М457536

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Высшее Техническое училище имени Н.Э. Баумана

На правах рукописи
УДК 621.979.134.06

РЫБАЛКИН АЛЕКСАНДР ГЕОРГИЕВИЧ

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ВКЛЮЧЕНИЯ И ПРИВОДЕ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА НА ЭТАПАХ ПУСКА И ОСТАНОВКИ

Специальность 01.02.06 – динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва – 1987

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени
Высшее Техническое училище имени Н.Э. Баумана

На правах рукописи
УДК 621.979.134.06

РЫБАЛКИН АЛЕКСАНДР ГЕОРГИЕВИЧ

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ВКЛЮЧЕНИЯ И ПРИВОДЕ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА НА ЭТАПАХ ПУСКА И ОСТАНОВКИ

Специальность 01.02.06 - динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

М1457536

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
1457536
Рыбалкин А.Г. Разработка ме

Москва - 1987

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Работа выполнена на кафедре "Динамика и прочность машин" Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища им. Н.Э.Баумана и в Азовском специальном конструкторском бюро кузнечно-прессового оборудования и автоматических линий

Научный руководитель - кандидат технических наук
доцент Ф.Р.Геккер

Официальные оппоненты: доктор технических наук
профессор Э.Ф.Богданов

кандидат технических наук
ст. научн.сотр. Г.Я.Пановко

Ведущее предприятие - НПО КУЗМАШ

Защита диссертации состоится "4" мая 1987 г. на заседании специализированного Совета Машиностроение К053.15.11 МВТУ им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, г.Москва, 2-я Бауманская ул., дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "___" _____1987г.

Отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по указанному адресу.

Ученый секретарь специализированного Совета, кандидат технических наук, доцент П.К.Попов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года, утвержденных на XXVII съезде КПСС, предусматривается повысить производительность труда в целом по народному хозяйству к 2000 году в 2,3-2,5 раза. Для достижения намеченной цели перед машиностроительным комплексом поставлена задача уже к концу пятилетки резко повысить технико-экономический уровень и качество машин, оборудования, приборов.

Поставленная на съезде задача ориентирует прессостроение на повышение производительности кузнечно-прессовых машин с одновременным увеличением их надежности в условиях снижения металло- и энергоемкости.

Повышение производительности за счет увеличения быстроходности сопровождается ростом уровня динамической нагруженности пресса на всех этапах технологического цикла.

Повышенные динамические нагрузки снижают уровень надежности кривошипных прессов, который, как показала практика эксплуатации, определяется в основном надежностью узлов системы включения и привода.

Поиск путей повышения надежности за счет снижения динамических нагрузок при одновременном росте уровня нагруженности пресса невозможен без всестороннего изучения динамических процессов в конструкции. В связи с этим задача дальнейшего развития и разработки методов динамического расчета пресса является актуальной.

Диссертационная работа написана на материалах и результатах исследований, выполненных на кафедре "Сопротивление материалов, динамика и прочность машин" МВТУ им. Н.Э.Баумана, в бюро тормозов ПО "ЗИЛ", в ГКБ ПО "Воронежтяжмехпресс" и в Азовском СКБ КО.

Работа выполнялась в соответствии с планом АН СССР на 1981-1985 годы по разделу I.II.I.XII "Влияние трения и релаксационных колебаний на рабочие характеристики машин" и в соответствии с приказами Минстанкопрома от 06.08.80 № 433 и от 13.08.82 № 303 и от 27.06.84 № 215, направленными на развитие и автоматизацию инженерных расчетов и проектирования с использованием ЭВМ, внедрение в отрасли систем автоматизированного проектирования (САПР).

Предметом исследований являются переходные процессы, протекающие в узлах системы включения и привода кривошипного пресса на этапах пуска и остановки.

Объект исследования - система включения и привод однокривошипного пресса двойного действия, марки КА5535, выпускаемого ПО "Воронежтяжмехпресс", состоящие из электродвигателя, ременной передачи, маховика, муфты, редуктора, кривошипа, ползуна, тормоза и системы пневмоуправления.

Цель работы - создание метода расчета узлов системы включения и привода кривошипного пресса на этапах пуска и остановки.

