



## АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРGETИКИ – АСУТП ТУРБОАГРЕГАТОВ

**О.В. Сердюков, А.А. Аbruковский, А.Н. Скворцов (Институт Автоматики и Электрoметрии СО РАН),  
Е.В. Москвина Е.В. ("Модульные Системы Тornado")**

*Обосновывается актуальность задачи построения АСУТП турбоагрегата (ТА). Рассмотрена АСУТП на базе ПТК "Тornado М". Приводятся функции, структура, технические характеристики АСУТП ТА. Показаны характеристики по надежности и эффективности при использовании такой системы.*

Процесс производства электроэнергии на тепловых электростанциях всегда связан с основными процессами превращения энергии из одного вида в другой: энергия топлива – тепловая энергия – механическая энергия – электрическая энергия. Процесс перехода тепловой энергии в механическую, а затем и в электрическую осуществляется при помощи теплового двигателя или ТА. Поскольку ТА является важным звеном в процессе превращения одного вида энергии в другой, и, следовательно, в получении электроэнергии, к нему должны предъявляться особые требования по надежности и качеству энергии. Поэтому главной задачей автоматизации ТП, происходящих в ТА, является обеспечение высокой степени надежности и качества получаемой электроэнергии.

Разработка и внедрение АСУТП ТА предполагает управление всеми технологическими параметрами данного объекта. При этом, все необходимые технологические режимы работы задаются оператором непосредственно с АРМ и оперативно контролируются в зависимости от протекающих производственных процессов.

Центральной частью рассматриваемых АСУТП является ПТК "Tornado-M". В состав системы также входят датчики, исполнительные механизмы, традиционные средства контроля, непрограммируемые средства автоматизации, поставляемые комплектно с технологическим оборудованием, силовые сборки задвижек типа РТЗО, а также устройства подготовки проб автоматического химконтроля.

АСУТП на базе ПТК "Tornado-M" является системой, способной к совместной работе с АСУП в составе интегрированной АСУ ТЭС.

### Эффективность внедрения системы

Внедрение АСУТП ТА позволяет достичь:

1. повышения надежности, улучшения ТЭП работы за счет реализации более сложных законов автоматического регулирования;
2. создания комфортных условий работы для оперативного персонала, облегчающих принятие решений по управлению ТА и снижающих нагрузку оператора;
3. повышения мер ответственности персонала за счет наличия в системе функций слежения и протоколирования действий персонала по управлению ТА;
4. повышения безаварийности функционирования системы управления в связи с применением вы-

соконадежных микропроцессорных средств контроля и управления;

5. выдачи объективной информации о ТП в обработанной и удобной для дальнейшего использования форме неоперативному инженерно-техническому и административному персоналу станции для решения производственных и организационно-экономических задач;

6. замены трудоемких в эксплуатации и ремонте вторичных приборов и других аппаратных средств автоматизации на средства вычислительной техники, почти не требующие обслуживания;

7. облегчения эксплуатационного обслуживания системы за счет наличия развитой диагностики, сокращения времени на поиск и устранение возникающих нарушений в ее работе.

Внедрение АСУТП на базе ПТК "Tornado-M" является экономически выгодным. За счет более точного регулирования ТП себестоимость полезно отпущенной электроэнергии турбогенератора уменьшается в среднем на 2...5%. Как правило, срок окупаемости АСУТП ТА составляет около трех лет.

### Надежность системы

АСУТП ТА на базе ПТК "Tornado-M" отвечает современным требованиям по надежности (ГОСТ 24.701-86, ГОСТ 27.002-89, ГОСТ 27.003-90 и РД 34.35.127-93). Это достигнуто благодаря высокой надежности элементов, входящих в ПТК, а также специальным архитектурным решениям, применяемым в системе управления (таблица). Все это обеспечива-

Таблица. Расчетная оценка надежности

Наименование изделия	Тип	Среднее время наработки на отказ, ч	Среднее время восстановления, ч
Процессорный модуль MIF (интеллектуальный модуль-носитель для устройств сопряжения с объектом)	MIF	290000	0,5
Сетевой модуль MIF (Ethernet)		500000	0,25
Технологический контроллер на базе MIF		97000	0,5
Операторская станция	IBM-совместимый	40000	
Сервер			

ет большое расчетное время наработки ПТК на отказ – более 10 лет.

