

Станислав ГОСНЕЦЬ

Отдел автоматизации инженерских работ
предприятия ШКОДА, Пльзень

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В КОНСТРУКЦИОННОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА

Резюме. В статье анализируется современное положение инженерно-технических расчетов в конструкционной подготовке производства, рассматриваются возможности и методы их автоматизации и требования к техническому оборудованию, и формулируется концепция решения. В заключительной части приводится опыт автоматизации решения основных инженерно-технических расчетов широкого класса механизмов привода с зубчатыми и родственными с ними передачами.

1. ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одним из важнейших факторов дальнейшего развития технического уровня изделий и ускорения циклов их возобновления является в настоящее время конструкционная подготовка производства. Дело в том, что, как вытекает из проведенных анализов, на технический уровень изделий и их потребительскую стоимость, выраженную эффективностью использования материала, наибольшее влияние оказывает конструкция (80% и больше), тогда как влияние выбора технологии обработки составляет 12%, а влияние самого производства только 8% [5].

Кроме того, было установлено, что влияние конструкторов на заработные платы составляет 60%, на накладные расходы 20% и на качество продукции более чем 60% [3].

В конструкционной подготовке производства эти результаты в значительной мере обусловлены инженерно-техническими расчетами, представляющими одну из самых трудоемких и одновременно самых трудных в теоретическом отношении областей. Это вытекает с одной стороны из сложности и конструкционного разнообразия изделий, а с другой стороны из постоянно возрастающих требований к их свойствам. Наряду с традиционными требованиями к определению их размеров при выполнении требуемых функций, в последнее время предъявляются новые, все более высокие требования к обеспечению дальнейших функциональных свойств в самых разнообразных статических и динамических условиях работы. При этом, конечно, желательно, чтобы эти свойства были обеспечены с минимальными требованиями к трудоемкости и материалу.

Конструктор и расчетчик, в ряде небольших предприятий один только конструктор, попадают, таким образом в неразрешимое при заданных сроках поло-

жение. При этом парадоксально, что соответствующие теории и информация разработаны преимущественно до такой ширины и глубины, что они выходят за рамки обычных практических потребностей. Но не в силах отдельных работников, часто совсем не специалистов, систематично следить за этим комплексом разнообразных и нередко взаимно не связанных теорий, изучать его и уметь его творческим способом применять при конструировании изделий. Даже и в таком идеальном случае, если бы существовали такие специалисты, положение не очень изменилось бы. Дело в том, что при современных методах работы любое более или менее комплексное решение, или же его изменения требовали бы такого долгого времени, что уже нельзя было бы оказывать при помощи расчета влияние на ряд требуемых свойств и обратно их проверить. В лучшем случае можно констатировать полученное положение. Любые возможные видоизменения, приводящие к его улучшению, оптимизации и т.п. обычно ввиду высокой степени разработки проекта для производства за исключением совсем неизбежных случаев практически исключены.

Такое неудовлетворительное положение нужно поэтому в большинстве случаев решать "быстро и просто" - рутинным способом, интуицией или только приблизительно, что в общем приводит к консерватизму, созданию излишних резервов, к нежеланию предлагать новые и непроверенные способы решения. Это противоречит, однако, вышеуказанным целям.

Приведенные проблемы делают все более необходимым существенное ускорение и усовершенствование этих работ вместе с действенным использованием новейших научно-технических достижений в производстве с целью ускорения цикла наука-исследование-разработка-производство-использование.

Но в настоящее время при наличии таких лимитирующих факторов, какими являются рабочие силы и уровень технической оснащенности, эту проблему нельзя уже решать путем дальнейшего увеличения числа работников или существенного повышения качества и интенсивности их труда.

2. ВОЗМОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ

Одной из возможностей решения указанных проблем является использование вычислительной техники. Но традиционное использование одной только ЭВМ оказывается сегодня уже совсем недостаточным для этой цели. Для эффективного использования ЭВМ при конструировании необходимо создавать и поставлять машины с такими аппаратами и программными средствами высокого уровня, что это будут инструменты с простым обслуживанием, позволяющие освободить специалистов от механических работ и использовать их умственные способности для собственно творческой работы при решении конструкторских проблем.