Задачи исследования: выбрать и обосновать общую динамическую модель системы включения и привода пресса; разработать на основе методов теории планирования экспериментов программу-методику получения фрикционных характеристик пары трения, позволяющую построить многофакторную модель коэффициента трения; разработать программный модуль для автоматизации проектирования систем включения кривошипных прессов; провести экспериментальное и численное исследование динамических процессов на этапах пуска и остановки пресса КА5535; сравнить полученные результаты с целью определения адекватности модели и реальной конструкции; изучить влияние изменения параметров конструкции на циклограмму работы системы включения и разработать рекомендации, направленные на повышение уровня надежности и производительности пресса КА5535.

Научная новизна работы состоит в следующих положениях: при расчете процессов, протекающих в прессе на этапах пуска и остановки, система включения и привод рассматриваются как единая динамическая система; показано, что конструкция муфты относится к числу нелинейных продольно-колебательных динамических систем с одной степенью свободы, и проведен анализ её частотных характеристик, разработанный метод расчета построен на основе учета взаимосвязи, существующей между динамическими, фрикционными, тепловыми и пневматическими процессами, протекающими в системе включения и приводе пресса; разработанная программа-методика экспериментального определения фрикционных характеристик пары трения построена на основе теории планирования эксперимента; разработанная программа-методика проведения эксперимента позволяет получить многофакторную математическую модель коэффициента трения и оценить влияние на коэффициент трения объемной температуры, совместное влияние температуры вспышки и поверхностной температуры, номинального давления и линейной скорости скольжения на

поверхности трения; полученная математическая модель коэффициента трения используется в расчете; на основе разработанного метода проведен расчет динамических процессов в узлах системы включения и привода на этапах пуска и остановки пресса КА5535; разработан динамический модуль системы автоматизированного проектирования для этапов пуска и остановки пресса.

Методы исследования. Использовались методы: частотного анализа нелинейных систем с одной степенью свободы и линейных систем с многими степенями свободы; математические методы моделирования реальных физических процессов; численные методы решения дифференциальных уравнений на ЭЦВМ; методы теории планирования экспериментов.

Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций обоснована результатами вычислительных экспериментов на математических моделях системы включения и привода кривошипного пресса, адекватность которых подтверждена экспериментальными исследованиями на прессе модели КА5535 ПО "Воронежтяжмехпресс" с применением современных методов измерений механических и электрических величин.

Практическая значимость работы состоит в том, что: разработанный метод расчета, ориентированный на использование ЭВМ, позволяет автоматизировать работу конструктора, дает возможность оценить и улучшить на этапе проектирования эксплуатационные характеристики конструкции; разработанная методика получения фрикционных характеристик пар трения позволяет существенно сократить сроки экспериментальных исследований при одновременном увеличении объема полезной информации.

Результаты работы внедрены: головным конструкторским бюро ПО "Воронежтяжмехпресс" при создании системы автоматизированного проектирования прессов и при модернизации конструкции системы включения пресса КА5535 с целью повышения его производительности; управлением конструкторских и экспериментальных работ ПО "ЗИЛ" для получения фрикционных характеристик пар трения тормозных механизмов автомобилей.

Экономический эффект, рассчитанный только от реализации рекомендаций, направленных на повышение производительности пресса, составляет 3024 рубля на одну машину, а в расчете на годовую программу выпуска 1987 года составит 60480 рублей.

На защиту выносятся: динамические модели системы включе-

ния и привода кривошипного пресса для этапов пуска и остановки; математические модели и метод расчета динамических процессов на этапах пуска и остановки пресса; программа-методика определения фрикционных характеристик пар трения муфт и тормозов; математические модели коэффициента трения; результаты расчетных и экспериментальных исследований динамических процессов, происходящих в прессе на этапах пуска и остановки; программный модуль, предназначенный для автоматизации проектирования систем включения кривошипных прессов.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались на: научных семинарах кафедры "Сопротивление материалов, динамика и прочность машин" МВТУ им. Н.Э.Баумана (г.Москва, 1980, 1981, 1984, 1986 г.г.); научно-технических конференциях молодых ученых и специалистов МВТУ им. Н.Э.Баумана (г.Москва, 1980, 1981 г.г.); техническом совете ГКБ ПО "Воронежтяжмехпресс" (г.Воронеж, 1980, 1983, 1984, 1986 г.г.); заседании комитета "Тормозные устройства и муфты сцепления" секции триботехники МГП НТО "Машпрома" (г.Москва, 1980, 1987 г.г.); Ш Московской межобластной конференции "Трение-машиностроению" (г.Москва, 1981 г.); П Всесоюзной научно-технической конференции "Триботехника-машиностроению" (г.Москва, 1983 г.); Международной научной конференции "Трение, износ и смазочные материалы" (г.Ташкент, 1985 г.); VI Всесоюзном съезде по теоретической и прикладной механике (г.Ташкент, 1986 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 5 статей, тезисы 4 докладов, выпущено 2 научно-технических отчета.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложения. Диссертация содержит 150 страниц машинописного текста, 97 рисунков, 47 таблиц, 6 приложений. Список литературы включает 161 источник.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении показана актуальность темы, изложены цель, научная новизна, практическая значимость, результаты внедрения и основные положения работы, выносимые на защиту.

