

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД И ЕГО КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ МАШИН

© 2010 В.В. Телегин

Липецкий государственный технический университет

Поступила в редакцию 15.11.2010

В статье рассматриваются вопросы применения методов компонентного моделирования и объектно-ориентированных технологий при автоматизированном построении динамических моделей механизмов и их программной реализации.

Ключевые слова: *механизм, моделирование, объект, коэффициент демпфирования, функция положения*

Методика расчёта динамических процессов, протекающих в механизмах и машинах, широко известна [1-3]. Её суть – подмена реального механизма системой сосредоточенных масс, соединённых безынерционными, упруго-диссипативными и кинематическими связями. Однако широкого распространения на практике эта методика не получила. Основные причины этого следующие:

- низкая степень точности и большая трудоёмкость расчёта параметров модели, в первую очередь, упруго-инерционных характеристик;
- большая трудоёмкость работ, связанных с разработкой динамической и математической моделей механизма, и её программной реализации;
- невозможность оценки достоверности полученных результатов без проведения экспериментальных исследований уже готового механизма.

Система компьютерного моделирования динамических процессов в механизмах (*dam*) разработана с целью снижения трудоёмкости динамических исследований механизмов и повышение их достоверности. В её основе лежат методы твёрдотельного моделирования [3, 4], методы компонентного моделирования и объектно-ориентированных технологий [2-4]. Любой механизм можно рассматривать как совокупность некоторых элементов, соединённых между собой различного рода связями. Посредством этих связей элементы механизма взаимодействуют друг с другом, обеспечивая, таким образом, его функционирование. Термином элемент будем обозначать отдельно

взятую деталь механизма, какой-то её фрагмент или, наоборот, сразу несколько деталей. Такое определение элемента соответствует понятию объект, – одному из базовых в теории компонентного моделирования сложных динамических систем и объектно-ориентированных технологий [2-4].

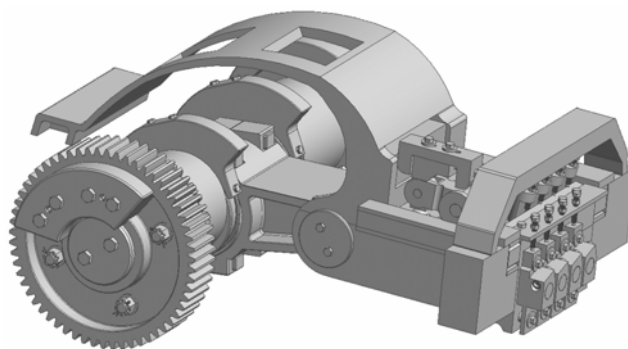


Рис. 1. Главный исполнительный механизм
ХША АВ1818

Сопоставим каждый элемент какого-либо механизма, например, главного исполнительного (высадочного) механизма холодноштамповочного автомата (ХША) АВ1818 (рис. 1), с объектом, согласно данному выше определению. Любые процессы в таком объекте могут моделироваться каким угодно образом и, в соответствии с принципами инкапсуляции и полиморфизма объектно-ориентированных технологий, на данном этапе их природа и описание – математическое, программное или физическое не рассматривается. Такой подход представляет интерес как при решении задач, связанных с разработкой динамических и математических моделей механизмов [3, 4], так и, что особенно существенно, их программных

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

реализацией при дальнейшей компьютерной обработке [3]. Представим реальный механизм в виде соединённых между собой передаточными функциями объектов. В качестве таких объектов могут выступать, как отдельные звенья, так и совокупности звеньев, образующих простейшие механизмы. С каждым объектом свяжем пять наборов характеристик (рис. 2а):

1. Свойства, в том числе массы, моменты инерции, жесткости, коэффициенты диссипации,

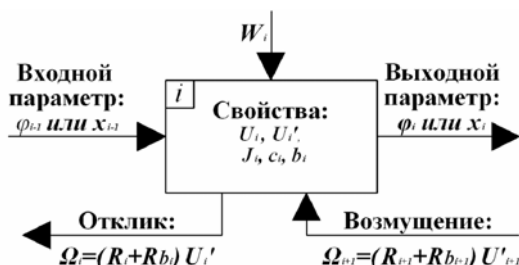
параметры передаточных функций и другие, определяющие объект как замкнутую систему.

