

В.П. Дьяконов



СОВРЕМЕННЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРЫ



Дьяконов В. П.

Современные зарубежные микрокалькуляторы / В. П. Дьяконов — М.: СОЛОН-Р, 2009. — 400 с.

ISBN 5-93455-148-5

Впервые в нашей литературе детально описано состояние разработок современных зарубежных микрокалькуляторов — от простых бухгалтерских до элитных графических калькуляторов с трехмерной и анимационной графикой и символьной (аналитической) математикой. Приведены данные о серийных калькуляторах ведущих фирм CITIZEN, Casio, Hewlett Packard и Texas Instrument. Для ряда наиболее типовых моделей дано их полное описание. Рассмотрены эксплуатация и ремонт калькуляторов, основы их программирования и техника проведения вычислений. Для всех пользователей этих массовых изделий, включая школьников, студентов, аспирантов, преподавателей вузов и университетов и научных работников.

ISBN 5-93455-148-5

© Макет и обложка СОЛОН-Р, 2009

© Дьяконов В. П.

Часть 1. Простые калькуляторы

Глава 1. Основные типы современных микрокалькуляторов

История появления и развития

Считается, что первым естественным калькулятором у человека стали десять пальцев его рук. А потому он облюбовал именно десятичную систему исчисления как основную и получившую затем преимущественное развитие. Потом появился абак — первая механическая счетная машина, в которой для подсчета чисел использовались те или иные предметы, например камешки из известняка — *calx*. Отсюда пошло название калькулятор, т. е. вычислитель. Дожившие до наших дней счеты тоже разновидность абаксов.

Тут уместно вспомнить курьезный случай из жизни автора этой книги. Однажды один коллега автора, профессор из Германии (дело было лет десять назад), приехал в институт, где работал автор этой книги. Профессора пришлось по делам пригласить к главбуху института. Войдя в ее кабинет, профессор-немец просто остолбенел, увидев на ее столе старенькие счеты, с которыми женщина (кстати, опытный бухгалтер) работала со скоростью пулемета. Будучи деловым человеком, профессор тут же выложил на стол бухгалтера новейший бухгалтерский калькулятор фирмы CITIZEN и предложил обменять его на этот реликт, что, после долгих уговоров, с привлечением даже начальства института, и состоялось. Позже дама все же раздобыла такие же счеты и работала с ними, параллельно осваивая премудрости калькулятора. И лишь через несколько лет окончательно перешла к работе только с ним.

В первой четверти XVII века появились логарифмические линейки, логарифмические таблицы и В. Шиккардом (другом Кеплера) была создана первая вычислительная машина, выполняющая четыре основных действия арифметики — сложение, вычитание, умножение и деление. Венцом механических калькуляторов стали арифмометры, созданные в 1879 году петербургским инженером В. Т. Ордером, известные у нас под гордым именем «железного Феликса». А уже в 1941 году немцем К. Цузе была построена первая электромеханическая релейная счетная машина.

После Второй мировой войны настал век электронных вычислительных машин. У нас под руководством советского академика С. А. Лебедева были созданы первые отечественные электронные вычислительные машины МЭСМ (1948—1951) и БЭСМ (1953). Вначале это были ламповые машины, но вскоре появились миниатюрные усилительные приборы — транзисторы и ламповые ЭВМ уступили место транзисторным ЭВМ. Некоторые из них имели уже настольные габариты и назывались клавишными ЭВМ — ЭКВМ. Одна из первых таких 10-клавишных машин ЭДВМ-11 могла автоматически вычислять даже тригонометрические функции.

Однако подлинный расцвет в разработке ЭКВМ наступил после развития микроэлектронной промышленности в конце 50-х годов теперь уже прошлого столетия. Вначале интегральные, а позже большие интегральные схемы (БИС) и даже сверхбольшие (СБИС) позволили в сотни раз уменьшить габариты вычислительных машин и в миллионы раз снизить их энергопотребление. Появились настольные мини, а затем даже микро-ЭВМ и первые электронные микрокалькуляторы на интегральных микросхемах.

С середины 70-х и в начале 80-х годов разработка и производство электронных микрокалькуляторов развивались невиданными темпами. Если в 1970 году объем выпуска ЭКВМ составил чуть выше 1 млн экз., то уже в 1976 году он достиг 100 млн. Ассортимент резко расширился — появились калькуляторы для инженерных и научных расчетов и даже программируемые микрокалькуляторы. Они открыли тайны программирования многим миллионам людей. В СССР киевским НПО «Кристалл» была выпущена обширная серия программируемых микрокалькуляторов «Электроника» БЗ-21, БЗ-34, МК-61, МК-64, МК-52 и др. А центр нашей микроэлектроники (г. Зеленоград) освоил даже программируемые на языке Бейсик («Электроника» МК-85). Их характеристики соответствовали среднему уровню развития зарубежных калькуляторов того времени.

В 1982 году могучая корпорация IBM выпустила на рынок новое массовое изделие — первые персональные компьютеры IBM PC XT. Они мгновенно потеснили имеющиеся на рынке «домашние» компьютеры, в том числе лидирующей в этом секторе машин компании Apple. Впервые в руках индивидуума появилось такое мощное и многофункциональное устройство, как компьютер, по существу новейшая ЭВМ на СБИС. Предпосылкой к ее созданию стала разработка нового вида микроэлектронного изделия — микропроцессора, который мог заменить серию микросхем для калькуляторов. Прорыв в этой области осуществила молодая компания Intel, ныне ставшая лидером мировой микроэлектронной промышленности.

Однако персональные компьютеры (ПК) были дороги и велики по массе и размерам. Поэтому потребность в калькуляторах с появлением ПК во всем мире вовсе не уменьшилась и они продолжали развиваться бурными темпами. Свой вклад в разработку новых моделей внесли такие гиганты американской и японской электронной и компьютерной промышленности, как Hewlett Packard, Texas Instruments, Casio, Sharp, CITIZEN и многие другие. Надо полагать, что они лучше наших плановых служб знали пользу от выпуска этих массовых товаров.

В 80-е годы XX века, почти одновременно с созданием ПК, были созданы подлинные шедевры калькуляторной техники. К ним можно отнести карманный научный калькулятор корпорации Hewlett Packard HP-15C и калькулятор HP-41. Первый мог помещаться в карман рубашки, был способен выполнять все операции с комплексными числами, мог работать с матрицами размера до 8×8 (или комплексными 4×4), решать системы линейных уравнений, вычислять корни нелинейных уравнений, производные и интегралы. К тому же это был программируемый калькулятор, у которого число шагов программы чуть не дотягивало до 500. И еще одно уникальное свойство — калькулятор сохранял свое текущее состояние, все данные и програм-

мы при выключении и мог работать без смены батарей многие годы. А супер-калькулятор HP-41 по своим характеристикам вполне соперничал с серьезными микроЭВМ тех лет.

С этих микрокалькуляторов началась новейшая история калькуляторов, во времена которой они были вынуждены существовать и успешно развиваться наряду с персональными компьютерами. При этом каждый вид персональной вычислительной техники нашел свою нишу у производителей персональной вычислительной техники и в душах многих десятков, а то и сотен миллионов пользователей. Нередко один и тот же пользователь с успехом использовал ПК и калькулятор в зависимости от обстоятельств работы и сложности выполняемых расчетов.

Следом за инженерными и научными калькуляторами с расширенными возможностями появились первые образцы графических калькуляторов, еще больше стирающих границы между ними и ПК в части функциональных возможностей. В 90-х годах ушедшего XX века графические калькуляторы окончательно сформировались как новый класс мощных современных калькуляторов. Наибольших успехов в их разработке достигли крупнейшие электронные фирмы — Hewlett Packard (модели HP-38, 39, 48, 49), Casio (FX-6300 GN, FX-7400G, FX-7450G, FX-7700G и др.) и Texas Instruments (TI-73/80/82/83/83 Plus/85/86). Фирма Casio умудрилась создать даже графические калькуляторы с трехцветным дисплеем (CFX-9850/9950 GB PLUS).

Венцом развития калькуляторов стало появление в них возможностей трехмерной (в том числе анимационной) графики и элементов символьной математики (компьютерной алгебры), которая позволяет выполнять вычисления не только с числами, но и с аналитическими выражениями. К таким калькуляторам относятся последние модели ALGEBRA FX-2 корпорации Casio, HP-49 — Hewlett Packard и, наконец, самые мощные в этом классе модели графических калькуляторов корпорации Texas Instruments TI-89, TI-92 и TI-92 Plus с встроенной в них несколько упрощенной системой компьютерной математики Derive.

