки збирання та робочих місць висококваліфікованих слюсарів інструментальників та керівного персоналу. Опираючись на практичний досвід, доречно зауважити, що колектив чисельністю п'ять працівників (керівник та чотири слюсари інструментальники) може забезпечити потреби кількатисячного підприємства у компоновках УСП для механічної обробки деталей та заготовок. Пристрої УСП призначені для оснащення металообробних верстатів, які працюють в умовах експериментального, одиничного і малосерійного виробництва. Характерною ознакою системи УСП є те, що один і той же комплект служить базою для компоновок по обробці окремої партії однакових деталей, а життєвий цикл компоновки закінчується з останньою операцією. Зберігаючись на стелажах у чарунках із маркуванням елементи комплекту, у різних комбінаціях, служать як складанні одиниці для наступних пристроїв.

Деталі комплекту повинні бути зносостійкими і міцними, тому основні деталі виготовляють із сталі 38 ХА, 40 ХА з гартуванням до 40-45 одиниць. Направляючі деталі і установочні деталі з вуглецевих сталей У7А, У8А, У10А, HRC 50-55. Інші менш відповідальні деталі (прихвати) із сталі 45, шайби, шпонки – сталі 20. УСП компонуються у загальному об'ємі в залежності від груп верстатів – свердлильні 60%, фрезерні - 30%, токарні - 7%, шліфувальні і інші – 3% [1].

Зважаючи на показник у шістьдесят відсотків компоновок для свердлильних верстатів, актуальним є дослідження параметрів монтажною схеми та її елементів, наприклад, втулки кондукторної (рис. 1, а, б, 7, а, б) та розрізної (рис. 3, 4, 7, в, г, 9).



**Рис. 1. Втулка кондукторна: а – 7051- 4006, діаметр 12 мм; б – 7051-4007, діаметр 18 мм**

Визначення контактних напружень виконуємо відповідно до загального випадку контакту двох тіл [2]. Припускаючи, що обидва тіла у точці дотику мають загальну дотичну площину АВ і загальну нормальз, уздовж якої напрямлені сили Р (рис. 2). Позначимо радіуси кривини в точці дотику першого тіла  $\rho_1$  і  $\rho'_1$ , другого тіла –  $\rho_2$  і  $\rho'_2$ , причому  $\rho_1 < \rho'_1$ ,  $\rho_2 < \rho'_2$ . Нагадаємо, що головними кривинами називають найбільшу і найменшу кривини, розміщені в двох взаємно перпендикулярних площинах, що проходять через центр кривини. Радіуси кривини вважаються додатними, якщо центри кривини розміщені усередині тіла. Позначимо через  $\varphi$  кут між головними площинами кривими тіл, в яких лежать менші радіуси  $\rho_1$  і  $\rho_2$ .

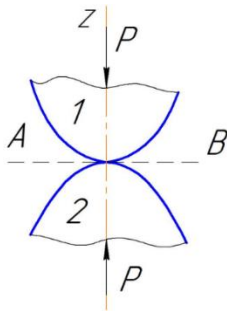


Рис. 2. Загальний випадок контакту двох тіл

У загальному випадку площадка контакту становить еліпс з півосями:

$$a = \alpha^3 \frac{3P(1 - \mu^2)}{E \left( \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_1'} + \frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_2'} \right)}; \quad (1)$$

$$b = \beta^3 \frac{3P(1 - \mu^2)}{E \left( \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_1'} + \frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_2'} \right)}. \quad (2)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона,

Значення коефіцієнтів  $\alpha$  і  $\beta$  [2] як функції допоміжного кута  $\psi$ , що визначається за формулою:

$$\cos \psi = \frac{\pm \sqrt{\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_1'}\right)^2 + \left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_2'}\right)^2 + 2\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_1'}\right)\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{\rho_2'}\right) \cos 2\varphi}}{\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_1'} + \frac{1}{\rho_2} + \frac{1}{\rho_2'}} \quad (3)$$

При цьому знак чисельника у формулі (3) вибирають так, щоб  $\cos \psi$  був додатним.

