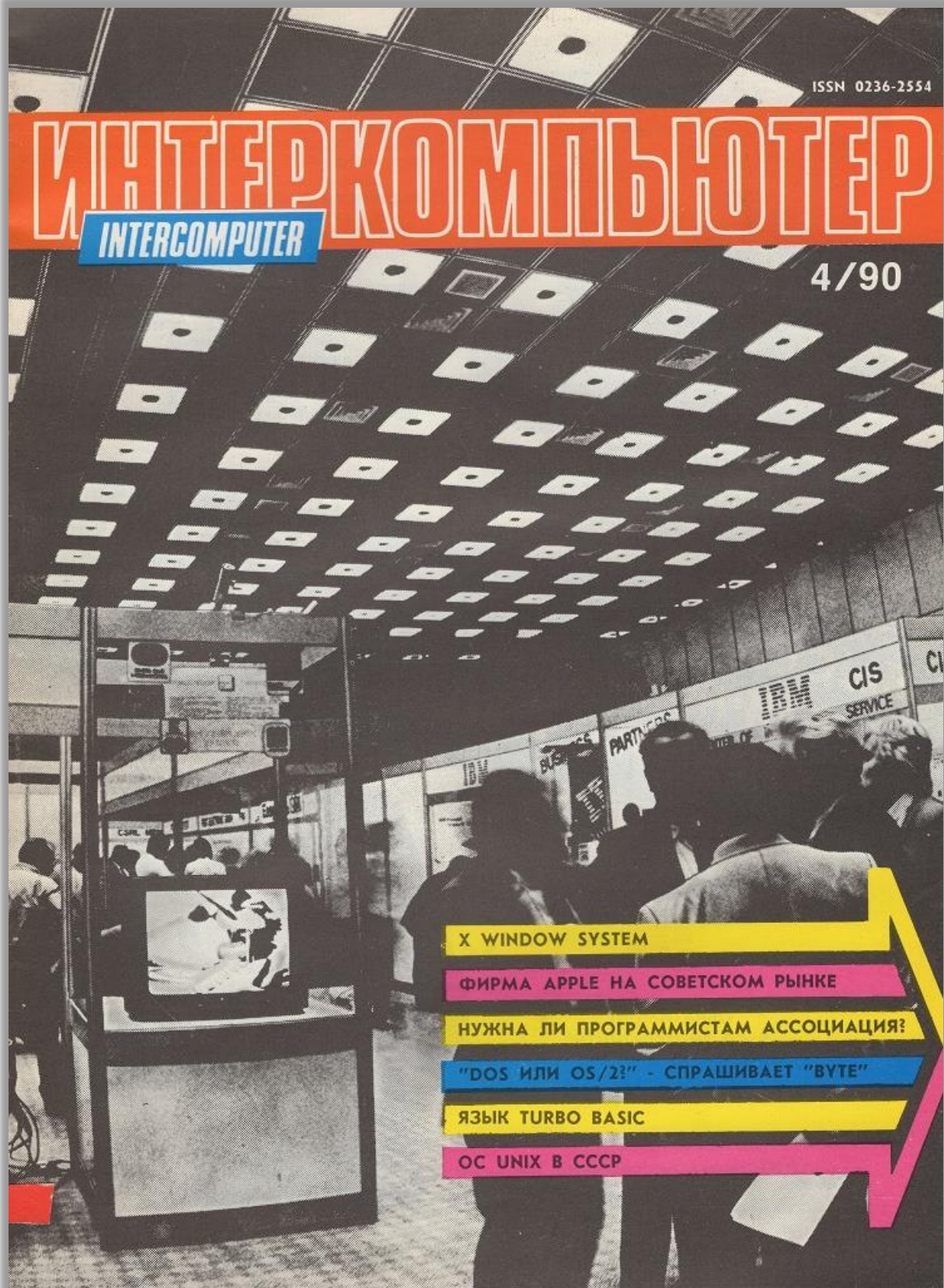


# Проблемы и тенденции развития САПР

Масалович Андрей Игоревич

Интеркомпьютер N 4, 1990



## ВОКРУГ САПР

А.И. МАСАЛОВИЧ



# ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ САПР

## Обзор по материалам Всесоюзной школы-семинара молодых ученых

Ежегодно в начале мая, когда в Крыму расцветает глициния, в Гурзуфе собираются специалисты по системам автоматизированного проектирования (САПР) на традиционную школу-семинар молодых ученых. Около трехсот разработчиков и пользователей САПР, представляющих академические, отраслевые и учебные институты многих городов Союза, съезжаются, чтобы обсудить современное состояние и перспективы автоматизации проектирования многослойных печатных плат (МПП) и больших интегральных схем (БИС). Название школы-семинара каждый год несколько изменяется в зависимости от выбора общей направленности обсуждаемых научных проблем. В этом году основным предметом рассмотрения стали методы искусственного интеллекта и их применение в САПР. На пленарных и секционных заседаниях было представлено около двухсот докладов. Двенадцать научных секций школы-семинара "САПР-90" были организованы как семинары по соответствующим направлениям, проводимые под руководством известных специалистов. Так, семинаром "Моделирование РЭА и СБИС" руководил профессор И.П. Норенков, семинаром "Топологическое проектирование" - профессор Ж.Н. Зайцева, семинаром "Методы искусственного интеллекта в САПР" - академик АН ЭССР Э.Х. Тьуту и профессор В.И. Ильин.

Организаторами школы-семинара выступили НИИСАПРАН, СКТБ "Прогресс" и Московский институт приборостроения, спонсорами - НИИ "Квант" (Москва), ОКБ при заводе "Процессор" (Воронеж) и НИ "Приборист" (Москва). Научное руководство школой во время ее подготовки осуществляли академики АН СССР Е.П. Велихов, К.А. Валиев, О.М. Белоцерковский, Б.В. Бункин и член-корреспондент АН СССР В.К. Левин, во время проведения - бессменный председатель Оргкомитета школы-семинара профессор Е.Л. Глориозов.