Различия между калькуляторами и ПК все чаще стали проявляться вовсе не в возможностях вычислений, а совсем в ином — калькуляторы были намного дешевле ПК, меньше по габаритам и удобнее в эксплуатации в условиях, когда пользователь не имеет доступа к силовой сети и нуждается в длительной работе от автономных источников электропитания. А это случается часто — во время уроков в школе или университете, на даче или на пляже, когда можно сочетать полезное с приятным (вычисления с отдыхом), в длительной поездке и т. д.

К сожалению, у нас, как всегда, все происходило совсем не так, как у всех. Конец существования могучего Советского Союза был отмечен всплеском разработок и производства современных по тем временам микрокалькуляторов и даже попытками создания своих (увы, уж больно некачественных и ужасно дорогих) персональных ЭВМ, гордо именуемых «профессиональными ЭВМ». С развалом СССР изрядно отставшая от Запада наша микроэлектронная промышленность оказалась просто неспособной производить не только свои микропроцессоры, но и микросхемы для современных микрокалькуляторов. Кстати, лишь чуть-чуть более простые, чем микросхе-

мы микропроцессоров. Наше головное предприятие в этой отрасли — разработчик многих отечественных микрокалькуляторов ПО «Кристалл» осталось на Украине, и выпуск, по существу, полностью прекратился. Они исчезли с прилавков магазинов.

Российская научно-педагогическая общественность, увы, отреагировала на это в духе недавнего социалистического прошлого, как в песенке-шлягере: «отряд не заметил потери бойца». Почему так? Отчасти потому, что в магазинах появилась масса микрокалькуляторов зарубежных фирм, таких, как CITIZEN, Casio, Hewlett Packard, Sharp, Texas Instruments и других, причем более привлекательных по внешнему виду и более мощных в вычислениях.

Созданные в наших вузах учебные классы на базе наших калькуляторов быстро списали (благо эти калькуляторы вполне подходили к статье «малоценка»), и все поголовно принялись (по командам свыше о всеобщей компьютеризации нашей страны и образования) бахать «из пушек по воробьям», то бишь вычислять $2 + 2$ и все в этом роде только на персональных компьютерах. Так и бабахаем до сих пор, хотя далеко не каждый вуз России может похвастать современными компьютерными классами, а в большей части наших провинциальных и сельских школ персоналки видели только в кино или на экскурсиях в более преуспевающие столичные вузы и показательные школы. Увы, но даже позитивные сдвиги последнего времени (например, направление в школы 50 000 современных ПК) не решают эту проблему.

Но даже если откинуть эту явно ненормальную и просто трагикомическую ситуацию, то мы вынуждены будем признать, что далеко не всегда для вычислений, как простых, так и умеренно сложных, нужно применять персональные компьютеры. Вы ведь не возьмете свой настольный громоздкий и тяжелый ПК в командировку, в учебный класс школы или университета, на дачу или даже на пляж, где нет электросети, или даже в магазин. Во всех этих случаях миниатюрный калькулятор имеет массу преимуществ перед компьютером — длительное время работы от батарей, карманные размеры, отсутствие излучения дисплея, полная бесшумность в работе и т. д.

Как видно из сказанного выше, по функциональным возможностям самые мощные из калькуляторов сравнялись с ПК и даже с установленными на них мощными системами компьютерной математики. А что касается малогабаритных компьютеров — ноутбуков, то не стоит забывать, что их стоимость в десятки раз превышает стоимость самых дорогих калькуляторов. К тому же от аккумуляторов они могут работать лишь пару-другую часов. Впрочем, стоимость современных графических научных калькуляторов не так уж и мала — она доходит до 100—200 долларов США. Оно и понятно — за малые габариты и удобства в работе надо платить!

Классификация микрокалькуляторов

Итак, микрокалькулятор — миниатюрная клавишная электронная вычислительная машина (ЭКВМ), предназначенная, как правило, для индивидуального пользования. От современных персональных компьютеров (ПК) микрокалькуляторы отличаются меньшими габаритами и массой, меньшей стоимо-

стью и большими удобствами в работе. Большинство калькуляторов питаются от батарей, нередко от солнечных, потребляемая от них мощность ничтожна и обеспечивает нередко работу калькулятора без смены батарей в течение многих лет.

Микрокалькуляторы, даже самые сложные, менее универсальны, чем ПК. Однако разрыв между их функциональными возможностями и возможностями ПК непрерывно сокращается, причем по мере совершенствования калькуляторов. Похоже, что наиболее сложные калькуляторы превращаются в специализированные на вычисления миниатюрные компьютеры.

Понятие «современный микрокалькулятор» вовсе не относится только к сложным моделям таких устройств. Это понятие просто означает, что рассматриваемые в книге калькуляторы выпускаются в наши дни. Число калькуляторов во всем мире сейчас трудно подсчитать. Вероятно, их уже куда больше, чем людей на Земле. Ведь многие из нас имеют в своем распоряжении уже несколько микрокалькуляторов, например в электронных часах и будильниках, в письменных приборах, в радиоприемниках, на работе, в офисе и дома и т. д. и т. п. Одно время популярны были даже визитки в виде работающих сверхтонких микрокалькуляторов, на обороте которых можно было написать данные об их владельце.

Калькуляторы можно классифицировать по видам их применения:

- простые и бухгалтерские калькуляторы;
- инженерные и научные непрограммируемые микрокалькуляторы;
- инженерные и научные программируемые микрокалькуляторы;
- графические калькуляторы общего назначения;
- графические инженерные и научные калькуляторы;
- калькуляторы с расширенными математическими возможностями, включающими символьные (аналитические) вычисления;
- калькуляторы специального назначения (например, для подсчета калорий пищи, астрологического прогноза, астрономических вычислений и т. д. и т. п.).

Можно классифицировать калькуляторы и по их конструкции:

- настольные калькуляторы с увеличенными размерами дисплея (нередко многострочного);
- малогабаритные карманные калькуляторы;
- калькуляторы, встроенные в различные изделия (часы, авторучки, письменные приборы, будильники и др.);
- специальные калькуляторы с графическими манипуляторами, дисплеем для представления графики и математических формул и т. д.

Калькуляторы и стиль работы с ними так полюбились всем, что даже для пользователей могучих ПК были созданы программы-имитаторы калькуляторов. Нередко это виртуальные аналоги наиболее популярных серийных калькуляторов. Подобные программы есть даже в составе операционных систем для ПК, например, Windows 95/98. Зачастую в простых вычислениях их применять куда удобнее и проще, чем серьезные системы компьютерной математики, требующие много времени для знакомства с ними и стоящие (при легальном приобретении) сотни и тысячи долларов.

Простые (бухгалтерские) микрокалькуляторы

Простые микрокалькуляторы могут выполнять только 4 основных арифметических действия: сложение, вычитание, умножение и деление. Иногда к ним добавляется несколько простых функций, например вычисления квадрата числа, квадратного корня и обратной величины числа. Зато по разнообразию конструктивного оформления (и даже по его нерациональности) эти калькуляторы не имеют себе равных. Вы можете встретить часы с калькуляторами, кнопки которых невозможно (из-за их малости) нажимать пальцами, и для этого приходится использовать заостренные палочки или спички. Есть калькуляторы, встроенные в авторучки, писать которыми, естественно, при счете невозможно. Но большинство калькуляторов этого типа имеют стандартное оформление, настолько всем привычное, что едва ли стоит подробно его описывать.

На нашем рынке простых калькуляторов бесспорно лидирует корпорация CITIZEN. Эта корпорация имеет в российском Интернете свой русскоязычный сайт, страница которого, посвященная бухгалтерским микрокалькуляторам, показана на рис. 1.1.

На рис. 1.1 представлено лишь начало списка подобных калькуляторов, производимых корпорацией CITIZEN. Вторая часть этого списка представлена на рис. 1.2. Из приведенных данных можно составить представление как о богатстве ассортимента выпускаемых микрокалькуляторов, так и о их внешнем виде.



