

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.....		101
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 .....		138
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 багатомономенклатурного машинобудівного виробництва.

Метою роботи є розширення технологічних можливостей універсально-складальних переналагоджуваних штампів для розділових операцій листового штампування шляхом оптимізації конструктивних параметрів компонувань в умовах багатомономенклатурних 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 складань 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 штампів.

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

## ВИСНОВКИ

Монографія присвячена вирішенню науково-практичних завдань щодо вдосконалення універсально-складальних переналагоджуваних штамів для розділових операцій листового штампування, пов'язаних із розширенням номенклатури деталей, шляхом вибору раціональних конструктивних параметрів компонувань, що забезпечують високу працездатність, точність, гнучкість і можливість широкого переналагодження за умов машинобудівного виробництва.

Відповідно до поставленої мети та завдань отримані наступні результати.

1 На підставі аналізу експлуатації та проведених досліджень існуючих видів штампувального переналагоджуваного оснащення для виконання розділових операцій листового штампування встановлено, що основними факторами підвищення ефективності УСПШ при багаторазовому використанні в машинобудівному виробництві є досягнення максимальної жорсткості, міцності конструкції за мінімальної металоємності, трудомісткості виготовлення залежно від умов експлуатації, режимів навантаження та геометричних розмірів.

2 Розроблено методику та структурну схему складання УСПШ для розділових операцій листового штампування суміщеного, послідовного, комбінованої дії із застосуванням композиційних матеріалів для закріплення, напрямку робочих елементів, напрямних колонок і втулок. Запропоновано рекомендації щодо вибору матеріалів, встановлено норми точності, класи шорсткості поверхонь елементів компонувань.

3 Визначено основні навантаження на нижні базові плити на основі розробленої математичної моделі силової взаємодії базових елементів деталей, отримані розрахункові схеми. Вони враховують всі основні експлуатаційні та технологічні зусилля. Також встановлено ступінь впливу конструктивних параметрів на жорсткість, міцність базових плит. Розраховані їх найбільш раціональні геометричні параметри.

4 Експериментально досліджено методом голографічної інтерферометрії напружено-деформований стан базових плит. Отримані картини розподілу переміщень, які узгоджуються із результатами теоретичних досліджень. Визначені раціональні схеми навантаження, спирання та закріплення компоновок УСПШ під час експлуатації.

5 Досліджено жорсткість та міцність базових елементів конструкції з використанням композиційних матеріалів. Оцінено можливість їх застосування в конструкціях УСПШ. Отримано залежності для визначення

радіальних, тангенціальних та еквівалентних напружень і деформацій від товщини тримачів та об'єму пластмаси, що заливається. Максимальна жорсткість компонувань УСПШ досягається шляхом використання пластмаси АСТ-Т-М-Н, армованої металевим каркасом, причому дані експериментальних і теоретичних досліджень добре узгоджуються між собою. Похибка не перевищує 8-12%, а точність штампованих листових деталей товщиною 0,5...6 мм, відповідає 8-9-му квалітетам точності.

6 Встановлено оптимальні конструктивні параметри компонувань та визначено їх раціональні схеми.

