

6  
А-62

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р  
Новосибирский электротехнический институт

Л.А. Козлов

ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЙ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ В СИСТЕМЕ ГРАФИЧЕСКОГО  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ЭЦМ

(Применительно к машиностроению)

Специальность № 05.255 "Техническая кибернетика"

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Новосибирск  
1971

Министерство высшего и среднего специального образования  
РСФСР  
Новосибирский электротехнический институт

Л.А. Козлов

ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИИ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ В СИСТЕМЕ ГРАФИЧЕСКОГО  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ЭЦВМ

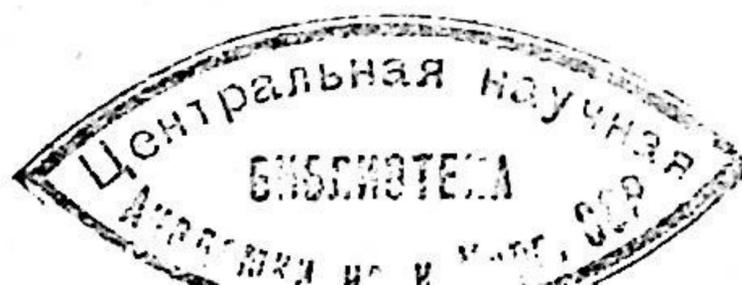
(Применительно к машиностроению)

Специальность № 05.255 "Техническая кибернетика"

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Новосибирск  
1971



Работа выполнена в Институте математики СО АН СССР

Научный руководитель - кандидат технических наук В.А.Львов

Консультант по вопросам теории двигателей внутреннего сгорания - кандидат технических наук А.В.Нечаев

Официальные опоненты:

доктор технических наук	Н.Г.Загоруйко
кандидат технических наук	О.Н.Лебедев

Ведущее предприятие - Сибирский физико-технический институт

Автореферат разослан " " \_\_\_\_\_ 197 г.

Защита диссертации состоится на заседании ученого совета по присуждению ученых степеней Новосибирского электротехнического института

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направить в ученый совет института по адресу: Новосибирск - 87, пр.К.Маркса, 20.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета Б.Н.Гулько

Одной из проблем современного машиностроения является необходимость сокращения сроков разработки новых конструкций при гарантии их высокой работоспособности и надежности.

Стремление форсировать процессы создания новых машин привело в мировой практике к разработке систем автоматического проектирования. Основным процессором такой системы обычно служит мощная ЭЦМ, работающая в режиме разделения времени. В систему входят средства кодирования графической информации и средства фиксации результатов.

Применение вычислительной техники в практике отечественного машиностроения существенно тормозилось отсутствием до недавнего времени высокопроизводительных ЭЦМ, а также устройств ввода-вывода графической информации и средств подготовки исходных данных. С появлением вычислительных систем высокой производительности, новых средств обработки графической информации, а также с разработкой и внедрением методов их использования эти трудности преодолеваются.

Продолжительность первых этапов создания новой машины (проектирование, изготовление и испытание опытных образцов) в значительной степени определяются предварительно проведенными расчетно-исследовательскими работами. Многие исследования в машиностроении целесообразно проводить на математических моделях, т.к. изготовление реального объекта и внесение в него изменений связано со значительными трудностями.

Практика показала, что можно добиться хороших результатов при исследовании математических моделей сложных технических объектов, если человек и ЭЦМ будут выступать как партнеры. При этом на ЭЦМ возлагается проведение вычислений, а на человека - оценка и принятие неформальных решений. Для того, чтобы такое взаимодействие стало возможным необходимо:

- 1) создать эффективную систему сбора и первичной обработки исходных данных;
- 2) выработать рекомендации, касающиеся структуры математических моделей и методов поиска оптимальных или, по крайней мере, приемлемых решений;
- 3) обеспечить возможность представления результатов в наглядной форме.

Работа автора была сосредоточена в основном на решении вопросов, относящихся к первому и третьему пунктам. Но также рассматривались некоторые вопросы относительно рекомендаций о рациональной форме представления математических моделей с точки зрения возможностей исследования их с помощью ЭЦМ, оснащенных средствами ввода-вывода графической информации.

