



Отдельное направление применения АСУ ТП составляет военная и космическая техника, где системы автоматизации используются в качестве встроенных средств контроля и управления.

Преимущества, которые дает АСУ ТП:

- снижение влияния человеческого фактора на рабочий процесс;
- сокращение численности персонала;
- более эффективный расход сырья;
- улучшение качества продукта;
- рост эффективности производства.

Основные функции, выполняемые подобными системами, включают в себя контроль и управление, обмен данными, обработку, накопление и хранение информации, формирование сигналов тревог, построение графиков и отчетов.

#### История развития

Непрерывную во времени картину развития АСУТП можно разделить на три этапа, обусловленные появлением качественно новых научных идей и технических средств. В ходе истории меняется характер объектов и методов управления, средств автоматизации и других компонентов, составляющих содержание современной системы управления.

Первый этап отражает внедрение систем автоматического регулирования (САР). Объектами управления на этом этапе являются отдельные параметры, установки, агрегаты; решение задач стабилизации, программного управления, слежения переходит от человека к САР. У человека появляются функции расчета задания и параметры настройки регуляторов.

Второй этап - автоматизация технологических процессов. Объектом управления становится рассредоточенная в пространстве система; с помощью систем автоматического управления (САУ) реализуются все более сложные законы управления, решаются задачи оптимального и адаптивного управления, проводится идентификация объекта и состояний системы. Характерной особенностью этого этапа является внедрение систем телемеханики в управление технологическими процессами. Человек все больше отдаляется от объекта управления, между объектом и диспетчером выстраивается целый ряд измерительных систем, исполнительных механизмов, средств телемеханики, мнемосхем и других средств отображения информации (СОИ).

Третий этап - автоматизированные системы управления технологическими процессами - характеризуется внедрением в управление технологическими процессами вычислительной техники. Вначале - применение микропроцессоров, использование на отдельных фазах управления вычислительных систем; затем активное развитие человеко-машинных систем управления, инженерной психологии, методов и моделей исследования операций и, наконец, диспетчерское управление на основе использования автоматических информационных систем сбора данных и современных вычислительных комплексов.

От этапа к этапу менялись и функции человека (оператора/диспетчера), призванного обеспечить регламентное функционирование технологического процесса. Расширяется круг задач, решаемых на уровне управления; ограниченный прямой необходимостью управления технологическим процессом набор задач пополняется качественно новыми задачами, ранее имеющими вспомогательный характер или относящиеся к другому уровню управления.

#### Уровни АСУ ТП



В качестве дисплейных рабочих станций почти всегда используются персональные компьютеры в обычном или промышленном исполнении; большей частью с двумя типами клавиатур: традиционной алфавитно - цифровой и специальной функциональной - и оснащенные одним или несколькими мониторами с большими экранами.

Системная сеть может иметь различную структуру: шину, кольцо, звезду; она часто подразделяется на сегменты, связанные между собой повторителями и маршрутизаторами. Информация, передаваемая по сети, достаточно специфична и может представлять собой как периодические, так и случайные во времени короткие сообщения. К передаче сообщений предъявляются жесткие требования: они гарантированно должны доставляться адресату, а для сообщений высшего приоритета, например, предупреждающих об авариях, также следует обеспечить указанный срок передачи сообщений. Так что предпочтительные методы доступа к системной сети основываются на передаче маркера или на взаимодействии узлов сети по модели "ведущий/ведомый". Если применяется метод случайного доступа к сети, то во время возникновения аварийной ситуации может произойти резкое одномоментное увеличение числа экстренных сообщений и, как следствие, возникнуть затор в сети, что приводит не только к задержке доставки сообщений адресату, но и к их частичной потере.

Следует выделить телемеханический тип сетевого комплекса контроллеров, предназначенный для автоматизации объектов, распределенных по большой области пространства.

Системная сеть с характерной структурой и особые физические каналы связи (радиоканалы, выделенные телефонные линии, оптоволоконные кабели) позволяют интегрировать узлы объекта, отстоящие друг от друга на многие десятки километров, в единую систему автоматизации.

Рассматриваемый класс сетевых комплексов контроллеров имеет верхние ограничения как по сложности выполняемых функций, так и по объему автоматизируемого объекта.

