

Ивери Варламович Прангишвили: более полувека в науке управления



**Ивери Варламович
Прангишвили:
более полувека
в науке управления**

Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук
Отделение энергетики, машиностроения, механики
и процессов управления

***Ивери Варламович
Прангшвили:
более полувека
в науке
управления***

Москва 2007

УДК 681.5:001

Ивери Варламович Прангишвили: более полувека в науке управления. –
 М.: ИТУ РАН, 2007. – 200 с., ил.

В книге рассказывается о жизни выдающегося ученого и организатора науки, директора Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, академика Грузинской академии наук, доктора технических наук, профессора Ивери Варламовича Прангишвили (1930–2006). Публикуются воспоминания коллег и друзей. Приводится подборка обзорных, теоретических и прикладных статей, написанных учениками и продолжателями исследований в тех направлениях теории и приложенной науки об управлении, которые представляли наибольший интерес для И.В. Прангишвили как ученого и руководителя. Публикуется полная библиография научных и публицистических работ И.В. Прангишвили и список принадлежащих ему открытий и изобретений.

Главный редактор:	академик РАН С.Н. Васильев
Зам. главного редактора:	Д.А. Новиков, Б.В. Павлов
Редакционная коллегия:	А.А. Амбарцумян, Н.А. Абрамова, Е.В. Бабичева, В.А. Жожикашвили, А.С. Мандель, П.П. Пархоменко, В.И. Попок
Авторский коллектив:	более 50 сотрудников Института, друзей и коллег И.В. Прангишвили
Архивные фотографии:	из архивов Института, Е.В. Бабичевой и М.С. Шкабардни
Компоновка и дизайн книги:	А.С. Мандель
Фотографии:	В.М. Бабиков, М.В. Пятницкая
Корректор:	И.И. Пить

Редакционная коллегия выражает свою глубокую признательность всем, кто участвовал в написании, сборе и подготовке материалов для этой книги

ISBN 5-201-14998-7

© Институт проблем управления, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Краткая биография Ивери Варламовича Прангишвили	4
Часть I. Воспоминания за круглым столом	6
Часть II. Подборка научных статей в память об И.В. Прангишвили	47
Часть III. Полная библиография научных и публицистических трудов И.В. Прангишвили	163
Послесловие	196

ИВЕРИ ВАРЛАМОВИЧ ПРАНГИШВИЛИ

6 июня 1930 года – 28 февраля 2006 года

Директор Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (г. Москва), заслуженный деятель науки и техники России, доктор технических наук, профессор, академик АН Грузии, академик ряда международных и зарубежных академий, возглавлял ИПУ РАН с 1987 г.

Родился Ивери Варламович Прангишвили 6 июня 1930 г. в селе Диди Джихаши Самтредского района Грузии. В 1949 г. после окончания средней школы №212 г. Тбилиси он поступил в Грузинский политехнический институт, который окончил в 1952 г. по специальности “Электрические станции, сети и системы”.

В 1952-1955 гг. работал в “Грузэнерго” и “Гидроэнергопроект”.

В 1955 г. И.В. Прангишвили был принят в аспирантуру Института автоматики и телемеханики АН СССР (ИАТ) – ныне Института проблем управления РАН, – и в 1959 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Менее чем через 10 лет, в 1968 г., он защитил докторскую диссертацию по техническим наукам, а в 1969 г. получил звание профессора.

С 1955 г. вся жизнь Ивери Варламовича была связана с ИАТом (ИПУ РАН). Сразу после защиты кандидатской диссертации он становится ведущим инженером Института автоматики и телемеханики АН СССР. Затем работает в должности младшего, а потом старшего научного сотрудника. В 1964 г. И.В. Прангишвили избирают по конкурсу заведующим лабораторией. В 1970 г. его назначают заместителем директора по научной работе, а в 1987 г. он избран и утвержден в должности директора Института проблем управления АН СССР и Минприбора СССР.

В 1979 г. И.В. Прангишвили избирают действительным членом Академии наук Грузии, а в 1980 г. ему присваивается звание “Заслуженный деятель науки и техники РСФСР”.

Ивери Варламович Прангишвили – известный специалист в области теории процессов и систем управления, информатики и вычислительной техники. Он опубликовал более 400 печатных трудов, включая 15 монографий, и является автором научного открытия (“фоновый принцип”), имеет более 40 изобретений.

Собственная научная деятельность И.В. Прангишвили связана, в основном, с теорией систем, системным анализом (в этой области он опубликовал три монографии), теорией управления крупномасштабными системами и объектами повышенного риска (четыре монографии) и многопроцессорными управляющими, вычислительными и комплексными системами (две монографии).

В 70–80-е годы Ивери Варламович разработал теоретические основы и принципы построения нового класса высокопроизводительных многопроцессорных проблемно-ориентированных управляющих вычислительных систем с параллельной и перестраиваемой структурой. На основе этих результатов и под его руководством были созданы вычислительные системы ПС-2000, ПС-2001, ПС-3000, которые нашли широкое применение в геофизике, гидроакустике, для обработки космической информации и в других областях, а также при создании спецтехники. Результаты теоретических исследований в этой области обобщены в ряде его монографий.

Во второй половине 80-х годов и в начале 90-х Ивери Варламович выполнил цикл работ по созданию теории и принципов построения отказоустойчивых систем управления с распределенной архитектурой для таких сложных и потенциально опасных объектов, как атомные электростанции, а также ряда других аналогичных объектов. Результаты исследований в этой области обобщены им в двух монографиях.

В последние годы под научным руководством и при непосредственном участии

И.В. Прангишвили разработан новый принцип обнаружения и распознавания подвижных объектов – фонный принцип, – в основе которого лежит открытая автормати общесистемная закономерность обнаружения подвижных объектов различной природы. Она заключается в том, что при появлении в зоне наблюдения подвижного объекта интенсивность сигнала фонового излучения всегда уменьшается (независимо от излучающей или отражающей способности самого объекта). Факт обнаружения объекта становится результатом когерентного приема фонового излучения. Предложенный принцип успешно применяется в области локации и при создании систем охранной сигнализации, а также в психологии, медицине, биологии и других дисциплинах.

Исследуемые в монографиях И.В. Прангишвили общесистемные закономерности, как правило, являются ограничительными, предупреждающими. Рассматриваемые Ивери Варламовичем системные закономерности могут быть полезны при изучении широкой проблематики разнообразных задач управления и, в частности, применительно к таким сложным объектам, как организационные и социально-экономические системы. С применением инструмента системных закономерностей удалось проанализировать те базовые процессы, которые определяют характер развития кризисных ситуаций в сложных и слабо структурированных системах различной природы (в технике, медицине, сельском хозяйстве).

В 1987 г. Ивери Варламович был назначен Генеральным конструктором СССР по АСУ ТП атомных электростанций. Под его руководством разработаны проекты нового поколения АСУ ТП для АЭС. В период работ по этим проектам И.В. Прангишвили был включен в состав Коллегии Минэлектротехпрома СССР.

До последнего дня своей жизни Ивери Варламович Прангишвили руководил работами по созданию управляющей системы верхнего блочного уровня зарубежной атомной станции “Бушер” (Иран).

И.В. Прангишвили являлся председателем Ученого Совета Института проблем управления. В 1992 г. он становится членом Бюро Отделения проблем машиностроения, механики и процессов управления, а в 2002 г. – членом Бюро Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления Российской академии наук.

С 1995 г. Ивери Варламович возглавлял научный совет Отделения РАН по теории управляемых процессов и автоматизации. Он являлся заместителем председателя Национального комитета по автоматическому управлению, главным редактором журналов “Датчики и системы” и “Проблемы управления” и членом редколлегий ряда центральных научных журналов. Под научным руководством И.В. Прангишвили было защищено более 30 докторских и кандидатских диссертаций. Долгие годы он вел активную преподавательскую работу.

За большие достижения в научной и производственной деятельности И.В. Прангишвили награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Дружбы народов, орденом Чести и многими медалями.

И.В. Прангишвили являлся действительным и почетным членом нескольких зарубежных академий, первым вице-президентом Международной Инженерной академии и президентом Инженерной академии Грузии.

И еще Ивери Варламович Прангишвили был очень добрым, внимательным и отзывчивым человеком, который никогда не жалел сил на то, чтобы помогать всем, кто нуждался в его поддержке. Всем без исключения сотрудникам Института, всем близким, всем друзьям. К нему очень любили приходить – в поисках участия, за советом, ради общения. Не любил он только одного – занимать внимание других собственной персоной. Поэтому смерть его, послышавшая 28 февраля 2006 г., стала громом среди ясного неба: в это просто невозможно было поверить. Тем более что за две недели до своей кончины он нашел в себе силы дважды приехать в Институт, потому что того требовали интересы Института, интересы науки об управлении – дела всей его жизни.



Воспоминания за круглым столом

Последние слова той короткой биографической справки, которую вы только что прочитали, объясняют наше желание рассказать об Ивери Варламовиче гораздо больше. Поговорить о нем и его жизни, как принято говорить о жизни не просто выдающихся людей, а о жизни людей с большой буквы, жизни Человека. Для этого мы собрали за нашим воображаемым круглым столом тех его коллег, которые долгие годы общались и спорили с И.В. Прангишвили, трудясь рядом с ним и под его руководством. И начать этот разговор мы хотим с первого замечательного достижения Ивери Варламовича Прангишвили, теоретика и прикладника в области создания сложнейших компьютеризованных систем управления.

В истории компьютеризации нашего Отечества известно немало драматических, а иногда и анекдотических ситуаций. Имели место и эпизоды просто героические, почти звездные. Например, в 1972 г., когда отечественная научная идея в области вычислительной техники, идея И.В. Прангишвили, была признана перспективной главными законодателями в этой сфере – специалистами корпорации CDC (Control Data Corporation) – лидера в области создания высокопроизводительных ЭВМ. Признание это опиралось на мнения, высказанные 15-ю ведущими специалистами компании во главе с ее вице-президентом сразу после того, как они детально ознакомились с идеей, представленной ее автором, доктором технических наук, профессором И.В. Прангишвили. Речь шла о проекте вычислительной системы с перестраиваемой структурой (ПС). Результатом двухнедельного изучения проекта стал отчет американских специалистов, завершившийся замечательным предложением, сегодня бы сказали, о создании совместного предприятия между корпорацией CDC и советской стороной (на базе разработок Института проблем управления), а также о строительстве в СССР завода по производству нового класса вычислительных систем. С этим предложением и отчетом американских специалистов вице-президент CDC обратился к министру СССР К.Н. Рудневу. Возможно, реализация этих предложений могла бы серьезно поспособствовать развитию отечественной вычислительной техники. Но, увы, открывшимся захватывающим перспективам так и не суждено было сбыться: как раз в это время в США был принят закон Джексона – Венка, запрещавший фирмам США такого рода совместную деятельность (закон этот не отменен и поныне).

Об этом и о многом другом в судьбе Ивери Варламовича нам вспоминалось в дни празднования его 75-летия, которое отмечалось в июне 2005 г. и – как стало понятно после трагической смерти И.В. Прангишвили, последовавшей 28 февраля 2006 г. – было его последним прижизненным юбилеем. Одновременно должно было отмечаться 50-летие научной деятельности нашего директора. Почти до последних дней своей жизни Ивери Варламович активно работал и как ученый, и как директор Института проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова. Работа всегда была главным смыслом его жизни. Только результаты созидательного труда приносили И.В. Прангишвили истинное удовлетворение. Незадолго до дня своего рождения он, не любивший шумихи, попросил нас не “преподносить” ему поздравительных публикаций официального характера. Посоветовавшись, мы – его коллеги, друзья, ученики и соратники – решили поделиться своими воспоминаниями о наиболее ярких эпизодах его (и нашей) научной биографии, придав им форму беседы, своеобразного заочного круглого стола. Материалы этой беседы были опубликованы в журнале “Проблемы управления”, №3 за 2005 г. – еще одним его детище¹. Сегодня, когда Ивери Варламовича уже нет с нами, мы решили снова предложить вашему вниманию эту беседу, дополнив ее воспоминаниями и размышлениями тех, кто захотел присоединиться к рассказу о жизни Ивери Варламовича Прангишвили, о его трудах, о его идеях, о созданной им научной школе – о его наследии и о его заветах.

¹ Журнал “Проблемы управления” создан по инициативе И.В. Прангишвили в 2002 г., Ивери Варламович был его бессменным главным редактором.

НАЧАЛО (телемеханика и телеавтоматика)

Ведущий²: Из биографии³ Ивери Варламовича известно, что еще в школе он проявлял незаурядные способности к математике, был победителем городских и республиканских олимпиад. На выпускном экзамене комиссия, состоявшая из школьных преподавателей и представителей вузов, рекомендовала ему поступать на механико-математический факультет, однако Ивери предпочел стать инженером и заниматься практической работой. Вероятно, сказалось влияние отца: Варлам Павлович Прангишвили был горным инженером, работал начальником шахт в Ткибули, Ткварчели, Бзыби, а затем главным инженером "Грузвзрывпрома". В 1949 г. Ивери Варламович поступил в Грузинский политехнический институт, который окончил в 1952 г. по специальности "Электрические станции, сети и системы". По окончании института ему как стипендиату предложили аспирантуру. Однако молодой человек решил практически освоить профессию инженера и, чтобы пройти ее различные этапы, попросился на распределение в проектную организацию – Тбилисское отделение Гидроэнергопроекта, где работал инженером-проектировщиком. Затем он перешел в центральную лабораторию Грузэнерго – сначала на должность инженера, а позже стал старшим инженером. Работал с системами телемеханики электростанций, разбросанных по всей Грузии. Эти системы только что начали внедрять для управления электрическими сетями с размещенного в Тбилиси центрального диспетчерского пункта. Хорошо освоил телемеханику, понял ее слабые стороны и решил заниматься развитием и совершенствованием систем телеуправления, теленезмерения и телеконтроля. Молодому человеку было понятно, как это делать практически, но хотелось большего – теоретического обоснования. Из журнальной периодики Ивери узнал, что научными основами телемеханики занимаются д-р техн. наук, профессор М.А. Гаврилов и весь коллектив его лаборатории в Институте автоматизации и телемеханики (ИАТ – так тогда назывался наш Институт) АН СССР. Со свойственной ему непосредственностью И.В. Прангишвили связался по телефону с профессором М.А. Гавриловым и сказал, что хотел бы поступить к нему в аспирантуру по телемеханике. Предварительное согласие было получено. Основной экзамен по специальности принимали М.А. Гаврилов и Я.З. Цыпкин, они и оценили ответы молодого грузина на "отлично" (с некоторым, надо заметить, удивлением, поскольку оценку "отлично" эти два корифея ставили редко). В аспирантуре его научным руководителем назначили М.А. Гаврилова.

Ивери Варламович аспирантский период вспоминал с огромным удовлетворением, особенно отмечая научную атмосферу конференций, семинаров, на которых нередко возникали споры и столкновения различных научных школ. В 50-е годы наш Институт стал очень сильным академическим учреждением, не имеющим конкурентов по вопросам фундаментальных исследований в области автоматизации и телемеханики. Именно поэтому далеко не всем желающим удавалось попасть в число его сотрудников. Чем вам, коллегам того времени, помнится, кажется его аспирантская пора?

П.П. Пархоменко (однокашник Ивери Варламовича по аспирантуре, ныне член-корреспондент РАН): Присущее Ивери обаяние, незаурядные способности и редкостная работоспособность, помноженные на кавказскую доброжелательность и вежливость, практически сразунискали уважение, а затем и любовь всех сотрудников лаб. №3 к молодому, умному и интеллерному новому аспиранту Михаила Александровича Гаврилова (МАГ – как мы все его называли).

² Роль Ведущего взял на себя А.А. Амбарцумян – доктор технических наук, профессор, зав. лаб. №3 ИПУ РАН, академик РАЕН.

³ Материалы биографического характера заимствованы из автобиографии И.В. Прангишвили и книги: Институту проблем управления им. В.А. Трапезникова – 65 лет. – М.: ИПУ, 2004. – 424 с.

В те годы проблемы бесконтактной техники, в том числе телемеханики, были новыми и перспективными. Именно этой области исследований были посвящены учеба и работа аспиранта И.В. Прангишвили. Научный руководитель был глубоко удовлетворен новым аспирантом, высоко ценил результаты его исследований, продолжавших то направление в науке, молодым родителем, а затем заботливым отцом которому был М.А. Гаврилов.

В.А. Жожикашвили ("микрошеф" Ивери Варламовича по аспирантуре, позже Главный конструктор первой отечественной системы бронирования и продажи авиабилетов СИ-РЕНА, сегодня – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией №17): Ивери Варламович поступил в аспирантуру ИАТа в 1955 г. Это был молчаливый человек с доброй красивой улыбкой. Очень дружелюбный. В коллективе его встретили хорошо. В то время в лаб. №3 была группа, которая занималась бесконтактной телемеханикой. МАГ определил Ивери Варламовича в эту группу. На пути к бесконтактной телемеханике группа встретила с серьезными трудностями, связанными с тем, что не получалось разработать бесконтактные выходные реле. Ивери Варламовичу удалось впервые создать такое реле на основе магнитно-транзисторной конструкции и колебательного контура. Он же разработал теорию устойчивости таких реле. Это был первый серьезный вклад молодого ученого в науку. Реле стало настолько популярным в среде специалистов, что его стали называть "реле Прангишвили".

Для телемеханики того времени была характерна передача на расстояние только одной компоненты (по принципу "включен-отключен"). Ивери Варламович вывел телемеханику на уровень передачи программ (вместо простых команд) и назвал эту технику "телеавтоматикой". Это был прорыв в новую, еще неизведанную область.

Е.В. Бабичева (сотрудница лаб. №3 в те годы, позже – бессменный зам. зав. лабораторией №31 – детица Ивери Варламовича): Молодой красивый с небольшими усиками грузина лаборатория №3 (равно, как и весь Институт) встретила положительно. Освоив теорию релейно-контактных схем, он применил ее в практической разработке телеавтоматического устройства. Разработанное на новых принципах и новейших по тому времени элементах – ферритах – устройство оказалось весьма востребованным в решении ряда практических задач.

ОТ ТЕЛЕМЕХАНИКИ К ТЕЛЕАВТОМАТИКЕ

д.т.н., проф., иностр. член АН Грузии
В.А. Жожикашвили, к.т.н. Р.В. Билик

В 1955 г. Ивери Варламович Прангишвили поступил в аспирантуру ИАТ АН СССР, в лабораторию телемеханики. Его руководителем был известный ученый, профессор М.А. Гаврилов. Михаил Александрович определил Ивери Варламовича в группу бесконтактных систем телемеханики, которой руководил к.т.н. В.А. Жожикашвили. За время работы в этой группе начинающий ученый И.В. Прангишвили проявил себя талантливым научным работником, который обладал даром научного предвидения и был выдающимся новатором. Он первым заявил на весь мир, что эпоха господства магнитных элементов кончилась и началась эпоха полупроводников – транзисторов. Он разработал транзисторные системы, отличавшиеся высокой надежностью и быстротой действия. Кроме того, он сделал и другие важные открытия. Ивери Варламович предсказал, что телемеханика, как отрасль техники, уступит место телеавтоматике, и показал, в чем состоит принципиальная разница между этими науками. Если в телемеханике передавались только команды типа "включить", "отключить" и, кроме этого, он предложил передавать программы. Передача на расстояние программ была новеллой и означала переход к управляющей вычислительной технике. Он одним из первых понял, какое выдающееся значение имеет для человечества вычислительная техника, особенно, как техника управления, поскольку в то время она использовалась только для выполнения научных расчетов. Все эти идеи нашли отражение в его кандидатской диссертации, посвященной бесконтактным элементам и системам телеавтоматики, которую он защитил в 1959 г.

Будучи талантливым инженером, он разработал феррит-транзисторное реле, основанное на колебательном процессе, и на основе теории колебаний развил методику расчета этих реле. В итоге они нашли широкое применение в системах телемеханики и среди специалистов получили название "реле Прангишвили".

(продолжение на следующей странице)

Результатами, полученными Ивери Варламовичем в области телеавтоматики, заинтересовалось Министерство обороны СССР. Это были уникальные достижения в мировой практике. В 1955 г. в лабораторию приехал Герой Советского Союза маршал СССР К.С. Москаленко, в ту пору заместитель министра обороны, командующий войсками Московского военного округа. В результате разработки Ивери Варламовича нашли широкое применение в Советской Армии, причем он лично руководил их наладкой и внедрением. Учитывая заслуги Ивери Варламовича, ему была выделена двухкомнатная квартира в Москве на Ленинском проспекте. Следует упомянуть, что в 1964 г. вышла в свет первая в мире монография, посвященная бесконтактным системам телемеханики, в которой Ивери Варламовичу принадлежат разделы, посвященные транзисторам и системам телеавтоматики.

В 1964 г. директор Института академик В.А. Трапезников назначает И.В. Прангишвили заведующим лабораторией.

В.Д. Малиюгин (первый аспирант Ивери Варламовича, ныне доктор технических наук, профессор, заведующий Отделом аспирантуры и докторантуры Института): Я пришел в ИАТ уже после того, как Ивери Варламович окончил аспирантуру. В то время активно пересказывался анекдот "О том, как И.В. Прангишвили не стал чемпионом Москвы".

Поступив в аспирантуру, И.В. Прангишвили решил и дальше заниматься любимым делом — спортом — борьбой. Нашел секцию, приступил к тренировкам и как результативный спортсмен был направлен на сборы в Подмоскovie. Отсутствие аспиранта Прангишвили заметил его руководитель МАГ. Когда он обнаружил, что аспиранта нет и второй, и третий день, то решительно написал служебную записку в аспирантуру об исключении своего подшефного. Руководство затормозило процесс исключения, а сотрудники лаборатории приложили большие усилия, чтобы передать

о надвигающемся бедствии на сборы борцов. Прангишвили очень быстро появился в лаборатории, но со спортом пришлось проститься, как и с реальной надеждой на звание абсолютного чемпиона Москвы в тяжелом весе. Так приходят в науку.

Ведущий: Как прошла защита и что было потом?

П.П. Пархоменко: Защита диссертации Ивери Варламовича прошла "без сучка и задоринки", внедрение результатов протекало активно. Достаточно упомянуть автоматизацию штаба ракетных войск и автоматизацию Гороховского полигона.

Е.В. Бабичева: Кандидатскую диссертацию Ивери Варламович защитил в 1959 г., имея 10 опубликованных работ и внедрение разработанных систем в Московском и Киевском военных округах. А дальше была работа над рядом систем военного назначения. Особый интерес к этим телеавтоматическим устройствам проявило сначала командование танковыми подразделениями Московского военного округа, а потом и Управление танковыми войсками Министерства обороны СССР для использования при управлении мишенями на танковых полигонах во время обучения и маневров. Устройство для полигона представляло собой датчик псевдослучайных чисел, в котором сигнал возникал при совпадении сигналов от трех коловых регистров, число элементов в которых выражается простыми числами. Сигналы с помощью системы телеуправления передавались на исполнительные пункты, установленные в блиндажах полигона и воздействующие, в свою очередь, на подвижные мишени — цели. Последние в непредсказуемые моменты времени возникали перед глазами наводчика-танкиста (и иногда поражались). На полигоне нас опекали (т.е. помогали) офицеры в звании полковников, нередко весьма остроумные. Диалог: "Ивери Варламович, почему Вы ничего не делаете?" — Ответ: "Я думаю". — "А как я проверю, что Вы думаете?" И тому подобное.

В.А. Жожикашвили: Работами Ивери Варламовича заинтересовалось Министерство обороны, конкретно, маршал ракетных войск К.С. Москаленко, который несколько раз посетил ИАТ. Разработки Ивери Варламовича оказались столь полезны для армии, что К.С. Москаленко выделил для него квартиру в Москве на Ленинском проспекте. После

защиты кандидатской диссертации директор Института академик В.А. Трапезников посоветовал Ивери Варламовичу остаться работать в Институте. Директор был очень увлеченным человеком, любил новые перспективные разработки и поддерживал наши исследования. В 1964 г. также по инициативе В.А. Трапезникова Ивери Варламовичу было предложено из его небольшой группы, но с уже определенной тематикой, создать лабораторию. К тому времени (1964 г.) в издательстве "Наука" была опубликована первая в мировой практике монография под названием "Бесконтактные элементы и системы телемеханики", значительная часть которой была посвящена оригинальным разработкам Ивери Варламовича, а именно полупроводниковым реле и телеавтоматическим системам.

ОДНОРОДНЫЕ СТРУКТУРЫ (элементная база)

Е.В. Бабичева: В 1964 г. была создана новая лаборатория под руководством уже непосредственно И.В. Прангишвили. Флагман лаборатории стали однородные структуры и микроводоственника. Перед этим группа сотрудников вместе с Ивери Варламовичем входила в состав лаб. №17, руководимой В.А. Жожикашвили. В связи с различием в научных направлениях двух коллективов дирекция посчитала обоснованным создание отдельной самостоятельной лаборатории под руководством И.В. Прангишвили, предложившим к тому времени принципиально новый подход к реализации логических, управляющих и вычислительных структур на основе однородных перестраиваемых структур. В тематику лаборатории входила разработка теории и инженерных методов создания телеавтоматических систем и однородных структур для управляющих вычислительных систем. Созданные полупроводниковые телеавтоматические системы нашли применение для управления производственными процессами обогатительных фабрик. Для управления промышленными объектами наша лаборатория, совместно с лабораториями С.М. Доманицкого и Б.С. Сотскова, создала серию полупроводниковых элементов "Логика Т", которая была освоена промышленностью и широко применялась на практике. В лаборатории разрабатывались элементная база и системы логического управления для корабельных энергетических установок, которые совместно с ленинградским НПО "Аврора" внедрялись в различных морских изделиях.

Б.П. Петрухин (в то время один из ведущих сотрудников лаборатории члена-корреспондента АН СССР Б.С. Сотскова, в настоящее время ее заведующий): В начале 1960-х годов в качестве альтернативы релейно-контактным элементам для нижнего уровня систем управления промышленными объектами ведущие мировые фирмы начали разрабатывать так называемые бесконтактные логические и функциональные элементы. Одновременно в ИАТе начались разработки полупроводниковых (транзисторных) логических и функциональных элементов (от лаборатории Б.С. Сотскова ответственным исполнителем был я).

Были проведены расчеты оптимальных параметров элементов в целях обеспечения серийнопригодности и максимальной надежности элементов. В Институте выпустили пробную партию элементов, которая прошла опытную эксплуатацию и зарекомендовала себя с наилучшей стороны. В результате (уже совместно с ВНИИ "Электропривод") была создана Единая серия логических и функциональных элементов ЭТ ("Логика Т"), которую в июле 1966 г. приняла Государственная комиссия и запустила в серийное производство на Калининском заводе электроаппаратуры. Для продвижения серии в различные отрасли промышленности были организованы семинары и школы по обучению специалистов.

В результате системы управления на базе "Логик Т" получили широкое распространение в различных отраслях промышленности — металлургии, станкостроении, машиностроении и др. Институт был награжден дипломом первой степени ВДНХ, а разработчики удостоены медалей.

ПЕРВЫЕ КРУПНЫЕ ПОБЕДЫ

к.т.н. М.С. Сонин

В 1967 г. в Москве была издана монография "Микроэлектроника и однородные структуры". Главой авторского коллектива и автором основных изложений в монографии, во многом новых идей была молодой кандидат технических наук, заведующий лабораторией Института автоматики и телемеханики АН СССР Ивери Варламович Прангишвили. Монография вышла в тот период, когда электронные лампы уходили в прошлое и устройства автоматического управления и регулирования создавались на биполярных транзисторах и ферритовых сердечниках. Заволаемые такими элементами громадные шкафы ЭВМ занимали площади в десятки квадратных метров. Большинство специалистов в то время казалось, что основное направление развития электронной техники должно быть связано с уменьшением габаритов транзисторов, увеличением их быстродействия и снижением потребляемой мощности. Иными словами, перспективы виделись в эволюционном пути развития электронных устройств.

С этой точки зрения идея, которая предлагалась Ивери Варламовичем, являлась, по своей сути, просто революционной. Фактически предлагался переход не только к совершенно новой элементной базе — интегральным схемам на МДП, реализованным на принципиально новой структурной базе: металл — диэлектрик — проводник (МДП), — но и к принципиально новым методам организации электронных устройств, а именно к созданию логических структур, функционально перестраиваемых программными методами. Сегодня-то это представляется совершенно естественным, но тогда, сорок лет назад, это казалось чем-то сверхъестественным. Чтобы убедить скептиков в правильности предлагаемого подхода, необходимо было реализовать предложенные идеи "в металле", т.е. создать соответствующие структуры.

В те годы пути развития отечественной техники и технологии определялись не столько специалистами, сколько сидящими в министерствах чиновниками, значительная часть которых не имела соответствующего образования и совершенно не интересовалась новыми научно-техническими идеями. Поэтому не удивительно, что исследовательские разработки в области полупроводниковых МДП-структур, которые велись в то время в одном из НИИ Министерства электронной промышленности, не только не получили развития, но и были свернуты под предлогом того, что МДП-структуры — тушковая ветвь развития электроники.

(продолжение на следующей странице)

А.А. Амбарцумян (в 1970-е годы аспирант МАГА, ныне доктор технических наук, профессор МГТУ им. Баумана, заведующий лабораторией №3 — той самой, в которой начинал Ивери Варламович): В 1999 г. мне в поисках хозяйственного договора по разработке АСУ ТП довелось побывать на Московском мелькомбинате №3. Главный инженер комбината показал мне функционально устаревшую, но действующую 30 лет на элеваторе систему автоматизированного управления. Каково же было мое удивление, когда я обнаружил, что действующая на комбинате система автоматизации выполнена на базе "Логикит Т". Вот что означает сделать для своего времени по-настоящему наукоёмкую систему.

Н.А. Абрамова (в 1960-е годы аспирантка Ивери Варламовича, сегодня д-р техн. наук, зав. сектором лаб. №31): После поступления в аспирантуру меня сначала направили к В.А. Жожикашвили, а тот, очень любезно поговорив несколько минут, уверенно произнес: "К Прангишвили!" Долгое время ИАТ видела только под тремя углами зрения: библиотека (там были удивительные и прекрасные сотрудники — помощ, теплоту и науку, полученную от них, считая неосцененной и поныне), ученые советы (это было ослепительно) и культурно-просветительская деятельность (одна только встреча с И. Бродским чего стоит...). А вот Ивери Варламович с первой встречи поразил своей увлеченностью, рассказывал об однородных структурах, показывал фотографии того, что со временем приобрело импортное название *chip*, а позднее и наше русское — "чип"... По-настоящему, по сути работы, моей первой научной статьей стал реферат при поступлении в аспирантуру. Ивери Варламович подарил мне тему — интегральные схемы с "картинкой" (название тогда у нас в стране было в новинку), и дал срок, кажется, 10 дней или две недели — найти на эту тему, что смогу. Я знала единственное место, где "находят", — библиотеку Ленина, где я привыкла писать школьные сочинения по литературе. Как мне удалось найти то "почти ничего" на английском языке, что было в библиотеке, где я провела все эти дни практически от открытия до закрытия, на тему, о которой

еще вчера не слышала и затруднялась даже объяснить, что мне нужно, до сих пор не вполне понимаю. Но результатом, как мне кажется, шеф остался очень доволен.

ОДНОРОДНЫЕ СТРУКТУРЫ (продолжение и развитие)

Ведущий: Однородные среды стали флагом 31-й лаборатории почти на 10 лет; в 1968 г. Ивери Варламович защитил докторскую диссертацию, теоретическая часть которой основана на этих идеях, в 1969 г. получил звание профессора, и именно из этих идей вышли параллельные системы. Как это было?

В.В. Игнатущенко (ученик и первый соратник Ивери Варламовича по параллельным вычислительным системам, ныне доктор технических наук, профессор МФТИ, заведующий лабораторией № 4): В начале 1960-х годов ведущей тенденцией в создании электронных средств автоматики и вычислительной техники являлась минимизация структур таких средств, максимальное упрощение их схем — в целях обеспечения надежности непрерывно усложняющихся электронных систем. "Упрощение схем" было общепринятым правилом. Вот почему заведующий кафедрой вычислительной техники МАИ, член-корреспондент АН СССР Б.С. Сотсков поделился с одним из своих потенциальных дипломников мыслью: "Вот у нас в ИАТе есть один сумасшедший грузин, который твердит не о простоте, а об избыточности..." Эта идея, парадоксальная для того времени, потенциально заманчивая, но абсолютно ничем не подтвержденная, привела к тому, что "микроскопическую" группу И.В. Прангишвили "неожиданно" перевели в лабораторию директора Института, который дал Прангишвили карт-бланш на два года поисковых работ. Так началась эпоха систем с перестраиваемой структурой — ПС (в простонародье — "Пранги-систем").

А в это время бурное развитие микроэлектроники в мире привело в начале 1960-х годов к выдвинутой и развитой концепции однородных микроэлектронных логических и вычислительных структур, со-

И в такое непростое время с особой силой проявились прорывческий дар И.В. Прангишвили. Будучи твердо убежденным в правильности выдвинутых им научных положений, он добился того, что в академическом Институте автоматики и телемеханики, которым в те годы руководил академик Вадим Александрович Трапезников, было создано подразделение, задачей которого являлась разработка и изготовление элементной базы для однородных перестраиваемых структур. В качестве технологической основы для реализации подобных структур Ивери Варламович предложил МДП ИС, те самые МДП, которые в Минэлектронпроме сочли тушковой ветвью и которые в настоящее время составляют электронную основу всех современных компьютеров, средств телекоммуникации и т.п. И в этом выборе технологической основы также проявился дар научного предвидения, который был характерен для нашего будущего директора.

Глубина теоретической проработки проблемы, колоссальная работоспособность и прямо-таки мальчишеский задор Ивери Варламовича увлекали работавших с ним сотрудников. Это принесло свои плоды уже в 1970 г.: в стенах ИАТа были изготовлены первые МДП ИС. Их создание стало огромной победой И.В. Прангишвили, победы, которая доказала многим скептикам, что в академических институтах могут не только "выдумываться" научные теории, но и воплощаться их практические реализации. В данном случае вполне осязаемые интегральные микросхемы. Так замечательная научная идея получила свое воплощение "в металле", минуя при этом многочисленные согласования и "взятия" межведомственных барьеров. Фактически, это означало существенное сокращение трудного пути от идеи до реального устройства.

Сложность первой изготовленной в ИАТе интегральной микросхемы была вовсе невелика: всего 212 МДП-транзисторов (следует напомнить, что речь идет о событиях почти 40-летней давности). Однако именно эта ячейка однородной структуры, получившая официальную маркировку ЯОС-212, стала основой при создании первой отечественной ЭВМ на перестраиваемых структурах — ПС-300. Выполненная под руководством И.В. Прангишвили разработка ЯОС-212 и ЭВМ ПС-300 предвосхитили руководство Минприбора абсолютную реальность не только выпуска министерством специализированных ЭВМ, но и комплектации их микросхемами, изготовляемыми на предприятиях самого Минприбора. Благодаря усилиям Ивери Варламовича, в середине 70-х годов в Институте проблем управления совместно с филиалом институтом ТНИИСА была разработана проектная документация и изготовлена первая промпроба, которая успешно прошла госприемку.

(продолжение на следующей странице)

В дальнейшем в НПО "ЭЛВА" был налажен серийный выпуск ЭВМ ПС-300, а производство ЯОС сосредоточили в ПТНИИ (г. Ярославль).

За первой ЭВМ ПС-300 последовала новая ЭВМ ПС-320, для которой в ГСКТБ (г. Ленинград) было налажено производство модернизированной ИС ЯОС-214.

Таким образом, серийный выпуск специализированных микросхем был организован непосредственно на предприятиях Минприбора. Так был положен конец монополии Минэлектронпрома на разработку и производство интегральных микросхем. И это стало огромной заслугой Иверии Варламовича Праггишвили.

Дальнейшее совершенствование полупроводниковой технологии привело к тому, что логические микросхемы завоевывали все большее место в электронной аппаратуре, однако в устройствах памяти по-прежнему безраздельно господствовали ферриты, а большая часть специалистов с недоверием относилась к идее широкого применения МДП ИС в ЗУ. И снова проявился провидческий талант Иверии Варламовича. Именно его монография "Элементы ЗУ на МДП-структурах" дала мощный импульс развитию нового направления. Нынешние МДП СБИС емкостью несколько Мбит являются блестящим подтверждением идей И.В. Праггишвили о колоссальных возможностях ЗУ на МДП СБИС, выдвинутых им более 30 лет назад. В этой связи следует упомянуть, что в самом ИАТе под руководством Иверии Варламовича были разработаны и изготовлены первые отечественные МДП ИС ассоциативной памяти (АЗУ-64).

Этот краткий обзор раскрывает только одну из сторон многогранной творческой деятельности И.В. Праггишвили в той ее части, которая связана с полупроводниковой техникой и технологиями – с разработкой, проектированием и реализацией МДП БИС и СБИС.

Необходимо особо подчеркнуть исключительную личную скромность Иверии Варламовича. Он никогда не напоминал о том обстоятельстве, что в современных микропроцессорных устройствах реализуются его идеи, идеи, которые он выдвинул в 60-е годы прошлого века. Однако об этом с полным основанием можем говорить мы, его ученики.

что эффективно реализовать параллельные вычисления на цифровых вычислительных машинах либо невозможно вообще, либо крайне сложно – если и осмысленно – то только для узкого класса задач. Поэтому к идее параллельных вычислений отношение у них было, как теперь говорят, неоднозначное.

стоящих из однотипных функциональных элементов с одинаковыми связями между ними (Минник, Канадей, Беркс и др.). Таким образом, ИАТ, где эта концепция разрабатывалась под руководством И.В. Праггишвили, стал одним из пионеров и лидеров в разработке новейшей проблематики.

Через два года в активе молодых ученых были теоретически обоснованные принципы построения однородных решающих полей, авторское свидетельство, макетные реализации однородных структур, публикации в научных журналах и доклад на престижном международном конгрессе. Более того, результаты теоретических исследований и практических (пусть только макетных, но сотворенных "собственными руками") разработок Института легли в основу первой в мире монографии "Однородные структуры" (авторы: И.В. Праггишвили, Н.А. Абрамова, Е.В. Бабичева, В.В. Игнатушенко), целиком посвященной систематизированному изложению проблематики однородных перестраиваемых структур. Резонанс оказался столь заметен, что эта монография успешно экспонировалась на Всемирной выставке ЭКСПО-68.

Э.А. Трахтенгер (доктор технических наук, профессор, соратник Иверии Варламовича по параллельным вычислительным системам): Основная идея систем с перестраиваемой структурой, разрабатываемых под руководством И.В. Праггишвили, заключалась в том, чтобы перестроить, адаптировать для решаемой задачи цифровую вычислительную среду под параллельные вычисления. Это было чрезвычайно интересное направление, во многом предвосхитившее идеи, которые были реализованы на последующих этапах развития вычислительной техники. Но одна, возможно, центральная идея могла быть реализована на уже имеющейся в тот момент элементной базе. Эта идея заключалась в организации параллельных вычислений.

В то время, как это ни кажется странным сейчас, большинство специалистов (математиков, программистов, электронщиков) считали,

БОЛЕЕ ПОЛУВЕКА В ИАТЕ

Е.В. Бабичева

Жизнь Иверии Варламовича в Институте автоматизации и телемеханики АН СССР началась осенью 1955 г., когда выпускник Тбилисского Политехнического института поступил в аспирантуру в лаб. №3, руководимую в то время д.т.н. Михаилом Александровичем Гавриловым. Одновременно с ним в аспирантуру поступил П.П. Пархоменко, ныне член-корреспондент РАН. Молодого красавца с необычными усами грузина лаборатории №3, как и весь Институт, встретила положительно. У Иверии Варламовича очень быстро установились дружеские отношения с сотрудниками лаборатории. В то время Институт находился на Ленинградском шоссе в здании бывшего ресторана "Спорт". Лаборатории располагались в ресторанных залах, а наша "Номер три" находилась на 3-м этаже в углу здания и вдоль всего коридора лаборатории тянулся балкон. Упомянуто об этом потому, что балкон был любимым местом пребывания (и работы!) сотрудников и, конечно, Иверии. Да, в те времена его все называли просто Иверии. Во время официальных праздников, например, в Международный фестиваль молодежи (лето 1957 г.), мы украшали балкон флажками и прочей атрибутикой. В лаборатории вела отдельная лестница с хорошей акустикой, что позволяло заранее расслышать поднимающегося по лестнице Михаила Александровича (у него было характерное покашливание) и быстро создать рабочую обстановку.



Немного осталось людей, которые помнят "ленинградку", где на 1-м этаже располагался туалет, и в свободное время образовывались две очереди: направо и налево. Направо стояли с чайниками – за водой. В Институте в то время было не более 150 человек, поэтому в официальных и увеселительных мероприятиях принимали участие практически все. Очень интересно и непринужденно проходили ученые советы, на которых шли бурные обсуждения докладов и острая полемика, невзирая на лица.

Особенно интересно было слушать М.А. Айзермана, Я.З. Цыпкина, М.А. Гаврилова, чьи блестящие и острые выступления казались чем-то недостающим.

Не менее непринужденно и весело проходили праздники. Многие блистали остроумием, перебарщивали веселыми шутками, разыгрывались скетчи на злобу дня и на заметные институтские события. Добрые насмешки сыпались на весьма маститых, широко известных в научном мире людей. Особым остроумием отличались молодежь: А.М. Петровский, Ю.П. Портнов-Соколов, И.М. Макаров, примкнувший к ним Александр Владимирович Храмов, ведущий СОВА (Сектор общих вопросов автоматизации) и др. Были и танцы. Танцевали все, включая Вадима Александровича Трапезникова. Иверии Варламович, закончивший к тому времени обучение танцевальному искусству, танцевал, избирательно подбирая только самых достойных партнерш. Вспоминая институтскую обстановку, чтобы подчеркнуть, насколько органично вписался в нее Иверии.

В 1959 г. Иверии Варламович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему "Разработка и исследование блоков и узлов бесконтактных телемеханических систем на магнитных и полупроводниковых элементах".

Созданное на новых принципах и новейших по тому времени магнитных элементах, ферритах и полупроводниках, устройство оказалось весьма востребованным в решении ряда практических задач. Особый интерес к этому телеавтоматическому устройству проявило сначала командование танковыми войсками Московского военного округа, а потом и Управление танковыми войсками Министерства обороны СССР для использования при управлении миссиями на танковых полгонах во время обучения и маневров.

Очень скоро с Ленинградского шоссе часть института, в том числе и лаб. №3, переехала на Калачинскую улицу, в дом 15. В этом здании был совершенно исключительный лифт – непрерывно движущаяся вертикально цепь с укрепленными на ней площадками, на которые приходилось вставать (или вырыгивать) буквально на ходу.

К тому времени в лаб. №3 получили развитие новые научные направления, несколько отличавшиеся от основного направления лаб. №3 – теории релейно-контактных схем. Изучались бесконтактные устройства телемеханики на новых магнитных элементах, велась разработка логического анализатора релейно-контактных схем, создавался ряд образцов программно-управляемых машин для автоматизированной проверки различных технических объектов. По этим направлениям были созданы две новые лаборатории: "Семинадзата", руководимая Владимиром Александровичем Жожикашвили, и "Двадцать сельмяз", которую возглавил Павел Павлович Пархоменко. В лаб. №17 перешли несколько сотрудников, среди них и Иверии Варламович.

(продолжение на следующей странице)

Как уже упоминалось, немалое внимание к работам Прангшвили было проявлено в Министерстве обороны, одним из выразителей этого внимания стал командующий Московским военным округом маршал Советского Союза Кирилл Семенович Москаленко. Военных интересовало использование разработанного Ивери Варламовичем устройства телеавтоматики, обеспечивающего в автоматическом режиме управление мишенями на танковых полигонах. Устройство представляло собой датчик псевдослучайных чисел. Сигнал в нем возникал при совпадении сигналов от трех кольцевых регистров, количества элементов в которых являлись простыми числами. Сигналы с помощью системы телеуправления передавались на исполнительные пункты, установленные в блиндажах полигона и воздействующие, в свою очередь, на подвижные мишени – цели. Последние в непрерываемые моменты времени возникали перед глазами наводчика-танкиста (и иногда поражались).

По указанию Министерства обороны в Квеве выделяли завод для производства этих устройств. Была выпущена небольшая серия. Для установок и их использования во время маневров нам приходилось часто выезжать на полигоны. В этих выездах неоднократно принимали участие М.А. Гваралов, П.П. Пархоменко, Р.В. Билик. Опекали нас, т.е. помогали, офицеры в звании полковников, люди, нередко довольно остроумные. Например, подвесив однажды блок диспетчерского пульта телеуправления вверх ногами, кто-то из них заметил: "А у пульты голова не закружится?" Или еще: "Ивери Варламович, почему Вы ничего не делаете?" Ответ: "Я думаю". "А как я проверю, что Вы думаете?" И тому подобное. Но иногда возникали и неприятные ситуации: вокруг наблюдательного пункта, на котором устанавливался диспетчерский пульт телеуправления, собирались танки и начинали "палить" (естественно, холостыми снарядами). Тем не менее, отделаться от мысли "а вдруг?" было не так-то просто. Работать на полигонах, особенно во время проведения маневров, приходилось сутками.

Следует отметить удивительное "чувство схемы" у Ивери Варламовича. Если устройство упорно не поддавалось наладке, то стоило Ивери подойти, чтобы где-то добавить емкость или сопротивление, как все сразу начинало работать. Шло это, конечно, от его глубоких знаний.

...В связи с заметным расхождением в научных направлениях, развивавшихся в лаб. №17, руководимой В.А. Жижикашвили, дирекция сочла обоснованным выделить из нее еще одну самостоятельную лабораторию во главе с И.В. Прангшвили, предложившим к тому времени принципиально новый подход к реализации управляющих и вычислительных структур на основе микроэлектронных однородных перестраиваемых структур.

Лаб. № 31 была создана в 1964 г. Флагом лаборатории стали микроэлектроника и однородные структуры. Однако самому факту создания лаб. №31 предшествовал период, когда дирекция Института, заметив, какой интерес к полупроводникам и микроэлектронике испытывает известный к тому времени ученый, заведующий лаб. №24 д.т.н., проф. М.А. Розенблат,

собралась перевести группу Ивери Варламовича к Розенблату. Отчего-то перспектива работать под руководством Мориса Ароновича особых восторгов в коллективе не вызвала. По случайному стечению обстоятельств мне и Владу Игнатушко представилась возможность объяснить нашу позицию Вадиму Александровичу Трапезникову. В результате мы сначала оказались в лаборатории Трапезникова - №9, но задержались там недолго, так как к тому времени заметно укрепился научный авторитет Ивери Варламовича и в нашей группе сформировалось глубокое понимание возможностей и перспектив создания устройств вычислительной техники на основе однородных перестраиваемых структур. Так и была создана самостоятельная лаборатория. В тематику лаборатории входила разработка теории и инженерных методик создания однородных структур для управляющих вычислительных систем. Разработанные нами полупроводниковые телеавтоматические системы нашли применение в управлении оборудованием обогатительных фабрик. Для управления промышленными объектами наша лаборатория совместно с лабораториями С.М. Доманицкого и Б.С. Сотскова создала серию полупроводниковых элементов "Логика Т", которая была освоена промышленностью и нашла широкое применение. В лаборатории разрабатывались элементная база и системы логического управления для корабельных энергетических установок, которые внедрялись совместно с ленинградской организацией "Аврора" и вошли в состав различных морских электронных устройств.

К тому времени в СССР интенсивно развивалась микроэлектронная промышленность. Появились научные центры в Ленинграде и Москве (г. Зеленоград), весьма энергично взявшиеся за разработку и производство интегральных схем. Завязались тесные связи с разработчиками из Зеленограда, в частности с директором НИИТТ И.Н. Букреевым.

(продолжение на следующей странице)



По предложению Ивери Варламовича в лаборатории была создана группа специалистов по микроэлектронике, перешедших в Институт с одного из предприятий МЭП, которую возглавил Михаил Семенович Сонин, к тому времени уже ставший кандидатом технических наук. Вместе с Владимиром Онуфриевичем Лементуевым на приобретенном Институту специальном оборудовании для конструирования и изготовления интегральных микросхем были изготовлены образцы интегральных логических схем. Результаты были переданы в ГКБТБ (г. Ленинград) и НИИ г. Ярославля. Однако из-за низкой культуры производства полученные результаты оказались неутешительными.

На протяжении 13 лет Ивери Варламович руководил секцией "Вычислительные системы" в Научном совете АН СССР по комплексной проблеме "Кибернетика", созданном Президиумом Академии наук с правами Института и возглавлявшимся академиком Ахмедом Исламовичем Бергом. В Совете постоянно обсуждались новые научные направления, предлагаемые основными разработчиками вычислительной техники, и в частности вычислительные системы, построенные на основе однородных микроэлектронных структур. Это направление, получившее в дальнейшем серьезное развитие и широкую практическую реализацию (микро-ЭВМ ПС-300, серия ПС-2000, ПС-3000), пользовалось активной поддержкой А.И. Берга.

Помимо научной деятельности Институт совместно с Советом по кибернетике проводил по тематике секции школы-семинары, собиравшие большое число участников. Как правило, школы эти проводились в поселке Мозжика на базе академического пансионата "Звенигородский". В школах активное участие принимали академик А.В. Калеев (ТРИ, г. Таганрог), выступавший с докладами по теоретическим основам и практической реализации структур на основе однородных сред, и многие другие.

В 1969 г. Ивери Варламович защитил докторскую диссертацию на тему "Принципы построения однородных структур для логических и вычислительных устройств". Блестящая защита была отмечена скромным ужином в ресторане гостиницы "Националь" и в лаборатории. Коллеги привели к нему на память об этом событии лыжи, которые несколько лет выданы в его кабинете, а потом куда-то пропали.

Практическую деятельность по разработке и внедрению однородных структур И.В. Прангшвили сочетал с активной писательской деятельностью. Он не мог не писать: дома, находясь в отпуске, он все

время работал над статьями, отчетами, книгами. Рука часто не поспевала за мыслью, на бумаге порою оставались незавершенные слова, впрочем, это нисколько не мешало пониманию создаваемых им текстов. Несмотря на то, что родным языком Ивери Варламовича был грузинский, он прекрасно владел и русским, излагая свои мысли и предложения в четком и истинно научном, а не наукообразном стиле. Его способности к ясному и точному выражению мыслей могли позавидовать многие ученики Прангшвили.

В конце 1970 г. Ивери Варламович был назначен заместителем директора Института по научной работе. Летом того же года он получил предложение от Министерства электронной промышленности СССР перейти на должность Министра электронной промышленности Грузии. Это предложение повергло Ивери Варламовича в глубокие и тяжкие раздумья; с одной стороны, должность была предложена весьма значительная, но ее принятие означало конец научной деятельности, к которой он был склонен и всегда стремился. Решить вопрос помог случай. В отсутствие Ивери позвонили из МЭП (некий сановный чин) и сказали, что он должен дать ответ в течение дня и что завтра будет уже поздно. К телефону подошла и я, сказав, что Ивери Варламовича нет, задала вопрос: а разве в самой Грузии нет достойных специалистов? Ивери Варламович был страшно доволен, поскольку ему самому решения принимать не пришлось. Действительно, вскоре министром назначили нашего друга Вахтанга Чичинадзе. Вот вам и роль случая в судьбе человека.

С 1965 по 1989 гг. наш Институт был в двойном подчинении: АН СССР и Министерству приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР. Этот tandem оказался очень плодотворным для нашего Института по части практического внедрения созданных в изобретательных стенах научных разработок. Разработанные под руководством Ивери Варламовича теоретические основы и принципы построения нового класса высокопроизводительных многопроцессорных проблемно-ориентированных управляющих вычислительных систем с пере-

(продолжение на следующей странице)



страиваемой структурой превратились в серию вычислительных машин типа ПС, предназначенных для быстрой и эффективной обработки массивов информации. На Северодонецком НПО "Импульс" были изготовлены и серийно выпускались УВК ПС-3000, УВК ПС-2000 и ЭГВК ПС-2000. Последний комплекс широко применялся в геофизике для быстрой обработки больших массивов данных разведки нефти и газа.

Научные интересы И.В. Прангишвили за период его работы в Институте были чрезвычайно разнообразны и охватывали проблемы телеуправления, телеавтоматики, вычислительной техники, информационно-управляющих систем и, в последние годы, проблемы системного подхода к решению задач управления в технических и социальных сферах. Последней его публикацией по исследованию и разработке методов системного подхода к задачам управления стала монография "Системный подход и повышение эффективности управления".

Системный подход базируется на целостном видении исследуемых объектов и представляется наиболее универсальным методом анализа и исследования любых сложных технических, экологических и социальных систем. Системный подход в управлении помогает раскрыть сущность и содержание механизмов управления и осуществить поиск новых концепций построения информационно-управляющих систем.

В заключение перечислю основные нынешние направления научной и практической деятельности лаб. №31 – лаборатории, которой Ивери Варламович руководил до последних дней своей жизни.

- Исследование метода экспертного наблюдения в задаче построения интеллектуализированных информационно-управляющих комплексов и систем.

Интеллектуализированные информационно-управляющие комплексы и системы относятся к особым объектам исследования в плане повышенных требований и архитектурной сложности соответствующих информационно-аналитических систем. Исследование вопросов методологической и методологической поддержки проектирования управляющих комплексов с использованием канонической схемы экспертного наблюдения. Основная область использования предложенной системы построения информационно-управляющих комплексов – крупномасштабные задачи системного управления, требующие сбалансированного управления объектами, процессами, явлениями и событиями контролируемой области, а также согласованной организационной деятельности исполнителей систем.

- Разработка и исследование принципов построения алгоритмов и программных средств глобально распределенных процессов управления в информационно-управляющих комплексах.
- Разработка принципов формирования единого информационного поля в компьютерных средах на основе нечисления древовидных структур. Разработка и обоснование нового подхода к организации машинных вычислений на базовом (аксиоматическом) уровне, направленного на формирование в компьютерной среде единого поля структурированной информации, основанного на фундаментальных свойствах информации.
- Разработка высокопроизводительных многопроцессорных СБИС для массовой обработки данных с целью повысить пропускную способность каналов передачи данных в цифровом телевидении и компьютерных сетях.
- Разработка теории и методов построения высокопроизводительных отказоустойчивых информационно-управляющих комплексов с асимметричной мультипроцессорной организацией.

Научную основу исследования составляет разработка комплексных функционально-топологических методов анализа и синтеза сложных структур с использованием имитационного моделирования и физического эксперимента. Проводимые исследования необходимы для создания перспективных АСУ сложными объектами в военно-промышленной сфере. Сюда же относятся разработка и исследование методов построения и особенностей функционирования сложных программно-технических комплексов для АСУ ТП.

- Теоретические исследования методов построения баз знаний для создания нового поколения систем управления на базе аппарата нечетких множеств.

Моделирование объектов управления в качественных шкалах и автоматическая генерация баз знаний на основе накопленных опытных данных. Разработка прозрачной системы, позволяющей создавать "под ключ" системы автоматического управления со встроенными базами знаний для задач ранней диагностики и др. Практическое применение результатов состоит в возможности применения данной методологии для создания макета сложной программно-технической системы управления объектами повышенной опасности эксплуатации, отвечающего современным требованиям открытых систем (АСУ АЭС).

- Разработка новых способов и средств прямой коммутации с целью повышения скорости реакции и пропускной способности средств коммутации интеллектуализированных информационно-управляющих систем.
- Исследование и разработка методов и структуры технических средств, использующих совмещение процессов передачи и обработки данных для повышения скорости выполнения коллективных операций обмена данными и операций редуцирования стандарта MPI, широко применяющегося в многопроцессорных и многомашинных комплексах.

- Исследование и разработка метода масштабирования системных сетей многопроцессорных вычислительных систем.

Системная сеть характеризуется, в частности, малыми функциональными характеристиками, как возможности маршрутизации и задержки передачи. Требуется расширить эту сеть в несколько раз, не изменяя этап ее характеристик, т.е. инвариантно относительно масштаба.

- Изучение влияния качественной информации с учетом особенностей сложных интеллектуализированных информационно-управляющих комплексов и систем.

Эта проблема возникает при разработках информационных, информационно-управляющих интеллектуальных, интеллектуализированных, экспертных, когнитивных систем поддержки принятия решений и других. В качестве ключевого объединяющего признака рассматривается формализация знаний специалистов: экспертов, аналитиков, лиц, принимающих решения (ЛПР).

- Разработка методологии и информационных средств морфологического анализа микроизображений.
- Разработка средств, алгоритмов автоматического поиска, выделения и идентификации изображений микрообъектов.



ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ СТРУКТУРОЙ (начало)

Ведущий: Попытки создания вычислительной техники для управления были в Институте и до Ивери Варламовича. Это как-то повлияло на работы по ПС?

Э.А. Трахтенгер: В Институте под руководством профессора Б.Я. Когана была создана серия аналоговых вычислительных машин и разработаны методы расчета траекторий движения подвижных объектов и применения АВМ в качестве элементов систем управления этими объектами⁴. Это направление сыграло существенную роль в развитии Института, но привело, как иногда бывает, к недооценке начавшей бурно развиваться на Западе и в СССР цифровой вычислительной техники. Такая позиция стала причиной запоздания в "вооружении" Института цифровыми вычислительными машинами (впоследствии Институт был оснащен ими очень хорошо).

Однако уже в 1960-е годы становилось понятным, что аналоговая вычислительная техника начинает вытесняться цифровой, поэтому была предпринята попытка использовать и сохранить опыт и достижения Института в области АВМ. Для этого совместно с югославским Институтом им. М. Пупина взялись за разработку гибридной вычислительной системы ГВС-100, состоявшей из аналоговой и цифровой вычислительных машин, объединенных аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями. Был создан опытный образец этой системы, его оснастили необходимым для экспериментальных работ программным обеспечением и применяли для моделирования систем управления сложными объектами. Впрочем, дальнейшего развития это направление не получило. Конечно, можно было спорить о достоинствах и недостатках созданной гибридной системы, однако очевидным было только одно: ее неспособность конкурировать с интенсивно развивающейся цифровой техникой.

Отметим, что работа над ГВС-100 позволила специалистам Института приобрести опыт разработки цифровых вычислительных систем и системного программного обеспечения, и опыт этот вскоре был востребован.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ДИРЕКТОРА ИНСТИТУТА

Ведущий: В 1970 г. И.В. Прангишвили был назначен заместителем директора Института (к тому времени уже называвшегося Институтом проблем управления — ИПУ), и он получил прямой выход на Минприбор, как это повлияло на работу?

Э.А. Трахтенгер: Думаю, прежде всего, это проявилось в том, что Ивери Варламовичу удалось и в Минприборе найти сторонников своих идей. Видимо, поэтому в начале 70-х годов министр приборостроения, средств автоматизации и систем управления К.Н. Рузнев поставил перед дирекцией Института задачу: создать на медленной отечественной элементной базе управляющую быстродействующую вычислительную цифровую машину. Эта задача была связана с тем, что уже в 1960-х годах в СССР начало остро ощущаться отставание нашей вычислительной техники от мирового уровня. В то время оно было вызвано



двумя факторами: плохим качеством и низким быстродействием элементной базы и слабостью программного обеспечения.

