

УДК 681.142.4:621.72.01

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ НЕКОТОРЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Л.А. Козлов, В.А. Львов

Как известно, создание новой сложной машины представляет собой трудоемкий и длительный процесс. На разработку и доводку некоторых конструкций уходят годы напряженного труда целых коллективов, и все же нередки случаи, когда результаты оказываются неудачными. Проектирование сложных технических объектов в машиностроении — это по сути дела научно-исследовательская работа. Вычислительные системы, оборудованные средствами ввода — вывода графической информации [1], дают принципиальную возможность других решений ряда проблем автоматизации проектирования. По нашему мнению, развитие этого направления будет определяться не только появлением новых технических средств, но и работами по созданию математических моделей проектируемых объектов и этапов деятельности проектировщика.

I. Для многих математических моделей, описывающих сложные технические объекты в машиностроении, характерны следующие положения:

- а) большое число исходных параметров, изменяющихся в широких пределах;
- б) существенная часть исходной информации представляется в графической форме;

- в) математические зависимости в основном нелинейные;
- г) модель имеет ряд оценочных параметров, проверенных опытным путем;

д) детерминистические модели подвержены значительному влиянию случайных факторов.

Входами модели являются геометрические, физические, а также вероятностные характеристики: поверхности, объемы, массы, моменты инерции, координаты центров тяжести, модули упругости материалов, графики плотности распределения случайных величин и др. В качестве входных могут быть использованы характеристики, полученные экспериментально в результате испытаний работоспособного прототипа.

Информационными выходами модели должны быть характеристики, которые наглядно отражают поведение системы. Ими могут быть изображения поверхностей и тел, графики перемещений, планы скоростей и ускорений, эпюры напряжений, векторные диаграммы, числовые значения и др. (кроме традиционных возможны и новые графические абстракции [2]). Некоторые из выходов могут служить оценочными параметрами или конечными критериями. Последние иногда выбираются в качестве критериев оптимальности.

Основными трудностями исследования описанной модели являются следующие:

- а) подготовка исходных данных;
- б) поиск принципов решений нелинейных экстремальных задач;
- в) представление выходных величин в наглядной форме.

Для подготовки исходных данных необходимы средства автоматического и полуавтоматического кодирования графиков, чертежей и объемных моделей [3], [4], [5], устройства для получения документа и машиночитаемого носителя [6], для переписи информации с одного носителя на другой, контроля и др., а также математическое обеспечение этих средств, ориентированное на определенную проблему [4].

Проведение анализа вариантов на математической модели, требует комплекса устройств отображения (индикаторов на ЭЛТ, графопостроителей средств кино- и фотосъемки [1]) и программ, обеспечивающих их использование.

Для исследования математических моделей сложных объектов в машиностроении необходимы большие вычислительные мощности. Можно показать, что для моделирования такой машины как двигатель внутреннего сгорания требуются вычислительные системы высокой производительности.

2. Вычислительные системы, оборудованные устройствами ввода-вывода графической информации, позволяют эффективно проводить исследования рассматриваемых моделей.

Для случая независимых исходных параметров этот процесс можно представить в виде схемы (рис.1). Слева заштрихованные участки прямоугольников представлены их конкретные значения. I - I2 - некоторые алгоритмические блоки. Справа дру-

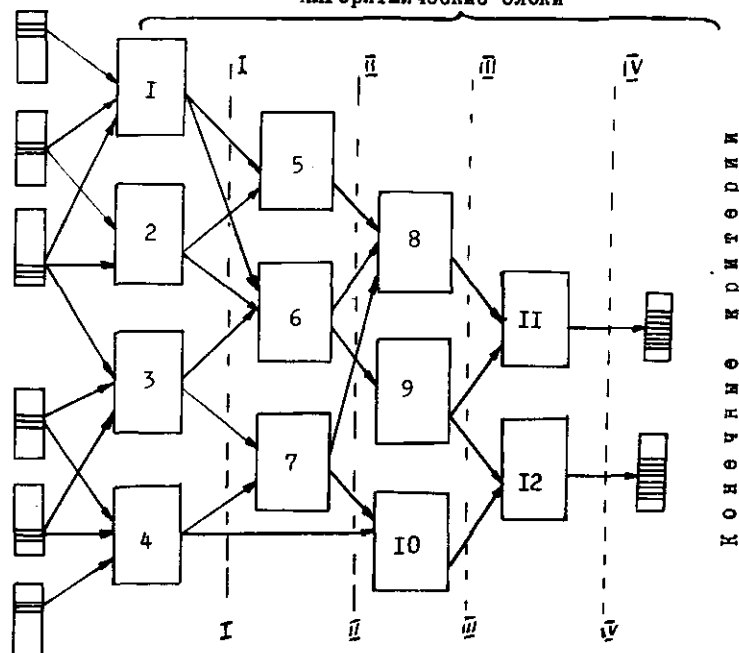


Рис. 1. Схема исследования математической модели при независимых исходных параметрах.