В работе проводится анализ опыта применения систем графического взаимодействия с ЭЦМ в машиностроении. Описаны разработанные автором (и при его участии) технические средства подготовки исходных данных, а также математическое обеспечение их и процессов вывода информации из ЭЦМ в графическом виде. Технические средства и математическое обеспечение применены для решения некоторых конкретных задач в области машиностроения.

Реферлируемая работа состоит из введения, пяти глав, заключения, приложений и списка литературы. Диссертация содержит 147 страниц основного текста с 50 иллюстрациями (20 из них выполнены вычислительной машиной). На 8 фотографиях показаны разработанные автором или при его участии устройства подготовки данных. Приложения содержат 82 страницы с программами математического обеспечения процессов подготовки данных и процессов отображения информации, с программами обработки индикаторных диаграмм и программами для исследования динамики коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания. В приложениях приведены также необходимые математические описания, относящиеся к теории двигателя внутреннего сгорания. Список литературы содержит 83 наименования работ на русском, английском и немецком языках.

В главе I рассмотрены вопросы применения систем графического взаимодействия с ЭЦМ. Отмечено весьма интенсивное развитие графических средств двухстороннего обмена информацией между человеком и вычислительной машиной и применения этих средств в машиностроении, где графическая форма представления информации является основной.

Описывается ряд примеров использования систем типа "СКЕТЧ-ПАД", "ДАК-1" на заводах зарубежных фирм, приводятся фотографии чертежей, выполненных вычислительными машинами. Анализируется программное обеспечение этих систем.

В главе дается обзор работ, проводимых в СССР в области автоматизации проектирования и автоматизации научных исследо-

ваний в машиностроении. Рассматривается комплекс работ по автоматизации конструирования, проводимых в Институте технической кибернетики АН БССР. Описывается графически-ориентированная вычислительная система Института математики СО АН СССР и комплекс задач, решаемых с помощью этой системы.

Проведенный обзор систем графического взаимодействия человека с вычислительной машиной и анализ примеров их использования позволили автору определить ряд первоочередных задач, которые необходимо было решить для обеспечения эффективного применения таких систем в области машиностроения в существующих условиях, а именно:

- разработать систему подготовки исходных данных (технические средства, их математическое обеспечение, библиотека кодированных сведений - перфотека или магнитотека);

- разработать математическое обеспечение процессов отображения и фиксации графической информации;

- найти методику работы с математическими моделями в системе графического взаимодействия с ЭЦМ.

В последующих главах приводятся описания работ автора, направленных на решение этих задач.

В главе II описываются разработанные средства кодирования и первичной обработки информации, поскольку эффективность применения ЭЦМ в области машиностроения существенно зависит от организации процесса подготовки исходных данных. Время, затраченное на подготовку исходных данных, во многих случаях фактически определяет продолжительность решения задач. Автоматизация подготовки исходных данных может быть осуществлена путем применения специальных технических средств и соответствующего математического обеспечения.

Основной формой представления информации в машиностроении является графическая, поэтому при подготовке исходных данных в первую очередь необходимы средства кодирования графиков и чертежей (автоматические и полуавтоматические). Исходя из тех соображений, что автоматический ввод в ЭЦМ чертежей влечет за собой трудности, связанные с распознаванием образов, в работе отдано предпочтение полуавтоматическим устройствам кодирования графической информации.

Для кодирования графиков и чертежей при участии автора разработано полуавтоматическое устройство цифрового кодирования графической информации. Автором выведены уравнения кинематики механизма прибора, позволяющие построить такое устройство, в котором датчиками могут служить как потенциометры, так и преобразователи "вал-код". Выполнена общая компоновка прибора. Исследована точность механизма. Автором также разработан аналоговый вариант этого устройства ("Электропланшет").

В современном проектировании встречаются работы, когда исходную информацию желательно представлять не чертежами и графиками, а объемными моделями. Здесь имеется в виду первоначальное макетирование изделия из легкообрабатываемого материала с целью последующего кодирования его формы для ввода в ЭЦМ, представления её в виде математической модели и дальнейшего исследования уже программным путем. Для этой цели разработано и изготовлено устройство кодирования объемных моделей. В работе выведены основные уравнения, исследована точность прибора. Устройство защищено авторским свидетельством.

Для контроля точности и настройки приборов кодирования графической информации разработана специальная программа, которая позволяет оценить погрешность кодирования по всему рабочему полю.