7 Ефективність УСПШ досягається шляхом застосування даного виду обладнання, зниження трудомісткості виготовлення і металоємності її конструкції в 2-2,5 рази, термінів виготовлення штампів та технологічної підготовки виробництва нових виробів. Висновки і рекомендації за результатами були впроваджені у виробництво на підприємствах: Харківський машинобудівний завод «ФЕД», м. Харків; ТзОВ «Науково-виробниче підприємство «Оснастка», м. Краматорськ.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Проников А.С. Надежность машин. Москва: Машиностроение, 1978. 591 с.
- 2 Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Москва – Ленинград: Машиностроение, 1979. 520 с.
- 3 Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов холодной штамповки. Москва: Машиностроение, 1972. 358 с.
- 4 Шевелев В.В. Конструкция и основы проектирования универсальных штампов. Москва: Машиностроение, 1964. 328 с.
- 5 Митрофанов С.П. Научная организация серийного производства. Москва – Ленинград: Машиностроение, 1970. 765 с.
- 6 Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. Москва: Машиностроение, 1968. 281 с.
- 7 Руднев Ю.М. Листовые штампы. Москва: Машиностроение, 1968. 95 с.
- 8 Фотеев Н.К. Высокостойкие штампы. Москва: Машиностроение, 1965. 259 с.
- 9 Зубцов М.Е. Стойкость штампов. Ленинград: Машиностроение, 1971. 200 с.
- 10 Куклев Л.С. Универсальные блоки штампов для листовой штамповки. Москва: Машиностроение, 1967. 107 с.
- 11 Нефедов А.П. Конструирование и изготовление штампов. Москва: Машиностроение, 1965. 408 с.
- 12 Шишков, Б.И. Точная штамповка в приборостроении. Москва: Машгиз, 1960. 270 с.
- 13 Мовшович А.Я. Система универсально-сборных штампов для листовой штамповки. Москва: Машиностроение, 1977. 175 с.
- 14 Романовский В.П., Мовшович А.Я. Надежность и долговечность системы универсально-сборных штампов. Вестник машиностроения. 1972. № 6. С. 61-64.
- 15 Жолткевич Н.Д. Закрепление рабочих элементов переналаживаемых штампов пластмассой АСТ-Т. Производственно-технический бюллетень. 1979. № 10. С. 29-31.
- 16 Жолткевич Н.Д., Юрковский Ю.Я. Особенности конструирования и сборки универсальных переналаживаемых штампов многократного применения. 1979. № 11. С. 12-14.
- 17 Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. Москва: Химия, 1977. 352 с.

18 Фролов Е.А., Агарков В.В., Кадневский В.К., Федченко И.И. Исследование влияния геометрических параметров блоков универсально-сборных штампов на прочность и жесткость. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. Вип. 125. Харків, 2011. С. 87-92.

19 Коробко Б.О., Фролов Є.А., Попов С.В., Ясько С.Г. Прогресивні технології у машинобудуванні. Навчальний посібник для студентів механічних спеціальностей закладів вищої освіти. Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2020. 168 с.

20 Никитенко В.М., Курганова Ю. А. Штампы листовой штамповки. Технология изготовления штамповой оснастки: текст лекций. В 2 ч. Ч. 1. Ульяновск: УлГТУ, 2010. 68 с.

21 Энциклопедия по машиностроению XXL. URL: <https://mash-xxl.info/info/609666/> (дата звернення: 07.04.2021).

22 Зубцов М.Е., Корсаков В.Д. Стойкость штампов. Ленинград: Машиностроение, 1971. 200 с.

23 Штурман А.А. Пластмассы в инструментальном производстве. Москва: Машиностроение, 1964. 186 с.

24 Красичков Б.Г., Линьков С.С. Изготовление штамповочной оснастки из пластмасс. Москва: Машгиз, 1961. 235 с.

25 Энциклопедия по машиностроению XXL. URL: <https://mash-xxl.info/info/676456/> (дата звернення: 07.04.2021).

26 Применение самотвердеющих пластмасс в штампах URL: <https://pro-techinfo.ru/konstruirovanie-shtampov/shtampy-razdelitelnye/primenenie-samotverdeyushhih-plastmass-v-shtampah/> (дата звернення: 07.04.2021).

27 Буденный М.М., Горницкий А.Я. Конструктивно-технологические основы создания штампов из композиционных материалов для разделительных операций листовой штамповки. Вісник Харківського державного політехнічного університету. Вип. 63. Харків, 1999. С. 23-29.

28 Пытьев А.Я. Технологи листовой штамповки в производстве летательных аппаратов. Куйбышев: КуАИ, 1984. 80 с.

29 Штурман А.А. Конструкции вырубных штампов с применением акриловых пластмасс холодного отверждения. Кузнечно-штамповочное производство. 1963. № 11. С. 23 – 26.

30 Вайнтруб Д.А., Клепиков Ю.М. Холодная штамповка в мелкосерийном производстве. Ленинград: Машиностроение, 1975. 240 с.