ма прямоугольниками изображены конечные критерии (их может быть много и больше). Заштрихованные участки имеют смысл значений, близких к оптимальным. На рис. 1 приведена беспетлевая схе-

ма алгоритма, т.к. к этому виду можно привести любую логическую схему практически выполнимого алгоритма [7].

Специальное программное обеспечение позволяет осуществить сечение алгоритма как на конечном (сечение У-IV), так и на промежуточных этапах (сечения I-I, II-II, III-III). Программа преобразования числовых массивов в графическую форму и соответствующие устройства облегчают исследователю принятие решения о дальнейшем ходе вычислительного процесса. Графические абстракции, по которым можно судить о ходе вычислительного процесса, называем индикаторами.

Суть процесса исследования модели сводится к направленному перебору значений исходных параметров с целью получения предварительно локальных оптимумов или удовлетворительной формы индикаторов, а затем и значений конечных критериев, близких к оптимальным.

Известно, что локальная оптимизация на ранних этапах, хотя и сокращает перебор вариантов, не всегда ведет к глобальному оптимуму. Однако реальную систему, какой является сложная машина, удается делить на подсистемы, каждая из которых слабо влияет на другую, но оказывает значительное воздействие на функционирование системы в целом. Поэтому, несмотря на то, что локальные критерии не могут дать единственно правильного решения, они значительно сужают область изменения этих параметров и сокращают время просмотра одного варианта.

В машиностроении находят применение математические модели, описывающие объект при фиксированных значениях некоторых параметров. Последние в реальных условиях меняются, что сказывается на других исходных параметрах, которые считаются независимыми. Но на практике эти изменения не учитываются, т.к. модель становится слишком сложной. В ряде случаев представляет значительный интерес изучение влияния таких параметров на некоторые характеристики объекта. Принципиально эта возможность существовала всегда, но сложные вычисления с последующими преобразованиями результатов в графическую форму не позволяли просматривать достаточного количества вариантов. Подобными моделями иногда пользуются при выполнении проектных и проверочных расчетов, когда процесс вычислений повторяется многократно. В таких условиях возможность варьирования (ранее фиксированным) параметром будет полезной.

Для того, чтобы решить эту задачу необходимо:

- а) выявить теоретически или экспериментально какие параметры и как зависят от варьируемого;
- б) упорядочить найденные зависимости, создать из них библиотеку (например, на магнитной ленте) и обеспечить к ней программный доступ;
- в) разработать программу варьирования, которая по заданным значениям варьируемых параметров будет находить соответствующие значения других параметров и передавать их на входы модели;
- г) разработать комплекс программ "сервиса", позволяющих представить в наглядной форме как промежуточные, так и конечные результаты. Схема исследования такой модели приведена на рис. 2.

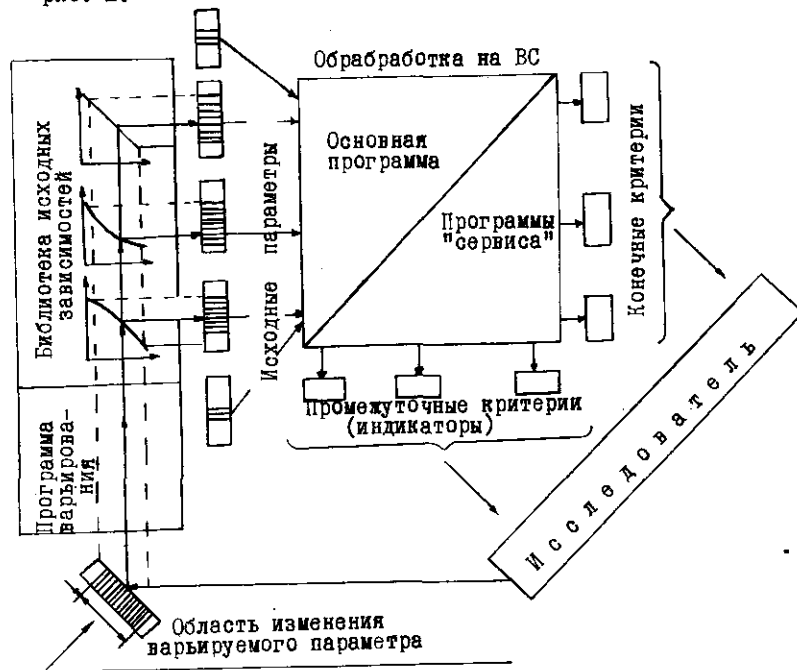


Рис. 2. Схема исследования математической модели в случае зависимости ряда исходных параметров от варьируемого параметра.

