

УДК 621.73.06

**РАСЧЁТ ДИНАМИКИ И КИНЕМАТИКИ
ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНОГО АВТОМАТА АО339 С ПОМОЩЬЮ
РЕДУЦИРОВАННЫХ СУПЕРМОДЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ PRADIS И ANSYS**

Руслан Викторович Резвых

Студент 6 курса

*Российская Федерация, г. Москва, Московский Государственный Технический
Университет им. Н.Э.Баумана, кафедра «Технологии обработки металлов
давлением»*

Научный руководитель: А.В. Власов,

*доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки
давлением»*

В настоящей работе реализованы задачи адаптации и универсализации системы создания и расчета супермоделей с помощью программных комплексов Ansys и PRADIS для расчёта конструкционных элементов оборудования для обработки давлением, проведено исследование кинематики элементов горячештамповочного четырёхпозиционного автомата АО339 представленным методом.

Одним из современных методов исследования и расчёта сложных технических систем является моделирование с применением таких программных комплексов, как PRADIS, PA9. Основа верного расчёта в этих приложениях — построение адекватной модели системы, верный подбор её параметров, выбор связей между компонентами. Для расширения возможностей ПК PRADIS был разработан модуль FEMRED, который и был доработан и применён в ходе выполнения представленной работы. Он состоит из трёх элементов — макроса, вызываемого в проекте Ansys, утилиты FERMRED.EXE и библиотеки-программы для расчёта, которая используется программным комплексом PRADIS. Цель модуля — создать из конечно-элементной модели детали в Ansys модель, которая может быть применена для расчёта в ПК PRADIS с сохранением жёсткости и инерционных параметров. Такая операция осуществляется в следующем порядке:

1. в модели детали, разбитой на конечные элементы выделяются мастер-узлы – узлы, к которым прикладываются внешние нагрузки и те, данные которых необходимы для анализа — эти узлы выбирает сам пользователь в Ansys;
2. следующий шаг — процесс редуцирования — все степени свободы во всех узлах модели закрепляются, кроме одной степени свободы в одном из мастер-узлов. Далее происходит расчёт параметров матриц

жёсткости и масс. Такая операция происходит со всеми степенями свободы всех мастер-узлов. Полученные новые матрицы описывают модель, которая в пределах приложения нагрузок и снятия данных с мастер-узлов аналогична исходной. При этом количество узлов с нескольких тысяч или десятков тысяч (в зависимости от сложности детали) снижается до десяти-пятидесяти (в зависимости от поставленной задачи, сложности системы, мерности задачи). Этот шаг выполняет макрос FEMRED.ANS;

3. сохраняются файлы с данными по новой модели в формате, понятном для ПК PRADIS, регистрируется созданная модель, выводится информация по данной модели — этот шаг выполняет утилита FEMRED.EXE, которая вызывается автоматически макросом;
4. в ПК PRADIS строится модель исследуемой системы и производится расчёт, при котором ПК PRADIS обращается к файлам, созданным утилитой и библиотеке FEMRED.DLL.

В рамках представленной работы проведена доработка модуля FEMRED (универсализация, возможность расчёта трёхмерных задач, автоматизация, возможность включения нескольких редуцированных моделей в расчёт), проверка адекватности метода и расчёт кинематики и динамики элементов горячештаповочного автомата АО339.

Адекватность метода проверялась рядом экспериментов над двумерными и трёхмерными моделями. Для проверки инерционных свойств в ПК PRADIS к модели с известной массой прикладывалась сила и проверялось ускорение с теоретическим значением, рассчитанным по второму закону Ньютона ($F = ma$). Для проверки матрицы жёсткости строились простые системы (заделка-балка-сила) в Ansys (с полной моделью) и PRADIS (с аналогичной редуцированной) и сравнивались результаты. Во всех случаях отклонение результатов по модулю не превышало 0.5%.

В результате моделирования ползуна автомата, совершающего двумерное движение в пределах направляющих, были получены графики хода, технологической силы, вертикальных перемещений точки приложения силы, угла наклона ползуна и сил реакций в двух крайних точках главных направляющих. Моделирование проводилось для двух режимов работы автомата — при максимальной (100 ходов в минуту) и минимальной (60 ходов в минуту) производительности автомата.

Анализируя графики реакций, можно сделать вывод, что ползун опирается при ходе вперёд на переднюю часть, не перекашиваясь на столько, чтобы касаться верхних направляющих. В начале хода деформирования перестают работать и передняя, и задние части направляющих, после завершения деформирования и начала разгрузки и хода назад происходит резкий перекосяк и нагрузку воспринимают задние части направляющих. На ходе назад ситуация обратная ходу вперёд. При меньшей производительности меньше силы реакции почти в два раза (при П

= 60 ход/мин, $N_{\max} = 56\text{кН}$, при $\Pi = 100$ ход/мин, $N_{\max} = 100\text{кН}$). Выявлен незначительный перекося во время движения ползуна и изменение резкое угла наклона во время деформирования. Также наблюдаются значительные (амплитудой 0.7 – 0.85мм) вертикальные смещения точки приложения силы. При этом перекося и отклонения больше при повышенной производительности — при производительности, больше номинальной максимальной или силе, большей чем допустимая перекося может привести к заклиниванию ползуна в направляющих. Это может служить одним из объяснений частого брака на автомате на максимальной скорости, с которым сталкивались сотрудники «Тяжпрессмаш» — предприятия-производителя автомата АО339.

Список литературы:

1. Власов А.В., Учебное пособие по курсу «Теория обработки металлов давлением» в 9 семестре для студентов специальности 150201, Москва, 2007
2. Складчиков Е.Н., Курс лекций по КШО, МГТУ им. Баумана, кафедра МТ6.
3. ОАО «Тяжпрессмаш», чертежи и документация горячештамповочного автомата АО339
4. ГПЗ «Московский подшипник», паспорт горячештамповочного автомата АО341
5. Компания «Ладуга», документации по ПК PRADIS
6. Любченко Д.В., Дипломный проект На тему «Применение редуцированных конечно-элементных моделей в моделировании механических систем», МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра РК-6