В системе предусмотрено внутреннее дублирование как на случай отказа, так и для проведения ремонтно-профилактических работ.

На верхнем уровне дублируются: электроснабжение системы; шинные связи; коммутаторы и сети; АРМ; серверы.

На нижнем уровне, в зависимости от проектных решений, дублируются: физические связи; ПО; отдельные контроллеры; другие аппаратные средства.

Внешнее дублирование АСУТП ТА реализуется за счет создания отдельной, независимой резервной системы управления. Она обеспечивает безаварийный останов ТА в случае отказа основной системы управления.

#### Открытость системы

Особенность архитектурного построения АСУТП на базе ПТК "Tornado-M" делает ее открытой и доступной для разработчиков и пользователей. В системе применяются аппаратура, ПО и технологии, которые соответствуют открытым международным и российским стандартам.

Применение открытых решений дает возможность заказчику самостоятельно изучить систему управления и выполнять все работы по ее обслуживанию и развитию. В частности, пользователь системы может самостоятельно производить замену некоторых элементов ПТК (согласно допустимой модернизации) и вносить определенные изменения в общую функциональную схему АСУТП, например, с целью изменения алгоритмов управления, расширения функций системы или изменения видеоканалов.

Для возможности наращивания при компоновке контроллеров предусматривается необходимая избыточность: ПТК имеет 5% резервных входов/выходов для внешних подключений, крейты и шкафы контроллеров содержат суммарный резерв для установки дополнительных модулей и полевых интерфейсов для внешних подключений до 20%. Физическое расширение системы в этих пределах обеспечено необходимой вычислительной мощностью процессоров, источников питания и пропускной способностью сетевых связей.

Открытость системы, таким образом, способствует росту квалификации как обслуживающего, так и инженерного персонала и делает заказчика независимым от разработчика АСУТП.

#### Основные функции системы

*Управляющие функции, выполняемые автоматически:*

- поддержание параметров ТА в пределах заданных ограничений;
- всережимное регулирование ТП;
- логическое управление отдельными узлами и установками оборудования;
- аварийное отключение ТА при повреждении или недопустимом отклонении параметров;

- аварийное включение резервных питающих элементов собственных нужд при отключении работающих;

- автоматический ввод/вывод в/из работы технологических защит по условиям режима;

- включение/отключение схем на автоматическую работу по условиям режима;

- блокирование недопустимых команд.

*Управляющие функции, выполняемые оперативным персоналом:*

- управление исполнительными механизмами с АРМ или по месту;

- подмена отказавших автоматических функций;

- отключение оборудования при нераспознанных автоматическими системами нарушениях;

- выбор режима работы автоматических регуляторов и очередности отключения механизмов при останове;

- изменение заданий автоматическим регуляторам без их отключения;

- вывод защит в ремонт накладками;

- управление средствами функционально-группового управления и др.

*Информационные функции, выполняемые автоматически:*

- сбор, первичная обработка и регистрация информации о ТП и состоянии технологического оборудования;

- введение поправок при измерении расходов на отклонение температуры и давления среды от расчетных значений.

- сбор и регистрация информации о состоянии электроприводов, датчиков, схем автоматического управления, регулирования, технологических защит и других средств контроля и управления;

- технологическая сигнализация;

- представление выходных форм оперативных задач.

*Информационные функции, выполняемые по запросам персонала:*

- представление на мониторах оперативной информации: мнемосхем, графиков, таблиц и т. п.;

- распечатка оперативных отчетных документов: графиков, таблиц и т. п.

- выдача сообщений о ходе выполнения программ функционально-группового управления;

- представление на мониторах и распечатка выходных форм неоперативных задач;

*Сервисные функции, выполняемые автоматически:*

- диагностика состояния технических средств управления, в т. ч. измерительных и исполнительных каналов;

- проверка достоверности информационных сигналов, исполнения управляющих воздействий;

- автоматическое тестирование целостности программных средств при загрузке;

- автоматическое блокирование отказавших программно-технических средств (ПТС);

- сигнализация на АРМ инженера АСУТП, при отказе ПТС с указанием устройства, места, времени и вида отказа;

- сигнализация на АРМ оператора ТА при отказе автоматических ПТС;
- регистрация отказов ПТС;
- безударное восстановление автоматических функций при замене или установке ПТС.