3. Рассмотренная методика была применена при исследовании математической модели, отражающей процессы нагружения и износа подшипников коленчатого вала поршневого двигателя внутреннего сгорания. Математические зависимости, последовательность выполняемых расчетов и некоторые методы построения специальных характеристик описаны в литературе по конструированию и расчету двигателей внутреннего сгорания [8], [9]. Анализ существующих методик показал, что для этих расчетов характерны следующие положения:

- а) сложность подготовки исходных данных, так как исходная информация берется с компоновок, чертежей и готовых деталей (прототипа);
- б) громоздкость вычислений;
- в) необходимость построения большого количества графиков: минимум 32 диаграмм нагрузок и износа шеек и подшипников коленчатого вала, для ручного построения которых по результатам расчетов на ЭЦВМ требуется 14 часов рабочего времени одного человека;
- г) расчет производится только для определенного режима работы двигателей фиксированного значения числа оборотов и нагрузки.

Для того, чтобы обеспечить возможность практического осуществления многовариантных исследований проделана следующая работа:

- а) разработаны устройства подготовки исходных данных;
- б) разработано математическое обеспечение этих устройств (программы вычисления площадей, объемов, моментов инерции, программы определения областей пересекемости двух тел и др.);
- г) разработано программное обеспечение, позволяющее вводить в расчеты экспериментальные данные (индикаторные диаграммы);
- д) разработано программное обеспечение вывода графической информации на базе языка АЛГОЛ и одного из типов трансляторов;
- е) используемая математическая модель нагружения и износа представлена таким образом, что имеется возможность вывести на ЭЛТ или графопостроитель свыше 50 диаграмм и графиков (индикаторов), например, графики перемещений, скоростей и ускорений поршня, кривые газовых сил, сил инерции, суммарных сил, боковой силы, нормальной силы, тангенциальной силы,

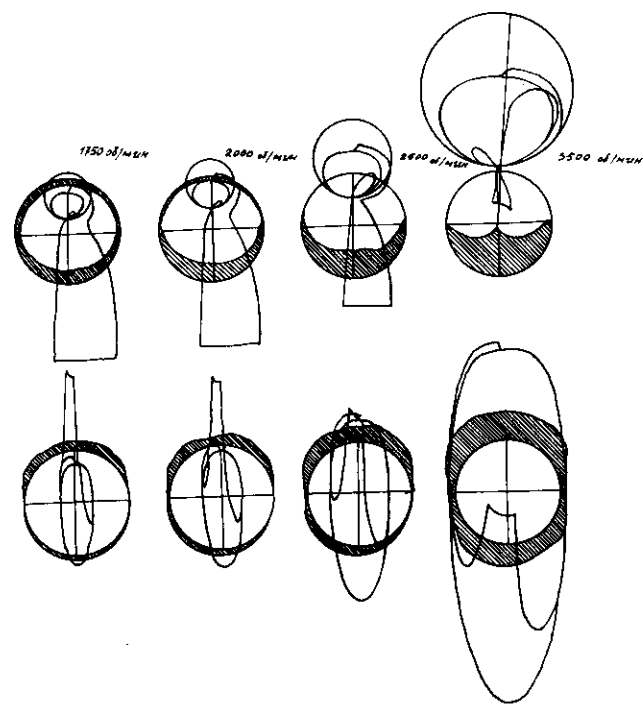


Рис. 3. Изменение полярных диаграмм нагрузок и диаграмм износа шатунных шеек и подшипников при варьировании числом оборотов коленчатого вала