Школа-семинар в Гурзуфе традиционно представительна как по числу участников, так и по их составу. Круг рассмотренных в этом году проблем чрезвычайно широк. Подробный отчет о работе школы-семинара занял бы не один номер "Интеркомпьютера", поэтому в данном обзоре делается попытка обобщить материалы школы-семинара и на их основе сформулировать проблемы и определить тенденции развития отечественных САПР. Тем же, кто заинтересуется каким-либо конкретным докладом, рекомендуем обратиться к сборнику тезисов докладов, опубликованному в Воронеже (*Методы искусственного интеллекта в САПР: Тезисы докладов Всесоюзной школы-семинара молодых ученых*. Воронеж: ВПИ, 1990).

### Проблемы разработки супер-ЭВМ

Исторически сложилось так, что на школе-семинаре в Гурзуфе собственно процессу построения САПР уделялось больше внимания, чем результатам этого процесса. Поэтому с большим интересом был встречен доклад академика В.А. Мельникова, попытавшегося нарушить эту традицию, представив на суд слушателей результаты реальной завершённой разработки супер-ЭВМ "Электроника СС БИС". Этот компьютер с оригинальной векторно-конвейерной архитектурой обеспечивает быстрое действие каждого процессора 255 млн операций/с при выполнении векторных операций и 40 млн операций/с - при выполнении скалярных. Компьютер может работать в одно-, двух- и четырехпроцессорном вариантах; предусматривается также подключение компьютеров типа "Беста-88" в качестве "машин общения". Использование в компьютере "Электроника СС БИС" быстродействующей элементной базы потребовало разработки сложных систем питания и ок-

ладения, что не могло не сказаться на габаритах компьютера. В результате масса системы составляет около 5 т (что, впрочем, сравнимо с характеристиками супер-ЭВМ "Cray-1").

Тезис о больших теоретических возможностях процесса проектирования современных супер-ЭВМ, высказанный в докладах В.К. Левина и В.И. Варшавского, получил подтверждение во многих выступлениях на школе-семинаре. Действительно, проблемы САПР в настоящее время становятся катализатором для развития целого ряда научных дисциплин - от теории параллельных вычислений до объектно-ориентированного программирования.

