

УДК 621.735.06; 621.97

ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ПРОТОТИПОВ В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ МАШИН

© 2012 В.В. Телегин

Липецкий государственный технический университет

Поступила в редакцию 26.10.2012

В работе рассматриваются вопросы применения технологии цифровых прототипов Autodesk Inventor Professional для решения задач, связанных с расчётом упруго-инерционных параметров динамических моделей механизмов кривошипных кузнечно-прессовых машин.

Ключевые слова: *цифровой прототип, твердотельная модель, жёсткость, масса, момент инерции, рычаг, вал, зубчатая передача*

В настоящее время процесс создания кузнечно-прессовых машин, как и других изделий машиностроения, подразумевает наличие следующих этапов:

- моделирование изделия в цифровом виде. Цифровой прототип изделия позволяет выполнить целый ряд работ, связанных с его оптимальным проектированием, расчётами подготовкой конструкторской документации [1, 2];
- исследования динамики изделия, позволяющие рассчитать характеристики колебательных процессов в проектируемых системах. Результат анализа динамики – оценка работоспособности, надёжности и долговечности изделия [2, 3];
- создание, исследование и модернизация экспериментального образца. Внесение изменений в его цифровой прототип и методики проведения исследований на его основе.

В данной работе рассматривается методика подготовки данных, необходимых для выполнения динамических исследований. Её суть – создание цифровых прототипов экспериментальных установок для определения жёсткости различных элементов механических систем. На рис. 1 показано визуальное представление твердотельной модели холодноштамповочного автомата (ХША), выполненное в системе *Inventor Professional 2013* американской фирмы *Autodesk*. Методику расчёта упруго-инерционных параметров изделия рассмотрим на примере подготовки данных необходимых для исследования динамики механизма реза ХША АВ1818 [2, 3], включающего так же составляющие привода автомата и его главный исполнительный механизм (рис. 1).

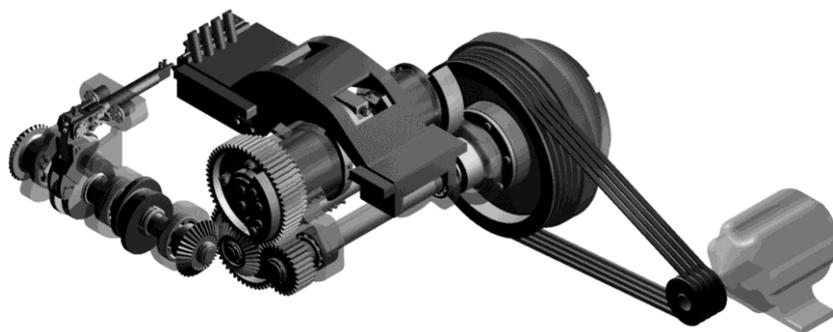


Рис. 1. Твердотельная модель ХША АВ1818

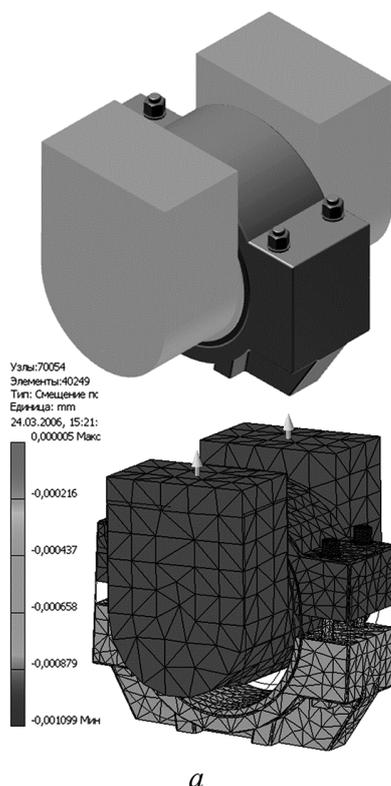
Упругими характеристиками тела или системы тел являются жёсткость и податливость.