31 Ковынев А.А., Сорокин А.И. Конструктивные особенности деталей штампов для холодной штамповки, армируемых пластмассой. Кузнечно-штамповочное производство. 1970. № 8. С. 25-27.

32 А.с. 680789 СССР. Способ армирования пластмассовых элементов штампа. 1979. № 31.

33 А.с. 837490 СССР. Узел закрепления или направления рабочих инструментов штампа. 1981. № 22.

34 Моркон Л.О., Богуславская Ф.М. Применение пластмассовых штампов. Технология и организация производства. 1966. № 2. С. 39.

35 Цыганкова Н.Я., Кадушина В.А. Применение фенольных смол для изготовления моделей и штампов. Пластмассы. 1960. № 3. С. 49-51.

36 Геворкян Е.С., Семенченко Г.Д., Тимофеева Л.А., Нерубацкий В.П. Нові матеріали та технології їх отримання: підручник. Харків: УкрДУЗТ, 2015. 341 с.

37 Попова О.С. Постановка і наукове обґрунтування оцінки безпечності епоксидних клеїв. Товарознавство та інновації. Вип. 4. 2012. С. 105-109.

38 Ефремов С.И. Штампы из пластмассы. Пластические массы. 1962. № 10. С. 43-48.

39 Ефремов С.И. Эксплуатация пластмассовых штампов. Кузнечно-штамповочное производство. 1963. № 1. С. 43-44.

40 Никитенко В.М., Курганова Ю.А. Штампы листовой штамповки. Технология изготовления штамповой оснастки: текст лекций. В 2 ч. Ч. 1. Ульяновск: УлГТУ, 2010. 68 с.

41 Справочник химика 21. URL: <https://chem21.info/article/334213/> (дата звернення: 08.04.2021).

42 Мадалиев Ш. Разработка связующих для получения композиционных материалов на основе фурано-эпоксидных олигомеров: автореф. дисс. канд. техн. наук. Москва, 1988. 32 с.

43 Грачева Б.С. Новые методы изготовления штампов и моделей из эпоксидных смол. Пластмассы в машиностроении. 1967. С. 91-98.

44 Тарасов С.М. Технология получения и переработки целлюлозных композиционных материалов. Москва: ФГБОУ ВО МГУЛ, 2016. 48 с.

45 Применение пластмасс в инструментальном производстве. URL: <http://pereosnastka.ru/articles/primenenie-plastmass-v-instrumentalnom-proizvodstve> (дата звернення: 08.04.2021).

46 Вайнтруб Д.А. Опыт применения быстротвердеющей пластмассы при изготовлении и ремонте штампов. Кузнечно-штамповое производство. 1962. № 11. С. 15-16.

47 Безуглый В.Д., Мац Л.И., Штурман А.А. Композиции холодного отверждения на основе акрилатов АСТ. Пластмассы в машиностроении. 1961. С. 105-112.

48 Брагинский В.А. Анализ качества производства изделий из пластмасс с помощью математической статистики. Ленинград: ЛДНТП, 1959. 28 с.

49 Панько С.Ф. Плиты штампов с заливными направляющими для пуансонов. Кузнечно-штамповочное производство. 1959. № 2. С. 41-42.

50 Сагалаев Г.В., Николаев С.А., Андреева Н.П. Влияние наполнителя на свойства пластмасс. Пластические массы. 1968. № 10. С. 43-45.

51 Акутин М.С., Кербер М.Л., Валицкая И.Я., Мартиросян Н.Н. Малоусадочные материалы на основе сополимера. Пластические массы. 1976. № 4. С. 72.

52 Москвитин Н.И. Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания. Москва: Лесная промышленность, 1974. 191 с.

53 Штурман А.А. Влияние масштабного фактора на прочность пластмассовых изделий. Влияние конструкции пластмассовых изделий на их эксплуатационные свойства. Москва: МДНТП. 1974. С. 23-31.

54 Липатов Ю.С. Модификация свойств полимеров и полимерных материалов. Киев: Наукова думка, 1965. 121 с.