2. Отклики на возмущения со стороны других объектов.

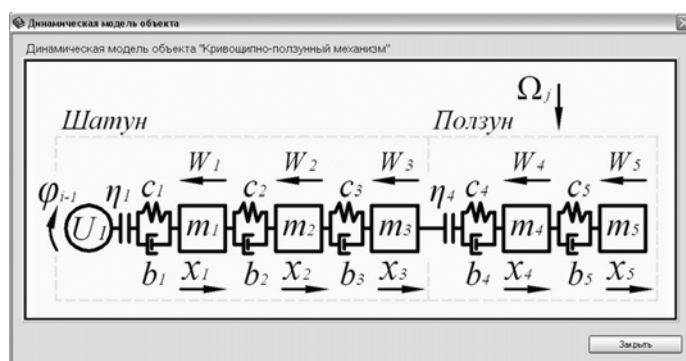
3. Силовые возмущения со стороны других объектов.

4. Входные параметры, среди которых могут быть кинематические и силовые.

5. Выходные параметры (кинематические, силовые и значения критериев оценки различного рода процессов, протекающих в объекте).



а



б

в

г

Рис. 2. Объект кривошипно-ползунный механизм:

а – параметры и свойства объекта, б – динамическая модель, в – окно ввода данных упруго-инерционных характеристик, г – окно тестирования объекта

Свойства и отклики (пункты 1 и 2), – это величины, целиком зависящие от объекта, причём первые постоянные не зависят от внешних условий, вторые – зависящие от той среды, в которую помещен объект. Силовые возмущения и входные параметры (пункты 3 и 4) – окружающая объект среда. Выходные параметры (пункт 5) – это набор результирующих данных, позволяющих оценить процессы, протекающие в объекте после размещения его в конкретной среде. Следует особо отметить, что набор объектов, представляющих механизм (объектное представление) и сам механизм

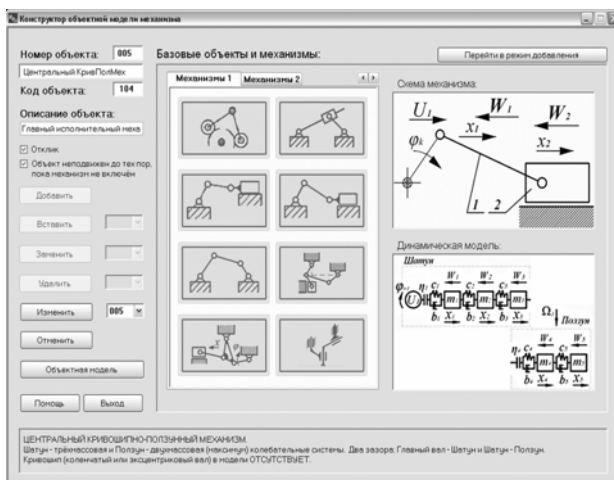
полностью адекватны друг другу. Подмена реальности моделью осуществляется только на уровне объекта, т.е. точность результатов динамических исследований определяется в решающей степени «доброкачественностью» тех объектов, которые в этих исследованиях используются. Объект и модель объекта, как следует из выше изложенного, понятия различные, однако при изложении дальнейшего материала термином объект будем обозначать его модель.