Необходимые программные средства можно или купить, или же видоизменить, или составить своими силами. Эффективнее всего первый способ, но выбор, или же покупка таких наборов программ, если это вообще возможно, оказывается очень трудным, или же - чаще всего - совсем невозможным. Дело в том, что их цена очень высока (чаще всего в твердой валюте) или их в результате эм

барго и подобных мероприятий совсем не поставляют. Если бы и удалось получить такую систему, только в редких случаях можно ей пользоваться без больших видоизменений и приспособлений.

Оптимальным решением является разработка собственных проблемно ориентированных систем программ пользователя, использующих по мере возможности модули экстерно разработанных проблем [4].

3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Как уже было сказано выше, использование ЭВМ при конструировании не может быть одной только заменой поддпьющихся алгоритмизации деятельности человека вычислительной машиной. В настоящее время уже совсем необходимо решать это взаимоотношение на существенно более высоком уровне.

Все возрастающее стремление к быстрому и оперативному использованию ЭВМ приводит к постоянному приближению вычислительных машин не только к составителям программ, но прямо к рутинным пользователям, которые потом учатся активно сотрудничать с вычислительной машиной.

В соответствии с этими тенденциями возникают интерактивные системы, способные гибко реагировать на требования потребителей и умеющие при подходящей концепции оптимально соединить возможности ЭВМ с опытом и интеллектом человека.

Обычно эти системы называются автоматизированными, но это не очень меткое название. Дело в том, что, судя по этому названию, можно было бы их считать какой-то формой автоматической системы, а не системой, в которой человек выполняет незаменимую роль, напр. творческую или решающую. В литературе [1] иногда решаемые таким образом системы человек-машина называются точнее эргатическими системами, так как здесь нельзя говорить об автоматизации деятельности человека в настоящем смысле слова, потому что в автоматизированном производстве человек является излишним. В английском языке такой способ использования ЭВМ метче называют "поддержкой вычислительной машиной" умственной деятельности человека, а не ее заменой.

Но несмотря на терминологию, существенным является факт, что эти системы отличаются более высоким уровнем использования вычислительной техники, так что для программирования инженерно-технических расчетов характерны следующие качественно новые признаки, исходящие из тщательного системного анализа решаемой проблемы [2]:

- комплексность,
- совместность с применяемым до сих пор способом решения,
- модульная структура,
- применение банка данных,
- собственные управляющие системы,
- рационализация задания входных данных,
- рационализация обработки и оценки выходных данных,

Все приведенные признака являются результатом оптимального разделения функций в автоматизированной – эргатической системе человек – ЭВМ. Вычислительная машина должна посредством программ выполнять не только исполнительную и энергетическую, но в значительной мере и управляющую и регулирующую функции. Человек-пользователь выполняет же прежде всего творческую и решающую функцию, включая оперативное вмешательство в автоматизированный процесс решения.

Главная цель заключается в том, чтобы в соответствии с принципами инженерной психологии комплексно решать задачи по повышению качества и производительности труда при одновременном улучшении условий труда, то есть устранении рутинных работ и снижении требований к обслуживанию.

4. ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТНЫМ СРЕДСТВАМ

Вполне логичным последствием приведенных прогрессивных тенденций являются, однако, и существенно более высокие требования не только к подготовке и обработке программ, но и к самой вычислительной технике по сравнению с традиционными подходами, когда вычислительная машина только "механически" заменяла и улучшала вычислительные операции человека.

Становится очевидным, что вычислительная техника для массовой обработки данных, которой в ряде случаев до сих пор нужно пользоваться и для инженерно-технических расчетов, для работы приведенного характера не подходит.

Оптимальным в существующих условиях решением оказывается оборудование соответствующих мест работы хорошо подобранными наборами малых вычислительных машин с необходимыми периферийными устройствами. Примером такого места работы для автоматизации конструкторских работ является система, изображенная схематически на рис. 1.

Эта конфигурация (обозначенная на рис. 1 штриховкой) пригодна и для автоматизации инженерно-технических расчетов в виде эргатической системы вышеуказанных свойств (абзац 3).

Учитывая характер работ при инженерно-технических расчетах, можно, правда, реализовать систему и со значительно меньшим оборудованием, особенно относительно графических периферийных устройств, но это принципиально снижает уровень интегрирования с другими областями деятельности в конструкционной подготовке производства (абз. 5) и существенно ухудшает связь между пользователем и вычислительной машиной.

5. ВКЛЮЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ В ОКРЕСТНОСТИ СИСТЕМЫ

Рассматриваемую проблему нужно решать в соответствии с мировым развитием использования вычислительной техники в машиностроении как подсистему интегрированной системы для автоматизации инженерских работ. Структура этой сис-

темы, представляющая основные шаги во всем цикле проектирования, разработки, производства, использования или же и ликвидации изделия, включая неизбежные источники информации и знаний и их взаимосвязей, показана на рис. 2. Изображенная система понимается в комплектности, превышающей реализованные в настоящее время системы.

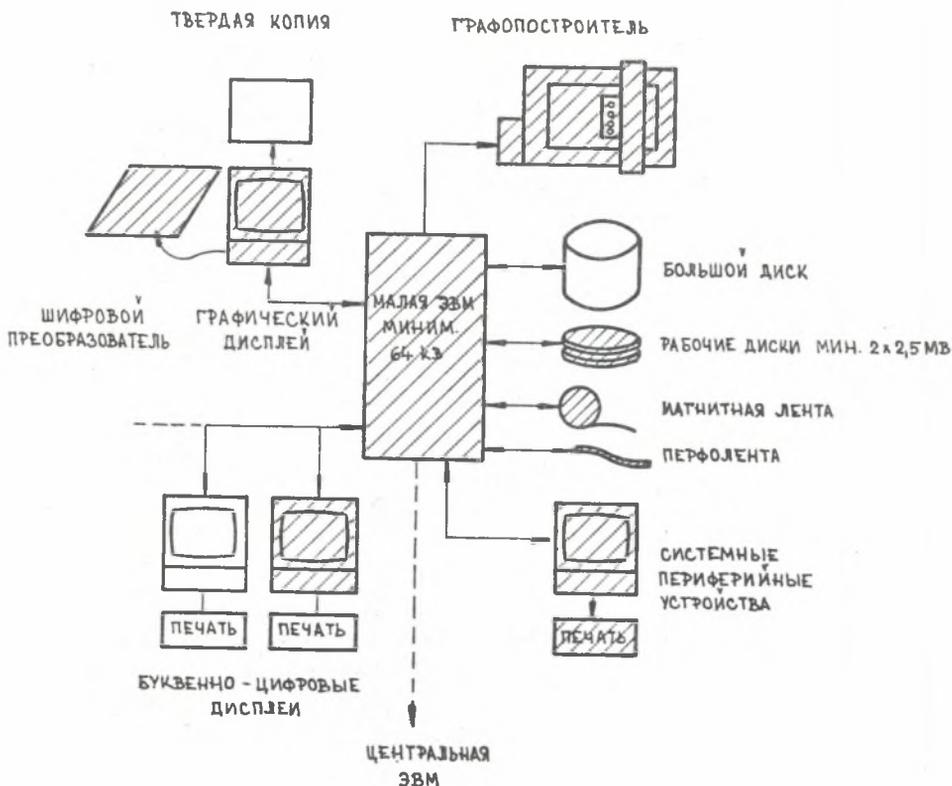


Рис. 1. Система малой ЭВМ

Одним из слабейших мест приведенного процесса является в настоящее время связь между отдельными отделениями, принимающими участие в подготовке изделия и в его производстве. Если отдельные отделения пользуются в своей деятельности вычислительной техникой, то для них характерно, что они создают собственные информационные базы (изолированные банки данных) и для переноса информации между смежными отделениями применяют, как правило, классические средства документации в роде чертежей, таблиц или словесных описаний. Комплексная автоматизация инженерский работ предполагает интерфейс между этими изолированными банками данных и информационными потоками при помощи передачи информации без документации (передачи цифровой информации).

Как уже было сказано, такой проект, обозначаемый также как САД/САМ или САЕ, нельзя в настоящее время реализовать полностью. Прежде всего нужно со-