Чрезвычайно возрос интерес к графовым задачам на регулярных структурах - N-мерных кубках, решетках, торах и др. Приведенные в докладе Ж.Н. Зайцевой, В.Г. Никонова и Д.С. Шевелева результаты исследования свойств графов, вложимых в N-куб, показали широкие возможности использования этого направления при разработке архитектуры многопроцессорных устройств, решении задач о покрытиях булевых функций, а также при размещении электронных компонентов. Другим примером использования графа-решетки при решении задач САПР является предложенный в докладе Е.Л. Глориозова и других авторов подход к синтезу схем на основе представления монтажного пространства в виде решетчатой структуры, составленной из элементарных "кубиков" - полупроводниковых областей. Определение конструктивных вариантов интегральной схемы сводится при этом к решению задачи окраски бесконечной трехмерной решетки по определенным правилам чередования цветов. Применение указанного подхода на практике позволило добиться увеличения плотности упаковки ячеек памяти, изготовленных по КМОП-технологии.

Попытки аппаратной реализации различных вычислительных процедур в процессорах

на СБИС стимулируют разработку новых эффективных алгоритмов. В докладе А.Е. Баканова и Е.В. Решетниковой были приведены примеры таких алгоритмов для вычисления тригонометрических функций и полиномов. В отличие от традиционных вычислительных процедур, основанных на методах Горнера, Ньютона и других, предлагаемые алгоритмы, использующие только короткие операции сдвига и сложения, позволяют распараллелить процесс вычислений.

В настоящее время руководители разработок супер-ЭВМ наряду с научными и производственными вопросами, связанными с созданием высокопроизводительной техники, все больше внимания уделяют вопросам маркетинга и конкурентоспособности. Это отчетливо прозвучало в докладах В.А. Мельникова и В.К. Левина. Если раньше появление нового мощного компьютера порождало вопросы: "На каких принципах он работает?" и "Какие задачи он может решать?", то сейчас потенциальные заказчики и потребители все чаще задумываются, стоит ли вообще вкладывать деньги в данную модель. Иными словами, сможет ли разрабатываемый компьютер успешно конкурировать с уже существующими и в чем-то их превзойти.

Грядущее наступление "транспьютерной эры", масштабы которой осознает большинство разработчиков компьютеров, еще более усложнит положение создателей супер-ЭВМ. Не случайно наблюдается рост интереса к исследованиям в области архитектуры компьютеров - экспертным оценкам системы команд, анализу качества компоновки основных кристаллов, прогнозированию быстродействия при решении различных классов задач.

## Проблемы конструирования аппаратуры на БИС и СБИС

Интенсивные разработки в области БИС и СБИС в течение последних двух-трех лет отодвинули на второй план проблемы проектирования элементов других конструктивных уровней компьютера - печатных плат, панелей, блоков и т.д. Поскольку в практике проектирования элементов этих уровней не происходило никаких революционных изменений (за исключением, пожалуй, освоения промышленностью микросборок), предполагалось, что для разработки компьютеров новых поколений будет достаточно знаний и опыта прошлых лет.

Однако сейчас стало очевидным, что использование новой элементной базы предъявляет повышенные требования к конструкции компьютера, порождая как общие проблемы (организация питания, охлаждения, синхронизации блоков и т.д.), так и локальные (установка конденсаторов развязывающих фильтров, уменьшение взаимных помех и др.). Эти проблемы подробно рассмотрены в докладе Б.Н. Файзуллаева; обращались к ним и многие другие докладчики.

Какие же задачи стоят сейчас перед конструкторами компьютеров? Одна из наиболее существенных - изменение методики проектирования МПП, т.е. использование теории систем с распределенными параметрами вместо теории систем с сосредоточенными параметрами. При этом длины волн, распро-

страняющихся в логических цепях, становятся соизмеримыми с габаритными размерами МПП, а скорости нарастания импульсов - со временем "звона" (многократного отражения импульса от концов передающей линии). Поэтому необходимо тщательно согласовывать оконечные нагрузки линий, специальным образом подводить питание и обеспечивать надежное, не создающее помех заземление.

Еще одна проблема, возникающая при конструировании аппаратуры на БИС и СБИС - организация системы охлаждения. Дело в том, что ЭСЛ-БИС, имеющие большое энергопотребление, остаются пока наиболее быстродействующими из промышленных БИС, поэтому вопросы отвода тепла от логических модулей не теряют своей актуальности.