Обычно телемеханические комплексы решают типовые задачи измерения, контроля, учета, регулирования и блокировки, используя до нескольких десятков тысяч измеряемых и контролируемых величин. Чаще всего сетевые комплексы применяются на уровне цехов машиностроительных заводов, агрегатов нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств (правда, не самых мощных), а также цехов предприятий пищевой промышленности. Телемеханические сетевые комплексы контроллеров используются для управления газо- и нефтепроводами, электрическими сетями, транспортными системами.

Распределенные маломасштабные системы управления в среднем превосходят большинство сетевых комплексов контроллеров по мощности и гибкости структуры, а следовательно, по объему и сложности выполняемых функций. В целом, этот класс еще имеет ряд ограничений по объему автоматизируемого производства и набору реализуемых функций. Однако данная категория средств отличается от предшествующего класса тем, что имеет развитую многоуровневую сетевую структуру.

Так нижний уровень может выполнять связь контроллеров и рабочей станции компактно расположенного технологического узла, а верхний уровень поддерживать взаимодействие нескольких узлов друг с другом и с рабочей станцией диспетчера всего автоматизируемого участка производства. На верхнем уровне (уровне рабочих станций операторов) эти комплексы, по большей части, имеют достаточно развитую информационную сеть. В некоторых случаях расширение сетевой структуры идет в направлении применения стандартных цифровых полевых сетей, соединяющих отдельные контроллеры с



АСУ ТП подразделяется на 4 уровня:

- уровень технологического процесса (полевой уровень);
- уровень контроля и управления технологическим процессом (контроллерный уровень);
- уровень магистральной сети (сетевой уровень);
- уровень человеко-машинного интерфейса (верхний уровень).

#### Полевой уровень

Полевой уровень формирует первичную информацию, которая обеспечивает работу всей АСУ ТП. На этот уровень поступают и реализуются управляющие воздействия АСУ ТП.

Оборудование полевого уровня составляют первичные преобразователи (датчики), исполнительные органы и механизмы. Датчик - устройство, преобразующее физические параметры технологического процесса в электрические сигналы, поступающие в дальнейшем на контроллер.

Исполнительный орган – орган, воздействующий на технологический процесс путем изменения пропускной способности.

Исполнительный механизм - устройство, преобразующее электрические сигналы в физические воздействия, осуществляющее управление параметрами технологического процесса в автоматическом или ручном режиме.

#### Контроллерный уровень

Уровень контроля и управления процессом выполняет функции сбора и первичной обработки дискретных и аналоговых сигналов, выработки управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

Оборудование среднего уровня составляют программируемые контроллеры, устройства связи и с объектом (УСО), шкафы кроссовые и шкафы с контроллерами и вспомогательными средствами автоматизации и вычислительной техники.

Контроллер - устройство, предназначенное для получения в реальном времени информации с датчиков, преобразования ее и обмена с другими компонентами системы автоматизации (компьютер оператора, монитор, база данных и т. д.), а также для управления исполнительными механизмами.

#### Сетевой уровень

Уровень магистральной сети является связующим звеном между контроллерами и станциями оператора. Основой этого уровня АСУ ТП можно считать цифровую промышленную сеть, состоящую из многих узлов, обмен информацией между которыми производится цифровым способом.

#### Верхний уровень

Уровень человеко-машинного интерфейса обеспечивает трудовую деятельность человека оператора АСУ ТП в системе «человек-машина» (СЧМ), в иностранной интерпретации «HMI-Human-Machine-Interface».

#### Этапы проектирования автоматизированных систем управления технологическим процессом

удаленными от них блоками ввода/вывода и интеллектуальными приборами. Подобная простая и дешевая сеть соединяет по одной витой паре проводов контроллер с множеством интеллектуальных полевых приборов, что резко сокращает длину кабельных сетей на предприятии и уменьшает влияние возможных помех, поскольку исключается передача низковольтной аналоговой информации на значительные расстояния.

Мощность контроллеров, применяемых в этом классе средств, позволяет в дополнение к типовым функциям контроля и управления реализовывать более сложные и объемные алгоритмы управления (например, самонастройку алгоритмов регулирования, адаптивное управление).

Маломасштабные распределенные системы управления используются для автоматизации отдельных средних и крупных агрегатов предприятий непрерывных отраслей промышленности, а также цехов и участков дискретных производств и цехов заводов черной и цветной металлургии.