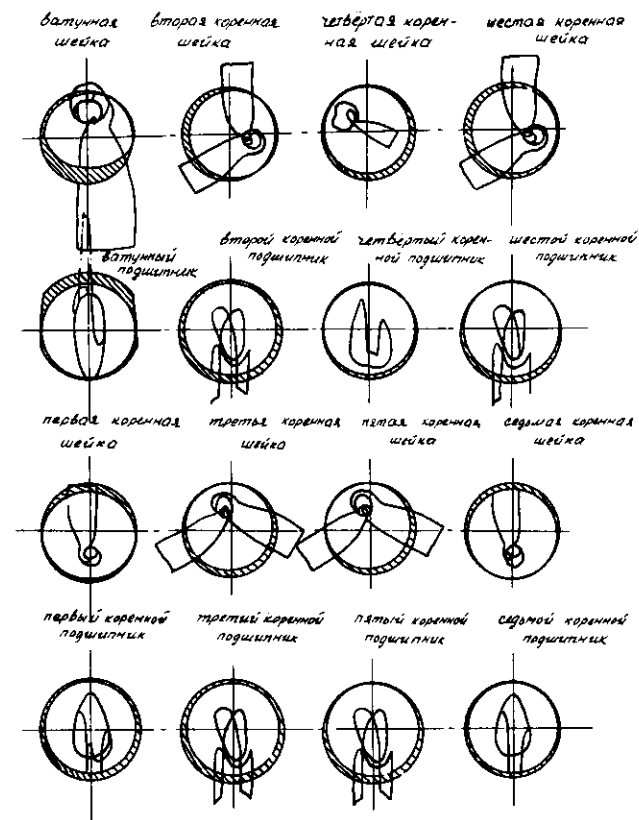


Рис. 4. Векторные диаграммы нагрузок износа шатунных и коренных шеек коленчатого вала

диаграммы нагрузок на шейки и подшипники коленчатого вала (16 диаграмм), диаграммы износа (16 диаграмм), кривые суммарного момента, набегавших моментов на коренные шейки вала, моментов, скручивающих шатунные шейки вала и другие (см. [8]),

ж) разработано программное обеспечение, позволяющее реализовать функциональные звенья схемы (рис. 2), что дает возможность проводить многорежимные исследования модели (выбор варьируемых параметров и установлении исходных зависимостей — это вопросы компетенции специалистов соответствующего профиля).

На рис. 3 показан примен изменения векторных диаграмм нагрузок на шатунные шейку и подшипники, а также изменения диаграмм износа при варьировании числом оборотов коленчатого вала как независимым параметром. На рис. 4 показаны те же диаграммы для коренных шеек, полученные на шаговом графопостроителе, управляемом от ЭВМ "Днепр" [1]. Если закончить исследование модели на этапе получения приемлемых характеристик нагружения и износа, то графики для коренных шеек можно рассматривать как конечные критерии. Если вести исследование дальше (на крутильные колебания, определение характеристик прочности и т.п.), то рассматриваемые диаграммы будут служить промежуточными характеристиками (индикаторами).

Разработанные методика и математическое обеспечение, необходимое для её осуществления, могут быть применены для исследования многих других достаточно сложных систем, имеющих как механическую, так и немеханическую природу.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.А. АЛЕКСЕЕВ, В.А. ЛЬВОВ. Организация связи с ЭЦВМ при автоматизации научных исследований. — В сб.: Вычислительные системы, вып. 35. Новосибирск, 1969 г.
2. J.E. SUTHERLAND. Computer graphics: ten unsolved problems. — Datamation, 1969, vol.12, N 5, May, p.22-27.
3. А.И. ПЕТРЕНКО. Автоматический ввод графиков в вычислительные машины. М., "Энергия", 1968 г.
4. Л.А. КОЗЛОВ, В.А. ЛЬВОВ. Электропланшеты для ввода графической информации в ЭЦВМ. — В сб.: Вычислительные системы, вып.35, Новосибирск, 1969 г.
4. В.И.БЕРЕГОВОЙ, В.И. ДОМАРЕВ, Л.А. КОЗЛОВ, В.А. ЛЬВОВ. Полуавтоматическое устройство для кодирования объемных моделей. Настоящий сб., стр. 153-157.

6. Л.А. КОЗЛОВ, В.В. СОРОКИН, В.Б. СТЕПАНОВ. Устройство для выписки документа с одновременным выборочным занесением информации на перфокарты. Труды второй республиканской научно-технической конференции "Механизация и автоматизация инженерного и управленческого труда в промышленности", Киев. 1957 г.
7. Э.В.ЕВРЕЙНОВ, Ю.Г. КОСАРЕВ. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск, "Наука", 1966 г.
8. Конструирование и расчет автотракторных двигателей. Под редакцией проф. Степанова Ю.А. "Машиностроение", 1964 г.
9. ДИЗЕЛИ. Справочник под ред. д.т.н. В.А.Ванштейда. "Машиностроение", 1964 г.

Поступила в редакцию
17/IX — 1969 г.