При разработке вычислительных систем на БИС и СБИС большое значение имеет правильный выбор параметров МПП - габаритных размеров платы, структуры МПП, мест расположения разъемов. Как правило, разработка конструкции МПП и настройка на нее системы автоматического проектирования требуют больших временных затрат и привлечения квалифицированных специалистов. Витавшая долгое время в воздухе идея создания унифицированной базовой конструкции МПП не находила своего воплощения, поскольку для ее реализации необходимо было решить такие задачи, как:

- выбор оптимальных габаритных размеров платы и числа контактов разъемов;
- обеспечение возможности установки разъемов с двух сторон МПП;
- разработка разъемов с практически нулевым усилием сочленения для обеспечения надежного электрического соединения при большом числе контактов.

В докладе В.И. Бодягина был предложен способ построения унифицированной несущей базовой конструкции (УНБК), в которой перечисленные задачи решены. В основу УНБК положена 62-контактная секция разъема оригинальной конструкции, обеспечивающая практически нулевое усилие сочленения. Число и расположение таких секций на плате, а также габаритные размеры платы можно варьировать в широких пределах (существует более пятидесяти реальных вариантов конструкции МПП). Однотипность вариантов позволяет исследовать их свойства и построить экспертную систему выбора оптимального варианта конструкции МПП для заданной схемы.

## Проблемы топологического проектирования

Пока существуют САПР, будут продолжаться поиски новых решений одной из основных задач топологического проектирования - трассировки соединений. На школе-семинаре был сформулирован целый ряд новых подходов к решению этой вечной проблемы САПР. Группа авторов из Еревана (С.Е. Маркосян, Г.С. Гаспарян и А.С. Мхитарян) разработала новый алгоритм канальной трассировки, в котором проблема трассировки сводится к выбору оптимального расположения участков цепей по горизонтальному каналу. Эта задача относится к классу задач обобщенной раскра-

ски частично ориентированного интервального графа специального вида (так называемого ормультиграфа). Сложность предложенного алгоритма оценивается как  $O(m)$ , где  $m$  - число вертикальных столбцов канала.

В докладе В.Н. Сабитова (Москва) предложен алгоритм трассировки, учитывающий особенности быстродействующей (субнаносекундной) элементной базы. Как известно, по мере увеличения частоты сигналов длины их волн становятся соизмеримыми с геометрическими размерами МПП. При этом любое соединение между элементами является передающей линией, характеристики которой зависят от ее топологических и метрических параметров. Поэтому программа трассировки должна учитывать как метрические, так и топологические ограничения, различные для каждого типа сигналов. Предлагаемый алгоритм трассировки основан на принципе последовательной субоптимизации. Процесс трассировки состоит из трех этапов:

- построение на множестве контактов отдельной цепи оптимального дерева заданной топологии;
- выделение зон расположения трасс;
- нахождение точного местоположения трасс, удовлетворяющих всем заданным ограничениям.

При всей важности задач трассировки, проблемы топологического проектирования ими не ограничиваются. На семинаре "Топологическое проектирование" рассматривался широкий круг вопросов - от алгоритмов многокритериального размещения элементов (П.Л. Барсегян, Э.С. Асликян) до задач информационной поддержки синтеза топологии матричных БИС (А.М. Бершадский, Т.В. Глотова, А.Г. Финюгеев). Вообще семинар "Топологическое проектирование" был самым представительным по числу докладов (более 30), что свидетельствует о серьезности проблем проектирования топологии в САПР.

## Методы искусственного интеллекта в САПР

Искусственный интеллект (ИИ) - очень динамичная область исследований. Еще недавно многие специалисты предсказывали застой в разработке теоретических методов ИИ и призывали заниматься разработкой интеллектуальных систем для конкретных применений. Сейчас же чуть ли не ежемесячно поступают сообщения о появлении новых направлений исследований в области ИИ, языков ИИ, интеллектуальных систем. Одна из основных тенденций этого процесса - расширение разработок в области аппаратной реализации методов и средств ИИ. Создаются компьютеры, ориентированные на определенные языки ИИ, "машины логических выводов" и т.д. Развивается соответствующий теоретический аппарат - теория категорий, геометрическая логика, лямбда-исчисление. Реальна перспектива создания компьютеров, архитектура которых принципиально отличается от предложенной фон Нейманом. Еще одна тенденция развития ИИ - перемещение центра тяжести исследований от прикладных интеллектуальных систем к совершенствованию технологии

проектирования систем искусственного интеллекта.

