

Міністерство освіти і науки України
Міністерство розвитку економіки,
торгівлі та сільського господарства
Полтавська державна аграрна академія
ДП „Харківський регіональний науково-виробничий
центр стандартизації, метрології та сертифікації”

Є.А. ФРОЛОВ, С.В. ПОПОВ,
В.В. МУРАВЛЬОВ, В.В. АГАРКОВ

**ВДОСКОНАЛЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНО-
СКЛАДАЛЬНИХ ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ
ШТАМПІВ ОПТИМІЗАЦІЄЮ КОНСТРУКТИВНИХ
ПАРАМЕТРІВ КОМПОНУВАНЬ В УМОВАХ
МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Монографія

Харків
2021

УДК 621.98.044

ББК 34.5

Ф91

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Полтавської державної аграрної академії
(протокол №22 від 18 травня 2021 р.)*

Рецензенти:

О.І. Тришевський – д.т.н., проф., завідувач кафедри технології матеріалів Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка;

М.К. Резніченко – д.т.н., проф., професор кафедри машинобудування, транспорту і зварювання Української інженерно-педагогічної академії;

Е.С. Геворкян – д.т.н., проф., професор кафедри інженерії вагонів та якості продукції Українського державного університету залізничного транспорту.

Фролов Є.А., Попов С.В., Муравльов В.В., Агарков В.В. Вдосконалення універсально-складальних переналагоджувальних штампів оптимізацією конструктивних параметрів компонувань в умовах машинобудівного виробництва: монографія. Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. 167 с.

ISBN 978-617-7897-45-2

У монографії наведено результати наукового дослідження стосовно розширення технологічних можливостей універсально-складальних переналагоджувальних штампів, що використовуються для розділових операцій листового штампування за рахунок оптимізації конструктивних параметрів компонувань в умовах багатомономенклатурного виробництва.

Рекомендується для наукових співробітників, інженерно-технічних працівників, які займаються створенням та експлуатацією виробів у галузі машинобудування, а також здобувачів вищої освіти механічних спеціальностей галузі знань «Механічна інженерія».

УДК 621.98.044

ББК 34.5

Ф91

ISBN 978-617-7897-45-2

© Є.А. Фролов, С.В. Попов,
В.В. Муравльов, В.В. Агарков, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ.....	8
1.1 Аналіз різних способів закріплення робочих частин штампів	8
1.2 Характеристика, аналіз властивостей пластмас для виготовлення штампового оснащення.....	13
1.3 Аналіз існуючих методів розрахунку конструктивних елементів переналагоджуваних штампів	19
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ УСПШ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОЗДІЛОВИХ ОПЕРАЦІЙ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ.....	25
2.1 Конструктивно-технологічні особливості	25
2.2 Конструкція	29
2.3 Аналіз умов експлуатації	42
2.4 Дослідження напруженого стану Т-подібних пазів, вибір їх форми та розмірів.....	51
2.5 Дослідження виготовлення, складання	55
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БАЗОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ УСПШ	66
3.1 Розробка математичних моделей силової взаємодії базових плит, визначення навантажень, що діють на плити	68
3.2 Побудова розрахункових схем і постановка задачі	75
3.3 Методика дослідження блоків УСПШ за методом скінченних елементів	78
3.4 Дослідження впливу Т-подібних пазів на міцність, жорсткість базових плит блоків УСПШ	83
3.5 Дослідження впливу товщини, габаритних і провальних розмірів вікон нижніх базових плит на міцність та жорсткість.....	90
3.5.1 Вплив товщини	90
3.5.2 Вплив габаритних розмірів.....	93

3.5.3 Вплив розмірів провального вікна.....	94
3.6 Дослідження впливу діаметрів, кількості та схеми розташування напрямних колонок на міцність і жорсткість блоків.....	95
3.6.1 Вплив діаметрів напрямних колонок	95
3.6.2 Вплив кількості та схеми розташування напрямних колонок.....	97
3.7 Дослідження впливу умов експлуатації на НДС блоків УЗПШ	97
3.7.1 Вплив діаметра провального отвору в підштамповій плиті преса	98
3.7.2 Вплив умов закріплення	99
3.8 Розрахункова схема і розрахунок НДС верхніх базових плит блоків УСПШ	100
 РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ БАЗОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ УСПШ.....	
4.1 Експериментальні дослідження напруженого стану блоків УСПШ за методом статичної тензометрії	102
4.2 Експериментальне дослідження напруженого стану блоків УСПШ методом голографічної інтерферометрії.....	111
4.3 Дослідження міцності і жорсткості конструктивних елементів УСПШ з композиційних матеріалів	122
4.4 Дослідження усадки конструктивних елементів УСПШ з композиційних матеріалів на основі пластмаси АСТ-Т протягом часу	133
 РОЗДІЛ 5. ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ ТА ПРОМИСЛОВЕ УПРОВАДЖЕННЯ УСПШ	
5.1 Основні принципи тензометричних вимірювань в процесі виробничих випробувань дослідних зразків УСПШ	138
5.2 Методика виробничих випробувань блоків УСПШ із застосуванням методу динамічної тензометрії	142
5.3 Результати виробничих випробувань.....	144
5.4 Розробка практичних рекомендацій за результатами виробничих випробувань УСПШ	149