Полномасштабные распределенные системы управления - это наиболее мощный по возможностям и охвату производства класс контроллерных средств, практически не имеющих границ ни по выполняемым на производстве функциям, ни по объему автоматизируемого производственного объекта. Нередки примеры использования одной такой системы для автоматизации производственной деятельности целого крупномасштабного предприятия.

Описываемая группа контроллерных средств отличается:

- развитой многоуровневой структурой, предусматривающей выделение трех уровней: информационного, системного и полевого, причем для организации отдельных уровней могут использоваться разные варианты построения сетей;
- клиент - серверным режимом работы;
- выходом на корпоративную сеть предприятия, систему управления бизнес - процессами, глобальную сеть Интернет, а также на уровень интеллектуальных приборов;
- широким модельным рядом применяемых контроллеров, различающихся по числу входов/выходов, быстродействию, объему памяти разного типа, возможностям по резервированию, наличию встроенных и удаленных интеллектуальных блоков ввода/вывода на все виды аналоговых и дискретных сигналов;
- широким диапазоном рабочих станций;
- мощным современным программным обеспечением.

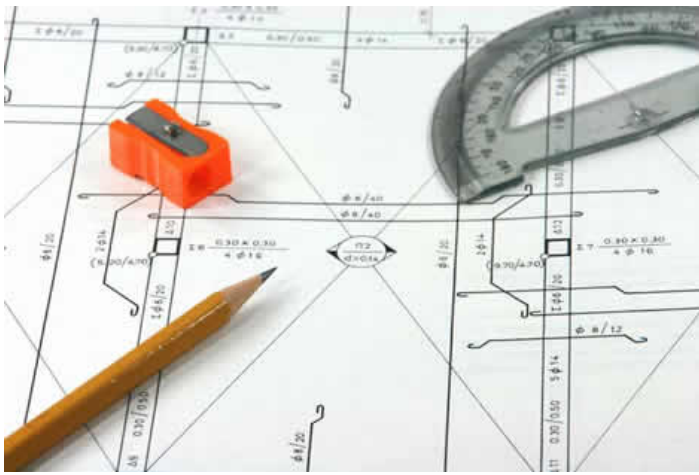
Полномасштабные распределенные системы управления устанавливаются на электростанциях, крупных агрегатах типа "котел - турбина", нефтеперерабатывающих заводах для управления крекинг - процессами, охватывают все производство на химических и нефтехимических заводах и т. д.

#### Выбор средств разработки программного обеспечения автоматизированной системы управления технологическим процессом



Приступая к разработке специализированного прикладного программного обеспечения (ППО) для создания системы контроля и управления, системный интегратор или конечный пользователь обычно выбирает один из следующих путей:

- программирование с использованием "традиционных" средств



Процесс создания автоматизированных систем управления технологическим процессом можно разбить на следующие этапы:

- а) детализация технических требований на создаваемую диспетчерскую систему контроля и управления;
  - б) разработка проектно – сметной документации в сокращенном или полном объеме;
  - в) сбор и изучение исходных данных;
  - г) составление полного перечня переменных;
  - д) комплектация системы;
  - е) разбиение объекта управления на технологические участки и последующая распределение переменных по участкам и группа;
  - ж) создание базы данных;
  - и) создание статических частей графических экранов интерфейса оператора;
  - к) заполнение графических экранов интерфейса оператора динамическими элементами;
  - л) составление схемы переходов между графическими экранами оператора;
  - м) составление алгоритмов управления (для всех возможных режимов работы объекта, в том числе аварийного);
  - н) генерация печатных документов;
  - п) верификация базы данных;
  - р) разработка эксплуатационной документации;
  - с) тестирование системы в автономном режиме (без УСО);
  - т) монтаж;
  - у) тестирование системы в рабочем режиме (с УСО);
  - ф) внедрение, в том числе пуск- наладка и обучение персонала.
- Рассмотрен полный процесс создания АСУ ТП в не зависимости от выбранного пакета SCADA для реализации системы. Пункты с ж по м, а также пункт с сильно зависят от выбранного для реализации SCADA пакета. В частности некоторые из них могут отсутствовать в виду выполнения некоторых из выше перечисленных этапов возможностями конкретного пакета автоматически.
- Особенно следует отметить этап сбора и изучения исходных данных. Это очень ответственный этап, от качественного выполнения которого зависит как качество непосредственно проектируемой системы, так и срок выполнения работ по ее созданию. Эти два показателя в свою очередь весомо влияют на конкурентоспособность как самого проекта, так и организации – проектировщика.
- Исходными данными здесь являются:

- функциональная схема КИПиА;
- разделы регламента (или рабочих инструкций) с максимально возможным по детализации описанием технологии;
- различного рода ведомости и спецификации средств КИПиА;
- перечень контролируемых и регулируемых параметров;
- документация и внешний вид существующих щитов КИП с вторичными приборами;
- разводка параметров по существующим вторичным приборам;
- фотографии, рисунки и чертежи основных технологических агрегатов помогающие лучше нарисовать мнемосхемы;
- заполненные образцы отчетных документов различной периодичности.

#### Выбор контрольно-измерительных приборов и автоматики

(традиционные языки программирования, стандартные средства отладки и пр.)

- использование существующих, готовых инструментальных проблемно-ориентированных средств.

Конечно, качественное, хорошо отлаженное ППО, написанное высококвалифицированным программистом специально для некоторого проекта является наиболее оптимальным. Но, следующую задачу программист вынужден решать опять практически с нуля. Для сложных распределенных систем, процесс их создания становится недопустимо длительным, а затраты на их разработку неоправданно высокими. Сегодня, в условиях всё более возрастающей доли ППО, в затратах на создание конечной системы и, соответственно, всё более ужесточающихся требований к интенсификации труда программистов, вариант с непосредственным программированием относительно привлекателен лишь для простых систем или небольших фрагментов большой системы, для которых нет стандартных решений (не написан, например, подходящий драйвер) или они не устраивают по тем или иным причинам в принципе. В любом случае процесс разработки собственного ППО важно упростить, сократить временные и прямые финансовые затраты на разработку ППО, минимизировать затраты труда высококлассных программистов, по возможности привлекая к разработке специалистов-технологов в области автоматизируемых процессов.

Современный бизнес в области разработки ПО всё более и более сегментируется и специализируется. Причина проста - ПО становится всё более сложным и дорогостоящим. Разработчики операционных систем, разработчики инструментальных средств, разработчики прикладного ПО и т.д., по существу, говорят на "разных языках". Таким образом, сама логика развития современного бизнеса в части разработки ППО для конечных систем управления требует использования всё более развитых инструментальных средств типа SCADA-систем (от Supervisory Control And Data Acquisition). Разработка современной SCADA-системы требует больших вложений и выполняется в длительные сроки. И именно поэтому в большинстве случаев разработчикам управляющего ППО, в частности ППО для АСУ ТП, представляется целесообразным идти по второму пути, приобретая, осваивая и адаптируя какой-либо готовый, уже апробированный, универсальный инструментарий. Программные продукты класса SCADA широко представлены на мировом рынке. Это несколько десятков SCADA - систем, многие из которых нашли свое применение и в России. Наиболее популярные из них приведены ниже:

- Factory Suite (Wonderware) - США;
- Citect (CI Technology) - Австралия;
- FIX (Intellution) - США;
- Genesis (Iconics Co) - США;
- Factory Link (United States Data Co) - США;
- RealFlex (BJ Software Systems) - США;
- Sitex (Jade Software) - Великобритания;
- TraceMode (AdAstrA) - Россия;
- Proficy Simplicity (GE Fanuc) - США;
- MasterSCADA (InSAT) – Россия;
- RsView32 (Rockwell Software Inc.) – США;
- MetsoDNA (Metso Automation) – Финляндия;
- WinCC (Siemens) - Германия;
- CAPFON (НВТ - Автоматика) - Россия.

При таком многообразии SCADA - продуктов на российском рынке естественно возникает вопрос о выборе. Выбор SCADA-системы представляет собой достаточно трудную задачу, аналогичную поиску оптимального решения в условиях многокритериальности. Ниже приводится примерный перечень критериев оценки SCADA - систем, которые в первую очередь должны интересовать пользователя. В нем можно выделить три большие группы показателей:

- технические характеристики;
- стоимостные характеристики;
- эксплуатационные характеристики.