В любом случае постоянный интерес вызывают работы специалистов, создающие инженерные методики проектирования интеллектуальных систем. В первую очередь это относится к работам, проводимым под руководством академика АН ЭССР Э.Х. Тьугу в Институте кибернетики АН Эстонии. Разработки в области организации вычислений в интеллектуальных средах, представления знаний в САПР, интеллектуального интерфейса привели к созданию семейства интеллектуальных сред программирования для задач САПР. Например, системы НУТ, ЭКСПЕРТПРИЗ и С-PRIZ, построенные на единой концептуальной основе и реализованные на персональных компьютерах (ПК) и рабочих станциях, используются при решении широкого круга задач проектирования.

В докладе В.Н. Ильина была намечена обширная программа применения ИИ в САПР. Однако из всего спектра возможных направлений использования ИИ наиболее интенсивно работы ведутся в области создания небольших экспертных систем на базе ПК. Около трети докладов соответствующего семинара было посвящено различным экспертным и консультационным системам для САПР.

### Новые программные продукты для ПК

Пробуждающееся экономическое мышление заставляет специалистов в области САПР (как и специалистов других отраслей) подходить к результатам своего труда с точки зрения не только научной значимости, но и получения продукта, товарные качества которого позволили бы ему удержаться "на плаву" в мутных водах отечественного рынка программ.

В практике проведения научных конференций стали привычными ярмарки и выставки программных средств. Организаторы школы-семинара "САПР-90" также провели в рамках школы демонстрацию программных продуктов для ПК. Спектр представленных для демонстрации пакетов был очень широким - от средств схемотехнического проектирования до экспертных систем генерации макробликодов для проектирования СБИС. Наиболее представительным был набор программ, разработанных в НПО "Персей", в состав которых входят:

- комплекс программ для интерактивного технического проектирования матричных БИС, обеспечивающий проектирование БИС на основе базовых матричных кристаллов различных типов с помощью ПК типа IBM PC/AT;
- комплекс программ "Синтез-Ф" для автоматизированного синтеза комбинационных схем, изготовленных по технологиям КМОП, ТТЛ и ЭСЛ с минимизацией числа используемых элементов;
- программируемый коммутатор последовательного интерфейса для ПК, позволяющий подключить к ПК через интерфейс "Стек-2" до восьми периферийных устройств и обеспечивающий их одновременную работу;

- программно-аппаратный комплекс для связи ПК с ЕС ЭВМ, обеспечивающий подключение ПК типов IBM PC/XT, IBM PC/AT, ЕС-1839 ("Правец-16А") к ЕС ЭВМ через дисплейный комплекс ЕС7920.01. Этот комплекс позволяет также эмулировать на ПК алфавитно-цифровой дисплей ЕС 7927, осуществлять обмен текстовыми и двоичными файлами между ПК и компьютерами серии ЕС ЭВМ;
- программно-аппаратный комплекс подготовки данных на магнитной ленте, обеспечивающий подключение к ПК устройства подготовки данных на магнитной ленте ЕС 9004, что позволяет осуществлять обмен текстовыми и двоичными файлами между ПК и компьютерами серий СМ, ЕС, БЭСМ.

### На пути к компьютерам нового поколения

Буйство цветущего Крыма настраивает на оптимистический лад. Хочется верить, что многочисленные проблемы САПР будут решены и это позволит создать отечественные суперкомпьютеры новых поколений, обладающие сверхвысоким быстродействием и принципиально новой архитектурой. Такой оптимизм отчасти подкрепляется и анализом сообщений по новым направлениям разработки компьютеров, представленным на школе-семинаре. Это работы по нейросБИС, самосинхронизирующимся и самотестирующимся схемам, искусственному интеллекту и др.

Разработка нейроподобных схем и компьютеров на их основе рассматривается сейчас как одно из перспективных направлений создания компьютеров новых поколений. Точнее говоря, это не одно, а два взаимосвязанных направления - с одной стороны, предпринимаются попытки "копирования" структуры и принципов функционирования мозга и отдельных его биологических компонентов, с другой, - использования фундаментальных закономерностей работы биологических сетей (самоорганизация, распределенная и непрерывная обработка информации и т.д.). В представленном на семинаре докладе А.В. Алюшина использовано второе направление: рассматривается класс синергетических систем с заданными законами самоорганизации и предлагается модель физической интерпретации так называемого синергетического процессора, построенного на их основе.