Для решения этой задачи дирекция собрала специалистов Института и предложила им принять участие в новой работе. Было сформулировано несколько самых разных идей. И, как оказалось впоследствии, самыми интересными и перспективными стали предложения, основанные на идеях ПС, — концепции создания вычислительной системы, реализу-

ющей параллельные вычисления и адаптирующей свои ресурсы к требованиям решаемой задачи. Параллелизм вычислений и адаптация ресурсов должны были компенсировать низкое быстродействие элементной базы и обеспечить необходимую скорость вычислений.

Над реализацией в то время еще не очень ясных идей создания параллельных цифровых комплексов начали усиленно работать под руководством профессора И.В. Прангишвили сотрудники его лаборатории В.В. Игнатущенко, В.Д. Малюгин, Ю.С. Загуниветер, И.Л. Медведев и другие, а также присоединившиеся к ним сотрудники программистской группы, в которую входили С.Я. Виленин, Л.Н. Горинич, Э.А. Трахтенгер и др.

ПС-300

В.В. Игнатущенко: А дальше начинается почти фантастическая для тех лет история. В 1972 г., на фоне общего потепления советско-американских отношений, интерес к уже известным в мире работам ИПУ проявил один из знаменитых лидеров супервычислений, корпорация CDC. Она предложила сотрудничество на паритетных началах: CDC брала на себя строительство заводов по производству новых дисковых носителей, современной элементной базы и трех вычислительных центров коллективного пользования. При этом ответственность за разработку многопроцессорной вычислительной системы с перестраиваемой структурой полностью ложилась на советских специалистов.

Этим заманчивым перспективам не суждено было сбыться. В США изменилась политическая ситуация, потепление сменилось похолоданием, и совместные работы были закрыты, фактически не начавшись. Однако энтузиазм ведущей западной фирмы по поводу наших разработок не прошел незамеченным в советских министерских креслах, и мы *самоотверженно* пошли творить...

В.Д. Малюгин: Благодаря разговорам с И.В. Прангишвили, идея однородных машин овладела умами сотрудников лаборатории. Руками умельцев (И.П. Егоров, А.А. Ельцинцев) был построен красивый макет однородной среды. Макет понравился, о коллективе узнали, был создан менее яркий, но близкий

МАЛЫЕ ЭВМ С ПРОЦЕССОРОМ НА ОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

д.т.н., проф. В.Д. Малюгин, В.В. Соколов

Для построения вычислительного устройства на однородных средах (ОС) необходимо было организовать выпуск элементов такой среды в микроэлектронном исполнении. По-видимому, это достаточно сложная организационно-инженерная задача. И.В. Прангишвили, уже имеющий опыт по выпуску элементов ВТ и будучи по натуре первопроходцем, взял такой труд на себя. Работа, благодаря усилиям сотрудников ИПУ, ПТНИИ (Ярославского завода по выпуску микросхем) и Министерства приборостроения, была выполнена. Впрочем, еще до реального изготовления микросхем ОС в ИПУ уже было изготовлено два макета будущей ЭВМ. Первый демонстрировал вычислительные возможности однородной среды, а второй представлял собой классическую ЭВМ с процессором на однородной перестраиваемой среде.

А исторически первой ЭВМ на однородной перестраиваемой среде стала малая управляющая вычислительная машина в приборном исполнении ЭВМ ПС-300 — совместная разработка ИПУ АН СССР и ТНИИСА (Тбилисского научно-исследовательского института приборостроения и средств автоматизации).

В составе управляемого вычислительного комплекса ЭВМ ПС-300 в сочетании с устройствами связи с объектом и средствами общения с технологическим оператором (пульта, устройствами отображения информации) была ориентирована на использование в качестве низовой ЭВМ подсистемы сбора и первичной обработки информации в АСУ ТП, построение локальных систем управления технологическими агрегатами и установками, локальное управление непрерывными технологическими процессами, построение автоматизированных контрольно-измерительных систем.

ЭВМ ПС-300 — оригинальная разработка, не имевшая отечественных и зарубежных аналогов. Ее процессор был выполнен на однородной перестраиваемой структуре, позволяющей посредством настройки реализовать широкий спектр операций над данными, в том числе операции высокого уровня. Наряду с обычными операциями — сложением, вычитанием, сдвигом — выбранные размеры однородной структуры позволяли реализовать за одну операцию такие операции, как умножение, деление, преобразование кода, вычисление полинома и др.

Особенностью машинного языка ПС-300 являлась реализация в машине векторных (продолжение на следующей странице)

⁴ За разработку первых АВМ группе сотрудников Института в 1951 г. была присуждена Государственная премия СССР. На Международной выставке в Брюсселе установка ЭМУ-8 отмечена Большим призом (1958 г.). Установка ЭМУ-10 отмечена дипломом ВДНХ (1963 г.).

команд обработки данных. Выбор векторных команд объясняется свойствами однородной структуры. При использовании векторных команд уменьшаются относительные затраты времени на настройку и используются конвейерная обработка данных в однородной структуре. Кроме того, многие алгоритмы управления технологическими процессами и обработки данных эффективно выражаются посредством операций над векторами.

В ЭВМ была предусмотрена возможность расширения набора команд, выполняемых в однородной структуре укрупненными проблемно-ориентированными командами, эквивалентными программам обычных машин. Указанные особенности ЭВМ ПС-300 давали возможность упростить программирование, сократить объем программ и повысить реальную производительность.

В дальнейшем ЭВМ ПС-300 была расширена до управляющего вычислительного комплекса, серийно выпускаемого на НПО "ЭЛВА".

Идея ПС-300 была в дальнейшем повторена и даже расширена на одном закрытом предприятии в авансовом комплексе. (Есть свидетельства, что технология транспьютеров, появившаяся позже на Западе, возникла не без влияния ПС-300).

Следующий вариант малой перестраиваемой ЭВМ – ПС-320, – был доведен лишь до опытного образца. Появилась и новая версия УВК ПС-300, ориентированная на мультипроцессинг ввода-вывода, – УВК ПС-Микро, также выпущенного НПО "ЭЛВА". Но и его внедрение в г. Одессе в производстве лития под давлением цветных металлов и сплавов не было доведено до конца. В стране начался перестройка...

и обменов информацией; модульность и регулярность структуры системы; использование специальных программных и аппаратных средств распараллеливания и конвейеризации как вычислений, так и управления ими.

Э.А. Трахтенгерц: Теоретические разработки и создание программных моделей разрабатываемой системы продвигались настолько успешно, что когда фирма CDC обратилась в Комитет по науке и технике СССР с предложением о сотрудничестве, разработчики системы ПС под руководством И.В. Прангишвили смогли сформулировать предложения, заинтересовавшие американцев. Однако, как известно, изменившаяся политическая ситуация все прервала. Тем не менее, визит вице-президента фирмы CDC к министру и отчет группы специалистов этой фирмы "не пропали даром". Министр поверил в идеи Института и приказал Северодонецкому НПО "Импульс", входившему в систему Министерства, рассмотреть вопрос о создании систем ПС.

к жизни и технике новый макет уже однородной ЭВМ (главный разработчик М.А. Ускач). Дирекции новый макет понравился еще больше. Началась разработка настоящей, оригинальной ЭВМ ПС-300. Основным соисполнителем стало НПО "ЭЛВА" (г. Тбилиси). Машина появилась тогда же, когда и первые микропроцессоры (1976 г.).

ПС-300

В.В. Игнатушенко: После первой "пробы пера" (микро-ЭВМ ПС-300) дальнейшее развитие нетрадиционных принципов динамической перестраиваемости вычислительных средств привело к разработке высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем (МВС) с перестраиваемой структурой – как с одним, так и со многими потоками команд и данных.

Оригинальный принцип *перестраиваемости* МВС серии ПС заключается в способности МВС к динамическому перераспределению параллельных ресурсов каждого типа (устройств управления, процессорных элементов, памяти, устройств ввода-вывода) между задачами и/или их параллельными фрагментами и/или параллельными командами фрагментов – перераспределению, осуществляемому операционной системой или *аппаратурными средствами* по указаниям в программе или автоматически (посредством анализа процесса выполнения программ) в соответствии с *текущими требованиями* задач, их фрагментов и команд на ресурсы.

Другие принципы построения МВС серии ПС, широко реализуемые и в современных многопроцессорных вычислительных комплексах, включают в себя: параллелизм организации вычислительных процессов на нескольких уровнях – задач, параллельных фрагментов каждой задачи, параллельных векторных и скалярных задач каждого фрагмента; иерархию управления вычислительными процессами, децентрализацию управления вычислениями

Интересно, что некоторые влиятельные американские газеты, узнав о предложениях фирмы CDC, упрекали ее в том, что она "продалась большевикам", а некоторые наши инстанции обвиняли нас в разглашении наших секретов американцам.

Ведущий. Создание реальных ПС в Северодонецке – как это удалось?

Э.А. Трахтенгерц. В конце 1960-х – начале 1970-х годов в Советском Союзе прилагались значительные усилия по преодолению кризиса в вычислительной технике. Были созданы вполне современные (по архитектуре систем того времени) вычислительные машины "Урал", "Миасс", "Днепр", М-220, БЭСМ-4 и другие, которые, несмотря на отсталость элементной базы и слабость программного обеспечения, имели неплохую перспективу дальнейшего развития. В это же время в Америке фирмой IBM была выпущена ЭВМ IBM-360, которая быстро завоевала мировой рынок компьютеров. Советским правительством было принято решение закрыть производство вычислительных машин оригинальных отечественных конструкций и перейти на копирование американского семейства вычислительных систем IBM-360, которые начали производиться под маркой ЕС. Таким образом, в стране были погублены сильные коллективы разработчиков оригинальной вычислительной техники. Они были переориентированы на копирование западных образцов. В русле этого направления Северодонецкое НПО "Импульс" быстро и удачно скопировало модель малой машины фирмы Hewlett Packard и начала ее производство под маркой М-6000. Голодный советский рынок каждый поглощал эту систему.

В этих условиях предложение по созданию отечественной оригинальной вычислительной системы, да еще основанной на параллельных вычислениях, и в НИУ, и в НПО "Импульс" встречалось по-разному. Одни отнеслись к этому скептически, другие с большим интересом. Такие же противоречивые чувства это предложение вызвало и у специалистов других организаций, не участвующих в проекте.

Тем не менее, дирекция и специалисты

ИВЕРИ ВАРЛАМОВИЧ ПРАНГИШВИЛИ – ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ ЧЕЛОВЕК, КРУПНЫЙ УЧЕНЫЙ И РУКОВОДИТЕЛЬ

М.С. Шкабардия,

директор приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (1980–1989 гг.), д.т.н., профессор, Герой Социалистического труда лауреат Государственной премии СССР Заслуженный машиностроитель РСФСР

Пытаясь разобраться в том, что с нами было вчера, год... полвека назад, мы обращаемся в память к нашему прошлому в надежде извлечь из него уроки для себя и будущих поколений, прояснить день сегодняшний, понять, что ожидает нас в ближайшем будущем. Именно так, пока еще помнящим грандиозные события прошлого столетия, иногда целесообразно совершить хотя бы небольшое путешествие в наше прошлое, вспомнить о некоторых ярких событиях, иногда в многозначии красок и с любимыми оттенками эмоций, особенно вспомнить замечательных людей, которые были рядом с нами и примером своей жизни и созидательным трудом творили историю своей страны и человечества в целом.

Однако взаимосвязи человека и коллектива, в котором он живет и работает, пересторжимы, в связи с чем воспоминания о замечательном человеке, крупном ученом и руководителе И.В. Прангишвили неотделимы от коллектива Института проблем управления, в котором он работал большую часть своей жизни, и от коллективов предприятий и организаций Министерства приборостроения, средств автоматизации и управления СССР, с которыми его связывала творческая деятельность на протяжении более 40 лет.

Институт проблем управления стоял практически у истоков формирования отечественной приборостроительной промышленности, и с тех пор уже на протяжении более 65 лет ученые и специалисты этого Института, проявляя свои лучшие человеческие качества и способности, отдавали и отдадут свой талант, свою творческую силу становлению и развитию самых передовых направлений на пути технического прогресса – приборостроению, автоматизации и управлению.

Для нашего Отечества XX век был насыщен рядом трагических событий, повлекших тяжелейшие экономические потрясения и глобальные социальные перемены. Среди них – война с Японией (1904–1905 гг.), Первая мировая война (1914–1917 гг.) Февральская и Октябрьская революции (продолжение на следующей странице)

(1917 г.), иностранная военная интервенция и гражданская война (1918-1920 гг.), Финская война (1939-1940 гг.), Великая Отечественная война (1941-1945 гг.), а затем восстановление страны в условиях послевоенной разрухи (1945-1955 гг.).

Такова реальность... И вот в таких, невероятно сложных условиях необходимо было создавать и развивать в нашей стране довольно сложную наукоемкую отрасль – приборостроение. При этом следует иметь в виду, что Советский Союз все годы своего существования находился в полной информационной блокаде со стороны капиталистических стран по всем передовым научно-техническим направлениям, и все, чего мы достигли за годы советской власти, были наши, собственные достижения. И они были не малыми, о чем свидетельствуют общепризнанные успехи в космосе, военной технике, атомной энергетике, медицине, микробиологии, автоматике, программировании и т.д.

Ведущая роль в становлении и развитии фундаментальной и прикладной науки в области приборостроения и автоматизации, инженерных исследований и разработок, в важнейших научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах принадлежит коллективу Института проблем управления, во главе которого стояли такие видные ученые с мировыми именами, как академик В.С. Кулебакин, известный своими работами по автоматическому регулированию, основатель Института автоматики и телемеханики АН СССР, академик Б.Н. Петров, выдающийся ученый в области управления, руководитель ряда научных программ исследования космического пространства, в том числе программы запуска и мягкой посадки на Луну автоматической станции "Луна" и программы обеспечения первого в мире выхода человека в космос и др. С 1951 г. на протяжении 36 лет бесценным руководителем Института был академик В.А. Трапезников, имя которого Институт носит с 1998 г.

По мнению отечественных и зарубежных ученых, в первое послевоенное десятилетие работы Института сыграли в мировой науке теорию управления роль, аналогичную периоду 20-х годов в физике, когда широко признание получила теория относительности, была создана квантовая механика, заложены основы всей современной теоретической физики. Для Института это был период огромного творческого взлета, главным продуктом которого стала разработка основ теории автоматического регулирования, получившей широкое развитие во все последние годы как в нашей стране, так и далеко за ее пределами.

Изменение масштабов решаемых Институтом задач обусловило в 1969 г. переименование Института автоматики и телемеханики в Институт проблем управления. С созданием в 1965 г.

(продолжение на следующей странице)

НПО "Импульс" взялись за разработку этих систем. Руководил разработкой зам. директора Института проблем управления И.В. Прангишвили. С самого начала работы она велась по двум следующим направлениям.

- Создание векторного процессора с единым потоком команд, использующего в качестве управляющей системы серийные малые вычислительные машины М-6000 (в дальнейшем СМ-1 и СМ-2). Эти малые компьютеры произвоились НПО "Импульс". Векторные процессоры предназначались для быстрой параллельной обработки больших массивов однородной информации, были очень эффективны для решения достаточно широкого класса задач, связанных, главным образом, с обработкой сигналов (поэтому их называют также сигнальными процессорами). Это задачи геолого-разведки, распознавания, радиолокации, медицинской диагностики и др.

- Создание многопроцессорного комплекса с общей оперативной памятью, множественным потоком команд и специальными процессорами: векторными и ассоциативными. Эти комплексы предназначались для решения широкого класса задач, где требовались высокая производительность и перестраиваемость вычислительной системы.

Системы первого направления были технологически проще (состояли из большого числа одинаковых процессорных элементов – от 64 до 264) и могли использоваться в качестве управляющей серийную малую вычислительную машину (М-6000, СМ-1). Два этих качества плюс высокая производительность предопределили выбор этих систем как первоочередных. Основные усилия с самого начала были сосредоточены на их разработке и производстве.

Эти усилия увенчались большим успехом: в результате упорного труда коллективов ИПУ и НПО "Импульс" были преодолены большие трудности в разработке оригинальной отечественной высокопроизводительной машины на базе медленных отечес-

твенных элементов. Она получила наименование ПС-2000. Таким образом, была выполнена задача, поставленная Министерством перед Институтом проблем управления. Первая серийная машина была выпущена в 1982 г., и до 1990 г. было произведено 242 ЭВМ ПС-2000. Они были установлены и работали (а многие работают до сих пор) на различных исследовательских, промышленных и оборонных объектах, имеющих большой пакет хорошо распараллеливаемых задач.

На базе ПС-2000 был создан промышленный экспедиционный вычислительный комплекс обработки данных сейсморазведки, комплекс обработки гидроакустической информации, обработки данных телеметрии т. п. В развитие линии ПС-2000 проводились разработки высокопараллельной архитектуры, предназначенной для реализации на сверхбольших интегральных схемах (СБИС). Архитектура строилась в расчете на масштабируемое многопроцессорное исполнение кристаллов СБИС и была сбалансирована на всех уровнях.

При разработке вычислительных систем второго направления, получивших название ПС-3000, которая началась значительно позже разработки системы ПС-2000, реализовывался оригинальный принцип перестраиваемости вычислительной техники. Перестраиваемость заключалась в способности многопроцессорного комплекса к динамическому перераспределению вычислительных ресурсов каждого типа между задачами и (или) их фрагментами. Такое перераспределение осуществлялось как программными, так и аппаратными средствами в соответствии с текущими, заранее непредсказуемыми требованиями задач и их фрагментами. Для системы ПС-3000 была разработана оригинальная операционная система, осуществляющая управление несколькими универсальными процессорами и работающими под их управлением спецпроцессорами, был создан транслятор с языка Фортран, расширенный параллельными операциями и – совместно с венгерской организацией – транслятор с языка программирования ADA. Системы ПС-3000 как

Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР Институт был включен в структуру Министерства, оставаясь при этом в составе АН СССР, другими словами, с ноября 1965 г. Институт стал иметь двойное подчинение – Академии наук СССР и Минприбору СССР.

Министерство полностью осуществляло финансирование Института, который затем стал головной отраслевой организацией по вопросам стратегической научной и технической политики в области приборостроения, автоматизации и управления. Это был великолепный тандем большой науки и промышленного министерства. И не случайно Минприбор СССР с первых же лет своего существования и до последних дней имел всегда лучшие показатели в работе среди промышленных министерств и был постоянным образцом по внедрению передовых методов хозяйствования и управления.

Огромный вклад в создание теоретических основ построения средств автоматизации и систем управления внесли такие выдающиеся ученые Института, определявшие стратегическую линию развития приборостроения и автоматизации, как Б.С. Сотсков, М.А. Гаврилов, П.П. Пархоменко, Д.А. Агейкин, С.В. Емельянов, Я.З. Цыпкин, М.А. Айзерман, В.А. Викторов, И.В. Прангишвили, Н.А. Кузнецов, В.А. Жожикашвили и многие другие.

В начальный период работы Института решались частные задачи создания устройств регулирования, следящих устройств, первичных преобразователей, методов контроля электрических и неэлектрических параметров, рележно-контактных телемеханических устройств и т. п. В последующий период в отечественной промышленности начался переход к автоматизации более сложных агрегатов и комплексов взаимосвязанных технологических процессов. Это потребовало создания нового подхода к построению устройств автоматики, разработке новых методов проектирования, использования новых физических явлений в создании приборов и устройств автоматизации. В связи с этим в Институте была выдвинута идея построения средств автоматизации из набора агрегатной системы приборов автоматического контроля и регулирования, которая и была реализована в системах устройств, основанных на электрических, пневматических и гидравлических информационных носителях. Позднее академиком В.А. Трапезниковым и членом-корреспондентом АН СССР Б.С. Сотсковым была предложена и научно обоснована идея создания Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП).

(продолжение на следующей странице)

Эта идея явилась результатом многолетних и разносторонних исследований, в результате которых были определены общие принципы построения системы приборов и средств автоматизации, допускающие:

- установление типовых функциональных структур, определяющих состав и связи приборов и устройств получения, передачи, обработки и использования информации в системах управления (АСУ ТП, АСУП и др.);
- стандартизацию их информационных параметров (сигналы, коды, языки);
- стандартизацию энергетических параметров источников питания;
- унификацию основных конструктивных форм и размеров приборной техники;
- стандартизацию элементов деталей и вспомогательных материалов;
- стандартизацию основных технических требований.

Создание и развитие ГСП, широкое внедрение принципов и требований этой системы стало с 1965 г. для Минприбора СССР основой его технической политики на многие последующие годы. Эффективность использования принципов ГСП определялась, прежде всего, возможностью решения широкого круга задач автоматизации производства с помощью ограниченной номенклатуры технических средств автоматизации, представляющих собой совокупность устройств получения, обработки и использования информации, обеспечивающую метрологическое, функциональное энергетическое и конструктивное их сопряжение в комплексы средств построения автоматизированных систем управления.

С 1987 г. Институт возглавлял И.В. Прангишвили, известный в научном мире фундаментальными работами в области теории управления, много лет до того (17) работавший заместителем директора по науке в этом Институте. Именно при его непосредственном участии и научном руководстве в 70–80-х годах в Институте создаются системы первичных преобразователей, допускающих непосредственное сопряжение с цифровыми компьютерами, создаются методы и устройства непосредственного цифрового управления, развертываются работы по созданию программно-технических средств, ориентированных на решение задач автоматизации.

Начиная со второй половины 70-х годов, в проектировании систем автоматизации обозначилась острая потребность в развитых инструментальных средствах проектирования.

(продолжение на следующей странице)

в проектировании, так и в производстве были значительно сложнее систем ПС-2000, первые машины были выпущены только во второй половине 1980-х годов, их доработка и дальнейший выпуск были прекращены в связи с происходившими в стране изменениями.

М.С. Шкабардия (министр СССР в 1980–1989 гг., доктор технических наук, профессор, Герой Социалистического Труда, лауреат Государственной премии СССР): В 1970–1980-е годы И.В. Прангишвили неоднократно выступал на НТС и коллегиях Минприбора с докладами о разработанных в Институте под его руководством теоретических основах и принципах построения нового класса высокопроизводительных многопроцессорных проблемно-ориентированных управляющих вычислительных систем с перестраиваемой структурой. На этой базе предприятиями отрасли были разработаны и освоены в серийном производстве УВК серии ПС-2000, ЭГБК ПС-2000, -2100, -3000. Эти комплексы из 64 и 128 одинаковых процессоров были первыми в стране высокопроизводительными машинами, обеспечивающими производительность до 200 млн. операций в секунду. Они нашли широкое применение в геофизике, в цифровой обработке сигналов в гидроакустике, обработке сигналов, идущих от космических станций, в управлении быстрыми процессами в следователских задачах и в спецтехнике. Комплексы ПС-2000 и ПС-2100 были лучшими в стране по показателю «производительности/стоимость».

Конкретно с 1981 по 1988 гг. Северодонским НПО «Импульс» было изготовлено более 180 ЭГБК ПС-2000 и свыше 240 мультипроцессоров ПС-2000. Эти комплексы использовались в различных отраслях народного хозяйства. Так, ЭГБК ПС-2000 широко применялся в геофизике для обработки данных сейсморазведки нефти и газа. В целом в Мингео СССР использовалось около 90 ЭГБК ПС-2000. С 1986 г. ЭГБК ПС-2000 нашли применение в центре управления космическими полетами для обработки телеметрической информации, поступающей со спутников и космической станции «Мир». Они также эффективно применялись при ре-

шении задач ядерной физики в НИИЭФ (г. Саров) и НИТИ (г. Сосновый Бор Ленинградской обл.).

Н.А. Абрамова: Еще одним немаловажным итогом периода ОС/ПС является создание вокруг Иверы Варламовича новых научных коллективов: в ИПУ – лабораторий С.Я. Виленкина, Э.А. Трахтенгерца; а вне Института – школ-семинаров. Организация школ по ОС/ПС знаменовала собой формирование общей научной и человеческой среды, формирование длительных связей, которые для многих перешли в дружбу с «соратниками».

Первая волна, которой предшествовала I-я Всесоюзная конференция по однородным средам в Академгородке Новосибирска (1968 г.), – это тесные связи и сотрудничество со школой д-ра техн. наук, профессора Э.В. Евреннова. Это – Обское море, жаркие споры об «идеальных» однородных средах, все и всех понимающий В.П. Чистов...

Вторая волна – школы в пос. Мозжинка, неразделимо срастившиеся со школами М.А. Гаврилова не только по месту и времени, но и по людям; Л.Я. Розенблум и А.Я. Макаревский, в разгар вечернего веселья предлагающие свою новую теорию однородных сред; от новосибирских связей осталась только (Л.Л. Бандман; прекрасное дружеское общение, однородные среды – по-прежнему «игрушечные», «красивые» (в терминологии доктора технических наук, профессора В.П. Чистова).

Третья волна – еще сохраняется целочисленная среда второй волны, но мы уже работаем над проектами ПС; типичная школа этой волны – 1979 г., Москва – Всесоюзная школа-семинар по однородным вычислительным структурам и малым ЭВМ. Речь идет уже о проблемах создания ЭВМ на однородных перестраиваемых структурах, построения систем из микропроцессоров, матобеспечения микро-ЭВМ и другим вопросам, хотя доклады по «красивым» ОС еще остаются. Наконец, последняя волна, которая заканчивается в 1989 г., – это школы с тематикой, расширяющейся в проблематику ЭВМ.

К этому времени в Институте уже был накоплен определенный опыт в создании машинных методов проектирования и специальных машин для анализа и синтеза устройств управления, а также в разработке сложного прикладного программного обеспечения, что и гарантировало широкий фронт работ по созданию систем автоматизированного проектирования (САПР). Институт буквально автоматически стал головным по созданию САПР не только в Минприборе СССР, но и во всех отраслях гражданского машиностроения. Не один раз заместитель председателя Совета министров СССР, председатель Бюро по машиностроению Совета министров СССР А.К. Антонов с участием всех министров машиностроительных министерств проводила рабочие совещания непосредственно в Институте с целью широкого ознакомления с работами в области создания САПР и выработке необходимых мер по их широкому внедрению в отраслях машиностроения. Институт стал научным координационным центром по этой проблеме, а И.В. Прангишвили – ее научным локомотивом.

И.В. Прангишвили был крупным ученым в области систем управления, информатики и вычислительной техники и является автором более 400 печатных научных работ, в том числе 15 книг и монографий, одного научного открытия и 30 изобретений. Основным направлением его научной деятельности являлись теория системного подхода и системные закономерности, системы управления крупномасштабными объектами и многопроцессорные вычислительные управляющие системы. В 70-х годах прошлого столетия И.В. Прангишвили предложил принципиально новый способ построения высокопроизводительных и высоконадежных вычислительных систем с перестраиваемой структурой. Эта идея так захватила руководство Минприбора СССР, что к ее реализации были немедленно привлечены лучшие институты и предприятия, занятые выпуском вычислительной техники с выделением необходимых финансовых, материальных и людских ресурсов. Первой в реализации результатов исследований была микро-ЭВМ ПС-300, созданная Институтом совместно с Тбилиским НПО «Элава» в 1976 г. Дальнейшее развитие нетрадиционных принципов динамической перестраиваемости вычислительных средств привело к созданию высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем (МВС) с перестраиваемой структурой (ПС) как с одним, так и со многими потоками команд и данных (проект серии ПС).

(продолжение на следующей странице)

Головной организацией по реализации этого проекта было определено Северодонецкое НПО "Импульс", к тому времени накопившее огромный опыт по разработке и производству вычислительной техники. В 1981 г. Госкомиссией был принят первый геофизический вычислительный комплекс ПС-2000 с производительностью 200 млн. оп./с, построенный по принципу "много потоков данных, один поток команд". Он имел до 64 процессорных элементов, структура взаимодействия которых в процессе вычислений определялась алгоритмами задач геофизики. Созданные комплексы заинтересовали специалистов по космическому зондированию природных ресурсов Земли, что продвинуло ПС-2000 в область космических исследований и в ряд других. К середине 80-х годов НПО "Импульс" поставило на различные объекты более 150 комплексов ПС-2000, что очень немало даже по масштабам ведущих западных фирм.

Разработка следующего геофизического комплекса ПС-3000, построенного по принципу "много потоков данных, много потоков команд", совпала по времени со сворачиванием в распавшемся уже Советском Союзе геофизических исследований, и этот комплекс, к сожалению, не был доведен до серийного освоения. Работы по нему были свернуты. Такая же участь постигла разработанный комплекс ПС-2100, имевший производительность до 1,5 млрд. оп./с – уникальные параметры для того времени.

Работы Северодонецкого НПО "Импульс" по созданию и производству сверхпроизводительной вычислительной техники серии ПС-2000, ПС-3000, ПС-2100 и др. выполнялись одновременно с массовым выпуском управляющих комплексов СМ-2, СМ-1634, СМ-1210 и их внедрением на объектах топливно-энергетического комплекса, и в первую очередь на объектах атомной энергетики. Это была большая ответственная и очень важная работа и, тем не менее, наиболее яркой страницей из творческой созидательной жизни и истории Северодонецкого НПО "Импульс" стал период создания и промышленного освоения машин серии ПС.

Создание ЭВМ на перестраиваемых структурах позволило НПО "Импульс" принципиально на новом уровне решать важнейшие проблемы в области системной техники. В 90-е годы, к сожалению, вместо НПО "Импульс" появилось Акционерное общество "Импульс", исчезло вместе с этим и многое другое. Но это уже другая история...

И хотя течением времени уже перевернута страничка XX века, а вместе с этим в бурных событиях социальных и политических перемен в 90-х годах исчезло и наше великое государство, Советский Союз, будет крайне несправедливо не упомянуть специально замечательную вледу отдельных талантливейших ученых, инженеров и производственников, основоположников и пионеров этого нового направления в отечественной науке и технике – системотехники.

К ним относятся, в первую очередь, ученые Института проблем управления, соратники, коллеги, ученики и воспитанники И.В. Прангишвили: Н.А. Абрамова, А.А. Амбарцумян, Е.В. Бабичева, Е.И. Артамонов, Р.Р. Бабаян, С.А. Виленкин, И.Л. Медведев, В.В. Игнатушенко, Ф.Ф. Пашенко, Э.А. Трахтенгерц, В.Д. Малюгин и др.

(продолжение на следующей странице)

АСУ ТП АЭС

А.А. Амбарцумян (соратник Иверы Варламовича по атомному проекту – АСУ ТП АЭС): К середине 80-х в Институте все

острее ощущается отставание в оснащении компьютерной техники. Во всем мире на оснащение научной и инженерно-технической работы мощным потоком поступают персоналки, а мы должны довольствоваться ДВК и СМ различных модификаций; ВЦ располагает машиной ЕС-1045 (оттого, что у других и этого нет, нам не легче). Для работ по САПР ардеуем ночное время у ВЦ крупных предприятий оборонки. А тут еще перестройка, расширяются контакты с наукой Запада. В некоторых лабораториях появляются везенные с Запада для совместных работ персоналки, по мощности соизмеримые с техникой ВЦ. Завлабы идут к Ивери Варламовичу и просят, просят, а некоторые и требуют. Ивери Варламович уже 15 лет зам. директора, но фактически более 10-ти лет "тянет" Институт в одиночку. Он отлично познал механизмы "раздачи слонов" в социалистической экономике и поэтому понимает, что только участие в крупном, значимом на уровне Кремля проекте поможет переоснастить Институт, да и всколыхнуть многие лаборатории в "общем деле".



To Mikhail!
It was a great visit!
but wishes -
John H. Johnson

На приеме у президента США Дж. Буша-старшего: в центре – И.В. Прангишвили, М.С. Шкабаридзе и Дж. Буш стоят соответственно вторым и третьим справа (на фотографии автограф Дж. Буша)

В равной мере заслуживают добрых слов благодарности, уважения и всяческих похвал руководители Северодонецкого НПО "Импульс", вложившие много сил и знаний в разработку и освоение нового поколения системной техники комплексов серии ПС: А.А. Новохатний – генеральный директор, В.В. Резаков – бессменный заместитель генерального директора и научный руководитель объединения, В.М. Костелянский – заведующий отделом системотехники, В.М. Сомкин – руководитель конструкторского отдела, И.А. Сопочкин – руководитель отдела, В.Г. Винокуров – руководитель отдела системного программирования и др.

В 1987 г. Постановлением Совета Министров СССР Минприбор СССР был определен головным министерством по созданию, изготовлению и поставке автоматизированных систем управления перспективными атомными энергоблоками типа ВВР-1000. Генеральным конструктором по созданию перспективных АСУ ТП АЭС решением правительства был утвержден директор ИПУ И.В. Прангишвили. НПО "Импульс" было названо разработчиком и поставщиком программно-технических управляющих технических комплексов для перспективных атомных станций. В этот период группой ученых Института под непосредственным руководством И.В. Прангишвили была разработана концепция создания распределенной отказоустойчивой системы управления, отвечающей требованиям МАГАТЭ по основным параметрам безопасности и уровню автоматизации. Концепция была одобрена и принята НТС Минэнерго, а также НТС и Коллегией Минприбора СССР. Эта концепция стала основой проекта АСУ ТП для намечаемой к строительству в те годы Башкирской АЭС. Крупный ученый с мировым именем И.В. Прангишвили внес огромный вклад в развитие отечественного приборостроения, а Институт проблем управления под его непосредственным руководством вырос и укрепился в роли ведущего инсти-

(продолжение на следующей странице)

тута в области управления и автоматизки в нашей стране и является признанным авторитетом среди самых передовых в этой области научных организаций мира.

К сожалению, идея "Перестройки", выдвинутая в 1985 г. М.С. Горбачевым, и ее реализация в последующие годы сыграли роковую роль в жизни народов нашей страны. Казалось, он искренне и с благими намерениями начал преобразование командно-административной системы управления страной, но, как выяснилось позже, никакого представления, как это сделать, у Горбачева не было.

Этот страшный человек почти семь лет руководил страной, и не только не смог толком объяснить народу цель и механизм "Перестройки", но и сам их, скорее всего, никогда не знал. Его действия, похоже, определялись обстоятельствами, а вот кто формировал эти обстоятельства – предмет будущих исторических исследований.

Перестройка без ясно сформулированных целей, без введения механизмов контроля и управления процессами реализации проводимых реформ, с чисто внешней лакировкой авторитарного режима управления под демократию (по своей сути власть с 1985 по 1991 гг. была в руках Горбачева: вначале – как Генерального секретаря ЦК КПСС, а затем – Президента страны) явились главными и основными причинами развала страны.

Экономические и социальные реформы, проводимые ельцинским режимом после августа 1991 г., привели к тому, что к 2000 г. объемы промышленного производства в нашей стране сократились более чем в пять раз, а доли затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в валовом внутреннем продукте не превышали 1 %.

Страна из экономически сильной, индустриально развитой державы превратилась в сырьевую придаток промышленно развитых капиталистических стран мира. Российская наука несет значительные потери из-за оттока ученых и квалифицированных специалистов за рубеж и в сферы, далекие от науки и производства – банковские, торговые и др., где есть какая-то более-менее достойная оплачиваемая работа. Однако опыт и история показывают, что пока не все потеряно, мы можем и должны занять достойное место в мировом сообществе, если будет, наконец, взят твердый политический и экономический курс на исправление положения дел в сфере материального производства, в науке и технике, а главное, когда будет принят четкий и явный курс на улучшение качества жизни нашего народа, на беспощадное уничтожение коррупции и воровства во всех звеньях хозяйственной и управленческой деятельности в нашем государстве.

Все можно исправить и, прежде всего, за счет эффективного использования современных научно-технических достижений и разумного должного поощрения научной и инженерной деятельности ученых, инженеров, экономистов, производственников, историков, искоренив при этом жестким законодательством взяточников из всех сфер нашей жизни. Опыт, знания и квалифицированные кадры в стране есть, и нужны лишь политическая воля и соответствующая среда с разумным, четким и ясным законодательством.

У нас есть все, чтобы сделать свою страну процветающей, и порукой тому является огромный накопленный в прошлом столетии опыт "возрождения из пепла" и неисчерпаемый кладезь народной мудрости талантливейших и трудолюбивых людей, способных поднять и промышленность, и сельское хозяйство на передовые рубежи научно-технических достижений и тем самым обеспечить достойную жизнь на нашей прекрасной российской земле.

...Время никогда не проходит бесследно. Уходят люди, уходит целые поколения, но опыт, ими накопленный, и знания остаются. Возникают и решаются новыми людьми новые задачи, рождаются новые знания, новые традиции, и в этом святая истина преемственности поколений. Это естественно, это правильно и достойно уважения!

... Пройдут года, но веком небываемым,
Пройдет уже столетия час.
Тернист был путь, но он не забываем –
Потомки наши, вспомните о нас.

В 1986 г. случилась авария на Чернобыльской АЭС. Среди группы специалистов обоснованно сложилось мнение, что одна из причин катастрофы в примитивности (архаизме) применяемых системотехнических решений в АСУ ТП, особенно в части систем управления безопасностью. И тогда академик А.П. Александров вспомнил, что есть институт академика В.А. Трапезникова – ИПУ АН СССР, что есть опыт работы с этим институтом при создании АСУ ТП для подобных объектов в оборонной технике. Академики обменялись мнениями и достигли согласия. В Минатомэнерго считали, что дело не в системотехнике АСУ ТП (она полностью определялась одним из их институтов), а в плохих технических средствах, которые поставляет Минприбор (да и верхний уровень делают в ЦНИИКА), и поэтому пришли к мнению, что пусть и систему полностью поставляет Минприбор. Министр СССР М.С. Шабардия переговорил с Ивери Варламовичем, предложил возглавить разработку перспективной АСУ ТП АЭС. Ивери Варламович был хорошо осведомлен о технике, поставляемой для АСУ ТП АЭС (значительная ее часть производилась в НПО "Эльва" и НПО "Импульс", с которыми было тесное сотрудничество по ПС). Но он также и понимал, как трудно вести работу, в которой задействовано более сотни организаций различных ведомств, имеющих опыт работы в этой области: у них сложились отношения, они считают себя лучшими, а плохо потому, что у смежника что-то не так. Да и все ниши в этой проблеме уже заняты, без соответствующих полномочий лучше не браться. Полномочия были обещаны, и работа закипела.



А.П. Александров, И.В. Праггишвили и В.А. Трапезников

После первого анализа состояния дел (ЦНИИКА уже несколько лет вел эту работу) мы с удивлением обнаружили, что в прорабатываемом проекте перспективной системы существенно меняется только верхний уровень (информационная часть системы и средства поддержки оператора). В то же время нижний уровень, на котором сосредоточены все защиты, измерительные каналы, автоматические регуляторы и осуществляется функциональное групповое управление оборудованием и который составляет более 80 % аппаратуры, – остается неизменным. Стало ясно, что необходимо менять концепцию управления и всей системы. Лаб. №3 взяла на себя координацию работ ИПУ по концепции, а группа (вскоре преобразованная в новую Лаб. №40) Ф.Ф. Пашенко (*ныне доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией*) взяла на себя работу по подготовке новой Программы ГКНТ СССР по созданию перспективной АСУ ТП для АЭС.

Работа над Программой отнимала много времени: бесконечные совещания, согласования, отчеты, справки, посещения АЭС, визиты в институты и смежные институты (в работе по программе были вовлечены более 200 организаций из 9-ти союзных министерств, а позже и около 100 организаций из стран-членов СЭВ). Завершилась эта работа (1987 г.) Постановлением Правительства, в котором утверждалась Программа. Институту поручили возглавить разработки и внедрение АСУ ТП атомных электростанций, а Ивери Варламович был назначен Генеральным конструктором СССР по АСУ ТП атомных электростанций. В Постановлении была специальная часть, благодаря которой Ивери Варламовичу в 1988-1989 гг. удалось оснастить практически весь Институт современными зарубежными персоналками и другой оргтехникой.

ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА

Б.В. Павлов (заместитель директора Института проблем управления): В это же время (1987 г.) Ивери Варламович был избран и утвержден в должности директора Института проблем управления АН СССР и Минприбора СССР. Первые выборы проходили на альтернативной основе, и за Ивери Варламовича проголосовало подавляющее большинство сотрудников Института.

А.А. Амбарцумян: Над концепцией управления в АСУ ТП работали сотрудники лабораторий: А.А. Амбарцумян (отв. исполнители А.И. Потехин, Б.А. Лаговьер), Б.Г. Волкиа (отв. исполнитель Н.В. Лубков), В.И. Уткина, М.А. Розенблата (отв. исполнитель Н.Э. Менгазетдинов), И.В. Прангишвили (отв. исполнители: В.В. Игнатушенко, М.А. Зуенков), Ф.Ф. Пашченко. Основные положения концепции предусматривали новации на всех уровнях управления: на верхнем предлагалась система информационной поддержки на основе экспертной системы и базы знаний, на нижнем – новые типы регуляторов и распределенное логическое управление. Более того, в части развития индивидуального уровня управления приводами (исполнительными автоматами) наши предложения определили технические решения западных фирм. В плане системотехнических решений была сформулирована концепция создания распределенной отказобезопасной системы управления, отвечающей требованиям МАГАТЭ по основным параметрам безопасности и уровню автоматизации. Аналитические расчеты подтвердили эффективность технических решений по основным системным показателям: динамическим характеристикам и надежности.

Одно из важнейших положений концепции заключалось в обосновании необходимости создания нового типа технических средств автоматизации – средств программируемой автоматки с параллельной структурой (СПА-ПС)⁵. Основные технические идеи, положенные в основу СПА-ПС, продолжают линию “больших” ПС и заключаются в распределенности, специализации и контролируемости процессов обработки и коммуникации.

Концепция была достаточно революционна для своего времени, особенно в части применения программируемых средств на уровне управления приводами, и здесь, я думаю, нам удалось ее продвинуть только благодаря Ивери Варламовичу. Его талант просто (как он любил повторять – “на пальчиках”) объяснять сложнейшие вещи как из области управления, так и схемотехнических приемов обеспечения требуемой надежности буквально продавливал как НТС, так и административные инстанции. Концепция была принята на НТС Минатомэнерго, Минприбора и положена в основу проекта АСУ ТП Башкирской АЭС. Однако в силу политических причин (катастрофа в государстве и развал экономики) реализовать концепцию в полной мере не удалось, хотя все основные положения были проверены в макетах и использованы в ряде проектов.

Работы по АСУ ТП АЭС продолжают и сегодня. В настоящее время Институт является головным по созданию систем управления верхнего блочного уровня АЭС. Институт разработаны принципы управления, созданы оригинальное программное обеспечение, технический и рабочий проекты системы управления верхнего уровня для строящейся атомной станции в Бушере (Иран), а затем для АЭС в Кудам-Кулане (Индия).

Ведущий: Известно, что Ивери Варламович наряду с научной и административной работой всегда находил время и для общественной работы. Как у него это получалось?

С.В. Полянский (многие годы один из профсоюзных лидеров Института): Плодотворную научную деятельность Ивери Варламович всегда совмещал с большой и ответст-

⁵ Позже (1994–1997 гг.) СПА-ПС были освоены в серийном производстве в АО “НПО “Автоматика” (г. Омск). Средства СПА-ПС сертифицированы органами Госстандарта РФ в качестве средств измерений и на соответствие требованиям ГОСТ по безопасности. С 1997 г. СПА-ПС используются в проектах распределенных и сосредоточенных автоматизированных систем, важных для безопасности, для объектов атомной и тепловой энергетики, газонефтедобывающей и перерабатывающей промышленности, металлургии и других производств.

ОБЩЕСТВО ГРУЗИН В РОССИИ

Российские грузины, духовными и кровными узами одинаково связанные с Россией и Грузией, сочли своевременным и необходимым отыскать друг друга и создать в 1992 г. “Общество грузин в России”, которое было зарегистрировано в 1993 г. Министерством юстиции РФ, свидетельство № 1735, и перерегистрировано в 1999 г. Главным управлением юстиции г. Москвы, свидетельство № 12336.

Основателями “Общества грузин в России” были Ивери Варламович Прангишвили и Северия Александрович Цагарейшвили. Первым Президентом “Общества” с 1992 по 2006 гг. был Ивери Варламович Прангишвили.

Главная цель “Общества” – сохранение грузинского языка, национальной культуры и традиций, а также развитие дружественных связей между Россией и Грузией, ближним и дальним Зарубежьем.

Под руководством Ивери Варламовича “Общество” выступало в роли моста, сближающего народы таких многонациональных государств, какими являются Россия и Грузия, и было связующим звеном в культуре, экономике и социальной сфере.

“Общество грузин в России” объединяет более 50 000 грузин – граждан Российской Федерации в 27 отделениях в различных регионах РФ. Все эти отделения придерживаются Устава “Общества грузин в России”.

“Общество грузин в России” принимает активное участие в деятельности многих общественных организаций, являясь их ассоциированным членом или соучредителем:

- ассоциированным членом Международного форума гражданской дипломатии, выступающего за мирное разрешение межэтнических конфликтов;
 - членом-соучредителем Конгресса национальных объединений России (КНОР), ставящего своей целью защиту политических прав и достоинства национальных меньшинств и отдельных его представителей и т.д.
- “Общество” организует и проводит:
- круглые столы;
 - конференции;
 - литературные вечера;
 - презентации книг;
 - выставки картин грузинских художников;
 - мероприятия, посвященные историческим датам России и Грузии;
 - совместные мероприятия с российскими и международными культурными центрами;
 - спортивные соревнования, школьные олимпиады;

(продолжение на следующей стр.)

венной научно-организационной и общественной работой. В этой части его деятельности (был ли он депутатом городского или районного Совета, членом других общественных организаций города или Института) следует дать самую высокую оценку ответственности за порученное дело, его отношению к заботам и нуждам простых людей, которые постоянно обращались к нему за помощью.

Длительное время Ивери Варламович был депутатом Моссовета. Деятельность на этом поприще еще раз подтвердила его жизненное правило – внимательно относиться к людям, оказывать им поддержку и помощь. Помимо непосредственной работы в Моссовете, Ивери Варламович участвовал в работе Черемушкинского райсовета (сессии, прием населения, контроль за выполнением наказов избирателей и т.д.). Ивери Варламович был избран депутатом от избирательного округа, расположенного вблизи станции метро “Беляево”, где проживают многие сотрудники Института. Их бытовые, жизненные заботы, связанные с работой торговли, медицинским обслуживанием, работой школ, кинотеатра, транспорта, охраной порядка, условиями проживания, благоустройством территории и т.п., стали заботой Ивери Варламовича. В этот период было сделано много хорошего для жителей микрорайона, включая и наших сотрудников. По существу, Институт стал шефом микрорайона, установил связи с руководителями основных ключевых звеньев микрорайона, согласовал и координировал их деятельность в соответствии с планами развития и выполнения наказов избирателей. Будучи депутатом Моссовета, Ивери Варламович тратил много времени, энергии, проявлял настойчивость, выступая с обоснованными ходатайствами перед различными инстанциями по вопросам, с которыми к нему обращались сотрудники Института. Результатами его работы были улучшение жилищных условий, строительство автостоянок и гаражей для значительного числа сотрудников Института.

Е.В. Бабичева: В научно-организационном плане Ивери Варламович всегда был предельно ответственным. В течение 13 лет он руководил секцией “Вычислительные систе-

мы" в Научном совете по комплексной проблеме "Кибернетика" АН СССР, возглавляемом академиком А.И. Бергом. В Совете постоянно обсуждались новые научные направления, предлагаемые основными разработчиками вычислительной техники, в частности, вычислительные системы, построенные на основе однородных микроэлектронных структур. Это направление, получившее широкое развитие и практическую реализацию, активно поддерживал А.И. Берг. Помимо научной деятельности, Институт совместно с Советом по проблеме "Кибернетика" проводил по тематике секции школы-семинары, привлекая большое число участников.

Ведущий: Вот уже более 15 лет мы живем в новой стране, с другим общественным строем. Тяжело всем социальным институтам страны, в том числе и науке. Как Ивери Варламовичу удалось в этой ситуации сохранить Институт и, самое важное, атмосферу творчества и чувство взаимного доверия и уважения в коллективе?

А.Н. Шубин⁶: Это очень серьезная тема. Коротко отмечу два главных принципа, которым, как мне кажется, всегда следует Ивери Варламович и требует их соблюдения от нас: открытость и прозрачность. Он открыт ко всем предложениям, пожеланиям и просьбам, с которыми к нему приходит сотрудник, внимательно и вдумчиво их анализирует в беседах с коллегами, оценивая при этом все возможные последствия. *Принципу прозрачности* в решениях, влияющих на судьбу как отдельного сотрудника, так и Института в целом, он следовал всегда и во всем: именно он ввел традицию еженедельных директорских совещаний, на которых идет открытое обсуждение всех оперативных экономических и хозяйственных вопросов. Ежемесячно проводятся заседания Ученого совета, на которых каждый раз заслушивается хотя бы один научный доклад по актуальной, перспективной тематике и тради-

- "Дни Грузии" в отделениях "Общества";
- лекции по истории Грузии и Грузинской православной церкви;

Много сил и энергии потратил Ивери Варламович, чтобы в "Обществе" были созданы и функционировали:

- курсы по изучению грузинского языка;
- хореографический ансамбль грузинского танца;
- фольклорный ансамбль народной песни;
- детский вокальный ансамбль "Мелодия";
- вокальный ансамбль;
- кинолекторий;
- юридическая служба;
- совет ветеранов и участников Великой Отечественной Войны;
- ассоциация врачей;
- футбольная команда "Грузия", завоевавшая Кубок межконтинентальной футбольной лиги г. Москвы в 2005 г.;
- структурное подразделение "Союз грузинской молодежи Москвы", осуществляющий свою деятельность в соответствии с Уставом "Общества Грузии в России".

Традиционно грузинская община играла большую роль в укреплении политических и культурных связей России и Грузии. Ивери Варламович добивался, чтобы ее деятельность была бы эффективна и востребована в наши дни.

При содействии И.В. Прангшвили открыты мемориальные доски: в Москве – Д.И. Арсенишвили, основателю и первому директору Музея имени Рублева, в Санкт-Петербурге – ученикам академика Чапалыгина, видным грузинским ученым, окончившим Петербургский университет, академиком И. Веква, Н. Мускелашвили, Марджаншвили, Горгидзе, Герасимия и др.; переданы экспонаты Музею Великой Отечественной войны на Поклонной горе в Москве: портрет И.В. Сталина и бронзовая скульптура П.И. Баграмяна, выполненная членом "Общества" Амраном Дайедаде.

В "Обществе" стало традицией проведение новогодних елок с подарками для детей из малоимущих семей, вечеров "С Новым годом и Рождеством Христовым, дорогие земляки!", творческих вечеров российских и грузинских писателей и поэтов, празднование "Дня независимости", возложение цветов на могилы солдат-грузин, защитников Москвы.

Всю свою энергию, силы, знания И.В. Прангшвили отдавал "Обществу", стремился, чтобы его деятельность осуществлялась на принципах гуманизма, уважения прав, личного достоинства и мнения каждого члена "Общества", недопущения дискриминации по признакам пола, национальности, религиозных и политических убеждений.

ционное сообщение "О текущем моменте". Именно Ивери Варламович сделал правилом ежемесячных публичных рассказов дирекции на Ученом совете о том, как обстоят дела с финансированием, откуда и какие поступления ожидаются, как предполагается ими распорядиться. В свойственном ему импровизационном стиле он постоянно информирует коллектив обо всех тенденциях "в верхах", о том, чего от нас (как академической организации) требуют и как мы предполагаем на это реагировать, с какой целью и какие структурные или кадровые изменения намечаются в Институте.

Ведущий: Забота о коллективе далеко не у всех руководителей сочетается с заботой о каждом члене коллектива – заботой о человеке. Каким в этом смысле был директор И.В. Прангшвили?

В.А. Жожикашвили: Ивери Варламович отличался удивительной добротой, которая у него сочеталась с заботой обо всех коллегах и учениках, а также с ответственностью за судьбу каждого из сотрудников вверенного ему Института.

Все это в полной мере проявилось в моем случае. Остановлюсь на трех примерах. – Несколько лет назад в Тбилиси бандиты разбили мне голову, и я попал в больницу в тяжелом состоянии. Как иностранец, я должен был дорого заплатить за лечение, и таких денег у меня просто не было. Ивери Варламович организовал все – и оплату тоже, за что я всегда буду ему благодарен.

– При поддержке Ивери Варламовича меня избрали иностранным членом АН Грузии, что для меня очень почетно.

– Опять же, благодаря Ивери Варламовичу, я стал лауреатом Государственной премии Грузии в области науки и техники.

Невозможно перечислить всех, кому Ивери Варламович оказывал помощь и поддержку в работе и в жизни.

Ведущий: Борис Викторович, Вы, пожалуй, самый "долгоиграющий" зам. директора за всю историю ИАТ – ИПУ. Какие отличительные черты характера Ивери Варламовича, как руководителя Института, Вы бы отметили как главные?

Б.В. Павлов (ученик академика Б.Н. Петрова, доктор технических наук, лауреат Государственной премии, заместитель директора Института с 1980 г. по настоящее время): Ивери Варламович являлся блестящим генератором опережающих идей, вдохновителем и плодотворным воплостителем масштабных проектов. Причем это было характерно как для его научной деятельности, так и для его действий по управлению Институтом. Об опережающих идеях в научной деятельности уже много было рассказано сотрудниками Института, я расскажу, какие новаторские идеи в управлении Институтом были выдвинуты и реализованы Ивери Варламовичем.

Таких идей было достаточно много. Во-первых, сейчас много говорится о стимулировании труда научных работников, а в Институте уже с 1990 г. функционирует система "Оценки результатов деятельности лабораторий", позволяющая связать стимулирование деятельности лабораторий с их результативностью. Во-вторых, это учреждение ряда премий, которые присуждаются раз в год за высокие научные результаты в области фундаментальных и поисковых исследований. Среди них – премии имени выдающихся ученых Института, к заслугам которых перед наукой об управлении и их роли в становлении Института как мирового лидера теории управления Ивери Варламович относился предельно бережно. Это и премирование работ, выполненных научными коллективами за последние пять лет, а также премии за индивидуальные достижения по результатам прошедшего года. Сюда же мы отнесем введение стипендии им. В.А. Трапезникова, присуждаемой лучшим из молодых ученых, и много-много другое.

Хочу еще раз заметить, что все это было сделано в Институте еще в 90-е годы, а в научном сообществе страны все эти вопросы стали широко обсуждаться только после

⁶ Анатолий Николаевич Шубин (долгие годы первый заместитель директора Института проблем управления по науке) ушел из жизни незадолго до кончины И.В. Прангшвили. Сообщение о его смерти, последовавшей 5 декабря 2005 г., было передано Ивери Варламовичу в дни его участия (с докладом) в последнем для него в жизни Международном семинаре. Это был семинар в одном из университетов г. Стамбула. Здесь публикуется высказывание А.Н. Шубина, сделанное им весной 2005 г.

выхода в апреле 2006 г. Постановления Правительства РФ о совершенствовании оплаты труда научных работников.

Ведущий. Что, на Ваш взгляд, Ивери Варламович считал главным в системе оценки результатов деятельности лабораторий?

Б.В. Павлов: Ивери Варламович считал, что система оценки должна не только служить дирекции, как инструмент контроля состояния работ в лабораториях, но и помогать заведующим в организации исследовательских и прикладных работ в коллективе лаборатории. Целью оценки результатов деятельности лабораторий является повышение эффективности научной и прикладной деятельности Института на пути реализации таких мероприятий, как ориентация исследований в лабораториях на выполнение поставленных перед Институтом задач, ежегодное информирование руководства Института о формальных показателях деятельности лабораторий, выявление недостатков в работе лабораторий и выработка рекомендаций по их устранению и, наконец, стимулирование лабораторий по результатам полученных оценок.

Дефицит показателей, поддающихся количественному измерению, и принципиальная невозможность оценки научной деятельности лабораторий на базе рассмотрения одних только формальных показателей привели к необходимости использовать в системе также экспертные оценки, и это еще одно из принципиальных отличий.

Правда, формальным показателем в системе отводится весьма существенная роль. Так, при оценке результативности учитывается количество опубликованных книг, брошюр, статей, докладов, патентов, защищенных диссертаций и др., и все эти показатели берутся с определенными весовыми коэффициентами.

Имеется и другое принципиальное отличие от предложенного и широко обсуждаемого сегодня проекта Министерства образования и науки РФ «О выплатах стимулирующих надбавок». Согласно проекту Минобрнауки стимулирующая надбавка устанавливается Ученым советом каждому сотруднику в начале года на базе его индивидуального рейтинга, который рассчитывается только на основании ряда чисто формальных показателей. А в той системе, что принята и функционирует сегодня в Институте проблем управления, производится оценка эффективности деятельности научных коллективов. При этом сами коллективы оценивают деятельность каждого сотрудника в зависимости от эффективности и специфики его работы, базируясь на утвержденном дирекцией Положении «Об оценке эффективности деятельности сотрудника лабораторий»⁷, и, сформировав такую оценку, дают предложения по выплате индивидуальных надбавок. На наш взгляд, подобная процедура, с одной стороны, менее бюрократична, а с другой – предоставляет заведующим лабораториями немалые права и дает им инструмент по управлению руководимыми ими коллективами. О чем Ивери Варламович всегда немало заботился.

Ведущий: О трудоспособности Ивери Варламовича в Институте ходили легенды. Еще с 70-х годов сотрудники Института знали – если после 18 часов в окнах КОН нет света, то Ивери Варламович в командировке. Да и каждый заведующий лабораторией, если договаривался с ним что-либо обсудить в спокойной обстановке, то заранее предупреждал домашних о возможной вечерней задержке, поскольку знал, что Ивери Варламович наверняка предложит встретиться вечером, после 18. Как это виделось Вам, членом Дирекции, изнутри?

Б.В. Павлов: Ивери Варламович был типичным трудоголиком, для которого работа была смыслом всей жизни. Практически, Ивери Варламович работал 365 дней в году, в том числе и в отпуске, и по субботам, и в воскресенья. Отпуск, который Ивери Варламович брал

летом (в основном, на 24 рабочих дня), он проводил в Тбилиси. Причем во время этого отпуска, он, как вице-президент Грузинской академии наук, работал в Президиуме академии наук Грузии. По субботам и воскресеньям он трудился дома за своим любимым письменным столом. Приходя в понедельник утром на работу, мы в шутку спрашивали у Светланы Владимировны (секретаря Ивери Варламовича Прангшвили), хорошо ли отдохнул в выходные ее шеф, и она обычно показывала нам стопку рукописных листов, которые Ивери Варламович отдавал ей печатать. Обычно это было 30–40 страниц. Вы, конечно, знаете, что за последние пять лет жизни Ивери Варламович написал (без соавторов) 4 монографии.

Ведущий: Каким образом принимались решения, связанные с управлением Институтом, и какие, на Ваш взгляд, наиболее кардинальные решения по управлению Институтом принял Ивери Варламович?

Б.В. Павлов: Решения принимались, в основном, коллективно – на заседаниях дирекции или совещаниях с более узким составом. Для стиля Ивери Варламовича было характерно и то, что решения по простым вопросам он, как правило, принимал не спеша, со многими при этом советовался, неоднократно возвращаясь к обсуждению вопроса, зато стоило возникнуть действительно сложным и запутанным вопросам, и решения Прангшвили оказывались стремительными и хорошо продуманными.

Кардинальных решений по управлению Институтом было принято много, но на первое место я бы поставил решение по возвращению Института в систему Академии наук.