К техническим характеристикам относят:

- спектр поддерживаемого оборудования;
- поддерживаемые программно-аппаратные платформы;
- имеющиеся средства сетевой поддержки;
- встроенные командные языки;
- поддерживаемые базы данных;
- графические возможности.



Качество работы проектируемой системы управления во многом зависит от применяемых контрольно-измерительных приборов (КИПиА) и исполнительных механизмов. Именно эти устройства находятся непосредственно на объектах и подвергаются воздействию, как со стороны технологических факторов, так и со стороны атмосферных явлений. В связи с этим к контрольно-измерительным приборам и исполнительным механизмам предъявляется ряд требований:

- устойчивость к технологическим параметрам (температура, давление, вибрации);
- взрывобезопасность;
- работа при низких температурах (до  $-50^{\circ}\text{C}$ );
- высокая надёжность работы;
- точность показаний.

Все эти факторы должны учитываться при выборе контрольно-измерительных приборов и исполнительных механизмов.

#### **Выбор контрольных средств**

В настоящее время автоматизация любых производственных процессов выполняется на базе универсальных микропроцессорных контроллерных средств, которые получили название программно-технических комплексов (ПТК). На вход ПТК от датчиков поступают измеренные значения величин, характеризующих производственный процесс. Комплексы реализуют заданные функции контроля, учета, регулирования, последовательного логического управления и выдают результаты на экран дисплея рабочей станции оператора и управляющие воздействия на исполнительные механизмы объекта автоматизации. Все ПТК можно разбить на классы, каждый из которых рассчитан на определенный набор выполняемых функций и соответствующий объем получаемой и обрабатываемой информации об объекте.

#### **Контроллер на базе персонального компьютера**

Так как в последнее время появились многочисленные модификации персональных компьютеров в промышленном исполнении, и повысилась надежность их работы, персональные компьютеры (ПК) стали активно применяться для автоматизации производственных объектов. К важным достоинствам ПК следует отнести открытую архитектуру, легкость подключения любых блоков ввода/вывода, выпускаемых третьими фирмами, возможности по использованию широкой номенклатуры наработанного программного обеспечения (операционных систем реального времени, баз данных, пакетов прикладных программ контроля и управления).

Контроллеры на базе ПК, как правило, управляют сравнительно небольшими замкнутыми объектами. Общее число входов/выходов контроллера на базе ПК обычно не превосходит нескольких десятков соединений, а набор функций предусматривает либо сложную обработку измерительной информации с расчетом нескольких управляющих команд, либо вычисления по специализированным формулам, аргументами которых выступают измеряемые величины. В общих терминах можно указать следующие условия, очерчивающие область применения контроллеров на базе ПК в промышленности:

- выполняется большой объем вычислений за достаточно малый интервал времени при небольшом количестве входов и выходов объекта (необходима большая вычислительная мощность);
- средства автоматизации работают в окружающей среде, не отличающейся от условий работы офисных персональных компьютеров;
- операторам практически не требуется мощная аппаратная поддержка работы в критических условиях, которая

При оценке стоимости SCADA-систем нужно учитывать следующие факторы:

- стоимость программно-аппаратной платформы;
- стоимость системы;
- стоимость освоения системы;
- стоимость сопровождения.

Эксплуатационные характеристики SCADA-системы имеют большое значение, поскольку от них зависит скорость освоения продукта и разработки прикладных систем. Они в конечном итоге отражаются на стоимости реализации проектов. К ним относят:

- удобство интерфейса среды разработки - "Windows - подобный интерфейс", полнота инструментария и функций системы;
- качество документации - ее полнота, уровень русификации; поддержка со стороны создателей - количество инсталляций, дилерская сеть, обучение, условия обновления версий и т. д. **Выбор протокола обмена информацией между контроллером и верхним уровнем автоматизированной системы управления технологическим процессом**

Для организации взаимодействия ЭВМ с контроллерами необходимо сочетание двух составляющих: аппаратное и программное обеспечение. В качестве аппаратного обеспечения обычно используются следующие устройства:

- COM – порты, в этом случае контроллер или объединенные сетью контроллеры подключаются по протоколам RS-232, RS-422, RS-485;
- сетевые платы, использование такой поддержки возможно, если используемые контроллеры снабжены интерфейсным выходом на Ethernet;
- вставные платы - протокол взаимодействия определяется платой и может быть уникальным (в настоящее время предлагаются реализации в стандартах ISA, PCI, CompactPCI, DH+).