Под руководством автора разработан также ряд устройств для кодирования цифровой и текстовой информации, позволяющий одновременно получать документ и носитель информации, читаемый машиной. В течение ряда лет находятся в эксплуатации следующие устройства: агрегат "фактурная машина - перфоратор карт", агрегат "суммирующая машина - перфоратор ленты", агрегат "пишущая машинка - перфоратор ленты", устройство выборочной перезаписи информации с перфокарт на перфоленту, устройство для контроля и устранения ошибок, возникающих при перезаписи информации.

В главе III рассматривается математическое обеспечение процессов ввода графической информации и процессов первичной обработки информации геометрического характера. Разработанное математическое обеспечение не является полным, а ограничено минимальным набором самых необходимых процедур, потребовавшихся

при выполнении работ, связанных с подготовкой данных для задач, решаемых в пятой главе.

За основу математического обеспечения был взят язык АЛГОЛ ввиду его наибольшей распространенности в СССР и наличия трансляторов для ЭЦМ "Минск-22", также получившей большое распространение. Возможности языка были расширены за счет создания дополнительных процедур, позволяющих проводить операции по подготовке данных.

Математическое обеспечение содержит процедуры общего назначения и процедуры, ориентированные на решение некоторых задач машиностроения. Проблемная ориентация математического обеспечения позволяет специалисту данной конкретной области пользоваться привычными понятиями при решении задач на ЭЦМ. Процедуры, разработанные для подготовки исходных данных, позволяют вводить массивы восьмеричных чисел с перфоленты с определением объемов вводимых массивов, обеспечивают экономическую упаковку информации в память ЭЦМ, производят сжатие информации, выполняют операции первичной обработки информации (сложение, умножение, дифференцирование и интегрирование графиков, переход к полярным координатам, вычисление площадей, моментов инерции, центров тяжести плоских фигур, определение объемов тел вращения и т.п.).

В главе IV описывается разработанное математическое обеспечение процессов вывода графической информации, которое также строится на базе языка АЛГОЛ. Этот комплекс программ позволяет планировать размеры выводимого изображения, предусматривает возможность выбора масштаба, а также автоматическое масштабирование, если границы изменения переменных программисту не известны. Программист может снабдить координатные оси ~~отметками~~ и наименованиями переменных. В любом месте поля индикации или чертежа могут быть сделаны надписи русским и латинским шрифтом. Имеется библиотека кодированных изображений, где хранятся наиболее употребительные графические изображения: символы, координатные оси, рамки чертежей, паспорта чертежей и т.п. В библиотеку можно записать любое изображение (ограничением является лишь объем требуемой памяти). Программное обеспечение пов-

воляет представить в виде аксонометрического изображения сложную поверхность, спроектированную вычислительной машиной. На рис. 1 показан набор символов, вычерченный шаговым графопостроителем, которым располагает программист.



Рис. 1

- наличием оценочных характеристик (конечных и промежуточных), проверенных опытным путем.

Примером таких промежуточных характеристик могут служить показанные на рис. 2 векторные диаграммы нагрузок и диаграммы условного износа шеек коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.

Исследователь, работая с математической моделью и получая на экране ЭИТ изображения подобных диаграмм, может оценить их (в данном случае качественно) и подобрать такие исходные данные, при которых обеспечивается равномерность износа шеек.

В главе У рассмотрены примеры применения разработанного технического и программного обеспечения для решения задач, связанных с проектными расчетами двигателей внутреннего сгорания. Описана методика решения таких проектных задач, для которых характерно наличие прототипа. Используемые в этих случаях математические модели обладают следующими особенностями:

- большим числом исходных параметров, изменяющихся в широких пределах;
- графической формой представления существенной части исходной информации;
- нелинейностью математических зависимостей;

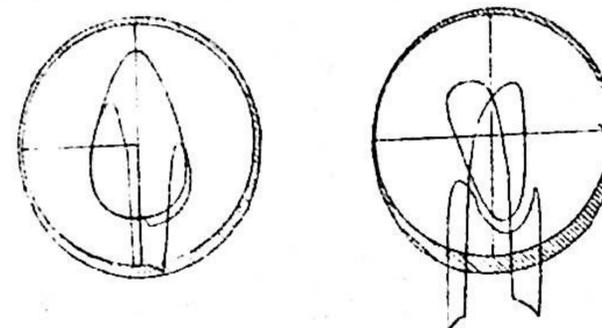


Рис. 2.