Рис. 1.1. Страница Интернет-сайта корпорации CITIZEN, посвященная бухгалтерским калькуляторам

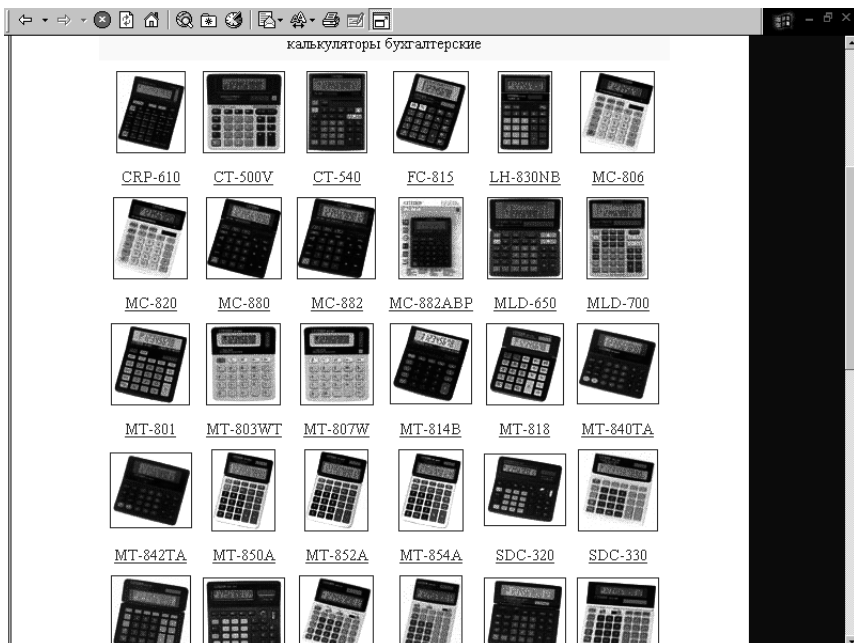


Рис. 1.2. Продолжение страницы со списком бухгалтерских калькуляторов, выпускаемых корпорацией CITIZEN

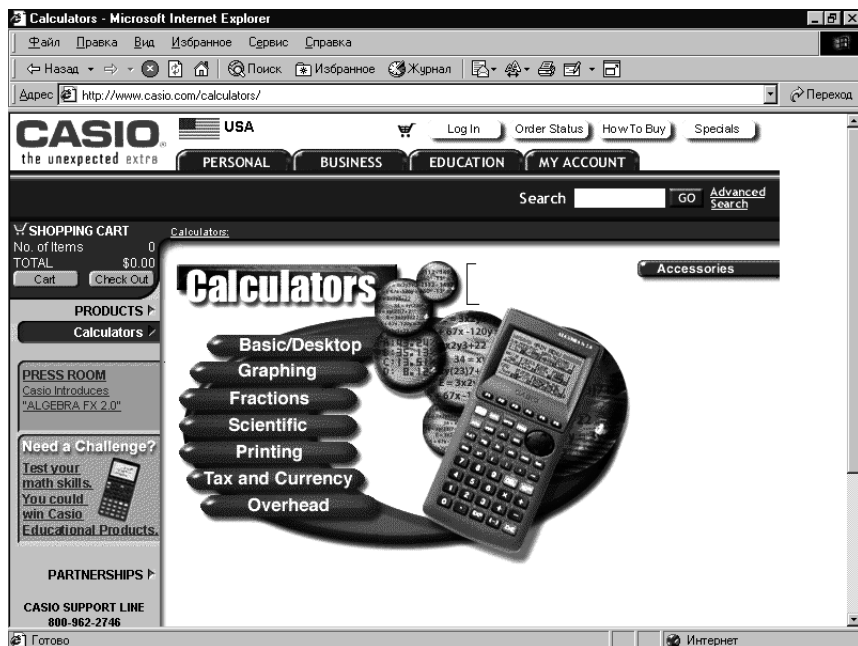
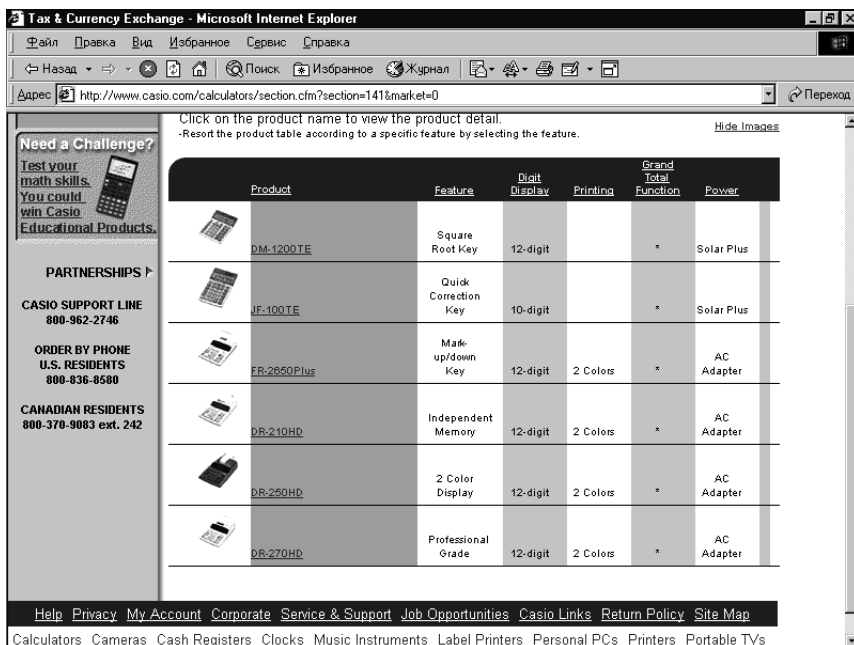


Рис. 1.3. Интернет-страница корпорации Casio, посвященная микрокалькуляторам

Из калькуляторов фирмы CITIZEN, пожалуй, больше всего известны большие настольные. Они имеют крупные клавиши, в которые можно тыкать пальцем почти не глядя на клавиатуру. А большой экран дисплея позволяет видеть вычисляемые числа без очков и издалека. Как правило, это довольно примитивные машинки, полюбившиеся работникам бухгалтерий, экономических отделов и офисов, — словом, всех тех, кого премудрости математики интересуют в пределах арифметических расчетов и вычисления процентов. Есть, впрочем, и более сложные модели с типовыми функциями статистических расчетов. Возможности калькуляторов этой группы ясны с первого взгляда на их клавиатуру.

Другой популярный у нас и в мире производитель микрокалькуляторов — японская корпорация Casio. Начальная страница ее Интернет-сайта, посвященная калькуляторам и показанная на рис. 1.3, дает представление о классах калькуляторов, выпускаемых этой корпорацией. Эту страницу украшает новейшая модель ALGEBRA FX-2.

В отличие от CITIZEN, Casio выпускает небольшую номенклатуру бухгалтерских настольных калькуляторов. С их внешним видом и основными характеристиками можно ознакомиться с помощью Интернет-страницы, посвященной калькуляторам этого типа (рис. 1.4). Из шести моделей три имеют встроенное печатающее устройство. У нас такие калькуляторы не очень популярны из-за особого формата распечаток. Индивидуальным пользователям эти распечатки обычно попросту не нужны, а при вычислениях в офисах учреждений и в магазинах для распечатки чеков используются чековые аппа-



The screenshot shows a web browser window with the URL <http://www.casio.com/calculators/section.cfm?section=141&market=0>. The page title is "Tax & Currency Exchange - Microsoft Internet Explorer". The main content area displays a table of calculator models with their features. The table has columns for Product, Feature, Digit Display, Printing, Grand Total Function, and Power. The models listed are DM-1200TE, JF-100TE, FR-2650Plus, DR-210HD, DR-250HD, and DR-270HD. The left sidebar contains a "Need a Challenge?" section, a "PARTNERSHIPS" link, and contact information for CASIO SUPPORT LINE (800-962-2746) and CANADIAN RESIDENTS (800-378-9083 ext. 242). The bottom of the page has a navigation bar with links like Help, Privacy, My Account, Corporate, Service & Support, Job Opportunities, Casio Links, Return Policy, Site Map, Calculators, Cameras, Cash Registers, Clocks, Music Instruments, Label Printers, Personal PCs, Printers, and Portable TVs.