*Сервисные функции, выполняемые оператором ТА:*

- контроль за исполнением дистанционных управляющих воздействий;
- распознавание отказов информационных и управляющих функций, не выявленных автоматически;
- проверка готовности технических средств, реализующих алгоритмы технологических защит;
- переключение отказавших средств с автоматического на дистанционное управление.

*Сервисные функции, выполняемые инженером АСУТП ТА:*

- проверка правильности функционирования ПТС;
- отключение отказавших технических средств и переключение на резервные или осуществление другой реконфигурации схем, если данные действия не осуществляются автоматически;
- регистрация дефектов, не опознанных автоматически;
- корректировка настроек схем управления и регулирования в регламентируемых пределах;
- замена отказавших ПТС;
- установка и отмена запретов на прохождение информации по каналам измерения и управления;
- запуск и, при необходимости, перезапуск ПТК.

Система (рис. 1) условно разделена на подсистему нижнего (управляющая подсистема) и верхнего уровня (информационно-вычислительная подсистема). Все средства верхнего и нижнего уровней подключены к дублированной сети Ethernet (100 Мбит).

*Верхний уровень* обеспечивает взаимодействие операторов-технологов и инженерного персонала с технологическим оборудованием, прием информации с нижнего уровня, ее обработку и занесение в базу данных. Верхний уровень включает АРМ оператора ТА (дублированный АРМ) и инженера АСУТП, а также сервер БД, который, как правило, выполняется дублированным.

Оперативная информация по ТА может быть доступна (без функции управления) и для административно-технического персонала электростанции через специализированный мост в общестанционную ЛВС. Компьютер, выполняющий функцию сервера БД, может также выполнять функцию моста.

Дублированный АРМ оператора ТА выполнен в виде двух РС-совместимых компьютеров, установленных в оперативной части группового щита управления. Компьютеры АРМ оператора-технолога оборудуются двумя 21" мониторами, стандартными клавиатурами и манипуляторами "мышь". Два АРМ оператора-технолога функционально идентичны. При выходе из строя или выводе в ремонт (регламентного технического обслуживания) одного из компьютеров АРМ управление производится со второго. Для подключения к дублированной ЛВС ПТК каждый из системных блоков имеет по два интер-