Найбільше напруження стискування в центрі площадки контакту

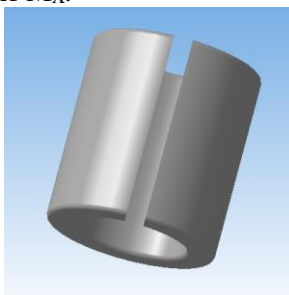
$$\sigma_{max} = 1.5 \frac{P}{\pi ab}. \quad (4)$$

Найбільш небезпечна точка нежить на осі  $z$  на деякій глибині, яка залежить від відношення  $(b/a)$  півосей еліптичної площадки контакту. Однак найбільше дотичне напруження в небезпечній точці майже не залежить від зазначеного відношення розмірів площадки, і можна взяти

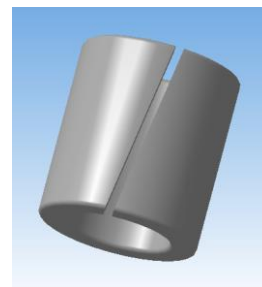
$$\tau_{max} = 0,32 \sigma_{max} \quad (5)$$

З наведених формул випливає, що контактні напруження залежать від пружних властивостей матеріалів і не є нелінійною функцією навантаження. Зі збільшенням навантаження швидкість наростання напружень зменшується. Це обумовлено тим, що зі збільшенням навантаження збільшуються і розміри площадки контакту.

На рис. 3,  $a$ ,  $b$  та  $4, a, b$ , зображена втулка розрізна компоновки УСП. Знайдемо напруження у точках А і В поперечного перерізу, якщо  $P=2,5$  кН. У поперечному перерізі втулки діють сила  $N=P$  та згинаючий момент  $M_x$ .



$a$



$b$

Рис. 3. Втулка розрізна:  $a$  – прямий розріз;  $b$  – похилий розріз

Знайдемо положення центра ваги перерізу АВ (рис. 4, б) відносно осі  $u$ , що проходить через точку А:  $V_C=3/2=1,5$  мм, у прямокутнику центр рівноваги розташовується в точці перетину діагональних прямих.

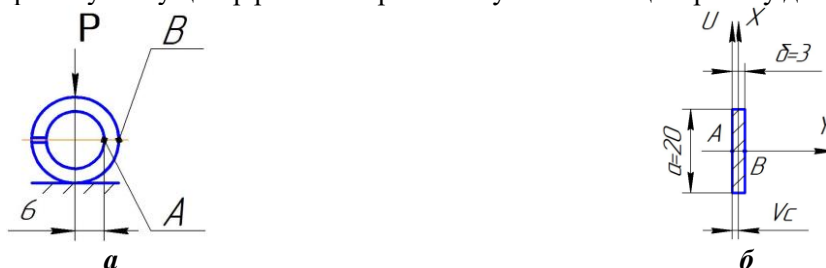


Рис. 4. Втулка розрізна:  $a$  – схема навантаження;  $b$  – переріз у критичних точках





Обчислимо момент інерції перерізу відносно головної центральної осі X

$$J_x = \frac{b^3 h}{12} = \frac{3^3 \cdot 20}{12} = 45 \text{ мм}^4 \quad (6)$$

Напруження, яке відповідає силі P,

$$\sigma' = \frac{N}{F} = \frac{P}{F} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{20 \cdot 3} = 42 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}. \quad (7)$$

Визначимо напруження від згину відповідно у точках B та A

$$\sigma''_B = \frac{M_X Y_B}{J_X} = \frac{2,5 \cdot 10^3 \cdot 7,5 \cdot 1,5}{45} = 625 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}; \quad (8)$$

$$\sigma''_A = -\frac{M_X Y_A}{J_X} = -\frac{2,5 \cdot 10^3 \cdot 7,5 \cdot 1,5}{45} = -625 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}; \quad (9)$$

Найбільше напруження стиску у точці A

$$\sigma' + \sigma''_A = 42 - 625 = 583 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}. \quad (10)$$

Найбільше напруження розтягу у точці B

$$\sigma' + \sigma''_B = 42 + 625 = 667 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}. \quad (11)$$