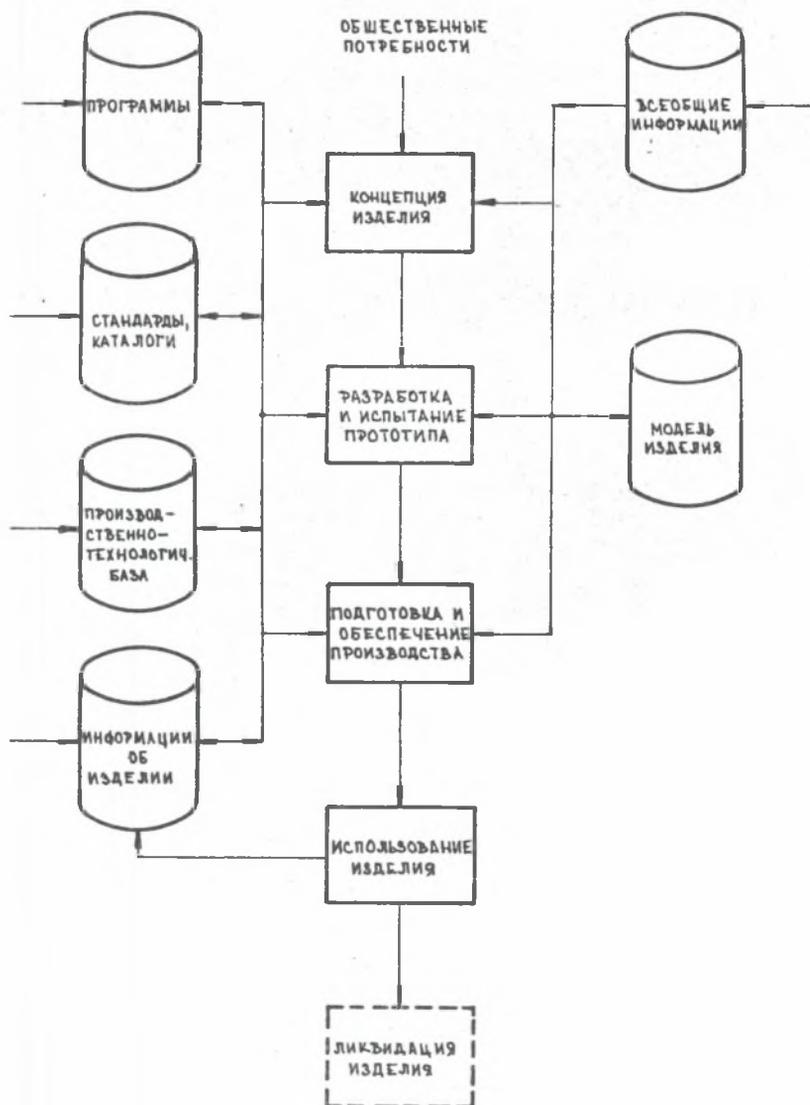


Рис. 2. Схема системы автоматизации инженерных работ в машиностроении

ответствующие задания в частных подсистемах, включающих отдельные области проекта, основными из которых являются:

- CAD - конструирование при помощи ЭВМ,
- CAP - технологическая подготовка производства при помощи ЭВМ,
- CAM - производство при помощи ЭВМ,
- CAT - испытания при помощи ЭВМ.

По техническим возможностям и имеющимся мощностям и в зависимости от сложности решаемой проблемы можно потом приступить к постепенному интегрированию этих подсистем в смысле проекта, указанного на рис. 2.

6. КОНЦЕПЦИЯ РЕШЕНИЯ

Автоматизация инженерно-технических работ является частью конструкционной подготовки производства, значит, она относится к области CAD. Из анализа поддающихся алгоритмизации деятельности, непосредственно связанных с творческим процессом при проектировании конструкции изделия, вытекают четыре главные области деятельности:

- поиск информации,
- инженерно-технические расчеты,
- черчение,
- обработка документов.

В соответствии с приведенным комплексным проектом нужно направлять автоматизацию этих деятельностей на взаимное интегрирование и на связь с другими частями технической подготовки производства.

Из анализа исторического развития автоматизации приведенных четырех областей и их взаимного интегрирования в зависимости от уровня вычислительной техники вытекают характеристические стадии, представленные в упрощенном виде на рис. 3. Пунктирные соединяющие линии означают поток информации, передаваемой при помощи классических документационных средств, а сплошные линии - передачу цифровой информации.

Очевидно, что использование вычислительной техники в отдельных областях реализуется неравномерно. Это обусловлено, кроме требований соответствующей проблематики к ЭВМ, к периферийным устройствам и поставляемым системным и функциональным программам, также требованиями к персональным и организационным условиям соответствующих мест работы. Но проблема полного интегрирования автоматизированных областей деятельности в конструкционной подготовке производства оказывается еще настолько сложной, что ее, пользуясь имеющейся у нас вычислительной техникой, нельзя реализовать, хотя теоретические знания и накопленный опыт позволяли бы уже начать такие работы по решению избранных конструкционных групп.