Product	Feature	Digit Display	Printing	Grand Total Function	Power
 DM-1200TE	Square Root Key	12-digit		*	Solar Plus
 JF-100TE	Quick Correction Key	10-digit		*	Solar Plus
 FR-2650Plus	Make-up/down Key	12-digit	2 Colors	*	AC Adapter
 DR-210HD	Independent Memory	12-digit	2 Colors	*	AC Adapter
 DR-250HD	2 Color Display	12-digit	2 Colors	*	AC Adapter
 DR-270HD	Professional Grade	12-digit	2 Colors	*	AC Adapter

Рис. 1.4. Данные о характеристиках простых калькуляторов корпорации Casio

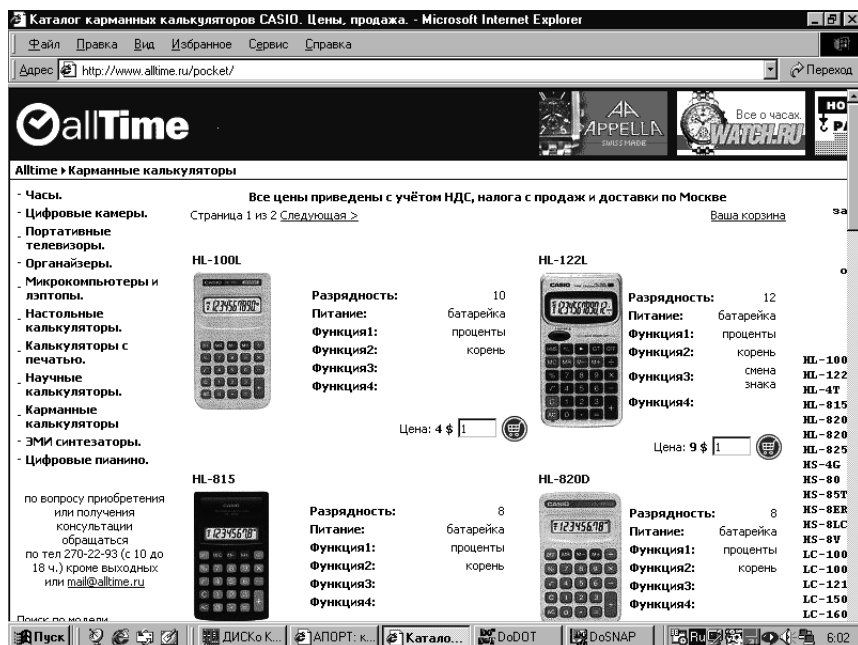


Рис. 1.5. Интернет-страница фирмы AllTime, посвященная карманным калькуляторам корпорации Casio

раты, приобретение которых у нас является обязательным и регламентированным законодательством. К тому же печатающие калькуляторы довольно дороги.

Обширная номенклатура калькуляторов Casio выставлена и на Интернет-сайте компании AllTime. Так, на рис. 1.5 показано начало страницы, посвященной карманным калькуляторам Casio. Нетрудно заметить, что стоимость простых карманных калькуляторов Casio составляет несколько долларов США, так что они общедоступны и пользуются большим спросом.

Сейчас в продаже можно встретить несметное число наименований простых калькуляторов малоизвестных фирм, в частности китайских. Нередко такие фирмы берут названия, явно напоминающее название какой-либо известной фирмы с одной-двумя измененными буквами. Конечно, такие калькуляторы менее надежны, чем ведущих в их производстве корпораций. Но они порой и намного дешевле. Их вполне можно покупать, в крайнем случае не жалко и выбросить, если подобная машинка забрахлит.

Инженерные и научные калькуляторы

Инженерные калькуляторы — еще один массовый тип. Они предназначены для выполнения несложных математических, статистических и научно-технических расчетов. Такие калькуляторы часто имеют вид простых каль-

куляторов, но содержат гораздо больше встроенных функций и клавиш для их использования. Нередко они имеют клавиши двойного и даже тройного действия, осуществляемого с помощью так называемых префиксных клавиш, как правило ярко выделенных цветом.

Инженерные калькуляторы едва ли нужны домохозяйке, работнику бухгалтерии или профессору-филологу. Нередко приобретая подобные калькуляторы, такие пользователи не пользуются подавляющим большинством их возможностей, ибо для их рода работы и деятельности инженерные и математические функции попросту ненужны. Их наличие лишь усложняет работу с такими калькуляторами. Однако студентам вузов, особенно технического профиля, большинству инженеров и многим научным работникам в сферах, не очень далеко вторгающихся в высшую математику, такие микрокалькуляторы крайне необходимы, ибо они автоматизируют выполнение массы рутинных повседневных расчетов и заменяют вечно теряющиеся таблицы логарифмов и значений математических функций. Эти калькуляторы обеспечивают быстрое вычисление элементарных математических функций, степенных, логарифмических, тригонометрических и обратных тригонометрических (а части и гиперболических) функций.

Для простых инженерных и научных калькуляторов трудно провести четкую границу между ними. Нередко научный калькулятор можно отличить от инженерного только по надписи Scientific Calculator на передней панели калькулятора, носящей скорее рекламный, чем функциональный характер. Небольшая часть таких калькуляторов выпускается с возможностями программирования. Иногда оно осуществляется просто путем кодировки последовательности нажатий клавиш, а иногда с помощью простого кодового языка программирования. В наиболее сложных и продвинутых моделях используется та или иная версия языка программирования BASIC.

Все корпорации — производители калькуляторов выпускают определенный ассортимент инженерных микрокалькуляторов. К примеру, несколько простых моделей таких калькуляторов выпускает уже упомянутая корпорация CITIZEN (рис. 1.6). Однако такие калькуляторы явно не главное «хобби» этой корпорации. А потому все они относятся к моделям без особых претензий. Это просто дешевые и добротные изделия. Модели калькуляторов SRP-145T, SRP-175 и SRP-45N программируемые (в кодах).

Большое число подобных изделий, также пользующихся обширным спросом (как во всем мире, так и у нас), выпускает и корпорация Casio (рис. 1.7). Обратите внимание на то, что на рис. 1.7 представлена таблица с основными параметрами таких калькуляторов. Все они имеют 10+2 — разрядный дисплей, что гарантирует достаточно высокую и приемлемую для большинства практических научно-технических расчетов погрешность вычислений.

Научные калькуляторы Casio отличаются в основном своими дополнительными возможностями: наличием функций для статистических расчетов (в том числе для регрессионного анализа), возможностями программирования, объемом памяти и др. Кроме приведенных в таблице на рис. 1.7, выпускается и ряд других подобных моделей. Так, можно отметить модели Casio fx-100 W и fx-570 W.

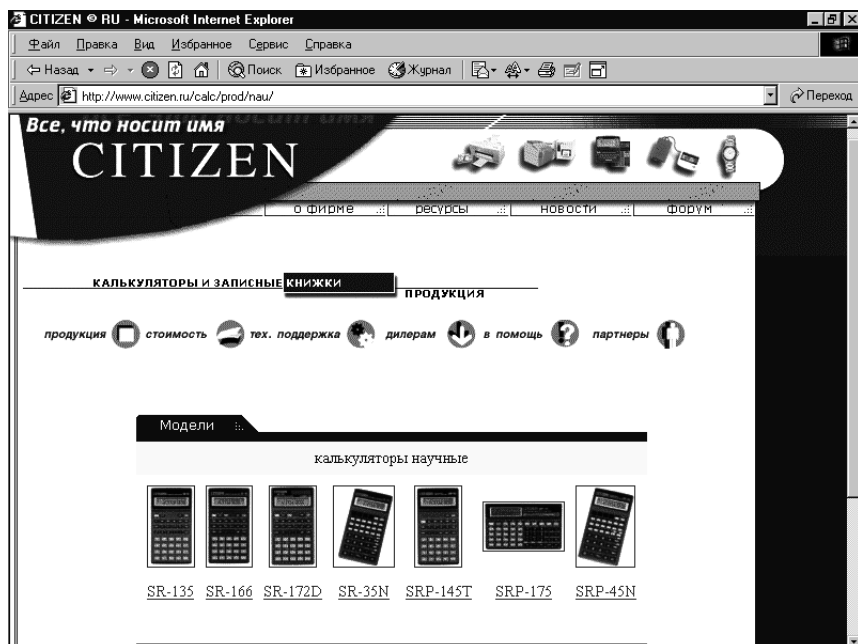


Рис. 1.6. Интернет-страница корпорации CITIZEN с данными об инженерных и научных калькуляторах

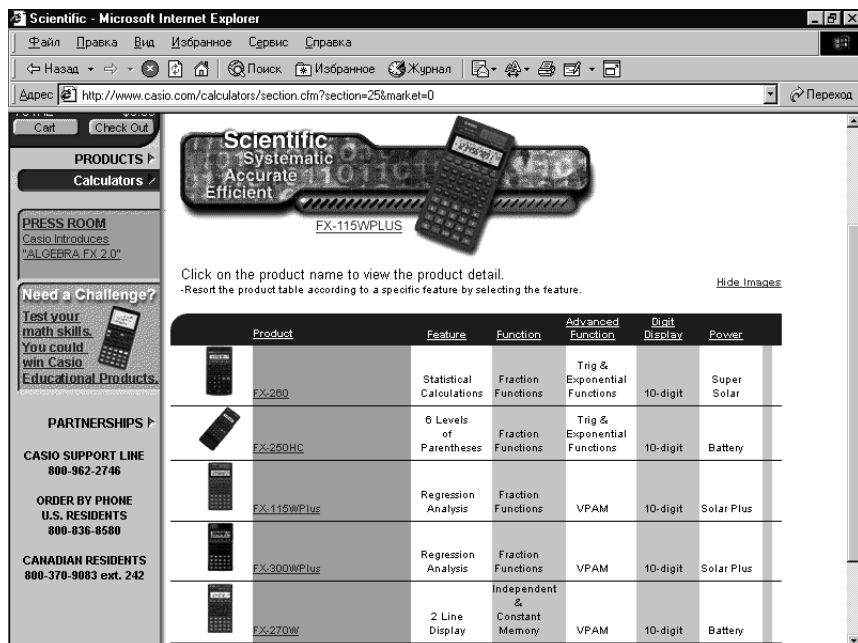


Рис. 1.7. Интернет-страница с данными о научных калькуляторах корпорации Casio

К среднему звену подобных изделий можно отнести модели, у которых число встроенных функций может достигать двух — пяти сотен и имеется ряд дополнительных возможностей, например, встроенные физические константы, формульное программирование с запоминанием формул и данных в памяти, система визуализации при алгебраической логике S-V.P.A.M и комбинированное питание. К таким моделям относится микрокалькулятор Casio fx-991W, имеющая двухстрочный дисплей с большими цифрами, 359 встроенных функций, системой S-V.P.A.M и питание от батарей и солнечных элементов. Это продлевает срок службы без смены батарей до трех лет и более. Потребляемая калькулятором мощность составляет 0,0001 Вт.

