

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ для студентов  
направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств»  
(профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение  
кузнечно-штамповочного производства»)  
очной формы обучения

Воронеж 2022

УДК 532:533(075.8)  
ББК 22.253я7

**Составители:**

канд. техн. наук, доц. А. Ю. Бойко  
канд. техн. наук, доц. А. М. Гольцев  
канд. техн. наук, доц. М. И. Попова  
ст. преподаватель С. Л. Новокшенов

**Проектирование конструкции штампов:** методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства») очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. Ю. Бойко, А. М. Гольцев, М. И. Попова, С. Л. Новокшенов. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022, 16 с.

В методических указаниях изложены содержание и организация лабораторных работ, требования к отчету, представлен библиографический список необходимой литературы, приведены краткие теоретические сведения по исследуемым конструкциям штампов с целью овладения методикой поиска оптимальной структуры штампа.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ ЛР ПКШ.Pdf

Библиогр.: 3 назв.

**УДК 532:533(075.8)**  
**ББК 22.253я7**

Рецензент - А. В. Демидов, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы составлены на основе программы дисциплины "Проектирование конструкции штампов" с использованием материалов исследований, выполненных по тематике госбюджетных научно-исследовательских работ.

В качестве объекта исследований использована универсально-сборная модель штампа для резки сортового проката с дифференцированным зажимом, различные варианты сборки которой соответствуют разработанным в ВГТУ конструктивным решениям по а. с. № 1013138, 1148726, 1512721, 1382601, 1181793, 1207659. Кроме того, в лабораторных работах проводятся исследования конструкций штампов по а. с. № 1641528, 1291306, 1806901, пат. РФ № 2232660, 2235618, 2252097, 2187400.

Лабораторные работы представлены единым комплексом, главная цель выполнения которого заключается в овладении студентами методикой оптимизационного синтеза структуры штампов и их параметрической оптимизации.

Выполнению лабораторной работы предшествует самостоятельная подготовка, в ходе которой студенты должны по рекомендованным литературным источникам ознакомиться с основными теоретическими положениями согласно обозначенной в методических указаниях тематике.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

К проведению лабораторных работ допускаются только студенты, прошедшие соответствующий инструктаж по технике безопасности. Лабораторные работы проводятся под руководством преподавателя бригадами студентов постоянного состава (4-6 человек). К последующему выполнению лабораторных работ допускаются студенты, представившие отчет по предыдущей работе.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет по лабораторному практикуму оформляется на листах формата А4, сброшюрованных в одну тетрадь с титульным листом. Графики, схемы, рисунки при необходимости могут быть выполнены на кальке или миллиметровой бумаге. Все записи, рисунки, схемы должны быть выполнены аккуратно и в соответствии с требованиями ЕСКД.

В отчете должно быть отражено:

- название работы;
- цель работы;
- краткое изложение основных теоретических положений, необходимых для выполнения работы;
- используемое оборудование, инструмент, приборы и материалы;

- порядок выполнения и результаты проведения работы в виде таблиц, графиков, схем и рисунков, а так же результаты теоретических расчетов;
- анализ результатов и краткие выводы.

## ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Инструктаж по технике безопасности с соответствующей регистрацией проводится преподавателем в начале каждого семестра. Дополнительный инструктаж даётся при выполнении каждой конкретной работы. Категорически запрещается пуск оборудования и включение приборов без разрешения преподавателя или лаборанта. Управлять работой оборудования разрешается только одному человеку. В случае возникновения затруднений при работе на оборудовании или с приборами студенты должны обратиться к преподавателю или лаборанту. Установку и закрепление штампа производить только при выключенном электродвигателе прессы. Категорически запрещается вводить руки в опасную зону работающего оборудования. Укладку заготовок в штамп и удаление деталей из рабочей зоны штампа можно производить только пинцетом или другими специальными приспособлениями при выключенном двигателе и полной остановке маховика. Не допускается облокачиваться как на неподвижные, части так и на ограждение оборудования.

## ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Оптимизационный синтез представляет собой иерархически связанные уровни, каждый из которых состоит в объектной области из процедур синтеза множества вариантов структур и их анализа с целью отбора наилучших.