I. Состояние вопроса и задачи исследования.

Проведен обзор работ, имеющих отношение к теме диссертации. Рассмотрены вопросы исследования динамики кривошипных

прессов. Проведен анализ причин динамической нагруженности, простоя и поломок кузнечно-прессовых машин. Дан обзор исследований динамики пуска и остановки прессов с акцентом на исследование динамических процессов в узлах системы включения. Приведены различные способы повышения надежности узлов системы включения. Обзор охватывает: методы расчета пневматических, тепловых процессов и динамических систем; анализ взаимосвязи процессов, протекающих в муфтах и тормазах в период их работы; исследования в области теории трения; анализ результатов и методов исследования фрикционных материалов, применяемых в прессостроении; математическое моделирование коэффициента трения; применение теории планирования эксперимента в решении задач трения и износа.

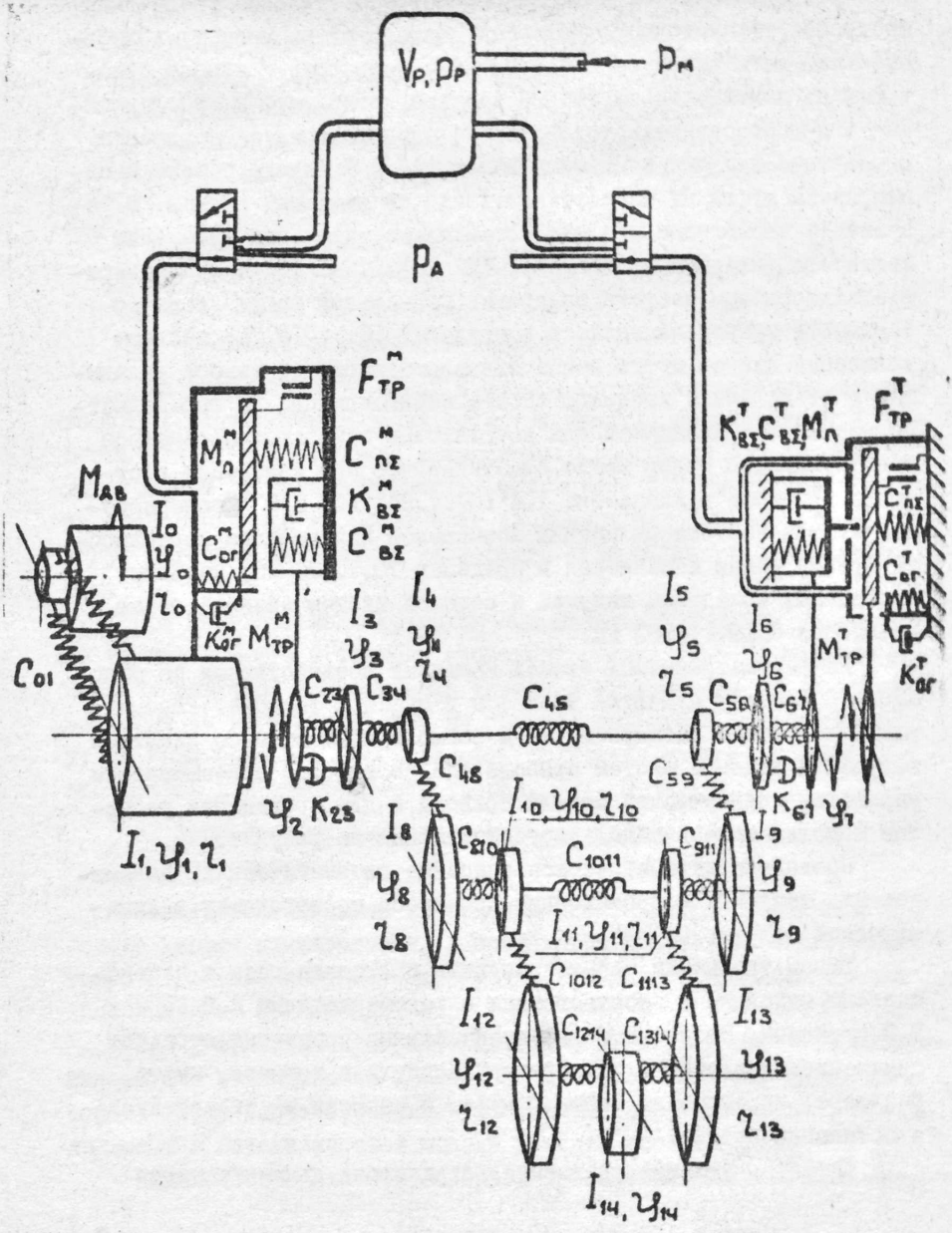
В первой главе обоснована необходимость разработки метода расчета переходных процессов, протекающих в узлах системы включения и привода кривошипного пресса на этапах пуска и остановки. Поставлены задачи исследования.