Объект, моделирующий механическую систему, которая приводится в движение через

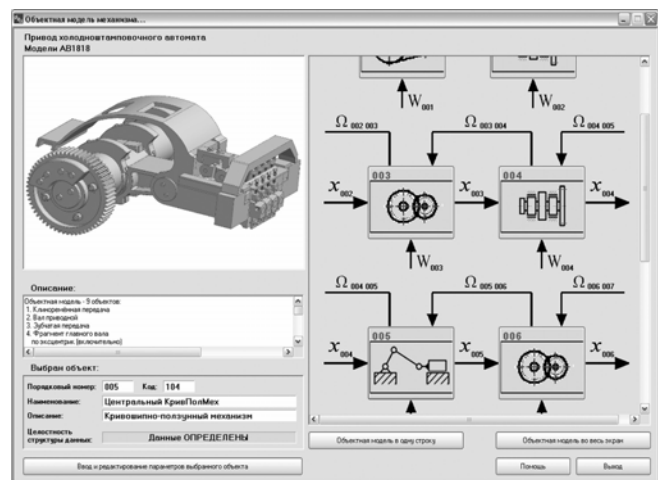
одно единственное входное звено и имеющее только одно выходное звено, изображён на рис. 2а. В данном конкретном случае это кривошипно-ползунный механизм, состоящий из двух звеньев: шатуна и ползуна (без кривошипа). Его динамическая модель (рис. 2б) представляет собой системы сосредоточенных масс (шатун – от 1-ой до 3-х и ползун – от 1-ой до 2-х), соединённых безынерционными упруго-диссипативными связями. В соединениях шатун-кривошип и кривошип-ползун возможен зазор.

Входными параметрами объекта являются функция перемещения (углового или линейного) предшествующего ему объекта (φ_{i-1}) и внешние нагрузки W_i на этот объект (например,

силы и моменты сил трения, конструкционные и технологические). Выходной параметр, соответственно функция перемещения выходного звена. Свойства – набор констант, определяющих количественные характеристики модели, соответствующей данному объекту. Среди них параметры функций положения и передаточных функций (для входного звена это U_i и U_i'), упруго-инерционные и диссипативные характеристики. Отклик, по существу выходной параметр, это воздействие сил упругости R_i и диссипации R_{bi} в первом фрагменте входного звена на объект предшествующий. Возмущение – это отклик со стороны следующего объекта (или следующих, если их несколько) на воздействие объекта данного.



а



б

Рис. 3. Конструктор объектного представления механизма (а) и его объектная модель (б)

Решение задач, связанных с построением объектно-ориентированных моделей, расчётом её параметров и проведением динамических исследований, автоматизировано. Комплекс программ, объединённый в единую систему (**dam** – динамический анализ механизмов), включает ряд модулей. Основные из которых следующие:

1. Создание и открытие проекта. Проект – это определённым образом организованный набор различного типа файлов, в которых хранится информация об объектах, связях между ними и их параметрах, а также описание исследуемого механизма.

2. Построение объектно-ориентированного представления механизма. На рисунке 3а показана основная часть этого модуля, в которой из уже готовых объектов осуществляется сборка объектного представления механизма или его редактирование. Для отображения объектной модели (рис. 3б) и информации обо все составляющих её объектах достаточно щёлкнуть по кнопке <Объектная модель>. Из

окна «Объектная модель механизма» можно загрузить модуль ввода, редактирования и тестирования параметров выбранного объекта.

3. Модули ввода, редактирования и тестирования параметров объекта. Характерными особенностями данных модулей (их количество равно числу объектов) являются:

- Определение числа масс (сложности) модели и массы выходной. Уже на стадии определения параметров объекта могут быть определены его динамические характеристики, как в зависимости от сложности модели, так и при различных значениях её упруго-инерционных параметров в области их допустимых значений. По существу такая процедура позволяет заменить натурный эксперимент численным и, таким образом, «экспериментально» проверять каждый из объектов объектного представления механизма на «доброкачественность» [3], что в известной степени позволяет снять вопрос о достоверности результатов динамических исследований, выполняемых с помощью системы **dam**.

- Ввод упруго-инерционных и диссипативных параметров модели. Значения этих параметров могут быть определены с достаточной точностью при минимальной трудоёмкости, если проектирование механизма осуществляется в одной из систем твёрдотельного моделирования.