В отображенной области топологических свойств, процедуре синтеза множества вариантов предшествует синтез концептуальной модели, достаточной для данного уровня (модель входа). Далее, в результате анализа топологических свойств вариантов структур и внешнего банка данных производится синтез набора критериев выбора, необходимых для процедуры анализа в объектной области. Граничные условия области существования модели входа и набор критериев выбора являются моделью выхода.

Качество модели выхода на каждом уровне зависит от субъектов, проводящих оптимизационный синтез, и в идеальном случае должно обеспечивать отсутствие итераций. С этой же целью в процедуре анализа предусматривается допуск к дальнейшему рассмотрению на нижестоящем уровне всех вариантов данного уровня, отбраковка которых вызывает сомнения.

Отправной точкой оптимизационного синтеза является формирование модели с указанием по результатам исследования технологии обработки: характера, внутрицикловой последовательности и соотношения величины необходимых движений инструмента, а так же исходного движения привода.

На первом уровне механизм представляется в виде контурных схем потоков передачи воздействий - силовых контуров, исходящих от рецепторов входа и замыкающихся через эффекторы выхода и объект обработки на станину.

На втором уровне на основе известных соотношений количества независимых контуров, кинематических пар и подвижных звеньев, условия синтеза механизмов оптимальной структуры криволинейные силовые контуры преобразуются в прямые ломаные, где элементам структуры соответствуют линии, а связям между ними - узлы.

На третьем уровне, исходя из условий синтеза механизмов оптимальной структуры, производится синтез вариантов расположения кинематических пар в узлах контуров.

На четвертом уровне рассматриваются варианты структурных схем механизмов с указанием расположения кинематических пар в пространстве.

На пятом уровне по выбранным структурным схемам синтезируются варианты конструктивных схем механизмов, различающиеся для каждой структурной схемы расположением элементов пар друг относительно друга в пространстве. На данном уровне звенья механизмов представлены в виде наиболее приближенных к реальной конструкции геометрических форм.

Степень обобщенности топологических свойств концептуальных моделей высших уровней и, следовательно, ограничение их множества позволяет создать соответствующую данному уровню классификацию в результате дробления общности свойств предыдущего уровня на более конкретизированные общности свойств данного.

Главной задачей представленного единого цикла лабораторных работ является ознакомление с методикой оптимизационного синтеза и овладение приемами её использования. Но, поскольку, объекты исследования представлены в виде, соответствующем конструктивным схемам, вход в её иерархию открыт с низшего уровня этапа структурного синтеза.

Выбором оптимальной конструктивной схемы или нескольких схем заканчивается этап структурного синтеза и осуществляется переход к этапу параметрической оптимизации. На этапе параметрической оптимизации на основе кинематического или силового анализа разрабатывается математическая модель работы функциональных элементов устройства, определяется целевая функция оптимизации и производится подбор оптимальных значений параметров кинематической схемы. Выполнение данного этапа вследствие итеративного характера процесса целесообразно проводить с использованием вычислительной техники.

Лабораторная работа № 1  
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ  
КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ШТАМПА  
ДЛЯ РЕЗКИ ПРОКАТА СДВИГОМ  
С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ ЗАЖИМОМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определение структуры комплексной модели и составляющих её функциональных элементов, изучение принципа действия механизмов дифференцированного зажима.

Материалы, инструмент, оборудование:

Комплексная модель штампа, слесарные инструменты, измерительные инструменты.

Порядок и методика выполнения работы:

1. Произвести достаточную для понимания конструкции разборку модели.
2. Вычертить конструктивную схему и составить описание конструкции модели с обозначением деталей, сборочных единиц и деталей в составе сборочных единиц, применяя сквозную нумерацию деталей, буквенное обозначение сборочных единиц и буквенно-цифровое обозначение деталей в составе сборочных единиц.
3. Выявить характер связей между деталями вычертить контурную схему структуры модели с обозначением элементов и связей между элементами (граф) в том числе и связей между элементами сборочных единиц, уничтожение которых не приведет к потере их функции, обозначением объекта обработки и его связи с инструментом.
4. Определить число независимых контуров кинематической цепи, число локальных и контурных избыточных связей, число излишних подвижностей и определить степень подвижности модели.
5. Выделить на графе функциональные элементы структуры, определить последовательность и степень зависимости выполняемых в процессе отрезки функций: движений (сдвиг) и воздействий (зажим прутка и зажим отрезаемой заготовки).
6. Сделать выводы о структуре модели и дать краткое описание принципа её действия.