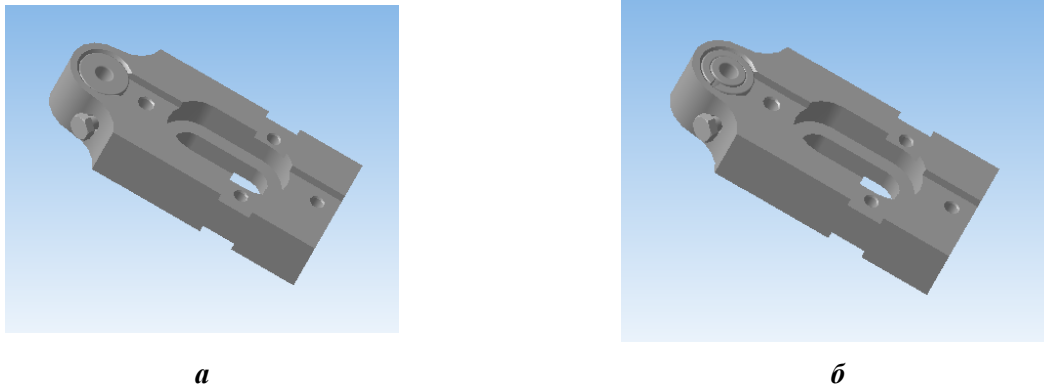


Рис. 5. Планка 7050-2181зі втулками: а – кондукторна; б – розрізна та кондукторна

Гвинт настановний з циліндричним кінцем передає на втулку розрізну тиск  $P=2,5$  кН (рис. 6). Зовнішній діаметр втулки  $D=18$  мм. Радіус поперечного перерізу гвинта для фіксації набору втулок  $r=3$  мм. Визначимо розміри площадки контакту і найбільше напруження на цій площадці. Модуль пружності  $E=2 \cdot 10^5$  МПа, коефіцієнт Пуассона  $\mu=0,3$ .

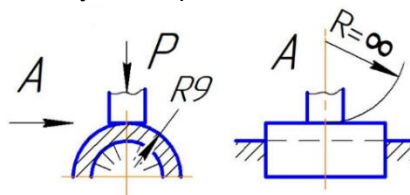


Рис. 6. Схема для визначення розмірів площадки та максимального напруження

Відповідно до зазначеної вище послідовності розрахунку випишемо головні радіуси кривини;

– для гвинта  $\rho_1 = 3$  мм,  $\rho'_1 = \infty$ ;

– для втулки  $\rho_2 = 9$  мм,  $\rho'_2 = \infty$ ;

Кут між головними площадками, в яких містяться  $\rho_1$  і  $\rho_2$ , як видно з рисунка,  $\varphi = \pi/2$ . Тоді з формули (3) знаходимо

$$\cos \psi = \pm \frac{\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}}{\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}} = \frac{\frac{1}{3} - \frac{1}{9}}{\frac{1}{3} + \frac{1}{9}} = 0,5 \quad (12)$$

Отже, допоміжний кут  $\psi = 85,5^\circ$

Виконавши лінійну інтерполяцію, знаходимо значення коефіцієнтів  $\alpha, \beta$ : [2]

$$\alpha = 1,486; \beta = 0,717. \quad (13)$$



За формулами (12) і (13) [2, 10] визначаємо розміри півосей еліптичної площадки контакту:

$$a = 1,486 \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0,91 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^5 (1/0,003 + 1/0,009)}} \text{ м} = 0,063 \text{ см}; \quad (14)$$

$$b = 0,717 \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0,91 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^5 (1/0,003 + 1/0,009)}} \text{ м} = 0,031 \text{ см}. \quad (15)$$

Найбільше напруження на площадці контакту

$$\sigma_{max} = 1,5 \frac{P}{\pi ab} = \frac{1,5 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{3,14(0,063 \cdot 10^{-2})(0,031 \cdot 10^{-2})} \text{ МПа} = 3,106 \times 10^3 \text{ МПа}. \quad (16)$$