Вы, наверное, знаете – Институт, основанный в 1939 г. как академическое учреждение, в 1961 г. был передан из АН СССР в ведение Госкомитета Совета Министров СССР по автоматизации и машиностроению (в последующем – Минприбор СССР) при сохранении за АН СССР научно-методического руководства Институту и права на решение вопросов его социально-культурного обеспечения. После упразднения Минприбора перед Ивери Варламовичем встал вопрос, что делать? Существовало несколько путей: (1) приватизация и превращение Института в акционерное общество, (2) придание Институту статуса Государственного центра и, наконец, (3) возвращение Института в систему Академии наук. Ивери Варламович выбрал последний вариант и приложил воистину титанические усилия, чтобы его осуществить. В результате, с 1 января 1991 г. Институт согласно совместному Постановлению Президиума Академии наук СССР и Министерства электротехнической промышленности и приборостроения СССР (от 2 ноября 1990 г.) был передан в систему Академии наук СССР.

Большую роль в возвращении Института в систему Академии наук сыграли бывший министр Министерства приборостроения СССР Михаил Сергеевич Шкабардия и академик Константин Васильевич Фролов, в то время вице-президент АН СССР.

Ведущий: Как относился Ивери Варламович к проводимой Академией наук работе по совершенствованию сети и структуры институтов РАН?

Б.В. Павлов: Если кратко, то положительно, хотя не все, что делается в РАН, Ивери Варламович одобрял. Большое внимание Ивери Варламович уделял совершенствованию структуры Института. Так, в октябре 2004 г. в своем выступлении на Ученном совете Института он обосновал необходимость реструктуризации Института, направленной на: (а) повышение эффективности его работы в целом; (б) увеличение результативности научного выхода; (в) рост средней зарплаты сотрудников и содействие их профессиональному совершенствованию; (г) уменьшение среднего возраста сотрудников и существенное усиление инновационной деятельности.

План задуманной реструктуризации Института опирается на несколько базовых идей. Во имя внесения дополнительной динамики в процессы выполнения фундаментальных и прикладных исследований предлагалось: (а) изменить структуру Института так, чтобы сосредоточить усилия на прорывных направлениях; (б) укрупнить тематику фундаментальных работ; (в) существенно усилить инновационную деятельность; (г) больше внима-

⁷ В настоящее время готовится к вводу в действие новое Положение, согласованное с положениями совместного Приказа Минобрнауки, Минздрава и соц. развития и РАН от 3 ноября 2006 г., в соответствии с которым возможности научных коллективов и их руководителей влиять на деятельность отдельных сотрудников будут, к сожалению, сильно урезаны (прим. ред.коллектив).

ния уделять научно-образовательной деятельности. Изложенные принципы были положены в основу плана работ по реструктуризации Института, выполнение которого к настоящему времени дало ряд результатов. Назовем лишь некоторые из них.

Образовано 10 научных отделов, занятых разработкой крупных научных проблем, которые включены в Основные направления фундаментальных исследований РАН. Создан инновационный центр, состоящий из нескольких научно-внедренческих отделов, в каждый из которых входит несколько групп сотрудников, занятых практическим внедрением результатов научных разработок в различных отраслях народного хозяйства либо выпуском определенного вида научной и наукоемкой продукции. Финансирование деятельности инновационного центра и оплата труда его сотрудников базируется на средствах, поступающих за выполнение научно-технических договоров и зарубежных контрактов, которые связаны с основными направлениями деятельности Института. Бюджетное академического финансирования сотрудники инновационного центра не получают. Создание инновационного центра позволило безболезненно решить проблему сокращения численности сотрудников Института, получающих базовое бюджетное финансирование путем их перевода в инновационные отделы (из научных подразделений).

В качестве одного из структурных подразделений Института Ивери Варламович планировал создать научно-образовательный центр. По его наметкам, этот центр должен был заниматься образовательной деятельностью по закрепленным за ним (согласно лицензии Министерства образования и науки РФ) специальностям. По сути, такое предложение Института из системы Академии наук отличалось принципиальной новизной и заинтересовало в системе РАН многих. В дальнейшем эта идея нашла отражение в Программе модернизации структуры, функций и механизмов финансирования Российской академии наук, подписанной Министром образования и науки РФ А.А. Фурсенко и президентом РАН академиком Ю.С. Осиповым. В этой Программе провозглашено создание академической магистратуры.

Ведущий: Инновационный центр и научно-внедренческие отделы, пожалуй, самое значительное новшество в структуре академического Института. Ивери Варламович видел в этой компоненте структуры Института механизм внедрения теоретических результатов и инструмент привлечения теоретиков к прикладным работам и, тем самым, возможность достойного заработка. Алексей Васильевич, Ваш НВО №73, пожалуй, самый заметный в Институте. Как это сложилось?

А.В. Толстых (доктор технических наук, в 1970-1980-е годы сотрудник Минприбора, в настоящее время Генеральный директор ассоциации "Рост", заведующий научно-внедренческим отделом Института): Я с Институтом и лично И.В. Прангишвили хорошо знаком еще со времен Минприбора, да и кандидатского дела в ИГУ у В.Н. Буркова, но наиболее тесное сотрудничество началось уже в новое время, с созданием ассоциации "Рост". Институт мы пригласили в ассоциацию для научной поддержки и обоснования наших усилий по продвижению продукции отечественного приборостроения в системы различного назначения. Наряду с поддержкой, Ивери Варламович постоянно требовал от меня вовлечения в работу ассоциации лабораторий Института. Результатом совместных работ явилось создание современной системы производственного экологического мониторинга (ПЭМ) объектов уничтожения химического оружия (УХО) в России⁸. Информационно-аналитический центр в системе ПЭМ разрабатывался совместно с лабораториями В.Г. Лебедева и Ю.С. Леговича, а оптимизация в проекте системы номенклатуры приборно-технических средств осуществлялась на основе экономико-математических методов, разработанных в лаборатории В.Н. Буркова. В 2002 г. система ПЭМ была внедрена на

(продолжение на стр. 41)

⁸ Ввод в действие в декабре 2002 г. объекта УХО в п. Горный Саратовской области позволил России уже в апреле 2003 г. отчитаться перед мировым сообществом о выполнении первого этапа Международной конвенции – уничтожении 1 % накопленных запасов химического оружия в нашей стране.

Академик И.В. Прангишвили – основатель Инженерной академии Грузии

И. Горсидзе, В. Двалидзе, Р. Чиковани

Имя Ивери Варламовича Прангишвили – выдающегося ученого в области теории процессов и систем управления, информации и вычислительной техники, чей вклад в мировую науку огромен, хорошо известно научной и технической общественности.

Инженерная академия Грузии (ИАГ) организована в 1992 г. и с этого времени ее бессменным президентом был И.В. Прангишвили.

Основной задачей ИАГ является сохранение и развитие интеллектуального потенциала отраслевой науки путем эффективной реализации достижений фундаментальной и прикладной науки в производственной сфере с учетом требований рыночной экономики.

На ИАГ возложена обязанность координации по осуществлению инженерно-технической политики страны. Поэтому в сфере внимания И.В. Прангишвили постоянно находились проблемы энергетики, промышленности, научных организаций и вузов, вопросы коммуникаций и компьютеризации, транспорта (ж/д, авиа, авто, спертранспорта), строительства (жилье и производственные здания, спортсооружения, курортная зона) и др.

За годы работы ИАГ приняла непосредственное участие в решении ряда проблемных вопросов, имеющих важное значение для страны, изучив проблему транспортировки нефти и газа по территории Грузии и возможности Евразийского коридора, вопросы реализации "Большого шелкового пути" и возможности использования в этих проектах грузинского научно-технического и промышленного потенциала.

Приведем примеры выполненных работ:

- Совместно с Институтом им. Патова (Украина) создан республиканский центр по мониторингу, лицензированию и повышению квалификации специалистов по сварке. Ведется мониторинг строящихся межгосударственных магистральных трубопроводов.
- Построен завод по выпуску железобетонных шпал.
- Разработано технико-экономическое обоснование строительства Ткибультской ТЭЦ мощностью 220-440 МВт для ликвидации дефицита базисной энергетики. Комплексная программа по Ткибультской ТЭЦ предусматривает возобновление добычи угля в регионе, запасы которого составляют около 700 млн. тонн и др.
- Совместно с Грузинским техническим университетом ведутся работы по "Индустрии чистой воды" с перспективой ее экспортной реализации.
- В одном из центров ИАГ была разработана, испытана и внедрена новая прогрессивная технология биологической очистки вод, не имеющая аналогов (с точки зрения эффективности и надежности очистки). Она внедрена в одной из больниц г. Тбилиси.

И.В. Прангишвили уделял значительное внимание различным отраслям. Так, в 1995 г. был проведен конкурс по разработке Концепции развития энергетики Грузии. Среди представленных предложений предпочтение было отдано реабилитацию существующих мощностей с модернизацией, обеспечивающей погашение дефицита энергии вкратчайшим путем при минимальных затратах ресурсов, в том числе при минимальном времени ввода в эксплуатацию энергетических мощностей.

Признание получила малая энергетика. В связи с этим была разработана проектно-техническая документация и освоена на АО "Тбилисавиашени" выпуск гидротурбин мощностью до 100 кВт. Уделено внимание и малым ГЭС, которые уже функционируют в некоторых высокогорных регионах.

На Электровозостроительном заводе освоено выпуск четырехосных электровозов, которые эксплуатируются на местных линиях (Тбилиси-Батуми, Тбилиси-Кутанси).

В 1997 г. в Тбилиси была проведена презентация завода по ремонту электроподвижного состава, оснащенного современным оборудованием, применяющего новую технологию и ориентированного на ремонт и производство вагонов, электрических средств передвижения и их основных агрегатов. Завод успешно работает, имеет тесные контакты с зарубежными фирмами (например, немецким "Сименсом") и хорошие перспективы.

На АО "Тбилисавиашени" организован выпуск универсального сельскохозяйственного комбайна, опытные образцы которого работают в Грузии и Туркмении. По программе конверсии этим предприятием изготовлено более 5 тысяч нагревательных устройств. Однако основная тематика АО "Тбилисавиашени" – самолетостроение. Здесь авиационисты добились значительных результатов и имеют хорошие перспективы.

Выполнены работы по созданию больших космических рефлекторов для телекоммуникационных спутников нового поколения по заказу компаний "Даймлер Крайслер Аэроспейс" и "Алианс Аэроспейс".

Ведутся работы в Грузинском техническом университете по созданию стратегических космических рефлекторов по программе Европейского космического агентства (совместно со специалистами России, Италии, Австрии, Швейцарии и Испании).

Созданы высокоэффективные несмазываемые компрессоры природного газа с давлением

(продолжение на следующей странице)

нагнетания 25 МПа (для использования на малых автогазозаправочных станциях производительностью 30-150 заправок грузовых автомобилей в год).

Разработаны твердосплавные прецизионные режущие микроинструменты (сверла, фрезы и др.) для механической обработки печатных плат и оптимальные конструкции монтажно-сварочных микроинструментов для выполнения операций ультразвуковой и импульсной микросварки при производстве микросем.

Изготовлен и апробирован комплект уникальных специальных микроинструментов и деталей, применяемых в хирургии, стоматологии, травматологии, микрохирургии, а также на предприятиях точного машиностроения, приборостроения, авиационной промышленности и др.

Выполняется работа "Визит изменяемой геометрии и средства его управления", которая направлена на повышение показателей деталей аппаратов. Разрабатываются методы оценки, контроля и датчики на основе оптических волокон для мониторинга структурной целостности особо важных объектов (атомные электростанции, гидроплоты и др.).

И.В. Прангишвили очень тонко чувствовал природу техногенных процессов, активизация которых привела к необходимости повышения надежности зданий, обусловила появление требований к повышению их сейсмостойкости до 8-9 баллов. Совместно с ростовской фирмой "Интербиотех" разработан комплекс мероприятий, позволяющий осуществлять реабилитационные работы в процессе поднятия и выравнивания накресненных зданий. К настоящему времени с использованием этого метода выровнены и восстановлены два девятиэтажных жилых дома. Разработана новая технология изготовления безапорных и напорных преднатянутых железобетонных труб, получившая высокую оценку специалистов.

Большое внимание И.В. Прангишвили уделял сложным вопросам транспорта. Подвижной состав находится в процессе обновления, повышено качество обслуживания. Особое внимание Ивери Варламович уделял состоянию ж/д дорог, повышению надежности эксплуатации ж/д транспорта, увеличению объема перевозок товаров.

Руставский металлургический комбинат (РМК) – флагман грузинской металлургии. Комбинат является обладателем уникального трубопрокатного агрегата "400", благодаря которому он до сегодняшнего дня сохраняет монополию по производству нефтегазодобывающих труб большого диаметра (200-426 мм).

Инженерия академии совместно с АН Грузии подготовила подробные рекомендации по эффективному решению проблем АО "Чиатурмарганец" и АО "Зестафонский завод ферросплавов".

В области фармакологии разработаны и производятся новые высокоэффективные микробиологические препараты "Флораворм" и "Биосент", регулирующие работу кишечного-желудочного тракта, а также "Биоактерифаг" (жидкий и в таблетках) – препарат против инфекций (после ранений), "Интектибактериофаг" (в таблетках), "Сальмонеллезный бактериофаг" и "Дизентерийный бактериофаг" против кишечно-желудочной инфекции.

Из природного сырья получены высокоэффективные, экологически чистые регуляторы роста нового поколения – биоэнергетикаторы, которые заметно повышают урожайность сельскохозяйственных технических культур. Значительно повышаются качественные показатели урожая (протеин, витамины, микроэлементы). Например, содержание витамина С увеличилось на 50 %, лигнин – на 80 %, йода – на 96 %, селена – на 18 %, а вот содержание тяжелых металлов и показатели радиации существенно снижаются.

В связи с участившимися фактами фальсификации алкогольных напитков И.В. Прангишвили как президент ИА Грузии пристально следил за работами по повышению качества грузинских вин.

Разработана целевая программа, предусматривающая весь комплекс мероприятий по обеспечению выпуска качественной продукции, включая этап ее реализации. Организованы региональные лаборатории для поэтапного контроля по технологическому циклу и контролю качества готовой продукции.

В Тбилиси и некоторых районах Грузии организованы хорошо оформленные "Дома вин", где можно получить квалифицированную информацию о вине, провести дегустацию и приобрести желаемое вино высокого качества.

За период 1992-2004 гг. 16 работ с участием членов ИАГ получили широкое признание и были отмечены Государственной премией Грузии, в чем большая заслуга И.В. Прангишвили.

Деятельность И.В. Прангишвили была многогранной. Вспомним создание Научно-технического центра информатизации и Центра стратегических исследований в г. Тбилиси.

В 2001 г. при президенте Грузии был создан "Инженерный научно-технический совет", которым руководил И.В. Прангишвили.

Были созданы Инженерные центры также в гт. Кутанси, Батуми, Поты, Густави.

В ИАГ были организованы нетрадиционные для Грузии отделения по биоинформатике, биоинженерии, инженерной механике и прикладной математике).

Важно отметить, что, где бы ни работал Ивери Варламович Прангишвили, основным его принципом в общении была доброжелательность. Он всегда был чуток к людям, прекрасно понимал их, внимательно выслушал в суть вопроса и всегда отвечал заботой и добротой.

объекте УХО в п. Горный. В 2002 г. Ивери Варламович выдвинул идею создания в Институте научно-исследовательских отделов (НВО). Задача НВО – вовлечение (без привлечения академических средств) в реальные проекты сотрудников Института с их научными результатами. Возможно, успех проекта системы ПЭМ послужил для Ивери Варламовича основанием поручить мне создание одного из таких отделов – НВО "Информационно-управляющие системы мониторинга". В настоящее время отдел совместно с лабораториями ведет тиражирование систем ПЭМ на трех новых объектах УХО. При этом давление Ивери Варламовича в целях вовлечения лабораторий в новые проекты отдела постоянно и многократно возрастало. Эту цель преследовали и его доклады на Ученом совете Института, и сообщения на директорских совещаниях, и другие его действия. Впрочем, в случае возникновения у нас, в НВО, трудностей с продвижением каких-либо проектов Ивери Варламович оперативно приглашал к себе специалистов и мы коллективно "ковали аргументы". Вот именно таким образом в декабре 2004 г. – январе 2005 г. мы подготовили заявку на разработку Системы управления безопасностью объектов УХО, выполнение которой предполагает значительное расширение состава участников от ИПУ.

ПОИСК ОБЩЕСИСТЕМНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

Ведущий: Научная работа Ивери Варламовича последних лет его жизни, в чем ее основная суть, как она видится коллегам?

Н.А. Абрамова: После долгого расхождения в части научных интересов моя новая "встреча" с Ивери Варламовичем произошла на почве темы "Разработка методов исследования крупномасштабных слабо формализуемых задач в социально-экономических, организационных и экологических системах". Оказалось, что систематические методы творческого переноса знаний, по которым у меня к тому времени были неплохие обобщающие результаты, очень тесно перекликаются с теми методами, которыми естественно пользовался Ивери Варламович. Продуктом "новой встречи" стала вторая коллективная монография – "Поиск подходов к решению проблем". Это была первая книга, в которой Ивери Варламович представил свое новое научное направление "Системные закономерности". По моему мнению, он пришел к ним в поисках объяснений поведения сложных, слабо структурированных, слабо определенных систем и ситуаций, в поисках возможности оценить принимаемые управленческие решения самого высокого уровня. Вновь (как и тогда, когда он закладывал направление однородных сред) он столкнулся с непониманием, недоумением, прямым отрицанием. Правда, теперь все это протекало в мягких и скрытых формах: многие любили и уважали Ивери Варламовича, да и положение его на иерархической лестнице существенно изменилось. Открытые Ивери Варламовичем закономерности я интерпретирую как виды или общие модели поведения и организации естественных систем и обусловленные этими моделями свойства, которые достаточно типичны (достаточно часто встречаются), чтобы использовать их в качестве возможных объяснительных моделей при решении задач анализа естественных систем или в качестве прототипов при создании новых систем и решении задач управления имеющимися системами.

Ведущий: Уместно привести фрагмент одного из выступлений Ивери Варламовича на Ученом совете, в котором, как мне кажется, он объяснил свое видение актуальности системных закономерностей именно сегодня:

"В период перестройки и реформирования страны интерес к науке со стороны государства резко упал. Наука, в том числе и фундаментальная, впадала в хаос рыночной экономики. Фундаментальная наука, как наука о будущем, требует серьезной государственной поддержки. Для реализации результатов фундаментальной науки необходима инновационная инфраструктура: институты прикладных исследований, конкретизирующие результаты фундаментальных исследований в реальных проектах, производство, реализующее эти проекты в промышленности, но главное, – спрос со стороны промышленности на новую технику и технологию.

Современная структура экономики, ориентированная на производство сырья, не предвещает хороших перспектив. Конкуренцию на мировых рынках в эпоху глобализации может обеспечить не сырьевая, а другая структура, ориентированная на наукоемкую высокотехнологическую продукцию и экономику знаний. Тогда спрос на науку, в том числе и фундаментальную, возрастет.

Сегодня, по моему мнению, успехи деятельности организации, фирмы, корпорации, регионов и страны в целом на 70-80 % определяются эффективностью систем управления. Богатство страны в большей степени зависит не от природных ресурсов, а от эффективности управления. Примеры: Япония, Финляндия, Гонконг, Сингапур, Германия и другие страны, у которых почти нет сырьевых ресурсов, а достойный уровень жизни обеспечивается эффективностью управления.

В России и странах СНГ низкая эффективность управления, поэтому, несмотря на наличие богатых сырьевых ресурсов, уровень и качество жизни значительно уступают развитым странам.

Одной из главных причин неэффективного управления в организационных, социальных, экономических и других структурах состоит в игнорировании достижений науки в области управления. Слабо применяются системный или целостный подход в управлении, мягкое резонансное управление, принципы “золотого сечения” в управлении, рефлексивное управление и другие достижения науки управления. Применение научных методов повышения эффективности управления позволит создать более устойчивую, стабильную и гармоничную систему управления различными структурами общества.

Сегодня наблюдается низкая управляемость на всех уровнях и отсутствие самоорганизации и саморазвития социально-экономических и организационных систем. Проводимые административные реформы, пенсионные реформы, реформы ЖКХ, медицины, образования и другие осуществляются без соответствующего научного обоснования и поэтому неэффективны и вызывают протестные настроения.

Наука управления должна подсказать, какие и как проводить реформы, чтобы народ не пострадал и принял бы их благожелательно.

Системный подход и системные закономерности, которыми я занимаюсь последние 10 лет, демонстрируют, что, когда отсутствует системный подход и нарушаются системные закономерности, эффективность управления резко падает. Эти исследования позволяют выявить научные методы и механизмы повышения эффективности управления в сложных системах различной природы”.



На этом завершилась первая часть “беседы за круглым столом”, которая состоялась ее авторами в первые месяцы после ухода из жизни И.В. Прангишвили. Прошел год. Один из самых драматичных в истории Института. В декабре 2006 г. Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН избрало нового директора Института проблем управления. Им стал хорошо знавший Ивери Варламовича академик Станислав Николаевич Васильев, и последний вопрос Ведущего нашего круглого стола адресован именно ему.

Ведущий: Мы все очень уважали Ивери Варламовича Прангишвили как ученого и директора и просто любили как человека. Нам он всегда казался полным сил, энергии и новых идей и мы думали, что так будет еще долго-долго. Но вот случилось непоправимое, и мы все оказались абсолютно неподготовленными.

Вместе с тем, механизмы внутренней жизни Института, сформированные прежними руководителями и около 30 лет поддерживаемые и развиваемые Ивери Варламовичем, сработали. Институт продолжал жить и развиваться, как и прежде: растет число публикаций; мы по-прежнему активны в докладах на конференциях; провели все заявленные нами по плану конференции в ИПУ; инициирован ряд новых комплексных проектов. Конечно, нам всем его не хватает, однако почти každодневное сравнение своих решений, действующих с внутренним голосом (“А как бы сказал, поступил Ивери?”) помогает. Вопреки воле и традиции ИАТА к нам пришли новые претенденты на руководство – не из нашего Института. Однако воистину справедлива народная мудрость: нет и худа без добра!

Мы взглянули на Институт, на себя со стороны. Многие из нас задавались вопросом – откуда этот системный кризис взялся и как принял такие масштабы? В чем его причина? Многие из старой иатовской научной гвардии смотрели на происходящее с точки зрения будущего не только Института, но и РАН в целом. Мы достойно приняли у себя в лабораториях, на секциях Ученого Совета претендентов, провели встречи и обсуждение программ. Поднимались самые больные темы о состоянии и перспективах Института, российской науки и учреждений РАН. В вопросах и ответах пытались нащупать пути выхода из системного кризиса всей российской науки. Обсуждались пути развития научных коллективов в современных условиях. Голосование показало, что все претенденты набрали примерно одинаковое количество поддерживающих их голосов. Мягкое голосование научных сотрудников Института не выявило одного явного фаворита. Тем самым коллектив делегировал право выбора Отделению энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН. На общем собрании Отделения была бурная и продуктивная дискуссия как по кандидатам, так и по состоянию Института в целом. Отделение выбрало, и затем Президиум РАН утвердил Вас, Станислав Николаевич, директором нашего Института. Как Вам, человеку, хорошо знавшему Ивери Варламовича и познававшим его достаточно подробно с состоянием дел в Институте сегодня, видится наше развитие, так – чтобы все те традиции, которые сложились в Институте, были сохранены и приумножены, а наши позиции в структурах РАН усилены?

С.Н. Васильев (академик РАН, 1991-2006 гг. – директор Института динамики систем управления СО РАН, с декабря 2006 г. – директор ИПУ РАН): Да, действительно, Институт проблем управления, которым российские ученые привыкли гордиться, переживает непростое время. Трудности вызваны проблемами, которые в целом являются довольно общими для ряда академических институтов и друг друга обуславливают: недостаточное финансирование, падение престижа науки и качества образования, старение коллективов. В Москве низкий уровень оплаты труда ученого еще более ощутим – из-за более высокой, чем в среднем по стране, зарплаты во многих других структурах, вне науки. В числе же специфических проблем было и отсутствие в Институте подготовленного преемника директора.

Поэтому во избежание повторения кризиса, о котором Вы говорите, будем развиваться с максимальным обеспечением преемственности как в руководстве институтом, так и преемственности в его деятельности. Это означает, во-первых, сохранение Института в статусе академического в предстоящие годы реформирования РАН и на перспективу, что, прежде всего, предполагает развитие фундаментальных исследований; а во-вторых – укрепление связи с Отделением энергетики, машиностроения, механики и процессов управления и Российской академией наук в целом, в том числе за счет увеличения числа межинститутских работ, междисциплинарных проектов и членов РАН в коллективе.

Нам необходимо добиться *существенного повышения уровня оплаты труда* сотрудников Института, в частности доведя ее к концу 2008 г. по категории научных сотрудников в среднем до 30 тыс. руб., благодаря: (а) мероприятиям текущей трехэтапной реформы РАН, (б) активизации участия Института в федеральных целевых и региональных программах и проектах, (в) расширению грантовой деятельности, (г) увеличению объема внебюджетных заказов, во взаимодействии с промышленностью, бизнесом, отраслевыми институтами, центральной и региональной властью.

Мы будем стремиться к *омоложению и закреплению кадров*. Для этого, например, необходимо не только общее повышение зарплаты, но и специальное стимулирование научных руководителей за руководство аспирантами (в том числе с учетом защитившихся и закрепившихся в Институте), а также трудоустройства консультантов, в частности, из числа ветеранов, за содействие приему и закреплению молодежи (чтение циклов лекций для молодежи Института и т.д.). Мы будем более широко использовать форму молодежных школ-семинаров с лекциями ведущих ученых (в том числе с выездом на природу). Необходимо смелее выдвигать достойных молодых сотрудников на руководящие должности.

Хотя родовой жанр академической науки – работа по собственным планам, финансируемым из бюджета, в последние годы Минобрнауки ориентирует РАН на дополнение своей традиционной деятельности образовательной и инновационной компонентами. Считаю, что связь РАН с вузами была и раньше довольно сильной, а появление закона, который разрешит в РАН создание магистратуры, обеспечит резкую активизацию образовательной деятельности РАН. Что касается инновационной компоненты, мы будем, помимо традиционной формы работы по заказам, изучать и накапливать положительный

опыт инноваций в стране и мире с целью рационального позиционирования Института в инновационной среде. И это – несмотря на недостаточность современной нормативно-правовой базы легитимной инновационной деятельности в России и на известные трудности доведения результатов академического института до формы конечного продукта (отраслевой науке, хотя и потерявшей в большей степени бюджетное финансирование, – “легче”). В Отделении энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН имеется целый ряд руководимых членами Отделения и благополучно развивающихся отраслевых институтов; здесь, на стыке с отраслевыми институтами, скрыты неиспользуемые возможности создания полных инновационных циклов для инноваций ИПУ РАН.

Мы будем работать над *усилением внешней роли* Института в науке управления. Для этого планируется:

- возрождение Всероссийского совещания по проблемам управления;
- координация, совместно с другими профилирующими академическими и отраслевыми институтами, проведения российских и международных конференций и выставок по профилю Института с минимизацией дублирования и наложения по срокам, с повышением качества проводимых мероприятий и количества участников;
- создание в Институте специальной профессиональной группы организации конференций и выставок;
- содействие Национальному комитету ИФАК по дальнейшему упрочению позиций России в ИФАКе; аналогично – по некоторым другим международным организациям и обществам;
- усиление роли Института в работе научных советов РАН по его профилю, в том числе междисциплинарной активности Института в сфере управления социолого-экономическими и медико-биологическими системами и др., в частности, путем активного участия в междисциплинарных научных советах РАН совместно с отраслевыми академиями;
- и т.д., вплоть до рекламы достижений Института средствами массовой информации.

В этом нашем развитии очень важно поддержание в коллективе чувства новаторства, кооперативности, того, что называется натовским духом, который понимаю, прежде всего, как доброжелательность и взаимовыручку.

Да, переживаемые нами годы – непростые, но не будем ныть и топтаться на месте, натовский дух – это движение вперед к новым рубежам науки управления. Пусть памятником Ивери Варламовичу Прангшвили будет Институт, развивающийся и сохранивший свои добрые традиции.



*Ученики
и
коллеги*

Итак, беседа за круглым столом завершена, и вы теперь гораздо лучше представляете себе основные вехи и результаты жизни Ивери Варламовича Прангшвили в науке управления. Ну, и напоследок мы хотели предложить вашему вниманию еще ряд материалов, каждый из которых должен проиллюстрировать и углубить осознание того, какие из работ директор Института проблем управления РАН с 1987 по 2006 гг. считал, как руководитель, прикладник и теоретик, наиболее важными, нуждающимися в его личном участии.

Первый из них – это короткий экскурс в один из первых научных “подвигов” Ивери Варламовича (о том, что такое однородные среды повествуют сотрудники лаборатории №31 доктор технических наук, профессор В.Д. Малюгин и старший научный сотрудник В.В. Соколов).

Вторая статья – это очерк по истории создания одного из любимейших технических детищ И.В. Прангшвили – многопроцессорной вычислительной системы ПС-2000 (рассказывают сотрудники лаборатории Ивери Варламовича, лаборатории №31 ИПУ РАН, кандидаты технических наук Ю.С. Затуливертер и Е.А. Фищенко).

Следующей публикуется расширенная докладная записка, адресованная в Бюро Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления Российской академии наук (ОЭММПУ РАН) в 2003 г., которая написана при непосредственном участии самого Ивери Варламовича и предназначалась для того, чтобы довести до сведения членов ОЭММПУ РАН согласованное мнение группы ведущих специалистов ИПУ РАН о неблагоприятности в области автоматизации ответственной энергетики и, в частности, атомных электростанций и путях его преодоления.

В четвертом материале вы найдете информацию об одном из наиболее перспективных направлений теоретических и прикладных исследований в области создания современных систем распределенных вычислений. Это направление связано с расширением возможностей средств коммуникации в таких распределенных вычислительных системах (авторы – также сотрудники лаборатории №31 доктора технических наук В.С. Подлазов и Г.Г. Стецюра).

Вслед за этим вы узнаете об одном из крупнейших проектов, который выполняет Институт проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова по заказу государства. Проекту, благодаря которому в Институте возникла новая организационная форма – научно-внедренческие отделы (НВО). Речь идет о проектно-исследовательских работах по уничтожению химического оружия (авторы статьи – доктор технических наук, профессор, зав. лаб. №3 А.А. Амбарцумян и доктор технических наук, заведующий научно-внедренческим отделом №75 А.В. Толстых).

Затем публикуется подборка статей, в которых представлены результаты исследований сотрудников лаборатории №31 в соавторстве с их коллегами из других лабораторий ИПУ РАН и других организаций. Исследований по тем направлениям, которые Ивери Варламович считал наиболее близкими его собственным интересам как ученого и руководителя. Здесь и прикладная работа по визуализации информации в системах уничтожения химического оружия, и параллельные вычислительные системы с перестраиваемой структурой, и методы принятия решений с помощью СППР, и вопросы создания информационно-управляющих комплексов, и системы программного обеспечения для систем управления атомными электростанциями.

И, наконец, последняя заметка представляет собой краткий очерк главного увлечения последних десяти лет жизни Ивери Варламовича Прангшвили как теоретика: изучение системных закономерностей и их применений при решении комплексных, слабо структурированных и недоопределенных проблем управления в обществе, в экономике и в технике (материал подготовлен также сотрудником лаборатории Ивери Варламовича Прангшвили доктором технических наук Н.А. Абрамовой).

Подборка научных статей в память об Ивери Варламовиче Прангшвили

	Стр.
Малюгин В.Д., Соколов В.В. Однородные среды	50
Затуливертер Ю.С., Фищенко Е.А. Многопроцессорная вычислительная система ПС-2000 (история создания)	52
Прангшвили И.В., Амбарцумян А.А., Полетыкин А.Г., Гребенюк Г.Г., Ядыкин И.Б. Анализ состояния и предложения по повышению уровня автоматизации энергетических объектов	59
Подлазов В.С., Стецюра Г.Г. Цикл работ по расширению возможностей средств коммуникации распределенных многомашинных и многопроцессорных систем управления и обработки данных	90
Амбарцумян А.А., Толстых А.В. Ключевые положения концепции создания системы предупреждения аварийных ситуаций на объектах уничтожения химического оружия	93
Ефремов А.Ю., Куделин А.Е., Легович Ю.С. Система визуализации экологической информации на объектах уничтожения химического оружия	109
Игнатуценко В.В. Параллельные вычислительные системы с перестраиваемой структурой: развитие принципов надежного выполнения наборов взаимосвязанных задач управления	117
Иванов Е.Л., Трахтенгерц Э.А., Юркевич Е.В. Методы определения и использования субъективных предпочтений руководителей в компьютерных системах поддержки принятия управленческих решений	125
Иванов А.И., Корытко А.В., Кротов В.А., Лазутина Н.А., Сахабетдинов И.В., Соколов В.В. Принципы построения систем ввода-вывода высокопроизводительных информационно-управляющих комплексов	142
Полетыкин А.Г., Жарко Е.Ф., Зуенкова И.Н., Промыслов В.Г., Бывайков М.Е., Менгазетдинов Н.Э. Программное обеспечение для атомной энергетики	151
Абрамова Н.А. О закономерностях и людях	159

ОДНОРОДНЫЕ СРЕДЫ

д.т.н., проф. В.Д. Малюгин, В.В. Соколов

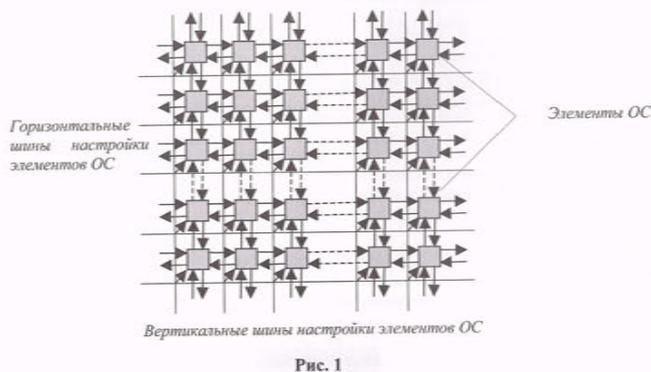
Идея построения регулярных решетчатых структур для создания вычислительных устройств возникла в начале 70-х годов прошлого века. Авторами предлагаемого принципа оказались ученые из разных стран. Одним из первых инициаторов и настойчивых пропагандистов этого направления был И.В. Прангишвили.

Основные постулаты, которые в дальнейшем нашли применение в систолических процессорах, транспьютерах, ПЛИС и других подобных однородных средах (ОС) в то "наивное" время представлялись Ивери Варламовичу следующим образом (это не утратило актуальность и сейчас!).

Однородная среда представляет собой двумерную решетку, состоящую из однотипных элементов, соединенных физически одинаковым образом и выполняющих функции как хранения, так и переработки (обработки) информации.

Однородные среды разделяются на универсальные и специализированные.

Универсальные ОС имеют программируемую (настраиваемую) структуру и в них можно реализовать любой цифровой автомат. Элементы универсальных ОС обладают автоматной и соединительной полнотой. В простейшей универсальной ОС каждый элемент соединяется с четырьмя соседними элементами и с шинами настройки элемента.



Подаявая по соответствующим горизонтальным и вертикальным шинам настройки сигнала, можно выбрать каждый элемент структуры и задать ему логическую функцию или функцию соединения. Тем самым в структуре одни элементы настраиваются на выполнение логических функций, а другие – на выполнение функции соединения (вместо соединительного провода), т.е. строятся необходимые конфигурации каналов связи, соединяющих логические элементы друг с другом, и организуется схема, необходимая для решения данной конкретной задачи. В универсальных ОС осуществляется переход от алгоритмической модели вычисления к структурной модели, в которой последовательность вычисления задана структурной схемой, благодаря аппаратной реализации алгоритма решения задачи. Универсальная ОС позволяет осуществить непосредственное моделирование параллельных алгоритмов управления за счет такой

настройки структуры, при которой естественно отображается топология процесса.

В специализированных ОС, в отличие от универсальных, последовательность выполнения логических и вычислительных операций задается программой, которая хранится в памяти системы.

Применение ОС для реализации в них цифровых автоматов и моделирующих устройств обуславливает ряд существенных достоинств, среди которых наиболее важными являются:

1. Высокая технологичность изготовления БИС.
2. Универсальность и гибкость структуры.
3. Высокая производительность.
4. Высокая надежность и экономичность.

Для обработки информации и организации вычислительного процесса в ОС используются:

1. Ассоциативный принцип поиска и обработки массивов информации с микропрограммным управлением.
2. Схемное и структурное моделирование автоматов и алгоритмов управления.
3. Конвейерный принцип организации вычислений.
4. Аппаратная (схемная) реализация языков и операционной системы.

Однородная среда позволяет эффективно использовать возможности интегральной электроники и создавать программируемые матрицы из однородных БИС.

Высокая технологичность изготовления однородных БИС обусловлена тем, что все элементы структуры одинаковы и соединены между собой физическим одинаковым образом. Изготовление БИС сводится к многократному повторению одного и того же типа элемента и одного и того же рисунка соединений. Вследствие высокой регулярности схем обеспечивается более высокий уровень интеграции и большой процент выхода годных БИС. Программируемые матрицы, по-видимому, являются следующим шагом в развитии БИС, которому предшествует фаза построения БИС в виде матриц с фиксированными соединениями. Если при традиционных методах проектирования БИС инженер каждый раз определяет схему соединений между отдельными логическими элементами и реализует фиксированную функцию, то в случае применения программируемых матриц инженер задает функцию, которая должна выполнять матрица уже после того, как проектирование и разработка БИС завершена. Задание требуемой функции БИС осуществляется путем подачи на шины настройки электронных сигналов. Это позволяет сократить число требуемых типов функционально различных БИС от сотен и тысяч до одного или нескольких типов и обеспечить широкую унификацию и стандартизацию, а также ограничить зависимость между технологами-изготовителями БИС и проектировщиками устройств из них. Все это позволяет сократить затраты средств и времени на разработку, изготовление и эксплуатацию БИС и устройств из них.

Универсальность и гибкость ОС обусловлены возможностью программной настройки ОС на реализацию различных функций. Это позволяет сократить до минимума затраты средств и времени на многократные изменения схем, обычно всегда имеющие место на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации устройств. Необходимые изменения осуществляются путем замены программы устройств управления. Возможность перестройки ОС почти исключает также фактор морального старения, имеющий место в автоматах с жесткой структурой.

Интерес к однородным средам в 70-х годах был всеобщим. Прошло несколько всесоюзных конференций и семинаров по этой проблеме в Новосибирске, Москве, Таганроге, Ленинграде. Были опубликованы сотни статей. Наступило время технической реализации ОС.

МНОГОПРОЦЕССОРНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПС-2000

(история создания)

к.т.н. Ю.С. Затуливетер, к.т.н. Е.А. Фищенко

Искусство творения компьютеров имеет свои вершины мастерства. Высокопараллельные многопроцессорные архитектуры, выходя за пределы классической модели последовательного счета, требуют от создателей нестандартного научного, многомерного, но весьма здравого инженерного мышления. Здесь несогласованные с реалиями мысли могут взлетать очень высоко, но затем разбиваться о жесткую действительность. В этой запредельной, рекордной области компьютеростроения архитектурных тайн и сегодня остается значительно больше, чем найдено решений.

Сказанное в полной мере относится к высокопараллельной многопроцессорной вычислительной системе (МВС) ПС-2000. Эта система стала первой в мире многопроцессорной системой широкого народнохозяйственного применения, выпускавшейся большой промышленной серией на протяжении почти 10 лет.

В отличие от большинства зарубежных и отечественных многопроцессорных конкурентов того времени комплекс МВС ПС-2000 и по целям, и по источникам финансирования, и по конструкторским и производственным мощностям разрабатывался и серийно выпускался, прежде всего, как компьютер разнообразного гражданского назначения.

По этой короткой публикации читатель сможет составить лишь самое беглое представление о первопроходцах, которые без оглядок на карьерные риски решились взяться за сложнейшие, казалось бы, непосильные, задачи, о мучивших наших первопроходцев научных идеях и об инженерной материализации этих идей. Совсем не шумная, не снижавшая Государственных премий, но на удивление счастливая и долгая, почти 20-летняя (на фоне микропроцессорной революции) производственная карьера компьютера ПС-2000 оказалась лучшей наградой для его создателей и предметом их профессиональной и непреходящей гордости.

1. Предпосылки

Создание высокопроизводительных вычислительных систем для обработки больших объемов и потоков данных к середине 70-х годов стало высокоприоритетной народнохозяйственной задачей. Такие системы были необходимы для промышленной обработки геофизических данных сейсморазведки (при поиске месторождений нефти и газа) и при обработке в реальном времени изображений, поступающих со спутников Земли (в интересах сельского хозяйства, поиска полезных ископаемых, картографии, метеорологии и т. п.). Еще более мощные системы требовались при обработке в реальном времени акустической и радиолокационной информации. Особенностью таких задач является то, что они эффективно решаются параллельными алгоритмами, а исходные потоки данных не требуют высокой разрядности, что позволяет вести массовые вычисления в ограниченной разрядной сетке.

До этого периода отечественное компьютеростроение ориентировалось в первую очередь на задачи оборонного характера [1]. Закрытые институты, занимавшиеся многопроцессорными архитектурами, решали задачи специального назначения. Их крайне дорогостоящие разработки изначально не отвечали требованиям экономической рентабельности, поэтому не предназначались для удовлетворения быстро растущих потребностей народного хозяйства. Переход компьютеростроения на выпуск ЭВМ третьего поколения

(ЕС-ЭВМ – аналог IBM-360), не давал решения острейших народнохозяйственных задач. Многие из них не удавалось решать на имеющихся ЭВМ третьего поколения из-за их недостаточной производительности. Только для полномасштабной обработки данных сейсморазведки в геофизике требовалась суммарная вычислительная мощность 10-100 млрд. операций в секунду, что в сотни и тысячи раз превышало совокупную мощность имевшегося парка ЭВМ. Стало совершенно ясно, что увеличения производительности на порядки для решения важнейших задач невозможно достичь за счет простого наращивания парка малопродуктивных и к тому же весьма громоздких и дорогостоящих ЭВМ, выпускавшихся в то время промышленностью.

2. Замыслы и начало истории

Осознав много раньше других стратегическое значение и чрезвычайную перспективность применения высокопараллельных компьютерных архитектур в гражданских применениях, Ивери Варламович Прангишвили, будучи молодым зам. директора Института проблем управления АН СССР (ИПУ РАН), сумел добиться полномасштабной поддержки своих начинаний.

Отчетливо понимая высокую новизну, наукоемкость и междисциплинарный характер проблем построения компьютеров с параллельными архитектурами, эффективность которых определяется как производительностью, так и экономическими показателями, Ивери Варламович в начале 70-х сформировал в своей лаборатории несколько исследовательских групп, которым поручил проведение свободного научного поиска конструктивных идей построения компьютеров с высокопараллельными архитектурами.

Поначалу приоритетными направлениями стали однородные структуры [2] и ассоциативные принципы обработки данных [3]. Тогда эти направления были передовым краем научных исследований и настолько новыми, что разработчики не могли опираться на практический инженерный опыт. Безошибочное инженерное чутье и интуиция прирожденного лидера подсказали Ивери Варламовичу, что в такой ситуации требуется сформировать еще одно, “запасное” направление поиска, в котором новомодные новации не станут доминировать над уже известным в мире инженерным опытом построения высокопроизводительных многопроцессорных компьютеров.

В начале 1972 г. он пригласил к себе в лабораторию к.т.н. И.Л. Медведова [4], уже зарекомендовавшего себя в Институте как творчески активного, яркого инженера, новатора и напористого конструктора. Он был одним из первых выпускников МЭИ, получивших классическое образование по специальности “Вычислительная техника”, имел опыт работы на производствах по выпуску ЦВМ “Урал” и др. В ИПУ прошел блестящую школу управления, закончив аспирантуру и защитив диссертацию под руководством Я.З. Цыпкина.

История знаменитой ПС-2000 стартовала с создания в 1972 г. поисковой группы И.Л. Медведова. Вторым ее участником стал А.А. Чудин, уже имевший опыт исследования однородных структур и принципов ассоциативной обработки [3]. В это же время в группу, при ее образовании, вошли и авторы данной статьи.

Результаты работы новой группы появились уже в конце первого года исследований [5]. Этот первый “набросок” архитектуры ПС-2000 был получен на стыке результатов фундаментальных исследований, проведенных ранее в ИПУ: однородные структуры и ассоциативные принципы обработки данных (лаб. №31 И.В. Прангишвили), – теория импульсных систем и разностные уравнения (лаб. №7 Я.З. Цыпкина). Главное отличие найденного решения – это уже совершенно ясно обозначившаяся доминанта классического инженерного компьютерного подхода, в котором новые идеи однородности и ассоциативности оказались органично встроенными в многопроцессорные структуры в виде гибких и эффективных механизмов управления. Наряду с процессорными элемента-

ми, оно включило в себя параллельный и последовательный каналы обмена промежуточными данными между процессорными элементами на уровне их регистровой памяти.

Это решение еще не было универсальным, поскольку могло применяться пока лишь к разностным уравнениям. Но важно отметить, что параллельная передача данных посредством сдвига между процессорными элементами в соответствии с моделью реализации разностных уравнений совмещалась во времени с выполнением арифметико-логических операций. Это обеспечивало высокоэффективное распараллеливание массовых вычислений в режимах, которые много позднее стали называться "систолическими". В дальнейшем в архитектуре ПС-2000 такое свойство программировать посредством изменения структуры решающего поля удалось обобщить на различные задачи, что позволяло достигать 90 %-ой и более загрузки всей совокупности взаимодействующих процессоров, регистров, межпроцессорных каналов, обмена с оперативной и внешней памятью.

Стратегия И.В. Прангишвили сработала как нельзя лучше. Только так, в остром соревновании исследовательских групп, можно было выйти на желаемый практический результат. Ориентация прообраза ПС-2000 на самом раннем этапе научных исследований на эффективность инженерную реализуемость дала решающие преимущества на последующих этапах проектирования макетных образцов ПС-2000 и освоения серийного промышленного производства.

Группа И.Л. Медведева вела интенсивные исследования и разработки, взаимодействуя с десятками сотрудников многих подразделений Института и других научных учреждений, которые активно содействовали в продвижении к стадии опытно-конструкторского проектирования.

3. Воплощение замыслов

С 1973 г., после высоких и даже лестных оценок, данных ведущими экспертами знаменитой американской суперкомпьютерной фирмы CDC результатами поисковых этапов, представленным по всем указанным выше направлениям, разработки лаборатории И.В. Прангишвили получили высокое официальное признание. На уровне Министерства Приборостроения СССР (министр К.Н. Руднев) стала формироваться государственная программа по разработке высокопроизводительных параллельных компьютеров с перестраиваемой структурой. Головной организацией был назначен ИПУ РАН. Научное руководство программой было возложено на И.В. Прангишвили. В качестве проектной организации был выбран НИИУВМ НПО "Импульс" (ген. директор А.А. Нехожатый).

Инженерное проектирование и конструкторские разработки ПС-2000 на НИИУВМ (директор В.В. Резанов) поручили отделу И.И. Итенберга. Притирка академической науки (сотрудники группы И.Л. Медведева) и разработчиков-производственников (отдел И.И. Итенберга) проходила в жарких дискуссиях. Но вполне конструктивно и достаточно быстро. С 1974 по 1975 гг. по совместным планам был разработан эскизный проект МВС ПС-2000, составлены согласованные планы на выполнение опытно-конструкторских работ.

В результате была разработана не имеющая аналогов структура и архитектура высокопараллельного компьютера ПС-2000, относящегося к классу SIMD. Объединенному коллективу авторов, составленному из ведущих разработчиков ПС-2000 в ИПУ и НИИУВМ, удалось найти оригинальное структурное решение, которое соединило относительную простоту аппаратных решений систем управления одним потоком команд, с беспрецедентно высокой гибкостью программирования высокопараллельной обработки одновременно многих потоков данных [6].

Невероятно, но впоследствии на серийных ПС-2000 на программном уровне было сделано, казалось, совершенно немыслимое для МВС класса SIMD. На микропрограммном уровне была эмулирована архитектура MIMD (много потоков команд, много потоков данных). При этом все процессорные элементы, работая параллельно под управлением

единого потока команд, могли одновременно выполнять каждый свою программу, загруженную в собственную оперативную память. Так 64-процессорный SIMD компьютер ПС-2000 смог выполнять одновременно 64 потока разных программ. Это было абсолютное достижение, которое не мог повторить ни один другой SIMD-компьютер.

Найденные в ИПУ РАН структурные решения сориентировали конструкторов на проектирование *недорогих высокопараллельных компьютеров с рекордно высокой производительностью в расчете на единицу стоимости*. Научные исследования и расчеты блестяще подтвердились на практике. Даже при использовании довольно медленной и для того времени элементной базы (интегральные микросхемы средней степени интеграции типа К531 – с диодами Шоттки, К155 и для ОЗУ – К565 РУ5, К565 РУ6), которая была доступна для гражданских применений, производительность серийных комплексов ПС-2000 за счет высокой степени и эффективности распараллеливания достигла 200 млн. операций в секунду. Это существенно превосходило показатели конкурирующих вычислительных систем, для изготовления которых использовалась на порядок более быстрая, а значит, и дорогая элементная база.

За период с 1975 по 1980 гг. ИПУ РАН и НИИУВМ НПО "Импульс" Министерства приборостроения и средств автоматизации СССР выполнили полный комплекс ОКР по созданию промышленных вычислительных комплексов на базе ПС-2000. Решающий вклад в создание и развитие собственно МВС ПС-2000 внесли И.Л. Медведев (архитектура), И.И. Итенберг (проектирование), С.Я. Виленкин (матобеспечение) со своими сотрудниками.

4. Результаты

В 1980 г. Госкомиссия приняла опытные образцы и санкционировала серийное производство экспедиционных геофизических вычислительных комплексов (ЭГВК) на базе МВС ПС-2000. Сразу восемь экземпляров ЭГВК ПС-2000, демонстрировавшихся перед комиссией на геофизических задачах (пакет программ в составе СОС-ПС НПО "Геофизика", Москва), давали суммарную производительность около миллиарда операций в секунду. Столь высокая производительность проблемно-ориентированных ЭГВК ПС-2000 достигалась на хорошо распараллеливаемых задачах, которые характерны для многих практических применений. При решении таких задач на ЭГВК ПС-2000 было получено рекордное значение "гражданского" показателя "производительность/стоимость".

С 1981 по 1988 гг. Северодонецким приборостроительным заводом Министерства приборостроения и средств автоматизации СССР (министр М.С. Шкабардия) было выпущено около 180 экземпляров ЭГВК ПС-2000. Самых МВС ПС-2000 было изготовлено 242 штуки. При этом следует иметь в виду, что в состав ЭГВК ПС-2000 входит собственно МВС ПС-2000, мониторная подсистема и от одной до четырех подсистем внешней памяти. МВС ПС-2000 включает в себя 1, 2, 4 или 8 устройств обработки, каждое из которых содержит 8 процессорных элементов, обрабатывающих множество потоков данных по программам, находящимся в общем устройстве управления [7].

Мониторная подсистема на базе малой управляющей ЭВМ СМ-2М взяла на себя исполнение функций операционной системы, трансляцию, редактирование текстов, счет по вспомогательным программам, управление внешней памятью и средствами отображения.

МВС ПС-2000 ориентирована на высокопроизводительную обработку больших массивов информации по хорошо распараллеливаемым регулярым алгоритмам. Она обеспечивает однозадачный режим работы с одним потоком команд и многими потоками данных (SIMD-архитектура). Состоит из структурированной совокупности однотипных процессорных элементов и общего устройства управления. Каждый процессорный элемент включает в свой состав арифметико-логическое устройство с набором регистров общего назначения, память, устройство локальной адресной арифметики, устройство активации, фрагменты регулярного и магистрального каналов. Общее устройство управления

содержит арифметико-логическое устройство с набором регистров общего назначения, память данных, адресную арифметику, память микрокоманд.

Микрокоманда мультипроцессора ПС-2000 отражает его структуру, что позволяет обеспечить одновременную работу различных устройств в процессорных элементах и общем устройстве управления. Программист по своему усмотрению может задавать одновременную работу различных устройств, организуя эффективный вычислительный процесс, который дает возможность параллельно выполнять основные массовые вычислительные операции и сопутствующие им действия – подготовку настроек, модификацию адресов операндов, считывание операндов, запись результатов, управление конфигурацией решающего поля и т.п.

Все это позволяет мультипроцессору ПС-2000 с 64 ПЭ работать с эффективной производительностью 200 млн. операций в секунду при выполнении расчетов с фиксированной запятой и 50 млн. операций в секунду при одновременном выполнении нескольких вычислительных задач, содержащих операции с плавающей запятой. Таким образом, *64-процессорный ПС-2000, имея тактовую частоту 3 МГц, для пользователя работает как один процессор с частотой 200 МГц.* Согласно проведенным в 90-х годах исследованиям (Ю.С. Затуливетер, Е.Ф. Фищенко, В.А. Кротов), такая архитектура, будучи воплощенной на современной элементной базе по многоядерным технологиям на одном кристалле СБИС, давала бы порядка 200 млрд. операций в секунду. Работы в этом направлении сейчас чрезвычайно актуальны. По развитию архитектуры ПС-2000 в этом направлении в ИПУ РАН создан большой задел.

Модульное конструктивное построение, неприхотливая элементная база, не требующая специальных условий охлаждения, и система программирования с гибкой системой настроек, которая позволяет писать программы, не зависящие от числа ПЭ в ЭГВК ПС-2000, обеспечили *высокую живучесть и ремонтпригодность ПС-2000, что позволило в условиях экспедиций обеспечить работу ЭГВК ПС-2000 на протяжении более 20 ч в сутки.*

Основным языком программирования мультипроцессора ПС-2000 стал МИКРОКОД ПС-2000 [8, 9], который в компактной мнемонической форме отражает систему микрокоманд ПС-2000. Наглядная и удобная мнемоническая запись операторов и возможность создания эффективных микропрограмм обеспечили ему немалую популярность. *На МИКРОКОДЕ ПС-2000 работало более 500 программистов в различных горнодобывающих предприятиях СССР (Москва, Новосибирск, Рязань, Калинин, Северодонецк, Ереван, Таллин и др.).*

Разработка параллельных программ для ЭГВК ПС-2000 требовала особого искусства. Эффективность использования машинных ресурсов мультипроцессора удивляла самих разработчиков. В это время многие программисты, имевшие прототипы своих программ для обычных машин, испытали ощущение прорыва в будущее. На некоторых задачах время счета ускорялось в сотни раз [10]. Повышенное напряжение творческих сил, которое требовало высокопараллельная машинная среда от программиста, как правило, вполне компенсировалось профессиональным удовлетворением от результатов работы.

Областью самого широкого использования ЭГВК ПС-2000 стала геофизика [10, 11]. Уже в 70-е годы сейсмическая разведка настолько успешно «просвечивала» и записывала на ленты километровые глубины недр Родины, что буквально с головой засыпала катушками вычислительные центры, которым в год удавалось расшифровать лишь несколько процентов тех объемов информации, что поступали за единственный сезон разведки.

Для обработки данных сейсмической разведки месторождений нефти и газа во ВНИИ геофизики (Москва) при участии ИПУ РАН была создана система промышленной обработки геофизической информации СОС-ПС (В.М. Крейсберг). В отрасли успешно эксплуатировалось около 90 экспедиционных геофизических вычислительных комплексов ЭГВК ПС-2000, обеспечивающих углубленную обработку значительной части данных сейсморазведки нефти и газа.

Подтвержденный экономический эффект от использования ЭГВК ПС-2000 только в области геофизики составил около 200 млн. руб., при этом на его разработку было затрачено 10 млн. руб.

На базе нескольких комплексов ПС-2000 были созданы высокопроизводительные (до 1 млрд. операций в секунду) системы обработки гидроакустической и телеметрической информации в реальном масштабе времени. Каждая система содержит 3-4 ЭГВК ПС-2000, соединенных в единый конвейер, а для быстрого ввода и вывода гидроакустической или спутниковой информации для таких систем создавались специализированные высокоскоростные каналы.



Вычислительный комплекс ПС-2000

Телеметрический вычислительный комплекс центра управления космическими полетами (ЦУП) использовал с 1982 г. вплоть до 1998 г. систему предварительной обработки телеметрической информации на базе ЭГВК ПС-2000.

По откликам зарубежных источников, ПС-2000 – один из самых продвинутых и самый быстродействующий серийный советский компьютер [12, 13].

5. Post Scriptum

Создание высокопараллельных архитектур – сложнейшая многофакторная проблема, требующая не только высочайшей научно-технической культуры. Для организации и руководства этим процессом требуются интеллектуальные лидеры, обладающие высокими нравственными качествами.

ПС-2000, несомненно, остается одним из лучших отечественных компьютеров. Его уникальная архитектура – достойный вклад в мировое компьютеростроение. Она актуальна и поныне. Современная элементная база ждет следующего шага наших разработчиков. Воплощение идей ПС-2000 в многоядерных кристаллах откроет новую главу в отечественном компьютеростроении.

Из жизни ушли отцы-основатели ПС-2000 – уникального компьютерного творения. Совсем недавно все мы были потрясены безвременной кончиной И.В. Прагншивили. Еще в 1992 г. безвременно ушел от нас С.Я. Виленкин. В 1998 г., вдали от Родины, оборвалась жизнь И.Л. Медведева. Все они интенсивно трудились до самого своего последнего дня. Светлая им память!

Теперь, после ухода Учителей, наш общий долг – продолжить начатое ими Дело. Пусть границы, возникшие между народами, не станут причиной забвения тех, кто творил нашу общую историю, кто достоин почитания и вечной памяти.

Литература

1. *Прангшвили И.В., Затуливетер Ю.С., Томилин А.Н., Смирнов А.Д.* Москва компьютерная. В книге "Развитие инженерного дела в Москве. Исторические очерки". – М.: Российская инженерная академия, 1998, с.338-354.
2. *Прангшвили И.В., Абрамова Н.А., Бабичева Е.В., Изнатуценко В.В.* Микроэлектронные и однородные структуры для построения логических и вычислительных устройств. – М.: Наука, 1967.
3. *Прангшвили И.В., Чудин А.А.* Автономный ассоциативный процессор с перестраиваемой структурой решающего поля. Материалы Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды". – Таганрог: ТРТИ, 1972.
4. *Медведев И.Л.* Реализация различных вычислительных устройств в однородных средах. Материалы Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды". – Таганрог: ТРТИ, 1972.
5. *Прангшвили И.В., Медведев И.Л., Чудин А.А.* Разработка принципов построения (структура, методы программирования) параллельных вычислительных устройств и их реализации в ассоциативных параллельных процессорах. Отчет ИПУ АН СССР № Гос. регистрации 72045559, 1972.
6. А.с. 751238 (СССР). Многопроцессорная вычислительная система (А.Я. Бирюков, С.Я. Виленкин, В.А. Жуков, Ю.С. Затуливетер, И.Л. Медведев, И.В. Прангшвили, Н.И. Голован, И.И. Итенберг, В.М. Костелянский, А.С. Набатов, Г.Ю. Пивоваров, В.В. Резанов, Е.А. Фищенко). Оpubл. в Б.И., 1983, № 22.
7. *Прангшвили И.В., Виленкин С.Я., Медведев И.Л.* Многопроцессорные вычислительные системы с общим управлением. – М.: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.
8. *Фищенко Е.А.* Принципы построения мнемокода многопроцессорных вычислительных систем с общим управлением. В сб.: Всесоюзное научно-техническое совещание "Проблемы создания и использования высокопроизводительных машин". – М., ИПУ, 1979, с.108-110.
9. Микрокод ПС-2000. Руководство программиста. 3.400.027-013301. Ротапринт. Севедродонецк, НПО "Импульс", 1983.
10. *Амелина Е.Т., Затуливетер Ю.С., Лазебник Е.Р., Медведев И.Л., Нейман А.В., Фищенко Е.А.* Миграция временного разреза земли на параллельной ЭВМ ПС-2000 (Быстрое сейсмологическое преобразование Кирхгофа). Презинт. – М.: ИПУ, 1992. 36 с.
11. *Трапезников В.А., Прангшвили И.В., Новохатний А.А., Резанов В.В.* Эспедиционные геофизические комплексы на базе многопроцессорной ЭВМ ПС-2000 / Приборы и системы управления, 1981, № 2, с. 29-31.
12. *Wolcott P., Goodman S.E.* High-Speed computers of the Soviet Union. Computer, September 1988.
13. *Wolcott P., Goodman S.E.* Computing under the stress of economic reform: the case of high performance computing in the former Soviet Union. Communications of the ACM, October, 1993, p. 25-29.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

И.В. Прангшвили, академик ГАН; А.А. Амбарцумян, д.т.н., профессор; А.Г. Полятыкин, к.т.н.; Г.Г. Гребенюк, к.т.н.; И.Б. Ядыкин, д.т.н., профессор (Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва)

I. Анализ состояния в области автоматизации энергетических объектов

Состояние и уровень (степень) автоматизации систем управления в энергетике национального хозяйства России целесообразно рассматривать в соответствии с принятой структурой предприятий энергетического комплекса: генерирующие предприятия (источники), транспортные и преобразующие предприятия (системы передачи энергии) и энергопотребляющие предприятия (бытовые и промышленные системы).