Лабораторная работа № 2  
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ  
КОНСТРУКТИВНЫХ ВАРИАНТОВ СБОРКИ  
КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ШТАМПА  
ДЛЯ РЕЗКИ ПРОКАТА  
С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ ЗАЖИМОМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поиск оптимальной структуры и параметрическая оптимизация конструктивного варианта штампа.

Материалы, инструмент, оборудование:

Комплексная модель штампа, слесарный инструмент, измерительный инструмент.

Порядок и методика проведения работы:

1. Удаляя поочередно из графа структуры комплексной модели дублирующие ветви связей и меняя характер замыкания контуров, получить один из вариантов конструкции устройства. Вычертить граф его структуры.
2. Вычертить кинематическую схему полученного варианта с буквенным обозначением её параметров и нумерацией звеньев. Оптимизировать структуру механизма. Ввести нумерацию звеньев взамен нумерации элементов в граф. Найти степень подвижности и число независимых контуров.
3. Произвести измерения параметров кинематической цепи и размеров элементов пар. Собрать найденный вариант конструкции и убедиться в его работоспособности.
4. Определить последовательность преобразования контуров кинематической цепи согласно последовательности выполнения функций. С учетом характера контакта инструмента с прутком, профиля его сечения выбрать варианты соотношения параметров кинематической цепи.
5. Произвести силовой анализ механизма дифференцированного зажима без учета и с учетом сил трения. Определить целевую функцию параметрической оптимизации и найти значения оптимальных параметров кинематической схемы. Построить графики зависимости целевой функции от параметров оптимизации. Определить влияние сил трения на величины оптимальных параметров цепи.
6. Сделать выводы и оформить отчет.

Лабораторная работа № 3  
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОНСТРУКТИВНОГО ВАРИАНТА СБОРКИ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РЕЗКИ ПРОКАТА С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ ЗАЖИМОМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поиск оптимальной структуры и параметрическая оптимизация конструктивного варианта штампа.

Материалы, инструмент, оборудование:

Комплексная модель штампа, слесарный инструмент, измерительный инструмент.

Порядок и методика выполнения работы:

1. Удаляя поочерёдно из графа структуры комплексной модели дублирующие ветви связей и меняя характер замыкания контуров, получить вариант конструкции устройства для многопозиционной резки проката. Вычертить граф его структуры.
2. Вычертить кинематическую схему полученного варианта с буквенным обозначением её параметров и нумерацией звеньев. Оптимизировать структуру механизма. Ввести нумерацию звеньев взамен нумерации элементов в граф. Найти степень подвижности и число независимых контуров.
3. Произвести измерения параметров кинематической цепи и размеров элементов пар. Собрать найденный вариант конструкции и убедиться в его работоспособности.
4. Определить последовательность преобразования контуров кинематической цепи согласно последовательности выполнения функций. С учетом характера контакта инструмента с прутком, профиля его сечения выбрать варианты соотношения параметров кинематической цепи.
5. Произвести силовой анализ механизма дифференцированного зажима без учета и с учетом сил трения. Определить целевую функцию параметрической оптимизации и найти значения оптимальных параметров кинематической схемы. Построить графики зависимости целевой функции от параметров оптимизации. Определить влияние сил трения на величины оптимальных параметров цепи.
6. Сделать выводы и оформить отчет.

Лабораторная работа № 4  
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ШТАМПА  
ДЛЯ РЕЗКИ ПРОКАТА КВАДРАТНОГО ПРОФИЛЯ  
СЕЧЕНИЯ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ ЗАЖИМОМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поиск оптимальной структуры и параметрическая оптимизация конструкции штампа.