55 Альшиц И.Я., Анисимов И.Ф., Благов Б.И. Проектирование деталей из пластмасс: справочник. Москва: Машиностроение, 1977. 215 с.

56 Штурман А.А., Гернер М.М., Комарова Г.Г. Применение акрилата СХЗ-2 при ремонте оборудования. Машиностроитель. 1976. № 9. С. 14-17.

57 Ломакин В.А., Колтунов М.А. Действие армирующих элементов при растяжении на деформацию и прочность стеклопластиков. Механика полимеров. 1965. № 2. С. 104-113.

58 Соломко В.П., Семко Л.С. Влияние волокнистого наполнителя на механические свойства полистирола и полиметилметакрилата в стеклообразном состоянии. Механика полимеров. 1967. №3. С. 517-523.

59 Армированные пластики (часть 1): структура и свойства. URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/301/> (дата звернения: 09.04.2021).

60 Кочетов С.И., Кипень Т.В., Суша С.А., Гайсенюк И.В. Применение стеклопластиков в автотракторных конструкциях. Вестник БНТУ. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-stekloplastikov-v-avtotraktornyh-konstruktsiyah/viewer> (дата звернения: 09.04.2021).

61 Киселев Б.А. Стеклопластики. Москва: Госхимиздат, 1961. 240 с.

62 Гарнопольский Ю.М., Скудра А.И. Конструкционная прочность и деформативность стеклопластиков. Рига: Зинатне, 1966. 260 с.

63 Штурман А.А. Холоднотвердеющие акриловые пластмассы в инструментальном производстве. Москва: Машиностроение, 1964. 186 с.

64 Мэццучелли А.П. Эпоксидные смолы с металловолокнистым наполнителем для повышения долговечности технологической оснастки Машиностроение за рубежом. 1959. № 2. С. 106-115.

65 Жолткевич Н.Д. Применение армированной пластмассы в конструкциях универсально-сборной переналаживаемой оснастки и универсально-сборных штампов. Вестник машиностроения. 1975. №7. С. 78-80.

66 Лурье А.И. Пространственные задачи теории упругости. Москва-Ленинград: ГИТТЛ, 1955. 492 с.

67 Груздев Ю.А. Изгиб толстых плит произвольной нагрузкой. Прикладная математика и механика. 1977. Т. 41. С. 159-163.

68 Деев В.М. Расчет толстых упругих плит с помощью собственных функций полигармонических операторов. Харьков, 1958. 23 с.

69 Ляв А. Математическая теория упругости. Москва: ОНТИ, 1935. 674 с.

70 Лисицын Б.М. Расчет свободно опертых толстых плит в постановке пространственной задачи теорий упругости. Расчет пространственных строительных конструкций. Вып. 2. Куйбышев. 1971. С. 171-176.

71 Агсентян О.К., Щепкин Г.Г. Изгиб толстой плиты с шарнирно закрепленным отверстием. Труды VII Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластинок. Москва: Наука, 1970. 910 с.

72 Юльяхничев А.Ю. К выводу уравнений равновесия нетонких плит. Труды Самаркандского ун-та. Вып. 275. Самара, 1975. С. 108-112.

73 Тананайко О.Д. О вычислении напряжений и перемещений в пластинах средней толщины. Вопросы оптимального использования ЭЦВМ в расчете сложных конструкций: сб. науч. тр. Казанского университета. Казань, 1973. С. 250-255.

74 Алтухов Е.В., Космодамианский А.С., Шалдирван В.А. Изгиб толстой кольцевой плиты. Изв. АН Арм.ССР, Механика. Ереван. 1975. № 6. 29 с.

75 Чумак А.В. К решению осесимметричных задач теории упругости. Сб. науч. тр. Моск. ин-т инж. с-х произв. 1972. №7. С. 35-38.

76 Львов А.В. Изгиб толстых круглых плит. Труды Гидропроекта. 1974. № 40. С. 110-137.