Несмотря на различия в технологических процессах, характерных для этих предприятий, и принадлежность к различным отраслям национального хозяйства (электроэнергетика и коммунальное хозяйство) имеются общие негативные тенденции в состоянии этих производств, которые в значительной степени обусловлены недостаточным уровнем автоматизации систем управления. Вот эти тенденции.

I.1. Снижение эффективности

Для генерирующих предприятий имеет место традиционно низкий КПД. Наиболее сложными и наукоемкими объектами являются источники электрической и тепловой энергии. Для источников энергии характерен большой разброс в экономичности использования энергии топлива. Анализ, выполненный Институтом проблем управления для Москвы, показал, что КПД различных ТЭЦ колеблется в пределах 63-86 %. В то же время при использовании автономных теплоэлектростанций с газопоршневыми энергетическими агрегатами, получивших широкое распространение за рубежом, можно получить существенно более высокий КПД (порядка 90 %) переработки топлива в электрическую и тепловую энергию. КПД районных тепловых станций (РТС), занятых производством только тепловой энергии, составляет 80-94 %. Средний КПД мелких котельных равен 77 %.

Эти цифры указывают на большое значение используемых принципов и технологий производства энергии, однако не меньший вклад в эффективность и безопасность этих производств вносят применяемые принципы управления. Например, использование регулируемых асинхронных приводов для управления расходом теплоносителя. До сих пор на ТЭЦ, АЭС и котельных, в основном, используется управление с постоянным расходом теплоносителя, и при необходимости изменения мощности применяется неэкономичное "байпасирование" или режимы с неэффективными характеристиками.

В системах передачи энергии имеет место снижение оперативности и рост потерь. Высокий уровень тепловых потерь на трассах. Одним из слабых мест в системе централизованного теплоснабжения являются тепловые сети, где теряется большое количество тепла, а при ремонте поглощается значительная доля всех расходов. Основная причина повреждения трубопроводов – наружная коррозия из-за некачественной тепловой изоляции и отсутствия эффективной гидроизоляции. Помимо недолговечности трубопроводов, тепловые потери отечественных сетей трубопроводов составляют приблизительно 15-20 % (для сравнения – в Европе этот показатель составляет 2-4 %). Высокие тепловые потери обусловлены, с одной стороны, неэффективной изоляцией стальных труб, а с другой – низким уровнем диагностики их состояния.

Высок уровень утечек на трассах. Для сокращения утечек теплоносителя необходимо выполнять диагностику состояния тепловых сетей. Такая диагностика может быть выполнена различными методами, и в том числе методом инфракрасной аэрофотосъемки.

Широкое распространение получили системы отопления и горячего водоснабжения с прямой подачей потребителю нагретой источником воды (зависимые системы). Анализ работы зависимых и независимых систем демонстрирует большое преимущество последних, вследствие возможности регулирования подаваемой потребителям тепловой энергии. Предварительные расчеты показывают, что переход на независимую схему позволяет экономить 10-15 % энергии.

1.2. Рост стоимости продукции и услуг

Рост цен на электроэнергию и особенно тепла общеизвестен. Но кроме всего прочего и себестоимость продукции энергопредприятий резко возросла. Качество ведения технологических процессов по причине высоких нагрузок на оперативный персонал, несоблюдения регламентов ведет к издержкам топлива, вследствие чего при цене на газ в РФ \$17 за 1000 м³ (а в Германии \$170 за 1000 м³) мы имеем примерно одинаковую с Германией отпускную цену электроэнергии от ТЭЦ в европейской части страны. Росту стоимости в значительной мере способствует отсутствие развитых систем учета электроэнергии и тепла, т.к. без приборов нельзя контролировать потери энергии и оценивать эффективность проведения энергосберегающих мероприятий в городе. Источники тепловой энергии и большая часть ЦТП (~80 %) оборудованы приборами учета, но только около 7 % строений (потребителей) оснащены измерителями. Все новостройки оснащаются подомовыми и поквартирными узлами учета тепла и воды.

1.3. Износ основных фондов и их моральное старение, особенно в части систем автоматизации

Подавляющее число энергоблоков в России построены до катастрофы реформ (до 90-х годов). Нормативные сроки эксплуатации основного оборудования составляют около 20-30 лет, а компьютерных систем – 5-8 лет, но поскольку последние 12 лет практически ничего не обновлялось, то на действующих энергоблоках можно встретить СМ-2, СМ-4, М6000, УКТС и т.п. – иначе говоря, советскую технику разработки 70-х годов, выполненную по прототипам западной техники, созданной в 60-х годах прошлого века. Даже по Москве при нормативном сроке эксплуатации 25 лет выработано 400 км тепловых сетей Мосэнерго.

1.4. Рост численности обслуживающего персонала в энергосистемах

Численность обслуживающего персонала Мосэнерго в 1992 г. составляла 37 000 человек, а в 2002 г. – уже 47 000 человек.

В основе перечисленных негативных тенденций лежит целая совокупность факторов, однако, по мнению многих экспертов и результатов анализа действующих систем, *существующий уровень автоматизации энергетических объектов недостаточен для эффективного управления и функционирования этих объектов.* Это обусловлено *консервативностью идеологии и методов управления объектами*, традиционно используемых проектными и эксплуатирующими организациями.

Несмотря на то, что сегодня нет проблем в подборе технических средств управления, поскольку существует широкое разнообразие отечественных и зарубежных средств, пригодных для обеспечения любого уровня автоматизации, проблема заключается в *консервативности (идущей во многом от отсталости, но привычности для потребителей) идеологии и применяемых методов управления процессами и объектами.*

В чем же причина стагнации в развитии систем автоматизации энергетических объектов? По нашему мнению, их несколько. Перечислим важнейшие из них.

1) Отсталая методологическая и нормативная база системотехники и проектных работ

Эффективность управления технологическими процессами в энергетике определяется *степенью (уровнем) автоматизации основных управленческих задач*, а именно:

- задачи управления параметрами материальных потоков (расходом топлива, температурой, расходом и давлением теплоносителя, параметрами пара и т.д.) и
- задачи управления конфигурацией материальных потоков (структурой потоков).

В действующих и создаваемых АСУ ТП имеет место дисбаланс в уровне имеющегося научно-методологического обеспечения и в уровне автоматизации, используемой для решения этих двух групп задач.

Задачи управления параметрами потоков решаются на основе принципа управления с обратной связью по отклонению с использованием непрерывных моделей динамики параметров потока. Эти модели известны, хорошо изучены и описаны во многих монографиях и учебниках, они лежат в основе конструкции оборудования, на их базе разрабатываются и настраиваются многочисленные регуляторы, защиты, блокировки и измерительные каналы, входящие в АСУ ТП.

Вторая группа задач – управление конфигурацией потоков – это целенаправленное изменение состава активных элементов объекта и связей между ними. Тем самым осуществляется *управление структурой потоков* с целью перевода объекта в качественно новое состояние. Управление конфигурацией используется при пусках и остановках объекта, при маневрировании мощностью (производительностью), при профилактике, техническом обслуживании, ремонте, реконструкции. Эти задачи слабо формализованы и в системе управления лишь частично представляются событиями, параметрами и командами. Управление структурой потока по сути логическое и в, принципе, должно решаться задачами функционально-группового управления (ФГУ) на основе “жесткой схемы” конечно-автоматных моделей. Однако в практике создания АСУ ТП в энергетике (например, в проектах АСУ ТП АЭС с реакторами ВВЭР-1000) *разработчики от ФГУ отказались.* Это вызвано тем, что технологические алгоритмы, заложенные в проекте, *перестают совпадать с реальными процессами в действующем объекте даже при незначительных отклонениях в конструкции поставленного оборудования. Иначе говоря, управление по схеме жестких алгоритмов, заложенных в проекте, несомненно с изменяющейся на сооружаемом объекте технологией.* В силу этого, основные этапы выполнения задач смены конфигурации потоков закрепляются в регламенте, должностных инструкциях и неформальных действиях персонала с использованием дистанционного управления (ДУ) *каждым исполнительным механизмом индивидуально.* Тем самым в АСУ ТП закладывается *чрезвычайно низкий уровень автоматизации управления.* Управление структурой потока может решаться на основе развитых схем использования конечно-автоматных моделей (схемы с обратной связью). Однако *методическая база применения развитых схем использования конечно-автоматных моделей в практике проектирования не сформирована* (хотя на сегодняшний день в ИПУ РАН имеются теоретические результаты, применение которых приведет к значительному повышению уровня автоматизации).

Сформулированная проблема отражается на всей практике проектирования и проявляется в *отсутствии качественной нормативной и методической базы, использующей в своей основе результаты фундаментальных исследований в области автоматизации.* Результат налицо: *отсутствие единой научно-обоснованной политики, которой могли бы придерживаться разработчики современных АСУ ТП энергоблоков.*

2) **Лоскутный характер систем автоматизации различного уровня. Отсутствие системно-методической и методологической основы интеграции систем автоматизации**

К сожалению, на сегодняшний день развилась практика создания АСУ ТП "по прототипу", суть которой заключается в делегировании функций "прототипа" принципиально новым техническим средствам и программному обеспечению. Понятно, что при этом функциональные возможности АСУ ТП остаются на прежнем уровне и, как правило, ограничиваются контролем отдельных параметров и локальным управлением отдельными механизмами производства. В связи с этим необходимо полностью пересмотреть подход к функциональному решению задач управления в рамках АСУ ТП и связи между АСУ ТП и остальными системами автоматизации.

В 90-е годы прошлого века и к началу нынешнего столетия в сфере промышленной информатизации, в том числе и в энергетике, многочисленны системы автоматизации производства, которые начали применяться в 70-80-е годы (КИПиА, телеметрия, телемеханика, диспетчерское управление, управление складским хозяйством и снабжением и т.п.) естественным образом сгруппировались в два основных направления. Направление АСУ ТП (системы автоматизации технологических и производственных процессов) и направление АСУП (системы автоматизации управленческой и финансово-хозяйственной деятельности предприятия). Системы первой группы реализуются, в основном, на основе программного обеспечения SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) или DCS (Distributed Control Systems). Их отличительной особенностью является высокая степень интерактивности в управлении при наличии дружественного человеку интерфейса (MMI – Man-Machine Interface). Системы второго направления относят обычно к классу ERP (Enterprise Resource Planning) – планирование ресурсов предприятия или MRP II (Manufacturing Resource Planning) – планирование ресурсов производства. Системы ERP ориентированы на предприятие в целом, а системы MRP – на его технологические подразделения. На самом деле, четкой границы между уровнем управления производством и уровнем АСУ ТП провести нельзя: в силу взаимной неразрывности выполняемых функций всегда имеется некоторое их совмещение. До настоящего времени связь между этими направлениями учитывалась минимально на том уровне, который был обусловлен различными (зачастую несовместимыми) требованиями различных подразделений и служб предприятий, использующих те или иные средства автоматизации.

Постепенно между АСУ ТП и АСУП образовалась промежуточная группа задач, получившая название MES (Manufacturing Execution Systems). Она возникла вследствие объединения задач, которые не удавалось отнести ни к одной из ранее определенных групп.

Одна из причин появления этого направления связана с попыткой обособить задачи управления производством на уровне технологического подразделения. В АСУП также произошло отделение тактических задач оперативного управления технологическими процессами от стратегических задач ведения процесса. На сегодняшний день существует огромное количество инструментальных средств реализации управления по каждому из названных направлений. Ситуация осложняется еще и тем, что каждая из систем часто реализовывалась на основе различных аппаратных, программных и информационных стандартов. **Отсутствие нормативных служб и единой системы стандартизации средств управления** приводит к неоправданно высоким затратам на обслуживание и модернизацию оборудования. Отсюда актуальность задачи создания для современного промышленного производства единого информационного пространства и интегрированной АСУ, включающей в себя все перечисленные выше направления автоматизации.

3) **Отсутствие механизмов государственного контроля и мотивации в модернизации управленческой составляющей в оборудовании и процессах**

Ликвидация отраслевой науки, Минприбора, многочисленных институтов и региональных ПО "Автоматика", АСУ и т.п. способствовала в условиях нарождающегося рынка передаче заказов на автоматизацию фирмам-интеграторам, определяющим стилем деятельности которых является перепродажа западных разработок, путем переключения функциональности действующих систем на новые более сложные и дорогие технические и программные средства. Это и есть так называемое проектирование по прототипу, которое привело к, по меньшей мере, двум негативным последствиям:

- во-первых, консервируется функциональность АСУ ТП прошлых десятилетий;
- во-вторых, цены на технические средства и программное обеспечение, фигурирующие на российском рынке, приводят к таким затратам, которые уже не могут быть компенсированы выигрышем от внедрения самой автоматизации. Поэтому, не имея достаточных средств для комплексного решения проблемы автоматизации, заказчики и разработчики вынуждены решать ее весьма фрагментарно.

Ну, а поскольку в нынешней России нет ни одной организации или фирмы, которая могла бы конкурировать в области автоматизации с такими мировыми транснациональными корпорациями, как Siemens (Германия), EDF (Франция) и др., то перед потенциальными российскими заказчиками стоит дилемма: либо самим заниматься интеграцией АСУ ТП из разрозненных "лоскутов" российского и зарубежного производства, либо комплексно заказывать работу крупным зарубежным фирмам. При этом, поскольку доля импортных комплектующих в ценовом исчислении превышает долю российских продуктов, заказчику выгоднее полностью размещать заказ за рубежом. Ярким примером может служить решение "Атомстройэкспорта" передать контракт на АСУ ТП АЭС в Китае фирме Siemens (стоимость контракта – около \$150 млн.), несмотря на то, что отечественные отраслевые проектные организации остро нуждаются в заказах.

4) **Отсутствие концептуального подхода к управлению энергоснабжением как к единой системе производства, распределения и потребления энергии от каждого отдельного источника до потребителя включительно**

Критерием оценки уровня технологии и автоматизации в комплексной системе энергоснабжения должна быть себестоимость полезного отпуска энергии.

Следствием организационного и экономического разрыва в цепи производство, распределение и потребление энергии становится то, что:

- у производителя энергии, перепродавца и покупателя отсутствуют стимулы для экономии и совершенствования производства и услуг;
- формируются тарифы, закрытые для общества;
- не используются такие легко реализуемые энергосберегающие мероприятия, как регулирование перепадов теплоносителя между городскими сетями от принадлежащим разным ведомствам источников тепловой энергии.

II. Предложения по повышению уровня автоматизации энергетических объектов

В ИПУ РАН в течение последних 20 лет с разной степенью интенсивности ведутся работы по автоматизации процессов разного уровня в энергетике страны. Накоплен опыт разработки конкретных систем управления (в сотрудничестве с отраслевыми НИИ и проектными организациями). Имеются теоретические результаты по новым более перспективным методам управления поточными технологическими процессами, которые позволяют перейти от управления на основе принятых сегодня жестких алгоритмов к управлению по гибкой схеме с обратной связью на основе динамического событийного моделирования структуры производства и процессов.

В чем суть комплексного управления на основе динамического событийного моделирования структуры потоков?

Определяющей новизной разработанной в ИПУ РАН Концепции комплексного управления является сочетание континуальных моделей динамики параметров потоков и событийных моделей структуры потоков.

Модели структуры технологического объекта управления (ТОУ) основаны на том, что с целью преодоления сложности проблемы и для обеспечения эффективности процесса управления все производственные системы в энергетике, обслуживании и предназначенные для решения других производственных задач *структурируются* (разбиваются) на отдельные компоненты (установки, переделы, участки, технологические подсистемы и т.п.). Разбиение осуществляется на основе специфики протекающих в отдельных частях ТОУ физических процессов (потоков) трансформации материалов, топологии размещения оборудования и восприятия этой компоненты как единого процесса – *конфигурации*. При этом *управление конфигурацией* объекта есть целенаправленное изменение состава активных элементов объекта и связей между ними и, тем самым, становится *управлением структурой потоков* с целью перевода объекта в качественно новое состояние. По сути, задачи управления конфигурацией являются задачами управления структурой потоков. Формирование структуры и ее последующие изменения (реконфигурации) представляются как последовательность работ над фрагментами, имеющими некоторый вполне определенный технологический смысл (технологическую функцию). Компоненты – потоки (фрагменты технологической сети) в ходе производства активизируются (принимают состояние с определенной проводимостью), функционируют, выполняют заданную производственную задачу, утилизируются и т.п. Такие компоненты (т.е. потоки, соответствующие переделам) и являются технологическими процессами (ТП). Именно эти свойства производственных систем: *структурирование на потоки и управление ими как единой компонентой используются в событийных моделях.*

Логическая модель структуры ТОУ, названная *технологической сетью*, *включает в свой состав:*

- модели компонент – агрегаты (арматура, насосы, емкости и т.д.);
- модели материалопроводов (пассивные элементы: трубы, провода и т.д.);
- процессы – технологически востребованные конфигурации (фрагменты технологической сети).

Каждая из моделей наряду с определением структуры компонента (потоковые и информационные входы/выходы и связи) содержит динамическую составляющую – *жизненный цикл*, который определяет набор технологически востребованных состояний компоненты, порядок и условия их смены. Собственно состояния компонент и конфигураций и образуют *поток событий*, который используется для управления. Поскольку поток событий создают введенные конструкции, они и названы *событийными моделями*.

Функционирование событийной модели. В каждый момент времени в ТОУ выполняется конкретный набор технологических работ (физических процессов). Поскольку этот набор всегда формируется из числа технологически обусловленных работ, то на модельном уровне это соответствует разбиению всех заранее описанных технологически осмысленных фрагментов ТОУ на подмножества активных и пассивных процессов.

Функционирование событийной модели заключается в *преобразованиях текущих состояний всех агрегатов и множеств активных и пассивных процессов в последующие.*

Эти преобразования выполняются циклически, на основе потока событий и по определенным правилам. Событийная модель содержит информацию, необходимую оператору для анализа состояния структуры ТОУ и принятия решений при запуске, мониторинге и гашении процессов, а также все данные, используемые в жизненных циклах моделей процессов при их выполнении.

Формализация представления структуры ТОУ и динамики ее преобразования в виде описанных событийных моделей позволила разработать *механизмы управления процессами* как потоком технологических работ. Поскольку эти механизмы, по сути своей, заменяют (имитируют работу) оператора при управлении конфигурацией ТОУ, для простоты изложения будем считать, что они реализуются *автооператором – АО*.

При запуске конкретного технологического процесса АО активизирует в событийной модели ТОУ экземпляр объекта модели процесса, который является моделью реального ТП. Атрибуты модели ТП: структура, состояния жизненного цикла, параметры потока, состояние функций защит и автоматического регулирования, – отражают все, что происходит в реальном технологическом процессе во всех фазах его жизненного цикла (проверка реализуемости, запуск, работа в заданном режиме, разборка и т.д.).

Активизация реального процесса осуществляется путем пошаговой настройки всех его агрегатов на состояния, определенные в модели ТП и формируемые в соответствии с *отклонением текущего состояния технологической сети от требуемой ТП*. Процедуры настройки агрегатов по данным анализа технологической сети выполняются АО.

Поведение автооператора определено так, что вся функциональность АСУ ТП направлена на обслуживание запросов моделей технологических процессов, то есть на обеспечение выполнения динамики их жизненных циклов. Процессы, в свою очередь, выстроены вокруг материальных потоков и призваны обеспечить их функционирование в соответствии с тактическими целями производства. При этом схема комплексного управления процессами в АСУ ТП представляется в виде следующей циклической процедуры:

1. Работает СА – система автоматики нижнего уровня: структура потоков определена активными процессами; потоки функционируют под управлением регуляторов, защит и блокировок. Формируется множество актуальных событий.
2. Вычисляется состояние событийной модели технологической сети; анализируются состояния активных и пассивных процессов. Если коррекция множеств активных и пассивных процессов не требуется, то осуществляется переход к п.1, иначе – к п.3.
3. Определяется тип коррекции, *вычисляется отклонение текущего состояния структуры от требуемого* и выполняется один из следующих вариантов: запуск независимого процесса; гашение независимого процесса; запуск присоединяемого процесса; гашение присоединенного процесса; реконфигурирование активного процесса; обновляются множества активных и пассивных процессов; затем цикл повторяется, начиная с п.1.

Заметим, что при управлении конфигурациями целью управления является формирование конкретной структуры (или фрагмента структуры ТОУ), следовательно, описание требуемой структуры и есть задание цели. Содержание цели – определение фрагмента

структуры, требуемых состояний компонент, параметров потоков и настроек для автоматических управляющих процедур (защит, блокировок, регуляторов и т.п.), действующих над компонентами, если они специфицированы для данной цели. Поэтому такое управление является *комплексным*.

При этом модель агрегата такова, что, с одной стороны, реагирует на события-команды сменой состояния и генерацией соответствующих событий; а с другой, позволяет с помощью специальных процедур (исходя из текущего состояния сети и цели функционирования) определить требуемое управление на агрегат при его настройке.

Модель ТП в схеме управления используется, во-первых, для представления в АСУ ТП состояний реальных процессов и имитации их выполнения посредством смены состояний жизненного цикла модели как функции команд и событий, поступающих в систему, а во-вторых, – для задания цели в задачах управления конфигурацией (координацией).

Благодаря указанным свойствам событийных моделей, удалось построить схему управления процессами, основанную на обследовании текущего состояния структуры технологических потоков по их логической модели с использованием в механизмах управления структурой потоков *принципа управления с обратной связью по отклонению* текущего состояния структуры от требуемого.

Проведенный анализ возможностей методов управления структурой на основе событийных моделей показывает, что разработка на их основе SCADA-систем нового поколения позволит *коренным образом повысить* уровень автоматизации технологических процессов.

В оперативном контуре управления предложенные механизмы *потокового* управления позволят операторскому персоналу работать не с отдельными исполнительными механизмами и агрегатами, а с так называемыми материальными потоками, выделяемыми в процессе функционирования объектов.

Это снимет с оператора значительную часть нагрузки в плане мониторинга ситуации и управления конкретными агрегатами и приведет к сокращению числа аварийных ситуаций, повышению качества выходного продукта и увеличению производительности труда и – в конечном счете – к увеличению эффективности процесса управления.

Применение *нового подхода к автоматизации на основе событийных моделей технологического процесса значительно повышает уровень автоматизации и, тем самым, эффективность управления* и обеспечивает:

- 1). Повышение уровня управляемости технологии за счет введения системных процедур, ведения технологических процессов, включая проверку реализуемости, запуск наблюдения за ходом выполнения, разборки, сигнализации, срабатывания защит, запуск основным процессом вспомогательных и т.д. Использование предлагаемой потоковой модели технологических объектов управления предоставляет дополнительные возможности контроля за деятельностью оперативного персонала, проверки корректности заданий на технологические процессы, использование “потоковых” блокировок и т.п.
- 2). Упорядочение использования ресурсов, поскольку ресурс закрепляется за процессом (если процесс реализуем).
- 3). Выполнение задачи учета и управления ресурсами: контроль выработки метареурса, планирование ремонта по состоянию агрегатов, замены оборудования и расходуемых материалов и т.п.
- 4). Реализацию управления знаниями, позволяя оценить уровень автоматизации и степень загрузки персонала, а также качество работы персонала.

Перспективная система управления, построенная с использованием управления структурой на основе событийных моделей, может обеспечить высокий уровень и надежность автоматизации энергообъектов и других сложных ответственных объектов.

Ниже в разделе II.1 представлен анализ состояния функциональности АСУ ТП в энергетике и предложения по созданию инструментальных систем нового поколения, аккумулирующих в себе новые результаты по методам управления и потенциально позволяющих поднять уровень автоматизации до требований перспективных систем.

В разделе II.2 представлены предложения по внедрению конкретных систем (подсистем) автоматизации процессов разного уровня для предприятий энергетики, нацеленные на повышение уровня автоматизации и, тем самым, повышение эффективности энергетического хозяйства (производство, транспортировка, распределение и т.д.).

II.1. Общая характеристика состояния АСУ ТП в энергетике

II.1.1. Энергетические комплексы как объекты автоматизации

На каждом этапе развития автоматизации направления, объем и уровень технических решений при построении управляющих систем определяется двумя группами факторов:

- 1-я группа – свойства объектов автоматизации как объектов управления.
- 2-я группа – свойства основных средств автоматизации, а именно технических средств сбора, передачи, распределения и обработки информации и исполнительных средств, инструментальных средств проектирования, подготовки к пуску и обслуживания в процессе эксплуатации.

Технологическая структура энергетических станций достаточно типична, а именно в значительной степени она образована автономными группами агрегатов и оборудования, объединяемыми общим источником энергии – это энергоблоки (ЭБ) и общестанционные технологические комплексы (ОТК).

Для энергетических комплексов: тепловых, атомных и гидравлических станций значительная часть их свойств, определяющих технические решения по автоматизации, являются общими.

К подобным типическим свойствам следует отнести:

1. Многорежимность функционирования: пуск, работа на номинальных (нормальных) уровнях мощности, маневрирование мощностью (необходимость переходов с одного номинального уровня мощности на другой), работа в условиях предаварийных и аварийных состояний отдельных технологических агрегатов и комплексов, вывод в безопасное состояние станции при возникновении аварий, останов станции в целом или отдельных ее технологических комплексов.
2. Критичность к нарушениям баланса энергии в статике и, в той или иной степени, в динамике в технологических цепочках агрегатов от источника энергии (котел, реактор, турбина) до выходных электротехнических установок.
3. Многоагрегатность и жесткость координации их функционирования по режимам работы станции.
4. Самая непосредственная опасность для персонала и общезологическая опасность нарушений номинальных условий функционирования многих технологических агрегатов.
5. Значительные объемы экономических потерь в результате попадания оборудования в аварийные состояния и от простоев энергоблоков станции.
6. Достаточно высокий уровень структуризации технологических агрегатов и оборудования, обусловленный широким применением идеологии блочности компонентов при проектировании станций.

II.1.2. Функциональные и структурные решения в действующих АСУ ТП на энергетических объектах

Для определения причин отсутствия роста уровня автоматизации, наблюдающегося на фоне прогресса в технических средствах и базовом программном обеспечении, необходимо разобраться в основах построения схем управления в АСУ ТП.

Общепризнанным направлением в развитии архитектур современных и перспективных АСУ ТП для поточных производств является распределенность и децентрализация в управлении технологическими процессами. Разработка распределенных и децентрализованных систем осуществляется на основе декомпозиции (разбиения) алгоритмов на компоненты в соответствии с естественным разбием технологических объектов и алгоритмов контроля и управления установками (по горизонтали) и в соответствии с разбием алгоритмов управления по иерархическим уровням (по вертикали). Так, например, в действующих АСУ ТП на предприятиях энергетики принято разбие алгоритмов по вертикали по трем иерархическим (нижний, средний и верхний) уровням управления:

- **Первый уровень** (нижний) включает защиты и блокировки, локальные регуляторы (АЗ, ТЗ, ТБ, АР), первичную обработку аналоговых и дискретных сигналов, обработку команд дистанционного управления (ДУ) на исполнительные механизмы. Здесь решаются задачи управления комплексом технологических агрегатов и оборудования только в основных (базовых) режимах, например стационарном режиме на заданной мощности с минимальным набором задач, связей и простейшими алгоритмами, не требующими непрерывного привлечения для обработки информации высших уровней. Такая компоновка задач нижнего уровня позволяет обеспечить максимальную надежность системы для основного номинального режима работы станции. Образно говоря, этот уровень должен быть “железобетонным” по показателям надежности.
- **Второй уровень** (средний) включает задачи: координации взаимодействия агрегатов оборудования во всех режимах функционирования станции (функционально групповое управление – ФГУ (ПЛУ) отдельными установками), блокировки, алгоритмы защиты в рамках энергоблока, оптимизация режимов эксплуатации (выравнивание энергетических полей, выбор температурных режимов и т.п.); диагностирование агрегатов, оборудования и средств 1-го уровня; реконфигурация структуры средств 1-го уровня при отказах, выдача информации на верхние уровни системы.
- **Третий уровень** (верхний) включает алгоритмы управления объектом в целом и информационную поддержку оператора. Здесь решаются задачи контроля работы технологического комплекса ЭБ и АСУ 1-2-го уровней, анализа аварийных ситуаций, выходящих за рамки возможностей нижних уровней, а также запроектных аварийных ситуаций, обеспечения информацией и включения в процессы управления оперативного персонала.

Приведенное разбие задач контроля и управления определяет типичную иерархическую функциональную структуру АСУ ТП энергетических объектов.

Структуризацию совокупности технических средств, необходимых для реализации функций и задач системы, целесообразно проводить “по вертикали”, т.е. по уровням, аналогичным функциональной структуре, и “по горизонтали”, т.е. привязываясь к достаточно автономным группам технологических агрегатов и оборудования или достаточно автономным функциям системы.

Указанная целесообразность определяется требованиями к показателям надежности и живучести, независимого монтажа и отладки групп технологического оборудования или условиями их пуска-останова, а также требованиями блочной модернизации оборудования энергоблоков.

Структуризация “по горизонтали” сводится к выделению функциональных подсистем. При структуризации “по вертикали”, как правило, выделяют три уровня, в основном, ориентированные на три уровня функциональной структуры:

1-й (нижний уровень) – максимально унифицированные (по набору типовых средств, но не по объему этих средств), программно-технические комплексы (ПТК), включающие устройства связи с объектом и другими ПТК, исполнительные автоматы (ИА), программируемые контроллеры (ПК);

2-й уровень – совокупность ПК, взаимодействующих через локальную сеть, выполняющих задачи второго уровня функциональной структуры;

3-й уровень – автоматизированные рабочие места (АРМы) операторов, экраны и мнемосхемы общей обстановки, функциональные командные органы, объединяемые, как правило, в блочные пульты управления (БПУ), резервные пульты (РПУ), пульты критических аварийных ситуаций (ПКС), пульты диагностирования и технического обслуживания всей системы (ПДТО).

Для некоторых особо крупных ЭБ или ЭБ со средствами разных поколений в структуру включено ограниченное число местных постов управления, предназначенных для управления отдельными агрегатами или группами средств нижнего уровня в режимах отладки и тестирования оборудования, при пусках, остановках или эксплуатации не по штатным технологическим схемам, для углубленного контроля состояния отдельных единиц оборудования.

Все действующие в энергетике системы автоматизации ТП вписываются в традиционную пирамиду систем промышленной автоматизации технологии (см. рис. 1), ставшую графической метафорой функциональных возможностей всех известных западных систем автоматизации технологии таких компаний, как Siemens, Allen-Bradley, MODICON (см. проспекты этих фирм 80-90-х годов). Эта пирамида обсуждается в ряде аналитических публикаций. Она символизирует широкие возможности системы средств автоматизации по связи с технологическими процессами (I/O) – самый нижний слой у основания пирамид; средний слой, сеть ПК (PLC и/или микро-PC), – это инструмент локального управления путем реализации перечисленных выше стандартных функций управления (ДУ, АЗ, ПЛУ, АЛАРМ, и т.д.), наконец, вершина пирамиды, сервер и АРМы, – это средства реализации задач управления верхнего уровня системы и (через сервер) связь с другими системами.

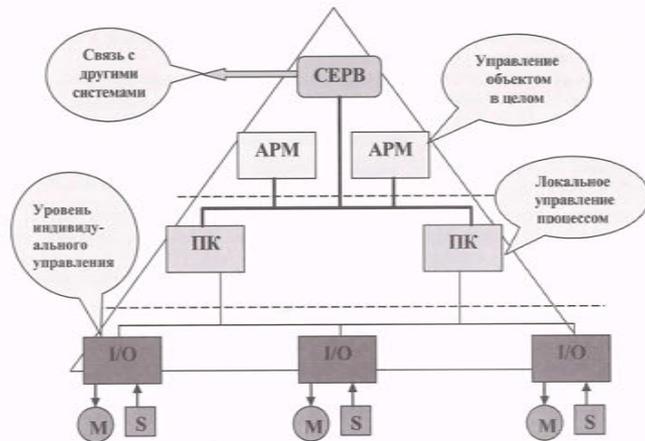


Рис. 1. Традиционная структура АСУ ТП

Приведенная на рис. 1 структура является обобщением, ее фактическое воплощение на различных объектах выглядит по-разному.

- В атомной энергетике на всех действующих станциях: на 1-м уровне – УКТС (монтажная логика); на 2-м уровне – комбинированная (УКТС + ПЛК + возможно локальная сеть); на 3-м уровне – сеть компьютеров, включающая сервер и АРМы оперативного персонала и пульты с приборами и со средствами индивидуального управления. На некоторых объектах имеются отдельные подсистемы с контроллерной техникой на 1-м уровне. В проектах реконструкции (Калининская АЭС) закладывается контроллерная техника (СПА ПС и Телеретт в исполнении ВНИИА).
- В тепловой энергетике на большинстве станций ситуация выглядит примерно так же, и даже оснащенность операторных во многих случаях – в основном “пульты-валя”. Однако на отдельных станциях, сооруженных в 80-х, и станциях, модернизированных в 90-е, технические средства достаточно современны: уровни 1, 2 – сети ПЛК различной производительности и специализации, 3 – (верхний) уровень – сервер и сеть АРМов, пульт с индивидуальными приборами сокращен до минимума.

В 1999-2002-м годах на предприятиях энергетике начался процесс интенсивной реконструкции существующих систем автоматизации, в котором активно участвует ряд компаний-интеграторов (АЭП, ВНИИА, СНИИП, ВТИ, ТЕКОН и многие другие).

Не вдаваясь в детальный анализ различий, недостатков и преимуществ, рассмотрим основные возможности систем автоматизации с точки зрения способности к интеграции в условиях коммерчески самостоятельных генерирующих предприятий. А именно, рассмотрим их возможности по обеспечению потребности и организации доступа специалистов всех уровней к постоянному источнику информации, причем не только для того, чтобы участвовать в управлении процессом, но и с целью принятия конструктивных решений по вопросам управления производством в целом.

Основные общие свойства предлагаемых решений:

- трех-двухуровневая структура АСУ ТП: нижний уровень – локальная сеть программируемых контроллеров (типа PLC или микро-PC) верхний уровень – сервер и сеть рабочих станций (АРМы персонала); связь как на нижнем уровне, так и с верхним уровнем обеспечиваются различными средствами;
- использование на верхнем уровне SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition – супервизорное управление и сбор данных);
- функциональная концепция построения системы управления, основанная на модели технологического объекта управления (ТОУ) как совокупности параметров, команд и функций; при этом параметры характеризуют технологический процесс, команды на исполнительные механизмы формируются оперативным персоналом и/или типовыми функциями управления: дистанционное управление (ДУ), автоматическое регулирование (АР), аварийная защита (АЗ), программно-логическое управление (ЛУУ), сигнализация (АЛАМ) и т.д.

Основное достижение современного этапа создания АСУ ТП, характерное в той или иной степени для всех перечисленных систем, состоит в использовании SCADA-системы как аккумулятора проектного опыта. В самих SCADA-системах основной новацией является развитая система визуализации модели ТОУ как набора данных в виде всевозможных мнемосхем с аппликацией динамики, построения трендов любых параметров с привязкой к реальному времени, ведение архива параметров, событий и отчетности.

SCADA-система поддерживает “клиент-серверную” открытую архитектуру. Основной сервер системы осуществляет сбор информации от низовых устройств управления и датчиков, их обработку и выдает оператору. Кроме того, он связан с общей базой данных АСУ ТП. Открытая архитектура позволяет выбирать различные компоненты программного и аппаратного обеспечения независимо от их производителей. В результате расширяются функциональные возможности системы и снижается ее стоимость.

Наиболее известными из таких расширений стали продукты iFix компании Intellution Inc.; InTouch 4.0 (Wonderware Software Development Corp.); FactoryLink IV (United States Data Corp.); Plantworks (IBM); OnSpec (Heuristics Inc.); Iconics (Genesis); Paragon (Intec Controls Corp.). Из отечественных продуктов следует отметить “ОПЕРАТОР” Института проблем управления РАН, пакеты Trace Mode московской фирмы AdAstra, хорошо зарекомендовавшие себя в управлении в энергетике, нефтяной и металлургической отраслях.

Таким образом, в плане наличествующих технических средств АСУ ТП (системы ПК + серверы различных отечественных и зарубежных производителей) и базового программного обеспечения (SCADA-системы + современные фирменные СУБД) имеются все возможности для создания конкурентоспособных систем АСУ ТП. Однако используемая методологическая база АСУ ТП значительно отстает от средств.

К сожалению, как уже отмечалось в разделе I, на сегодняшний день сложилась практика создания АСУ ТП “по прототипу”, когда принципиально новые технические средства и программное обеспечение, как правило, применяются для *поддержания функциональных возможностей АСУ ТП на прежнем уровне*, т.е. фактически ограничиваясь контролем отдельных параметров и локальным управлением отдельными механизмами производства.

Следует констатировать, что действующие системы автоматизации на предприятиях нуждаются в коренной реконструкции. Это обусловлено рядом причин, и в том числе:

- чрезвычайно низким и не “равнопрочным” уровнем автоматизации, использованием технических средств, не предусматривающих стыковку с современными системами управления производственной информацией;
- новыми условиями функционирования, обусловленными рыночной спецификой: в этом случае руководство и специалисты генерирующих компаний, равно как и ад-

министрация региональных ОАО, т.е. все лица, ответственные за коммерческую деятельность компании, должны располагать точной информацией о том, какими ресурсами они располагают по топливу на сегодня, каково состояние оборудования и режим работы станции в плане того, что может быть получено только завтра.

Структурные изменения 90-х годов в энергетике в сфере автоматизации привели к потере роли отраслевых НИИ как инструментов выработки и проведения научно-технической политики. Многообразие технических и программных средств, структурных и архитектурных решений, функциональных возможностей и степени участия АСУ ТП в каналах управления технологией – вот определяющая характеристика действующих систем на предприятиях энергетики. Руководство департаментов автоматизации различных региональных ОАО встало перед проблемой выбора путей дальнейшего развития систем автоматизации управления.

С одной стороны, масштабы автоматизации резко расширились, сложность и стоимость аппаратуры постоянно увеличивается (современные ПК, серверы, сети, SCADA-системы), затраты ресурсов и времени на проектные работы выросли, требования к квалификации обслуживающего персонала заметно повысились, затраты на обслуживание стали заметно больше.

С другой стороны, интеллектуальный уровень (глубина автоматизации) вот уже 20-30 лет практически не меняется. По сути дела, в системах нынешнего дня автоматизируются только такие функции, как телеметрия (измерительные ТЗ, ТБ), автоматическое регулирование (АР), защита и блокировки по параметрам (наз., ТБ), дистанционное управление (ДУ) и, в лучшем случае, функционально-групповое управление (ФГУ). В функциональном плане нынешние АСУ ТП, по существу, ничем не отличаются от систем КИПиА 60-70-х годов.

В результате отмеченного несовершенства действующих у нас АСУ ТП имеют место многочисленные потери. Причин тому множество: тут и несоблюдение регламента со всеми вытекающими отсюда последствиями, нарушение норм эксплуатации оборудования, слабый контроль за работой персонала. Нередки и чисто производственные потери по причине конфликтов в потоке планируемых персоналом “технологических действий”, а также планируемых в АСУП ремонтных и профилактических работ. “Прозрачность” процессов для внешних контуров управления технологией явно недостаточна (обеспечивается лишь на уровне параметров процессов), степень контроля работы оборудования неудовлетворительна для задач АСУП (контролируется работа только автоматизированных приводов).

В значительной мере вследствие неравномерного и зачастую неудовлетворительно-го уровня автоматизации невысоки КПД источников энергии в городских хозяйствах. Так например, анализ, выполненный ИПУ РАН, показал, что КПД ТЭЦ Мосэнерго колеблется в пределах 63-86 % (затем – 90 % и выше). КПД районных тепловых станций – 80-94 %, но есть даже 76 %. Средний КПД мелких котельных – 77 %.

Как уже отмечалось в разделе 1.2, уровень качества ведения технологических процессов вследствие высоких нагрузок на оперативный персонал, а также несоблюдения регламентов приводит к повышенным затратам топлива, вследствие чего при цене на газ в РФ \$17 за 1000 м³ (в Германии – \$170 за 1000 м³) в европейской части страны мы имеем примерно одинаковую с Германией отпускную цену на электроэнергию от ТЭЦ.

III.1.3 Анализ функциональности современных АСУ ТП

Для определения причин отсутствия роста уровня автоматизации, вопреки прогрессу в технических средствах и базовом программном обеспечении, необходимо разобраться в основах построения схем управления в АСУ ТП.

В системах управления сложными техническими объектами (в том числе объектами энергетики) осуществляется параллельное воздействие на процессы десятков (а иногда и сотен) различных субъектов управления (устройств, каналов, структур, служб).

Эти субъекты отличаются различной природой, местами расположения и инструментами воздействия на процессы. При этом в них используется всего три приема (схемы) управления, которые в системотехнике принято называть видами управления.

- Управление параметрами потоков (фазовое, координатное) – управление в контурах автоматического регулирования (регулирование уровнем, температурой, давлением, расходом и т.п.). Эти контуры управления реализуются с помощью многочисленных регуляторов на нижнем уровне АСУ ТП (УКТС, КИПиА, ПК).
- Управление структурой (конфигурацией) объекта – целенаправленное изменение состава активных элементов объекта и связей между ними, т.е., тем самым, управление структурой потоков с целью перевода объекта в качественно новое состояние. Управление конфигурацией используется при пусках и остановках объекта, при маневрировании мощностью (производительностью), при профилактике, техническом обслуживании, ремонтах, реконструкции. Это управление реализуется в контуре оперативного управления АСУ ТП в основном средствами дистанционного управления (ДУ) и/или персоналом (обходчиками) для незлектрофицированной арматуры. Конфигурация потоков изменяется и средствами автоматической защиты, однако это, скорее, связано с необходимостью локального изменения структуры, нежели с целенаправленным изменением структуры.
- Управление техническим состоянием. Этот вид управления применяется с целью обеспечения работоспособности объекта и самой системы управления. Управление реализуется в контуре неоперативного управления и, по сути, является супервизорным. Управление техническим состоянием инициируется и планируется технологами, административным персоналом, плановыми службами, а осуществляется инженерными службами, ремонтными подразделениями и т.п.

Обсудим вопрос о том, как различные средства АСУ ТП участвуют в решении задач управления технологическими процессами и состоянием оборудования.

Под *каналом управления* далее будем понимать совокупность аппаратных, программных, организационных и иных компонент, участвующих в выполнении какой-либо из функций управления (задачи). Базируясь на этом толковании, можно выделить следующие каналы:

- автоматический контур: каналы измерения и управления (нижний уровень АСУ ТП, включая регуляторы, блокировки и т.д.) – здесь в основном решаются задачи управления фазовыми координатами потоков;
- оперативный контур: здесь решаются задачи управления параметрами/режимами установок и отдельных приводов; управления конфигурацией объекта (структурой потоков); каналы этого контура включают оператора, компоненты верхнего и нижнего уровня АСУ ТП;
- супервизорный контур: здесь на основе анализа ситуации (анализ хода процесса) технологом в ПТО решаются задачи выработки рекомендаций по управлению параметрами/режимами установок; специалисты осуществляют управление техническим состоянием технологического оборудования (организация профилактики, ремонта, модернизации и т.п.), сюда же относится работа технологов ПТО по анализу ситуаций и тенденций в процессах и – в соответствии с принятыми решениями – действия по формулировке целей (задач), связанных с изменением структуры объекта средствами оперативного канала;

Каналы управления технологией

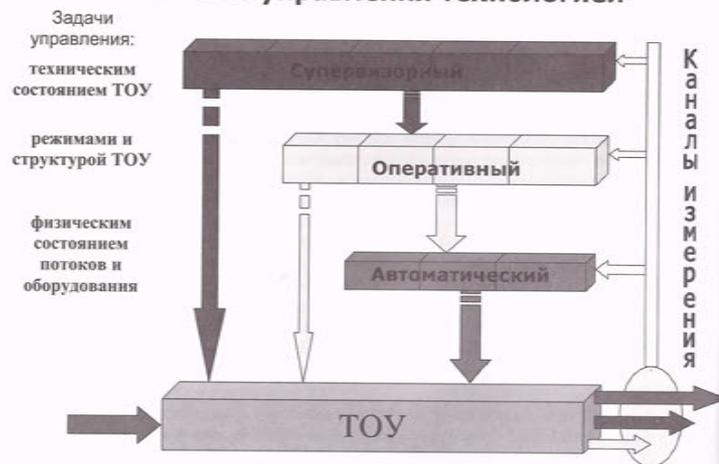


Рис. 2. Каналы управления технологией

Управление в человеко-машинной системе (каковой и является АСУ ТП) строится по следующей традиционной схеме.

Традиционная схема управления:

- Шаг 1. Оценка ситуации и определение рассогласования между текущим и требуемым состояниями объекта.
- Шаг 2. Оценка рассогласования. Если рассогласование в пределах “нормы”, то переход на п.1, иначе к п.3.
- Шаг 3. Определение реально достижимого состояния, наиболее близкого к исходному состоянию.
- Шаг 4. Определение последовательности управляющих воздействий на ИМ, переводящих объект из одного в другое состояние.

Эта схема отличается двумя принципиальными моментами, которые обусловлены выбором ответа на два следующих принципиальных вопроса:

- Какие параметры ТОУ принимаются за состояние системы (объекта)?
- Как обеспечить переход от одного состояния к другому: посредством выдачи оператором последовательности команд-воздействий на ИМ или запуском процессов, обеспечивающих этот переход?

В табл. 1 указаны средства АСУ ТП, используемые в каждом из каналов при реализации традиционной схемы управления.

Выполнение схемы управления предполагает работу диспетчера с двумя базами данных: формальной – БД, поддерживаемой SCADA-системой, и неформальной, отображающейся в знаниях персонала и должностных инструкциях – НФБД (см. рис. 3). Помимо указанного, такая НФБД аккумулирует опыт персонала (“ноу-хау”) по выполнению задач

управления для преобразования потоков, по оценке состояния материальных “носителей” потоков – арматуры, клапанов, насосов и т.д. НФБД пользуется и административный персонал при составлении заявок на профилактику и ремонт оборудования.

Таблица 1

КАНАЛЫ ЭТАПЫ	Автоматический	Операторский	Супервизорный
Сбор данных	Датчики, измерительный тракт	Датчики, измерительный тракт Визуальный осмотр	Датчики, измерительный тракт Визуальный осмотр оборудования
Анализ данных	Формирование отклонения, “собственные” данные, “смежные” агрегаты	Регламент, формирование инициирующего события	Тренды параметров, отчеты НФБД формирование инициирующего события
	Смежные производства		
Принятие решения	Регуляторы: П, ПИ, ПД, ПИД	Оператор, технолог, НФБД Мнемосхема, регламент, тренды параметров	Процедуры подготовки решения
	Автоматические устройства	Операции (ДУ или “ручные”) настройки выбранной структуры Смена параметров регуляторов Смена характеристик агрегатов	Восстановление штатного состояния оборудования



Рис. 3. Соотношение формальной БД и системы понятий, с которыми работает оператор

Таким образом, деятельность оперативного персонала в основном опирается на НФБД, которая более информативна (содержит потоки, их параметры, процессы), аккумулирует и управляет умениями ("ноу-хау"), и в то же время не может быть доступна вышестоящим информационным системам (поскольку находится вне АСУ ТП), какие бы глубокие и сверхсовременные системы коммуникации мы ни привлекли для решения проблемы интеграции этих систем.

Отсюда вывод: предоставляя множество средств для ведения БД параметров и их визуализации, традиционные SCADA-системы неудовлетворительны в плане снижения нагрузки на оперативный персонал, аккумуляции "умений" и генерации исходных данных для АСУ вышестоящих уровней.

Перечислим еще раз трудности (недостатки) на пути создания интегрированных систем автоматизации.

Проблема 1. Трудности оперативного персонала в реализации традиционной схемы управления в связи с необходимостью постоянного перехода от формальной БД (по параметрам, хотя и визуализированной) к потокам НФБД и, в особенности, к реализации процедур управления исполнительными механизмами и преобразования структуры потоков с помощью неформализованных (или слабо формализованных) процедур (например, указаний обходчикам и т.п.).

Проблема 2. Интеграция в составе региональных ОАО и РАО ЕЭС требует "прозрачности" не только по данным (значениям параметров), но и по технологическим процессам: каким путем были достигнуты эти значения и что произойдет с этими параметрами через некоторый промежуток времени. При этом важно знать, какое оборудование задействовано в генерировании данного количества энергии.

Проблема 3. Последовательность действий оперативного персонала по организации сложных ТП вне системы (сюда относятся процедуры управления инициализацией ТП, поддержанием регламентных параметров исполнения ТП и его оптимизация). Не происходит накопления знаний ("ноу-хау").

Проблема 4. На уровне модели ТОУ как набора данных управление ресурсом оборудования, участвующего в конкретных технологических цепочках (последовательностях), невозможно. Во-первых, вследствие того, что управление технологическими последовательностями (Batch control) не входит в задачи SCADA-систем и поэтому в их составе отсутствуют соответствующие инструменты; во-вторых, значительная доля запорной арматуры, участвующая в технологическом процессе, не электрифицирована, а следовательно, информация о ней отсутствует в БД и она не участвует в "анимационных" картинках.

Проблема 5. Управление качеством требует ведения архива АСУ ТП не только по параметрам, но и по процедурам, задействованным в организации ТП (фиксация информации о том, каким способом выполнены требования регламента).

Таким образом, мы приходим к выводу о необходимости декларации новых идей (принципов) и разработки новых механизмов организации систем управления технологическими процессами.

Для выяснения "точек роста" в функциональности АСУ ТП выполним качественный анализ соотношения задач АСУ ТП и оснащенности каналов управления средствами АСУ ТП.

Схема выполнения задач каналов представлена в табл. 1. Эффективность АСУ ТП определяется степенью (уровнем) ее участия в исполнении задач каналов.

Задачи канала управления фазовыми координатами потоков (давлением, температурой и т.п.) решаются на основе принципа управления с обратной связью по отклонению с использованием непрерывных моделей динамики потока. Эти модели известны, хорошо изучены и описаны во многих монографиях и учебниках, они заложены в основу конструкции оборудования, с их помощью разрабатываются и настраиваются многочисленные регуляторы, защиты, блокировки и измерительные каналы, входящие в состав АСУ ТП. Поэтому и задачи этого канала выполняются автоматически даже в самых простых системах (в табл. 1 помечено серым цветом: как видно, в данной колонке он *преобладает*). Вместе с тем нет оснований утверждать, что и в этом случае все возможности автоматизации исчерпаны, однако эта тема не является предметом данной публикации.

Задачи каналов 2 и 3, в особенности задача управления конфигурацией и техническим состоянием, являются, по сути, задачами управления структурой потоков. Формирование структуры и ее изменения (реконфигурации) представляются как последовательность работ над фрагментами, имеющими некоторый вполне определенный технологический смысл (ответственными за определенную технологическую функцию). Эти задачи управления слабо формализованы и в системе управления лишь частично представляются событиями, параметрами и командами. Основные этапы выполнения таких задач закрепляются в регламенте, должностных инструкциях и неформальных действиях персонала. В процессе их исполнения персонал использует графическую модель таких фрагментов – мнемосхему и средства дистанционного управления арматурой. Как видно из табл. 1, основные средства, представляемые АСУ ТП для задач каналов 2 и 3, – мнемосхема и тренды по параметрам. Поскольку это графические модели, то они доступны только для визуального анализа, выполняемого персоналом "в уме" с помощью "неформальной базы данных" (НФБД). Таким образом, основные инструменты анализа, НФБД и регламенты находятся вне АСУ ТП, что и демонстрирует рис. 3.

Неформальная база данных фактически является основой всей деятельности оперативного персонала, она более информативна (содержит потоки, их параметры, процессы), аккумулирует и управляет умениями ("ноу-хау") и в то же время, находясь вне АСУ ТП, обладает той особенностью, что эффективность управления с ее использованием полностью определяется *квалификацией персонала* (ее носителя), кроме того, она *не может*

быть доступны вышестоящим информационным системам, какие бы глубокие и сверхсовременные системы коммуникации ни были привлечены для интеграции этих систем. По сути дела, оперативность и точность решения задач управления структурой потоков зависит от субъективного фактора. Следствием этого являются отмеченные выше многочисленные потери в технологии. (Низкий уровень автоматизации этих каналов иллюстрируется соотношением серого и белого цвета в столбцах операторского и супервизорного управления).

II.2. Предложения

Ниже излагаются конкретные предложения по созданию и внедрению подсистем автоматизации управления процессами различного уровня.

II.2.1. Создание SCADA-систем нового поколения

В ИПУ РАН получены теоретические результаты по новым методам управления структурой ТОУ для объектов с поточной технологией. Суть этих результатов заключается в идеологии и аппарате построения логического управления структурой на основе динамического событийного моделирования объекта. Разработаны принципы построения событийных моделей для агрегатов, технологических процессов и технологических сетей, характерных для энергетического производства. Разработаны механизмы функционирования событийных моделей и механизмы управления структурой ТОУ при типичных операциях над ТП: запуск, гашение, реконфигурация и т.п.

Краткое, неформальное изложение сути динамического событийного моделирования структуры потоков и комплексного управления на основе этого моделирования представлено во вводной части раздела II. Ниже мы изложим назначение моделей и приведем более подробное описание схемы управления.

Набор событийных моделей включает модель агрегата, модель технологического процесса и модель структуры производства, т.е. описание технологической сети. Эти модели достаточны для имитации описанной схемы поведения структуры потоковой технологии. В этих моделях, атрибутах и жизненных циклах содержится объем информации, достаточный для управления на ее основе ТОУ.

Модель Технологическая сеть TN предназначена для моделирования структуры производства, целью которого является организация и поддержание требуемых параметров/потоков на их основе (например потоки топлива, теплоносителей, охлаждающей воды, электроэнергии и т.п.).

Модель Агрегат предназначена для представления в АСУ ТП структуры преобразователя потока (узла) и имитации его работы посредством смены состояний жизненного цикла как функции поступающих на него команд и событий. При этом состояния жизненного цикла представляют те операции, что выполняются узлом над входным потоком. Модель узла включает функции (задачи) управления преобразованием потока, проходящего через узел (функции регуляторов, защит, блокировок).

Модель ТП предназначена для представления в АСУ ТП состояний реальных процессов и имитации их выполнения посредством смены состояний жизненного цикла модели как функции поступающих в систему команд и событий. При этом модель характеризуется: структурой; событием и временем начала; событием и временем окончания; основными параметрами потоков в заданной структуре; множеством технологически осмысленных состояний (режимов); условиями (правилами) его запуска и существования; жизненным циклом. Состояния жизненного цикла представляют фазы выполнения процесса: проверка реализуемости, подготовка к выполнению (настройка агрегатов на требуемые операции и запуск обеспечивающих процессов), выполнение технологического процесса в заданном режиме и разборка процесса при наступлении соответствующего события.

Схема управления на основе событийных моделей строится так, чтобы вся функциональность АСУ ТП была направлена на обслуживание запросов моделей ТП, то есть на обеспечение выполнения динамики их жизненных циклов. Процессы, в свою очередь, выстроены вокруг материальных потоков и призваны обеспечить их функционирование в соответствии с тактическими целями производства.

Управление процессами на основе событийной модели схематично представлено на рис. 4. Процедуры управления выполняются блоком АО – автооператором.

При выполнении конкретного технологического процесса АО в событийной модели EM активизирует экземпляр объекта TP_i , который является моделью реального ТП. Что обеспечивается перемещением TP_i из SPP_i в SAP_i . Атрибуты TP_i : структура, состояния жизненного цикла, параметры потока, состояние функций защит и автоматического регулирования – отражают все, что происходит в реальном технологическом процессе во всех фазах его жизненного цикла (проверка реализуемости, запуск, работа в заданном режиме, разборка и т.д.).

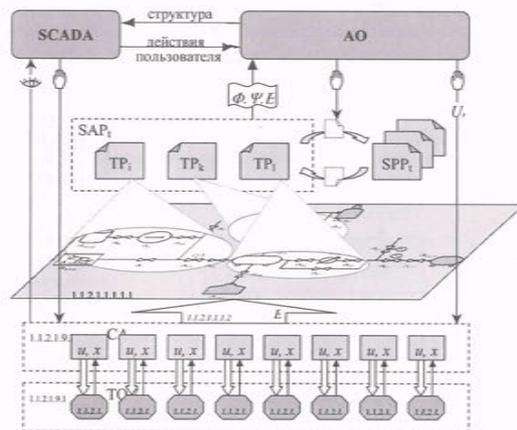


Рис. 4. Схема управления ТП на основе событийной модели

Предлагается следующая схема включения механизмов управления на верхнем уровне АСУ ТП: $TOU \leftrightarrow CA \leftrightarrow [AO \leftrightarrow EM \leftrightarrow MMI \leftrightarrow \text{Оператор}]$ (см. рис. 5). Здесь квадратные скобки обозначают рамки событийной модели. Компонентами событийной модели EM являются модели агрегатов, объединенных в TN – модель технологической сети и модели процессов. Поведение Автооператора (АО) определено так, что вся функциональность АСУ ТП направлена на обслуживание запросов моделей технологических процессов, то есть на обеспечение выполнения динамики их жизненных циклов. Процессы, в свою очередь, выстроены вокруг материальных потоков и призваны обеспечить их функционирование в соответствии с тактическими целями производства.

Следует отметить, что все процессы ведут себя одинаково, обрабатывая подобные жизненные циклы (с точностью до количества и имен конкретных механизмов или исполнителей). Поэтому схема управления выстраивает иерархию процессов, где каждый вы-

шележащий процесс взаимодействует со своими компонентами (которые, в свою очередь, также могут быть процессами) по определенному сценарию (протоколу).

Предложенное комплексное управление по схеме замкнутого контура на основе событийных моделей предусматривает реализацию традиционных функций верхнего уровня средствами SCADA-системы (компонента MMI, взаимодействие с системой автоматизации – СА и т.п. представлены на рис. 5), но вместе с тем предоставляет инструменты для мониторинга, управления и ведения базы данных процессов и событий, с ними связанных; тем самым достигаются цели повышения уровня качества ведения технологических процессов, снижения нагрузки на персонал и обеспечения “прозрачности” АСУ ТП для корпоративных информационных систем.