По этим, но и другим объективным причинам пока оказывается необходимым решать современный этап работ путем относительно самостоятельных программных систем, обеспечивающих автоматизацию решения избранных конструкционных

групп в рамках приведенных областей. Их взаимную информацию связь следует пока решать преимущественно классическим способом и только в ограниченной мере непосредственной передачей цифровой информации.

Схема такой распределенной системы, соответствующей предпоследней стадии развития, указанной на рис. 3, представлена в упрощенном виде на рис.4. Приведенные в упрощенном виде терминалы символизируют интерактивную форму связи с пользователем, а не настоящие физические устройства. В крайнем случае все работы могут проводиться и на одном только терминале.

Для создания необходимых основных условий для того, чтобы можно было в будущем постепенно интегрировать отдельные области, необходимо во всех областях:

- применять совместимую вычислительную технику и системные программы,
- применять совместимые языки программирования,
- исходить из одинаковой концепции связи с пользователем,
- решать одинаковую проблематику.

Из приведенных анализов вытекает, что в современных условиях именно область инженерно-технических расчетов является единственной областью, которую можно для целесообразно избранных конструкционных групп эффективно и комплексно автоматизировать и как можно раньше ввести в практику. Как указано выше, реализация этой автоматизации представляет собой ввиду высоких требований к теории, трудоемкости и большого значения этой области для качества и ускорения конструкционного проектирования чрезвычайно сложную, но очень важную задачу.

Автоматизация одновременных действий из области информации, черчения или же обработки документов в конструкции может быть пока решена только в ограниченном "поддерживающем" объеме.

Но, учитывая модульное расчленение этой распределенной системы, можно будет в соответствии с улучшением технических и других условий, постепенно совершенствовать автоматизацию конструкционных проектов и в этих областях.

7. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ

Основные принципы предложенного проекта были всесторонне проверены на относительно большом наборе программ для основных инженерно-технических расчетов механизмов привода с зубчатыми и родственными с ними передачами. Работа возникла для потребностей решения механизмов привода тяжелых станков предприятия ШКОДА, но ввиду сложных и разнообразных конструкций этих станков расчетами пользоваться и с многих других областях машиностроения.

Несмотря на значительно ограниченные возможности примененной вычислительной техники HP9830A с простыми пассивными графическими периферийными устройствами, работе присущи все основные признаки автоматизированной эргатической системы пользователь - вычислительная машина (абз. 3).