77 Галимов Н.К. Симметричный изгиб защемленной круглой

пластинки средней толщины. Труды Семинара по теории оболочек: Казан. физ.-техн. ин-т АН СССР. 1977. Вып. 4. С. 43-50.

78 Верюжский Ю.В., Сафадн Хусам. Решение задач осесимметричного изгиба толстых плит методом потенциала. Сопротивление материалов и теория сооружений: республ. межвед. науч.-техн. сб. Вып. 19. 1973. С. 72-79.

79 Шоршнев Г.Н., Бурцев В.М. Исследование толстых плит, опирающихся по конической поверхности. Исследования и испытания новых типов строительных конструкций жилищно-гражданского строительства: сб. науч. тр. 1978. С. 33-39.

80 Успенский А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния усеченного конуса при осесимметричном нагружении. Проблемы прочности. 1976. №12. С. 85-87.

81 Мовшович А.Я. Исследование надежности и долговечности универсально-сборных штампов: дисс. ... канд. техн. наук. Краматорск, 1969. 217 с.

82 Каргин Б.С., Каргин С.Б. Исследование методов повышения стойкости штампов горячего деформирования. Вісник НТУ «ХП». 2014. № 43 (1086). С. 60-64.

83 Стойкость штампов. URL: <http://www.ooo-stk.org/shtamp-stoykost.html> (дата звернення: 09.04.2021).

84 Сержкин М.А., Мельников Э.Л. Разработка технологии повышения стойкости крупногабаритных матриц штампов. Известия МГТУ «МАМИ». № 1(19). 2014. Т.2. С. 214-221.

85 Іщенко О.А., Ткачук М.А., Грабовський А.В. Контактна взаємодія елементів розділових штампів: моделі, закономірності, критерії проектних рішень. Механіка та машинобудування. Харків: НТУ «ХП», 2018. № 1. С. 47-59.

86 Степанский Л.Г. Оценка стойкости пуансонов и матриц при холодной штамповке выдавливанием по условию усталостной прочности. Кузнечно-штамповочное производство. 1990. № 10. С. 2-4.

87 Денисов В.И., Мовшович И.Я. Повышение износостойкости направляющих элементов универсально-сборных штампов. Технология и организация производства. 1980. № 1. С. 28-30.

88 Заблоцкий В.К., Белкин М.Я., Шимко А.И. Способ повышения стойкости штампов холодного деформирования штампов. Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тем. зб. наук. праць. Краматорськ: ДЦМА, 2004. С. 109-113.

89 Сердюк Ю.Д., Ткачук Н.А., Демина Н.А. Общий подход к

конструкторско-технологическому обеспечению стойкости элементов штампов. Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып.: «Машиноведение и САПР». Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. № 28. С. 92-102.

90 Мовшович А.Я., Ряховский А.В., Косенко В.В. К вопросу повышения износостойкости рабочих элементов штампов. Зб. наук, праць Харківського університету Повітряних Сил. 2013. Вип. 2(35). С. 154-157.

91 Романовский В.П. Показатели износа и стойкости вырубных и пробивных штампов. Вестник машиностроения. 1974. № 9. С. 67-71.

92 Фотеев Н.К. Высокоустойчивые штампы. Москва: Машиностроение, 1965. 259 с.

93 Михайлов И.Е. Исследование стойкости и износа вырубных и пробивных штампов: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1951. 215 с.

94 Мовшович А.Я. Надежность и стойкость универсально-сборных штампов в мелкосерийном производстве. Холодная штамповка в мелкосерийном производстве. 1971. С. 27-30.

95 Романовский В.П., Долгов В.А. Исследование стойкости режущих элементов универсально-сборных штампов. Кузнечно-штамповочное производство. 1970. № 6. С. 16-19.

96 Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. Москва: Мир, 1980. 604 с.

97 Мовшович А.Я., Резниченко Н.К., Ищенко Г.И., Агарков В.В. Оценка надежности универсально-сборных штампов в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий. Машинобудування: зб. наук. пр. Укр. інж.-пед. акад. «УІПА». Вип. 6. Харків, 2010. С. 133-142.