2. Разработка метода расчета динамических процессов в системе включения и приводе на этапах пуска и остановки пресса.

Проведен структурный анализ конструкции пресса, в результате которого установлено, что при разработке динамической модели, предназначенной для расчета процессов, протекающих в прессе на этапах пуска и остановки, необходимо учитывать взаимосвязи между исполнительными механизмами, системой включения и приводом пресса. Структурный анализ позволил сформировать элементную базу и структуру динамической модели.

Проведено моделирование структурных элементов динамической модели. Из элементов, входящих в состав базы динамической модели, были сформированы модели узлов (структурных элементов), которые были объединены в общую динамическую модель системы включения и привода пресса. Одновременно сформулированы допущения, положенные в основу представленной на рисунке модели.

С целью упрощения общей динамической модели проведен её частотный анализ. При проведении частотного анализа рассмотрены продольные колебания нажимных дисков тормоза и муфты при контактировании с фрикционными вкладышами и крутильные колебания деталей ведущей и ведомой систем привода. Тормоз рассматривался, как одномассовая линейная продольно-колеблющаяся сис-



Динамическая модель системы включения и привода пресса

тема; муфта - как нелинейная продольно-колеблющаяся система, а привод, как многомассовая линейная крутильно-колеблющаяся система.

В процессе этого анализа рассмотрено: влияние увеличения жесткости, фрикционного материала вкладышей на частоту колебаний нажимного диска тормоза; влияние жесткости и износа вкладышей на амплитудно-частотные характеристики муфты. Исследовано с использованием методов теории планирования эксперимента совместное влияние жесткости вкладышей и вредного объема пневмопривода муфты на частоту колебаний её нажимных дисков. В результате частотного анализа установлено, что: при изменении жесткости вкладыша в диапазоне $I22 \cdot I0^4 ... 24I \cdot I0^6$ Н·м$^{-I}$ генерируемая тормозом частота колебаний нормальной нагрузки на поверхности трения изменяется в пределах 56...7I0 Гц; частота колебаний дисков муфты незначительно зависит от износа вкладышей и от величины вредного объема пневмопривода и определяется жесткостью вкладышей при постоянстве остальных параметров конструкции. В целом можно отметить, что при изменении жесткости вкладыша в диапазоне $I22 \cdot I0^4 ... 24I \cdot I0^6$ Н·м$^{-I}$ генерируемая муфтой частота колебаний нормальной нагрузки на поверхности трения может изменяться в пределах 70...826 Гц; частоты крутильных колебаний ведущей и ведомой систем привода лежат в диапазоне 0,I9...69ϵ3 Гц.

На рассматриваемых этапах внешними воздействиями по отношению к приводу являются процессы в муфте и тормозе. Рассматривая частотные спектры муфты и тормоза совместно со спектром ведущей и ведомой систем привода, сделан вывод о невозможности упрощения динамической модели привода, и для проведения расчетов использовалась модель, представленная на рисунке.

Проведено математическое описание пневматических, динамических, тепловых и фрикционных процессов, происходящих в динамической модели.

Вывод уравнений, характеризующих состояние газа в пневмосистеме, выполнен в соответствии с рекомендациями Е.В.Герц и Г.В.Крейнина. Полученные дифференциальные уравнения отражают изменение: давления и температуры воздуха в тормозе, муфте, ресивере; перемещения поршней муфты и тормоза на этапах пуска и остановки пресса.