В качестве программного обеспечения для организации связи контроллеров с ЭВМ верхнего уровня в настоящее время используются следующие механизмы:

- стандартные протоколы обмена данными (RS-232, RS-422, DH485, DH+, TCP/IP и другие);
- динамический обмен данными (DDE);
- собственные протоколы фирм-производителей SCADA - систем, реально обеспечивающие самый скоростной обмен данными;
- новый OPC - протокол, который, с одной стороны, является стандартным и поддерживается большинством SCADA - систем, а с другой стороны, лишен недостатков протоколов DDE.

Коммуникационное программное обеспечение является многоуровневым. Количество уровней зависит от используемой операционной системы. Для Windows-платформ программное обеспечение включает следующие типы:

- статическая библиотека, используемая с традиционными языками программирования, такими как C, C++, Pascal;
- DLL (динамическая библиотека), применяемая со всеми Windows языками программирования (Visual Basic, Visual C/C++, Borland C/C++, Delphi, LabWindows, CVI, LabView);
- DDE-сервер (имеет 16 и 32 битные реализации);
- пакетные реализации DDE протокола - FastDDE для продуктов линии Wonderware и AdvancedDDE для Rockwell линии;
- OPC-сервер, поддерживающий интерфейс, определенной OPC-спецификацией. Автоматизированная система управления технологическим процессом АСУ ТП является составной частью производственного/технологического объекта и компонентом автоматизированной системы предприятия.

Создание и внедрение АСУ ТП на предприятии по существу является исторической неизбежностью, обусловленной ходом развития технологии производства и развитием приборостроения, микроэлектроники, вычислительной техники и информационных технологий.

В большинстве случаев АСУ ТП создается проектным путем, путем системной интеграции отдельных программных и аппаратных составляющих в единую законченную систему.

обеспечивается обычными контроллерами. К функциям такой поддержки относятся: глубокая диагностика работы вычислительных устройств, меры автоматического резервирования, в т. ч. устранение неисправностей без останова устройства (использование жесткого малого времени цикла контроллера), модификация программных компонентов во время работы системы автоматизации и т. д.;

- контроллер выполняет нестандартные функции, которые целесообразно программировать не на специальном технологическом языке, а на обычном языке программирования высокого уровня, типа C++, Pascal.

#### **Локальный программируемый контроллер**

В настоящее время в промышленности используется несколько типов локальных контроллеров.

Встроенный, являющийся неотъемлемой частью агрегата, машины, прибора. Такой контроллер может управлять станком с ЧПУ, современным интеллектуальным аналитическим прибором, автомашинистом и др. оборудованием. Выпускается на раме без специального кожуха, поскольку монтируется в общий корпус оборудования.

Автономный модуль, реализующий функции контроля и управления небольшим изолированным технологическим узлом, как, например, районные котельные, электрические подстанции, резервуарные парки. Автономные контроллеры помещаются в защитные корпуса, рассчитанные на разные условия окружающей среды. Почти всегда эти контроллеры имеют порты для соединения в режиме "точка - точка" с другой аппаратурой и интерфейсы, связывающие отдельные устройства через сеть с другими средствами автоматизации. В контроллер встраивается или подключается к нему специальная панель интерфейса с оператором, состоящая из алфавитно - цифрового дисплея и набора функциональных клавиш.

В этом классе следует выделить специальный тип локальных контроллеров, предназначенных для систем противоаварийной защиты.

АСУ ТП должна проектироваться с учетом опыта разработки подобных систем с обязательным объектно-ориентированным анализом конкретного технологического объекта управления в свете новейших

**По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:**

**Волгоград (844)278-03-48, Воронеж (473)204-51-73, Екатеринбург (343)384-55-89, Казань (843)206-01-48,  
Краснодар (861)203-40-90, Красноярск (391)204-63-61, Москва (495)268-04-70, Нижний Новгород  
(831)429-08-12, Самара (846)206-03-16, Санкт-Петербург (812)309-46-40, Саратов (845)249-38-78**

**Единый адрес: [rss@nt-rt.ru](mailto:rss@nt-rt.ru)**

**[www.rossens.nt-rt.ru](http://www.rossens.nt-rt.ru)**