Проведенный анализ возможностей предложенных методов комплексного управления показывает, что *на их основе целесообразно создание SCADA-систем нового поколения*, обобщенная архитектура которых представлена на рис. 5. Создание систем управления на основе SCADA нового поколения позволит коренным образом повысить уровень автоматизации технологических процессов.

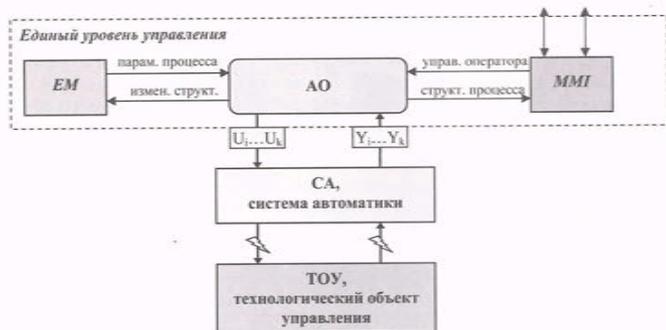


Рис. 5. Обобщенная структура АСУ ТП событийным управлением

В оперативном контуре управления предложенные механизмы потокового управления в SCADA-системах нового поколения позволяют операторскому персоналу работать не с отдельными исполнительными механизмами и агрегатами, а с так называемыми материальными потоками, выделяемыми в процессе функционирования объекта. Это снимает с оператора значительную часть нагрузки по мониторингу и управлению конкретными агрегатами, что, в свою очередь, ведет к снижению аварийных ситуаций, повышению качества выходного продукта и увеличению производительности труда.

Наиболее существенной *новизной* разработанной в ИПУ РАН Концепции комплексного управления является сочетание континуальных моделей динамики параметров потоков и событийных моделей структуры потоков. Определяющей новацией в предлагаемой концепции управления на основе событийных моделей оказывается моделирование поведения ТОУ как совокупности событийных моделей технологических процессов (СМТП). Событийная модель технологических процессов структурирует поведение ТОУ в форме последовательности выполняемых работ с используемыми в этих работах ресурса-

ми и получаемыми в них результатами, а также привязкой к этим работам значений соответствующих параметров продуктов, ресурсов и т.д.

Что даст введение новой сущности – событийной модели технологического процесса – для повышения эффективности управления?

Поднимает уровень управляемости технологии за счет введения стандартных (общих) системных процедур ведения технологических процессов: проверка реализуемости, запуск, наблюдение за ходом выполнения, разборка, сигнализация, срабатывание защит, запуск основным процессом вспомогательных и т.д. Введение потоковой модели ТОУ предоставляет дополнительные возможности контроля деятельности оперативного персонала. Проверку корректности заданий на технологические процессы, использование “потоковых” блокировок и т.п.

Упорядочивает использование ресурсов: ресурс закрепляется за процессом тогда и только тогда, когда процесс реализуем и запускается.

Позволяет реализовать следующие задачи учета и управления ресурсами: контроль выработки моторресурса, планирование ремонта и замены оборудования, учет расходуемых материалов и т.д.

Автоматизирует управление знаниями: предоставляет возможности для контроля над исполнением частично формализованных и полностью “ручных” процедур запуска технологических процессов. Систематизация всех процедур запуска и разборки технологических процессов позволяет оценить уровень автоматизации и степень загрузки персонала.

Обеспечивает возможность осуществления учета работы персонала и качества его работы при ведении технологических процессов.

Увеличивает степень информированности пользователей различного уровня управления (АСУ ТП, АСУП, КИС) о продукте, оборудовании, технологических процессах и т.д.

Открывает возможности управления качеством продукции и технологии, за счет полной контролируемости технологических операций, корректности их проведения и связи с работой персонала.

Каким образом введение СМТП скажется на загрузке технических средств системы управления?

На уровне связи с ТОУ, где реализуются традиционные задачи, локальные сети ПК являются вполне удовлетворительными средствами, однако в плане надежности реализация в форме сети ПК типа PLC более предпочтительна.

Введение СМТП в значительной степени расширяет объем БД и предъявляет к SCADA-системе значительно более жесткие требования к открытости и сопрягаемости с новыми приложениями, реализующими механизмы конструирования и ведения СМТП. В дополнение к традиционным задачам предлагаемое расширение верхнего уровня АСУ ТП позволяет реализовать следующие задачи управления:

1. Управление процессами:

- планирование последовательности конфигураций технологических процессов;
- реализация плана (запуск, гашение);
- оперативное управление текущими процессами.

2. Управление ресурсами:

- учет и контроль выработки ресурса каждой единицей оборудования;
- планирование ремонтов и замены;
- контроль расходуемых материалов.

3. Управление знаниями:

- учет, хранение и анализ типовых конфигураций ТОУ;
- использование “процедур” с участием персонала;

- анализ эффективности работы персонала по критериям качественного ведения ТП (минимум защит, равномерность загрузки оборудования, шадящий режим использования и т.д.).

II.2.2. Система верхнего блочного уровня АЭС

II.2.2.1. Цели создания системы верхнего блочного уровня АЭС

Система верхнего (блочного) уровня АСУ ТП АЭС (СВБУ), создаваемая в ИПУ, – это система автоматического сбора, хранения, представления информации о текущем состоянии технологического объекта управления и автоматизированного дистанционного формирования команд управления механизмами и алгоритмами АСУ ТП.

СВБУ создается с целью обеспечения централизации контроля и управления технологическим процессом для достижения:

- экономически эффективного производства электроэнергии;
- соблюдения эксплуатационных пределов;
- соблюдения пределов и условий безопасной эксплуатации оборудования;
- ограничения радиационного воздействия, обеспечивающего непревышение установленных пределов радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду в нормальных и аварийных условиях;
- улучшения характеристик технологических процессов и работы технологического оборудования;
- снижения трудоемкости эксплуатации оборудования, улучшения ремонтпригодности технических средств, сокращения численности обслуживающего персонала, улучшения потребительских характеристик элементов АСУ ТП;
- улучшения условий труда персонала, сокращения его численности и уменьшения последствий от ошибочных действий операторов.

II.2.2.2. Задачи, решаемые в СВБУ

На основе теоретических исследований существующих методов управления АЭС с реакторами ВВЭР-1000, а также в результате анализа мирового опыта были сформулированы следующие задачи СВБУ:

- 1) Регистрация текущего состояния АЭС и технологических событий, аварийных и переходных процессов.
- 2) Супервизор автоматической противопожарной защиты.
- 3) Представление параметров безопасности.
- 4) Представление обобщенной информации по готовности каналов систем безопасности.
- 5) Контроль водно-химического режима первого контура АЭС.
- 6) Контроль водно-химического режима второго контура АЭС.
- 7) Расчет технико-экономических показателей.
- 8) Ведение протокола текущих событий.
- 9) Представление информации о режимах работы оборудования и автоматики.
- 10) Представление справочной информации.
- 11) Сбор данных о командах персонала.
- 12) Отображение мнемосхем и видеосхем на графических дисплеях.
- 13) Отображение информации для управления на видеодисплеях.
- 14) Аварийная и предупредительная сигнализация на видеодисплеях.
- 15) Регистрация приема, выдачи и обработки управляющих воздействий, введенных в СВБУ, в архиве СВБУ с присвоением им меток времени.

- 16) Регистрация приема, выдачи и обработки управляющих воздействий, введенных при помощи ключей индивидуального управления, в архиве СВБУ.
- 17) Представление информации по расчетным задачам и задачам анализа оперативного состояния и диагностики АЭС.
- 18) Архивация ресурса работы оборудования и диагностики его работы.
- 19) Регистрация и архивация состояния, ремонтов и замен технологического оборудования.
- 20) Регистрация записей операторов и их архивация.
- 21) Распечатка данных за смену и периодических отчетов.
- 22) Управление локальными регуляторами с рабочих станций.
- 23) Контроль и управление режимом технологической защиты (технологической блокировки) с рабочих станций.
- 24) Управление объектами с рабочих станций.
- 25) Управление программами логического управления с рабочих станций.
- 26) Настройка локальных регуляторов с рабочих станций цеха тепловой автоматики и измерений.
- 27) Контроль режима и настройка технологической защиты (технологической блокировки) с рабочих станций цеха тепловой автоматики и измерений.
- 28) Настройка программ логического управления с рабочих станций цеха тепловой автоматики и измерений.
- 29) Сбор и обработка информации о состоянии средств и систем АСУ ТП.
- 30) Диагностика технических и программных средств.
- 31) Ведение единого времени и присвоение метки времени при сборе данных.
- 32) Информационная поддержка управления штатным функционированием системы.
- 33) Операторское управление функционированием СВБУ.
- 34) Автоматическое управление в части автоматического реконфигурирования резервируемых элементов СВБУ и рестарта системы после отказа по общей причине (обесточивания).
- 35) Управление контрольными и диагностическими задачами.

II.2.2.3. Технические основы СВБУ

СВБУ представляет собой распределенную вычислительную систему, основными элементами которой являются автоматизированные рабочие места, дублированные серверы и локальная вычислительная сеть.

Взаимодействие СВБУ со смежными программно-техническими комплексами АСУ ТП осуществляется через шлюзы, подключенные к ЛВС СВБУ, в которых на программном уровне обеспечивается информационная совместимость с СВБУ.

Особенностью взаимодействия элементов СВБУ является применение технологии “клиент-сервер”, в результате чего алгоритм функционирования каждой подсистемы разбивается на совокупность алгоритмов функционирования шлюзов, серверов и рабочих станций, решающих соответствующие им задачи внутри себя и обменивающихся между собой сетевыми сообщениями.

СВБУ рассчитана на обработку не менее 6 тыс. аналоговых и 20 тыс. дискретных сигналов.

СВБУ обладает следующими показателями временной задержки прохождения сигналов:

- на команду оператора – не более 2,0 с;
- на запрос оператора о представлении оперативной технологической информации на экране дисплея – не более 2,0 с.

СВБУ обеспечивает следующие показатели надежности:

- средняя наработка на отказ не менее 10^5 час;
- коэффициент неготовности не более 1×10^{-5} .

СВБУ является полностью российским изделием, построенным на основе только отечественных комплектующих, аттестованных Минатомом РФ. Техническая документация разработана по российским нормам.

Программное обеспечение СВБУ разработано на основе собственных программных компонент ИПУ РАН и свободно распространяемых продуктов, которые верифицированы ИПУ РАН и аттестованы для применения в атомной энергетике.

Все технические решения и программное обеспечение обладают полной лицензионной чистотой, что позволяет ИПУ РАН гарантировать поддержку системы в течение всего срока жизни АЭС (30 лет).

СВБУ производства ИПУ РАН поставлены на АЭС “Бушер” (Иран) в 2003 г., планируется также поставка на АЭС “Кудамкулам” (Индия). Частично программное обеспечение СВБУ поставляется на отечественные АЭС (Ростовскую и Калининскую) и АЭС в Китае.

Применение теоретических и технических решений СВБУ в энергетике и других отраслях может существенно поднять уровень автоматизации задач управления этими объектами.

II.2.3. Автоматизация процессов энергоснабжения

К подлежащим автоматизации технологическим процессам энергоснабжения относятся процессы передачи, преобразования и потребления энергии. Эти процессы существенно проще рассмотренных выше, однако объекты, в которых они протекают, крайне многочисленны, распределены по большим территориям, относятся к предприятиям различной ведомственной принадлежности и финансируются из местных бюджетов. В силу указанных особенностей в этой части энергетической цепочки наблюдаются наибольшие потери энергии. Именно поэтому важное значение приобретает системный подход к управлению энергоснабжением как к единой системе производства, распределения и потребления энергии от отдельного источника до каждого потребителя включительно.

Как сказано во введении, проблемы, возникающие при передаче и преобразовании энергии, связаны с используемым оборудованием, системами автоматизации технологических процессов в преобразователях энергии (тепловых пунктах, трансформаторных подстанциях, насосных станциях и т.д.). Эти вопросы решаются АСУ ТП энергоснабжающих предприятий. В процессе потребления энергии особо отметим контроль за ее расходом. Только измерив полезный отпуск энергии, можно оценить эффективность систем энергоснабжения. В настоящее время начинается активный процесс установки приборов учета у потребителей и создание автоматизированных систем по сбору и обработке данных.

Ниже на примере действующей системы кратко рассматривается подход, предложенный в ИПУ РАН, к созданию системы управления энергоснабжением как единой системы производства, распределения и потребления энергии от отдельного источника до каждого потребителя включительно. Очертит также возможности проектируемой АСКЭПР, одной из функций которой является обеспечение данными рассматриваемой системы управления.

II.2.3.1. Управление теплоснабжением как единой системой производства, распределения и потребления энергии

По заказу Правительства Москвы, Институтом проблем управления разработана и сдана в промышленную эксплуатацию автоматизированная система контроля балансов в теплоснабжении города. В этой системе городская энергетика представляется в виде совокупности цепочек производства, передачи и потребления тепловой энергии от каждого источника в отдельности. Все маршруты транспорта тепловой энергии от ТЭЦ, РТС и малых котельных до каждого строения города представлены в форме электронных схем, организована передача данных из теплоснабжающих предприятий об объемах генерации и потребления тепловой энергии. Система содержит промышленную СУБД Oracle и использует корпоративную вычислительную сеть Управления топливно-энергетического хозяйства г. Москвы. База данных и программное обеспечение позволяют рассчитывать потребление тепловой энергии в строениях города с учетом фактической температуры наружного воздуха, сравнивать эти данные с измеренными приборами учета значениями (на тепловых пунктах и строениях), выполнять анализ обеспеченности строений тепловой энергией, потерь энергии в целом и по объектам (источник, магистраль, тепловой пункт), оценивать эффективность цепочек теплоснабжения, строить распределения объемов потребляемой энергии по отраслям народного хозяйства и тарифным группам, а также информировать жителей города о причинах отключений и сроках ремонтных работ.

По заказу Правительства Москвы Институт проблем управления приступил к разработке АИС сбора и обработки данных о себестоимости процесса теплоснабжения города. Выполнение всего цикла работ позволит получить объективные оценки эффективности процессов теплоснабжения от разных источников энергии, выявить потери энергии и рассчитать необходимые энергосберегающие мероприятия.

II.2.3.2. Автоматизированная система контроля, учета и управления эффективностью производства и распределения мощности и энергии (тепловой и электрической) региональной энергокомпании – АСКУЭПР РЕГИОН

Первым шагом на пути создания технологий в области контроля и учета энергоресурсов является внедрение автоматизированных систем коммерческого учета энергии АСКУ.

Институт проблем управления РАН вместе с организациями-партнерами предлагает свой путь решения задачи снижения расхода топлива на производство заданного количества электроэнергии и тепла в реальном масштабе времени – создание *автоматизированной системы контроля, учета и управления эффективностью производства и распределения мощности и энергии (тепловой и электрической) АСКУЭПР РЕГИОН*.

Осуществляемые в настоящее время проекты АСКУЭПР Мосэнерго и АСКУЭПР Москва являются пилотными проектами. АСКУЭПР Москвы реализуется на основании Распоряжения Правительства Москвы.

Система состоит из:

- подсистемы контроля и учета коммерческих показателей электроэнергии, тепла, топлива и воды (АСКУ);
- подсистемы оперативного расчета топливной составляющей себестоимости электроэнергии и тепла (ОРТС);
- подсистемы расчета оптимальных режимов работы оборудования электростанций и энергосистемы в целом (АСОР).

На наш взгляд, отличительные особенности создаваемой Автоматизированной системы контроля, учета и управления эффективностью производства и распределе-

ния мощности и энергии (тепловой и электрической) в г. Москве (АСКУЭПР) состоят в том, что:

- 1) в пределах энергосистемы создается единое информационное пространство, отражающее историю и текущее состояние фактических и расчетных коммерческих показателей, позволяющее осуществлять контроль за состоянием и изменением баз данных энергоносителей и балансовых составляющих;
- 2) создается возможность выполнять расчеты оптимального режима работы оборудования ЭС по экономическим критериям с учетом экологических и химических режимов (расчетные коммерческие показатели);
- 3) осуществляется интеграция различных подсистем АСКУКП и АСУТП на базе международных стандартов информационного обмена (OLE-OPC-стандарт);
- 4) создается возможность обмена информацией с верхними уровнями интегрированной АСУ ТЭС, энергосистемы, в том числе с выходом на ФОРЭМ4;
- 5) обеспечивается выполнение повышенных требований к информационной безопасности среды.

Полномасштабная реализация системы позволит:

- осуществлять оперативный контроль и управление выработкой электроэнергии и тепла в энергосистеме по экономическим критериям;
- предоставить объективную информацию в реальном масштабе времени коммерческим диспетчерам для принятия решений об эффективной загрузке ЭС;
- снизить затраты на производство электроэнергии и тепла;
- обеспечить единство коммерческих приборов с поставщиками топлива и воды на основе коммерческих показателей;
- вести учет работы энергосистемы на основе коммерческих показателей в 30-минутном цикле.

В настоящее время проводятся работы по внедрению АСКУЭПР Москва на 14-ти московских ТЭС. Выполняются проектные работы, поставка оборудования, монтажные и наладочные работы.

Основными целевыми функциями, которые должна реализовать данная технология, являются:

- автоматизированный контроль показателей технического состояния средств учета энергоресурсов;
- обнаружение факта, локализация места и установление причин выхода показателей состояния этих средств за предписанные границы;
- создание и сопровождение моделей балансов материальных и энергетических потоков ТЭС и энергосистемы;
- создание и сопровождение моделей технико-экономических показателей ТЭП для ТЭС и энергосистемы с целью автоматизации расчетов нормативных и фактических ТЭП в реальном масштабе времени;
- решение задач многокритериальной оптимизации распределения электрических и тепловых нагрузок ТЭС и энергосистемы;
- генерация множества возможных решений оператора-диспетчера АСКУЭПР;
- информационная поддержка оператора-диспетчера;
- верификация знаний о моделях на основе автоматизированного эксперимента и использования баз знаний;
- сквозное моделирование бизнес-процессов производства, распределения и потребления энергоресурсов с целью применения функционально-стоимостного

анализа производства и распределения энергоресурсов на всех уровнях АСКУЭПР.

Основу моделирующего комплекса АСКУЭПР составляют балансовые модели тепловой и электрической энергии, а также балансовые модели сетевой воды, стоков, различные модели баланса по пару и модели ТЭП ТЭС.

II.2.3.3. Разработка и внедрение автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии для работы на Федеральном оптовом рынке электрической энергии и мощности АСКУЭ ФОРЭМ учреждений РАН и Минатома РФ

Институт проблем управления РАН предлагает решение проблемы коммерческого учета электроэнергии для консолидированных потребителей электроэнергии – институтов РАН, расположенных в пределах одного региона. Большинство институтов РАН имеют заявленную электрическую мощность 1-5 Мватт и годовое потребление электроэнергии порядка 50-200 тыс. квтчас и закупают электроэнергию у региональных АО-энерго. При этом тарифы на электроэнергию на ФОРЭМ в 1,5-2 раза ниже тарифов региональных АО-энерго. Поскольку к участию на рынке оптовой продажи энергии допускаются только крупные потребители с заявленной мощностью не менее 20 Мватт и потреблением электроэнергии не менее 100 млн. квтчас, проблему выхода на ФОРЭМ можно решить посредством объединения (консолидации) потребителей энергии. Подобное решение уже планируется для своих учреждений Минатомом РФ, поэтому целесообразно создавать общие АСКУЭ ФОРЭМ для консолидированных потребителей энергии РАН и Минатома РФ. (Пилотные проекты можно было бы реализовать в виде демонстрационной зоны – на базе институтов РАН Москвы и институтов СО РАН).

III. Заключение

В данной работе представлены новые теоретические результаты по перспективным методам управления поточными технологическими процессами и сформулированы предложения по созданию инструментальной системы нового поколения, аккумулирующей в себе новые результаты по методам управления; опыт ИПУ РАН по внедрению конкретных систем автоматизации процессов разного уровня для предприятий энергетики. На основе проведенного анализа *можно утверждать, что внедрение этих результатов позволит коренным образом повысить уровень автоматизации технологических процессов и тем самым повысит эффективность энергетического хозяйства страны.*

Разумеется, создание новых инструментальных средств и соответствующей методологической и нормативной базы проектных работ потребует *существенных инвестиций и организационных решений*, однако, как представляется коллективу разработчиков, эти инвестиции направлены на создание *наукоемкой продукции*, имеют конкретную направленность, окупятся достаточно быстро и *создадут фронт работ для многих учреждений РАН.*

В качестве общих организационных методов решения указанных проблем ИПУ РАН предлагает использовать опыт США в области создания открытых (бесплатных) систем. Суть его состоит в том, что некоммерческие организации (университеты, исследовательские центры) создают высококачественные методические материалы в форме стандартов, пособий, рекомендаций, а также свободно распространяемого программного обеспечения, которое затем передается промышленности бесплатно. Не принося прямого дохода, эта деятельность обеспечивает общее преимущество США в области высоких технологий.

В России роль некоммерческих организаций могут взять на себя *институты РАН*, которые обладают значительным потенциалом и могут *создать для отечественной промышленности интеллектуальный базис во имя увеличения уровня автоматизации и, как следствие, повышения конкурентоспособности.*

Для решения поставленной задачи следует сосредоточить усилия в ряде направлений, и в том числе:

- Проведение исследований и разработка программных продуктов, аккумулирующих в себе новые результаты по методам управления и нацеленных на использование в системах управления; создание механизма постоянного научного сопровождения этих продуктов.
- Разработка стандартов и адаптация международных стандартов к российским условиям в части унификации и обеспечения открытости для систем низовой автоматизации АСУ ТП.
- Проведение исследований, разработка стандартов, адаптация международных стандартов к российским условиям, разработка методик в части создания человеко-машинного интерфейса, обеспечивающего безопасное и эффективное управление.
- Создание механизма свободного распространения алгоритмов управления и программных продуктов. Последнее может обеспечить обобщение и концентрацию опыта по созданию АСУ ТП с последующим распространением его среди заинтересованных пользователей.

Возвращаясь к геометрической метафоре АСУ ТП (пирамиде), нам представляется наиболее удачно представить иерархию компонент в перспективной системе, построенной с использованием управления структурой на основе событийных моделей, в форме гиперболоида, показанного на рис. 6.

Как видно из рис. 6, основание гиперболоида символизирует по-прежнему широкие возможности сопряжения с ТОО; сужение разнообразия средств к центру отражает их типизацию и агрегирование информации и управляющих команд (но не в точку, как в пирамиде). Однако новые модели и задачи существенно расширяют БД системы, и расширение гиперболоида в верхней части отражает значительное расширение сети АРМ профильных специалистов (контур супервизорного управления, задачи и системы АСУП), а верхняя плоскость представляет интеграцию с корпоративной системой управления информацией (КИС).

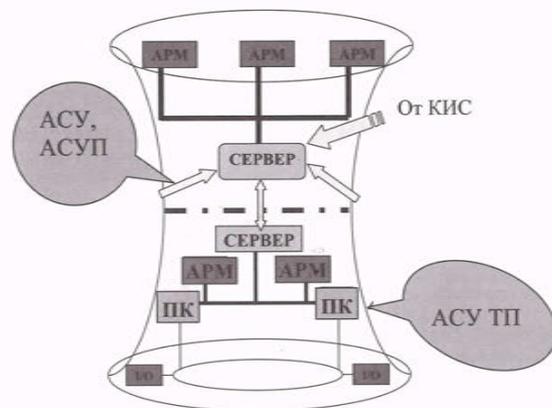


Рис. 6. Обобщенная структура перспективной АСУ ТП

ЦИКЛ РАБОТ ПО РАСШИРЕНИЮ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СРЕДСТВ КОММУНИКАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МНОГОМАШИНЫХ И МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

д.т.н. В.С. Подлазов, д.т.н. Г.Г. Стецюра

Исследования ведутся на протяжении более 25 лет в лаб. №31 ИПУ РАН (Лаборатории распределенных информационно-аналитических и управляющих систем), которой руководил И.В. Прангишвили.

Рассматриваются две проблемы.

Проблема 1. Разработка принципов построения систем, в которых совмещены процессы передачи и обработки данных

Суть совмещения состоит в следующем. В системе создается канал обмена данными, который последовательно проходит через все узлы системы. Пусть, например, требуется вычислить сумму чисел, каждое из которых находится в отдельном узле системы. Тогда первый из этих узлов посылает свое число в канал. Следующий за ним узел при помощи специального сетевого контроллера прибавляет к этому числу хранящееся у него слагаемое. Оставшиеся узлы делают то же самое. Таким образом, по каналу перемещается промежуточный результат, постепенно превращающийся в требуемую сумму. Аналогично выполняются все логические операции, арифметические вычитание и умножение, нахождение максимума. Подробности можно найти в [1-3].

Указанное совмещение обладает следующими свойствами:

- По сравнению с обычным временем передачи данных по каналу на вычисление не тратится дополнительное время. Это ведет к тому, что время выполнения вычисления не зависит от числа участвующих в нем процессоров.
- В распределенных системах обычно приходится затрачивать большое количество энергии на формирование мощных сигналов, посылаемых в канал обмена данными. В нашем случае мощные сигналы посылает в канал единственный внешний источник сигналов, а сетевые контроллеры только переключают этот сигнал между двумя линиями канала. Тем самым изменяется его логическое значение (т.е. 1 переводится в 0 и наоборот).

Поэтому сетевому контроллеру не нужны источники мощных сигналов и в нем не возникает большого рассеяния энергии.

Для организации взаимодействия распределенных устройств в рамках данной НИР были созданы децентрализованные способы управления доступом к ресурсам системы.

Указанные выше методы позволяют эффективно решать следующие задачи:

- Быстрое выполнение в параллельных системах коллективных операций обмена данными и редукции (различного вида свертки данных). В современных системах эти операции наиболее трудоемки и выполняются медленно.
- Существенно ускоряется диагностика и реконфигурация при обнаружении неисправности. Так, за время пересылки пакета данных по каналу удается оповестить все узлы системы о количестве неисправностей и их местонахождении [3].

- Из-за того что не надо формировать мощные сигналы для передачи в канал, появляется возможность создавать микромощные сети датчиков в системах мониторинга.

Отметим, что в отличие от обычной практики, когда вначале выполняются процедуры обеспечения обмена данными и лишь затем начинают работать прикладные программы, здесь вычисления перенесены на самый низкий уровень взаимодействия. Это и позволяет резко ускорить выполнение приведенных выше действий.

Результаты работы получили практическое применение: локальные промышленные сети с перечисленными особенностями эксплуатировались более чем на 20 предприятиях.

Литература

1. *Прангишвили И.В., Стецюра Г.Г.* Микропроцессорные системы М.: Наука, 1980. 237 с.
2. *Прангишвили И.В., Подлазов В.С., Стецюра Г.Г.* Локальные микропроцессорные вычислительные сети М.: Наука, 1984. 176 с.
3. *Стецюра Г.Г.* Методы совмещения вычислений и передачи данных в мультипроцессорных системах и локальных сетях. М.: Институт проблем управления, 2005. 86 с.

Проблема 2. Разработка высокоэффективных коммутаторов для параллельных многопроцессорных вычислительных систем (МВС)

В МВС ПС-2000 для межпроцессорных параллельных обменов данными использовался простой кольцевой коммутатор с ограниченной пропускной способностью. В МВС ПС-2100 планировалось использовать коммутатор со структурой двоничного гиперкуба, который лучше удовлетворял условиям параллельного межпроцессорного обмена данными. Однако в то время для гиперкуба не существовало бесконфликтных способов маршрутизации при произвольной перестановке кадров данных. Возможность возникновения конфликтов снижает пропускную способность коммутатора, ведет к возникновению тупиковых ситуаций при маршрутизации и, как следствие, увеличивает задержки передачи данных.

В лаб. №31 был проведен цикл теоретических работ, направленных на преодоление указанных недостатков. В них решалась следующая задача.

Задача повышения характеристик кольцевого коммутатора за счет увеличения числа колец. Наиболее эффективным оказался подход, основанный на использовании колец разной топологии – с разными последовательностями соединения узлов (процессоров) в кольце. Были исследованы наборы колец с постоянным шагом приращения номеров узлов в каждом кольце, но с разными шагами в разных кольцах. Такие наборы колец образуют мультикольцо.

Были исследованы два вида мультиколец: коммутлируемые и некоммутируемые. В коммутлируемых кольцах имеется возможность переброски кадров между кольцами за счет промежуточной буферизации в узлах. Это свойство является общим для коммутлируемых мультиколец и гиперкубов. В некоммутируемых мультикольцах для передачи кадра выбирается кольцо с кратчайшим маршрутом, по которому кадр доставляется приемнику без промежуточной буферизации. Некоммутируемое мультикольцо обеспечивает минимальные задержки передачи кадров через коммутатор.

Коммутлируемые и некоммутируемые мультикольца позволяют осуществлять параллельную передачу разных кадров по неперекрывающимся участкам каждого из колец. Это позволяет искать условия достижения максимальной пропускной способности мультиколец.

Для некоммутируемого мультикольца рассматривалась сетевая задача передачи кадров при произвольной адресации приемников. В этих условиях удалось найти такой

состав мультикольца, при котором его пропускная способность растет с ростом числа колец не медленнее квадрата их числа и становится прямо пропорциональной числу узлов (процессоров) при небольшом числе колец.

Для коммутируемого мультикольца рассматривалась перестановочная задача передачи кадров, при которой имеет место произвольная, но взаимно однозначная адресация пар источник-приемник. Здесь необходимо найти условия бесконфликтного осуществления произвольной перестановки за минимальное число шагов (тактов).

Эта задача была решена для полных p -ичных мультиколец, в которых шаги колец задаются значениями разрядов p -ичной системы счисления. Для таких мультиколец были построены статические расписания передачи кадров по кольцам, которые обеспечивают бесконфликтную реализацию произвольной перестановки за теоретически минимальное число шагов (тактов).

Полученное решение позволяет разменивать сложность мультикольца (число колец) на его быстродействие (число тактов). В предельном случае при $p = \sqrt{N}$ (N – число узлов) получается однокольцевое мультикольцо.

Бесконфликтные статические расписания для p -ичных мультиколец оказались таковыми же и для обобщенных p -ичных гиперкубов. Тем самым автоматически оказалась решенной задача построения бесконфликтных способов маршрутизации и для двоичных гиперкубов.

Литература

1. Алленов А.В., Подлазов В.С., Стецюра Г.Г. Пропускная способность набора кольцевых каналов. I. Класс наборов колец. Наборы с простыми узлами // *АиТ*. 1996. № 3. С. 135-144.
2. Подлазов В.С. Нарастаемые многокольцевые некоммутируемые сети связи для многопроцессорных вычислительных систем // *Проблемы управления*. 2006. № 2. С. 50-57.
3. Алленов А.В., Подлазов В.С. Пропускная способность набора кольцевых каналов II. Кольцевые коммутаторы // *АиТ*. 1996. № 4. С. 162-172.
4. Подлазов В.С. Условия неблокируемости мультикольцевых коммутаторов и обобщенных гиперкубов на произвольных перестановках. I. Межузловая коммутация. Мультикольца // *АиТ*. 2001. № 8. С. 118-126.
5. Подлазов В.С. Условия неблокируемости мультикольцевых коммутаторов и обобщенных гиперкубов на произвольных перестановках. II. Обобщенные гиперкубы. Внутриузловая коммутация // *АиТ*. 2001. № 9. С. 114-124.

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

А.А. Амбарцумян, доктор технических наук, профессор, академик РАЕН,
А.В. Толстых, доктор технических наук, генеральный директор ассоциации "Рост"

1. Введение

В настоящее время идеология построения систем контроля безопасности технологических процессов претерпевает коренные изменения. Эти изменения связаны не столько с появлением нового типа оборудования для контроля безопасности и ростом производительности оборудования, но в основном с интеграцией всех данных о технологических, производственных, сервисных и бизнес-процессах в единую информационную среду. Переход к такой идеологии в первую очередь обусловлен появлением новых требований к особо опасным производствам, а также стремлением обеспечить наиболее эффективное и безопасное использование технологических и человеческих ресурсов.

Система комплексной безопасности объектов уничтожения химического оружия должна наиболее плотно контролировать технологические, сервисные и управленческие процессы на объекте. Поэтому к разработке системы безопасности привлекаются самые современные средства и методы в организации таких систем, самое современное и надежное программное и техническое обеспечение.

Такая система должна удовлетворять ряду обязательных требований:

- автоматизированный сбор, передача, обработка информации, ее агрегирование в целях оперативного анализа и принятия управляющих решений в масштабах предприятия; оптимизация профилактических мер предотвращения нештатных ситуаций;
- оценка, анализ и прогнозирование уровня безопасности, причин и мест ее снижения;
- высокая оперативность реакции и принятие решений при снижении уровня безопасности;
- обеспечение обработки и анализа больших объемов информации, сопряженных с деятельностью цехов основного и вспомогательного производства, сервисных служб;
- повышение общего уровня безопасности технологических процессов.

Создание на предприятии глобальной информационной системы контроля безопасности технологического процесса обеспечивает сбор и обработку информации по всем уровням управления производством – от технологического процесса утилизации до управления процессами организации производства.

Таким образом, построение интегрированной системы контроля и управления безопасностью на предприятиях уничтожения химического оружия является сложной и ответственной задачей в связи с тем, что необходимо учитывать особые требования по организации и ведению технологического процесса, требования к надежности контролирующего оборудования и программного обеспечения, требования к организации работ персонала.

Обозначения на укрупненной технологической схеме ОУХО и краткие пояснения к основным материальным потокам представлены в приводимой ссылке¹⁰.

В постановках задач для АСУ ТП (проект) ОУХО п.Почеп, определены традиционные уровни автоматизации управления – степени участия операторов в управлении технологическими процессами различных переделов [2, 3]:

- **автоматическое** управление процессами транспортировки, контроля состояния, распаковки контейнеров, раснаряжения БП (ПЛР), промывки и термической обработки корпусов БП (ПЛТУ), параметрами установки детоксикации ОВ и установками приготовления промывочных жидкостей, приготовления химвалянтов и т.д.;
- **автоматическое управление по срабатыванию защиты** отсечной арматурой и приводами, влияющими на параметры процессов, определенных в ДБ как источники НС (нежелательных событий);
- **автоматизированное** управление установками с непрерывно-поточной технологией и складскими системами (СВК, СМ, СРМ);
- **автоматическая** координация оборудования, обрабатывающего потоки “изделий” и “материалов”;
- **автоматизированное** управление координацией (в режиме супервизорного управления) технологией производства в целом и параметрами установок;
- **“ручная” перенастройка** и автоматизированный “проегон” с местного пульта управления оборудования раснаряжения при техническом обслуживании, ремонте и смене типоразмера БП;
- два уровня оперативного управления процессами: уровень операторов установок и переделов и уровень операторов-технологов;
- **“ручная” обработка** и сбор пролива ОВ и “грязных растворов” в зонах обработки ПЛР и ПЛТУ и детоксикации при НС, связанных с проливом ОВ.

Автоматическое управление обеспечивается соответствующими устройствами (АУ-ПЛК – для систем нормальной эксплуатации, ПАЗ – для систем аварийной защиты).

Автоматизированное управление для различных каналов (объектов) управления использует различный арсенал средств и методов. Однако традиционный перечень постановок задач (фактически “ывалку”) не раскрывает того, каким образом предлагаемые инструменты обеспечивают управление каждой компонентой каналов.

¹⁰ Собственно материальные потоки начинаются с приема контейнеров с ж/д вагонов, включают контроль их состояния, участок обработки некондиционных контейнеров и боеприпасов (БП), склад временного хранения – СВХ некондиционных контейнеров; далее контейнеры с БП поступают на поточные линии раснаряжения – ПЛР (4 линии). После ПЛР поток материалов разделяется на 4 составляющих:

- ОВ – отравляющие вещества, которые поступают в систему детоксикации, после которой в виде реакционной массы (РМ) поступают на склад реакционных масс (СРМ) и далее в ж/д цистерны;
- корпусов БП, которые обрабатываются на поточной линии термообработки и уничтожения корпуса – ПЛТУ, после которой в виде металлолома поступают на склад и далее в ж/д вагоны;
- тары, направляемой в печь и системы очистки дыма (СОД);
- возвратных контейнеров, направляемых на склад СВК и далее в ж/д вагоны.

Кроме перечисленных основных потоков материалов технология предусматривает сбор газовых слудок на оборудовании всех стадий, сопряженных с ОВ, с последующей обработкой газов в системе многоступенчатой очистки (СОГ) и сбор протечек жидкостей, с последующей их детоксикацией.

2.3. Барьеры обеспечения безопасности

Средства обеспечения безопасности, предусмотренные в ОУХО, логично и, по нашему мнению, даже необходимо представить как некоторую последовательность барьеров (см. рис. 2), предотвращающих возникновение аварийных ситуаций.



Рис. 2. Барьеры и инструменты управления предотвращением аварийных ситуаций

Первым барьером является выполнение логики технологических процессов (ТП) и поддержание их параметров в допустимом диапазоне для всего оборудования и процессов ОУХО. Гарантией выполнения этого является полное исключение человеческого фактора и надежность средств АСУ ТП. Инструментом, обеспечивающим это, является **автоматическое управление (АУ и АЛУ)**.

Вторым барьером является обеспечение исправности оборудования, что достигается соблюдением норм эксплуатации и техобслуживания, включая замену съемных компонент (всевозможных фильтров). Со стороны управления это обеспечивается операторским управлением, регламентами, административным управлением ремонтным персоналом, должностными инструкциями, что, по сути, является **управлением техническим состоянием оборудования**.

Третьим барьером обеспечения безопасности является выполнение действий в аварийных ситуациях для НС, определенных в Декларации безопасности (**управление**

процессами в аварийных ситуациях). Эти меры включают: обнаружение НС, локализацию процесса, ликвидацию последствий, переход в штатный режим. Основным инструментом обнаружения и локализации в ТЭО для ОУХО являются система Противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) и операторское управление. Ликвидация последствий – это, как правило, административное управление персоналом, производящим ремонт и дезактивацию в соответствии с регламентом и должностными инструкциями.

2.4. Оснащенность барьеров безопасности инструментами управления

Проведем критический анализ оснащенности управления в приведенных выше барьерах безопасности. Анализ опирается на постановки задач для АСУ ТП.

С целью выявления фактической картины оснащенности предлагаем рассмотреть этот арсенал средств для каждого барьера безопасности с разделением по типу объекта управления в канале. При этом будем различать следующие 3 объекта (канала) управления:

- **Управление параметрами** и/или характеристиками (свойствами) изделия. Это управление реализуется в каналах автоматического регулирования (уровня, температуры, давления, расхода и т.п.) и автоматического логического управления механическим оборудованием. В составе АСУ ТП эти управления реализуются различными регуляторами и АЛУ на нижнем уровне (КИПиА, ПЛК).
- **Управление структурой** (конфигурацией) объекта – целенаправленное изменение состава активных элементов объекта и связей между ними. Управление конфигурацией используется при пусках и остановах установок, при маневрировании производительностью, при техническом обслуживании, ремонтах. Это управление реализуется оперативным персоналом АСУ ТП в основном средствами дистанционного управления (ДУ) и/или обходчиками для незлектрофицированной арматуры.
- **Управление персоналом** (административное управление): приказы, распоряжения, оценка их исполнения, распределение ролевых функций и обучение персонала, планы и оперативные воздействия (указания) на персонал.

Кроме того, анализ проведем по фазам: сбор данных, анализ, выбор управляющего воздействия и его выполнение.

Оснащение указанных схем управления средствами автоматизации в каждом из барьеров безопасности отобрано в табл. 1, в которой по вертикали выделены зоны для каждого из трех барьеров. Управление в каждом барьере безопасности в табл. 1 представлено раздельно как по типам (перечислены выше), так и по упомянутым фазам: сбор данных, анализ, выбор управляющего воздействия и выполнение. В клетках таблицы указаны средства (инструменты), используемые при выполнении функции фазы.

Как видно из табл. 1, **зона 1 (1-й барьер – Управление процессами в нормальном режиме)** “мощно” оснащена средствами автоматизации. В управлении параметрами здесь полная автоматизация – АУ. В управлении структурой потоков для непрерывно-дискретных переделов в основном предусмотрено дистанционное управление от оператора.

При анализе ситуации оператор использует мнемосхему на экране АРМ и тренды параметров. Выбор решения основывается на регламенте – внесистемном средстве (ВС и белая клеточка), но выполнение автоматизировано (А/2): используется мнемосхема на экране АРМ и “всплывающая” панель управления.

Следует заметить, что дистанционное управление предусматривается в довольно большом объеме: практически для всей запорной арматуры, при пуске реакторов,

абсорберов, насосов, промывке трубопроводов реагентом и дегазирующим раствором, циркуляции реакционной массы.

Оснащенность **2-го барьера – Управление техническим состоянием** (ремонт и профилактика – регламентируемые ДБ), представлено в табл. 1 – **зона 2**. Здесь управление автоматическое только частично, в сборе данных; автоматизировано (А/2) в части анализа состояния по мнемосхемам и трендам параметров; выполнение остальных фаз основано на внесистемном средстве – **регламенте**, административное управление – еще и **на должностных инструкциях, распорядительной информации** от администрации и **отчетной** от исполнителей.

Третий барьер. Управление процессами в аварийном состоянии (см. табл. 1 – **зона 3**) полностью автоматическое в части управления параметрами (работают устройства ПАЗ) и автоматически включается отсечная арматура и механизмы герметизации). В остальном ситуация аналогична второму барьеру: автоматизировано (А/2) в части анализа состояния по мнемосхемам и трендам параметров; выполнение остальных фаз основано на внесистемном средстве – **регламенте**, административное управление – еще и **на должностных инструкциях, распорядительной информации** от администрации и **отчетной** от исполнителей.

Из содержания табл. 1 следует, что выполнение обслуживающим персоналом процедур, отмеченных **прямым жирным шрифтом**, технически не контролируется.

Таблица 1. Интегральная картина оснащенности средствами автоматизации барьеров безопасности ОУХО

		Сбор данных	Анализ	Выбор управляющего воздействия	Выполнение
Барьер безопасности 1 “Управление процессами в нормальном режиме”	Управление параметрами	АУ	АУ	АУ	АУ
	Управление структурой	Д	АУ	АУ	АУ
НД		АУ	А/2: МнСх,	ВС: Регламент	А/2: МнСх, панели упр.
Барьер безопасности 2 “Управление техническим состоянием оборудования”	Управление параметрами	АУ	А/2: МнСх, Тренды	ВС: Регламент	А/2: МнСх, панели упр.
	Управление структурой	АУ	А/2: МнСх, тренды	ВС: Регламент;	ВС: Регламент;
		А/2: МнСх			
Управление администр. процессами	А/2: МнСх; визуальный контроль	ВС: Регламент; Долж. Инструкции	ВС: Регламент; Долж. Инструкции	ВС: Регламент; Долж. Инструкции	
Барьер безопасности 3 “Управление процессами в аварийном состоянии”	Управление параметрами	АУ (ПАЗ)	АУ (ПАЗ)	АУ (ПАЗ)	АУ (ПАЗ)
	Управление структурой	А/2: МнСх; визуальный контроль	А/2: МнСх, тренды	ВС: Регламент	ВС: Регламент
	Управление администр. процессами	А/2: МнСх; визуальный контроль	ВС: Регламент; Долж. Инструкции	ВС: Регламент; Долж. Инструкции	ВС: Регламент; Долж. Инструкции

2.5. Выводы по результатам анализа

1. Большинство фаз управления барьерами безопасности основывается на действиях оперативного и административного персонала. Это является слабым звеном в обеспечении безопасности, поскольку известна статистика техногенных аварий: в 80 % случаев причина аварии – ошибки персонала; 20 % случаев – отказ техники (фактор 80/20 [4]).

2. Разработчики систем автоматизации полагают, что надежное выполнение базовых функций управления является гарантией качественного выполнения технологического процесса и тем самым будет обеспечена требуемая безопасность (барьер 1). Вместе с тем известно, что гарантированное исполнение функций контроля и управления возможно только при выполнении всех требований эксплуатации, в том числе и обслуживания систем контроля и управления. Поэтому вероятностные расчеты надежности исполнения базовых функций управления, приведенные в Декларации безопасности (ДБ), основаны на допущении выполнения всех профилактических мероприятий по обслуживанию. *Контроль же за этими мероприятиями не входит в функциональность АСУ ТП и не заявлено, включен ли он в АСУП. Таким образом, можно утверждать, что вопросы управления безопасностью при традиционном (функциональном) подходе к конструированию АСУ ТП выпадают за рамки системы управления.*

3. Имеет место “лоскутный” подход к инструментам обеспечения безопасности, выражающийся в разнесении задач управления оборудованием и процессами к АСУ ТП, а задач обслуживания оборудования – к АСУП. Вследствие этого:

- соответствующие регламенты разнесены по разным службам;
- в томе постановок задач АСУП нет планирования и контроля процессов обслуживания, в том числе и процессов, заявленных в ДБ;
- в постановках задач (а следовательно, и функциональности АСУ ТП) не заявлены задачи опробования оборудования систем обеспечения безопасности, работающих в ждущем режиме (функционирующих только в барьере 3).

4. Управление структурой потоковых технологических процессов (ТП) средствами ДУ (индивидуального дистанционного управления приводами исполнительных механизмов) является следствием отсталой методологической базы проектирования АСУ ТП. Для управления используется “бедная” модель структуры: параметры, состояние аппаратуры и графическое представление структуры – мнемосхема, пригодная лишь как “подсказка” для визуального анализа. Вместе с тем известны методы логического управления структурой на основе событийных моделей, в которых структура моделируется сетью, а поведение сети и компонент (агрегатов и технологических процессов) имитируется жизненными циклами, что позволяет автоматизировать процесс управления формирования структуры потоковых ТП (разработка ИПУ РАН по логическому управлению [5-9]).

5. Регламент составляет около 1/2 всех инструментов в управлении барьерами 2 и 3 и это внесистемное средство. Вместе с тем значительная часть регламентов может быть включена в состав АСУ ТП, как активные сценарии, на основе тех же событийных моделей (упомянуты в п. 4), что значительно ограничит роль оператора в управлении структурой ТП, особенно в режимах пуска, останова и ввода резерва во всех трех барьерах обеспечения безопасности.

6. В системе управления отсутствуют механизмы формирования целостной картины состояния с безопасностью в конкретный момент времени (критерий безопасности). Вместе с тем известны механизмы комплексного оценивания, которые позволяют по набору различных объективных, но несопоставимых показателей формировать единый показатель (разработки ИПУ РАН по теории активных систем).

7. Положения и выводы ДБ основаны на экспертных оценках частоты появления (вероятности) нежелательных событий. В процессе эксплуатации реальная картина может быть иной, однако нет механизмов корректировки расчетов и рекомендаций ДБ, направленных на обеспечение безопасности.

8. Заложена в системы управления функциональность и концепция интеграции на уровне БД при отсутствии функциональной интеграции (что следует из постановок задач, приведенных в ТЭО) явно недостаточны для обеспечения безопасности.

3. Ключевые положения

Системы Предупреждения Аварийных Ситуаций (СПАС)

3.1. Необходимость создания независимой СПАС

К основным причинам необходимости введения СПАС как специального контура управления безопасностью следует отнести:

1. Высокая токсичность и взрывопожароопасность веществ, участвующих в технологическом процессе.
2. Критичность к нарушениям баланса материалов в потоках в технологических цепочках агрегатов, складов и транспорта.
3. Работа в условиях предаварийных и аварийных состояний отдельных технологических агрегатов и комплексов, вывод в безопасное состояние участков (установок) при возникновении аварий, останова ОУХО в целом или отдельных его технологических комплексов.
4. Непосредственная для персонала и экологическая опасность нарушений номинальных условий функционирования многих технологических агрегатов.
5. Необходимость в непрерывном контроле санитарного состояния производственных помещений и окружающей среды; территориальная рассредоточенность технологических объектов в промзоне.
6. Значительные объемы экономических потерь от попадания оборудования в аварийные состояния и от простоев ОУХО.

Обеспечение предупреждения аварийных ситуаций – это комплексная проблема функционирования потенциально опасного предприятия, и ее решение должно согласованно поддерживаться всеми уровнями управления. Однако цели систем управления технологией и производством, с одной стороны, и цели СПАС – с другой, конфликтуют между собой (например, относительно соблюдения плана-графика рассаряжения). Разрешением этой коллизии является создание *Системы предупреждения аварийных ситуаций – СПАС, независимой*¹¹ от АСУ ТП и АСУП (независимой, но тесно взаимодействующей с последними).

Создание СПАС представляет инструменты для выполнения п. 10, абзац 3 и п. 11, абзац 5 Постановления Правительства РФ “О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций” [1], поскольку является техническим интеллектуальным средством оснащения на “объектовом уровне структурных подразделений или работников организаций, специально уполномоченных решать задачи в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций”.

¹¹ Такой подход является общепринятым, например, в атомной энергетике. Более того, в некоторых системах управления (СУ) принято СУ безопасностью реализовать на отличных от штатных СУ физических принципах. Кроме того, выделение СПАС в самостоятельную систему является, по сути, реализацией в технической системе принципа независимых ветвей власти в управлении обществом.

3.2. Методологические предпосылки СПАС

Создание системы, тесно взаимодействующей с уже работающими традиционными системами, сопряжено с системотехническими проблемами, прежде всего, это структурирование функций.

В программировании, а затем в системотехнике ПО в последнее время основным методологическим приемом в конструировании систем является объектный подход.

Объекты, как основные и единственные “кирпичики” в конструировании системы, аккумулируют: данные, функции (методы), их обрабатывающие и интерфейс. Объекты обладают целым рядом достоинств (наследование, инкапсуляция и т.п.).

Уделите внимание на главное – функциональной политике объекта как элемента вычислительной среды:

- субъект обработки – данные;
- где взять – входной интерфейс;
- что делать – метод;
- куда отправить – выходной интерфейс.

Нам представляется продуктивно применить этот подход к конструированию архитектуры интегрированной системы управления предприятия (системы, включающей АСУ ТП, АСУП, и СПАС и т.д.), однако абстрактное понятие “объект” необходимо наделить “управленческой спецификой”.

Применительно к управлению аналоговой компонентой является контур управления. Понятие “контур управления” широко используется в автоматическом регулировании в структурном представлении совокупности компонент, представляющих динамику системы (совокупности: объект управления и регулятор).

Определим контур управления как совокупность информационных, программных, организационных и иных компонент, участвующих в достижении какой-либо цели управления – от сбора данных до выдачи управляющих воздействий.

Таким образом, контур – это интегральная сущность управления – от сбора информации до выполнения команды (алгоритма) управления. Это дает возможность анализировать совместно на полную, непротиворечивость и эффективность все функции, участвующие в “работе” контура, но разнесенные на разные “полочки” средств системы управления.

Основная идея предлагаемого подхода к созданию интегрированной системы управления заводом УХО заключается в **представлении Интегрированной системы как совокупности параллельно действующих контуров управления**¹². Следует подчеркнуть, что этот методологический прием, прежде всего, проявляется в проекте архитектуры системы на этапе разработки функциональной структуры, то есть на этапе анализа целей системы в качестве инструментов (механизмов) их (целей) достижения вводятся контуры управления – КУ. В каждом контуре управления посредством анализа “от обратного” определяется совокупность функций и данных для их реализации, а

¹² Под интегрированной системой объекта УХО будем понимать систему, включающую традиционные системы:

- АСУ ТП;
- автоматизированная информационно-управляющая система производством – АСУП;
- система оперативно-диспетчерского управления – СОД;
- автоматизированная система обучения – АСО “Тренажер”;
- автоматизированная система экологического мониторинга – АСЭМ;
- система контроля для международных инспекторов – СКМИ;
- автоматизированная система управления пожарной безопасностью – АСУПБ;
- и предлагаемую систему предупреждения аварийных ситуаций – СПАС.

затем выбираются средства реализации функций и тем самым формируется функциональная структура.

Представляется достаточным следующий набор контуров для ИСУ ОУХО (см. рис. 3).

3.2.1. Контур автоматического управления и измерения

Состав и структура этого контура определяются постановками задач:

- сбора данных – по всем переделам;
- автоматической сигнализации – по всем переделам;
- автоматического логического управления – для задач управления оборудованием и структурной дискретных потоков (на рис. 1 – ПЛР, ПЛТУ, ПТМ, склады СВХ, СВК, СМ);
- автоматического регулирования – для задач управления параметрами непрерывных потоков ОВ, РМ, газов, дыма, растворов и т.д. (на рис. 1 – Детоксикация, СОГ, СОД, Обеспечивающие процессы);
- технологических защит и блокировок – для всех переделов;
- **автоматического управления** оборудованием и системами обеспечения технологической безопасности.

3.2.2. Контур операторского управления

Состав и структура этого контура определяются постановками задач операторского управления во всех режимах работы объекта и основывается на:

- модельном представлении структуры ТОУ (логической и визуальной);
- наборе технологических процессов как допустимых конфигурациях ТОУ и режимов их работы;
- модели регламента как активного сценария.

В контуре решаются задачи:

- **автоматизированного управления установками** с непрерывно-поточной технологией и складскими системами;
- **автоматизированной координации оборудования**, обрабатывающего потоки “изделий” и “материалов”;
- **автоматизированного управления оборудованием** в соответствии с регламентом при нештатных ситуациях.

Реализация представленных контуров осуществляется в составе АСУ ТП объекта УХО.

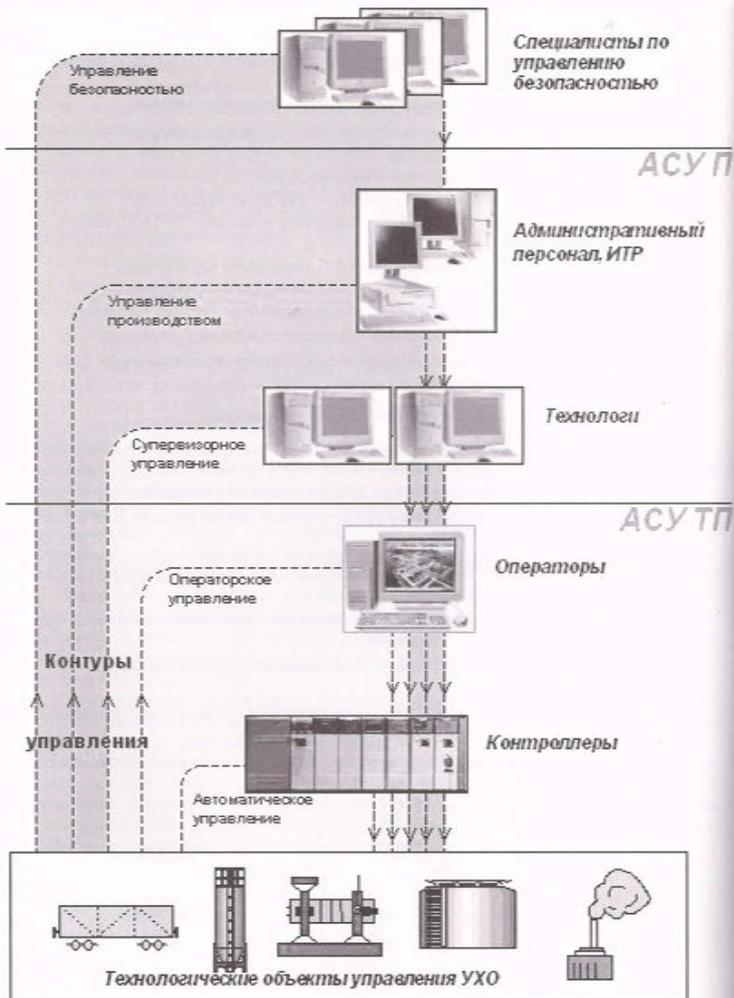


Рис. 3. Контур управления ОУХО

3.2.3. Контур технологического супервизорного управления

Состав и структура этого контура определяется постановками задач супервизорного управления во всех режимах работы объекта и основывается на:

- модельном представлении структуры ТОУ (логической и визуальной),
- наборе ТП (допустимых конфигурациях ТОУ);
- модели регламентов;
- модели координации и оптимизации процессов.

Контур обслуживает операторов-технологов для решения задач:

- координации (в режиме супервизорного управления) технологией производства в целом;
- определения параметров установок и оптимизации режимов детоксикации при переналадке линий на различный тип боеприпасов.

Реализация этого контура осуществляется частично в АСУ ТП, частично в АСУП.

3.2.4. Контур управления предприятием (АСУП, управление финансами, персоналом)

Состав и структура этого контура определяется постановками задач и описанием бизнес-процессов ТОРО – технического обслуживания и ремонта оборудования, в том числе и в соответствии с рекомендациями ДБ.

3.2.5. Контур управления безопасностью

Состав и структура этого контура определяется постановками задач контроля и управления барьерами безопасности. Поскольку введение этого контура является отличительным положением предлагаемой концепции Интегрированной системы объекта УХО, то его описание вынесено в отдельный раздел. Реализация этого контура и образует СПАС.

3.3 Облик СПАС

СПАС предназначена для:

- динамического мониторинга всех средств, обеспечивающих безопасность;
- обнаружения НС, НИ, АС¹³;
- сбора статистики по НС, НИ, АС и анализу ее соответствия допущениям Декларации безопасности; формирования *интегрального критерия состояния безопасности ОУХО*;
- информационной поддержки специалистов по безопасности, включая выдачу рекомендаций по профилактике НС; контролю работы ПАЗ;
- контроля выполнения процессов ТОРО – технического обслуживания и ремонта оборудования, важного для безопасности;
- поддержки управления блокированием развития НС в АС и ликвидацией АС на основе активных сценариев.

¹³ Напомним, нежелательное событие (НС) – поломка технологического оборудования, отказ системы управления, ошибки оператора и т.д., приводящие к возможности возникновения аварийной ситуации. Аварийная ситуация (АС) – появление жидкого, парообразного ОВ в местах, не предусмотренных технологическим процессом улавливания ОВ. События от исходного НС до АС называют нежелательными инцидентами (НИ).

4. Заключение

Создание СПАС на базе сформулированного облика решает задачи обеспечения безопасности на основе концепции комплексного управления ОУХО, что позволяет сбалансировать оснащение:

- технологий;
- административных процессов обслуживания оборудования и ликвидации последствий нежелательных инцидентов;
- процессов обеспечения безопасности, –

средствами автоматизации и тем самым создает реальную основу для предотвращения возникновения аварийных ситуаций.

В ИПУ РАН в течение последних 20 лет с разной степенью интенсивности ведутся работы по автоматизации процессов разного уровня в промышленности страны. Накоплен опыт разработки конкретных систем управления (в содружестве с отраслевыми НИИ и проектными организациями). Получены теоретические результаты по новым, более перспективным методам управления поточными технологическими процессами [5-9], которые позволяют перейти от управления с помощью принятых сегодня жестких алгоритмов к управлению по гибкой схеме с обратной связью на основе динамического событийного моделирования структуры производства и процессов. Определяющей *новизной* в разработанной в ИПУ РАН Концепции комплексного управления является сочетание континуальных моделей динамики параметров потоков, событийных моделей структуры потоков и сценарных моделей административных процессов обслуживания оборудования. Эти результаты могут служить основой создания системы автоматизации ОУХО, охватывающей технологию, производство, безопасность, ориентированной на предотвращение возникновения аварийных ситуаций и полностью соответствующей требованиям документа "О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций" (Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2003 г., [1]).