Дифференциальные уравнения, отражающие движение узлов

привода пресса на этапах пуска и остановки, получены из уравнения Лагранжа II рода. Для обобщенных моментов приняты следующие зависимости:

$$M_{дв} = 2 \cdot M_{кр} \cdot S \cdot S_{кр} / (S_{кр}^2 + S^2),$$

где $M_{дв}$ – электромагнитный момент, Н·м;
$M_{кр}$ – критический момент, Н·м;
$S_{кр}$ – критическое скольжение электродвигателя;
S – скольжение электродвигателя;

$$M_{тр} = \int_{F_{тр}} f_{тр} \cdot q \cdot \rho \cdot d F_{тр},$$

где $M_{тр}$ – момент трения, Н·м;
$f_{тр}$ – коэффициент трения (величина переменная);
q – давление на поверхности трения, Па;
$F_{тр}$ – площадь поверхности трения, м^2.

Для вычисления объемной и поверхностной температуры использовались результаты решения тепловой задачи, полученные В.И.Власовым для муфт и тормозов кривошипных прессов, а для вычисления температуры вспышки результаты, полученные А.В.Чичинадзе. Учитывая возможности и особенности численных методов расчета на ЭЦВМ, методика вычисления температур была модифицирована автором.

При моделировании фрикционного взаимодействия на поверхности трения в муфте и тормозе проведена оценка степени влияния изменения величины коэффициента трения в зависимости от изменения влияющих на него параметров на процесс включения фрикционного узла. Была показана необходимость получения многофакторных зависимостей для коэффициента трения.

3. Экспериментальное исследование фрикционных материалов.

Излагается методика проведения испытаний, разработанная на основе теории планирования, и приводятся результаты экспериментов, позволившие получить математическую модель процесса трения исследованных фрикционных пар.

При разработке программы-методики испытаний решались следующие задачи планирования эксперимента: выбор отклика; выбор факторов; выбор плана эксперимента; формулировка требований, предъявляемых к математической модели объекта исследования.

Важным теоретическим аспектом постановки эксперимента яв-

ляется физическое подобие процессов, протекающих на поверхности трения в реальной конструкции и её модели. Для того, чтобы применить математическую модель процесса фрикционного взаимодействия, полученную при анализе результатов испытания образцов, в расчете реальной конструкции рассматривалась задача моделирования фрикционного взаимодействия. Подобными были следующие параметры: идентичность фрикционных пар по составу, шероховатость поверхностей трения контртела и образца, коэффициент взаимного перекрытия, направление скольжения, характеризующие нагруженность поверхности трения (давление, линейная скорость скольжения, объемная температура), длительность фрикционного взаимодействия. Объектами испытаний были пары трения 143-63 + ЧХЛ32-52 и 8-45-62+ ЧХЛ32-52. В процессе испытаний варьируемые факторы изменялись в следующих диапазонах: 0...1,0 МПа - давление на поверхности трения; 0...11,6 $м \cdot с^{-1}$ - скорость скольжения на поверхности трения; 303°К...423°К - объемная температура. Испытания проводились в два этапа. На первом этапе испытаний проводился анализ влияния на коэффициент трения, давления и скорости скольжения на поверхности трения, а на втором этапе к двум перечисленным параметрам добавлялся третий - объемная температура. Испытания проводились на стенде для испытания фрикционных материалов модели М-058 фирмы "ЛЛНК" (США). Выбор этого стенда обусловлен тем, что он позволяет устанавливать и поддерживать на любом заданном уровне значения варьируемых факторов. Для обработки результатов испытаний была написана и отлажена программа на языке FORTRAN -4. Коэффициенты уравнения регрессии вычислялись методом наименьших квадратов. Обработка результатов проводилась на ЕС ЭВМ.

В результате получены следующие математические модели:

для пары трения 8-45-62 + ЧХЛ32-52

$$f_{тр} = 0,484 + 0,0866X_1$$

для пары трения 143-63 + ЧХЛ32-52

$$f_{тр} = 0,417 + 0,073X_1 + 0,063X_3 - 0,0168X_1X_2 - 0,0295X_1X_3 - 0,0338X_2X_3,$$

где $f_{тр}$ - коэффициент трения;

X_1, X_2, X_3 - безразмерные значения давления, скорости скольжения на поверхности трения и объемной температуры.