Инженерные и научные графические калькуляторы

Наиболее продвинутые научные калькуляторы имеют расширенный набор функций для научно-технических расчетов. Нередко их число доходит до многих сотен, а иногда достигает тысячи и более. Они способны выполнять не только простые вычисления, но и довольно сложные, в том числе статистические. Многие калькуляторы имеют функции, реализующие распространенные численные методы расчетов, например, решения нелинейных уравнений, численного дифференцирования и интегрирования, разложения функций в ряды Тейлора и т. д. Таким образом, имеет место сближение их возможностей с возможностями систем компьютерной математики, ориентированных на ПК.

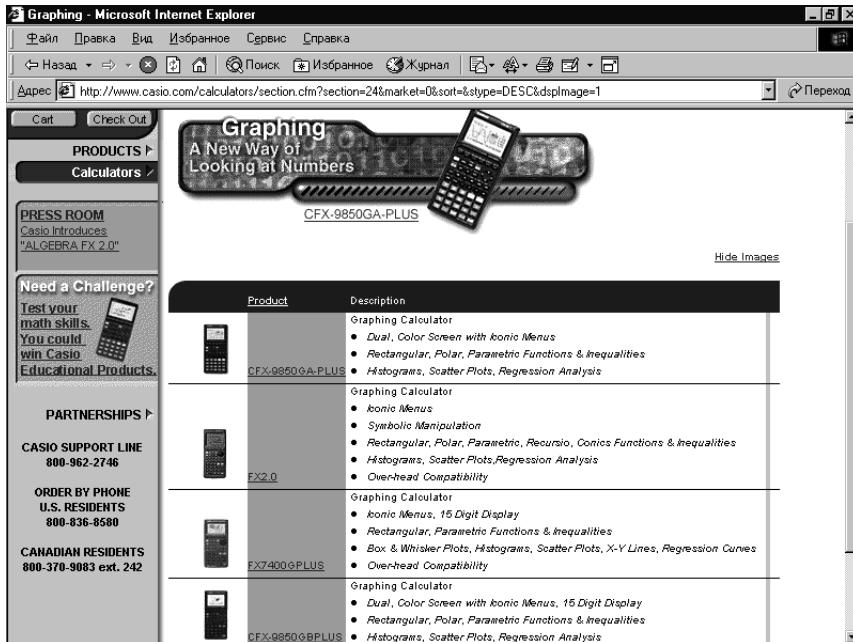


Рис. 1.8. Интернет-страница корпорации Casio с данными о графических калькуляторах

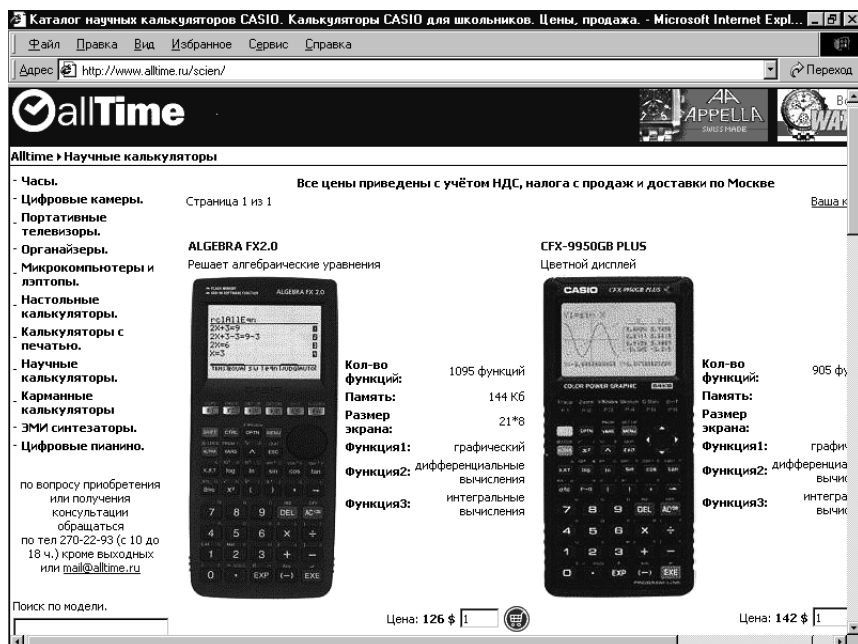


Рис. 1.9. Интернет-страница компании AllTime с данными о графических калькуляторах корпорации Casio

Принципиально новым видом микрокалькуляторов стали графические программируемые, практически стирающие разницу между ними и компьютерами в выполнении любых (в том числе достаточно сложных) вычислений. В мире выпущены многие десятки миллионов графических микрокалькуляторов, и они начинают проникать на рынок России. Среди таких моделей у нас наиболее известны калькуляторы корпорации Casio (рис. 1.8).

Подробные данные о графических микрокалькуляторах Casio можно найти на сайте компании AllTime. Так, на рис. 1.9 приведено начало страницы, посвященной таким калькуляторам. На ней даны данные о внешнем виде и характеристиках двух самых старших моделей графических программируемых калькуляторов ALGEBRA FX2.0 и CFX-9950GB PLUS. Обратите внимание на то, что стоимость у них довольно велика — 126 и 142 доллара США (на российском рынке).

Более подробно графические калькуляторы корпорации Casio рассматриваются в главе 6.

Графические калькуляторы с символьными вычислениями

В конце ушедшего XX века научная школа украинского академика Глушко создала одни из первых малых (настольных) инженерных ЭВМ «Мир», способных выполнять аналитические вычисления. То есть вычисления с результатами, имеющими вид не конкретных чисел, а аналитических зависи-

мостей или проще формул. Такие вычисления носят более глубокий и более общий характер, чем численные расчеты. Был создан и язык программирования для таких вычислений — АНАЛИТИК.

Но судьба этого нового и перспективного направления вычислительной техники у нас сложилась печально — оно было задавлено официально объявленным «главным направлением» развития вычислительной техники СССР — большими ЭВМ единой серии ЕС, по существу скопированными с американских ЭВМ серии IBM-360, уже к моменту копирования изрядно устаревших. Такой подход привел и к тому, что мы резко отстали в производстве появившегося нового класса ЭВМ — персональных компьютеров (ПК).

Отрицательную роль в развитии ЭВМ с символьными вычислениями сыграли и некоторые наши математики, пытающиеся и поныне доказать вредность автоматизации аналитических вычислений, как ранее доказывали вредность авторучек (портят почерк) и калькуляторов (не способствуют запоминанию таблицы умножения). В итоге направление, в котором мы одно время явно лидировали, замедлило темпы развития и резко отстало от западных работ, уверенно набравших темпы и щедро финансируемых. В то время как там, «за бугром», создавались крупные научные школы и фирмы по разработке компьютерной математики (СКМ), у нас в России так и не было создано ни одной подобной системы, выпущенной на рынок. Некоторые наши математики перебрались в зарубежные страны и хоть таким образом участвовали в создании нового класса программ — СКМ.

Долгое время СКМ были сложнейшими программными системами, требующими для своей установки больших ЭВМ или ПК с большими аппаратными ресурсами. Широкое распространение получили такие СКМ, как Derive, Mathcad, Maple, Mathematica, MATLAB и др. Каждая из них имеет до миллиона и более только легальных пользователей, а сколько «нелегалов» применяют эти системы (в том числе в России), подсчитать невозможно. За рубежом по каждой СКМ выпущены сотни книг и многие тысячи статей. СКМ прорвались в науку и образование. В последние годы литература по СКМ стала популярна и у нас.