Литература

1. Постановление Правительства РФ "О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций" от 30 декабря 2003 г. №794.
2. *Прангивили И.В., Амбарцумян А.А.* Научные основы построения АСУ ТП сложными энергетическими системами. Издательство "Наука", г.Москва, 1992 г.
3. *Прангивили И.В., Амбарцумян А.А.* Основы построения АСУ сложными технологическими процессами. Издательство "Энергоатомиздат", г. Москва, 1994 г.
4. *Прангивили И.В.* Системный подход и общесистемные закономерности. Издательство "СИНТЕГ", г. Москва, 2000 г.
5. *Амбарцумян А.А.* Логическое управление технологическими процессами на основе обратной связи по отклонению. Научно-технический журнал "Информационные технологии в проектировании и производстве" № 4, 2001.
6. *Амбарцумян А.А., Казанский Д.Л.* Управление технологическими процессами на основе событийных моделей / АнТ, № 10, 11, 2001.
7. *Амбарцумян А.А., Потехин А.И.* Разработка механизмов управления объектами с поточной технологией на основе событийных моделей каналов / АнТ, № 4, 2003.
8. *Амбарцумян А.А., Браништов С.А.* Методика иерархического структурирования событийных моделей технологических процессов // Научно-технический журнал "Информационные технологии в проектировании и производстве" № 2, 2003.
9. *Амбарцумян А.А.* Логическое управление потоковыми технологическими процессами по схеме замкнутого контура с динамическими событийными моделями. Сборник "Труды Института проблем управления РАН, том XX", Москва, 2003.

СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОБЪЕКТАХ УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

А.Ю. Ефремов, А.Е. Куделин, Ю.С. Легович

Введение

Экологический мониторинг представляет собой систему наблюдения, оценки, прогноза состояния окружающей среды и информационного обеспечения процесса подготовки и принятия управленческих решений. Основная задача системы экологического мониторинга заключается в получении количественных оценок воздействия загрязнения окружающей среды на состояние природных экосистем, популяций и организмов растительного и животного мира [1].

В составе экологической информации выделяются первичные данные о состоянии окружающей среды и природных ресурсах территории, получаемые при ведении экологического мониторинга, их аналитические обобщения в территориальном разрезе, прогнозные оценки, нормативно-методические материалы, показатели и характеристики воздействий на окружающую среду. Эти данные отличаются разнообразием вида и формы – это могут быть пространственно-распределенные данные, информационные материалы в цифровой или текстовой форме, для которых характерна привязка к определенным точкам (пунктам) наблюдений, и другие типы данных. Оперативная обработка такого значительного объема разнородных данных традиционными методами крайне затруднительна и неэффективна, а в ряде случаев просто невозможна. Представляя информацию в графическом виде, с помощью электронных карт, показывающих местоположение объекта и их свойства, можно достигнуть настолько большой выразительности, что их интерпретация выполняется достаточно просто.

Основной задачей системы визуализации экологической информации (СВЭИ) является получение максимальной наглядности представления существующей информации, обеспечение возможности проведения анализа полученных данных. Визуализация информации, накопленной в базе данных, делает ее доступной большому количеству специалистов, упрощая процессы сравнения, выявления тенденций и отклонений [2].

Цель статьи заключается в описании принципов организации и функциональных возможностей СВЭИ, реализованной на трех объектах уничтожения химического оружия (п. Горный Саратовской области, п. Камбарка Удмуртской республики, п. Мародыковский Кировской области).

Основные функции системы визуализации

Основная задача любой СВЭИ состоит в визуализации взаимосвязей между большим количеством показателей. В данной СВЭИ используются два варианта графического отображения: настраиваемые столбиковые или секторные диаграммы или отображения в форме произвольно задаваемого количества графиков. Пользователи могут изучать данные на экране, используя инструменты пошаговой аналитической обработки или просто выделяя показатели для сортировки и исследования. Динамическая, настраиваемая цветовая гамма позволяет лучше демонстрировать качественные взаимосвязи между показателями, а также автоматически выделять отклонения. Благодаря этим возможностям, эколог может легко определять показатели, оказывающие наибольшее влияние на экологическую обстановку.

1. Блок-схема СВЭИ

В качестве источников информации, обрабатываемых СВЭИ, используются:

- автоматические стационарные посты контроля (АСПК) атмосферного воздуха, оснащенные автоматическими газоанализаторами;
- передвижные лаборатории (ПЛ) контроля параметров атмосферного воздуха, оснащенные автоматическими газоанализаторами;

По каналам связи информация поступает в базу данных реального времени, которая обеспечивает хранение данных, принятых за последние 24 часа, затем информация передается в центральную базу данных системы экологического мониторинга. Из базы данных реального времени информация поступает в следующие блоки:

- блок обработки и представления информации центральной метеостанции;
- блок мониторинга ПЛ;
- блок моделирования распространения отравляющих веществ (ОВ) в почве;
- блок моделирования перемещения облака ОВ.

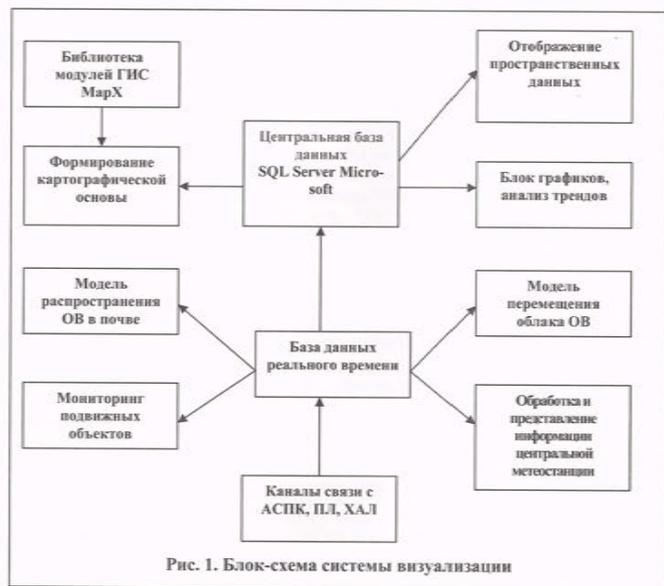


Рис. 1. Блок-схема системы визуализации

Блок-схема СВЭИ приведена на рис. 1. Информация центральной базы данных используется в следующих блоках:

- блок формирования картографической основы СВЭИ;
- блок отображения пространственных данных;
- блок графиков и анализа трендов.

2. Основные функции системы визуализации

Основные функции СВЭИ можно подразделить на две группы:

1. Контроль экологических параметров:
 - отображение текущих значений загрязняющих веществ во всех пунктах экологического контроля;
 - отображение текущих значений метеопараметров во всех пунктах экологического контроля;
 - графическое отображение изменений значений метеопараметров и загрязняющих веществ в реальном времени (тренды);
 - формирование обобщенных данных;
 - отображение траекторий движения передвижных лабораторий (ПЛ);
 - формирование информации для поддержки принятия решений.
2. Контроль работоспособности технических средств:
 - отображение последних значений температур внутри автоматических стационарных пунктов контроля (АСПК) и передвижных лабораторий;
 - отображение тенденций изменения температурных параметров внутри АСПК и ПЛ;
 - отображение списка контролируемых событий для АСПК и ПЛ.

3. Картографический интерфейс базы данных

Вся информация, поступающая в Центр обработки данных, накапливается в базе данных SQL Server Microsoft, позволяющей вести поиск одновременно по нескольким связанным между собой таблицам атрибутивных данных. Доступ к данным осуществляется посредством цифровой карты (рис. 2), предназначенной для визуализации, выполнения пространственных запросов, поиска данных и представления их для ГИС-анализа. Для визуализации пространственных данных источники получения экологической информации, представленные графическими символами, привязываются к географическим координатам:

- Место отбора проб для анализа в химико-аналитической лаборатории (ХАЛ).
- Метеостанция.
- Передвижные лаборатории.
- АСПК.
- Точки отбора проб передвижными лабораториями по границе санитарно-защитной зоны.

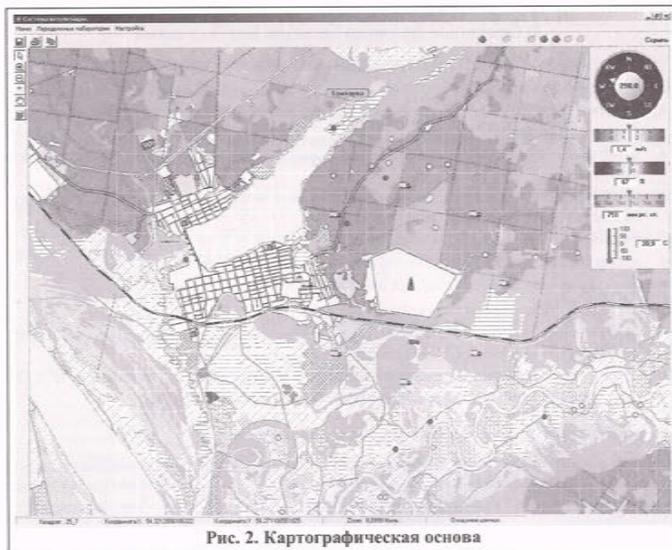


Рис. 2. Картографическая основа

Для обеспечения возможности обработки картографической информации в процессе математического моделирования, вся карта (в районе объекта) разбита на одинаковые квадраты, размеры которых определяются из условия, что в каждом квадрате может находиться не более одной точки отбора проб по каждой среде. Это позволяет упростить процесс последующего анализа пространственных данных.

Последние данные по ВЕЩЕСТВАМ. (АСПК2) x

Доксид азота	1,0	01.11.2005 19:10:00
Оксид азота	2,0	01.11.2005 19:10:00
Оксид углерода	3,0	01.11.2005 19:10:00
Взвешенные вещества	4,0	01.11.2005 19:10:00
Доксид серы	5,0	01.11.2005 19:00:00
Углеводороды	6,0	01.11.2005 19:00:00
Метан	7,0	01.11.2005 19:00:00

Рис.3. Экранная форма

символу на географической карте, размещенному в пределах определенных территориальных границ, соответствует совокупность SQL запросов к базе данных. посредством таких запросов информация из БД представляется в соответствующей экранной форме, пример которой приведен на рис. 3.

Помимо этого, географические объекты характеризуются соответствующими описательными данными, представленными, как правило, в табличной форме. Каждому

4. Представление и обработка информации на центральной метеостанции

Источниками информации являются: датчики температуры $-40^{\circ}\text{C} - +70^{\circ}\text{C}$, влажности 20-95 % rh, атмосферного давления 300-1099 hPa, скорости и направления ветра.

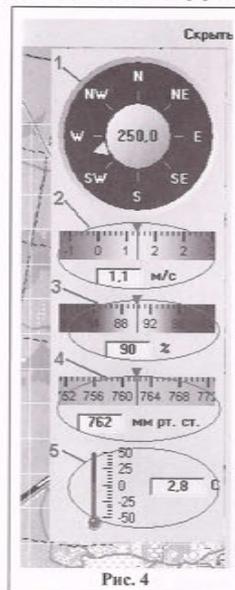


Рис. 4

Форма представления оперативной метеоинформации изображена на рис. 4.

- 1 – Направление ветра (флюгер).
- 2 – Указатель скорости ветра.
- 3 – Указатель влажности.
- 4 – Указатель атмосферного давления.
- 5 – Указатель температуры воздуха.

Блок обработки метеоинформации, входящий в состав СВЭИ, обеспечивает:

- прогноз погоды на 12-24 ч. (солнечно, переменн, облачно, дождь, шторм или снег), который производится на основании анализа тенденций изменения атмосферного давления;
- штормовое предупреждение на основе анализа характера изменения атмосферного давления;
- символичный указатель тенденции изменения атмосферного давления (растет, не изменяется, падает);
- график изменения атмосферного давления за последние -1, -2, -3, -6, -12, -18, -24 часа;
- отображение максимальных и минимальных зарегистрированных значений температур и влажности;
- лунный календарь, определяющий 8 фаз луны;
- автоматический контроль выхода за границы заданного пользователем диапазона для всех метеодатчиков.

5. Блок графиков

Графическое отображение контролируемых параметров позволяет быстро уловить важнейшие тенденции и закономерности изучаемого явления.

В блоке визуализации трендов временная шкала имеет постоянный шаг и одина для всех отображаемых параметров. Поскольку не все параметры поступают в БД с одинаковым шагом, для привязки их к оси ординат используются различные методы интерполяции: от простейшей (линейной) – до интерполяции сплайнами.

Название графика соответствует названию таблицы БД, на основе которой он построен. Для каждого параметра по оси абсцисс имеется соответствующая шкала, цвет которой соответствует цвету графика параметра.

Блок графиков обеспечивает одновременную визуализацию произвольно выбранных параметров, а также их трендов (рис. 5). Для получения точных значений параметров по оси абсцисс и ординат существует возможность установки секущей вертикальной или горизонтальной линии 1 (рис. 6). Значения параметров в



Рис. 5. Визуализация трендов

цифровой форме отображаются в соответствующем окне 2 (рис. 6). Следует отметить, что все настраиваемые операции могут выполняться непосредственно в процессе просмотра данных.

Тренды строятся на основе обработки данных методом скользящего среднего и классифицируются по их длительности следующим образом:

- основные (сезонные) тренды, которые строятся по данным, полученным более чем за 3 месяца;
- вторичные тренды – по данным, полученным за 1-1,5 месяца;
- оперативные тренды – по данным, полученным за несколько дней или часов.

Настройка на конкретный тип тренда осуществляется оператором.

6. Отображение пространственных данных

Исходной информацией для анализа экологической обстановки являются места отбора проб, представленные на географической карте в виде точек различного цвета (рис. 7).

Цвет точки определяется максимальным значением загрязняющих веществ, обнаруженных при взятии проб в данном месте:

- серый – меньше 0.8 значения предельно допустимой концентрации (ПДК);
- желтый – от 0.8 до 1.2 ПДК;
- красный – больше 1.2 ПДК.



Рис. 7

В случае если в одной точке отбор проб производится по нескольким средам, а превышение ПДК было только по одной среде, определить, по какой среде было превышение, можно путем выбора подробной информации о последних данных в этой точке (рис. 8).

В процессе анализа экологических данных весьма эффективным является представление результатов в виде линий уровня. Однако при небольшом объеме экспериментальных данных, что является характерным для данных, получаемых путем химического анализа, построение линий уровня становится сложной задачей. Для этого случая используется специальный модуль построения гладкой цифровой поверхности. При помощи методов интерполяции строится цифровая модель поверхности, которую можно представить в форме линий уровней (рис. 9). Эта поверхность может быть представлена в отдельном окне (рис. 9) или наложена на электронную карту.

Блок отображения пространственных данных является основой для проведения пространственного ГИС-анализа. ГИС-анализ представляет собой процесс поиска географических закономерностей в данных и взаимоотношений между пространственными объектами. Методы, используемые для этой цели, могут быть самыми разными и определяются субъективным предпочтением оператора-эколога.

Вещество	Значение	Дата, время
Дифторидмарганцовоси	0.173853	26.07.2005 15:50:00
Бензол	0.234671	26.07.2005 15:50:00
Ионы аммония	0.193433	26.07.2005 15:50:00
Кадмий	0.387774	26.07.2005 15:50:00
Литий		
Медь		
Молибден		
Никель		
...		

Рис. 8



Рис. 6. Численные значения параметра

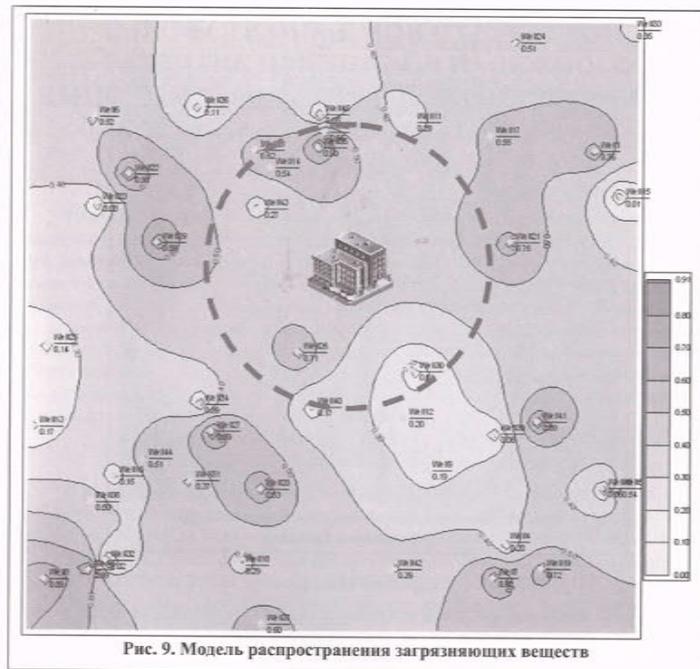


Рис. 9. Модель распространения загрязняющих веществ

7. Визуализация результатов моделирования

В состав системы СВЭИ входит блок математического моделирования процессов переноса загрязнений в атмосфере, который рассчитан на использование реальных значений метеопараметров, передаваемых по каналам от центральной метеостанции и метеостанции АСПК. Визуализация процесса реального переноса облака с отравляющими веществами представлена на рис. 10.

Моделирование процессов переноса загрязнителей в атмосфере позволяет получить следующие оценки составляющих химической аварии:

- область зоны заражения;
- площадь зоны заражения;

- количество населенных пунктов в зоне;
- численность населения в зоне;
- время подхода облака к каждому населенному пункту.

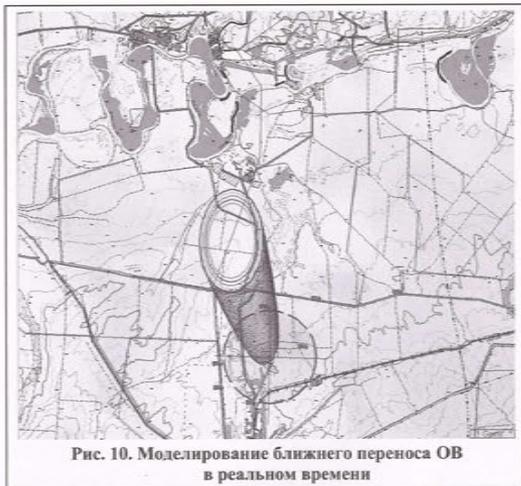


Рис. 10. Моделирование ближнего переноса ОБ в реальном времени

Заключение

В статье изложены принципы построения системы визуализации экологической информации на объектах уничтожения химического оружия, предназначенной для информационной поддержки принятия решений дежурным экологом. Рассматриваются методы организации картографического интерфейса базы данных системы экологического мониторинга на основе ГИС-технологии. Разработанная система была реализована на трех объектах уничтожения химического оружия в составе системы экологического мониторинга.

Литература

1. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы, гипотезы). - М.: Россия молодая, 1994.
2. Владимиров В.А., Измаков В.И. Катастрофы и экология. - М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Центр стратегического исследования гражданской защиты. - 2000. - 380 с.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ СТРУКТУРОЙ: РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ НАДЕЖНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ НАБОРОВ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

В.В. Игнатуценко

Глобальная концепция многоуровневого параллелизма многопроцессорных вычислительных систем с перестраиваемой структурой (серия ПС) заключается в динамической адаптации архитектуры и структуры системы к текущим, непрерывно изменяющимся и заранее непредсказуемым требованиям задач, их параллельно-последовательных фрагментов, потоков команд и данных на ресурсы различных типов. В развитие принципов динамической адаптации вычислительных систем (ВС), разрабатывается новая компьютерная технология, направленная на обеспечение надежного выполнения сложных наборов взаимосвязанных задач в управляющих параллельных ВС и представляющая собой развивающийся комплекс оригинальных математических методов и моделей, алгоритмических приемов и программных средств.

1. Предыстория

В начале 60-х годов ведущей тенденцией в создании электронных средств автоматики и вычислительной техники являлась минимизация структур таких средств, максимальное упрощение их схем – с целью обеспечения надежности непрерывно усложняющихся электронных систем. “Упрощение схем!” – это была уже почти вошедшая в параною. И вот именно в те времена в ИАТе молодым сотрудником И.В. Прагишвили был выдвинут ровно противоположный лозунг: умеренная и явная избыточность структур и связей в электронных системах!

Эта идея, абсолютно ничем еще не подтвержденная, но потенциально заманчивая, привела к тому, что микроскопическую группу к.т.н., с.н.с. И.В. Прагишвили “неожиданно” перевели в лабораторию директора ИАТа В.А. Трапезникова, который дал команде Прагишвили карт-бланш на два года поисковых работ. Так началась эпоха логических и вычислительных систем с перестраиваемой структурой – ПС.

Конечно же, идея ПС родилась у Прагишвили не на пустом месте: к этому подвигло бурное развитие микроэлектроники в мире с ее естественным стремлением к регулярности элементов и связей между ними. Таким образом, ИАТ, где концепция “регулярной избыточности” разрабатывалась под руководством И.В. Прагишвили, стал одним из пионеров и лидеров в разработке этой новой проблематики.

Через два года в активе команды И.В. Прагишвили были оригинальные, теоретически обоснованные принципы построения однородных перестраиваемых структур из однотипных функциональных элементов с одинаковыми связями между ними, первое авторское свидетельство, макетные реализации однородных структур, публикации в научных журналах и доклад на престижном международном конгрессе. Более того, результаты теоретических исследований и практических (пусть только макетных, но сотворенных “собственными руками”) разработок Института легли в основу первой в мире монографии [1], целиком посвященной систематизированному изложению проблематики однородных перестраиваемых структур. Резонанс оказался столь заметен, что эта монография успешно экспонировалась на Всемирной выставке ЭКСПО-68 (Канада).

Последующее развитие концепции однородных микроэлектронных логических и вычислительных структур привело к разработке и созданию высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных систем (МВС) с перестраиваемой структурой (серия ПС) как с одним, так и со многими потоками команд и данных [2, 3] – ПС-2000 и ПС-3000 соответственно (научный руководитель – И.В. Прангишвили).

2. Принципы организации систем ПС и их развитие

Концепция МВС серии ПС базируется на следующих основных принципах:

- **параллелизм** организации вычислительных процессов на нескольких уровнях – на уровнях задач, параллельных фрагментов каждой задачи, параллельных скалярных и векторных команд каждого фрагмента;
- **перестраиваемость** аппаратурных и программных средств – динамическое перераспределение ресурсов каждого типа в зависимости от текущих требований параллельных вычислительных процессов;
- **иерархия** управления вычислительными процессами, **децентрализация** управления вычислениями на уровне фрагментов и команд, децентрализация управления обменом информацией между функциональными узлами системы;
- **модульность и регулярность** структуры на уровне каждого типа функциональных узлов системы: памяти, процессорных блоков каждого типа, аппаратурных интерфейсов;
- **асинхронность** взаимодействия устройств и процессов;
- использование специальных программных и **аппаратурных средств распараллеливания и конвейеризации** как вычислений, так и управления ими.

Основным принципом архитектурной и структурной организации систем ПС является принцип их динамической перестраиваемости. Под **перестраиваемостью** МВС серии ПС понимается их способность к динамическому перераспределению параллельных ресурсов каждого типа (памяти, управляющих процессоров, процессорных элементов решающего поля, устройств ввода-вывода) между задачами и/или их параллельными фрагментами и/или командами фрагментов, – осуществляемому операционной системой **или аппаратурным путем** по указаниям в программе или **автоматически** (на основе анализа процесса выполнения программ) в соответствии с текущими требованиями задач, их фрагментов и команд на ресурсы.

Первый уровень параллелизма и перестраиваемости – уровень независимых задач – используется во всех известных МВС со многими потоками команд и данных (класс МКМД); на этом уровне динамически перераспределяются общие системные ресурсы – память и каналы ввода-вывода – между задачами с **помощью операционной системы**.

Перестраиваемость МВС серии ПС на уровне фрагментов заключается в возможности динамического перераспределения процессоров между готовыми к выполнению параллельными фрагментами одной задачи, выделяемыми этой задаче операционной системой **или аппаратурным путем** в текущий момент времени. Вычислительные процессы на уровне параллельных фрагментов в МВС ПС-3000 организованы таким образом, что минимизируется (а иногда – исключается) участие операционной системы в процессах перераспределения управляющих и вычислительных ресурсов и в организации взаимодействия фрагментов.

Под перестраиваемостью МВС серии ПС на уровне команд понимается способность ее к предоставлению **нескольким** задачам (программам) или их параллельным фрагментам стольких вычислительных ресурсов (процессорных элементов), сколько **затов к выполнению** однотипных или разнотипных команд содержится в этих програм-

мах, **в темпе обработки и выполнения команд**. Последнее исключает возможность участия операционной системы в таком перераспределении ресурсов в силу ее неприемлемой инерционности по сравнению с темпом выполнения одной команды. Следовательно, это свойство систем ПС реализуется только **аппаратурным путем**.

В целом, цель и смысл концепции многоуровневого параллелизма и перестраиваемости МВС серии ПС заключается в **динамической адаптации** архитектуры и структуры системы к текущим, непрерывно изменяющимся и заранее непредсказуемым требованиям задач, их параллельно-последовательных фрагментов, потоков команд (как векторных, так и скалярных) на ресурсы различных типов.

На основе указанных принципов Институтом проблем управления совместно с НПО “Импульс” (г. Северодонец, Украина) были разработаны и освоены в серийном производстве многопроцессорные комплексы:

- ПС-2000 класса ОКМД (1980 г.), проблемно ориентированные на решение векторно-матричных задач большой размерности, в первую очередь – в геофизике, метеорологии, при обработке спутниковой информации и пр., – с производительностью от 100 млн до 200 млн с фиксированной запятой в сек (в зависимости от конфигурации);
- ПС-3000 класса МКМД (1982 г.), более универсальные и предназначенные для обработки данных на верхних уровнях иерархии сложных систем управления разветвленными технологическими процессами и производствами, для прямого цифрового управления сложными объектами типа ядерных реакторов и пр., – с производительностью до 15 млн операций с плавающей запятой в сек.

Важно отметить, что по производительности комплексы ПС были соизмеримы с самыми мощными отечественными вычислительными системами соответствующих классов, – и это при том, что МВС серии ПС создавались на серийной элементной и конструкторской базе общего применения (без использования каких-либо новых технологий и заказных БИС), но поэтому они имели и наилучшие соотношения производительности/стоимости среди отечественных МВС.

В последующем были разработаны (частично – уже “в металле”) новые, еще более мощные комплексы ПС, однако развитие их было остановлено распадом Советского Союза.

Но жизнь продолжается, и уникальный опыт и знания, приобретенные при создании комплексов ПС, реализуются, в частности, в построении современных отказоустойчивых параллельных бортовых вычислительных систем, в разработках оригинальных методов управления параллельными вычислительными процессами для управляющих ВС реального времени. Впрочем, однозначные “следы” принципов перестраиваемости систем ПС – разумеется, с различными модификациями – можно было найти уже в 80-х годах (в период “расцвета” систем ПС) как в классических многопроцессорных комплексах (например, в известной японской МВС FX-8, по организации почти в точности повторяющей структуру ПС-3000), так и в получивших в ту пору широкое распространение транспьютерных системах.

Последующее развитие принципов организации ПС связано со следующим важным обстоятельством. Принципиальная особенность **разработки** систем ПС заключалась в глубоком **аналитическом, математическом обосновании** принимаемых архитектурных и структурных решений, и потому все крупные решения в системах ПС воспринимались и воспринимались ныне не как частные технические находки, а как теоретически обоснованные подходы с различными, формализовано оцениваемыми их модификациями, практически используемыми и в современных разработках параллельных ВС.

Поэтому различные аспекты теоретических (как и прикладных) исследований концепции и принципов перестраиваемости систем ПС развиваются в настоящее время и у

нас в стране, и за рубежом (зачастую – без упоминания их авторов). Конкретно, в Институте проблем управления эти исследования развиваются и поныне в нескольких направлениях, “смежных” с перестраиваемостью систем, в частности:

- развитие методов, программных и аппаратных средств потоковой обработки данных (*data flow*) (напомним, что основные элементы этого принципа, широко используемого ныне практически во всех компьютерах мира, были впервые аппаратно реализованы в управлении потоками команд в МВС ПС-3000 [4]);
- разработка и развитие механизмов многоуровневого параллелизма и конвейеризации вычислений (в частности, в 90-х годах в ИПУ, в развитие [3, 4], были разработаны оригинальная концепция, методика, алгоритмы и программы для организации архитектур конвейерных суперскалярных процессоров и компиляторов для них [5] в ориентации на радикальное повышение их эффективной производительности не за счет быстродействия элементной базы, а за счет новых принципов глубокой опережающей выборки данных в буструющую память процессоров);
- разработка *новой компьютерной технологии*, направленной на обеспечение *надежного* выполнения сложных наборов задач в управляющих параллельных вычислительных системах.

3. Новая компьютерная технология

Целью этого развивающегося исследования является разработка *принципиально нового подхода* к интеллектуальному динамическому управлению параллельными вычислительными процессами при выполнении сложных наборов задач в режиме реального времени за счет *динамической адаптации* системы (перестройки механизмов управления параллельными вычислительными процессами) к изменениям параметров объекта управления из-за случайных динамических изменений условий его функционирования или параметров окружающей среды, а также к текущим, непрерывно изменяющимся и заранее непредсказуемым требованиям задач (как в системах ПС).

Как известно, существуют особо ответственные применения ВС, и в первую очередь – в контурах управления реального времени, где время реакции, “отклика” ВС жестко лимитируется требованиями и особенностями объекта управления. Вот примеры: управление атомным реактором, разветвленными быстропотекающими технологическими процессами, полетом ракеты и др. Поэтому наиболее важным критерием эффективности ВС, функционирующих в таких контурах, является способность ВС решить требуемый (заданный пользователем) набор задач управления за время, не большее жестко заданного директивного времени. В связи с этим для управляющих ВС реального времени в [6] впервые было введено понятие *надежного выполнения* требуемых наборов задач, под которым понимается выполнение их за время, не превышающее заданного директивного времени T_{max} , с *требуемой* (удовлетворяющей пользователя) *вероятностью*. В рамках концепции надежного выполнения задач отказ управляющей ВС трактуется не только как потеря ее работоспособности, но и как НЕвыполнение требуемых задач за время T_{max} .

Такой отказ может иметь место даже при нормальном, безотказном функционировании аппаратуры и программного обеспечения ВС, – даже если ВС организована по суперсовременным компьютерным технологиям, направленным на обеспечение надежности и отказоустойчивости ВС. Причинами такого отказа могут быть уже упомянутые внезапные изменения параметров объекта управления из-за случайных динамических изменений условий его функционирования или параметров окружающей среды, логические ветвления в программах задач и между задачами, случайные изменения объемов данных и объемов вычислений по программам задач, задержки выполнения приложе-

ний вследствие некоторых типов прерываний (незапланированные простои ВС), конфликты на общих ресурсах ВС и пр. И, разумеется, время выполнения задач может существенно увеличиваться и превышать директивное время из-за случайных неисправностей – сбоев и (или) отказов – компонентов ВС.

Вследствие случайного характера указанных явлений и их эффектов, времена выполнения задач и их фрагментов (программных модулей), а также наборов задач в целом рассматриваются, в общем случае, как случайные величины, а процесс выполнения наборов задач в управляющих параллельных ВС (на которые ориентировано наше исследование) – как случайный процесс. И тогда в связи с этим возникают нетривиальные вопросы: можно ли оценить вероятность успешного завершения требуемого набора задач (в условиях упомянутых неопределенностей) за заданное директивное время на ВС с заданной или предполагаемой производительностью вычислительных ресурсов? Или наоборот: какова вероятность НЕвыполнения этих задач, т.е. отказа ВС (в оговоренном выше смысле), в течение заданного директивного времени? Можно ли “вычислить” угрозу такого отказа непосредственно при выполнении задач? Как управлять вычислительными процессами, чтобы предотвратить или уменьшить эту угрозу? Или даже такая проблема: как заранее рассчитать директивное время, при котором реально обеспечивалось бы надежное выполнение конкретного набора задач (соответствующего ему программного комплекса) в каждом сеансе управления?

Применительно к управляющим *параллельным* ВС проблема оценок такого рода получила название *прогнозирования* времени выполнения сложных наборов задач (программных комплексов) [6-8], причем эти наборы рассматриваются в наиболее трудоемких версиях – с произвольными информационными и логическими связями между задачами – и потому названы в [6-8] *комплексами взаимосвязанных работ* (КВР) – задач и/или их параллельно-последовательных фрагментов (подзадач, процессов), а в общем случае – программных модулей. Формально под прогнозированием времени выполнения конкретного, заданного пользователем КВР понимается определение (в статике) стохастических оценок времени T реализации КВР (среднего значения, дисперсии, а главное – функции распределения времени T) и определение вероятности P завершения КВР за время, не превышающее заданное T_{max} , на параллельной ВС с заданной конфигурацией и производительностью ее вычислительных ресурсов [6-8]. В Институте проблем управления РАН разработана *общая методология* обеспечения надежного выполнения сложных наборов задач (на основе упомянутого прогнозирования) в управляющих однородных [6-8] и неоднородных [9] (симметричных и несимметричных) многопроцессорных ВС реального времени, а также в управляющих ВС с распределенной структурой [10], включая программно-технические комплексы (ПТК) [11]. Методология включает три этапа ее реализации [7, 8]:

Этап 1. Математическое (статическое) прогнозирование времени выполнения задаваемых пользователем КВР на основе их графовых моделей, а также математических моделей функционирования параллельных ВС (при выполнении каждого заданного КВР) на основе аппарата обрывающихся марковских процессов (ОМП) и систем массового обслуживания (СМО). Решение проблемы статического прогнозирования базируется на математическом методе прямого стохастического моделирования выполнения сложных программных комплексов в параллельных ВС [12]. Важно, что этот метод позволяет определять функции распределения $F(t)$ времени выполнения КВР и/или любого из его фрагментов и требует существенно меньших (на порядки) затрат машинного времени, чем имитационное моделирование тех же процессов.

Принципиально важно, что в рассматриваемом подходе каждая работа (программный модуль) a_i задаваемого КВР характеризуется случайным временем ее выполнения t_i ,

распределенным по *экспоненциальному* закону с параметром $\mu_i = 1/M(t_i)$; последний соответствует интенсивности обслуживания конкретной работы a_i . Конечно же, реальный закон распределения времени t_i в общем случае может быть неизвестен; обычно оказывается известным (или задается, или предполагается пользователем) лишь среднее значение случайной величины t_i . В нашем подходе, выбор именно экспоненциального распределения для t_i обосновывается и мотивируется следующим образом. Получаемые при этом значения прогнозов (например, среднего времени выполнения КВР) являются худшими – наиболее “пессимистическими” (т.е. нижними) – в том смысле, что при любом другом законе распределения (с коэффициентом вариации $c < 1$) [13] прогнозируемые значения времени выполнения КВР и его фрагментов (в частности – среднего значения времени T) были бы меньше (т.е. лучше), а вероятность успешного завершения КВР была бы большей, чем при экспоненциальном законе распределения времени t_i .

Математические модели для прогнозирования времени выполнения произвольных КВР в параллельных ВС упомянутых выше классов подробно описаны в [6-8]. Результатом расчета каждой модели является составление таблицы прогнозов времени выполнения заданного пользователем КВР и его фрагментов [6, 7] на ВС с заданной конфигурацией (числом процессоров) и производительностью ее вычислительных ресурсов (производительность процессора ВС выражается через среднее время выполнения работы КВР, задаваемое пользователем). Таблица прогнозов содержит, в частности, “критические точки” T_{cr} – предельно допустимые моменты наступления контрольных событий – событий завершения некоторых (контрольных) работ КВР, заранее указанных в статике. “Критические точки” рассчитываются для одних и тех же контрольных событий выполнения КВР по каждому из алгоритмов управления процессами (из заданного набора алгоритмов, например: “штатный” алгоритм; реализация только “критических” – наиболее важных – процессов КВР; реализация упрощенных, но более “быстрых” программных модулей; предоставление дополнительных вычислительных ресурсов [7]).

Этап 2. Динамическое уточнение статических прогнозов в процессе реального выполнения КВР в параллельной ВС [6, 7]. В силу случайного характера рассматриваемых процессов при выполнении КВР в ВС контрольные события могут произойти как раньше, так и позже, чем в расчетные моменты T_{cr} , т.е. из-за указанных выше причин может иметь место как уменьшение, так и *существенное увеличение* времени выполнения КВР и его фрагментов (по сравнению с прогнозируемыми T_{cr}); последнее может случиться при законах распределения некоторых из t_i с коэффициентами вариации $c > 1$ (например, при гиперэкспоненциальном распределении [13]), в частности – из-за резкого увеличения объемов данных, обрабатываемых в некоторых программных модулях. Уточнение статических прогнозов позволяет в *динамике* оценивать возможность надежного выполнения наборов задач (определять вероятность успешного завершения КВР за директивное время) и, наоборот, определять (на основе заранее вычисленных функций распределения $F(t)$ по методу [14]) вероятность отказа ВС в оговоренном выше смысле, а также дает возможность в динамике управлять вычислительными процессами по реальным событиям в системе, – даже в тех случаях, когда случайные времена выполнения работ или фрагментов КВР распределены по упомянутому гиперэкспоненциальному закону.

Этап 3. Динамическое управление параллельными вычислительными процессами в ВС, направленное на обеспечение надежного выполнения КВР – выбор алгоритмов управления выполнением КВР [6-8]: фактические временные параметры выполнения контрольных работ сравниваются с уточненными значениями прогнозов этих параметров; по результатам сравнения определяется “угроза отказа” (вероятность НЕвыполнения КВР за заданное время) и выбирается алгоритм управления дальнейшим

выполнением (дообслуживанием) КВР – из заданного в таблице прогнозов набора алгоритмов, – который обеспечивал бы выполнение КВР в целом за заданное директивное время T_{max} с требуемой вероятностью.

В целом, разрабатываемая новая компьютерная технология представляет собой развивающийся комплекс оригинальных математических методов и моделей, алгоритмических приемов и программных средств для обеспечения *надежного* выполнения сложных наборов задач в параллельных управляющих ВС. Помимо интеллектуального динамического управления взаимосвязанными параллельно-последовательными вычислительными процессами, технология предлагает новый подход к анализу и оценке эффективности параллельных управляющих ВС с точки зрения их способности выполнять возлагаемые на них задачи и функции за заданное время с требуемой вероятностью, в частности – в условиях сбоев и отказов компонентов ВС.

Заключение

В развитие принципов *динамической адаптации* архитектур и структур систем серии ПС к текущим, непрерывно изменяющимся и заранее непредсказуемым требованиям задач в Институте проблем управления разрабатывается новая компьютерная технология, направленная на обеспечение надежного выполнения сложных наборов взаимосвязанных задач в управляющих параллельных ВС.

Основной целью этого развивающегося исследования является разработка *принципиально нового подхода* к интеллектуальному динамическому управлению параллельными вычислительными процессами при выполнении сложных наборов задач в режиме реального времени за счет *динамической адаптации* системы (перестройки механизмов управления параллельными вычислительными процессами) к изменениям параметров объекта управления из-за случайных динамических изменений условий его функционирования или параметров окружающей среды, а также к текущим, непрерывно изменяющимся и заранее непредсказуемым требованиям задач (как и в системах ПС).

Разработка и внедрение этой технологии направлены также на достижение следующих научных и практических целей и эффектов:

- анализ и оценка эффективности управляющих параллельных ВС с точки зрения их способности выполнять возлагаемые на них задачи и функции за заданное время с требуемой (удовлетворяющей пользователя) вероятностью, *в частности – в условиях сбоев и отказов компонентов ВС.*
- априорная оценка “пригодности” конкретной управляющей параллельной ВС для выполнения конкретного набора задач и функций, задаваемого пользователем, за заданное время с требуемой вероятностью;
- выбор такой конфигурации вычислительных ресурсов управляющей параллельной ВС, которая является достаточной для *надежного* выполнения требуемого набора задач управления;
- оценка и выбор методов резервирования и диспетчеризации параллельных вычислительных процессов для каждого конкретного (заданного пользователем) набора задач.

Литература

1. *Прангишвили И.В., Абрамова Н.А., Бабичева Е.В., Игнатуценко В.В.* Микроэлектроника и однородные структуры для построения логических и вычислительных устройств. - М.: Наука, 1967. - 228 с.
2. *Прангишвили И.В., Виленкин С.Я., Медведев И.Л.* Параллельные вычислительные системы с общим управлением. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 312 с.
3. *Игнатуценко В.В.* Организация структур управляющих многопроцессорных вычислительных систем. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 176 с.
4. *Игнатуценко В.В.* Конвейерная организация управления скалярными командами для многопроцессорных вычислительных систем // Автоматика и вычислительная техника. - 1983. - № 2. - С. 57 - 63.
5. *Игнатуценко В.В.* Новая организация опережающей выборки данных для конвейерных однопроцессорных и параллельных компьютеров // Автоматика и телемеханика. - 1997. - № 8. - С. 196 - 209.
6. *Ignatushchenko V.V.* A principle of dynamic control of parallel computing processes on the basis of static forecasting // Proc. of the 10-th Int. Conf. on Parallel and Distributed Computing Systems (PDCS-97). - New Orleans, USA. - 1997. - P. 593 - 597.
7. *Игнатуценко В.В., Подшивалова И.Ю.* Динамическое управление параллельными вычислительными процессами на основе статического прогнозирования их выполнения // Автоматика и телемеханика. - 1997. - № 5. - С. 160 - 173.
8. *Игнатуценко В.В., Подшивалова И.Ю.* Динамическое управление надежным выполнением параллельных вычислительных процессов для систем реального времени // Автоматика и телемеханика. - 1999. - № 6. - С. 142 - 157.
9. *Барбан А.П., Игнатуценко В.В., Подшивалова И.Ю.* Об эффективности методов диспетчеризации сложных наборов задач в неоднородных параллельных вычислительных системах // Автоматика и телемеханика. - 2003. - № 10. - С. 66 - 79.
10. *Игнатуценко В.В., Еналиев А.М., Помазов Е.В., Случанко Е.А.* Методы математического прогнозирования времени выполнения сложных наборов задач в параллельных вычислительных системах с распределенной структурой // Автоматика и телемеханика. - 2002. - № 10. - С. 154 - 176.
11. *Елисеев В.В., Ларгин В.А., Пыховаров Г.Ю.* Программно-технические комплексы АСУ ТП. - Киев: Изд. "Киевский университет". - 2003. - 429 с.
12. *Игнатуценко В.В., Ктушин Ю.С.* Прогнозирование выполнения сложных программных комплексов на параллельных компьютерах: прямое стохастическое моделирование. // Автоматика и телемеханика. - 1994. - № 11. - С. 142 - 157.
13. *Феррари Д.* Оценка производительности вычислительных систем. - М.: Мир, 1981. - 576 с.
14. *Михайлов А.Ю.* Применение аппарата марковских процессов для прогнозирования времени выполнения сложных наборов задач в параллельных вычислительных системах // Труды XXX Юбилейной Междунар. Конф. "Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации, бизнесе" (IT+SE'2003). - Украина. Ялта-Гурзуф. - Май 2003. - С. 39 - 41.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУБЪЕКТИВНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ РУКОВОДИТЕЛЕЙ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Е.Л. Иванцлов^(*), Э.А. Трахтенгерц^(**), Е.В. Юркевич^(**)

^(*) INLINE technologies, г. Москва,

^(**) Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, г. Москва

Введение

Создание электронной вычислительной машины ознаменовало появление совершенно нового инструмента, впервые позволившего резко усилить интеллектуальные возможности человека. Среди ряда вопросов, связанных с ее появлением, возник и такой: может ли компьютер принимать решения или давать рекомендации по их принятию? Первые компьютерные системы, выполнявшие задачи управления, появились уже в конце 40-х годов. С этого времени технические и программные средства этих систем, а также фундаментальная и прикладная теория их построения и использования бурно развивались. В 70-х годах был принят термин "системы поддержки принятия решений" (СППР), появились инструментальные средства их создания и программные комплексы, претендующие на возможность их применения в достаточно разнообразных приложениях.

В настоящее время управляющие системы принятия решений и системы поддержки принятия решений используются на самых различных уровнях управления от "ситуационных комнат" президентов стран и крупных компаний до кабин боевых самолетов и пунктов управления системами ПВО.

Практика показала, что хотя мы и говорим о компьютерной поддержке принятия управленческих решений, т.е. об использовании формальных оценок и расчетов, роль личных качеств руководителя (эксперта): его интеллект, субъективные оценки, эрудиция, умение находить решение и т.п. – не уменьшается, а может быть, даже возрастает. Компьютерные системы поддержки управленческих решений вводят новую составляющую в искусство принятия решений: искусство использования средств вычислительной техники, которое должно сочетать оценки и решения, полученные уже устоявшимися (или вновь разработанными) математическими методами, с субъективными оценками, сделанными на основе знаний, опыта и интуиции руководителя. Это связано с тем, что на решение руководителя сильнейшее влияние оказывают его субъективные предпочтения и интересы, поэтому в предложенных компьютером вариантах решений руководитель должен видеть их тщательный учет, а не "абстрактное оптимальное" предложение, далекое от его интересов.

Для того чтобы руководитель смог проявить свое искусство использования компьютерных СППР в принятии управленческих решений, в них должны быть включены специальные программные и аппаратные средства, позволяющие реализовывать методы выявления, адаптации и выполнения субъективных предпочтений руководителей. Ниже дается обзор таких методов. Примеры приводятся из разных приложений [1-4].

1. Функции компьютерной системы поддержки принятия решений

Если представить систему управления в виде трапеции, состоящей из трех "слоев" (рис. 1), то в основании трапеции окажется система сбора, обработки, хранения, передачи и представления информации, на верхнем "слое" трапеции управления – руководители предприятия, а средний "слой" – это система поддержки принятия решений.

Задача СППР заключается в помощи руководителю в процессе принятия решений и включает следующие функции:

1. Выявление предпочтений руководителя, т.е. в определении, ранжировании приоритетов и учете неопределенности в оценках руководителя.
2. Помощь руководителю при анализе объективной составляющей, т.е. в понимании и оценке сложившейся ситуации и ограничений, накладываемых складывающейся ситуацией (анализ результатов мониторинга).
3. Генерацию возможных управленческих решений, т.е. формирование списка альтернатив управленческих решений.
4. Оценку возможных альтернатив, исходя из предпочтений руководителя и ограничений, накладываемых сложившейся обстановкой.
5. Анализ последствий (прогноз) результатов принимаемых решений.
6. Поддержку переговоров при принятии согласованного группового решения.
7. Выбор лучшего, с точки зрения руководителя, варианта.



Рис. 1

Конечно, вербальная формулировка функций может быть изменена, они могут быть по-другому сгруппированы, но их содержательное значение, как показывает анализ СППР, используемых в различных областях деятельности, остается стабильным. Для проверки этого утверждения инвариантность списка функций относительно приложений исследовалась при разработке систем поддержки принятия управленческих решений по ликвидации последствий радиационных воздействий и аварий на химических предприятиях, анализе методов компьютерной поддержки управления в нефтегазовой промышленности и в системах автоматизации проектирования сложных технических объектов [1-4]. Поэтому в качестве рабочей гипотезы можно считать, что для достаточно широкого множества применений СППР перечисленные функции являются типичными. Методы учета субъективных предпочтений руководителей будем рассматривать на базе реализации этих функций, считая для удобства изложения, что каждая функция выполняется соответствующим логическим модулем. Между логическим и реализующим его программным модулем обычно однозначного соответствия не ставится. Логический модуль может быть реализован несколькими программными модулями. Один программный модуль может объединять несколько логических. Взаимосвязь логических модулей СППР и, соответственно, реализующих их программных модулей, показана на рис. 2.

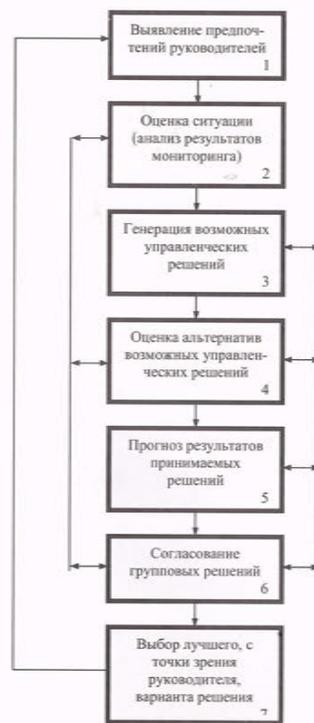


Рис. 2

Из него видно, что в процессе работы модули СППР тесно взаимодействуют друг с другом. На рис. 2 не показаны операционная система, базы данных, редакторы и другие программы, без которых невозможен никакой современный программный комплекс. Их работа не рассматривается, так как нас интересуют только логические модули, реализующие функции СППР. Отметим, что реализация функций: выбор методов, алгоритмов, интерфейсов и т.д., – сильно зависит как от области приложений, так и от субъективных предпочтений руководителей организаций и разработчиков систем.

Особенно чувствительны к приложениям интерфейсы, а к субъективным предпочтениям руководителей – методы и алгоритмы. Перейдем к рассмотрению методов выявления субъективных предпочтений руководителей в логических модулях.

2. Модуль выявления предпочтений руководителей

Для учета субъективных предпочтений руководителей модулю 1 СППР рис. 2 необходимо:

- сформировать список оцениваемых параметров;
- сформировать список критериев, по которым будет оцениваться каждый параметр;
- определить “вес” (значимость) каждого критерия по данному параметру.

При составлении этих списков и определении “весов” СППР должны быть учтены предложения каждого руководителя и эксперта, и в случае расхождения точек зрения предложения должны быть согласованы.

Списки оцениваемых параметров достаточно стабильны и хранятся обычно в базе данных СППР. Любой руководитель может добавить или вычеркнуть те или иные параметры. Аналогично обстоит дело и со списками критериев оценок параметров.

На рис. 3 [5] показан пример интерфейса, позволяющий руководителю или эксперту просмотреть список параметров и внести в него необходимые с его точки зрения изменения. Рис. 4 [5] иллюстрирует интерфейс, позволяющий сформулировать правила оценки параметров по заданным критериям.

Согласование списков параметров и критериев, предложенных руководителями и экспертами, осуществляется модулем 6 СППР рис. 2. Оно может быть произведено разными методами, например, голосованием. СППР оставляет в списке только те параметры и критерии, которые оказались в списках всех руководителей (или большинства руководителей). Порог определяется высшим руководством, например, генеральным директором.

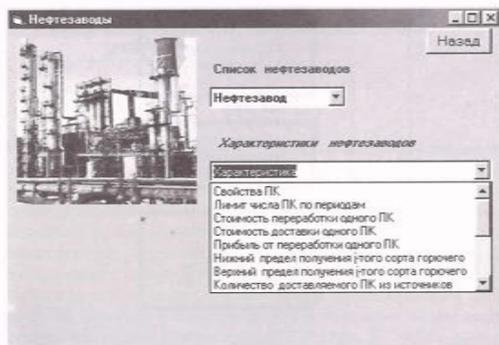


Рис. 3

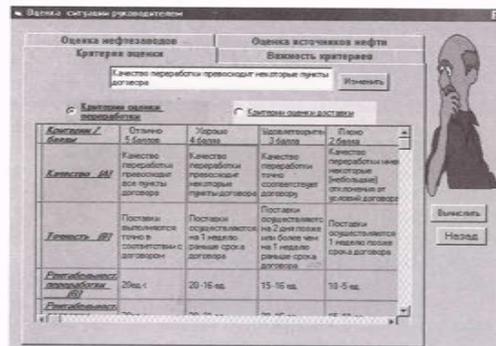


Рис. 4

На рис. 5 [2] показан пример интерфейса для реализации интерактивной процедуры оценки значности критериев, производимых каждым экспертом. СППР определяет “вес” x_j каждого i -го критерия, данного j -м руководителем по заложенному в систему алгоритму.

Согласование “весов” критериев осуществляется модулем 6 СППР, например, по следующему алгоритму [6], хорошо иллюстрирующему сущность процедуры согласования.

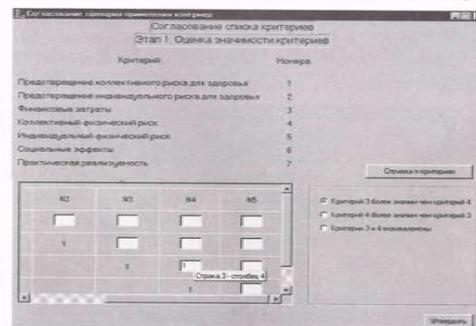


Рис. 5

Система определяет по каждому критерию:

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_i x_{ij}}{N}$$

— среднее значение оценки по критерию с номером j ;

$$D_j = \frac{1}{N-1} \sum_i (\bar{x}_j - x_{ij})^2$$

— дисперсию оценки по критерию с номером j ;

$$P_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\bar{x}_j}$$

– профиль i -го эксперта по j -му критерию.

Затем вычисляются скорректированные средние оценки x_j^* по правилам.

- Если дисперсия невелика – находится среднее значение, и оно предлагается участникам для согласования.
- Если дисперсия большая, то анализируются профили участников согласования.
- Если профиль участника “+” и его значение невелико, т.е. оценка участника выше среднего – ее значение уменьшается на 1 балл.
- Если профиль участника “+” и его значение велико, т.е. оценка участника значительно выше среднего – ее значение уменьшается на 2 балла.
- Если профиль участника “-” и его значение невелико, т.е. оценка участника ниже среднего – ее значение увеличивается на 1 балл.
- Если профиль участника “-” и его значение велико, т.е. оценка участника ниже среднего – ее значение увеличивается на два балла.
- Понятие “большой” и “малой дисперсии” определяется при помощи порогового значения D_{max} , которое устанавливается заранее и может пересматриваться.

Таким образом, модуль 1 выявляет с помощью модуля 6 СППР и согласовывает предпочтения руководителей, которые будут использоваться при оценках ситуаций и вариантах управленческих решений.

3. Модуль оценки ситуации

На основе данных мониторинга модуль 2 СППР представляет руководителю или эксперту оценки сложившейся ситуации.

Методы оценки ситуации зависят от приложений. На рис. 6 [4] приведен пример интерфейса реализации плана эвакуации населения при аварии на химическом заводе.

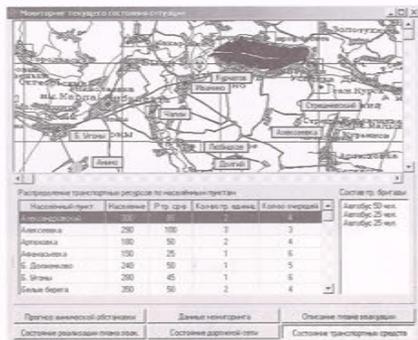


Рис. 6

Это пример достаточно сложного интерфейса. На нем показаны значения параметров (объективные данные), а с помощью кнопок может быть получен прогноз химической обстановки, оценка реализации плана эвакуации, состояния транспортных средств и т.д.

Прогноз и оценки даются с учетом субъективных представлений экспертов. Эти представления и оценки заранее определены модулем 1 СППР.

На рис. 7 [5] показана оценка состояния нефтеперерабатывающих заводов, которая определяется СППР по заложенным в систему алгоритмам, учитывающим субъективные оценки экспертов и руководителей, причем последние получены в интерактивном режиме.

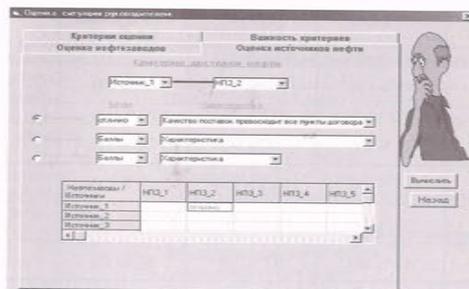


Рис. 7

Одной из важнейших задач модуля 2 СППР является оценка эффективности выполнения сценария, стратегии, а в некоторых случаях и цели. Модификация стратегии или сценария может происходить в тех случаях, когда оперативные воздействия не дают соответствующего эффекта. Оценка эффекта может определяться функцией полезности, методами распознавания образов или каким-нибудь другим методом. Важно, чтобы СППР определила момент необходимости перехода от оперативных воздействий к стратегическим решениям.

4. Модуль генерации возможных управленческих решений

Модуль 3 СППР – один из наиболее сложных по своей структуре модулей, даже если он проектируется для одного приложения. Сложность связана с тем, что необходимо сгенерировать цели функционирования организации, стратегии реализации поставленных целей и сценарии выполнения стратегий в процессе проектирования ее будущей деятельности.

В случае несоответствия цели, стратегии или сценария сложившейся обстановке, которая может быть выявлена модулем 2 СППР, требуется в динамике функционирования организации сгенерировать необходимые корректировки.

4.1. Формирование списка целей в процессе планирования будущей деятельности организации

Диапазон возможных целей чрезвычайно широк. Это хорошо видно из исследования характера целей, которые преследуют фирмы Саудовской Аравии. Фирмам, работающим в таких областях, как нефтехимия, упаковка, питание и электронная промышленность, было разослано 159 анкет. В табл. 1 [7] показаны в процентах наиболее часто указываемые цели по ответам 74 фирм в четырех промышленных группах. В скобках показана важность (ранг) этой цели среди других.

Из табл. 1 видно, что цели фирм, работающих в самых различных отраслях, достаточно близки. Более того, можно сказать, что список целей, которые обычно преследуют коммерческие фирмы, достаточно стандартен. Список целей, которые преследуют неком-

мерческие организации (например, организации МЧС, государственные учебные заведения, органы правопорядка и т.п.), конечно, отличается от табл. 1, но для этих организаций он также стабилен.

Таблица 1

Наименование целей	Нефтехимия (39 фирм)	Упаковка (8 фирм)	Электричество и электроника (18 фирм)	Продовольствие (9 фирм)
Прибыль	82 % (3)	87,5 % (2)	78 % (1)	78 % (2)
Рост объемов производства	85 % (20)	100 % (1)	45 % (4)	83 % (1)
Маркетинг	87,2 % (1)	37,5 % (7)	67 % (2)	72 % (3)
Социальная ответственность	72 % (4)	75 % (4)	56 % (3)	67 % (4)
Разработка и исследования	69 % (5)	62,5 % (5)	33 % (5)	39 % (7)
Качество продукции и услуг	50 % (9)	50 % (6)	67 % (2)	61 % (5)
Забота о персонале	64 % (6)	87 % (3)	67 % (2)	67 % (4)
Эффективность и инновации	61,5 % (7)	75 % (4)	33 % (5)	33 % (8)
Сохранение ресурсов	56,4 % (8)	37,5 % (7)	33,3 % (5)	56 % (6)

Поэтому СППР представляет экспертам стандартный список, в который они могут вписать новые цели и вычеркнуть из него цели, которые они считают не адекватными сложившейся ситуации. Согласование списка целей модулем 6 СППР может быть реализовано так же, как согласование списка параметров и критериев.

После того как СППР сформировала список целей и согласовала его со всеми руководителями и экспертами, каждая цель должна получить оценку в соответствии с принятыми критериями и их "весами". Приведем очень простой иллюстративный пример алгоритма такой оценки. Списки критериев и их "веса" могут быть уже определены и храниться в базе данных СППР или определяются обращением к модулю 1. В работе [8] утверждается, что цели и стратегии чаще всего оцениваются по следующим критериям: (1) сбалансированность бизнеса; (2) синергетика, т.е. усиление (уменьшение) каждого оцениваемого параметра за счет влияния других параметров; (3) специализация в тех областях деятельности, в которых фирма достигла наилучших результатов; (4) выживаемость (обеспеченность фирмы необходимыми средствами).