4. Программное обеспечение метода расчета динамических процессов в системе включения и приводе на этапах пуска и остановки пресса.

Анализ работы системы включения и привода показал, что циклограмма пуска и остановки пресса может быть разбита на элементарные интервалы. Причем на каждом из них рассматриваемые процессы описываются своими системами дифференциальных уравнений. Таким образом была получена общая система дифференциальных уравнений с переменной структурой. В зависимости от выполнения условий существования интервала происходит управление структурой системы дифференциальных уравнений при расчете динамических процессов на каждом из этапов.

Системы дифференциальных уравнений плохо определены, что привело к плохой сходимости и неустойчивости численного решения. С целью устранения этой особенности уравнения были преобразованы к безразмерному виду. Рассматривая физическую сущность процессов, протекающих в системе включения и приводе пресса на каждом из этапов, не удалось подобрать постоянную времени, которая бы одновременно привела к простому безразмерному виду уравнения пневматической и крутильной систем. Поэтому при приведении к безразмерному виду уравнения были разбиты на две группы, для каждой из которых была выбрана своя постоянная времени. Уравнения первой группы относятся к числу мягких, а уравнения второй группы к числу жестких систем дифференциальных уравнений. Такое деление определило выбор методов численного интегрирования.

Предполагая, что внутри шага интегрирования параметры систем не изменяются, решение уравнений проводилось на основе методов решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с заданными начальными значениями. Для решения уравнений первой группы был выбран предиктор-корректор метод Хемминга, а для решения уравнений второй группы метод решения жестких систем, сочетающий метод Гира и Адамса. Оба эти метода реализованы как стандартные программы интегрирования.

Дифференциальные уравнения системы включения на каждом из этапов интегрировались независимо от уравнений привода пресса. Алгоритм моделирования динамики системы включения каждого из этапов построен независимо от алгоритма моделирования динамики привода на соответствующих этапах, иными словами, он не зависи-

от того, каким приводом управляет система включения.

Уравнения динамики привода интегрируются обособленно от уравнений системы включения внутри шага интегрирования уравнений системы включения. Алгоритм моделирования динамики привода не зависит от того, на каком из этапов рассматривается работа привода пресса, иными словами, он не зависит от того, под управлением какой системы включения работает привод пресса.

5. Экспериментальное исследование пресса и апробирование разработанного метода расчета.

Материал, изложенный в этой главе, получен в результате совместных исследований МВТУ им. Н.Э.Баумана и ПО "Воронежтяжмехпресс" в 1980...1985 г.г. в рамках договора о социалистическом и творческом содружестве.

Кратко описывается методика и результаты экспериментального исследования пресса. Приведены осциллограммы работы системы включения и привода пресса на этапах пуска и остановки. Осциллограммы получены для значений давления воздуха в магистрали: 0,392 МПа; 0,441 МПа; 0,49 МПа при диаметрах дросселя в трубопроводе муфты 7мм и 10мм и при количестве пружин в тормозе 8 шт. и 12 шт. соответственно.

Используя математическую модель с параметрами исследуемого пресса для указанных условий натурного эксперимента, были расчитаны на ЕС ЭВМ те же процессы, что и зарегистрированные на осциллограммах. Сравнение результатов натурного и численного экспериментов показало, что ошибка расчета по сравнению с экспериментом не превышает 10%.

6. Метод расчета динамических процессов в системе включения и приводе пресса на этапах пуска и остановки.

Разработанный метод включает: структурный анализ конструкции; моделирование структурных элементов конструкции; частотный анализ; математическое моделирование процессов; экспериментальное исследование; программное обеспечение.

Метод расчета дает возможность конструктору проанализировать работу системы включения и привода пресса на этапах пуска и остановки, определить продолжительность интервалов циклограммы работы системы включения, рассчитать и представить в виде графиков в координатах "величина параметра - время": давление и температу-