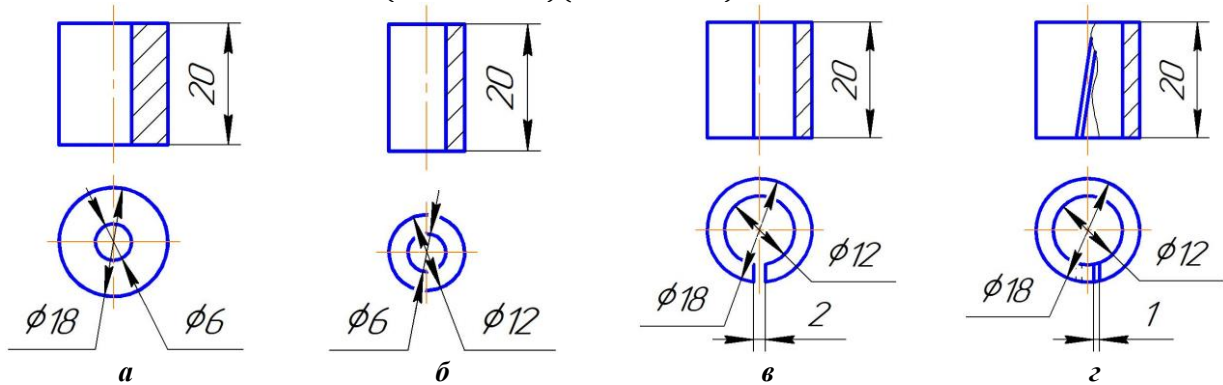


Рис. 7. Кресленки втулок: а, б – кондукторна: 7051-4007 і 7051-4006;  
в, з – розрізна: вертикальний і похилий розріз

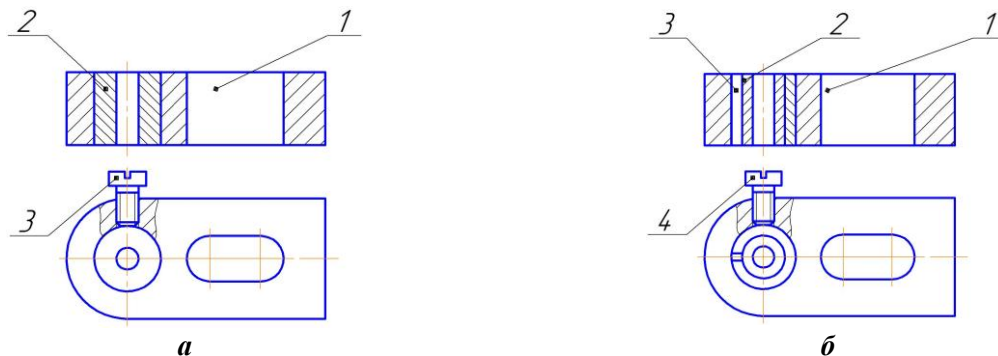


Рис. 8. Кресленки кондукторної планки:  
а – із кондукторною втулкою; б – із кондукторною та розрізною втулкою

У зв'язку із похилим розміщенням, висоту паза знайдемо через синус кута  $81^{\circ}28'$ , який дорівнює 0,9889. Отже довжина паза  $20/0,9889=20,2$  мм.

Обчислимо об'єм частини порожнистої втулки із розрізом:

$$\alpha^{\circ} = 360^{\circ} - 10^{\circ}22' = 349^{\circ}38' = 349,63^{\circ} \quad (17)$$

$$V = \frac{\alpha^{\circ}}{360^{\circ}} \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot h = \frac{349,63^{\circ}}{360^{\circ}} \cdot \pi \cdot (18 - 12) \cdot 20 = 365,95 \text{ мм}^3 = 365,95 \times 10^{-9} \text{ м}^3 \quad (18)$$

де R – зовнішній радіус, r – внутрішній радіус,  $\alpha^{\circ}$  – кут між площинами частини втулки, h – висота втулки,

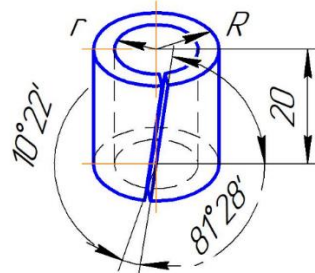


Рис. 9. Кресленик втулки розрізної для обчислення об'єму



Сталь інструментальна вуглецева. Питома вага: 7839 кг/м<sup>3</sup>. Вага зекономленої сталі У8А у розрахунку на одну втулку:

$$365,95 \text{ м}^3 \times 10^{-9} \times 7839 \text{ кг/м}^3 = 2,869 \times 10^{-3} \text{ кг} \approx 3 \text{ г.}$$

## 5. Висновок

В результаті проведених експериментальних та теоретичних досліджень процесу свердління у компоновці УСП було встановлено, що запропонована нова схема похилого розташування розрізу у втулці, на відміну від традиційної, в якій розріз паралельний до осі отвору, покращує процес встановлення та фіксації гвинтом у отворі планки 7050-2181. Просторове розміщення розрізу під кутом до осі отвору виключає непродуктивні рухи пов'язані із візуальним контролем та поворотом елементів для встановлення точки контакту гвинта та зовнішньої поверхні втулки розрізної.