Телегин Виктор Валериевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Инженерная графика». E-mail: vivt@lipetsk.ru

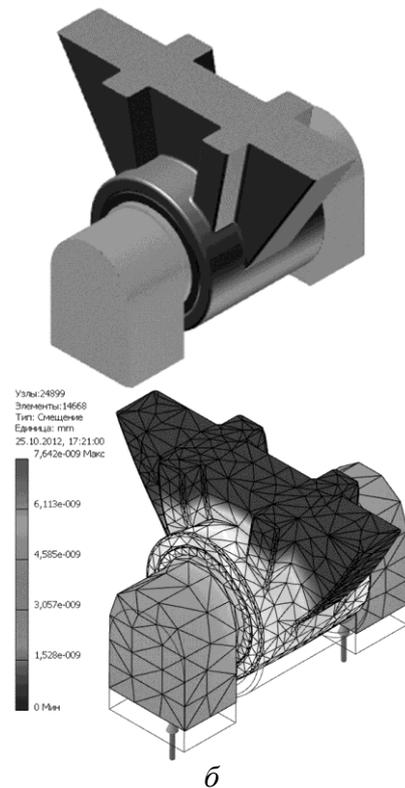
Податливость – это деформация тела или системы тел под воздействием единичной нагрузки. Жёсткость – величина обратная податливости. Суть методики расчёта жёсткости любого элемента изделия, в том числе и образованного соединением нескольких деталей, сводится к

измерению деформации его 3D-модели [2, 3]. Существенным при реализации данной методики расчёта является возможность использования дополнительных элементов, с помощью которых обеспечивается максимальное приближение процесса моделирования к реальным условиям. По существу при выполнении данных расчётов мы имеем дело с цифровым прототипом экспериментальной установки. Для исключения влияния элементов этой установки на полученные значения деформаций модуль Юнга материала, из которого они изготовлены, задают на порядок больше, чем у материала деталей изделия. Типовые схемы нагружения элементов изделий: растяжение или сжатие, изгиб под воздействием сил, воздействующих на исследуемый элемент, кручение и сложное деформируемое состояние. На рис. 2 показан цифровой прототип экспериментальной установки для определения податливости шатуна холодноштамповочного автомата при растяжении и сжатии. В данном случае предполагается, что шатун моделируется двухмассовой колебательной системой.

На рис. 3 показан пример расчёта жёсткости верхнего плеча рычага прямого хода механизма реза ХША АВ1818 – сложного фрагмента изделия, работающего на изгиб. Числовой прототип расчётной схемы включает все основные элементы механизма (рис. 3), а также два дополнительных в виде призм, позволяющих корректно приложить нагрузку. Поверхность оси рычага и все поверхности рычагов прямого и обратного хода фиксируются.



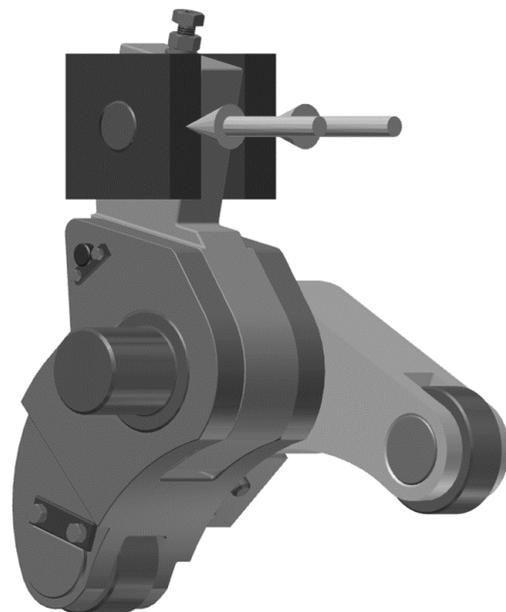
а



б

Рис. 2. Расчёт параметров жёсткости шатуна пресса (ХША АВ1818): моделирование растяжения верхней части (а) и сжатия нижней части шатуна (б)

Соединение поверхностей исследуемого рычага с осью и нижними плечами рычагов допускает перемещение друг относительно друга. Их относительная фиксация реализуется с помощью предохранительного штифта, посредством которого ограничивается взаимное вращение всех трёх плеч рычагов механизма реза друг относительно друга.



а

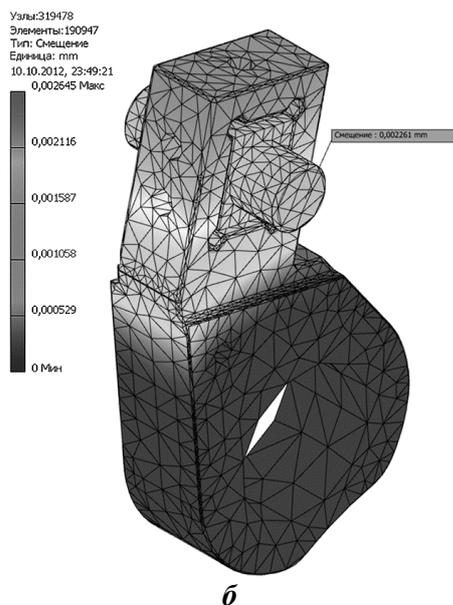


Рис. 3. Расчёт жёсткости рычага, работающего на изгиб: рычаг в сборе (а), результаты расчёта жёсткости (б)