- Наличие библиотеки типовых функций положения, позволяющей в различных вариантах реализовать следующую схему идеального перемещения входного звена объекта: подъём (прямой ход) – верхний выстой – опускание (обратный ход) – нижний выстой.

- Ввод данных о зазорах и погрешностях изготовления.

- Широкие возможности для определения функций внешних нагрузок для каждой из

масс динамической модели объекта и их разделение на три группы: силы трения, конструкционные и технологические нагрузки.

- Сохранение различных вариантов данных отдельно по упруго-инерционным характеристикам, функциям положения, зазорам, погрешностям изготовления и внешним нагрузкам для каждого объекта.

- Возможность выполнения тестирования введённых данных (рис. 2г).

4. Динамический анализ механизма (рис. 4). Данное приложение совокупность динамических моделей, соответствующих объектному представлению механизма, преобразует в математическую модель – системы дифференциальных уравнений, выполняет их решение и вывод результатов.

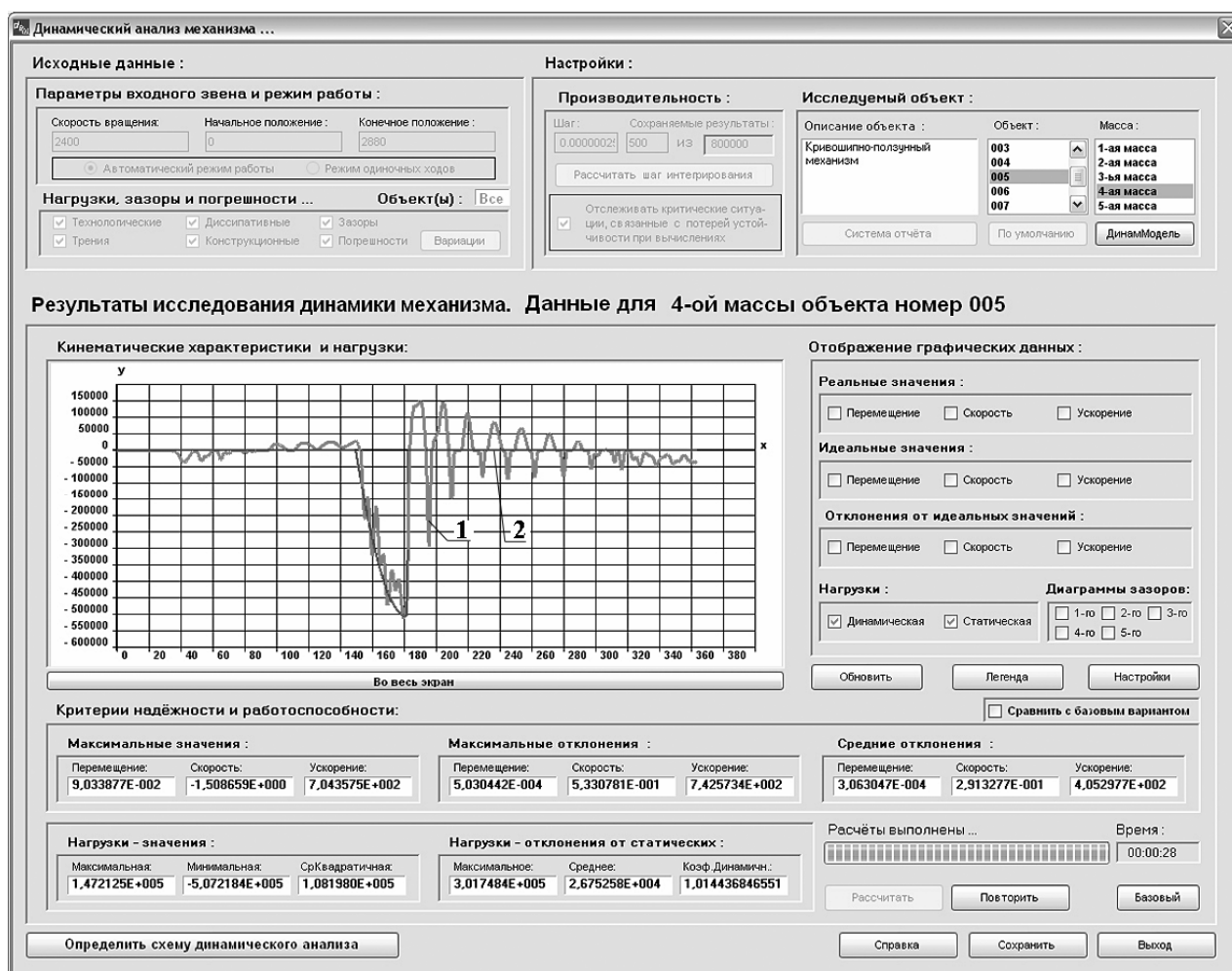


Рис. 4. Окно приложения «Динамический анализ механизма» в режиме расчёт динамики механизма. Результаты расчёта динамической (1) и статической (2) нагрузок на 1-ой массе ползуна

Следует отметить широкие возможности, связанные с управлением данными объекта. Основные из них следующие:

- Управление производительностью механизма.

- Возможность исключения из расчётной модели (и изменения в определённых пределах) в процессе выполнения вычислений различных видов нагрузок, диссипативных сил, зазоров в кинематических парах и погрешности изготовления высших пар (дорожек кулачков).

- Широкий спектр выходной графической информации. Управление её представлением и сохранением.

- Определение надёжности и работоспособности механизма (или отдельного его объекта) по

пятнадцати критериям и ряду графических зависимостей (Рис. 4).

- Возможность сохранения результатов с целью их дальнейшего сопоставления при выборе наиболее рационального конструктивного решения на этапе проектирования механизма.