ру воздуха в пневмополостях, скорость и перемещение пневмопоршней, давление, скорость скольжения, угол проскальзывания и температуру (объемную, поверхностную, вспышки) на поверхности трения, мощность трения, работу буксования, распределение температуры по глубине трущихся тел, электродвижущий момент и скольжение в двигателе, углы поворотов, скорости и ускорения вращающихся масс, крутящие моменты упругих участков валов привода. Дополнительно можно рассчитать градиенты, средние, максимальные и минимальные значения исследуемых параметров, расход воздуха, коэффициенты полезного действия и другие величины. При необходимости можно построить зависимости между перечисленными параметрами с целью изучения их взаимосвязи. Метод расчета можно использовать при формировании динамического модуля САПР. Полученные в результате динамические модели можно применять не только на стадии технического или рабочего проекта при анализе возможностей разрабатываемой конструкции на предмет её соответствия техническому заданию, но и при написании и отладке программного обеспечения для проектируемых гибких автоматизированных производств (ГАП). Еще до того, как ГАП появится в металле, можно на основе динамических моделей имитировать ГАП и сигналы с имитатора подавать на числовое программное управление, которое связано с ЭВМ. Это позволит вдвое сократить срок проектирования ГАПов за счет того, что программное обеспечение будет отлаживаться параллельно с процессом проектирования и изготовления машин, составляющих ГАП.

Разработанный метод был использован для исследования работы системы включения серийного пресса модели КА5535 и поиска путей повышения его производительности и надежности: В процессе исследования варьированию подвергались те параметры, корректировка которых приводит к минимальным затратам на изменение конструкции. Таковыми явились: диаметр дросселя, диаметр трубопровода, ход поршня, жесткость пружин, масса поршня, жесткость фрикционных вкладышей.

В процессе исследования решались практические задачи:

I. С целью упрощения процедуры подбора диаметра дросселя в трубопроводе муфты исследовано влияние дросселирования процесса наполнения воздухом пневмоцилиндра муфты на работу системы в включения.

2. С целью повышения производительности пресса и упрощения системы управления исследовано влияние дросселирования процес-

са движения воздуха при наполнении и опорожнивании пневмоцилиндра тормоза на работу системы включения пресса. Предложен вариант конструкции, позволяющий осуществить одновременную подачу сигнала на включение воздухораспределителей муфты и тормоза.

3. С целью общего анализа поведения системы включения исследовано (при условии обеспечения работоспособности муфты и тормоза) влияние на циклограмму работы системы включения изменение величины жесткости пружин и хода поршня муфты и тормоза.

4. С целью повышения уровня надежности и долговечности системы включения пресса за счет снижения уровня динамической нагруженности фрикционных вкладышей муфты и тормоза исследовалось (при условии обеспечения работоспособности конструкции) влияние изменения величины жесткости пружин, хода поршня, массы поршня на величину скорости поршня в момент соприкосновения с фрикционными вкладышами и величину максимального давления на поверхности трения в связи с ударом нажимных дисков по фрикционным вкладышам.

5. Исследована взаимосвязь между жесткостью фрикционных вкладышей и максимальным давлением на поверхности трения при ударе по ним нажимными дисками муфты и тормоза. Проведено сравнение результатов расчета величины максимального давления на поверхности трения, вызванного ударным взаимодействием нажимных дисков и фрикционных вкладышей, полученных по формуле предложенной В.И.Власовым, В.А.Кожевниковым и А.И.Козарезовым, с результатами расчета этой величины предлагаемым методом.

6. Показано, какой эффект в тепловой режим работы муфты и тормоза вносят процессы, связанные с изменением температуры воздуха в их пневмоцилиндрах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

I. Разработан метод расчета связанных между собой пневматических, динамических, фрикционных и тепловых переходных процессов, протекающих в системе включения и приводе кривошипного пресса на этапах пуска и остановки, который позволяет глубже и точнее объяснить и прогнозировать особенности работы системы включения.

2. Создано программное обеспечение разработанного метода расчета, которое позволяет автоматизировать труд конструктора и проектировать системы включения, используя возможности ЭЦВМ.

3. На основе разработанного метода расчета, используя исходные данные и осциллограммы работы системы включения и привода по прессу КА5535, показано соответствие результатов экспериментальных исследований и исследований численных, поставленных на ЭЦВМ ЕС-1033. При этом вычисленная максимальная относительная ошибка не превысила 10%.

4. Доказана необходимость учета многофакторной зависимости коэффициента трения от влияющих на него параметров для фрикционной пары муфты и тормоза при расчете разгона и торможения привода.

5. Разработана на основе теории планирования экспериментов программа-методика испытаний фрикционных материалов для получения математической модели процесса трения с целью её использования в расчете динамических процессов. Методика внедрена в ПО "ЗИЛ".