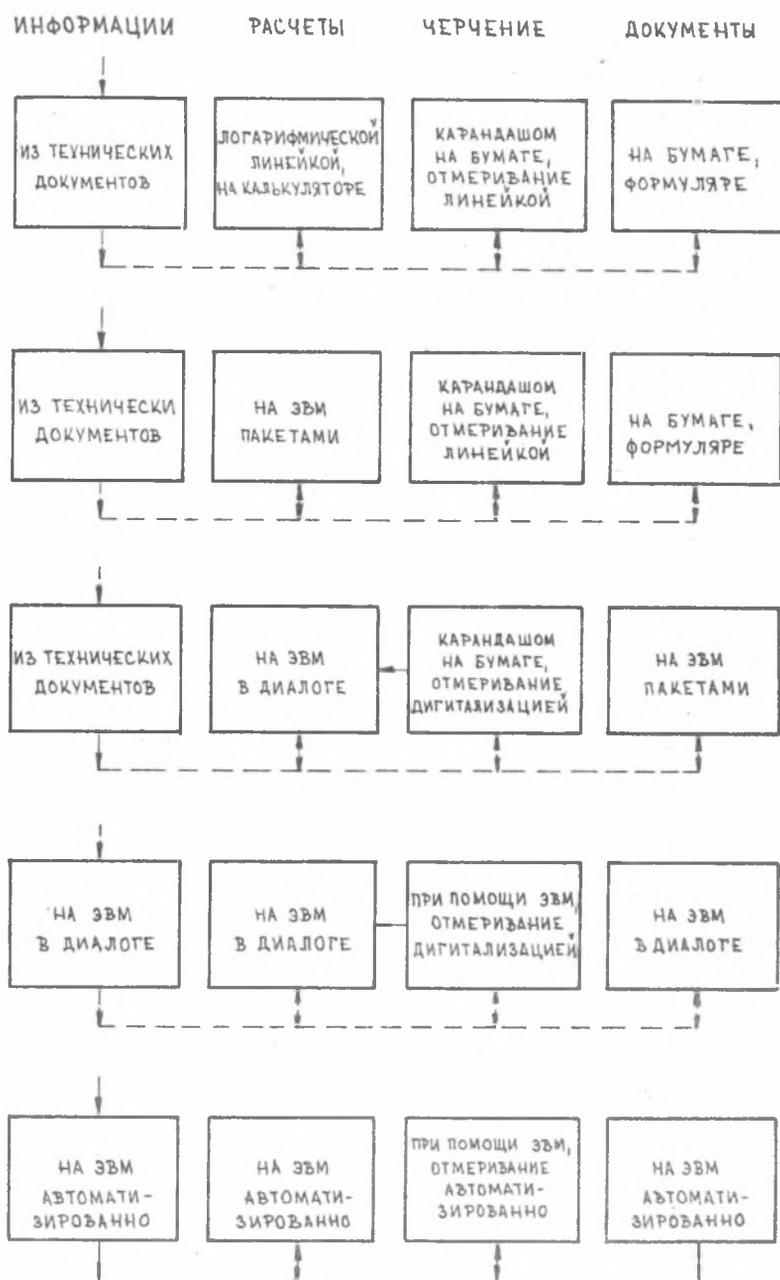


Рис. 3. Этапы развития использования вычислительной техники в конструкционной подготовке производства

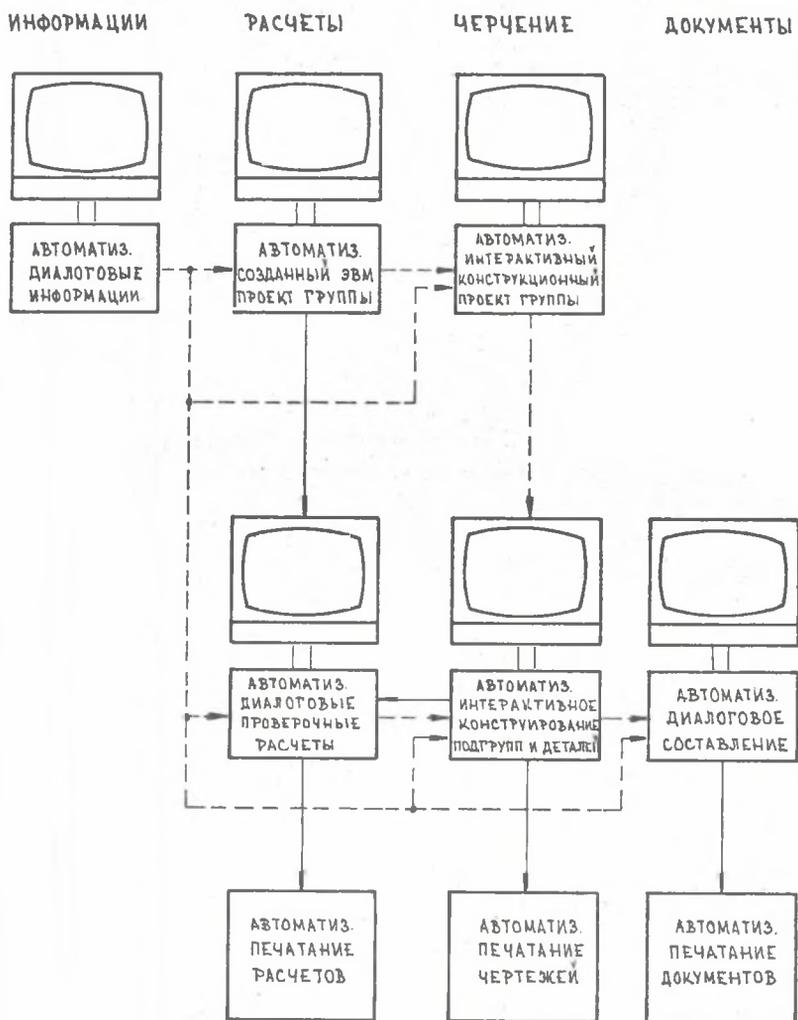


Рис. 4. Распределенный САД

Набор программ был использован при проверочных расчетах и статических анализах многих десятков всех механизмов приводов у всех новых разрабатываемых тяжелых токарных, горизонтально-расточных и портально-фрезерных станков, поворотных столов и принадлежностей.