Популярность СКМ в наше время вполне понятна — эти системы давно вышли из «детских штанишек» и превратились в мощный математический инструмент для выполнения под контролем пользователя самых разнообразных расчетов — от самых простых до самых сложных. СКМ аккумулируют знания многих поколений математиков — как глубокой древности, так и современных математических школ, причем не только западных, но и наших советских и российских. СКМ предоставляют пользователю ресурсы и знания в области математики в самой современной электронной форме. Они позволяют готовить математические и научно-технические книги, статьи и отчеты на самом высоком полиграфическом уровне и незаменимы в учебном процессе университетов, вузов и школ.

Однако долгое время применение СКМ в миниатюрных калькуляторах казалось чистой фантастикой. Первые робкие попытки использовать символьные вычисления были реализованы в калькуляторах корпораций Hewlett Packard и Casio (см. выше). Но настоящий прорыв в этой области осуществила СКМ Derive, созданная небольшой американской фирмой Soft Warehouse

Inc. Она, благодаря реализации на изящном языке искусственного интеллекта LISP, всегда была одной из самых малых по размеру СКМ и в то же время достаточно мощной в решении аналитических задач математики. Первые версии Derive размещались на одном гибком диске с объемом памяти 360 Кбайт. Да и нынешняя Derive 5 одна из самых малых СКМ из известных программных продуктов такого рода. Маленькая — да удаленькая!

Благодаря этому ценному качеству СКМ Derive стала первой СКМ, элементы которой были реализованы в виде hardware (т. е. на аппаратном уровне в постоянном запоминающем устройстве — ПЗУ), в новейших микрокалькуляторах фирмы Texas Instruments типа TI-89 и TI-92/92 Plus [4]. Это случилось в результате перехода компании Soft Warehouse Inc. под крылышко промышленного гиганта — корпорации Texas Instruments, славящейся своим измерительным и электронным оборудованием, причем нередко уникальным. Кстати, Texas Instruments является одной из немногих компаний в мире, имеющей собственное производство микропроцессоров, как обычных для персональных компьютеров, так и специальных, таких, как цифровые звуковые процессоры. Эта компания — один из родоначальников индустрии калькуляторов мира.

Объективности ради надо отметить, что второй такой системой, причем более мощной, чем Derive, стала система Maple V канадской корпорации Waterloo Maple Inc. Она была аппаратно реализована в микроминиатюрных компьютерах Cassiopeia A22T фирмы Casio. Эти компьютеры, однако, стоят намного дороже микрокалькуляторов TI-89/92 (тоже, кстати, не слишком дешевых — их стоимость составляет 150—200 долларов). Но выпуск Cassiopeia с встроенной системой Maple пока довольно ограничен, и особой популярностью эти компьютеры не пользуются — в конце концов Maple можно установить на любой полноценный субноутбук.

TI-89 и TI-92/92 Plus — микрокалькуляторы нового поколения, рекомендуемые к применению в школах с расширенной математической подготовкой и в высших учебных заведениях. Обе модели имеют абсолютно идентичные возможности, и параметры отличаются только внешним оформлением и размерами экономичного жидкокристаллического экрана.

Калькулятор TI-89

Калькулятор TI-89 выполнен в стиле классического калькулятора (рис. 1.10). Экран его жидкокристаллического дисплея, с разрешением 160×100 точек (пикселей), расположен у верхней короткой стороны корпуса. Расположение клавиш характерно для микрокалькуляторов — оно удобно для ввода чисел и арифметических операторов, но неудобно для ввода текстов. В частности, клавиши с буквами расположены в алфавитном порядке.

Калькулятор TI-89 — основная модель в ряду новых микрокалькуляторов с встроенной системой компьютерной алгебры. Его удобно держать в ладони, и он размещается в кармане пиджака. Несмотря на свои фантастические возможности, TI-89 — типичный калькулятор как по виду, так и по правилам работы с ними.

Оглавление

Вместо введения	3
Часть 1. Простые калькуляторы	10
Глава 1. Основные типы современных микрокалькуляторов	10
История появления и развития	10
Классификация микрокалькуляторов	13
Простые (бухгалтерские) микрокалькуляторы	15
Инженерные и научные калькуляторы	18
Инженерные и научные графические калькуляторы	21
Графические калькуляторы с символьными вычислениями	22
Калькулятор TI-89	24
Калькуляторы TI-92/92 Plus	25
Возможности калькуляторов TI-89/92/92 Plus	26
Отражение калькуляторов серии TI в Интернете	28
Периферийные устройства для графических калькуляторов	31
Информация о конференциях по Derive и калькуляторам TI-89/92/92 Plus	33
Калькуляторы корпорации Hewlett Packard	33
Современные калькуляторы серии HP	33
Музей калькуляторов корпорации Hewlett Packard	35
Выбор и приобретение калькуляторов	40
Эксплуатация и ремонт калькуляторов	40
Основные правила эксплуатации калькуляторов	40
Утилизация батарей и калькулятора	41
Ремонт калькуляторов	42
Глава 2. Работа с простыми микрокалькуляторами	43
Конструкция простых калькуляторов	43
Основные параметры простых калькуляторов	45
Основные операции простых микрокалькуляторов	46
Арифметические операции	46
Виды чисел и их ввод	46
Операции элементарной арифметики	47
Использование унарного минуса	48
Вычисление процентов	48
Ошибки при работе с простыми калькуляторами	49
Ошибки, связанные с машинным нулем	49
Ошибки при переполнении разрядной сетки	50
Прочие ошибки	50
Специальные операции	51
Вычисление чисел с целыми степенями	51

Арифметические операции с константами	51
Операции с регистром памяти	52
Комбинированные вычисления	53
Отсутствие приоритета операций	54
Работа с дополнительными переключателями и клавишей MU	55
Реализация некоторых численных методов	55
Вычисление факториала	55
Вычисление числа пи	56
Вычисления по схеме Горнера	57
Перевод градусов в радианы и обратно	57
Вычисление корней произвольной целой степени	58
Простой калькулятор операционных систем Windows 95/98	59
Часть 2. Инженерные и научные калькуляторы	62
Глава 3. Инженерные и научные калькуляторы с алгебраической логикой	62
Виды инженерных калькуляторов с алгебраической логикой	62
Начало работы с инженерными калькуляторами	62
Особенности инженерных и научных калькуляторов	63
Вид инженерных и простых научных калькуляторов	63
Числа и числовые константы	66
Системы счисления	66
Натуральные, отрицательные и простые числа	66
Целые числа	67
Числа двоичные, восьмеричные и шестнадцатеричные	67
Рациональные числа	69
Вещественные (действительные) числа	69
Вещественные числа с фиксированной и плавающей точкой	69
Случайные числа	71
Комплексные числа и преобразования координат	71
Характерные правила ввода и вывода чисел	72
Основные вычисления на инженерных калькуляторах	73
Приоритет операций и скобки	73
Вычисления по встроенным математическим функциям	74
Функции задания единиц измерения и преобразования углов и времени	74
Тригонометрические и обратные тригонометрические функции	75
Гиперболические и обратные гиперболические функции	75
Статистические вычисления на инженерных калькуляторах	75
Научные калькуляторы с расширенными возможностями	76
Калькуляторы Casio fx-100/115/570/991 W	76
Клавиатура калькулятора Casio fx-991 W	77
Алгебраический метод с повышенной визуализацией S-V.P.F.M	78
Начальные установки калькулятора	78
Приемы оперативной работы	80
Учет приоритета операций	81
Стеки калькулятора	81
Ошибки и их устранение	82

Арифметические операции	83
Простейшие вычисления	83
Системная переменная запоминания результата вычислений Ans	84
Вычисления с процентами	84
Вычисления с дробями	85
Изменение формата десятичных чисел	85
Округление чисел	86
Инженерные вычисления	87
Генерация случайных чисел	87
Факториал, перестановки и сочетания	87
Работа с двоичными, восьмеричными и шестнадцатеричными числами	87
Работа с десятичными приставками	89
Вычисления научных функций	90
Вычисление логарифмов, степенных функций и корней	90
Вычисление тригонометрических и обратных тригонометрических функций	90
Вычисление гиперболических и обратных гиперболических функций	91
Работа с градусами, минутами и секундами	91
Операции с комплексными числами	91
Преобразование координат точки	92
Преобразование метрических величин	93
Вывод научных констант	94
Операции, связанные с памятью	95
Переменные в памяти	95
Работа с накапливающим регистром	96
Формула в памяти	96
Решение с помощью формулы в памяти трансцендентных уравнений	97
Вычисление определенных интегралов	98
Статистические вычисления	100
Вычисление стандартного отклонения для массива чисел	100
Вычисление нормального распределения вероятностей	101
Регрессия разного вида	101
Виртуальный инженерный Windows-калькулятор	103
Глава 4. Калькуляторы с обратной бесскобочной (польской) логикой	106
Основы обратной бесскобочной (польской) логики	106
Основные идеи обратной бесскобочной (польской) логики	106
Операционный стек калькуляторов с польской логикой	107
Ввод чисел в стек и их перемещения	107
Простейшие вычисления	108
Примеры вычислений в общем виде	109
Основные операции со стеком	109
Модели калькуляторов с польской логикой работы	109
Советские калькуляторы	109
Научные калькуляторы Hewlett Packard	111