Информационными выходами модели обычно выбираются характеристики, которые наглядно отражают поведение системы. Ими могут быть изображения поверхностей и тел, графики перемещений, планы скоростей и ускорений, эпюры напряжений, векторные диаграммы и др.

Применение графически-ориентированных вычислительных систем для исследования математических моделей машиностроения не требует коренного пересмотра самих моделей. Необходимо только их перестроение для получения более рациональной формы. Возможность быстрого получения промежуточных оценочных характеристик позволяет расчленить всю задачу на ряд подзадач. Каждой оценочной характеристике, исходя из специфики рассматриваемых задач, можно поставить в соответствие некоторый эталон (число, график или какую-либо графическую абстракцию).

В процессе сравнений результатов вычислений с эталонами обычно удается выявить достаточно узкую область приемлемых значений исходных параметров, в которой можно пользоваться подходящими методами оптимизации, насколько это позволяет существующий математический аппарат.

С целью реализации этого метода в работе вводятся понятия индикатора и его ранга. Индикатор - это промежуточный результат вычислений, представленный в виде некоторой графической абстракции (или числа). Если форма (значение) индикатора близка к эта-

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

лонной, то, возможно, и все выходы модели имеют оптимальную форму (значение), в противном случае, по крайней мере, один из выходов модели оптимальной формы (значения) не имеет. Речь идет об "оптимальной форме", так как индикаторы могут оценивать качественно.

Ранг индикатора определяется из выражения:

$$z_m = J - K_m$$

где  $z_m$  - ранг  $m$ -го индикатора,

$J$  - число исходных параметров,

$K_m$  - число параметров, от которых зависит данный индикатор.

Количественная оценка в виде ранга индикатора позволяет установить порядок анализа индикаторов. В принципе исследователь может проводить анализ индикаторов в произвольном порядке в соответствии с его знаниями об объекте и практическими навыками выполнения подобных работ. В случае же, когда ценность индикаторов равновероятна, анализ их предлагается вести в порядке убывания рангов. Это позволяет исследователю анализировать в первую очередь те промежуточные результаты, которые зависят от меньшего числа исходных параметров, что практически оказывается более удобным. Кроме того, при отказе от варианта на основании анализа индикаторов удается избежать потерь машинного времени, так как индикатор меньшего ранга не может непосредственно предшествовать индикатору большего ранга (согласно определению ранга).

Рациональной формой представления математической модели с точки зрения удобства её использования с помощью вычислительных систем, оснащенных устройствами ввода-вывода графической информации, будет такая, которая обеспечивает получение в виде числа или графика любого промежуточного результата, имеющего интерес для исследователя. Математическая модель должна обеспечивать вычисление промежуточных результатов в порядке убывания их рангов.

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

вестно, что локальная оптимизация на ранних этапах, хотя и сокращает перебор вариантов, не всегда ведет к глобальному оптимуму. Однако практически реальную систему, какой является сложная машина, удастся делить на подсистемы, каждая из которых слабо влияет на другую, но оказывает значительное влияние на функционирование системы в целом.

В машиностроении уже накоплен большой опыт проведения исследований на математических моделях, от которого, по-видимому, не следует отказываться, хотя отсутствие ЭЦМ сказалось на структуре многих моделей. Так, при широком изменении параметров многие модели оказываются не адекватными реальным процессам. В этом случае приходится проводить дополнительные исследования по выявлению взаимозависимостей между параметрами, упорядочивать найденные зависимости. Возникает также необходимость в специальной "программе варьирования", которая по заданным значениям варьируемых параметров должна находить соответствующие значения других параметров и передавать их на входы модели. На рис. 3 показана функциональная схема исследования математической модели с помощью графически-ориентированных вычислительных систем.