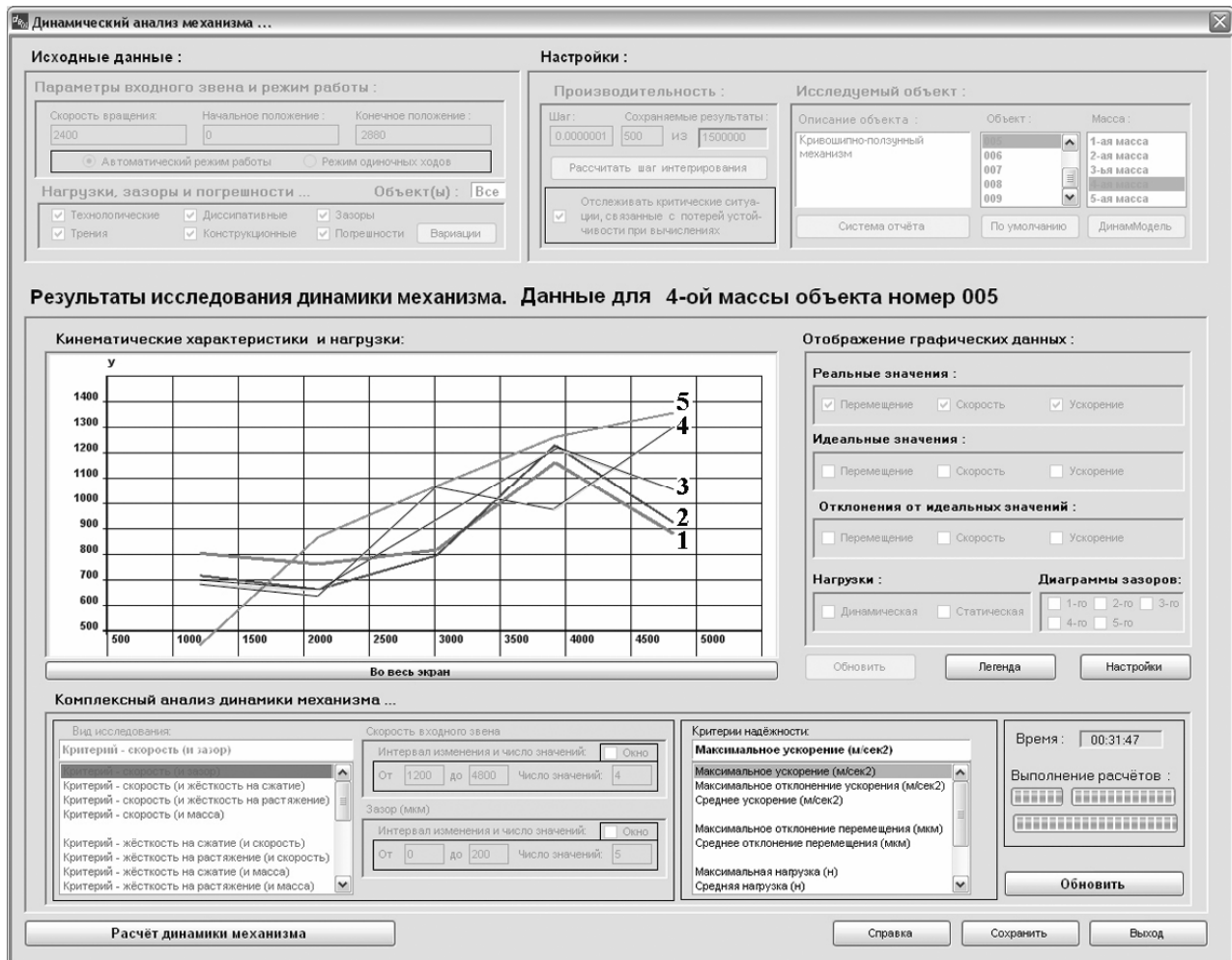


Рис. 5. Комплексный анализ динамики: максимальное ускорение ползуна главного исполнительного механизма в зависимости от скорости работы автомата при зазоре в соединении шатун-ползун: 1 – 0 мкм, 2 – 50 мкм, 3 – 100 мкм, 4 – 150 мкм, 5 – 200 мкм

Динамический анализ механизма – это не только расчёт его кинематических параметров, нагрузок и обобщённых критериев качества, но и задачи, связанные с прогнозированием динамических характеристик в зависимости от изменения внешних и внутренних воздействий и условий [3, 4]. Реализация подобных задач (рис. 5) возможна в том же окне («Динамический анализ механизма») с помощью кнопки-переключателя: «Определить схему динамического анализа». Система динамического анализа механизма предлагает пользователю определить один из 18-ти видов исследования. Каждое из которых, автоматизация построения зависимостей вида критерий (ось ординат) – 1-ый изменяемый параметр (ось абсцисс) – 2-ой

изменяемый параметр. После вычислений можно определить любой из десяти критериев качества и построить соответствующие зависимости. На рис. 5 представлены результаты подобных исследований, выполненных по схеме критерий (ускорение ползуна) – скорость вращения входного звена (шків электродвигателя) – зазор в кинематической паре шатун-ползун.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вульфсон, И.И. Колебания машин с механизмами циклового действия. – Л.: Машиностроение, 1990. 592 с.
2. Rumbaugh, J. Object-Oriented Modeling and Design / J. Rumbaugh et al. – Prentice Hall, 1991. 500 p.

3. Телегин, В.В. Динамика механизмов многопозиционных холодноштамповочных автоматов: монография / В.В. Телегин. – Липецк: ЛГТУ, 2006. 204 с.
4. Телегин, В.В. Анализ динамики быстроходных машин-автоматов прессового производства на основе их твердотельных моделей // Известия ТулГУ. Серия. Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением. – Тула: ТулГУ, 2004. Вып. 1. С. 197-206.

THE OBJECT-ORIENTED APPROACH AND ITS COMPUTER IMPLEMENTATION IN PROBLEMS OF THE MACHINES DYNAMIC ANALYSIS

© 2010 V.V. Telegin

Lipetsk State Technical University

In paper questions of application the methods of componental modelling and object-oriented technologies at the automated construction of mechanisms dynamic models and their programm implementation are observed .

Key words: *mechanism, modelling, object, damping coefficient, position function*