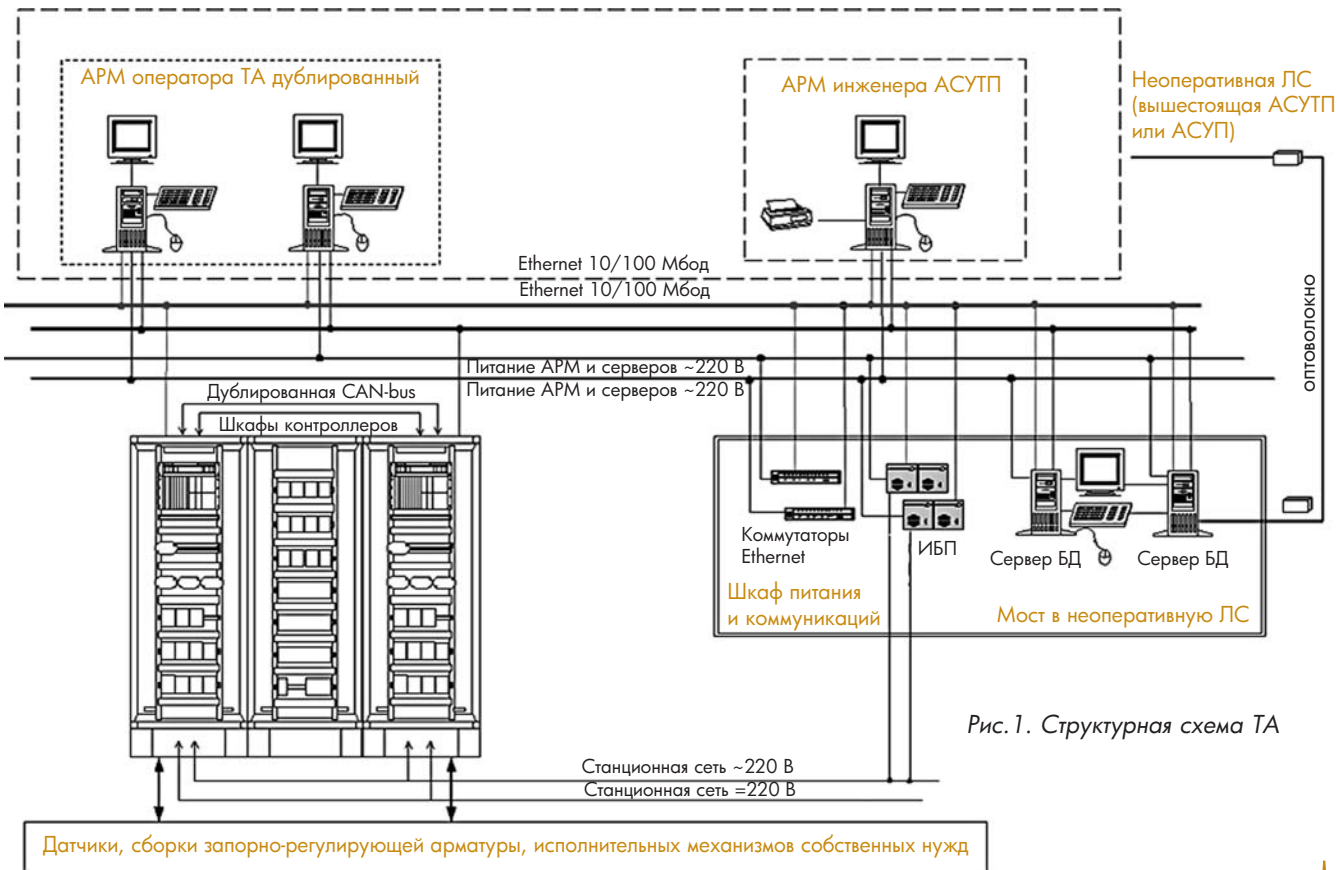


Рис. 1. Структурная схема ТА



фейса Ethernet, работающих со скоростью 100 Мбит/с. Компьютеры работают под управлением ОС MS Windows NT 4.0.

Из прикладного и системного ПО на каждом из АРМ оператора ТА функционирует ПО "Сервер приложений" (производство компании "Модульные Системы Торнадо") и программа визуализации InTouch (производство компании Wonderware). Для контроля текущего состояния и дистанционного управления ТА оператору предоставляется информация в виде видеокладов (мнемосхем), графиков, таблиц и гистограмм разной степени детализации.

Для эффективного управления ТА экран монитора АРМ делится на три зоны. Первая зона (верх экрана) содержит аварийные сообщения, главное меню, переход в режим сигнального дисплея, вывод графиков процесса, отображение выходных форм производственных задач. Вторая зона (низ экрана) содержит виртуальные кнопки: вызова отдельных мнемосхем и предыдущего видеоклада, квитирования звукового и светового сигнала, входа в систему по паролю. В третьей зоне (центр экрана) отображаются видеогаммы процесса. Такая структура операторского интерфейса позволяет оператору с помощью нескольких действий "мыши" получить быстрый доступ к любому участку управляемого объекта, а также создавать собственные пути перехода к нужному видеокладу или его фрагменту.

Мнемосхемы являются основным инструментом отображения (рис. 2). Они представляют информацию о текущих параметрах процесса и о процессе в целом в наиболее удобной для оператора форме. Мнемосхемы содержат графические элементы и символы, дающие точную и легко читаемую картину работы управляемого объекта.

Видеоклады графиков могут содержать несколько кривых, характеризующих временные зависимости с высоким разрешением. Временная шкала обеспечивает непрерывное наблюдение за отдельными параметрами. Для измерения значений любой точки на кривой используется перемещаемая линейка.

Панель сигнализации отражает список зарегистрированных событий в хронологическом порядке. Она включает аварийные и предупредительные сигналы, сигналы недостоверности параметров. Этот список позволяет производить прямой анализ причин конкретных событий.

Сервер БД выполнен в виде дублированного РС-совместимого компьютера, установленного в шкафу питания и коммуникаций. Сервер, оснащенный 15" монитором, клавиатурой и манипулятором "мышь", может администрировать БД, в качестве которой использована реляционная БД MS SQL Server. Для подключения к дублированной ЛВС ПТК сервер БД имеет два интерфейса Ethernet, работающих со скоростью 100 Мбит/с.