Враховуючи різноманітну геометрію фіксуючої частини та можливі форми виконання самого гвинта, виконано розрахунок контактних напружень відповідно до загального випадку контакту двох тіл з урахуванням того, що спряжені поверхні у точці дотику мають загальну площину  $AB$  і загальну нормаль  $z$  уздовж якої напрямлена сила  $P$ , а також визначено напруження: яке відповідає силі  $P$ , від згину відповідно у точках  $B$  та  $A$ , та найбільші напруження стиску та розтягу відповідно у критичних точках  $A$  та  $B$ .

Виконано розрахунок зекономленої інструментальної вуглецевої сталі У8А в обсязі одна втулка на одну компоновку універсально-складального пристрою.

## Список використаних джерел

1. Універсально-складальні пристрої (УСП). URL: <https://studfile.net/preview/9906092/> (Дата звернення: 25.01.2022).
2. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів : підручник. Київ : Вища школа, 2004. 655 с.
3. Белявський С. М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. URL: <https://ukrreferat.com/dwnld?url=http://www.ukrreferat.com/referats/Fizika/urfz0119.zip> (Дата звернення: 25.01.2022).
4. ДСТУ 2691-94 Деталі та складальні одиниці універсально-складальних пристроїв до металорізальних верстатів. Технічні вимоги. Методи контролю. Маркування, пакування, транспортування та зберігання (ГОСТ 31.111.42-93). [Чинний від 1995-07-01]. Вид. офіц. Київ, 1995. 116 с. (Інформація та документація).
5. Контактні напруження. Формули для визначення контактних напруг. URL: <https://ukrreferat.com/chapters/fizika/kontaktni-napruzhennya-formuli-dlya-viznachennya-kontaktnih-naprug-referat.html> (Дата звернення: 25.01.2022).
6. Островський А. Й. Інноваційний підхід у використанні універсально-збірних пристосувань. *Техніка Енергетика Транспорт АПК*. 2018. № 3. С. 85–89.
7. Технічна енциклопедія TechTrend. Застосування – універсально-збірне пристосування. URL: <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=22980>.
8. Медведєв В. С., Тулупов В. І., Онищук С. Г. Технологічна оснастка : навч. посіб. Краматорськ : ДДМА, 2021. 108 с.
9. Думанчук М. Ю. Використання комп'ютерного моделювання при проектуванні УСП для хонінгування гільзи ДВС. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2019. Випуск 1-2. С. 1–8.
10. Сивак Р. І., Гунько І. В., Залізняк Р. О. Застосування ліній току при визначенні кінематичних характеристик в стаціонарних процесах пластичної течії металу. *Вібрації в техніці і технологіях*. Вінниця. 2021. №2 (97). С. 157–163

## References

- [1] Universal'no-skladal'ni prystroyi (USP). URL: <https://studfile.net/preview/9906092/> (Data zvernennya: 25.01.2022). [in Ukrainian].
- [2] Pysarenko H. S., Kvitka O. L., Umans'kyu E. S. (2004). Opirmaterialiv : pidruchnyk. Kyuyiv : Vyshecha shkola. [in Ukrainian].
- [3] Beliaivskiy, S. M. Rukovodstvo k resheniyu zadach po soprotyvleniyu materyalov. URL: <https://www.ukrreferat.com/referats/Fizika/urfz0119.zip> (Data zvernennya: 25.01.2022). [in Ukrainian].
- [4] DSTU 2691-94 Detali ta skladal'ni odynytisi universal'no-skladal'nykh prystroyiv do metalorizal'nykh verstativ. Tekhnichni vymohy. Metody kontrolyu. Markuvannya, pakuvannya, transportuvannya ta zberihannya (HOST 31.111.42-93). [Chynnyuyvid 1995-07-01]. Vyd. ofits. Kyuyiv, 1995. 116 s. (Informatsiyata dokumentatsiya). [in Ukrainian].
- [5] Kontaktni napruzhennya. Formuly dlya vyznachennya kontaktnykh napruh. URL: <https://ukrreferat.com/chapters/fizika/kontaktni-naprzhennya-formuli-dlya-viznachennya-kontaktnih-naprug-referat.html> (Datazvernennya: 25.01.2022). [in Ukrainian].