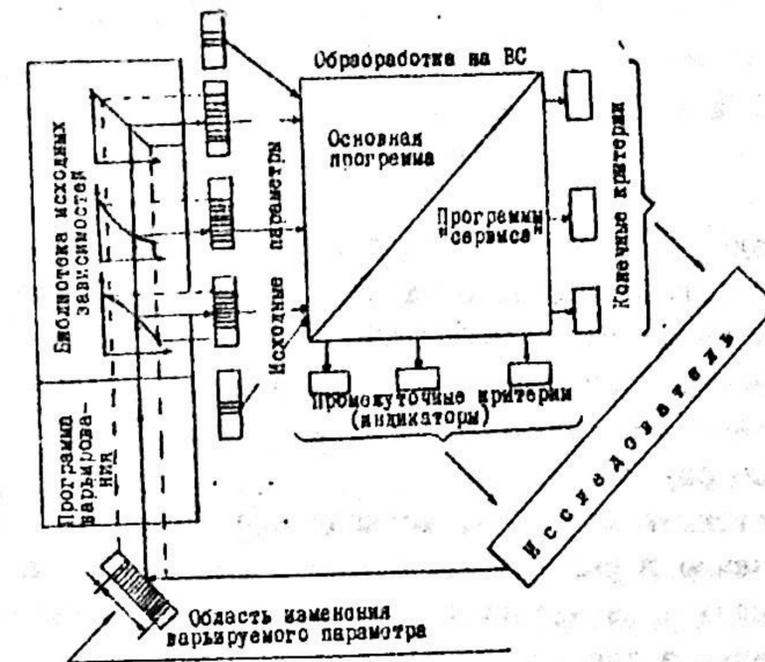


Рис. 3

Программа варьирования является вспомогательным средством и позволяет оператору на любом этапе исследования проследить в автоматическом режиме за изменениями индикатора.

На рис. 4 показано трехмерное аксонометрическое изображение, которое получено в результате работы программы варьирования

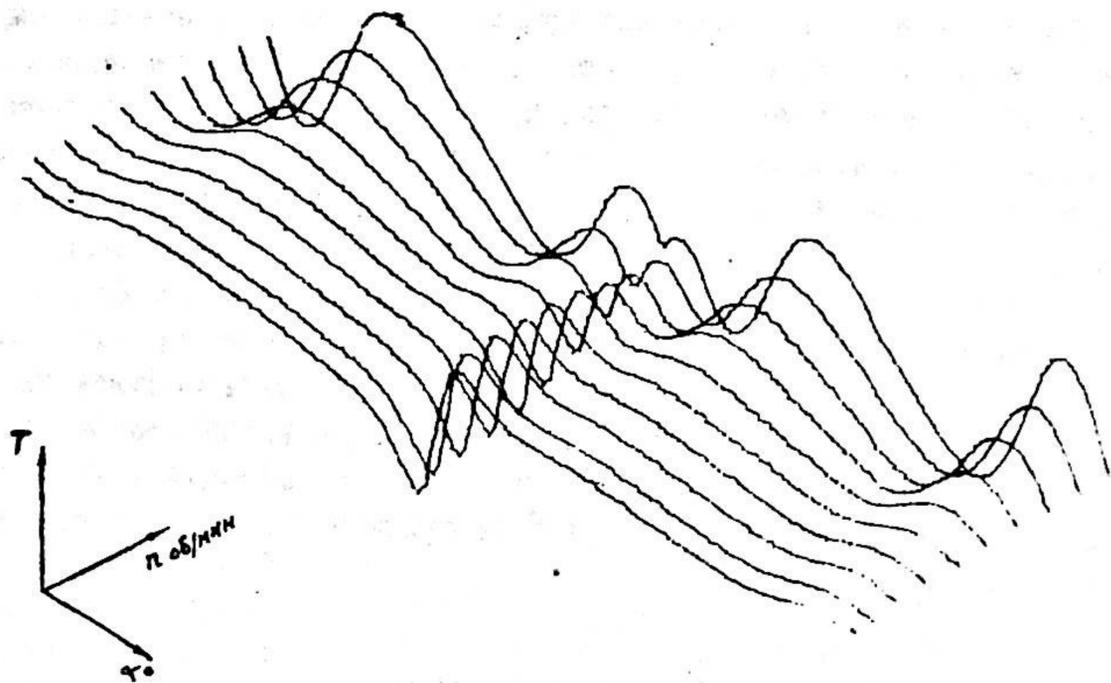


Рис. 4

ния и процедур математического обеспечения, разработанного в главе IV. Эта графическая абстракция дает представление о характере изменения тангенциальной силы (действующей в кривошипно-шатунном механизме) как по углу поворота коленчатого вала, так и в зависимости от числа оборотов вала в диапазоне от 1500 до 4000 об/мин.