Материалы, инструмент, оборудование:

Модель штампа, слесарный инструмент, измерительный инструмент.

Порядок и методика выполнения работы:

1. По результатам обмера и чертежам деталей штампа вычертить конструктивную схему и составить описание конструкции с обозначением деталей, сборочных единиц и деталей в составе сборочных единиц, применяя сквозную нумерацию деталей, буквенное обозначение сборочных единиц и буквенно-цифровое обозначение деталей в составе сборочных единиц.
2. Выявить характер связей между деталями вычертить контурную схему структуры модели с обозначением элементов и связей между элементами (граф) в том числе и связей между элементами сборочных единиц, уничтожение которых не приведет к потере их функции, обозначением объекта обработки и его связи с инструментом.
3. Определить число независимых контуров кинематической цепи, число локальных и контурных избыточных связей, число излишних подвижностей и определить степень подвижности модели.
4. Выделить на графе функциональные элементы структуры, определить последовательность и степень зависимости выполняемых в процессе отрезки функций: движений (сдвиг) и воздействий (зажим прутка и зажим отрезаемой заготовки).
5. Вычертить кинематическую схему полученного варианта с буквенным обозначением её параметров и нумерацией звеньев. Оптимизировать структуру механизма. Ввести нумерацию звеньев взамен нумерации элементов в граф.
6. Произвести измерения параметров кинематической цепи и размеров элементов пар.
7. Определить последовательность преобразования контуров кинематической цепи согласно последовательности выполнения функций. С учетом характера контакта инструмента с прутком, профиля его сечения выбрать варианты соотношения параметров кинематической цепи.
8. Произвести силовой анализ механизма дифференцированного зажима без учета и с учетом сил трения. Определить целевую функцию параметрической оптимизации и найти значения оптимальных параметров кинематической схемы. Построить графики зависимости целевой функции от па-

- раметров оптимизации. Определить влияние сил трения на величины оптимальных параметров цепи.
9. Сделать выводы и оформить отчет.

Лабораторная работа № 5  
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ШТАМПА  
С КЛИНОВЫМ МЕХАНИЗМОМ  
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ЗАЖИМА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поиск оптимальной структуры и параметрическая оптимизация конструкции штампа.

Материалы, инструмент, оборудование:

Модель штампа, слесарный инструмент, измерительный инструмент.

Порядок и методика выполнения работы:

1. Произвести достаточную для понимания конструкции штампа разборку.
2. Вычертить конструктивную схему и составить описание конструкции с обозначением деталей, сборочных единиц и деталей в составе сборочных единиц, применяя сквозную нумерацию деталей, буквенное обозначение сборочных единиц и буквенно-цифровое обозначение деталей в составе сборочных единиц.
3. Выявить характер связей между деталями вычертить контурную схему структуры модели с обозначением элементов и связей между элементами (граф) в том числе и связей между элементами сборочных единиц, уничтожение которых не приведет к потере их функции, обозначением объекта обработки и его связи с инструментом.
4. Определить число независимых контуров кинематической цепи, число локальных и контурных избыточных связей, число излишних подвижностей и определить степень подвижности модели.
5. Выделить на графе функциональные элементы структуры, определить последовательность и степень зависимости выполняемых в процессе отрезки функций: движений (сдвиг) и воздействий (зажим прутка и зажим отрезаемой заготовки).
6. Вычертить кинематическую схему полученного варианта с буквенным обозначением её параметров и нумерацией звеньев. Оптимизировать структуру механизма. Ввести нумерацию звеньев взамен нумерации элементов в граф.
7. Произвести измерения параметров кинематической цепи и размеров элементов пар.
8. Определить последовательность преобразования контуров кинематической цепи согласно последовательности выполнения функций. С учетом характе-

ра контакта инструмента с прутком, профиля его сечения выбрать варианты соотношения параметров кинематической цепи.

9. Произвести силовой анализ механизма дифференцированного зажима без учета и с учетом сил трения. Определить целевую функцию параметрической оптимизации и найти значения оптимальных параметров кинематической схемы. Построить графики зависимости целевой функции от параметров оптимизации. Определить влияние сил трения на величины оптимальных параметров цепи.