- [6] Ostrovs'kyy, A. Y. (2018). Innovatsiynny pidkhid u vykorystanni universal'no-zbimykh prystosuvan'. *Tekhnika. Enerhetyka. Transport APK*. 3. 85–89. [in Ukrainian].
- [7] Tekhnichna entsyklopediya Tech Trend. Zastosuvannya – universal'no-zbirne prystosuvannya. URL : <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=22980>. [in Ukrainian].
- [8] Medvedyev, V. S., Tulupov, V. I., Onyshchuk, S. H. (2021). Tekhnolohichna osnastka : navch. posib. Kramators'k : DDMA, 108. [in Ukrainian].
- [9] Dumanchuk, M. YU. (2019). Vykorystannya komp'yuternoho modelyuvannya pry proektuvanni USP dlya khoninhuvannya hil'zy DVS. *Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu*. 1-2. 1-8. [in Ukrainian].
- [10] Syvak, R. I., Gunko, I. V., Zalizniak, R. O. (2021). Zastosuvannya liniy toku pry vyznachenni kinematychnykh harakterystyk v statsionarnykh protsesah plastychnoi tehhii metalu. *Vibratsii v tehnitsi i tehnologiah*. 2 (97). 157–163. [in Ukrainian].

#### INVESTIGATION OF UNIVERSAL-ASSEMBLY DEVICE LAYOUT WITH CHANGE OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF DISCONNECTED BUSHING ELEMENTS

*In modern living conditions, when mechanization and automation of production processes becomes a characteristic feature of the development of mechanical engineering, the introduction of innovative projects in engineering and technology is relevant for domestic enterprises. This is especially true in the field of tool production, the field of design, advanced energy-saving technologies, the manufacture of special purpose tools and especially devices and equipment for machine tools. The use of modern advanced technological equipment, namely machine tools, as additional devices that significantly expand the technological capabilities of metalworking equipment and tools. An important place in the classification of machine tools is occupied by universal-assembly devices (USP). Due to the fact that 60% of USP configurations are drilling devices, the use and rational change of the design of the elements is relevant.*

*Existing USP designs, in the vast majority, consist of standardized parts, and sometimes components. In most cases, from the elements of the USP can be practically assembled devices to perform various machining operations on machines of all types. Analyzing in detail the design features of the elements of the USP, we can propose the creation of new, more advanced designs. We substantiate the need to improve the elements of the USP on the example of a split sleeve. The location of the section parallel to the axis of the sleeve limits the capabilities of the existing elements, for example, the use of such conductor sleeves complicates the radial fixation in the layout of the USP.*

*An improved design of the split sleeve has been developed to improve the operational capabilities by changing the orientation of the cut relative to the tool axis. The split sleeve is an intermediate element and is used to secure the conductor sleeve in the bar. As a result of contact with the covered surface, the calculation of contact stresses was performed.*

*The proposed design solution will allow more technological use of USP elements. The new design of the split sleeve has proven its effectiveness due to the improvement of the radial fixation in the hole of the bar, which contributes to the accuracy of tool production operations.*

**Keywords:** *universal-assembly devices, USP arrangement, conductorsleeve, splitsleeve, technologicalequipment, universal-assemblyconductor, USP, USP application, normalizedunit, technicalandeconomic effect.*

**F. 18. Fig. 9. Ref.10.**

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Сивак Роман Іванович** – доктор технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [sivak\\_r\\_i@ukr.net](mailto:sivak_r_i@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-7459-2585>).

**Островський Анатолій Йосипович** – асистент кафедри «Математики, фізики та комп'ютерних технологій» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: [anatol.u.ostrowski@gmail.com](mailto:anatol.u.ostrowski@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-5700-3593>).

**Богатюк Максим Олегович** – аспірант кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [bogatyuk1998@gmail.com](mailto:bogatyuk1998@gmail.com)).

**Roman Sivak** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines of Vinnytsia national agrarian university (st. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [sivak\\_r\\_i@ukr.net](mailto:sivak_r_i@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-7459-2585>).

**Anatoliy Ostrovsky** – assistant of the department "Mathematics, Physics and Computer Technologies" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnechnaya St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: [anatol.u.ostrowski@gmail.com](mailto:anatol.u.ostrowski@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-5700-3593>).

**Maxim Bogatyuk** – graduate student of the Department of General Technical Disciplines and Labor Protection (3 Solnechnaya St., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [bogatyuk1998@gmail.com](mailto:bogatyuk1998@gmail.com)).