Система питания. АРМ, серверы и коммуникационное оборудование ПТК запитываются от системы бесперебойного питания, установленной в шка-

фу питания и коммуникаций. По электропитанию компьютерное и коммуникационное оборудование разделено на две части, запитываемые от двух независимых источников бесперебойного питания (ИБП) с локальными батареями. Каждый из ИБП запитывает своих потребителей. В случае отказа, вывода в ремонт или в режим регламентного технического обслуживания одного из ИБП, система коммутации позволяет запитывать всех потребителей от второго источника. ИБП оснащены специализированными модулями, позволяющими производить мониторинг состояния их основных параметров: входное/выходное напряжение, степень зарядки батарей и др.

Подсистему нижнего уровня образуют контроллеры, которые осуществляют управление функциональными технологическими узлами. Нижний уровень реализуется на ПЛК MIF-BASE и выполняет следующие функции: сбор аналоговых и дискретных параметров с объекта управления, контроль достоверности и первичная обработка параметров, формирование мгновенной БД, передача информации на верхний уровень, реализация всех алгоритмов управления и непосредственное воздействие на органы управления (задвижки, клапаны, двигатели и т. д.).

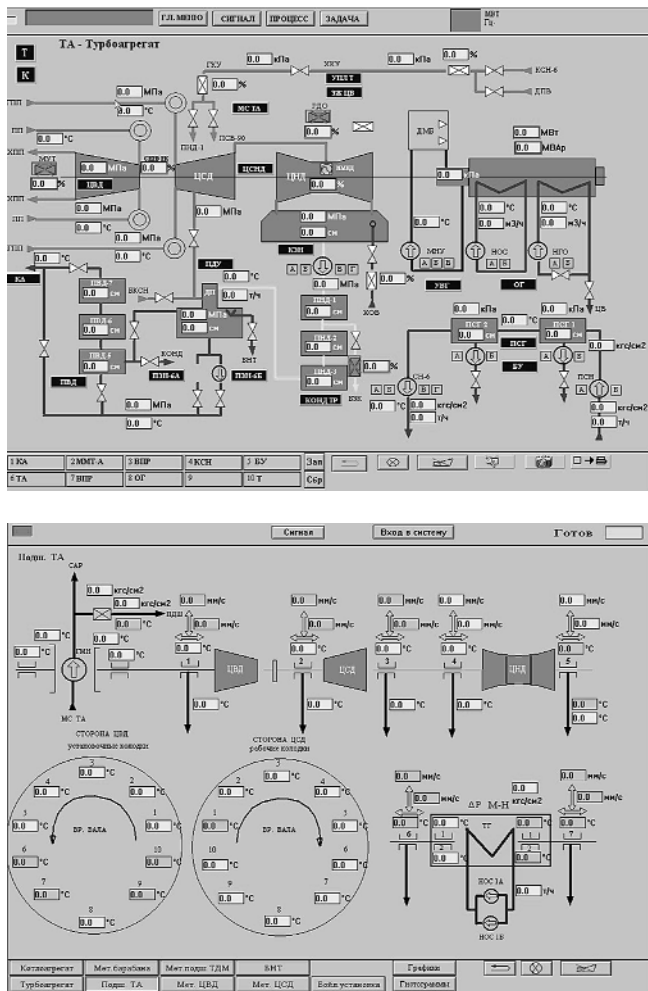


Рис. 2. Мнемосхемы ТА

*В управлении турбоагрегатом нет ничего особенного: нужно просто нажать матом правильные клавиши на пульте управления в нужное время, а система работает сама...*

Журнал "Автоматизация в промышленности"