5.5 Практичні результати використання УСПШ та результати впровадження.....	153
ВИСНОВКИ.....	155
ЛІТЕРАТУРА.....	157

ВСТУП

Безперервне підвищення вимог до робочих параметрів виробів, конструктивна зміна форм деталей при одночасному прискоренні темпів освоєння виробництва нових більш досконалих конструкцій виробів призводить до зростання обсягів роботи і витрат на технологічну підготовку виробництва. В сучасних умовах переходу промисловості до ринкової економіки зростання випуску конкурентоспроможної продукції повинно бути досягнуто за рахунок підвищення продуктивності праці при мінімізації матеріальних витрат, використання досконаліших інструментів, технологічних процесів, оснащення, розширення можливостей діючого устаткування шляхом підвищення коефіцієнта їх корисної дії, застосування універсальних засобів технологічного оснащення, засобів механізації та автоматизації виробництва. Значна зміна трудомісткості виготовлення, металоємності і вартості штампового оснащення пов'язана із застосуванням при їх конструюванні та виготовленні нових конструктивних матеріалів, у т.ч. пластичних мас, композитів. Проведений аналіз показав, що частка витрат на виготовлення оснащення для листоштампувального виробництва становить до 34,5% в загальному балансі витрат на технологічну підготовку виробництва виробів машинобудування і лише трохи поступається витратам на виготовлення оснащення для механоскладального виробництва. Найбільш ефективним видом технологічного оснащення, що використовується в умовах багатомономенклатурних виробництв з часто мінливою номенклатурою і дискретно нестабільними програмами випуску виробів, є універсально-складальні переналагоджувані штампи (УСПШ). Вони складаються із комплексу стандартизованих елементів, вузлів. Таке оснащення передбачає принцип тривалої обертаності, високої оборотності елементів. Також воно знайшло широке застосування в індивідуальному і дрібносерійному виробництвах. При подальшому ефективному розширенні області застосування системи УСПШ в умовах середньосерійного, серійного виробництва особливого значення набуває науково-обґрунтований вибір конструктивно-технологічних параметрів елементів УСПШ, способів закріплення робочих частин, розширення складу комплектів за рахунок введення до їх складу нових вузлів, що забезпечують швидке переналагодження і стійкість роботи компонувань у процесі тривалої експлуатації без втрати точності штампування деталей. Перспективним напрямком ефективного використання комплектів УСПШ

є підвищення гнучкості та скорочення витрат і часу, пов'язаного з переналагодженням компонувань УСПШ при переході на штампування деталей нової номенклатури. Дана робота є актуальною, тому що спрямована на підвищення ефективності УСПШ за рахунок оптимізації конструктивних параметрів компонувань в умовах багатомоделного машинобудівного виробництва.

Метою роботи є розширення технологічних можливостей універсально-складальних переналагоджуваних штамів для розділових операцій листового штампування шляхом оптимізації конструктивних параметрів компонувань в умовах багатомоделного виробництва. Для досягнення даної мети поставлені завдання: дослідити конструктивно-технологічні чинники, їх ступінь впливу на конструктивні параметри УСПШ при виконанні розділових операцій листового штампування; розробити методичку, структурну схему складання УСПШ для розділових операцій листового штампування із застосуванням композиційних матеріалів для закріплення і напрямку робочих елементів, напрямних колонок і втулок; теоретично обґрунтувати та розробити математичну модель силової взаємодії конструктивних елементів УСПШ та визначити зусилля, діючі на робочі та базові елементи конструкції в процесі експлуатації; експериментально дослідити і визначити картину напружено-деформованого стану базових плит УСПШ, визначити раціональні схеми навантаження, спираючі та закріплення компонувань УСПШ в процесі експлуатації; теоретично і експериментально дослідити жорсткість, міцність базових елементів конструкції із застосуванням композиційних матеріалів та оцінити можливість їх застосування в конструкціях УСПШ; визначити раціональні схеми компонувань УСПШ, їх оптимальні конструктивні параметри; розробити практичні рекомендації з проектування, складання та експлуатації удосконалених конструкцій УСПШ, а також здійснити впровадження результатів роботи у діюче виробництво.

Об'єктом дослідження будуть розділові операції листового штампування із застосуванням універсально-складальних переналагоджуваних штамів.

Предметом дослідження є конструктивні параметри основних елементів компонувань УСПШ, а також їх вплив на технологічні можливості при розділових операціях в умовах машинобудівного виробництва.