10. Сделать выводы и оформить отчет.

## Лабораторная работа № 6 КЛАССИФИКАЦИЯ ШТАМПОВ ДЛЯ РЕЗКИ ПРОКАТА С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ ЗАЖИМОМ

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание иерархии моделей структуры и поуровневая классификация объектов лабораторных работ № 2...5.

Порядок и методика выполнения работы:

1. Для каждого из исследованных в лабораторных работах № 2...5 устройств в иерархической последовательности выстроить конструктивную, кинематическую схемы, граф структуры и достроить контурные схемы.
2. Обозначить направление расширения области вариантов на каждом уровне схематичного представления конструкции.
3. Показать количественный состав области вариантов на каждом уровне.
4. Дать характеристику свойств вариантов и классифицировать по свойствам на каждом уровне.
5. Показать граф принятия решений оптимизационного синтеза.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ШТАМПА ДЛЯ ЧИСТОВОЙ ВЫРУБКИ

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поиск оптимальной структуры и параметрическая оптимизация конструкции штампа.

1. Вычертить конструктивную схему и составить описание конструкции с обозначением деталей, сборочных единиц и деталей в составе сборочных единиц, применяя сквозную нумерацию деталей, буквенное обозначение сборочных единиц и буквенно-цифровое обозначение деталей в составе сборочных единиц.

2. Выявить характер связей между деталями вычертить контурную схему структуры модели с обозначением элементов и связей между элементами (граф) в том числе и связей между элементами сборочных единиц, уничтожение которых не приведет к потере их функции, обозначением объекта обработки и его связи с инструментом.
3. Определить число независимых контуров кинематической цепи, число локальных и контурных избыточных связей, число излишних подвижностей и определить степень подвижности модели.
4. Выделить на графе функциональные элементы структуры, определить последовательность и степень зависимости выполняемых в процессе вырубki функций: движений (сдвиг) и воздействий (зажим ленты и зажим вырубаемой заготовки).
5. Вычертить кинематическую схему полученного варианта с буквенным обозначением её параметров и нумерацией звеньев. Оптимизировать структуру механизма. Ввести нумерацию звеньев взамен нумерации элементов в граф.
6. Произвести измерения параметров кинематической цепи и размеров элементов пар.
7. Определить последовательность преобразования контуров кинематической цепи согласно последовательности выполнения функций. С учетом характера контакта инструмента с объектом обработки выбрать варианты соотношения параметров кинематической цепи.
8. Произвести силовой анализ механизма дифференцированного зажима без учета и с учетом сил трения. Определить целевую функцию параметрической оптимизации и найти значения оптимальных параметров кинематической схемы. Построить графики зависимости целевой функции от параметров оптимизации. Определить влияние сил трения на величины оптимальных параметров цепи.
9. Сделать выводы и оформить отчет.

## Лабораторная работа № 8

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ШТАМПА ДЛЯ РЕВЕРСИВНОЙ ВЫРУБКИ

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поиск оптимальной структуры и параметрическая оптимизация конструкции штампа.

1. Вычертить конструктивную схему и составить описание конструкции с обозначением деталей, сборочных единиц и деталей в составе сборочных единиц, применяя сквозную нумерацию деталей, буквенное обозначение сборочных единиц и буквенно-цифровое обозначение деталей в составе сборочных единиц.

2. Выявить характер связей между деталями вычертить контурную схему структуры модели с обозначением элементов и связей между элементами (граф) в том числе и связей между элементами сборочных единиц, уничтожение которых не приведет к потере их функции, обозначением объекта обработки и его связи с инструментом.
3. Определить число независимых контуров кинематической цепи, число локальных и контурных избыточных связей, число излишних подвижностей и определить степень подвижности модели.
4. Выделить на графе функциональные элементы структуры, определить последовательность и степень зависимости выполняемых в процессе вырубki функций: движений (сдвиг) и воздействий (зажим ленты и зажим вырубаемой заготовки).
5. Вычертить кинематическую схему полученного варианта с буквенным обозначением её параметров и нумерацией звеньев. Оптимизировать структуру механизма. Ввести нумерацию звеньев взамен нумерации элементов в граф.
6. Произвести измерения параметров кинематической цепи и размеров элементов пар.
7. Определить последовательность преобразования контуров кинематической цепи согласно последовательности выполнения функций. С учетом характера контакта инструмента с объектом обработки выбрать варианты соотношения параметров кинематической цепи.
8. Произвести силовой анализ механизма дифференцированного зажима без учета и с учетом сил трения. Определить целевую функцию параметрической оптимизации и найти значения оптимальных параметров кинематической схемы. Построить графики зависимости целевой функции от параметров оптимизации. Определить влияние сил трения на величины оптимальных параметров цепи.
9. Сделать выводы и оформить отчет.