Типовые вычисления на калькуляторах с польской логикой . . .	113
Общие положения	113
Работа с числами	115
Арифметические операции	116
Регистры памяти и операции с ними	116
Вычисление встроенных функций	117
Операции с комплексными числами	118
Матричные операции в HP-15C	119
Понятие о матрицах и векторах	119
Задание матриц	120
Основные операции с матрицами	121
Примеры матричных вычислений	121
Представления матриц с комплексными элементами	123
Операции над матрицами с комплексными элементами	124
Основы программирования калькуляторов HP-15C	126
Распределение памяти и коды программы	126
Пример подготовки и пуска простой программы	127
Отладка программы по шагам	128
Условные и безусловные переходы	128
Циклы	129
Подпрограммы	130
Косвенная адресация	131
Другие возможности HP-15C	132
Вычисление определенных интегралов	132
Решение уравнений вида $f(x) = 0$	133
Статистические вычисления	134
Общие замечания по программированию калькуляторов класса HP-11C/HP-15C	135
Часть 3. Графические калькуляторы	137
Глава 5. Графические калькуляторы серии HP	137
Общие сведения о графических калькуляторах серии HP	137
Внешний вид и клавиатура калькуляторов HP-48C	138
Дисплей и клавиатура калькуляторов HP-48	140
Основные меню калькуляторов HP-48	141
Начало работы с калькуляторами HP-48	142
Обычные вычисления	142
Объекты и их применение	142
Задание, редактирование и удаление переменных	144
Задание программ и функций пользователя	145
Редактирование и удаление переменных, программ и функций пользователя	145
Аналитические вычисления	146
Создание и редактирование алгебраических выражений	146
Решатель HP-Solver	147
Меню ALGEBRA	148
Разрешение уравнения относительно заданной переменной	148

Решение квадратных уравнений	149
Операции преобразования выражений	150
Разложение функции в ряд Тейлора	150
Символьное дифференцирование	151
Символьное вычисление определенных интегралов	151
Суммирование рядов	151
Графика калькуляторов HP-48	152
Организация графики и меню PLOT	152
Построение графических объектов — меню GRAPH	153
Переменная PPAR	153
Построение графиков функций	154
Оперативная математическая обработка графиков функций	156
Построение графических объектов	158
Построение графиков специального типа	158
Матричные операции и линейная алгебра	160
Ввод и редактирование матриц	160
Операции с векторами	161
Операции с матрицами	162
Статистические вычисления	163
Ввод данных для статистических расчетов	163
Основные вычисления в меню STAT	164
Дополнительные операции статистики	165
Основы программирования калькуляторов HP-48	166
Обзор меню программных средств PRGM	166
Взаимодействие программ со стеком	166
Задание локальных переменных	167
Применение подпрограмм	168
Средства отладки программ	169
Флаги и контроль за их состоянием	171
Управляющие структуры программ и средства диалога	172
Конструкции условных выражений IF-THEN-ELSE и IFTE	172
Конструкция переключателя CASE-END	173
Конструкции циклов START-NEXT и START-STEP	173
Циклы типа FOR-NEXT и FOR-STEP	173
Циклы типа DO-UNTIL-END и WHILE-REPEAT-END	174
Средства диалога	174
Системные сообщения и их обработка	176
Глава 6. Графические калькуляторы корпорации Casio	177
Обзор графических калькуляторов корпорации Casio	177
Основные характеристики графических микрокалькуляторов Casio	177
Достоинства и недостатки графических калькуляторов Casio	179
Калькуляторы CFX-9850GB/CFX-9950GB Plus	180
Клавиатура калькуляторов и принципы работы	180
Меню режимов работы MENU	181
Меню опций OPTN	182

Меню переменных VARS	183
Меню средств программирования PRGM	184
Начальные установки калькулятора	184
Установка и смена батарей	184
Настройка дисплея — меню CONT	185
Контроль памяти — меню MEM	185
Аппаратный сброс памяти	186
Исходные установки — меню SET UP	186
Работа с числами	186
Смена типов чисел и форматов их представления	186
Работа с рациональными числами	188
Работа с числами с разным основанием и с логическими операторами	188
Работа с комплексными числами	189
Основные вычисления	189
Арифметические операции	189
Функция ans и блокировка вывода	190
Приоритет операций с расширенным их набором	190
Сообщения об ошибках	191
Переменные и функции пользователя	191
Использование в строке нескольких выражений	192
Работа со стандартными функциями	193
Численные методы анализа функций	194
Общие замечания по реализации численных методов	194
Решение нелинейных уравнений	194
Вычисление первой и второй производных	195
Вычисление определенных интегралов	195
Вычисление минимумов и максимумов функций	196
Вычисление сумм	196
Матричные вычисления	197
Создание, редактирование матриц и стирание матриц	197
Манипуляции со строками и столбцами матриц	198
Операции с матрицами	198
Решение уравнений и систем уравнений — меню EQUA	200
Решение систем линейных уравнений	200
Решение квадратных и кубических уравнений	202
Применение решателя уравнений	203
Построение графиков	203
Меню графических операций GRAPH и запись функций	203
Построение графиков функций в декартовой системе координат	205
Параметры окна графики и их сохранение	205
Ручное построение графиков	207
Меню дополнительных графических объектов Sketch	207
Графики параметрические и в полярной системе координат	209

Специальные возможности графики	209
Анализ функций в графическом окне	209
Двойной экран	211
Динамическая графика — меню DYNA	212
Импликативная графика	213
Графики и таблицы	215
Получение табличных значений графической функции	215
Графики и таблицы на двойном экране	216
Подготовка к визуализации рекурсии	216
Построение графика и таблицы для чисел Фибоначчи	217
Иллюстрация сходимости рекурсии	218
Иллюстрация расходимости рекурсии	220
Статистические вычисления и графика	220
Меню статистических вычислений STAT	220
Меню графики статистических вычислений GRAPH	221
Регрессия и ее визуализация	222
Вычисление и визуализация нормального стандартного распределения вероятности	224
Вычисление и визуализация различных распределений вероятности	224
Статистические тесты и доверительные интервалы	226
Финансовые и прочие вычисления	228
Программирование калькуляторов Casio CFX-9850/9950GB Plus	229
Характеристика языка программирования и меню PRGM	229
Пример создания и исполнения простой программы	230
Локальное меню PRGM и основные операторы программ	232
Управляющие структуры	233
Оператор безусловного перехода Goto — Lbl M	233
Операторы условных выражений типа If-Else-Then	234
Циклы типа for-next	235
Циклы типа Do-Loop-While и While-WhileEnd	236
Операторы скачков Dsz, Isz и $\Rightarrow$	237
Операторы прерывания Break и остановка Stop	237
Операторы Prog и Return	238
Дополнительные возможности и ограничения калькуляторов	238
Общие замечания по программированию микрокалькуляторов	238
Специальные операторы ввода/вывода	239
Использование расширенных функций	241
Использование графических возможностей	241
Ограничения средств программирования калькуляторов	242
Коммуникационные возможности калькуляторов	243
Часть 4. Графические калькуляторы с СКМ	244
Глава 7. Основы работы с калькуляторами TI-89/92/92 Plus	244
Подготовка калькуляторов к работе	244
Назначение калькуляторов и состав поставки	244
Подготовка калькуляторов к работе	244