Разработанная методика, технические средства и математическое обеспечение в реферируемой работе применены для решения задач, связанных с расчетами и исследованиями двигателей внутреннего сгорания, а именно:

- для исследования математической модели, отражающей процессы нагружения и износа подшипников коленчатого вала поршневого двигателя внутреннего сгорания;

- для обработки индикаторных диаграмм, полученных экспериментально и зафиксированных в виде графиков.

Модель нагружения и износа подшипников коленчатого вала представлена таким образом, что она позволяет вывести на ЭЛТ или графопостроитель свыше 50 графиков и диаграмм, которые могут быть использованы исследователем в качестве индикаторов, все индикаторы вычисляются в порядке убывания их рангов.

Разработана программа варьирования и создана библиотека исходных зависимостей. Библиотека построена для случая, когда варьируемыми параметрами являются число оборотов коленчатого вала и нагрузка.

Модель предусматривает возможность использования в расчетах экспериментальных данных (индикаторных диаграмм). Для кодирования индикаторных диаграмм и ввода их в процессор вычислительной системы применяются полуавтоматические устройства кодирования графической информации. Разработана программа для получения характерных параметров и характерных кривых, которые являются исходным материалом для накопления сведений и дальнейшей их статистической обработки с целью построения развернутой модели рабочего процесса. (Задача создания такой модели в работе не ставилась).

Описанная методика и разработанные программы опробованы на макете графически-ориентированной вычислительной системы Института математики СО АН СССР.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены основные проблемы, возникающие при решении сложных инженерных задач, связанных с расчетами и исследованиями объектов машиностроения с помощью средств вычислительной техники. Изучение этого вопроса показало важность развития средств оперативного взаимодействия человека с ЭЦВМ, особенно средств ввода-вывода графической информации, поскольку графика в машиностроении играет первостепенную роль.

В свою очередь, средства ввода-вывода графической информации могут успешно работать лишь при наличии развитого математического обеспечения.

До настоящего времени ещё нет достаточно хороших и гибких отечественных систем графического взаимодействия с ЭЦВМ. Эти обстоятельства потребовали разработки комплекса технических средств и их программного обеспечения, прежде чем оказалось возможным приступить к решению конкретных инженерных задач в системе графического взаимодействия с ЭЦВМ.

Основные полученные результаты можно сформулировать следующим образом:

1. Разработаны полуавтоматические устройства кодирования графиков, чертежей и объемных моделей (аналоговые и дискретные), а также устройства подготовки и первичной обработки цифровой и текстовой информации.

2. Разработано математическое обеспечение средств подготовки исходных данных в виде набора программ и процедур языка АЛГОЛ, обеспечивающее ввод в ЭЦВМ и первичную обработку информации для некоторых проектных задач машиностроения.

3. Разработано математическое обеспечение процессов вывода некоторых видов графической информации.

4. Предложена методика использования разработанных технических средств и математического обеспечения при решении проектных задач, для которых характерно наличие прототипа.

5. Показана возможность эффективного применения разработанных технических средств, программного обеспечения и методики на примере исследования динамики коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания. Разработано программное обеспечение для обработки экспериментально полученных индикаторных диаграмм с помощью ЭЦВМ, оснащенных средствами ввода-вывода графической информации.

Выполненная работа может служить основой дальнейшего развития технического и программного обеспечения, а также методов решения инженерных задач в системе графического взаимодействия с ЭЦВМ.

По результатам работы были сделаны доклады на следующих конференциях:

1. Научно-технической конференции, посвященной 25-летию Ле-

нинградского института авиационного приборостроения. Ленинград, 1966 г.

2. Первой республиканской конференции по применению вычислительной техники в промышленности. Ижевск, 1966 г.

3. Второй республиканской конференции "Механизация и автоматизация инженерного и управленческого труда в промышленности". Доклады на секции № 1 и секции № 5. Киев, 1967 г.

4. Всесоюзном семинаре "Автоматизация ввода в ЭВМ графиков". Москва, 1968 г.

5. Второй Всесоюзной конференции по однородным вычислительным системам и средам. Москва, 1969 г.