98 Мовшович А.Я., Кузнецова П.Г., Семенова О.П. Прочность и жесткость плит штамповых блоков из композиционных материалов. Кузнечно-штамповочное производство. №12. 1996. С. 2-4.

99 Мовшович А.Я. Система универсально-сборных штампов для листовой штамповки. Москва: Машиностроение, 1977. 175 с.

100 Куклев Л.С. Универсальные блоки штампов для листовой штамповки. Москва: Машиностроение, 1967. 107 с.

101 Фролов Є.А., Коробко Б.О., Попов С.В., Бондар О.В. Технологічне забезпечення якості складання нероз'ємних з'єднань із використанням зварювальних пристосувань в умовах серійного виробництва: колективна монографія. Полтава: ПДАА, 2020. 256 с.

102 Фролов Є.А., Коробко Б.О., Попов С.В. Теоретичне дослідження напружено-деформованого стану базових плит УЗРП-16. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. 2020. № 87. С. 151-164.

103 Фролов Є.А., Кравченко С.І., Попов С.В., Гнітько С.М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія. Полтава, 2019. 204 с.

104 Фролов Е.А., Пирнат А.М., Кравченко С.И., Бондар О.В. Определение действующих напряжений в соединении базовых деталей универсальных сборно-разборных приспособлений для сварочных работ. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. №74. 2016. С. 195-201.

105 Дудніков А.А. Основи стандартизації, допуски, посадки і технічні вимірювання. Підручник. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 352 с.

106 Резниченко Н.К., Ищенко Г.И., Агарков В.В., Мовшович А.Я. Универсально-сборные переналаживаемые штампы для листовой штамповки. Вісник інженерної академії України. Київ: ІАУ, 2011. Вип. 3. С. 95 – 98.

107 Барановский М.А. Технология листовой штамповки. Минск: Госиздат БССР, 1957. 344 с.

108 Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. Москва: Химия, 1974. 390 с.

109 Блох В.И. К общей теории упругих толстых плит. Инженерный сборник. Москва, 1954. Т. XVIII. С. 61-82.

110 Богданов В.М. Штамповка деталей по элементам в мелкосерийном производстве. Москва: Машгиз, 1963. 188 с.

111 Семенова О.П., Мовшович А.Я., Горницкий А.Я. Экспериментальное исследование прочности и жесткости базовых плит штампов из композиционных материалов. Кузнечно-штамповочное производство. № 6. 1997. С. 7-9.

112 Фишбейн Ф.И. Метод оценки надежности по результатам испытаний. Москва: Знание, 1973. 97 с.

113 Мовшович А.Я., Семенова О.П., Горницкий А.Я. Особенности конструирования и сборки штампов из композиционных материалов для разделительных операций листовой штамповки. Кузнечно-штамповочное производство. № 6. 1997. С. 24-27.

114 Семенова О.П., Мовшович А.Я., Горницкий А.Я. Штампы из композиционных материалов для разделительных операций листовой штамповки. Кузнечно-штамповочное производство. № 12. 1996. С. 10-12.

115 Фролов Е.А., Мовшович А.Я., Агарков В.В. Разработка математических моделей силового взаимодействия базовых элементов универсально-сборных штампов. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм.

ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Вып. 49. Харьков, 2011. С. 208-215.

116 Мовшович А.Я., Агарков В.В., Григоренко С.А. Моделирование процессов силового нагружения базовых элементов универсально-сборной переналаживаемой оснастки. Авиационно-космическая техника и технология: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». № 3/100. Харьков, 2013. С. 27-32.

117 Попов С.В., Кравченко С.І. Розрахунок корпусної деталі за допомогою програмного комплексу ANSYS. Міжнародна науково-технічна конференція „Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІТКМ-2008”: Тези доповідей. Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського „Харківський авіаційний інститут”, 2008. С.108-109.

118 Бутенко Ю.Б., Крутиков А.И. К теории пластин средней толщины. Исследования по теории пластин и оболочек: сб. науч. тр. Казанского ун-та. № 9. Казань, 1972. С. 419-431.