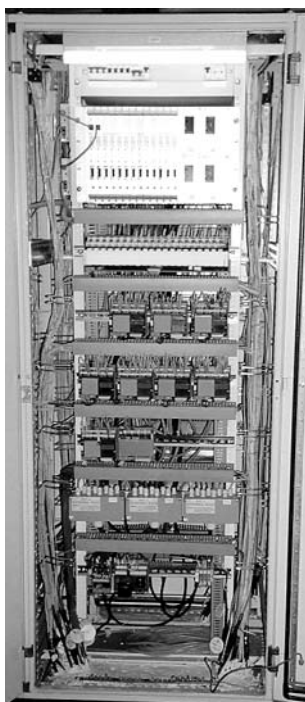


Рис. 3. Шкафы контроллеров

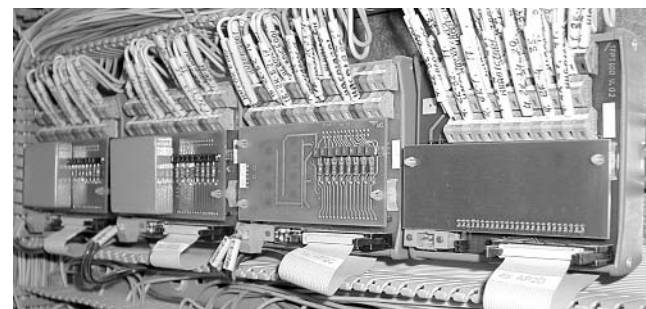


Рис. 4. БПИ в шкафу

**Шкафы контроллеров.** Контроллерное оборудование ПТК (крейты с модулями) размещается в шкафах двухстороннего обслуживания (рис. 3). Кроме контроллерного оборудования в тех же шкафах размещаются блоки полевых интерфейсов (БПИ), предназначенные для подключения внешних кабелей (рис. 4).

Специальных требований к месту расположения шкафов контроллеров на объекте не выдвигается. Шкафы могут устанавливаться в неоперативной части группового (блочного) щита управления или непосредственно вблизи ТА.

Шкафы имеют габариты 800×600×2000 мм и устанавливаются на цоколь высотой 200 мм, обладают степенью защиты от внешних воздействий IP54. С фронтальной стороны шкафов осуществляется доступ к модулям технологического контроллера, БПИ, органам управления питанием контроллера, с тыльной стороны — к установленным с этой стороны БПИ. Подвод внешних полевых кабелей к шкафам осуществляется снизу. Полевые кабели внутри шкафов крепятся к монтажным скобам, расположенным по углам шкафа с четырех сторон. В верхней части шкафов расположены выключатели, автоматы, сервисные розетки, лампы освещения, автоматически включаемые при открывании соответствующей двери шкафа.

**Технологические контроллеры ТА** (рис. 5) состоят из процессорных модулей MIF-BASE производства компании "Модульные Системы Торнадо", специа-

лизированных для применений в задачах автоматизации крупных объектов теплоэнергетики и субмодулей УСО, обеспечивающих связь с ПТК (преобразование электрических сигналов в цифровой код и другие функции). УСО выполнены в виде мезонинных субмодулей стандарта ModPack. На каждый MIF-BASE устанавливается до трех субмодулей ModPack.

MIF-BASE имеет следующие технические характеристики: конструктив Евромеханика, 6U (233×160 мм); процессор MC68EN360, 25 МГц; подсистема памяти: 2 Мб DRAM, 256 Кб SRAM, 1 Мб FLASH; три интерфейса для установки субмодулей ввода/вывода типа ModPack; интерфейс RS-232 на передней панели; дополнительный опциональный интерфейс Ethernet или RS-232/-422/-485; ОС PV OS-9; системная магистраль дублированная CAN-bus; "горячая замена" модуля без выключения питания контроллера; часы PV, сторожевой таймер; рабочий температурный диапазон 0...70 °С.

Для программирования алгоритмов технологических контроллеров используется специализированный пакет ISaGRAF производства компании "AlterSys" ("CJ International"), отвечающий всем требованиям международного стандарта IEC 61131-3 на инженерные языки программирования. ISaGRAF состоит из двух частей: среды разработки, работающей под управлением Windows NT на PC-совместимом компьютере (APM инженера АСУТП), и исполнительной среды, загруженной в память контроллера MIF-BASE. Программирование осуществляется на одном или более технологических языках, входящих в пакет ISaGRAF.



Рис. 5. Крейт контроллера

*Сердюков Олег Викторович — канд. техн. наук, руководитель Исследовательского центра 6,*

*Абруковский Алексей Александрович — инженер,*

*Скворцов Алексей Николаевич — инженер Института Автоматики и Электрометрии СО РАН,*

*Москвина Екатерина Викторовна — менеджер компании "Модульные Системы Торнадо".*

*Контактные телефоны: (3832) 39-93-52, 30-20-39.*

*E-mail: info@tornado.nsk.ru Http://www.tornado.nsk.ru*