Лабораторная работа № 9  
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ  
ШТАМПА ДЛЯ ДВОЙНОЙ РЕВЕРСИВНОЙ ВЫРУБКИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поиск оптимальной структуры и параметрическая оптимизация конструкции штампа.

1. Вычертить конструктивную схему и составить описание конструкции с обозначением деталей, сборочных единиц и деталей в составе сборочных единиц, применяя сквозную нумерацию деталей, буквенное обозначение сборочных единиц и буквенно-цифровое обозначение деталей в составе сборочных единиц.

2. Выявить характер связей между деталями вычертить контурную схему структуры модели с обозначением элементов и связей между элементами (граф) в том числе и связей между элементами сборочных единиц, уничтожение которых не приведет к потере их функции, обозначением объекта обработки и его связи с инструментом.
3. Определить число независимых контуров кинематической цепи, число локальных и контурных избыточных связей, число излишних подвижностей и определить степень подвижности модели.
4. Выделить на графе функциональные элементы структуры, определить последовательность и степень зависимости выполняемых в процессе вырубki функций: движений (сдвиг) и воздействий (зажим ленты и зажим вырубаемой заготовки).
5. Вычертить кинематическую схему полученного варианта с буквенным обозначением её параметров и нумерацией звеньев. Оптимизировать структуру механизма. Ввести нумерацию звеньев взамен нумерации элементов в граф.
6. Произвести измерения параметров кинематической цепи и размеров элементов пар.
7. Определить последовательность преобразования контуров кинематической цепи согласно последовательности выполнения функций. С учетом характера контакта инструмента с объектом обработки выбрать варианты соотношения параметров кинематической цепи.
8. Произвести силовой анализ механизма дифференцированного зажима без учета и с учетом сил трения. Определить целевую функцию параметрической оптимизации и найти значения оптимальных параметров кинематической схемы. Построить графики зависимости целевой функции от параметров оптимизации. Определить влияние сил трения на величины оптимальных параметров цепи.
9. Сделать выводы и оформить отчет.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артоболевский И.И., Ильинский Д.Я. Основы синтеза систем машин автоматического действия.-М.:Наука, 1983.-280 с.
2. Соловцов С.С. Безотходная резка сортового проката в штампах.-М.:Машиностроение, 1985.-176 с.
3. Бойко А.Ю. Разработка и исследование ножниц для резки сортового проката сдвигом с дифференцированным зажимом. Автореф. дис. канд. техн. наук.-Воронеж, 1987.-16 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Организация лабораторных занятий.....	3
Требования к отчету.....	3
Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ.....	4
Общие теоретические основы.....	4
Лабораторная работа № 1.....	6
Лабораторная работа № 2.....	7
Лабораторная работа № 3.....	8
Лабораторная работа № 4.....	9
Лабораторная работа № 5.....	10
Лабораторная работа № 6.....	11
Лабораторная работа № 7.....	11
Лабораторная работа № 8.....	12
Лабораторная работа № 9.....	13
Библиографический список .....	14

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ для студентов  
направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств»  
(профиль «Конструкторско-технологическое обеспечение  
кузнечно-штамповочного производства»)  
очной формы обучения

### **Составители:**

**Бойко** Александр Юрьевич  
**Гольцев** Александр Михайлович  
**Попова** Маргарита Ивановна  
**Новокщенов** Сергей Леонидович

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 26.05.2022.

Уч.-изд. л. 0,7.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84