Затем обращением к модулю 4 СППР производится оценка каждой цели. Если "веса" критериев для целей не определены, то обращением к модулю 2 СППР производится определение величины y_{ij} – согласованного значения оценки i -го критерия из перечисленного выше списка по j -й цели, а затем z_{ij} – взвешенной оценки i -го критерия по j -й цели:

$$z_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_i y_{ij}}$$

Оценку k -й цели можно определить с помощью соотношения

$$M_k = \sum_i \sum_j z_{ij} c_{ij}^k,$$

где c_{ij}^k – балльная оценка l -го параметра фирмы по i -му критерию.

Параметры указывают эксперты в интерфейсах типа рис. 7, а их оценки делаются по согласованному определению, примеры которых показаны на рис. 4. Согласование осуществляется модулем 6 СППР. В СППР, как правило, используются значительно более

сложные алгоритмы оценок целей, в которых учитываются различные аспекты предпочтений руководителей.

4.2. Генерация списка возможных стратегий и сценариев в процессе планирования

В табл. 2 [8] приведен список возможных стратегий, которые считаются типичными для коммерческих фирм, и даны возможные мотивации их применения.

Таблица 2

№ п/п	Наименование стратегии	Мотивация применения стратегии
1	Освобождение от одного или нескольких видов деятельности	1. Концентрация на оставшихся видах 2. Отказ от конкурентной борьбы в этих видах деятельности 3. Сокращение расходов 4. Перераспределение средств
2	Занятие одним или несколькими новыми видами деятельности	1. Следование политике конкурентов 2. Потеря конкурентоспособности на занимаемом сегменте рынка 3. Стремление к захвату новых сегментов рынка 4. Диверсификация деятельности 5. Диверсификация расходов
3	Усиление специализации в успешных видах деятельности	1. Концентрация сил и средств на относительно узком виде деятельности
4	Приобретение фирм, действующих в других областях экономики или рынка	1. Диверсификация производства 2. Диверсификация рисков 3. Поиск новых рынков
5	Приобретение фирм-поставщиков и/или фирм-посредников	1. Завоевание монопольного положения у конечных потребителей 2. Снижение стоимости продукции
6	Освоение новых технологий	1. Улучшение качества продукции 2. Освоение новых областей деятельности
7	Применение освоенных или разработанных технологий в новых областях экономики	1. Борьба с конкурентами 2. Завоевание новых секторов рынка 3. Выпуск продукции более дешевой и/или качественной, чем у конкурентов
8	Приобретение фирм, обладающих новыми для приобретающей компании знаниями и умениями (технологиями)	1. Использование приобретенных знаний и технологий в традиционных отраслях экономики
9	Приобретение фирм, занимающихся теми же видами деятельности, что и приобретающая их компания	1. Борьба с конкурентами 2. Захват новых секторов рынка или его монополизация

В отношении списка стратегий можно сказать то же, что и в отношении списка целей. Но списки стратегий содержат обычно больше позиций, чем списки целей. Поэтому возникает задача генерации комбинаций возможных стратегий. Пример интерфейса генерации стратегий ликвидации последствий радиоактивного воздействия показаны на рис. 8 [2]. Значок "*" показывает, что операции в строке и столбце, которые образуют клетку, по мнению эксперта, могут выполняться параллельно, значок "—" последовательно. Таким образом, интерфейс, показанный на рис. 8, дает возможность эксперту сформировать свое

предложение по стратегиям, которые необходимо реализовать для ликвидации последствий радиоактивного воздействия и последовательности их применения.

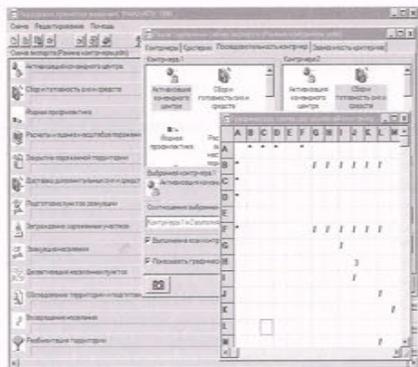


Рис. 8

Эксперт проставляет на интерфейсе рис. 8 значки, определяющие последовательность операций. СППР показывает экспертам различия в их решениях, после согласования (обращения к модулю 6 СППР) строит граф реализации стратегий (рис. 9) и высвечивает его на дисплее руководства. Алгоритмы построения таких графов даны в [1, 2].

О генерации сценариев можно сказать то же, что и о генерации стратегий.

4.3. Генерация целей, стратегий и сценариев в динамике работы организаций

Методы генерации используются те же, что и в процессе планирования, но резко сокращаются сроки генерации вариантов и оценка вариантов производится с учетом успешности и неудачности предыдущих действий организации и изменений, происшедших внутри фирмы и во внешнем мире.

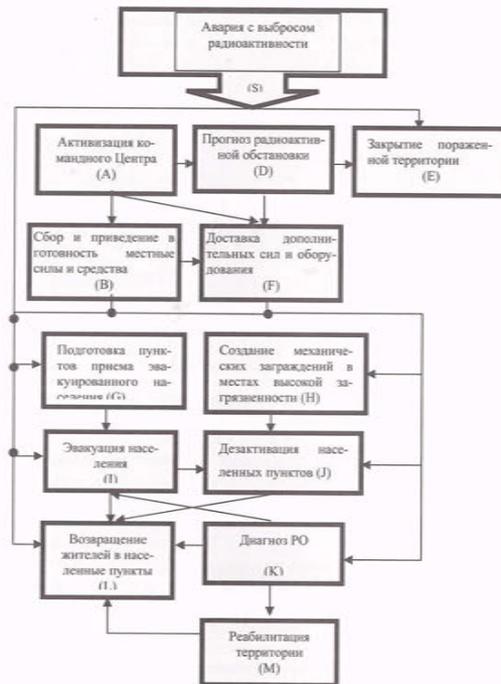


Рис. 9

5. Модуль оценки альтернатив возможных управленческих решений

В блоке 4 СППР можно указать два подхода к оценке альтернатив (существуют и другие), получивших широкое распространение: использование функции полезности и моделирование.

Пример достаточно сложного интерфейса для оценки функции полезности показан на рис. 10 [2]. Он позволяет оценить эффективность мер по ликвидации радиационного воздействия в критериальном пространстве "коллективная доза облучения" – "финансовые затраты".

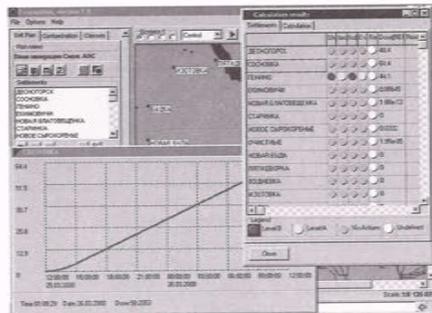


Рис. 10

Интерфейс демонстрирует карту местности и позволяет эксперту дать оценку степени загрязнения, указать населенные пункты, население которых подлежит эвакуации, получить график уровня радиации по каждому населенному пункту и т.д. Методы формирования функций полезности широко освещены в литературе, применительно к СППР. Они подробно рассмотрены в [1-4, 11].

Области применения моделей чрезвычайно широки: от моделирования переноса радиоактивных веществ [2], моделирования механизмов управления [9] до моделирования закономерностей в природе и обществе [9] и т.д. В работе [10] показаны модели управления. Возьмем в качестве примера модель механизма с нормативом рентабельности.

Целевая функция центра в этом механизме может записываться в виде:

$$\Phi_p(x) = \lambda \sum_{i \in N} x_i - (1 + \rho) \sum_{i \in N} c_i(x_i),$$

где $\rho \geq 0$ – норматив рентабельности; x_i – значение плана; c_i – величина затрат i -го агента.

Поскольку значения ρ , c_i и λ при определении величин планов чрезвычайно важны (заметим, центр стремится к $\rho = 0$) как для центра, так и для подчиненных организаций, то модуль 4 СППР оценки алгоритмов должен обратиться к модулю 6 СППР для их согласования. Согласовав эти значения, модуль оценки альтернатив возможных управленческих решений, решая задачу $\Phi_p(x) \rightarrow \max_{(x_i \geq 0)}$, находит оптимальные значения планов:

$$x_{ip} = r_i \xi \left(\frac{\lambda}{1 + \rho} \right), \quad i \in N,$$

где ξ – функция, обратная к $c'_i(x_i)$, а r_i – параметр эффективности i -го агента, значения которого либо должны храниться в базе данных, либо также согласуются обращением к модулю 6 СППР.

Практически во всех математических моделях значения коэффициентов и алгоритмы решений являются предметом соглашения экспертов, руководителей, а во многих случаях и разработчиков систем.

Какая математическая модель и какой математический аппарат лучше при компьютерной поддержке принятия решений? Об этом идут дискуссии между специалистами, “исповедующими” те или иные математические модели и методы. Однако использование различных методов и алгоритмов для решения одного класса задач – в математике давно и хорошо известное явление. Конкретный метод выбирается в зависимости от характера

данных и особенностей задачи. В табл. 3 указаны условия и области применения различных моделей в нефтегазовой промышленности.

Неопределенность при выборе математических моделей далеко не так велика, как это кажется на первый взгляд. Как показывает опыт, эксперт или руководитель в значительной степени ограничен в свободе выбора математической модели и аппарата ее описания. Эти ограничения связаны, как это ни странно, не столько с физической явностью и возникающими из нее требованиями, сколько со знаниями, опытом и пристрастиями эксперта или руководителя [11].

6. Модуль прогноза результатов решений

Модуль 5 СППР – прогноз результатов принимаемых решений – может использоваться более двухсот существующих в настоящее время программных пакетов прогнозирования [12]. Методы прогнозирования относительно хорошо работают, когда процесс стационарен, то есть его характеристики слабо изменяются во времени. Хорошо работают эти методы и в том случае, когда функция изменения характеристик процесса известна. К сожалению, так бывает далеко не всегда. Тем не менее, методами прогнозирования в той или иной форме при принятии управленческих и проектных решений всегда пользовались и пользуются.

В настоящее время все шире используются методы прогнозирования, основанные на сочетании результатов наблюдений и субъективных экспертных оценок.

Таблица 3

Наименование модели	Условия применения	Области применения
Субъективные вероятности (Байесовский анализ)	Достаточный объем надежной информации, которая может быть обработана статистическими методами. Исследуемый процесс должен быть стационарен и описываться формулой Байеса.	Оценка надежности оборудования, оценка потребности в различных материалах, комплекствующих процессов добычи и транспорта нефти и газа
Нечеткие множества	Алгоритмы управления несложны и могут быть описаны простыми правилами, точное определение параметров не нужно или невозможно. Аналитическое описание системы не требуется, достаточно описания того, как процессом управляет опытный оператор.	Системы оперативного управления процессами добычи, транспорта и переработки нефти и газа; организации геофизических исследований скважин
Многокритериальные функции предпочтения	ЛПР или эксперт обладает необходимым опытом и знаниями, способен осуществить критериальный анализ ситуации, прогнозировать динамику событий, оценить важность используемых критериев, дать критериальную оценку значениям физических параметров и построить функцию предпочтения	Автоматизация проектирования, экономического анализа, управление производством в добыче, транспорте и переработке нефти и газа; организация геофизических исследований скважин

(продолжение табл. 3)

Наименование модели	Условия применения	Области применения
Нейронные сети	Умение построить общую функцию, описывающую процесс управления или распознавания, представить ее множеством более простых функций и расположить эти простые функции в иерархической сети нейронов	Экономический анализ, геологоразведка, управление технологическими объектами
Системы алгебраических и дифференциальных уравнений, системы массового обслуживания и др. традиционные методы моделирования оптимизации	Умение и возможность сформулировать задачу в строгой математической постановке	Все основные и обслуживающие процессы нефтегазового производства, его экономический анализ и управление

7. Модуль согласования групповых решений

Выше уже отмечалось, что все модули СППР в процессе выработки управленческого решения обращаются к модулю согласования групповых решений, а в разделах 2 и 4 показаны элементы методов согласования. Согласование групповых решений осуществляется модулем СППР в ходе переговоров, проводимых с помощью СППР [6].

На рис. 11 [6] демонстрируется чередование двух фаз, из которых состоит процесс переговоров: фазы принятия индивидуальных решений и фазы ведения переговоров (согласования решений).

Компьютерные системы поддержки переговоров в процессе согласования групповых решений могут оказать (и оказывают) существенную помощь в нахождении общего взгляда на проблему и выработку согласованного решения, несмотря на противоречия интересов участников переговоров, их оценок существующей ситуации и методов достижения цели.

В литературе, посвященной компьютерной системе поддержки переговоров, внимание человеческому фактору уделяется далеко не всегда. Однако использование компьютера в процессе переговоров не уменьшает роль человека: его искусство вести переговоры по-прежнему остается одним из решающих факторов успеха.

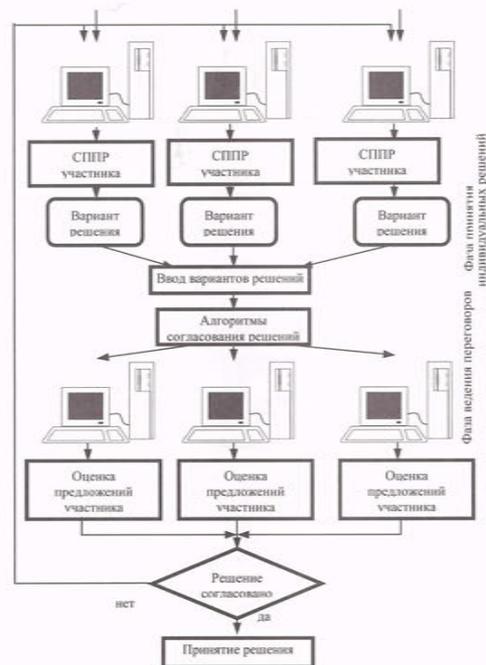


Рис. 11

8. Модуль выбора лучшего с точки зрения руководителя варианта решения

Модуль 7 СППР осуществляет ранжирование варианта множества решений при помощи заданной функции субъективных предпочтений руководителя с учетом определенного ранее списка параметров, критериев и их "весов". В результате каждое решение получает лингвистическую или балльную оценку, а множество вариантов решений становится линейно упорядоченным. Модуль 7 СППР представляет его руководителем. Каждый руководитель может осуществить свое ранжирование (не отвечающее ранжированию СППР). Затем СППР согласовывает ранжирование с помощью модуля 6 рис. 2 и два-три лучших варианта представляются руководителю для окончательного утверждения.

На рис. 12 показан вариант интерфейса согласования и утверждения решения по выбору сценария ликвидации последствий радиационного воздействия.

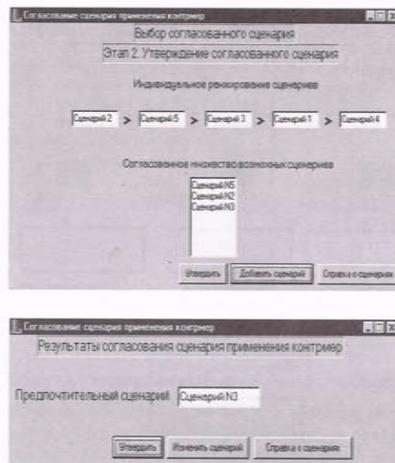


Рис. 12

Заключение

Неопределенность, возникающая при оценке ситуации и выборе средств достижения цели, принуждает руководителя или эксперта использовать субъективные оценки анализа ситуации и вариантов управленческих решений, основанных на его знаниях, опыте и интересах. Поэтому компьютерная система поддержки принятия решений должна уметь определять предпочтения руководителей и использовать их при формировании вариантов решений. Это позволяет руководителю применять всю мощь программного обеспечения и традиционных математических моделей для реализации своего стиля выработки и принятия решений. В последние годы рассмотренные методы получают все более широкое развитие.

Литература

1. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. - М. СИНТЕГ. 1998, - 360 с.
2. Трахтенгерц Э.А., Шершаков В.М., Камаев Д.А. Компьютерная поддержка управления ликвидацией последствий радиационного воздействия. - М. СИНТЕГ. 2004, - 456 с.
3. Трахтенгерц Э.А., Степин Ю.П., Андреев А.Ф. Компьютерные методы поддержки принятия управленческих решений в нефтегазовой промышленности. - М. СИНТЕГ. 2005, - 582 с.
4. Компьютерная система планирования и оперативного управления эвакуацией населения при авариях на химически опасных объектах / Бутанян А.Ю., Камаев Д.А., Трахтенгерц Э.А., Шершаков В.М. - М. ИПУ. 2006, - 104 с.
5. Трахтенгерц Э.А., Григорян А.К. Компьютерная поддержка рационального плана переработки и транспортировки нефти с учетом субъективных предпочтений руководителя // Труды Института проблем управления. - 2000. Т.Х1. С. 125-142.
6. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка переговоров при согласовании управленческих решений. - М. СИНТЕГ. 2003, -272 с.
7. Al-Twaijri M.I., Al-Chamdi S.V., Luqmani M. Prioritization of corporate goals in Saudi Arabia: an exploratory investigation // International Journal of Value-Based Management, 9. - 1996. P. 259-270.
8. Ambrosini V., Bowman C. Managerial consensus and corporate strategy // European Management Journal. 2003. V21. №2. P. 213-221.
9. Прозгишвили И.В., Пащенко Ф.Ф., Бусыгин Б.П. Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе. - М. Наука. 2001, 525с.
10. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. - Московский психолого-социальный институт. М. 2005, -583 с.
11. Трахтенгерц Э.А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений. - М. СИНТЕГ. 2001, - 250 с.
12. Глуценко В.В., Глуценко И.И. Разработка управленческого решения. Прогнозирование-планирование. Теория планирования экспериментов. - г. Железнодорожный. М. обл.: ООО НПЦ "Крылья". 2000.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ВВОДА-ВЫВОДА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

А.И. Иванов, А.В. Корытко, В.А. Кротов, Н.А. Лазутина, И.У. Схаббетдинов, В.В. Соколов

1. Тенденции развития средств вычислительной техники

В связи со стремительным развитием средств вычислительной техники, приобретающих новые черты, меняется архитектура информационно-управляющих вычислительных комплексов (ИУВК). При создании систем ввода-вывода (СВВ), являющихся в основном подобными проектам, внедряется новая технология, возникшая при объединении средств матричной коммутации с высокоскоростными последовательными шинами и получившая название "связной архитектуры с коммутацией соединений" (switched-fabric interconnect) [1].

Для разрешения проблемы несоответствия быстродействий вычислений и ввода-вывода в настоящее время осуществляется переход с традиционных решений на базе параллельной шинной архитектуры PCI (Peripheral Component Interconnect) [2] и CompactPCI [3] на внутрислотовые последовательные шины ввода-вывода типа Express. Эта новая идеология поддерживается всеми лидерами компьютерной индустрии.

Спецификация Express определяет группу двунаправленных последовательных соединений "точка - точка", использующих пакетную передачу данных. Эти решения поддерживаются специальным Express-коммутатором, аналогичным сетевому Ethernet-коммутатору. Новая шина PCI Express [4] программно совместима с традиционными PCI-устройствами. На основе технологии Express создаются новые стандарты - PCI Express, CompactPCI Express [5], PXI Express, EPIC Express [6].

Все эти новые стандарты проектирования аппаратуры определяют обмен данными уже по последовательным каналам. В современных системах управления наблюдается широкое использование внутренних сетевых структур с коммутацией соединений. Подобные технологии обеспечивают масштабируемость, отказоустойчивость, живучесть при значительном быстродействии. В зависимости от стоящих задач сетевые структуры могут быть использованы как в виде кабельных соединений, так и в гибридных системах на объединительных платах совместно с магистрально-модульными шинами.

Коммуникационная инфраструктура характеризуется физической средой, или каналами передачи информации, а также структурой и топологией трактов обмена, образующих внутренние локальные вычислительные сети.

Достижения и соглашения в коммерческих системах являются стимулом для создания изделий двойного назначения и изделий специального применения. Поэтому и в бортовой аппаратуре также четко прослеживается тенденция перехода на последовательные шины.

Целью настоящей статьи является рассмотрение влияния новых архитектурных решений на структурную организацию системы ввода-вывода высокопроизводительных информационно-управляющих комплексов.

2. Структура системы ввода-вывода ИУВК

Современные ИУВК с постоянно сокращающимися габаритами и снижением энергопотребления за счет повышения степени интеграции изделий микроэлектроники, тем не менее, выполняют все больший объем функций и являются достаточно мощными вычислительными средствами, содержащими встраиваемые компьютерные модули, периферию, сетевые интерфейсы, системные магистрали с устройствами связи с объектом (УСО), подсистемы электропитания.

Некоторый абстрактный ИУВК может быть представлен упрощенной трехуровневой моделью, где:

- первый (вычислительный) уровень ориентирован на обеспечение человеко-машинного интерфейса, отличается необходимостью выполнения многочисленных вычислительных операций, реализуется в виде одно- или многоядерных процессоров и мультипроцессоров;
- второй уровень (обслуживание ввода-вывода) ориентирован на выполнение операций ввода-вывода, на предварительную обработку информации, на формирование сетевых протоколов обмена;
- третий уровень (собственно периферия) образован средствами ввода-вывода, исполнительными устройствами, датчиками.

Функции второго уровня могут быть реализованы как с помощью удаленных распределенных систем управления и сбора данных, так и компонентами, размещенными в непосредственной близости от процессоров первого уровня. В дальнейшем будем рассматривать только свойства технических средств, размещаемых в едином конструктивном исполнении с вычислительным ядром первого уровня. Условимся ресурсы управления вводом-выводом с указанными ограничениями называть системой ввода-вывода (СВВ).

Компоненты СВВ на втором уровне по отношению к первому уровню могут быть как пассивными, так и активными. Пассивный вариант реализуется путем непосредственного подключения к вычислительному ядру таких средств обмена данными, как аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, нормализаторы, число-импульсные преобразователи, компоненты сетевого оборудования. В этом случае СВВ носит вырожденный характер.

Активный вариант СВВ реализуется с использованием вспомогательных процессоров, осуществляющих предварительную обработку информации, управление средствами нижнего уровня, разнообразный сервис, контрольно-диагностические функции, мониторинг состояния оборудования.

Объектом рассмотрения в данной статье является именно активная реализация СВВ с использованием однокристалльных микро-ЭВМ, "систем на кристалле" и цифровых сигнальных процессоров.

Связь этих компонентов между собой может осуществляться как по параллельным шинам (ISA, PCI, VME и т.п.), так и по последовательным каналам (Ethernet, RS-485 и т.п.) [7]. Информационный обмен между процессорным первым уровнем и СВВ обеспечивается с использованием ресурсов процессоров ввода-вывода (ПВВ).

Аппаратным средствам, используемым на промежуточном и нижнем уровнях перспективных ИУВК, присущи следующие особенности:

- ↳ специфическая элементная база;
- "жизненные циклы" аппаратуры, многократно превышающие "время жизни" используемых электронных компонентов;
- конвергенция сетевых решений в минимальные функционально-конструктивные единицы (узлы, блоки, модули);
- использование новых структурных решений, определяемых выполняемыми задачами и применяемой элементной базой.

3. Особенности архитектуры PCI Express

Связь между процессорными ядрами и основной памятью с периферийными устройствами типа графических контроллеров и средств ввода-вывода осуществляется в соответствии со стандартом на системную шину PCI.

Спецификацией PCI определены 32- и 64-разрядные варианты шины с частотой 33 и 66 МГц и максимальной скоростью передачи данных от 132 Мб/с до 528 Мб/с, в зависимости от разрядности и частоты.

В PCI используется пакетный режим обмена с монополизацией ресурсов. Процессор через "мостики" поочередно подключается к нескольким периферийным устройствам.

Адреса и пакеты данных передаются за несколько циклов. Передаваемые пакеты не могут быть прерваны никаким устройством ввода-вывода.

В отличие от параллельной шины PCI, архитектура PCI Express строится на некотором множестве последовательных пар соединений.

Основной дуплексного интерфейса PCI Express, или PCI-e, являются пары каналов с дифференциальными входами, обеспечивающие связь по схеме "точка-точка".

Важнейшими особенностями этого направления являются:

- сетевая идеология обмена, поддерживаемая трехуровневым стеком протоколов (Physical Layer, Data Link Layer, Transaction Layer);
- возможность управления качеством сервиса (Quality of Service): создание виртуальных каналов, гарантирование пропускной способности и времени отклика, сбор статистики;
- контроль целостности данных за счет избыточного кодирования;
- возможность избыточного кодирования;
- обеспечение горячей замены модулей.

Использование последовательной топологии обеспечивает следующие преимущества:

- сокращаются габариты;
- упрощается разводка монтажных плат;
- снижается стоимость изделия;
- снижается уровень электромагнитного излучения;
- исключается взаимная синхронизация сигналов.

Повышение пропускной способности PCI-e поддерживается возможностью линейного наращивания числа элементарных каналов (линков LVDS 0,8B).

На рис.1 приведена структурная схема вычислительного ядра ИУВК, реализованного с использованием Express-технологии. Коммутатор, совмещенный с базовым чипсетом в едином корпусе или выполненный в виде отдельной микросхемы, обеспечивает подключение каналов.

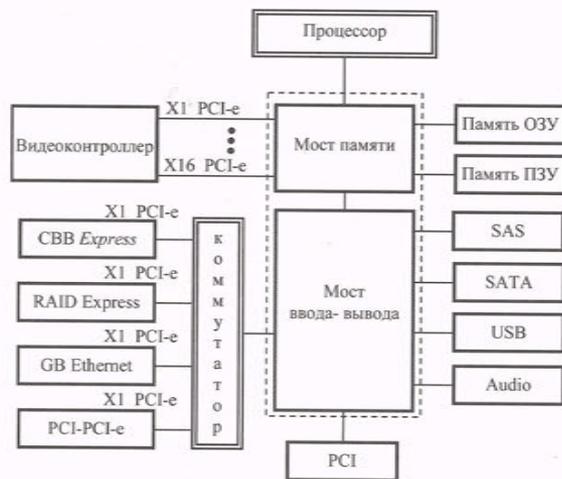


Рис. 1

В их числе:

- SAS (Serial Attached SCSI) – последовательная версия интерфейса SCSI;
- SATA (Serial ATA) – последовательная версия интерфейса ATA (IDE);
- CBV Express – система ввода-вывода ИУВК, ориентированная на подключение к скоростным внутренним PCI-e каналам.

Идеология PCI-e обеспечивает пропускную способность шины от 250 Мб/с до 8-10 Гб/с при тактовой частоте 2,5-5,0 ГГц.

PCI-e поддерживает 1, 2, 4, 8, 16 или 32 последовательных канала.

Коннекторы X1 одинарных линков обычно обслуживают Ethernet и Gigabit Ethernet. К коннектору X16, объединяющему 16 линков, подключается графический контроллер. Эта группа линков заменяет разъем 8xAGP компьютера, почти вдвое увеличивая скорость видеобработки. По конструкторскому оформлению PCI-e согласуется с габаритами модулей PCI.

4. Характеристики EPIC Express

В бортовых необслуживаемых системах специального и двойного назначения широко используются модули с размером 90x96 мм на базе стандартов PC/104 [8] и PC/104+ [9], с повторением идеологии параллельных шин ISA и PCI соответственно.

В составе обширной номенклатуры этих модулей используются разнообразие микропроцессоры, средства ввода-вывода, элементы локальных сетей.

В настоящее время формируется новая концепция построения бортовых систем – EPIC Express. Спецификация EPIC Express (EPIC – Embedded Platform for Industrial Computing) с использованием стандартов EPIC, PC/104 и PC/104+ позволяет решить сразу несколько задач:

- обеспечить внедрение современной Express-технологии в бортовые компьютеры форм-фактора PC/104;
- определить конфигурацию и компоновку базового компьютера;
- использовать в новейших решениях существующий задел по бортовым устройствам ввода-вывода на базе PC/104.

EPIC Express открывает широкие возможности внедрения сетевых технологий, увеличивая быстроту действия, надежность, сокращая габариты бортовой аппаратуры.

Сущность EPIC Express сводится к замене шины PC/104+, являющейся эквивалентом PCI, на некоторое множество высокоскоростных каналов, аналогичных PCI-e. При этом другая шина PC/104 (т.е. ISA) сохраняется в виде опции для поддержки имеющихся средств ввода-вывода. В результате создаются условия для подключения быстродействующих устройств.

Согласно EPIC Express, все размеры, места расположения разъемов, запрещенные зоны и ограничения по высоте соответствуют стандарту PC/104. Разъем PC/104 сохраняется для передачи информации на другие модули PC/104, размещаемые в верхней части стека. Подключение модулей с интерфейсом PC/104+ выполняется с помощью дополнительного модуля моста PCI-e – PC/104+.

EPIC Express может обслуживать такие высокоскоростные устройства, как RAID-контроллеры, модули Gigabit Ethernet, процессоры ввода-вывода, контрольно-диагностические процессоры, видеосистемы высокого разрешения. Express-технология вытесняет видеоконтроллеры с AGP-шинами.

EPIC Express поддерживает четыре последовательных одинарных канала (линка) X1 и два счетверенных канала X4. Это соответствует двум конфигурациям – стандартной и полной.

Стандартная конфигурация подразумевает размещение на месте шины PC/104+ четырех линков (A-D) в одном 28-контактном разъеме.

В полной конфигурации на месте выводов шины PC/104+ устанавливается разъем с тремя 28-контактными высокочастотными секциями. В результате образуется коммутационное поле (A, B, C, D, E, F) из четырех линков X1 и двух X4.

Полная спецификация также отличается от стандартной номиналами напряжений, потребляемой мощностью, частотами синхронизации.

5. Мезонинные технологии в СВВ

Принятые технические решения устаревают еще в процессе проектирования. Поэтому уже на начальных стадиях целесообразно закладывать механизмы модернизации комплекса в течение всего жизненного цикла.

Одним из таких приемов, ориентированным на стандартизированные конструкции, является использование мезонинной технологии [10]. Мезонины – функциональные узлы, размещенные на относительно небольших печатных платах, которые устанавливаются на основную несущую плату определенного форм-фактора. При модернизации комплекса удаляется устаревший мезонин, а на его место устанавливается новый. Базовая конструкция, включающая интерфейсные блоки, остается неизменной.

Характерной особенностью промышленных компьютеров и программируемых контроллеров последних поколений является использование мезонинных модулей управления, памяти и ввода-вывода, которые, в зависимости от своего назначения, обмениваются информацией друг с другом, центральным процессором и объектом управления. Наличие таких модулей позволяет несколько иначе решить вопрос построения вычислительных систем (ВС) большой производительности и объема памяти вследствие возможности простого наращивания тех или других функций. В модульных ВС стирается грань между отдельной сложной машиной и системой.

Мезонинные технологии применяются в различных системах благодаря тому, что позволяют существенно улучшить оперативные характеристики системы. В системах с шинной организацией они представляют альтернативные каналы обмена данными с общей объединительной панелью или иным средством коммутации.

Мезонинные шины полезны с нескольких позиций. Во-первых, предоставляют непосредственный канал связи между процессором и периферийными устройствами, обеспечивая соответствие операций пересылки информации требованиям реального времени. Во-вторых, снижается нагрузка объединительной шины, предоставляя возможность пересылки данных других типов. Поскольку в одной и той же системе может использоваться несколько мезонинных шин, появляется возможность контролируемого повышения общей пропускной способности. При использовании мезонинных модулей с собственными вычислительными ресурсами снижается нагрузка центрального процессора, повышается общая надежность системы благодаря способности данного типа модулей к автономной работе и появляется возможность для организации так называемого "интеллектуального ввода-вывода".

Мезонинные модули обеспечивают относительно простой и эффективный способ приспособления встроенного компонента к специфическим требованиям конкретного проекта, а также возможность реконфигурации уже созданной системы силами самого пользователя. Одноплатный встроенный компьютер, дополненный сменными мезонинными контроллерами, может поддерживать ряд функций: работу с последовательными каналами связи, хранение данных, разнообразные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразования, управление реле, сервомоторами и т.д. Налицо и экономические преимущества использования мезонинных контроллеров. При замене или модернизации вычислителя, каналов ввода/вывода нет необходимости менять целиком систему. Меняется лишь мезонинный модуль, что защищает финансовые вложения пользователя в проект при каких-либо его изменениях. Такая возможность особенно актуальна в условиях быстрого развития и частой смены элементной базы.

Производители имеют возможность закупать мезонинные модули, отвечающие конкретным требованиям создаваемых систем, после чего, используя опыт в конкретных областях, они могут концентрировать свои усилия на создании конечных проектов.

Номенклатура функциональных блоков на мезонинных модулях различного форм-фактора на мировом рынке превышает тысячу наименований.

Для реализации СВВ интерес представляют собой мезонины маломощных процессоров, выполненные в виде миниатюрных компьютеров.

Так, например, мезонин на базе процессора Xscale PXA255 [11] на плате размером 66x44мм имеет, кроме процессора с рабочей частотой 400 МГц, до 64 Мбайт ОЗУ, флэш-диск до 128 Мбайт, графический контроллер, последовательные и параллельные порты, PCMCIA/HDD/FDD интерфейсы, USB, PS/2, AC97. По существу, это полноценный компьютер в промышленном исполнении, ориентированный на встраиваемые приложения.

Мезонины в виде модулей размером 90x96мм (форм-фактор PC/104) могут представлять собой полноценные процессоры ввода-вывода (ПВВ) с разнообразными УСО. На материнской несущей плате типоразмера EPIC можно установить в виде этажерки несколько таких модулей, имеющих в свою очередь собственные мезонины меньшего формата. Этот принцип компоновки используется в аппаратуре, разрабатываемой согласно стандарту EPIC Express.

6. Реализация СВВ ИУВК на базе EPIC Express

Институтом проблем управления (ИПУ) разработан ИУВК, выполненный в соответствии с современными архитектурными и технологическими нормами: имеет материнскую несущую плату, выполненную в одном из известных форм-факторов с одно- или двухядерными процессорами и топологией Express. В разъемы линков этой платы устанавливаются необходимые контроллеры внешних устройств, включая модули системы ввода-вывода (СВВ).

Предложенная активная СВВ представляет собой некоторое множество процессоров ввода-вывода (ПВВ), подключенных к линкам PCI-e. В зависимости от принятой идеологии обмена данными, ПВВ могут решать различные классы задач.

Если к СВВ непосредственно подключаются датчики, исполнительные устройства и т.п. периферия, то ПВВ этой системы выполняют функции предобработки, фильтрации, диагностики.

Если информация поступает от удаленных объектов по последовательным каналам, то ПВВ выполняют роль шлюзов, концентраторов, формируя потоки обмена с верхним уровнем.

ПВВ, выполненные в виде модулей, предназначенных для офисных промышленных компьютеров, устанавливаются в разъемы линков X1-X4 материнской платы. К внешним контактам этих модулей подключаются каналы Ethernet, датчики, ключи и другие средства связи с объектами управления. В свою очередь модули ПВВ могут иметь по несколько активных и пассивных мезонинов, если эта СВВ базируется на концепции "мезонинного конструктора".

При построении ИУВК для промышленных и бортовых систем в соответствии с концепцией встраиваемых компьютерных технологий (ВКТ) [12] Институтом проблем управления предлагается, в зависимости от поставленных задач, использовать стандарты CompactPCI Express, PXI Express, EPIC Express.

Рассмотрим в качестве примера реализацию СВВ ИУВК на базе стандартов EPIC Express. Функцию материнской платы-носителя в этом случае выполняет модуль формата 115x165мм с процессором типа Pentium M и чипсетом, совмещающим функции северного и южного мостов с Express-коммутатором. Разъем PC/104 (ISA) используется по своему прямому назначению для сохранения существующего задела. Вместо разъема PC/104+ устанавливаются три разъема Express, обеспечивающие использование полной конфигурации линков A, B, C, D, E, F (4шт. X1 и 2шт. X4). В упрощенном варианте СВВ, выполненная в ИПУ, реализуется на базе одного ПВВ. Следовательно, в данном случае СВВ и ПВВ являются тождественными понятиями.

На рис. 2 представлена структурная схема ПВВ [13]. Конструктивную и интерфейсную основу ПВВ составляет базовый модуль-носитель формата 90x96 мм, на котором с двух сторон установлены мезонин вычислительный и мезонин ввода-вывода.

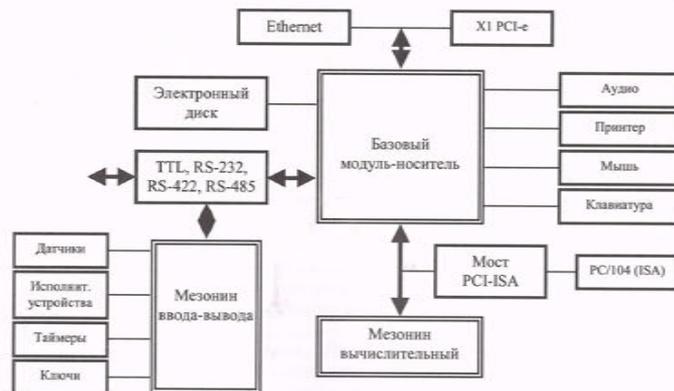


Рис. 2

Современный уровень электронной техники позволяет разместить на мезонине размерами около 60x40мм полнофункциональный компьютер с памятью, электронным диском с выбранной клавиатурой внешних интерфейсов. При использовании технологии "Система на кристалле" функциональная плотность мезонина существенно возрастает.

Таким образом, мезонин вычислительный, представленный на рис. 2, выполняет функции Slave-компьютера, связанного через PCI-e с Host-компьютером материнской платы. Мезонин ввода-вывода содержит цифровой сигнальный процессор со встроенными аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями, средствами дискретного ввода-вывода и каналами связи с мезонином вычислительным и внешней средой. Сигналы от датчиков нормируются, масштабируются, преобразуются в цифровой код и в соответствии с выбранным алгоритмом обмена пересылаются в мезонин вычислительный. После необходимой обработки под управлением "твердой" версии операционной системы реального времени информация через PCI-e пересылается в память центрального вычислителя ИУВК.

Предлагаемая Институтом проблем управления новая архитектура СВВ является первым опытом совмещения Express-технологии, типичной для вычислительного ядра компьютера, и средств предварительной обработки информации от датчиков и формирования воздействий на объект, характерных для управляющих комплексов.

Разработанные ИПУ РАН ПВВ, кроме функций обслуживания периферии и устройств связи с объектом в составе СВВ или в автономном режиме, могут одновременно осуществлять контроль, диагностику и мониторинг состояния технических средств.

Использование в СВВ Express-технологии позволило повысить скорость обмена с центральным вычислительным ядром, обеспечивая высокую реактивность связи с объектом и открывая широкие возможности конфигурирования ИУВК в целом.

Литература

1. Рейс Вейс. Связная архитектура с коммутацией соединений – лидер систем связи следующего поколения. Мир компьютерной автоматизации. – 2000. -№2. с.8-13.
2. PCI Local Bus Specification. Revision 2.0. – 1999. April.
3. PICMG2.0 R2.1. CompactPCI Specification. – 1999.
4. Медведев А.Н. PCI Express. Пункт прибытия 2014 год. – 2003. с.1-12.
<http://www.ixbt.com/mainboard/pci-express.shtml>
5. PICMG EXP.O. CompactPCI Express.R1.0. – 2005.
6. EPIC Express Specification: Stackable PCI Express Expansion for EPIC.R0.80. – 2005. August.
7. Рыбаков А.Н., Слепов Н.Н. Компьютерные встраиваемые технологии. Ключевые тенденции. Электроника: наука, технология, бизнес. – 2006. №3. с.24-32.
8. PC/104, IEEE-P996.1. Стандарт на промышленные компьютеры для встроенных приложений – 1993.
9. PC/104-Plus Specification. Version 1.2. – 2001. August.
10. Mezzanines. IP&PMC Solutions for Flexible Embedded Design. – 1997. №3.
11. CompuLab. ARMCORE Reference Guide. – 2002.
12. Трубицын А.В. ВКТ: тенденции и прогнозы. PC WEEK/RE. – 2005. №43. с.44-46
13. Процессор ввода-вывода. Рекламный проспект ИПУ РАН. – 2005.
<http://www.ipu.ru/labs/Lab31kom/proc.htm>

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А.Г. Полтыкин, Е.Ф. Жарко, И.Н. Зуенкова, В.Г. Промыслов,
М.Е. Бывайков, Н.Э. Менгазетдинов

Введение

Программное обеспечение (ПО) стало одной из составляющих окружающей среды. Оно работает в мобильных телефонах, домашних компьютерах, в магазинах, медицинских учреждениях, предприятиях, на транспорте, в системах жизнеобеспечения, в системах, важных для безопасности, включая ядерную.

Во многих случаях используется одно и то же ПО. Ярким примером является ОС Windows фирмы Microsoft, применяемая широким спектром пользователей от игровых залов до третьего энергоблока Калининской АЭС.

Представим точку зрения Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН на обеспечение технологической независимости, лицензионной чистоты, качества и безопасности ПО в атомной энергетике.

1. Технологическая независимость и лицензионная чистота

Технологическая зависимость организации А от организации Б возникает при наступлении одного из следующих случаев.

- (1) А использует ПО, произведенное Б, но Б не передает А исходные коды ПО;
- (2) Б передает исполняемые и исходные коды ПО А, но не производит обучение персонала А в объеме, необходимом для внесения изменений и доработок в ПО;
- (3) Б передает исполняемые и исходные коды ПО А, по возможности обучает персонал А правилам внесения изменений и доработок в ПО, но оставляет за собой через лицензионные соглашения права собственности на ПО, которые позволяют Б контролировать применение ПО.

Случай (1) типичен при применении ОС ведущих мировых производителей, SCADA-систем и т.п. Это худшая из всех видов зависимостей. В этом случае пользователь ПО зависит от прихотей производителей, которые по своему усмотрению могут менять ПО, что вынуждает пользователей нести значительные расходы по адаптации нового ПО, его испытаниям и т. п. Кроме этого, при использовании продукции иностранных поставщиков зависимость типа (1) может существенно ограничить применение конечного продукта, в котором используется ПО, например, из-за эмбарго, политических, конкурентных и других причин.

Случай (2) имеет место при использовании ПО “с открытым кодом”. К ним, в частности, относятся версии ОС LINUX, компиляторы, Web-браузеры, утилиты и т.п. В этом случае пользователь имеет возможность получить независимость. Но для этого ему нужно создать группу, лабораторию или целый институт, набрать в него квалифицированных специалистов, которые способны разобраться в исходных кодах ПО и содержать их в течение всего времени эксплуатации данного ПО. Это требует значительных финансовых затрат и под силу либо государству в целом, либо отрасли (Министерство обороны, Росатом, Академия наук), либо крупной корпорации (РАО ГЭС, Газпром и т. п.).

Случай (3) – это лицензионная зависимость. Часто она наступает при применении ПО “с открытым кодом”, произведенным фирмами США и других стран. Примером может служить продукт Open Office фирмы Sun, который, будучи продукцией США, не

может поставляться в ряд стран и организаций. В этом случае определенная зависимость от фирмы или иностранного государства не может быть устранена полностью, а конечный продукт не будет лицензионно чистым.

Если понимать под А отечественные фирмы-строители АЭС (Атомстройэкспорт, Росэнергоатом), то как им обеспечить технологическую независимость и лицензионную чистоту своей конечной продукции (энергоблоков АЭС) от иностранных фирм-изготовителей ПО и политики чужих государств?

Есть только два пути. Первый – заказывать ПО в России либо у подконтрольных заказчику фирм, либо у государственных организаций, недосыгаемых для недружественных действий. К ним относятся федеральные государственные унитарные предприятия РОСАТОМ, институты РАН, федеральные ядерные центры и другие отечественные организации.

Второй путь связан с преодолением зависимости типов (2) и частично (3). Это можно сделать либо указанным выше способом, либо путем установления контроля над фирмой-поставщиком ПО.

2. Безопасность ПО

Безопасное ПО – это ПО, выполняющее только возложенные на него владельцем задачи и не выполняющее никаких других. Чтобы проверить выполнение требуемых задач, проводятся испытания. Однако выполняет ли ПО непредусмотренные законным владельцем задачи, испытаниями проверить нельзя. Например, как можно проверить отсутствие закладки в ОС, которая содержит суперпароль для входа в систему? Для программиста ответ очевиден: нужно проанализировать исходный код ПО. Иного пути нет.

Иными словами, ПО должно быть подвергнуто операции верификации исходного кода и документации. Это утверждение носит характер аксиомы для всех, кто занимается ПО для АЭС, поскольку оно содержится в нормативных документах, регламентирующих разработку программного обеспечения систем, важных для безопасности АЭС.

Однако на практике это требование часто нарушается. Так, на третьем блоке Калининской АЭС в системе верхнего блочного уровня (системе, важной для ядерной безопасности) используются ОС MS Windows и Open WMS, верификацию исходного кода которых никто не проводил, то есть используется иностранное ПО, безопасность которого не подтверждена.

Практика применения на АЭС ПО сомнительной безопасности должна быть законодательно запрещена, а само ПО заменено. Какая бы фирма, российская или зарубежная, ни разрабатывала ПО для АЭС, процедура его изготовления должна производиться по методам, обеспечивающим качество и безопасность.

3. Программные продукты ИПУ РАН для атомной промышленности

ИПУ РАН более 20 лет ведет работы в области ПО для АСУТП АЭС, накопил значительный опыт и создал ряд программных продуктов, которые поставляются различным организациям в России и за рубежом. Они различаются по назначению, области применения, масштабу и комплектности. Вместе с тем, каждый программный продукт является законченным инструментальным средством, которое может применяться как самостоятельно, так и в комплексе с другим ПО.

Все ПО было разработано с соблюдением норм и правил, установленных в РФ, и имеет разрешение государственных надзорных органов для применения на АЭС.

Операционная система LICS

LICS (Linux Institute of Control Science) является универсальным коммерческим продуктом, который может применяться в широком классе систем АЭС, включая офисные приложения, АСУ П и АСУТП [1].

Поддерживает широкий спектр технических средств с процессорами Intel, включая мобильные компьютеры, промышленную вычислительную технику и высокопроизводительные вычислительные комплексы. Поддерживает работы с многодисплейными компьютерами и с резервированными вычислительными сетями.

Основными характеристиками LICS являются: высокая надежность; безопасность; сбалансированность системы и ее компонентов; уникальная встроенная система самодиагностики; отсутствие лицензионных ограничений; совместимость с другими версиями Linux; способность выполнять функции сервера в вычислительных комплексах, где работают компьютеры с другими ОС, включая продукты Microsoft; интегрированность с системой контроля ПТК CENTRIS.

Продукт верифицирован по методикам, применяемым в атомной энергетике в России и Европе. Тестирование продукта производилось в течение двух лет независимыми организациями на полигоне АСУТП АЭС в Научно-исследовательском центре по безопасности АЭС (г. Электрогорск) и в составе поставочного комплекта системы верхнего блочного уровня АСУТП АЭС “Бушер” (Иран), который был собран в полном объеме в Научно-исследовательском институте измерительных систем им. Ю.Е. Седакова (г. Нижний Новгород).

LICS используется в системе верхнего блочного уровня (СВБУ, разработки ИПУ РАН и НИИИС) и в системе контроля, управления и диагностики (разработки КИАЭ) в АСУТП АЭС “Бушер” (Иран) и “Куданкулам” (Индия). Из применений в России можно назвать систему управления перегрузочной машиной 3-го блока Калининской АЭС и систему РАКУРС исследовательского реактора ПИК в ПИЯФ.

Сформулируем главное преимущество выбора LICS: по сравнению с широким спектром версий Linux, которые за символическую стоимость наводнили рынок, LICS имеет документацию, выполненную по российским нормам, и гарантии от производителя на длительный срок. Это не разнородный набор свободно распространяемых программ, а продукт, качество и безопасность которого подтверждены.

SCADA-система работы ПО и Конфигуратора (РПОиК)

Открытая SCADA-система РПОиК разработана для ответственных приложений с уникальными гарантийными обязательствами от производителя высшей категории надежности [2]. Она предназначена для интеграции АСУТП АЭС и построения высокопроизводительных ПТК повышенной надежности с большим периодом эксплуатации.

Система разрабатывалась для АСУТП АЭС, и при ее проектировании закладывались свойства, максимально обеспечивающие надежность и высокую производительность.

Основными функциями системы являются:

- прием и обработка информации о состоянии объекта управления и систем АСУТП;
- обеспечение синхронизации времени всех систем АСУТП;
- регистрация событий с присвоением метки времени с точностью до одной миллисекунды и записью в архив;
- отображение информации на экранах дисплеев в различных форматах (мнемосхемы, диаграммы, графики и т.п.) и протокола текущих событий восемью способами;
- формирование сигнализации;

- подавление выбросов ложной сигнализации, возникающих вследствие отказов по общей причине;
- обеспечение вывода команд управления технологическим оборудованием с фиксацией времени выдачи команды в АСУТП в архиве.

Основные особенности системы:

- работает на всей линейке вычислительной техники, включая мобильные, бытовые, офисные и промышленные компьютеры;
- совместима с произвольными системами автоматизации российского или зарубежного производства;
- позволяет создавать интегрированные АСУТП с автоматикой от различных производителей и организовывать обмен информацией между разнотипными системами автоматизации;
- в рамках единого информационного пространства позволяет организовывать АРМ для различных групп оперативного персонала, включая выделенные АРМ для контроля состояния оборудования АСУТП;
- обеспечивает доступ через Web-технологии;
- обеспечивает защищенный от несанкционированного доступа режим работы пользователя;
- содержит систему автоматического проектирования со встроенным языком программирования;
- объем обрабатываемой информации не ограничен (зависит от мощности вычислительных устройств, испытан на объеме в 8 тысяч аналоговых и 250 тысяч дискретных сигналов с потоком в 2 тысячи сигналов в секунду);
- в максимальной конфигурации обеспечивает 100% резервирование всех элементов, включая серверы, рабочие станции, сетевое оборудование и линии передачи данных;
- обеспечивает непрерывную работу АСУТП в течение неограниченного срока с учетом поэтапной замены технических средств, автоматический рестарт после включения электрического питания;
- позволяет производить обновление ПО без останова системы;
- не требует технического обслуживания;
- интегрирована с системой CENTRIS и промышленной ОС LICIS;
- гарантия поддержки производителя – 30 лет с возможностью последующей замены на 64-разрядную версию.

РПОиК протестировано на специально созданном полигоне АСУТП в г. Электрогорске, где было установлено оборудование (60%) реальной АСУТП АЭС с реактором ВВЭР-1000. Тест продолжался в течение одного года, по его результатам было получено разрешение на применение РПОиК в системах АСУТП АЭС, важных для безопасности.

РПОиК используется на АЭС “Бушер” (Иран) в качестве основного интегрирующего ПО в составе СВБУ. Ведутся работы по применению РПОиК для двух промышленных АЭС в Индии и тяжеловодного атомного реактора в России.

В отличие от продуктов “в коробке”, по которым не дается никаких гарантий от производителя, РПОиК поставляется с пожизненной гарантией. Эксклюзивность поставки подразумевает заключение долгосрочных партнерских соглашений, в рамках которых может производиться модификация РПОиК под особенности и нужды заказчика,

подключение уникальных устройств, реализация нестандартных алгоритмов, а также при необходимости передача исходных текстов программ.

Система контроля ПТК CENTRIS

Данная система предназначена для оперативного представления информации о состоянии компонентов ПТК, включая инициативное уведомление о неисправностях [3]. CENTRIS обеспечивает непрерывный контроль всех устройств и программ, входящих в комплекс, включая рабочие станции, серверы, сетевое оборудование, принтеры, внешние дисковые накопители, системы единого времени и т.д. Результаты могут выводиться на специализированные пульта контроля, что позволяет эффективно организовать эксплуатацию ПТК и реально улучшить степень их надежности и готовности. Система разрабатывалась для использования на АЭС, и при ее проектировании закладывались свойства, максимально обеспечивающие надежность и высокую производительность.

Основные возможности системы: контроль состояния технических средств и сетевого оборудования, ОС, прикладного ПО, диагностика зависимостей; контроль физического проникновения в приборные стойки; контроль целостности ПО (защита от несанкционированной модификации) и точности синхронизации времени.

Особенностями системы являются: масштабируемость; поддержка работы с SNMP и NTP; открытый интерфейс с возможностью наращивания путем использования технологии plug-in; дублирование диагностической информации по предоставленным резервным каналам и рабочим местам; ведение единого архива событий; многоуровневый протокол событий; удобный графический интерфейс с пользователем; звуковая сигнализация; установка предупредительных уставок для диагностических сигналов, организации гибкой системы защиты и предупреждения аварийных ситуаций; настраиваемые средства обновления диагностической информации.

Структура системы имеет три уровня (рисунок). Нижний уровень представлен SNMP-шлюзами, которые производят обмен информацией с SNMP-агентами, функционирующими на технических средствах (эти SNMP-агенты не входят в состав CENTRIS и поставляются производителями оборудования или являются свободно распространяемыми продуктами).

SNMP-шлюзы передают информацию в SCADA-систему по открытому протоколу. Передача осуществляется по циклическому принципу с заданным периодом, который настраивается для различного вида информации. Минимальная продолжительность цикла составляет одну секунду.

Резервированный вариант отличается от представленного на рисунке наличием дублирующих SNMP-шлюзов и SCADA-системы, которые функционируют на отдельных технических средствах и используют резервные линии связи.

Для средств вычислительной техники собирается следующая основная информация: загрузка процессора; объем свободной оперативной памяти и дисковой памяти; состояние сетевых устройств и др.; состояние замков; температура в процессорном блоке и др.

Для сетевого оборудования собирается следующая основная информация: наличие подключений (по портам); скорость передачи (по портам); наличие неисправностей и др.

Для оперативной системы собирается информация: число открытых сессий и запущенных программ; наличие нарушений целостности системных директорий (результатов взлома) и др.

Для прикладного ПО собирается информация: состояние (программа запущена или нет); специфические данные, зависящие от особенности программы.

CENTRIS представляет собой надежное и безопасное открытое решение для контроля ПТК, где требуется гарантия на поддержку от производителя и/или применяется уникальное оборудование, которое не стыкуется с массовыми программными продуктами.

Система верхнего уровня АСУТП

СВБУ АСУТП – это современное комплексное решение для автоматического сбора, хранения и представления информации о текущем состоянии технологического объекта управления и автоматизированного дистанционного формирования команд управления механизмами и алгоритмами АСУТП АЭС [4].

СВБУ создана для достижения: централизации контроля и управления ТП; экономически эффективного производства продукции; соблюдения эксплуатационных пределов, условий безопасной эксплуатации оборудования; улучшения характеристик ТП и работы технологического оборудования; уменьшения трудоемкости эксплуатации оборудования, улучшения ремонтпригодности технических средств, снижения численности обслуживающего персонала, улучшения потребительских характеристик элементов АСУТП; улучшения условий труда персонала, сокращения его числа и уменьшения последствий от ошибочных действий операторов.

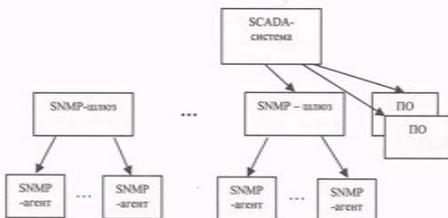


Рис. 1. Структура CENTRIS (нерезервированный вариант)

На основе теоретических исследований существующих методов управления, а также в результате анализа мирового опыта были сформулированы следующие основные задачи СВБУ:

- регистрация текущего состояния и технологических событий, аварийных и переходных процессов;
- представление обобщенной информации по готовности технических систем безопасности;
- ведение протокола текущих событий;
- представление информации о режимах работы оборудования и автоматики; информации по расчетным задачам и задачам анализа оперативного состояния и диагностики;
- сбор данных о командах персонала;
- отображение мнемосхем, видеogramм на графических дисплеях и информации для управления на видеодисплеях;
- аварийная и предупредительная сигнализация на видеодисплеях;
- регистрация приема, выдачи и обработки управляющих воздействий в архиве СВБУ с присвоением им меток времени, введенных при помощи ключей индивидуального управления;
- архивация ресурса работы оборудования и диагностики его работы;
- регистрация и архивация состояния, ремонтов и замен технологического оборудования, записей операторов;
- распечатка данных за смену и периодических отчетов;
- управление локальными регуляторами с рабочих станций;

- контроль и управление режимом технологической защиты (технологической блокировки), управление программы логического управления с рабочих станций; управление контрольными и диагностическими задачами;
- сбор и обработка информации о состоянии средств и систем АСУТП;
- диагностика технических и программных средств АСУТП;
- ведение единого времени и присвоение метки времени при сборе данных;
- информационная поддержка управления штатным функционированием системы;
- операторское управление функционированием СВБУ;
- автоматическое управление в части автоматического реконфигурирования резервируемых элементов СВБУ и рестарта системы после отказа по общей причине (обесточивания);

СВБУ представляет собой распределенный ПТК, основными элементами которого являются АРМ, дублированные серверы, локальная вычислительная сеть и шлюзовые устройства. Взаимодействие СВБУ со смежными ПТК АСУТП осуществляется через шлюзы, подключенные к ЛВС СВБУ, в которых на программном уровне обеспечивается информационная совместимость с СВБУ.

Особенностью взаимодействия элементов СВБУ является применение технологии “клиент-сервер”, в результате чего алгоритм функционирования каждой подсистемы разбивается на совокупность алгоритмов функционирования шлюзов и рабочих станций, решающих соответствующие им задачи внутри себя и обменивающихся между собой сетевыми сообщениями.

СВБУ испытана для обработки не менее 8 тысяч аналоговых и 250 тысяч дискретных сигналов, при этом объем обрабатываемой информации может быть увеличен. Система обладает следующими показателями временной задержки прохождения сигналов: на команду оператора $\leq 2,0$ с; на запрос оператора о представлении оперативной технологической информации на экране дисплея $\leq 2,0$ с. Обеспечивает следующие показатели надежности: средняя наработка на отказ $\geq 10^5$ час; коэффициент неготовности $\leq 1 \cdot 10^{-5}$.

СВБУ является полностью российским, иатовским изделием, разработанным на основе собственных программных компонент ИПУ РАН и свободно распространяемых продуктов, которые верифицированы и аттестованы для применения в атомной энергетике для систем, важных с точки зрения безопасности. Система построена на основе только отечественных комплектующих, аттестованных Минатомом РФ. Техническая документация разработана по российским нормам. Испытания СВБУ проводились на специально построенном полигоне, приемка осуществлялась межведомственной комиссией. Все технические решения и ПО обладают полной лицензионной чистотой, что позволяет гарантировать поддержку системы в течение всего срока жизни. СВБУ российского производства поставлена на АЭС “Бушер” (Иран) и готовится к поставке на АЭС “Куданкулам” (Индия).

Литература

1. Масолкин С.И., Промыслов В.Г., Жарко Е.Ф., Антонов А.В., Промыслова О.А., Степаняц А.С. Системное ПО LICs как компонент подсистем АСУТП АЭС // Автоматизация в промышленности. 2004. №10.
2. Полетыкин А.Г., Бывайков М.Е., Менгазетдинов Н.Э., Байбулатов А.А. Основные решения по созданию системы верхнего (блочного) уровня АСУТП АЭС // Тр. ИПУ РАН том XVIII. 2002.
3. Масолкин С.И., Промыслов В.Г., Менгазетдинов Н.Э. Диагностика программно-технических средств с использованием интеллектуальных агентов // Доклад на II Международной конференции "Идентификация систем и задачи управления". 2003.
4. Полетыкин А.Г., Бывайков М.Е., Менгазетдинов Н.Э., Байбулатов А.А. Основные решения по созданию системы верхнего (блочного) уровня АСУТП АЭС // Ядерные измерительно-информационные технологии. 2004. №1-2.