Экспоненциальный рост сложности электронных схем, реализуемых на БИС и СБИС, многократно усложняет задачи тестирования, диагностики, восстановления работоспособности при отказах элементов и т.д. Объектом пристального внимания разработчиков становятся классы устройств, обладающие способностью к самотестированию, самодиагностике и, в идеале, к самореконфигурации при сбоях. В последнее время появилась возможность эффективной реализации таких устройств на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Алгоритм функционирования и структура связей ПЛИС задаются программой конфигурации, содержащейся в ячейках внутренней статической памяти. Для

реконфигурации ПЛИС достаточно ввести в ее память новый файл конфигурации. Теоретически ПЛИС, обладающие способностью к частичной самореконфигурации в режиме "pop-stop" (т.е. без прерывания функционирования схемы), можно применять для реализации самовосстанавливающихся схем, хотя до практического решения этой задачи еще далеко. Обзор средств проектирования ПЛИС (В.М. Лобач, Е.О. Федулов), отражающий быстрый рост популярности ПЛИС среди разработчиков и успехи в создании САПР для них, позволяет надеяться, что уже в ближайшее время ПЛИС будут активно использоваться в компьютерах новых поколений.

### ШКОЛА-СЕМИНАР "САПР-91"

Для крупных и популярных всесоюзных конференций свойственна тенденция к постепенному превращению их в международные. Поэтому решение о проведении в мае 1991 г. в Крыму Международной школы "САПР-91" воспринимается как естественное и своевременное. В рамках Международной школы, которая будет называться "Новые информационные технологии в проектировании", предполагается рассмотреть следующие проблемы:

- искусственный интеллект в САПР;
- искусственный интеллект при анализе и синтезе в САПР;
- интеллектуальный интерфейс в САПР;
- искусственный интеллект и управление созданием САПР.

Кроме того, планируются проведение дискуссий, заседаний "круглого стола", демонстрация программных продуктов.

Оргкомитет предполагает установить несколько стипендий (оплату пребывания в СССР) для молодых иностранных ученых, студентов и аспирантов по рекомендации Программного комитета. Планируется издание сборника материалов школы.

По всем вопросам, связанным с проведением Международной школы, просьба обращаться в Международный оргкомитет по адресу: 125183, Москва, проезд Черепановых, д. 54, СКТБ "Прогресс"; Международная школа "САПР-91", проф. Немудров В.Г., или в Национальный комитет по адресу: 107076, Москва, ул. Стромывка, д.20, Московский институт приборостроения, Международная школа "САПР-91", проф. Глоризов Е.Л.

*В свою очередь "Интеркомпьютер" предполагает учредить премии за лучшие программные продукты, которые будут представлены участниками Международной школы "САПР-91".*

## Проблемы и тенденции развития САПР

Масалович, А. И.

[Текст] : обз. по матер. Всес. шк.-семина. мол. ученых, Гурзуор, 1990 / А. И. Масалович // Интеркомпьютер. - 1990. - N 4. - С. 44-46. - ISSN 0236-2554

ГРНТИ [47.05.05](#)

УДК [621.372.001.63:681.3](#)

РУБ 473.05.05.19

Рубрики:

[САПР](#)

[ОБЗОР ДОКЛАДОВ](#)

[ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ](#)

[СУПЕР-ЭВМ](#)

[БИС И СБИС](#)

[ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ](#)

[ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ](#)

Аннотация: Обзор докладов, заслушанных во Всесоюзной школе-семинаре молодых ученых по САПР в 1990 г. Всего было представлено 'ЭКВИВ'200 докладов, гл. обр. по методам искусственного интеллекта и их применению в САПР. Обзор содержит след. разделы: проблемы разработки суперЭВМ: проблемы конструирования аппаратуры на БИС и СБИС; проблемы топологического проектирования; методы искусственного интеллекта в САПР; новые программные продукты для персональных ЭВМ. Упомянут адрес оргкомитета