6. Конференции, посвященной 75-летию со дня изобретения радио. Два доклада на секции "Вычислительная техника", Новосибирск, 1970 г.

7. Научно-технической конференции "Молодежь, наука, производство". Секция "Двигатели внутреннего сгорания". Барнаул, 1970 г.

8. Всесоюзной конференции "Автоматизация научных исследований на основе применения ЭЦВМ". Новосибирск, 1970 г.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

1. Л.А.Козлов, В.В.Сорокин. Автоматическое устройство для вычерчивания графиков по координатам, заданным на перфокартах и перфоленте. Труды второй республиканской научно-технической конференции "Механизация и автоматизация инженерного и управленческого труда в промышленности". Секция 1, Киев, 1967 г.

2. 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". Секция 5, Киев, 1967 г.

3. В.И.Домарев, Л.А.Козлов, В.А.Львов. Устройство для ввода геометрической информации. Авт.свид. СССР № 286749 от 17 июня 1968 г.

4. Л.А.Козлов, В.А.Львов, Э.К.Скворцов, Н.Г.Скворцов. Устройство для полуавтоматического цифрового кодирования. - В сб.

"Вычислительные системы", Новосибирск, 1970 г. вып.38, стр.147-152.

5. В.И.Береговой, В.И.Домарев, Л.А.Козлов, В.А.Львов. Полуавтоматическое устройство для кодирования объемных моделей. В сб. "Вычислительные системы", Новосибирск, 1970 г., вып.38, стр.153.

6. Л.А.Козлов, В.А.Львов. Полуавтоматическое устройство ввода графической информации в ЭЦМ. В сб. "Автоматизация считывания и распознавания графиков" АН БССР, Минск, 1969 г. стр.52-56.

7. Л.А.Козлов, В.А.Львов. Электропланшеты для ввода графической информации в ЭЦМ. В сб. "Вычислительные системы", Новосибирск, 1969 г. вып.35, стр.126-132.

8. Э.А. Емельянов, Н.М. Казачук, Л.А. Козлов, В.А.Львов, Н.Ф.Сычев. К вопросу об использовании графических вводных и выводных устройств. В сб. "Вычислительные системы". Материалы ко II Всесоюзной конференции по однородным вычислительным системам и средам. Москва-Новосибирск, 1969 г.

9. Л.А.Козлов, В.А.Львов. Применение вычислительных систем при исследовании математических моделей в области машиностроения. В сб. "Вычислительные системы". Новосибирск, 1970 г. вып.38, стр.128-137.

10. В.И. Береговой, Л.А. Козлов, В.А. Львов. О рациональной форме представления некоторых математических моделей. Материалы научно-технической конференции, посвященной 75-летию со дня изобретения радио. Новосибирск, 1970 г, стр.16-19.

11. В.М.Грия, Л.А.Козлов. Проектирование и вопросы отображения информации. Материалы Научно-технической конференции, посвященной 75-летию со дня изобретения радио. Новосибирск, 1970, стр.20-22.

12. Л.А.Козлов. Исследование некоторых математических моделей в области двигателестроения с помощью графически-ориентированных вычислительных систем. Труды научно-технической конференции "Молодежь, наука, производство". Барнаул, 1970 г., стр.25-33.

13. Л.А.Козлов, В.А.Львов, Л.В.Нечаев, В.М.Грин. Применение графически-ориентированных вычислительных систем при исследовании нагрузок на подшипники коленчатого вала поршневого двигателя внутреннего сгорания. Труды научно-технической конференции "Молодежь, наука, производство", Барнаул, 1970 г., стр.34-40.

14. Л.А.Козлов, В.А.Львов, Л.В.Нечаев, В.М.Грин. О некоторых общих принципах применения графически-ориентированных вычислительных систем при выполнении проектных и проверочных расчетов в машиностроении. Труды научно-технической конференции "Молодежь, наука, производство". Барнаул, 1970 г., стр.41-45.

Подписано к печати 7/1 - 71 г. МН 07007  
Формат бумаги 60x84 1/16. Объем 1,25 п.л. 1 уч.-изд.л.  
Заказ 345. Тираж 180 экз.

---

Отпечатано в Институте математики СО АН СССР, Новосибирск, 90.