6. Используя разработанный метод, даны рекомендации по улучшению конструкции пресса КА5535, позволившие повысить его долговечность и изыскать резервы повышения безопасности и производительности, в частности: для осуществления одновременной подачи сигнала "выключение" на воздухораспределители муфты и тормоза предлагается провести замену трубопровода диаметром 32 мм, который соединяет воздухораспределитель тормоза с пневмоцилиндром тормоза, на трубопровод диаметром 25 мм;

за счет одновременной подачи сигнала "выключение" на воздухораспределители муфты и тормоза упростить конструкцию командоаппарата и сократить продолжительность технологического цикла на 0,23 с, что приведет к увеличению числа ходов с 16 до 17 ходов в минуту;

для снижения уровня динамической нагруженности поверхности трения фрикционных вкладышей, а, следовательно, и ступицы муфты и тормоза следует, не изменяя жесткости пружин муфты и тормоза, уменьшить величину хода поршня муфты до 2,3 мм, а тормоза до 3 мм. При этом величину допустимого износа фрикционных вкладышей муфты уменьшить до 0,5 мм, а тормоза до 1 мм;

для снижения тепловой нагруженности муфты и тормоза рекомендуется пневмоцилиндр муфты теплоизолировать или удалить от поверхности трения, а пневмоцилиндр тормоза приблизить к поверхности трения. Осуществить охлаждение сжатого воздуха, находящегося в ресивере перед подачей его в пневмоцилиндры и в пневмо-

цилиндре тормоза перед его выхлопом. Одновременно повысить давление на поверхности трения, за счет чего сократить время разгона и торможения привода.

7. Разработанные рекомендации, направленные на повышение производительности пресса модели КА5535, приняты к внедрению в ПО "Воронежтяжмехпресс".

8. Разработанный метод расчета и его программное обеспечение внедрены в системе автоматизированного проектирования ПО "Воронежтяжмехпресс".

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

I. Геккер Ф.Р., Рыбалкин А.Г. Использование многофакторного эксперимента для поиска математической модели коэффициента трения // Известия вузов. Машиностроение. - 1981. - № 9. - С.111-114.

2. Геккер Ф.Р., Рыбалкин А.Г. Использование многофакторного эксперимента для поиска математической модели коэффициента трения // Известия вузов. Машиностроение. - 1982. - № 8. - С. 29-32.

3. Определение температуры нагрева дисков муфты сцепления с учетом характера динамического нагружения поверхностей трения / С.Г.Борисов, Ф.Р.Геккер, А.И.Федоров, А.Г.Рыбалкин //Исследования и методы расчета тракторных трансмиссий и узлов /Науч.-исслед.трактор.ин-т. - М., 1982. - С.54-61.

4. Использование метода планирования эксперимента при испытании фрикционных материалов автомобильных тормозов / Ф.Р.Геккер, Н.М.Журавлев, Р.А.Меламуд, А.Г.Рыбалкин // Триботехника-машиностроению: Тез.докл. II Всесоюзной науч.-технической конф. - М., 1983. - С.188-189.

5. Геккер Ф.Р., Рыбалкин А.Г. Метод планирования эксперимента при поиске математической модели процесса трения // Трение и износ. - 1984. - Т.5, № 1. - С.100-105.

6. Применение теории планирования эксперимента при испытаниях фрикционных материалов тормозов / Ф.Р.Геккер, Н.М.Журавлев, Р.А.Меламуд, А.Г.Рыбалкин // Вестник машиностроения.- 1985. - № 3. - С.36-39.

7. Математическое моделирование динамических процессов на фрикционном контакте узлов трения машин / Ф.Р.Геккер, А.И.Федоров, А.Г.Рыбалкин и др. // Трение,износ и смазочные материалы: Тез.докл. Международной конф. - Ташкент, 1985.-

Т.5, с. 67-68.

8. Расчеты динамических процессов - основа САПР фрикционных сцеплений / Ф.Р. Геккер, А.И. Федоров, С.Г. Борисов, А.Г. Рыбалкин и др. // Шестой Всесоюзный съезд по теоретической и прикладной механике: Аннотации докл. - Ташкент, 1986. - С. 129-130.

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

ПК43086

Заказ №401 5.3.87 Объем 1 п.л. Тираж 100 экз.

Оперативная полиграфия Института ПК РР и С Минсельхозмаша
Ростов-на-Дону, пр. Октября, 33-А/47