Уже в современном этапе можно у каждой задачи считаться в среднем с экономией времени 80% и больше по сравнению с традиционными методами работы. При решении вариантов экономия еще больше. В результате устранения однообразных, но требующих чрезвычайно большого сосредоточенного внимания работ очень существенно снизилась вероятность ошибок. Объединение методов, критериев и самой документации способствует повышению объективности при оценке и сопоставлении отдельных конструктивных решений.

Предложение конструкции механизмов приводов, а также все любые изменения можно, следовательно, быстро и просто анализировать и по рекомендациям программ оптимизировать, даже обладая минимальными теоретическими знаниями решаемой проблемы и совсем не умея программировать, практически без инструкций по обслуживанию. Все это, вместе с освобождением творческого потенциала пользователей от механических работ неизбежно содействует уже в современном этапе повышению технического уровня и ускорению разработки новых типов машин.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблематика приложения электронных вычислительных машин к области инженерно-технических расчетов является одной из наиболее разработанных в литературе областей машиностроения. Общей чертой всех этих работ является, однако, их более или менее специализированная ориентация на определенную небольшую область вычислительных проблем. Их связь с другими, на практике неразрывно связанными с ними проблемами, обсуждается обычно лишь косвенно, или же совсем не решается. Комплексная оценка конструктивных проектов со всех требуемых точек зрения остается, следовательно, сложной и очень медленной.

Эта проблема, кроме того, тем более важна, что в большинстве случаев совсем не уделяется должного внимания решению обслуживания программ в форме, легко применимой для работников в конструкционной подготовке производства, которые в большинстве случаев не являются и не могут быть специалистами по всем дисциплинам, результаты которых следует использовать при проектировании изделия. Такой способ применения вычислительной техники нельзя поэтому считать совсем подходящим для повышения технического уровня изделий и для ускорения циклов их возобновления.

В предлагаемой статье приведены на основании анализа современного положения возможности, методы, технические предпосылки и концепция решения, которая в значительной мере устраняет приведенные недостатки, как это подтверждается и приведенным практическим опытом реализации автоматизирован-

ной системе программ для комплексного решения основных инженерно-технических расчетов широкого класса механизмов привода с зубчатыми и родственными с ними передачами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Halada M.: Systémové inženýrství, NADAS Praha 1980.
- [2] Hosnedl S.: Racionalizace funkčních analýz pohonných mechanismů. Kandidátská disertační práce. VŠSE, Plzeň 1984.
- [3] Kuttan K.: Koncepce racionalizace inženýrských prací RIP '83, ŠKODA - ČSVTS, Plzeň 1983.
- [4] Kurka O.: Využití SM4-20 v dialogovém návrhu elektrických strojů, VIII konference konstruktérů. ČSVTS, Brno 1981.
- [5] Pokorný R.: Zavádění nových perspektivních směrů v projektování a konstruování strojírenských výrobků. Hlavní směry v konstruování, technologické přípravě výroby a řízení výroby pomocí počítače, CAD/CAM, VÚSTE Praha - DT ČSVTS Pardubice 1982.

TECHNICAL CALCULATION AUTOMATION IN DESIGN AIDED MANUFACTURING

S u m m a r y

This paper deals with an analysis of up-to-date state, formulation of demands and solution method conception of technical calculation automation within design process.

Software system for complex computer - aided basic technical calculation of wide range of gear - boxes is given. Finally, practical experiences with the use of the system built up according to presented method is described.

AUTOMATYZACJA OBLICZEN INŻYNIERSKICH W KONSTRUKCYJNYM PRZYGOTOWANIU PRODUKCJI

S t r e s z c z e n i e

W artykule analizuje się współczesny stan obliczeń inżynierskich w konstrukcyjnym przygotowaniu produkcji. Rozważane są możliwości i metody ich automatyzacji oraz potrzeby w zakresie urządzeń technicznych.

Sformułowano również koncepcję rozwiązania. W części końcowej przedstawiono doświadczenia wynikające z automatyzacji zasadniczych obliczeń inżynierskich szerokiej klasy mechanizmów napędów z przekładniami zębatymi i innymi.