119 Фролов Е.А., Мовшович А.Я., Агарков В.В. Исследование влияния Т-образных пазов базовых плит универсально-сборных штампов на прочность и жесткость. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Вып. 52. Харьков, 2011. С. 49-55.

120 Агарков В.В. Исследование прочности и жесткости конструктивных элементов универсально-сборных переналаживаемых штампов из композиционных материалов. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Вып. 59. Харьков, 2013. С. 204-219.

121 Фролов Е.А., Агарков В.В. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния базовых элементов универсально-сборных штампов для разделительных операций. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доповіді третьої міжнар. наук.-техн. конф. 11-12 квітня 2013 р. Полтава: ПНТУ; Білгород: НДУ «БілДУ»; Харків: ДП «ХНДІ ТМ»; Київ: НТУ; Кіровоград: КЛА НАУ. 2013. С. 72.

122 Фролов Е.А., Агарков В.В., Кадневский В.К., Федченко И.И. Исследование влияния геометрических параметров блоков универсально-сборных штампов на прочность и жесткость. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту: зб. наук. пр. УкрДАЗТ. Вип. 125. Харків, 2011. С. 87 – 92.

123 Вайнтруб Д.А. Повышение стойкости штампов. Ленинград: Лениздат, 1958. 131 с.

124 Вандеберг Э. Пластмассы в промышленности и технике. Москва: Машиностроение, 1964. 399 с.

125 Вотинов А.М. Повышение стойкости пробивного штампа. Кузнечно-штамповочное производство. Киев, 1967. № 4. С. 46.

126 Галеркин Б.Г. Собрание сочинений. Изв. АН СССР. 1952. Т. 1. 438 с.

127 Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Москва: Наука. 1971. 192 с.

128 Фролов Е.А., Агарков В.В., Корнеев С.В. Экспериментальное исследование напряженного состояния блоков универсально-сборных переналаживаемых штампов методом голографической интерферометрии. Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. Донбас. гос. маш.-строит. акад. № 3 (32). Краматорск, 2012. С. 218-222.

129 Лазакович Н.В., Сташуленок С.П., Яблонский О.Л. Курс теории вероятностей: Учебное пособие. Минск: Электронная книга БГУ, 2003. URL: <https://mmf.bsu.by/wp-content/uploads/2016/11/Курс-теории-вероятностей-и-математической-статистики.pdf> (дата звернения: 09.04.2021).

130 Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля погрешности. Москва: Советское радио, 1968. 283 с.

131 Справочник химика 21. URL: <https://chem21.info/info/762/> (дата звернения: 09.04.2021).

132 Мовшович А.Я., Фролов Е.А., Агарков В.В., Бондарь О.В. Исследование параметров точности сборки универсально-сборной переналаживаемой оснастки. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2013. № 5. С. 36-39.

133 Фролов Е.А., Агарков В.В., Кадневский В.К., Федченко И.И. Исследование влияния геометрических параметров блоков универсально-сборных штампов на прочность и жесткость. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. Харків: УДАЗТ. 2011. Вип. 125. С. 87-92.

134 Фролов Е.А., Бондарь О.В., Агарков В.В. Научно-технологические аспекты конструирования гибких производственных систем для автоматизированных производств. Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении «Механообработка. Севастополь – 2013»: тезисы доклада междун. науч.-техн. конф. 20-24 мая 2013 г. Севастополь, 2013. С. 53-54.

Наукове видання

Фролов Євгеній Андрійович  
Попов Станіслав Вячеславович  
Муравльов Володимир Вячеславович  
Агарков Віктор Васильович

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

Монографія

---

ТОВ «Планета-Прінт».  
61002, м. Харків, вул. Багалія, 16.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 4568 від 17.06.2013 р.

Підписано до друку 20.05.2021 р. Формат 60×84 1/16.  
Папір офсетний. Умовн. друк. арк. 9,71.  
Наклад 300 прим. Замов. №20/052021.  
Ціна договірна.

Друк ФОП Заночкин Д. Л.,  
61001, м. Харків, вул. Плеханівська, 16