Зубчатые передачи (рис. 4) используются без исключения во всех известных типах кривошипных машин кузнечно-прессовых цехов. В ряде систем исследования динамики механизмов они рассматриваются как самостоятельные объекты, иногда их считают составными частями других объектов, чаще всего валов. Однако в обоих случаях расчёт жёсткости зубчатого соединения, как правило, бывает необходим. При наложении зависимостей на элементы твердотельной модели следует придерживаться следующих правил:

- фиксация поверхности первого колеса контактирующего с валом;
- наложение зависимости скольжения на поверхности второго колеса, контактирующего с валом и одну из торцевых поверхностей для предотвращения его осевого перемещения;
- приложение крутящего момента к поверхности второго колеса, контактирующего с валом.

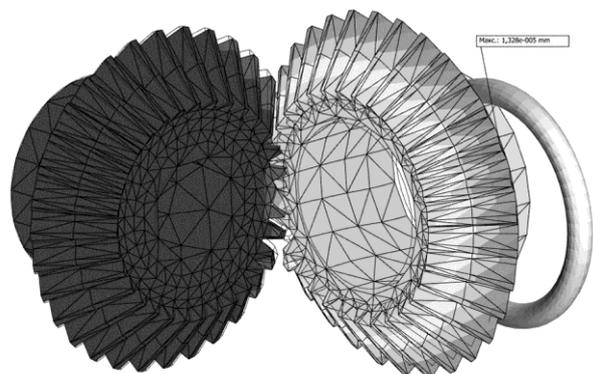


Рис. 4. Расчёт жёсткости соединения зубчатых колёс

Пример проведения численного эксперимента по определению жёсткости фрагмента вала, работающего на кручение, показан на рис. 5. При выполнении расчётов исключаются все элементы вала кроме кулачков механизма реза и переноса (на рис. 1 не показан). Кулачки механизма переноса и фрагменты вала перед ними фиксируются, на все поверхности расположения подшипников накладывается зависимость идеальной опоры. Таким образом, при выполнении расчётов учитывается жёсткость не только фрагмента вала между кулачками, но и жёсткость шпоночного соединения ступицы кулачка механизма реза с валом.

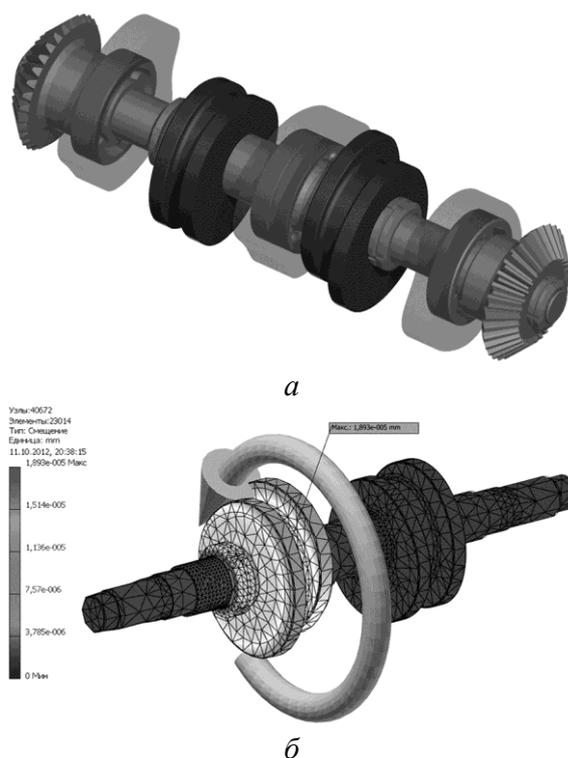


Рис. 5. Расчёт жёсткости фрагмента вала: вал кулачковый (а) и расчёт жёсткости фрагмента вала (б)

На рис. 6 приведён ещё один типичный пример расчёта жёсткости соединения нескольких деталей, работающих на сжатие – ножевого штока механизма реза ХША АВ1818. Сам ножевой шток перемещается во втулке, запрессованной в станине автомата и препятствующей его изгибу. На наружную поверхность этой втулки накладывается зависимость фиксации. Между внутренней её поверхностью и наружной поверхностью самого штока устанавливается зависимость скольжения. Положение оси траверсы также фиксируется. Тип контактов между поверхностями штока и втулки, а также между штоком и траверсой, траверсом и рычагом – скольжение без разъединения. Нагрузка прикладывается к ножу.