Работа с клавиатурой калькуляторов	245
Использование префиксных клавиш	246
Графический манипулятор	247
Окно дисплея	247
Первые вычисления	248
Организация ввода выражений	249
Ввод с помощью клавиши ENTER и команды ENTRY	249
Скроллинг сессии	250
Строчное редактирование в строке ввода	250
Обзор функций — окно и меню CATALOG	251
Наиболее распространенные встроенные операторы и функции	253
Окно ввода специальных символов по категориям CHAR	254
Окно быстрого ввода специальных символов KEY	255
Окно ввода единиц измерения физических величин UNITS	255
Система окон и меню калькуляторов	256
Доступ к основным окнам калькулятора	256
Меню приложений APPS	257
Меню режимов работы калькуляторов MODE	258
Очистка окна сессии и строки ввода	259
Удаление введенных определений	260
Включение и выключение меню CUSTOM	260
Установка форматов представления выражений и чисел	261
Установка форматов представления выражений	261
Установка форматов представления дробных чисел	262
Установка экспоненциальных форматов представления чисел	262
Информация в строке состояния	263
Прерывание длительных вычислений	263
Информация о микрокалькуляторе	263
Установка параметров графического окна	264
Математические вычисления	264
Операторы и функции окна MATH	264
Создание функций пользователя — оператор $\rightarrow$	266
Создание функций пользователя с помощью оператора Define	266
Переменные и их задание	266
Корректная работа с переменными	267
Запись нескольких выражений в одной строке	267
Подстановки с помощью оператора 	268
Вычисляем интеграл и производную	268
Решим квадратное уравнение в общем виде	269
Попробуем решить кубическое уравнение общего вида	270
Решение кубического уравнения в численном виде	270
Строим графики функций	271
Глава 8. Вычисления на калькуляторах TI-89/92	272
Меню Algebra и автоматическое упрощение выражений	272
Решение уравнений и систем уравнений	273

Решение одиночных уравнений или неравенств — функция solve	273
Решение систем линейных уравнений с помощью функции solve	274
Решение систем линейных уравнений с помощью функции simult	274
Решение системы линейных уравнений с помощью функции rref	275
Решение систем нелинейных уравнений с помощью функции solve	276
Быстрое решение нелинейных уравнений — функция nSolve .	276
Нахождение корней выражений с помощью функции zeros .	277
Операции компьютерной алгебры	278
Факторизация выражений — функция factor	278
Расширение выражений — функция expand	278
Аппроксимация выражений — функция approx	278
Приведение к общему знаменателю — функция comDenom .	279
Применение функции propFact	279
Функции тригонометрических преобразований tExpand и tCollect	280
Решение уравнений в комплексном виде	280
Функция решения уравнений в комплексном виде cSolve . .	280
Решение систем уравнений с комплексными коэффициентами	281
Функция факторизации комплексных выражений cFactor . .	281
Функция поиска комплексных корней cZeros	281
Функции выделения числителя getNum и знаменателя getDenom выражения	282
Операции математического анализа — вкладка F3 Calc	282
Функции выделения левой left и правой right частей равенства	282
Символьное дифференцирование — функция d	283
Символьное интегрирование — функция $\int$	283
Вычисление пределов — функция limit	285
Вычисление сумм членов последовательности — функция Σ .	286
Вычисление произведения элементов последовательности — функция Π	286
Вычисление минимума функции одной переменной — fmin .	286
Вычисление максимума функции одной переменной — fmax .	287
Вычисление длины дуги — функция arcLen	287
Разложение выражения в ряд Тейлора — функция taylor . .	288
Численное дифференцирование — функция nDeriv	288
Численное интегрирование — функция nInt	289
Решение дифференциальных уравнений	289
Решение дифференциальных уравнений — функция deSolve .	289
Другие функции — F4 Other	290

Глава 9. Графические возможности калькуляторов TI-89/92	291
Двумерная графика	291
Схема работы с двумерными графиками	291
Пример построения графика функции одной переменной	291
Нахождение координат заданной точки графика	292
Меню математической обработки графиков F5 Math	293
Вычисление значения функции по заданному x	293
Нахождение нулей функции	294
Нахождение минимума и максимума точки	295
Нахождение производной и интеграла для заданной функции	295
Перестройка графика F4 Regraph	295
Нахождение точек перегиба графика	296
Вычисление расстояния между двумя точками	296
Нахождение касательной к заданной точке графика функции	297
Нахождение длины дуги между двумя точками	297
Закраска площади, ограниченной кривой	298
Нахождение точек пересечения двух линий графиков	298
Дополнительные установки графиков	299
Установка стиля графиков	299
Форматирование графиков	299
Установка масштабов двумерных графиков	300
Графическая лупа	301
Графики функций, заданных параметрическими уравнениями	301
Задание функций	301
Построение графиков	302
Добавление в рисунок геометрических фигур	302
Графики в полярной системе координат	303
Задание функций $r(\theta)$	303
Построение графиков в полярной системе координат	304
Графики последовательности	304
Задание последовательности	304
Установка типа и параметров графика	305
График последовательности типа WEB	305
Трёхмерная графика	306
Начало построения 3D-графиков	306
Построение 3D-графика	306
Масштабирование 3D-графика	307
Вращение и анимация 3D-графиков	307
Математическая обработка 3D-графики	308
Форматирование 3D-графиков	308
Контурные графики	309
Вращение контурных графиков	310
Комбинированные графики WIRE AND CONTOUR	311
Быстрое управление 3D-графикой	311
Импликативная графика	314

Визуализация решения дифференциальных уравнений	315
Порядок графического решения дифференциальных уравнений	315
Моделирование интегрирующей RC-цепи	315
Представление решения на фоне поля	317
Решение систем дифференциальных уравнений	318
Построение фазового портрета решения	319
Дополнительные возможности графики	320
Разбивка экрана на две части	320
Специальные средства графики	321
Вкладка F6 дополнительной графики	321
Построение семейств кривых	322
Просмотр таблиц значений функций	322
Построение графиков прямо из окна Home	323
Задание программных модулей в строке ввода	323
Глава 10. Специальные возможности калькуляторов TI-89/92 . . .	324
Редактор данных и матриц Data/Matrix Editor	324
Ввод списка и работа с ним	326
Ввод блока данных и работа с ним	326
Автоматическое заполнение столбцов по заданным выражениям	327
Ввод блока матриц и работа с ним	328
Ввод вектора	328
Операции с векторами и матрицами	329
Решение системы линейных уравнений, заданных в матричной форме	329
Матричные операторы и функции	329
Примеры матричных вычислений	331
Статистические вычисления	332
Ввод исходных данных	332
Основные виды статистических расчетов	332
Примеры статистических вычислений	333
Техника выполнения регрессии	334
Виды регрессии	334
Графическая визуализация регрессии	336
Некоторые виды специальной статистической графики . . .	338
Функции статистики	339
Числовой решатель уравнений	340
Задание уравнения и значений известных переменных . . .	340
Нахождение значения неизвестной переменной	341
Построение графиков решения	342
Другие возможности решателя	342
Вход в полное окно решателя и выход из него	342
Текстовый редактор и его применение	343
Вход в текстовый редактор и начало работы с ним	343
Придание строкам документа специального статуса	343

Исполнение строк документа	344
Подготовка отчетов	344
Работа с данными специального типа	344
Двоичные числа	345
Шестнадцатеричные числа	345
Размерные величины	345
Строковые постоянные, операторы и функции	346
Работа с переменными и памятью	347
Роль переменных	347
Типы переменных	348
Управление статусом переменных	349
Просмотр контекста и исполнение переменных	349
Контроль за памятью и ее очистка	350
Связь с персональным компьютером и с Интернетом	350
Аппаратная реализация коммуникационных возможностей калькуляторов	350
Основные телекоммуникационные возможности калькуляторов	351
Программа подключения калькуляторов к ПК — TI-GRAPH LINK	351
Глава 11. Программирование калькуляторов TI-89/92 на языке BASIC	354
О версии языка программирования BASIC калькуляторов	354
Основы программирования на языке BASIC	355
Редактор программ и первая программа	355
Вызов программы и окно ввода/вывода	356
Глобальные переменные и побочные эффекты	357
Задание локальных переменных	357
Работа с переменными в программах	358
Процедуры и функции	359
Процедуры со списком параметров	359
Функции	360
Отличия функций от процедур	360
Подпрограммы	361
Управляющие структуры	361
Условный оператор If	361
Общая форма оператора If	363
Условный оператор when	363
Циклы типа For-EndFor	364
Цикл Loop-EndLoop	365
Цикл While-EndWhile	366
Оператор безусловного перехода GoTo	366
Операторы и функции ввода, вывода и диалога	367
Вкладка F3 I/O окна редактора программ	367
Средства диалога	367
Пример простого диалога	368
Создание диалогового окна с ниспадающим меню	369

Создание панелей инструментов	369
Дополнительные средства управления выводом и вводом . .	370
Средства контроля конфигурации и режимов работы	371
Программные средства графики	371
Установки типов и параметров графиков	371
Системные переменные	372
Размеры графического окна	373
Построение точек, линий и окружностей	373
Вывод текста в графическое окно	374
Примеры программирования графических операций	374
Программа построения графиков заданных функций	374
Программа построения «звездного неба»	375
Программа 3D-анимации	376
Программа The Geometer's SketchHPad	377