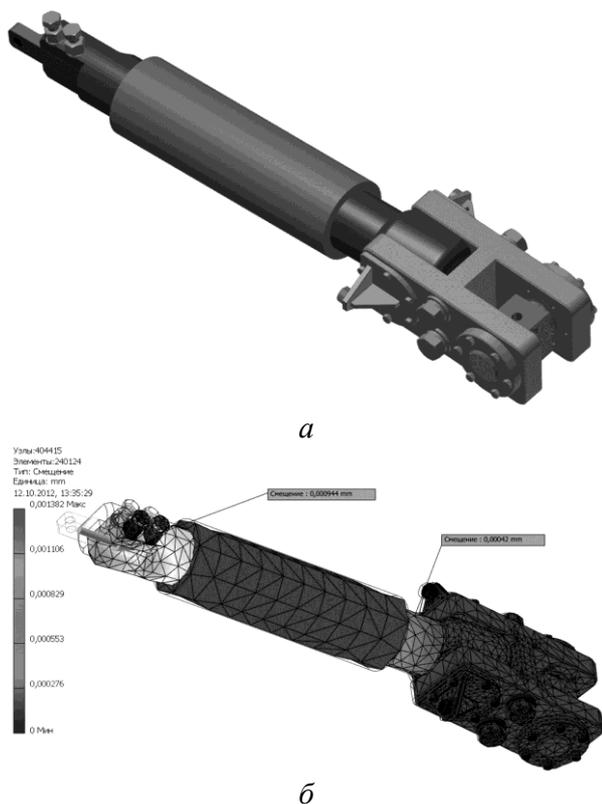


Рис. 6. Расчёт жёсткости ножевого штока: ножевой шток (а) и результаты расчёта его жёсткости (б)

При разработке динамических моделей помимо жёсткостей элементов конструкций требуются значения их масс и моментов инерции. В *Autodesk Inventor* для этого достаточно загрузить окно “Свойства *Inventor*“. Определение значений масс в любой из систем твердотельного моделирования трудностей не вызывает. При определении моментов инерции объекта необходимо иметь в виду, что их значения должны быть вычислены, как правило, относительно оси его вращения, которая может и не совпадать с одной

из главных осей инерции или осью глобальной системы координат *Inventor*. Перед выполнением расчёта момента инерции необходимо совместить ось вращения изделия или его фрагмента с осью одной из координатных осей. На рис. 7 это ось *x*, расчётный момент – J_{xx} .

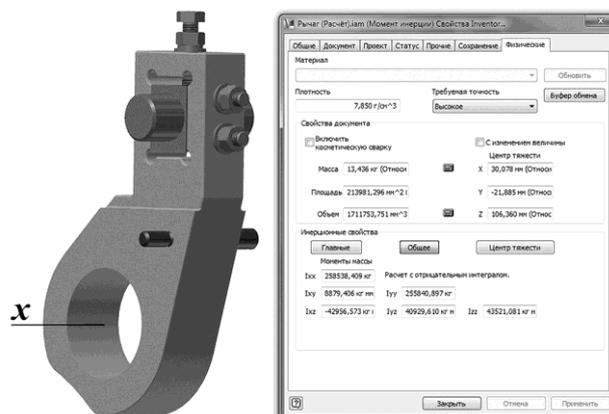


Рис. 7. Расчёт момента инерции рычага механизма реза

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Waguespack, C.* Mastering Autodesk Inventor 2012 and Autodesk Inventor LT 2012. – Sybex, 2011. 1032 p.
2. *Телегин, В.В.* Динамика механизмов многопозиционных холодноштамповочных автоматов: монография / В.В. Телегин. – Липецк: ЛПТУ, 2006. 204 с.
3. *Телегин, В.В.* Анализ динамики быстроходных машин-автоматов прессового производства на основе их твёрдотельных моделей // Известия ТулГУ. Серия «Механика деформируемого твёрдого тела и обработка металлов давлением». – Тула: ТулГУ, 2004. Вып. 1. С. 197-206.

TECHNOLOGY OF DIGITAL PROTOTYPES IN PROBLEMS OF RESEARCHES THE FORGE-PRESS MACHINES DYNAMICS

© 2012 V.V. Telegin

Lipetsk State Technical University

In work questions of application the technology of digital prototypes of Autodesk Inventor Professional for the solution of problems connected with calculation of elastic and inertial parameters of dynamic models of mechanisms at crank forge-press machines are considered.

Key words: *digital prototype, solid-state model, rigidity, weight, inertia moment, lever, shaft, tooth gearing*

Viktor Telegin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department “Engineering Drawing”. E-mail: vivt@lipetsk.ru