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ И ЛЮДЯХ

д-р техн. наук Н.А. Абрамова

В заключение вкратце остановимся на исследованиях И.В. Прангишвили, посвященных общесистемным закономерностям, см. [1]–[3]. Он пришел к изучению закономерностей, общих для систем разной природы, в поисках объяснений поведения сложных, слабо структурированных, слабо определенных систем, в поисках возможности оценивать принимаемые управленческие решения самого высокого уровня. Ивери Варламович обратился к этим вопросам, движимый чувством ответственности перед наукой, которое он испытывал в роли директора такого крупного академического учреждения, как ИПУ РАН. Это чувство проявлялось не только в его книгах и статьях, но и в рассуждениях в кругу сотрудников о практической роли науки вообще, о проблемах управления и путях их научного решения.

Ивери Варламович считал, что наука управления – это прикладная наука по своей сути (даже тогда, когда решаются фундаментальные проблемы). Не случайно он предпочитал говорить не о науке управления, а о проблемах управления, считая, что для решения проблем следует, при необходимости, интегрировать усилия разных наук – от математики до философии и наук о человеке. Он считал также, что нет “ненаучных” вопросов; задача науки управления – давать научные ответы на возникающие жизненно важные вопросы “почему”, “что делать”... Например, почему у населения России (по данным опросов) становится все меньше социального оптимизма даже на фоне некоторого возрастания материального благополучия? Что можно сделать для повышения эффективности государственного управления в России? Какие механизмы можно применить для разрешения российско-кавказского противостояния? Как объяснить, что интеграционный потенциал научных учреждений при решении крупных проблем порой оказывается ниже суммы знаний, накопленных в подразделениях? И что можно сделать для повышения эффективности управления наукой как внутри научных организаций и объединений, так и извне: со стороны государства и общества?

И.В. Прангишвили считал возможным искать практически значимые ответы во всех областях знания: не только в традиционной теории управления, опирающейся на формальное моделирование реального мира и его проблем и пороку “подгоняющей” моделируемый мир под свои сегодняшние средства и возможности, но и в областях, которые осторожная наука сегодня, в силу своих норм, оценивает как лженаучные... При этом он считал, что для практики, в конечном счете, предпочтительнее не математическое знание, а возможность найти интуитивно понятные ответы на возникающие вопросы и проблемы, возможность их обсуждения, анализа на основе разных математических подходов... По-видимому, не случайно, что он в своих книгах спешил ставить вопросы, число которых поражает, определяя во многих случаях лишь “предварительный диагноз” и возможные пути более глубоких исследований... Наиболее привлекательным путем ответа на многочисленные “почему”, “как”, “что делать” И.В. Прангишвили считал выявление закономерностей, общих для явлений различной природы.

Системные или универсальные закономерности можно понимать как виды (или, с теоретической точки зрения, общие модели) организации и поведения естественных систем, которые достаточно типичны (т.е. довольно часто встречаются), чтобы пытаться использовать их в качестве:

- (1) возможных объяснительных моделей при анализе реальных систем разной природы: искусственных, природных, общественных и др.,
- (2) прототипов при создании новых систем либо решении задач управления имеющимися системами.

Вспомним, что в свое время роль таких универсальных моделей, или, иными словами, закономерностей, взяли на себя “кибернетические закономерности”: общая законо-

мерность управляемости в системах разной природы и более частные – закономерности положительной и отрицательной обратной связи.

В немалом ряду закономерностей, которые И.В. Прангишвили изучал, выявлял, продвигал и пытался применить к самым разнообразным практическим задачам и которые отражены в его многочисленных публикациях, характерными примерами являются гомеостатическая закономерность (упрощенно говоря, способность системы сохранять свои жизненно важные свойства) и синергетическая (способность системы к “развалу” или резкому изменению своих свойств даже при незначительном влиянии дестабилизирующих факторов).

Судя по объему публикаций особым вниманием Ивери Варламовича пользовалась проблема управления организованностью систем разной природы, особенно в ситуациях, когда отсутствие или недостаточная эффективность управления (внешнего или внутреннего) может привести к необратимым изменениям. Он изучает “законы возрастания и убывания энтропии в системе, которые определяют, как изменяется степень организованности (или, напротив дезорганизованности) систем и тем самым предопределяют рациональное поведение людей в экономике, в политике, в межнациональных отношениях и в других реальных сложных системах”. В качестве центрального используется понятие энтропии, многозначное по его реальному употреблению в различных областях знания, связанных с разными типами систем (физических, информационных, социальных и др.). Ивери Варламович пытался найти общность в различных толкованиях, все более углубляя и собственное понимание энтропии как меры беспорядка.

Сегодня видно, что даже в последней из публикаций на эту тему [3] проблема управления степенью организованности систем разной природы не только не имеет окончательного решения, но все еще требует усилий для лучшего понимания самой сути проблемы. Вместе с тем становится понятным и другое, о чем неоднократно говорил и писал Ивери Варламович. Суть его подхода – это, конечно же, не решение всех проблем разом, а выявление различных способов того, как думать о системах, включая и гомеостатический подход, и синергетический, и энтропийный. Для освоения этих подходов, далеко не простых, требуется их вдумчивое прочтение и понимание того, что перед нами – не готовый результат, а путь поиска... Это особенно хорошо заметно при применении идей энтропийного подхода к анализу потенциала сложных систем (технического, экономического, политического, военного, научного, интеллектуального, образовательного и др.) и поиску путей влияния на него. “Не вызывает никакого сомнения, что потенциал системы... существенно зависит от того, насколько правильно или рационально организована сама система”. Но для того, чтобы понять, скажем, организационные проблемы конкретной научной организации и их связь с недостаточностью общего потенциала, нужны люди, которые сумеют выявить ту организационную структуру, в которой происходит взаимодействие составляющих потенциалов при формировании общего потенциала системы, найти формы оценки потенциалов и степени организованности. И только после проведения такого анализа становится понятно, что действительно общий потенциал конкретной системы существенно зависит от вполне конкретных особенностей ее организации.

В числе последних направлений комплексных исследований в ИПУ, которые выделял И.В. Прангишвили, присутствует направление, которое он назвал “человеческий фактор в управлении”. Он высказывал сожаление, что эта работа не началась лет хотя бы на десять раньше. Организационно это направление обозначило себя выпуском одноименного сборника трудов сотрудников Института и их учеников (2006 г.).

Определяя цели сборника, И.В. Прангишвили задавался рядом вопросов. Насколько эффективную помощь может оказать наука в решении практических задач управления в условиях, когда существенную роль в осмыслении и решении задач, особенно крупномасштабных и слабоструктурированных, неизбежно играет сам человек? Насколько значим человеческий фактор в решении практических задач управления с использованием научных знаний? Насколько наука управления может быть полезной в анализе и разгадке

“человеческой составляющей” задачи, какими средствами она для этого располагает? Задавались также вопросы и о возможности интеграции позитивных идей, имеющихся в разных направлениях исследований в науке управления, о возможности и целесообразности привлечения психологических знаний и взаимодействия с активизирующимися исследованиями по когнитивной науке.

Отвечать на эти вопросы, а главное, интегрировать ответы в некоторое целостное понимание, к которому так стремился И.В. Прангишвили, сотрудникам Института придется уже без него. И вновь трудно не удивиться тому, что проблему интеграции научных знаний именно как научную проблему управления Ивери Варламович увидел и обозначил еще почти 10 лет назад...

Литература

1. *Прангишвили И.В.* Системный подход и общесистемные закономерности. М.: СИНТЕГ, 2000.
2. *Прангишвили И.В.* Энтропийные и другие системные закономерности. Вопросы управления сложными системами. М.: Наука, 2003.
3. *Прангишвили И.В.* Системный подход и повышение эффективности управления. М.: Наука, 2005.

*ПОЛНАЯ
БИБЛИОГРАФИЯ*

*научных и публицистических
трудов*

*Ивери Варламовича
Прангишвили*

Книги и монографии

№	Название	Издательство	Год изд.	Число печатных листов	Соавторы
1.	Бесконтактные элементы и системы телемеханики	Наука	1964	34	Билик Р.В., Жожикашвили В.А.
2.	Бесконтактные системы телемеханики для автоматизации предприятий горной промышленности	Наука	1965	14	
3.	Типовые узлы на полупроводниковых логических функциональных элементах серии ЭТ	Энергия	1966	8	Гиршберг В.В.
4.	Единая серия полупроводниковых, логических и функциональных элементов (ЭТ)	Энергия	1966	6	Гиршберг В.В.
5.	Микроэлектроника и однородные структуры для построения логических и вычислительных систем	Наука	1967	18	Абрамова Н.А.
6.	Микроэлектронные ассоциативные параллельные процессоры	Сов. Радио	1972	14	Попова Г.М.
7.	Цифровые автоматы настраиваемой структуры	Энергия	1974	13	Евреинов Э.В.
8.	Многопроцессорные вычислительные системы с перестраиваемой структурой	ИПУ	1975	5	Медведев И.Л.
9.	Элементы ЗУ на МДП структурах	Энергия	1978	10	Сонин М.С.
10.	Микропроцессоры и микро-ЭВМ	Энергия	1979	10	
11.	Микропроцессорные системы	Наука	1980	16	Стецюра Г.Г.
12.	Микропроцессорные вычислительные локальные сети	Машиностроение	1983	4	
13.	Параллельные вычислительные системы с общим управлением	Энергоатомиздат	1983	19	Виленкин С.Я., Медведев И.Л.
14.	Локальные микропроцессорные вычислительные сети	Наука	1984	15	Стецюра Г.Г.
15.	Микропроцессоры и локальные сети микро-ЭВМ в распределенных системах управления	Энергоатомиздат	1985	17	
16.	Научные основы построения АСУТП сложных энергетических систем	Наука	1992	15	
17.	Основы построения АСУ сложными технологическими процессами	Энергоатомиздат	1994	19	Амбарцумян А.А.

18.	Поиск подходов к решению проблем	СИНТЕГ	1999	25	Абрамова Н.А., Спиридонов В.Ф.
19.	Системный подход и общесистемные закономерности	СИНТЕГ	2000	30	
20.	Системный подход и общесистемные закономерности	СИНТЕГ	2000	37	
21.	Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе	Наука	2001	35	Пашенко Ф.Ф., Бусыгин Б.П.
22.	Энтропийные и другие системные закономерности, вопросы управления сложными системами	Наука	2003	35	
23.	Системные закономерности и системная оптимизация	СИНТЕГ	2004	10	Бурков В.Н., Гордизде И.А.
24.	Системный подход и повышение эффективности управления	Наука	2005	34	

Статьи и брошюры

№	Название	Издательство, журнал, газета	Год издания, номер журнала, газеты	Соавторы
1.	Новые узлы бесконтактных устройств телеуправления на магнитно-транзисторных элементах	НТО Энерг. промышленности. Труды сов. ГКНТ СМ СССР, Ленинград	1958	
2.	Бесконтактные телемеханические устройства на феррит-диодных ячейках	НТО Энерг. промышленности. Труды сов. ГКНТ СМ СССР, Ленинград	1958	Жожикашвили В.А.
3.	Анализ работы импульсных магнитных элементов в бесконтактных устройствах телемеханики	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1959, № 4	
4.	Новые схемы решения узлов бесконтактных телемеханических устройств	Журнал "Промышленная телемеханика", АН СССР	1960	
5.	Бесконтактные (магнитно-транзисторные) реле	Журнал "Автоматическое управление", АН СССР	1960	

6.	Работа импульсных элементов, выполненных на ферромагнитном материале с ППГ при активной и активно-реактивной нагрузке	Журнал "Промышленная телемеханика", АН СССР	1960	
7.	Бесконтактная телемеханическая система для сосредоточенных объектов	Бюллетень "Передовые научно-технические и производственные технологии"	1960	Билик Р.В., Жожикашвили В.А.
8.	Бесконтактная телемеханическая система для распределенных объектов	Бюллетень "Передовые научно-технические и производственные технологии"	1960	Билик Р.В., Жожикашвили В.А.
9.	Бесконтактные телемеханические системы с временным разделением каналов	Труды I Международной конференции ИФАК по автоматическому управлению, АН СССР	1960	Билик Р.В., Жожикашвили В.А.
10.	Бесконтактное программное устройство для управления по времени	Бюллетень "Передовой научно-производственный опыт"	1961	Бабичева Е.В.
11.	Блочная телеавтоматическая система БТА-ПУС	Бюллетень "Передовой научно-производственный опыт"	1962	Зак Л.А., Левин Н.А.
12.	Программа методических указаний конструкторов и курсового проектирования по курсу ТУ-ТИ для специальности АТ	МИРГЭМ	1964	Овласюк В.Я., Жуков В.М., Попов С.А.
13.	Программа методических указаний, контрольные задания и курсовое проектирование по курсу "Телемеханика" для спецГА	МИРГЭМ	1964	Овласюк В.Я., Попов С.А., Жуков В.М.
14.	Бесконтактная телеавтоматическая система БТА-ПУС	Труды научно-технической конференции по промышленной телемеханике	1964	Гринберг Н., Левин А.А., Знак Л.А.
15.	Бесконтактная система телемеханизации горнодобывающей и металлургической промышленности	Брошюра, Цветметинформация	1964	Максимович В.А.

16.	Полупроводниковые логические элементы для промышленной автоматики	Журнал "Приборостроение", изд-во "Машиностроение"	1964, №4	Петрухин Б.П., Доманицкий С.М.
17.	Повышение надежности логических элементов за счет структурной избыточности	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1964, №4	Доманицкий С.М.
18.	Бесконтактная телеавтоматическая система для управления механизации шахт и обогатительных фабрик	Журнал "Приборостроение", изд-во "Машиностроение"	1964, №5	Гринберг Н.А., Зак Л.А., Левин А.А.
19.	Методика точного расчета полупроводниковых переключающих схем	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1964, №5	Доманицкий С.М.
20.	Вероятностная методика расчета полупроводниковых логических схем	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1964, №6	Доманицкий С.М.
21.	Микроэлектронные схемы и их перспективы. Некоторые вопросы их применения	Брошюра, ОНТИприбор	1965	Черенкова Н.Ф., Абрамова Н.А.
22.	Бесконтактные логические элементы для схем промышленной автоматики	Научно-техническая информация, ВНИИЭМ	1965	Писарева, Гриншберг и др.
23.	Полупроводниковые интегральные схемы и перспективы их применения	Брошюра, ГОСИНТИ	1965	Черенкова Н.Ф., Абрамова Н.А.
24.	Новые принципы реализации логических и вычислительных устройств на основе однородных микроэлектронных структур	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1965, №10	Бабичева Е.В., Игнатушенко В.В.
25.	Методика расчета параметров транзисторных пороговых логических элементов	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1965, №11	Доманицкий С.М.
26.	Арифметический узел однородных транзисторных матриц, пригодных для изготовления в интегральном виде	Труды конференции "Новые бесконтактные устройства", ч. 1, МДНТИ	1966	Кузовкина Т.В.
27.	Использование избыточности для повышения надежности реализации функций ОС	Тезисы докладов II Симпозиума по использованию избыточности в информационной системе РТП, ВНИИЭП, г. Ленинград	1966	Вейц А.В.

28.	Техническая кибернетика. Проблемы управления и информации, раздел микроминиатюризации	Брошюра, изд-во "Наука"	1966	
29.	К расчету надежности телемеханических устройств	Труды XXII Всесоюзной сессии, посвященной Дню радио	1966	Митюшкин К.Г.
30.	Блочная бесконтактная телеавтоматическая система БТА-ПУС	Сб. "Промышленная телемеханика", изд-во "Энергия"	1966	Зак Л.А.
31.	Бесконтактные программные устройства	Энциклопедия ЭНИКА, изд-во "Энергия"	1966, №5	
32.	Твердые схемы	Энциклопедия ЭНИКА, изд-во "Энергия"	1966, №7	Черенкова Н.Ф.
33.	Опыт эксплуатации системы БТА-ТУС	НИИинформжмаш	1966, вып. 1	Денисенко С., Нестеренко
34.	Об информационной емкости однородных логических схем	Труды симпозиума "Вычислительные системы", СО АН СССР	1967	Бабичева Е.В.
35.	Микроэлектроника и новые принципы реализации логических вычислительных устройств	Труды III Всесоюзного совещания по автоматическому управлению (технической кибернетике), "Наука"	1967	Бабичева Е.В., Игнатушенко В.В.
36.	Однородная самоорганизующаяся матрица и некоторые аспекты ее применения	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1967 №8	
37.	Выполнение арифметических операций в десятичной системе счисления на однородных транзисторных матрицах	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1967, №1	Попова Г.М., Кузовкина Т.В.
38.	Однородная микроэлектронная структура и реализация нелогических функций	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1967, №7	Егоров И.П., Ускач М.А.
39.	Асинхронные однородные структуры с индивидуальным поведением на потенциальных элементах	Труды симпозиума "Вычислительные системы ОС", "Наука"	1968	Егоров И.П., Ускач М.А.
40.	Информационная емкость и минимальные размеры универсальных логических устройств и однородных решетчатых структур	Труды симпозиума "Вычислительные системы ОС", "Наука"	1968	

41.	О методах построения контрольно-диагностических тестов для однородных микроэлектронных структур	Тезисы докладов IV Всесоюзного совещания по автоматическому управлению, ИАТ	1968	Игнатушенко В.В.
42.	Исследование различных комбинационных и последовательностных логических и функциональных элементов	Сб. трудов Московского горного института	1968	Чигарьков Г.К., Копьев В.Я.
43.	Исследование селектора длительности импульсов как узла защиты от импульсных помех	Сб. трудов Московского горного института	1968	Фомишкин В.В.
44.	Итеративные и однородные планарные структуры и соответствующие им графы	Труды I Всесоюзной конференции по вычислительным системам, СО изд-во "Наука"	1968	
45.	Использование принципов "растущих" автоматов для повышения надежности однородных микроэлектронных структур	Тезисы докладов III симпозиума по использованию избыточности в информационных системах РТП, ВНИИЭП	1968	Вейц А.В.
46.	Некоторые критерии оценки эффективности логических модулей, выполненных на интегральных схемах	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1968, №3	Шаплов Н.Ю., Бабичева Е.В.
47.	Итеративные и однородные планарные структуры и соответствующие им графы	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1968, №5	
48.	Экономическое обоснование целесообразности использования однородных микроэлектронных структур	Материалы II Всесоюзной конференции по однородным системам и средам, "Наука", Новосибирск	1969	Сонин М.С., Ускач М.А.
49.	Методика составления контрольно-диагностических тестов для однородных структур	Труды IV конгресса ИФАК, Варшава	1969	Игнатушенко В.В.
50.	Однородные структуры с минимальной задержкой в каналах передач сигналов	Тезисы докладов II Всесоюзной конференции по вычислительным системам, изд-во "Наука", СО АН СССР	1969	Ускач М.А.

51.	О методах построения контрольно-диагностических тестов для однородных микроэлектронных структур	Журнал "Известия АН СССР. Техническая кибернетика"	1969	Игнатушенко В.В.
52.	Однородные структуры и перспективное направление развития цифровой техники	Информационный материал Совета по комплексной проблеме "Кибернетика"	1969, №6	
53.	Методика расчета параметров логического инвертора на полевых МОП транзисторах	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1969, №8	Сонин М.С., Ускач М.А.
54.	Вопросы реализации вычислительных устройств и методы организации вычислительных процессов ОС	Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Логический синтез в дискретных РС", "Наука"	1970	
55.	Однородные структуры с последовательной настройкой на основе БИС	Сб. "Цифровые модели и интегрирующие структуры", труды конференции, г. Таганрог	1970	Вейц А.В.
56.	Ассоциативный параллельный процесс (АПП) для групповой обработки данных	Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Логический синтез в дискретных РС", "Наука"	1970	Попова Г.М.
57.	Проблемы построения ЦВМ четвертого поколения на однородных больших интегральных схемах	Доклады Всесоюзного совещания "Логический синтез в дискретных средах", изд-во Наука	1971	
58.	Построение вычислительных устройств и организация вычислительных процессов на микроэлектронных ОС	Рефераты докладов V Всесоюзного совещания по проблемам управления, ч. III, изд-во "Наука"	1971	Бабичева Е.В.
59.	Состояние и тенденции развития вычислительной техники и программирования в США	Сб. "Оперативная информация", ГОСИНТИ, Москва	1972	Торгов Ю.Х.

60.	Принципы построения многопроцессорных устройств с ассоциативной обработкой	Сб. "Вычислительные системы и среды", ТРТИ	1972	
61.	Design of Computing Devices and Organization of Computations in Microelectronic Uniform Arrays	Доклад на V Всемирном конгрессе, Франция, Париж (труды конгресса)	1972	Бабичева Е.В., Игнатушенко В.В.
62.	Принципы построения многопроцессорных устройств с ассоциативным способом обработки информации	Материалы III Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды", г. Таганрог, ТРТИ	1972	Игнатушенко В.В.
63.	Автономный ассоциативный параллельный процессор с перестраиваемой структурой решающего поля	Материалы III Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды", г. Таганрог, ТРТИ	1972	Чудин А.А.
64.	Ассоциативный параллельный процессор для групповой обработки данных	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1972, №4	
65.	Реализация задачи быстрого преобразования Фурье в однородном ассоциативном параллельном процессоре	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1972, №4	Попова Г.М., Наймарк Ю.Г.
66.	Перспективное направление развития цифровой техники	Журнал "Вестник АН СССР", изд-во "Наука"	1972, №8	
67.	Методы реализации однородных структур на микроэлектронных схемах	Сб. "Вопросы кибернетики", АН СССР, Научный совет по проблеме "Кибернетика"	1973	Бабичева Е.В.
68.	Современное состояние и тенденции развития однородных ЭВМ	Сб. "Вопросы кибернетики", АН СССР, Научный совет по проблеме "Кибернетика"	1973	Ускач М.А., Бабичева Е.В., Быховский В.К.
69.	Принципы построения ассоциативного оптического процессора	Труды I Всесоюзной конференции по голографии, МИРЭА	1973	Быховский В.К.

70.	Методы оптического ввода информации в микроэлектронной однородной структуре	Труды I Всесоюзной конференции по голографии, МИРЭА	1973	Быховский В.К., Сонин М.С.
71.	Однородная ассоциативная перестраиваемая структура - перспективное средство реализации логических и вычислительных устройств	Материалы советско-болгарского семинара "Теория автоматов и ее применения", ИППИ	1973	
72.	Однородные микроэлектронные структуры - перспективное средство реализации цифровых управляющих вычислительных машин будущего поколения	Сб. "Вопросы кибернетики", АН СССР, Научный совет по проблеме "Кибернетика"	1973	
73.	Автономный АПП с перестраиваемой структурой решающего поля	Сб. "Вопросы кибернетики", АН СССР, Научный совет по проблеме "Кибернетика"	1973	Чудин А.А.
74.	Ячейка ассоциативного параллельного процессора	Сб. "Вопросы кибернетики", АН СССР, Научный совет по проблеме "Кибернетика"	1973	Лемингуев В.А., Сонин М.С., Попова Г.М.
75.	Принципы построения вычислительных устройств и методы организации вычислительных процессов на однородных структурах	Журнал "Автоматика и вычислительная техника", Рига	1973	Ускач М.А.
76.	Проблемы оптической настройки интегральных микроэлектронных структур	Сб. "Проблемы голографии", МИРЭА	1973, вып.2	Мирзоян Г.А., Быховский В.К.
77.	Перестраиваемая управляющая вычислительная система на основе однородных структур	Тезисы докладов V Всесоюзного совещания по проблемам управления	1974	Трахтенгерц Э.А., Виленкин С.Я.
78.	A Uniform Arraybased Rearrangeable Control Systems	Бостон, США - Труды V Всемирного конгресса АС	1975	Виленкин С.Я.
79.	Uniform Programmable digital automata for control systems	Токио, Япония - Труды Международного симпозиума по автом. и лог. с однородной структурой	1975	

80.	Оптоэлектронные системы управления, структура, методы программирования и вопросы реализации	Сб. "Оптическая и электрооптическая обработка информации, "Наука"	1975	Басов Н.Г.
81.	Однородные программируемые структуры перспективных технических средств управления	Журнал "Проблемы управления"	1975	
82.	Основные пути развития управляющей вычислительной техники	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1975	
83.	Особенности однородной микро-ЭВМ	Сб. "Микропроцессоры", доклады Всесоюзного совещания, изд-во "Знание", г.Рига	1975	Ускач М.А.
84.	Принципы построения микро-ЭВМ на однородной перестраиваемой структуре	Труды IV Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды", изд-во "Наукова думка", Киев	1975	Бабичева Е.В.
85.	Принципы аппаратурной реализации операционных систем с использованием однородных структур	Труды IV Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды", изд-во "Наукова думка", Киев	1975	Трахтенгерц Э.А.
86.	Специализированная многопроцессорная вычислительная система с перестраиваемой структурой	Труды IV Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды", изд-во "Наукова думка", Киев	1975	Медведев И.Л.

87.	Об организации параллельных вычислительных процессов в однородных структурах	Труды IV Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды", изд-во "Наукова думка", Киев	1975	Виленкин С.Я.
88.	Принципы построения однородной системы ввода/вывода, предварительной обработки информации на основе микро-ЭВМ	Труды IV Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды", изд-во "Наукова думка", Киев	1975	Вейц А.В.
89.	Метод структурного программирования задач в многопроцессорных вычислительных системах с перестраиваемой структурой	Труды IV Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды", изд-во "Наукова думка", Киев	1975	Медведев И.Л.
90.	К вопросу реализации языка высокого уровня в микро-ЭВМ на однородных структурах	Труды IV Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды", изд-во "Наукова думка", Киев	1975	Зверков Б.С.
91.	Принципы организации управляющих вычислительных машин на однородных структурах	Сб. "Кибернетика"	1975	Игнатушенко В.В.
92.	ЭВМ третьего и четвертого поколения	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1975, №10	
93.	Тенденции развития управляющей вычислительной техникой	Журнал "Измерение. Контроль. Автоматизация"	1975, №3	
94.	Перспективы развития управляющей вычислительной техникой	Журнал "Микроэлектроника", изд-во "Наука"	1975, №6	
95.	Ассоциативные запоминающие устройства и ассоциативные процессы на МДП интегральных схемах	Журнал "Микроэлектроника", изд-во "Наука"	1975, №6	

96.	Четыре поколения ЭВМ	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1975, №9	
97.	The Software of a Uniform Rearrangeable Control Computer Structure and Features	Труды I международного симпозиума по программному обеспечению управления процессами, изд, Ин-т кибернетики, АН ЭССР, г. Таллин	1976	Трахтенгерц Э.А.
98.	Перспективные исследования в области создания высокопроизводительных управляющих ЭВМ	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1976	
99.	Однородные вычислительные структуры, среды, системы и сети	Сб. "Кибернетика на службе коммунизма", изд-во "Энергия"	1976	
100.	A Design Philosophy of a Uniform Arraybased Microcomputer	Труды II Симпозиума по микропроцессорам и микропрограммированию, Венеция, Норд-Холанд, Голландия	1976, 12.10	
101.	Перспективные исследования в области создания высокопроизводительных управляющих ЭВМ	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1976, №10	
102.	Научные проблемы в области создания высокопроизводительных управляющих ЭВМ	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1976, №10	
103.	Современное состояние и пути развития микропроцессоров и микро-ЭВМ	Журнал "Измерение, контроль, автоматизация", ЦНИИТЭИ приборостроения	1976, №14	
104.	Методы дополнительной проверки на патентную чистоту объектов техники	Сб. "Патентно-лицензионная работа", Гос. комитет по изобретениям и открытиям	1976, №57	Цыганов В.В.

105.	Организация вычислительной и однородной управляющей вычислительной системе с перестраиваемой структурой	Рефераты докладов VII Всесоюзного совещания по проблемам управления, "Наука"	1977	Горинювич Д.Н., Костелянский, Лехнова Г.М., Резанов В.В.
106.	Микропроцессоры и микропроцессорные системы контроля и управления	Сб. "Теория и техника управления, ИПУ, Москва	1977	
107.	Перспективы применения однородных программируемых микропроцессорных комплексов в системах управления	Труды Всемирного электротехнического конгресса, Москва	1977	
108.	Перспективы применения однородных программируемых микропроцессорных комплексов в системах управления	Труды Всемирного электротехнического конгресса	1977	
109.	Экономическая учеба и повышение эффективности научных исследований	Экономическая газета	1977	
110.	Многопроцессорные управляющие вычислительные комплексы с перестраиваемой структурой	Препринт семинара "Микропроцессорные вычислительные комплексы", Москва, ИТМ и ВТ	1977, 21-22.11, №10	
111.	Микрооптоэлектронные параллельные процессоры для анализа проблем управления систем	Журнал "Автометрия" Изд-во "Наука", СО	1977, № 6	
112.	Однородные вычислительные структуры, среды системы и сети	Сб. "Кибернетика на службе коммунизма", "Энергия"	1978	
113.	Interpolating Memory and Optical Processor Architecture	Selected Papers on Optical Information Processing, New York, Plenum Press	1978	Краснов А.Е., Глютов А.К.
114.	ЭВМ ПС-300	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1978, №10	Тодуа Д.А., Вепхвадзе А.Н.
115.	Микропроцессоры в системах управления	Сб. "Вопросы кибернетики", "Наука"	1978, вып.43	

116.	Методы повышения эффективности многопроцессорных вычислительных систем	Сб. "Вопросы кибернетики", "Наука"	1978, вып.43	
117.	Настоящее и будущее микропроцессорных систем с распределенной архитектурой	Сборник тезисов докладов конференции "Микропроцессорные распределенные системы управления", г.Орел.	1980	
118.	Высокопроизводительные многопроцессорные проблемно-ориентированные вычислительные комплексы для геофизических задач	Тезисы докладов на выездном заседании Национального комитета СССР, ИМАК, г. Тбилиси	1980, 26-30 окт.	Резанов В.В.
119.	АСУ и ее резервы	Газета "Заря Востока"	1980, 7.10	
120.	Архитектурные концепции высокопроизводительных параллельных вычислительных систем 80-х годов	Сб. "Вопросы кибернетики, микропроцессорные вычислительные системы с перестраиваемой структурой"	1981	
121.	Локальная сеть обработки данных с децентрализованным пространственно-временным управлением обменом информации	Сб. "Вычислит. сети коммутации пакетов: Тезисы докладов II Всесоюзной конференции", Рига, Ин-т электроники и вычислительной техники.	1981	Стецюра Г.Г., Подлазов В.С.
122.	Научно-технические проблемы построения высокопроизводительных мультимикропроцессорных управляюще-вычислительных систем	Тезисы докладов международной конференции "Контроль 81", 18-21/XI-81, Болгария, Варна	1981	
123.	Многопроцессорные вычислительные ЭВМ с общей памятью	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1981	Веселовский Г.Г.
124.	Вычислительная техника – ключевое звено научно-технического прогресса	Газета "Заря Востока"	1981, 14.09	

125.	Современное состояние проблемы создания ЭВМ с нетрадиционной структурой и архитектурой, управляемых потоком данных	Журнал "Измерение, контроль, автоматизация", ЦНИИТЭИ приборостроения	1981, №1	Стецюра Г.Г.
126.	Применение микропроцессоров в приборостроении	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1981, №2	
127.	Экспедиционные геофизические вычислительные комплексы на базе микропроцессорной ЭВМ ПС-2000	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1981, №2	Трапезников В.А., Новохатний А., Резанов В.В.
128.	Проблемная ориентация вычислительных систем путем ассоциативного обучения	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1981, №2	Игнатушенко В.В.
129.	Problem Orientation of Computer Systems through Associative Learning	Preprints of Session 55 IFAC, 8 th Triennial World Congress, Kyoto Japan	1981, v.XI	
130.	Decentralized Control of Processor Interactions in Concentrated and Distributed Microprocessor Systems	Microprocessing and Micro-programming, North-Holland Publishing Company	1981, vol.7	
131.	Вычислительная техника в 80-х годах	Сб. "Вопросы кибернетики", "Наука"	1981, вып.13	
132.	Мультимикропроцессорные управляющие вычислительные комплексы в перспективных системах распределенного управления процессами	Сб. "Технические средства систем управления и вопросы их надежности", "Наука", Москва	1982	
133.	Организация двухуровневой памяти данных в многопроцессорных вычислительных системах с общим управлением	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1982, №2	Веселовский Г.Г., Сазанова Е.В.
134.	Высокопроизводительные проблемно-ориентированные вычислительные системы семейства ПС (ПС-2000, ПС-3000, ПС-4000)	Бюллетень Координационного комитета АН СССР по вычислительной технике, АН СССР	1982, №9	
135.	Высокопроизводительные проблемно-ориентированные вычислительные системы и сети	Сб. трудов "ЭВМ в задачах управления"	1983	

136.	Оценки состояния и возможные направления развития систем управления технологическими процессами на атомных электростанциях	Сб. докладов II Всесоюзного совещания "Опыт разработки и внедрения АСУТП на АЭС", Москва, НПО "Энергия"	1983	Пашенко Ф.Ф.
137.	Новые методы и средства управления технологическими процессами	Сб. докладов II Всесоюзного совещания "Опыт разработки и внедрения АСУТП на АЭС", Москва, НПО "Энергия"	1983	Пашенко Ф.Ф.
138.	Локальные сети микро-ЭВМ для распределенного управления	Доклады конференции, Братислава, ЧССР	1983	
139.	Самообучающиеся ЭВМ	Международный еженедельник "Будущее науки", изд-во "Знание"	1983	Гусев В.Б., Фаткин Ю.М.
140.	Параллельные ЭВМ в распределенных системах	Тезисы докладов V Всесоюзной школы "Многопроцессорные вычислительные системы", ИПУ, Звенигород	1983	
141.	Многопроцессорный управляюще-вычислительный комплекс с перестраиваемой структурой типа ПС-3000	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1984, №1	Новохатний А.А., Резанов В.В.
142.	Многопроцессорные обучающиеся системы	Сборник "Наука и человечество"	1984	Фаткин Ю.М., Широколова В.С.
143.	Подготовка специалистов Минприбора в области микроэлектроники и микропроцессорной техники	Журнал СЭВ	1984	Демьянченко А.В.
144.	Государственная система приборов и средств автоматизации, основные положения, ГОСТ 26.20783	Госкомиздат. Изд. стандартов	1984	Гореликов Н.И., Минаев, Коновалов
145.	Научно-технические проблемы создания параллельных высокопроизводительных управляющих вычислительных систем	Тезисы докладов II Всесоюзной конференции по высокопроизвод. вычислительным системам, г.Батуми	1984	

146.	Распределенная микропроцессорная система для АСУ ТП химико-технологических производств	Тезисы докладов н.-т. конференции "Микропроцессорные распределенные системы управления технологическими процессами и гибкими автоматизированными производствами, МИЭМ	1984, 31.10 - 1.11	Стецюра Г.Г., Ицкович Э.Л.
147.	Современное состояние развития микропроцессорных распределенных систем управления технологическими процессами	Тезисы докладов н.-т. конференции микропроцессорных распредел. систем управления технологическими процессами и гибкими автоматизированными производствами, МИЭМ	1984, 31.10-1.11	
148.	Новые рубежи вычислительной техники	Газета "Советская Алжария"	1984, 9.10	
149.	Доменная память в многопроцессорных вычислительных системах с общим управлением	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1984, №5	Веселовский Г.Г., Розенблат М.А.
150.	Резервированная двухканальная управляющая вычислительная система на базе УВК ПС-300	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1984, №5	Дмитриев В.В.
151.	Parallel Computers in Distributed Control Systems	Preprints of 9 th World Congress IFAC, Budapest	1984, vol.11	
152.	Перспективы роботизации производства и гибкие автоматизированные производственные системы, использующие микропроцессорные средства управления	Новые электронные приборы и устройства. Материалы конференции МДНТП	1985	
153.	Концепция по роботизации и ГАПС	Роботизация. изд-во "Мелнивеба"	1985	
154.	Персональные компьютеры	Газета "Зоря Востока"	1985, 24.11	
155.	Комплексная автоматизация и роботизация ГАПС	Газета "Коммунист"	1985, № 89, 17.04	

156.	Научно-техническая концепция создания комплексных автоматизированных производств на предприятиях часовой промышленности	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1985, №4	Артамонов Е.И.
157.	Распределенные микропроцессорные системы обработки данных и управления	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1986, №1	
158.	Перспективы развития программно-технических средств и систем обработки информации	Журнал "Измерение, контроль, автоматизация"	1986, №4	
159.	Быстродействующая векторная вычислительная система ПС-320	Журнал "Микропроцессорные средства и системы"	1986, №5	Вейш А.В., Малюгин В.Д.
160.	Тенденции развития управляющей вычислительной техники за 1986-1995 гг.	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1987, №9	
161.	Компьютерные информационные сети связи и экспертные системы	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1988	
162.	Экспертные системы	Журнал "Измерение, контроль, автоматизация"	1988, №2	
163.	Основные тенденции развития АСУ энергетическими объектами	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1989, № 10	
164.	Концептуальные основы построения современных АСУТП и АСУП	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1989, №4	
165.	Перспективы развития вычислительной техники и базового программного обеспечения	Журнал "Вычислит. техн. системы управления"	1989, вып. 1	
166.	A New Approach to Determination of Surface Quality	Meth. a. Dev. USA Mess. Lab90. USA	1990	
167.	Информатизация общества	Сборник "Проблемы информации систем"	1990	
168.	Экспертные системы	Журнал "Вычислит. техн. системы управления"	1990, вып. 2	

169.	Analysis of Environment Poluted by Moving Particles with the Assistance of Spatially Inhomogeneous Laser Beam	США. SPIE-The International Society for Optic. Eng. CIS. Selec. Pap. Optic. Monitor. Of the Envir.	1993, № 2107	Ануашвили А.Н., Мандросов В.И.
170.	Time Background Holography of Moving Objects	USA.SPIE-The International Society for optical Eng.CIS Selec. Pap.Cohe vol rent Meas. and Data Proces.	1993, №1978	Ануашвили А.Н., Мандросов В.И.
171.	Современное состояние и перспективы развития систем автоматизированного управления сложными потенциально опасными объектами энергетики, химии и нефтехимии	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1993, №6	
172.	Институт проблем управления РАН	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1994, №11	
173.	Исследование моделей управления экономической деятельностью в переходный период.	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1994, №11	Черкашин А.М.
174.	Проблемы расширения возможности восприятия зрительных, слуховых и мыслительных образов	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1994, №11	
175.	Комплексная информационно-управляющая система распределения тепла большого города (на примере Москвы)	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1994, №11	Онопко В.А., Амбарцумян А.А.
176.	Технополис Комсомольск-Амурск-Солнечный	Препринт, Миннац, Москва	1995	Пащенко Ф.Ф., Зайдфудим П.Х., Доржинкевич С.Е.
177.	Технополис Комсомольск-Амур-Солнечный	Препринт, ИПУ РАН	1995	Степановская И.А.
178.	Современные информационные технологии и модели принятия решений	Вестник Российского общества вычис. техн.	1995, №1-3	
179.	Некоторые проблемы управления сложными социально-экономическими структурами	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1995, №8	
180.	Технополисы: состояние – перспективы	Препринт, ИПУ РАН	1996	Пащенко Ф.Ф.

181.	Программные методы управленческим и социальным развитием коренных малочисленных народов Севера	Препринт, ИПУ РАН	1996	Черкашин А.А.
182.	Технополисы: состояние – перспективы.	Препринт, ИПУ РАН	1996	Пащенко Ф.Ф., Степановская И.А.
183.	Программные методы управления экономическим и социальным развитием коренных малочисленных народов Севера	Препринт, ИПУ РАН	1996	Черкашин А.М., Зайдфудим П.Х., Доржинкевич С.Е.
184.	Фоновый принцип обнаружения подвижного объекта	"Гироскопия и навигация", С.-Петербург, ГНЦ РФ ЦНИИ "Электроприбор"	1996	Ануашвили А.Н.
185.	Особенности управления предсказуемым и устойчивым развитием страны	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1996, №12	
186.	Системы информационной поддержки оперативного персонала для предприятий повышенного риска.	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1996, №4	Пащенко Ф.Ф.
187.	Проблемы управления сложными крупномасштабными процессами	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1996, №6	
188.	Ответственность за будущее	Инженерная газета	1996, №62	
189.	Basic General System Laws of Control of Complex Systems of Various Nature in Crises	Proceeding's of Risk 97, Serbia, NIS	1997	
190.	Модель научно-прикладного понятия, ориентированная на проблемах переноса научных знаний и опыта при решении слабо структурированных крупномасштабных проблем	Препринт, ИПУ РАН	1997	Абрамова Н.А., Спиридонов В.Ф.
191.	Общесистемные закономерности функционирования сложных систем различной природы	Журнал "Философские исследования"	1997, №2	
192.	Основные системные законы управления сложными системами различной природы в кризисной ситуации	Журнал "Приборы и системы управления", изд-во "Машиностроение"	1997, №2	
193.	Повседневная стратегия	Инженерная газета	1997, №20	

194.	Повседневная стратегия действия	Инженерная газета	1997, №67	
195.	Основной принцип обнаружения подвижного объекта	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1997, №8	Анушвили А.Н.
196.	Системные закономерности и системный подход при решении сложных слабо структурированных задач различной природы	Тезисы докладов Международного конгресса по проблемам окружающей среды	1998	
197.	Системный подход и проблемы управления	Тезисы докладов II межведомственного н.-п. семинара	1998	
198.	Системный подход и системные закономерности функционирования сложных систем различной природы	Международный журнал "Проблемы нелинейного анализа в инженерных системах". Казанский авиационный институт	1998	
199.	Системный подход и проблемы управления	Труды семинара "Проблемы и тех. создания космических комплексов на базе малых КА и орбитальных станций"	1998, 26-30 сентября	
200.	Системные закономерности и системный подход при решении сложных слабо структурированных задач различной природы	Международный конгресс по проблемам окружающей среды "Человек в большом городе XXI в."	1998, 1-4 июня	
201.	Background Principle of Detecting a Moving Object	Труды конференции. г. Севилья, Испания	1998, 23-28 июня	Анушвили А.Н.
202.	Системные закономерности функционирования сложных систем различной природы и проблемы управления ими	Журнал "Приборы и системы управления"	1998, №10	
203.	Общесистемные закономерности функционирования сложных систем различной природы функционирования	Журнал "Философские исследования"	1998, №3	

204.	Нанотехнологии могут во многом определить техническое и социально-экономическое развитие человечества	Журнал "Приборы и системы управления"	1998, №4	
205.	Системный подход и системное мышление	Инженерная газета	1998, №4	
206.	Программно-целевое управление как метод реализации государственной стратегии экономического развития	Журнал "Приборы и системы управления"	1998, №5	Степановская И.А., Доржинкевич С.Е.
207.	Актуальность построения визуальных информационных систем анализа изображения микрообъектов	Труды ИПУ РАН, Москва	1998, №7	Попова Г.М., Краснов Ю.О.
208.	Системный подход и системные закономерности функционирования сложных систем	Сборник докладов, изд-во "Машиностроение"	1998, май	
209.	Системный подход и общесистемные закономерности	Труды I международной конференции по проблемам управлению к 60-летию ИПУ РАН	1999	
210.	Системный подход и общесистемные закономерности	Труды I международной конференции по проблемам управления, ИПУ РАН	1999	
211.	Общесистемные объективные закономерности функционирования сложных систем различной природы и проблемы организации и управления	Журнал "Проблемы нелинейного анализа инженерных систем", г. Казань	1999, №1	
212.	На пороге XXI века	Инженерная газета	1999, №18	
213.	Управление на пороге XXI века	Инженерная газета	1999, №18	
214.	Системный подход и общесистемные закономерности	Труды ИПУ РАН	1999, №3	
215.	Системный подход и общесистемные закономерности при управлении сложными системами	Труды ИПУ РАН	1999, №3, т.V	
216.	Системный подход при управлении обществом	Журнал "Приборы и системы управления"	1999, №4	

217.	60 лет на пути создания современных технических средств и систем автоматизации	Журнал "Промышленные АСУ и контроллеры"	1999, №5	Амбарцумян А.А., Юркевич Е.В.
218.	60 лет на пути создания современных технических средств и систем автоматизации	Журнал "Промышленные АСУ и контроллеры"	1999, №5	Юркевич Е.В., Амбарцумян А.А.
219.	Из истории развития работ по техническим средствам	Журнал "Автоматика и телемеханика"	1999, №6	Амбарцумян А.А.
220.	Наука управления на пороге XXI века	Журнал "Промышленные АСУ и контроллеры"	1999, №9	
221.	Наука управления на пороге XXI века	Журнал "Промышленные АСУ и контроллеры"	1999, №9	
222.	Общесистемные объективные закономерности функционирования сложных систем различной природы и проблемы организации и управления	Журнал "Проблемы нелинейного анализа инженерных систем", г.Казань	1999, вып.1	
223.	К 60-летию Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН	Журнал "Проблемы нелинейного анализа в инженерных системах"	1999, вып.2	
224.	К 60-летию Института проблем управления	Журнал "Проблемы нелинейного анализа инженерных систем", г. Казань	1999, вып.2	
225.	Системный подход и универсальные или общесистемные закономерности при управлении сложными системами различной природы	Труды ИПУ РАН	1999, т.V	
226.	Objective Regularise of complex System Operations, Problems of Their Organization and Control	MIM, 2000 IFAC Symposium. Greece	2000	

227.	Комплексное управление процессами увеличения объемов производства товаров народного потребления и увеличения платежеспособного спроса населения на эти товары	Препринт, ИПУ РАН, Москва	2000	Островский Ю.И.
228.	Проблемы управления с учетом общесистемных закономерностей	Труды международной конференции "Моделирование и управление сложных систем", г. Самара	2000	
229.	Генетические структуры как источник и приемник голографической информации	Журнал "Датчики и системы"	2000, №3	Гаряев П.П., Тертыйный Г.Г., Мулдашев Э.Р.
230.	Спектроскопия радиоволновых излучений локализованных фотонов	Журнал "Датчики и системы"	2000, №9	Гаряев П.П., Тертыйный Г.Г.
231.	Общесистемные закономерности и вопросы управления	Ежегодник "Системные исследования", ВНИИСИ	2001	
232.	Объективные закономерности функционирования природных и общественных систем и вопросы управления	Труды международной конференции "Моделирование и управление сложными системами", г. Самара	2001	
233.	Основные закономерности функционирования природных и общественных систем различного рода и проблемы управления	Материалы V международной н.-п. конференции "Анализ систем на рубеже тысячелетий, Теория и практика - 2001"	2001, 3-4 июня	
234.	Трехмерная модель процесса эндогенного голографического управления развитием пространственной структуры биосистемы	Журнал "Датчики и системы"	2001, №1	Мулдашев, Гаряев П.П., Тертыйный Г.Г.
235.	К проблеме единства ритмов Вселенной	Журнал "Датчики и системы"	2001, №12	Ярошенко А.М., Гаряев П.П.
236.	Рефлексия в управлении	Журнал "Рефлексивное управление"	2001, №2	
237.	Волновой антивирусный иммунитет	Журнал "Датчики и системы"	2001, №7	Бирштейн Б.И., Ярошенко А.М.

238.	Лингвистико-вероятностно-волновая версия ВИЧ и рака	Журнал "Датчики и системы"	2001, №9	Тертышный Г.Г.
239.	Системные закономерности и вопросы управления слабо формализуемыми объектами и явлениями	Тезисы докладов "Анализ систем на пороге XXI века", Москва	2001, сентябрь	
240.	Вопросы управления с учетом закономерностей	Труды международной конференции по автоматическому управлению "Автоматика-2001", ОГПУ	2001, т. 2	
241.	Параллельные вычисления и задачи управления	Журнал "Автоматика и телемеханика"	2002, №12	Затуливетер Ю.С., Бунич А.Л.
242.	Управление ситуациями	Журнал "Экономика и промышленность"	2002, №4	Максимов В.И.
243.	Нанотехника, наноиндустрия, микросистемы	Журнал "Датчики и системы"	2002, №7	Алексеенко А.Г., Бабаян Р.Р.
244.	Монетаризм и теория Кейнса в условиях современной России	Труды ИПУ РАН	2002, т. XV	Островский Ю.И.
245.	Объективные системные закономерности как причины возникновения войн, конфликтов и экологических катастроф	Труды ИПУ РАН	2002, т. XVIII	
246.	Аналитический обзор по закономерностям и идентификации	Труды II международной конференции "Идентификация и задачи управления", SICPRO-2003	2003	Лотоцкий В.А., Гинсберг К.С.
247.	Структурный и системный кризисы в современной России и вопросы управления	Пленарные доклады конференции ГКНТЦ им. Хруничева	2003	
248.	Системный подход, системное мышление и энтропизация знаний	Труды международной н.-т. конференции "Теория и практика логического управления", посвященной 100-летию М.А. Гаврилова, ИПУ РАН	2003	

249.	Системный подход, системное мышление и энтропизация знаний	Труды международной н.-т. конференции "Теория и практика логического управления", посвященной 100-летию М.А. Гаврилова, ИПУ РАН	2003	
250.	Системный подход, системное мышление и энтропизация фундаментальных знаний	Журнал "Проблемы управления"	2003, №1	
251.	Состояние уровня автоматизации энергетических объектов и системотехнических решений, направленные на его повышение	Журнал "Проблемы управления"	2003, №2	Амбарцумян А.А., Полетыкин А.Г.
252.	Увеличение платежеспособного спроса населения на товары отечественного производства путем использования внутренних платежных средств	Журнал "Проблемы управления"	2003, №2	Островский Ю.И.
253.	Системный подход, когнитивный анализ и вопросы управления	Труды 3-й международной конференции "Когнитивный анализ и управление развитием ситуации", ИПУ РАН	2003, т. 2	Максимов В.И.
254.	Когнитивный анализ моделей развития российского общества и управление его эффективностью	Труды IV международной конференции "Когнитивный анализ и управление ситуациями", CASC-2004	2004	
255.	Комплекс систем производства экологического мониторинга промышленных предприятий	Труды IV международного форума "Высокие технологии XXI века"	2004	Лебедев В.Г., Толстых А.В.

256.	Концепция развития предприятий минерально-сырьевого комплекса с использованием методологии золотого сечения	Труды международной конференции "Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса в XXI веке", изд-во РУДН, Москва	2004	Иванус А.И.
257.	Концепция развития предприятий сельхозпроизводства с использованием методологии золотого сечения	Доклады 8-й Всероссийской н.-т. конференции "Автоматизация сельхозпроизводств"	2004	Иванус А.И.
258.	Предложения по созданию и практической реализации информации гармонической безопасности сложных систем, основанной на принципе золотого сечения	Материалы международной конференции 5-го международного форума "Высокие технологии XXII века", ИПУ РАН	2004	Иванус А.И.
259.	Системная закономерность золотого сечения, системная устойчивость, гармония	Журнал "Проблемы управления"	2004, №2	Иванус А.И.
260.	Идентификация систем и задачи управления	Журнал "Проблемы управления"	2004, №4	Лотоцкий В.А., Гинсберг К.С.
261.	Принципы построения информационных систем реального времени для объектов атомной энергетики	Труды ИПУ РАН	2004, том XXIV	Полетыкин А.Г., Менгазетдинов Н.Э.
262.	Эффективность управления	Инженерная газета	2005	
263.	Повышение эффективности управления в организации и социально-экономических структурах	Журнал "Комментарии"	2005, №1	
264.	Эффективное управление – важнейший рычаг экономики	Научно-культурологический журнал, www.relga.ru	2006, №7	
265.	Проблемы управления – важнейший рычаг в повышении эффективности экономики	Альманах "Деловая слава России"	2006, вып.2	

Научные открытия

№	Название	Диплом	Год	Соавторы
1.	Закономерность проявления подвижности объекта	№ 55	1996	Анушавили А.Н., Маклаков В.В.

Изобретения

№	Название	Документ	Год / Дата	Соавторы
1.	Бесконтактный переключатель	Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР. Бюллетень изобретений № 5 Авторское свидетельство № 115403	1957	
2.	Бесконтактное магнитное реле	Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР. Бюллетень изобретений № 7	1957	
3.	Бесконтактное реле	Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР. Авторское свидетельство № 117663	1958	
4.	Способы построения функциональных однородных сред	Бюллетень изобретений №12, ЦНИИПИ, Гос. комитет по делам изобретений и открытий. Авторское свидетельство № 72129	1964 / 12.02	Бабичева Е.В., Игнагуценко В.В.
5.	Блочная телеавтоматическая система управления и сигнализации механизмами систем	Гос. комитет по делам изобретений и открытий СМ СССР	1965	Левина А.А., Зак Л.А.

6.	Многофункциональная интегральная схема	Бюллетень изобретений Авторское свидетельство № 236530	1968	Ускач М.А., Бабичева Е.В.
7.	Матричное арифметическое устройство	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 236856	1969	Шаипов Н.Ю.
8.	Быстродействующий сумматор	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 236858	1969	Шаипов Н.Ю.
9.	Способ изготовления однородных больших интегральных схем	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 291263	1970	Сонин М.С.
10.	Элемент однородной структуры	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 287115	1970	Попова Г.М., Фетисова В.В.
11.	Многофункциональный логический модуль	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 269599	1970	Ускач М.А.
12.	Резервированное устройство	Журнал "Открытия, изобретения, промышленные образцы товаров, знаки". Бюллетень комитета по делам изобретений. Авторское свидетельство № 314206	1972	Ускач М.А., Доманицкий С.М.,
13.	Ячейки памяти на транзисторах со структурой МДП	Журнал "Открытия, изобретения, промышленные образцы товаров, знаки". Бюллетень комитета по делам изобретений. Авторское свидетельство № 330490	1972	Сонин М.С.
14.	Устройство для телеуправления-телесигнализации	Авторское свидетельство № 312292	1972	Жуковский В.Г., Михайлов А.С.

15.	Однородный процессор	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 441861	1973 / 12.07	Игнатушко В.В., Виленкин С.Я., Трахтенгерц Э.А.
16.	Многофункциональный логический модуль	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 427336	1974	Копейкин Г.А.
17.	Однородная цифровая вычислительная машина	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 444489	1974 / 28.05	Игнатушко В.В., Трахтенгерц Э.А., Виленкин С.Я., Ускач М.А.
18.	Запоминающее устройство	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 466548	1975 / 5.04	Стецюра Г.Г.
19.	Запоминающее устройство	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 475658	1975 / 7.03	Лементуев В.А., Сонин М.С.
20.	Ассоциативный параллельный процессор	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 479114	1975 / 9.10	Медведев И.Д., Чудин А.А.
21.	Малая цифровая управляющая машина	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 525099	1976	Ускач М.А.
22.	Вычислительная система	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 530333	1976	Арлазаров В.Л.
23.	Вычислительная система для обработки данных	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 525097	1976 / 22.04	
24.	Вычислительная система	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 530333	1976 / 8.06	
25.	Ассоциативное запоминающее устройство	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 720510	1977 / 14.11	Чудин А.А.

26.	Способ программного управления объектом	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 652534	1978 / 21.11	Анушвили А.Н.
27.	Многопроцессорная вычислительная система	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 751238	1979 / 28.03	Жуков В.М., Медведев И.Л.
28.	Многопроцессорная вычислительная система	Авторское свидетельство № 751338	1980	Виленкин С.Я., Бирюков А.Я.
29.	Однородный параллельный процессор	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 736107	1980	Норкин К.Б., Паишев И.И., Мышкин И.П.
30.	Управляющая логическая машина	Авторское свидетельство № 741673	1980 / 21.02	Гаврилов М.А., Амбарцумян А., Чачанидзе В.Г.
31.	Однородная вычислительная среда	Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 798801	1980 / 22.09	Малюгин В.Д.
32.	Малая управляющая цифровая вычислительная машина	Авторское свидетельство № 736786	1980 / 29.01	Венхвадзе А.Н., Гегамова С.Л., Соколов В.В.
33.	Элементы однородной структуры	Авторское свидетельство № 1826337	1981	Ерезенко А.И., Голубев А.П.
34.	Управляющая векторная вычислительная система	ГКНТ по делам изобретений. Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 1120340	1984 / 22.06	Малюгин В.Д., Венхвадзе А.Н.
35.	Многопроцессорная вычислительная система	ГКНТ изобретений. Бюллетень изобретений. Авторское свидетельство № 3530105	1984 / 27.04	Игнатущенко В.В.
36.	Комплекс стандартов ГСП-нормативная основа создания комплексной поставки автоматизированных систем	Журнал "Стандарты и качество", Москва, изд. Стандартов	1985	Коновалов С.М., Минаев В.П.

37.	Микропрограммируемый векторный процессор	Описание изобретения к авторскому свидетельству ГК по изобретениям и открытиям № 159457	1990	Вейц А.В., Малюгин В.Д., Соколов В.В.
38.	Микропрограммируемый векторный процессор	Авторское свидетельство № 1594557	1990 / 22.04	Вейц А.В., Детчина И.В.
39.	Постановка комплекса задач интеллектуализированной системы информационной поддержки операторов АЭС с реактором типа ВВЭР-1000	Моделирование и контроль технологических процессов АЭС, ИПУ, Москва	1991	Пашенко Ф.Ф., Сапрыкин Е.М.
40.	Способ обнаружения подвижного объекта в водной среде	Авторское свидетельство № 1821773	1999 / 12.10	Анушвили А.Н., Харламов Е.А.
41.	Способ пожаротушения	Патент на изобретение № 2210412	2003 / 20.09	Пашенко Ф.Ф., Бусыгин Б.П.
42.	Персональный импульсный огнетушитель	Патент на изобретение № 2210415	2003 / 20.09	Пашенко Ф.Ф., Бусыгин Б.П.
43.	Устройство для осуществления возвратно-поступательного движения рабочего органа	Патент на изобретение № 2230934	2004 / 20.06	Пашенко Ф.Ф., Бусыгин Б.П.

Послесловие

Данное издание приурочено к годовщине со дня смерти Ивери Варламовича Прангшвили. За прошедший год удалось глубже осознать все значение как собственных научных достижений Ивери Варламовича, так и его вклад руководителя и ученого в развитие тех научных идей и направлений, о которых шла речь в этой книге.

В Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук действует комиссия по изучению творческого наследия Ивери Варламовича Прангшвили и увековечению его памяти.

Все мы:

- сотрудники Института проблем управления,
- представители Грузинской академии наук,
- специалисты Грузинского технического университета,
- друзья и близкие Ивери Варламовича, –

хотели еще раз с благодарностью вспомнить об Ивери Варламовиче Прангшвили. О его жизни, о его научных достижениях, о его доброте, о его сердечности, о его заботливости, о его необыкновенной душе.

Понадобится немалое время для того, чтобы сполна осознать не только очевидное обаяние и нравственную силу личности Ивери Варламовича Прангшвили, но и роль, которую он сыграл в сохранении и развитии науки управления в нашей стране в трудные годы реформ.

В заключение мы хотим сказать то, что никогда нами при жизни Ивери Варламовича не произносилось – не принято это говорить при жизни:

Мы его любили и любим – очень дорогого и близкого для всех нас человека. Ивери Варламовича Прангшвили.

Ивери Варламович Прангшвили:
более полувека в науке управления.

Подписано в печать 06.02.07. Формат 70x100/16
Объем 12,5 п.л. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 750 экз. Заказ 330

Отпечатано в ОАО «Типография «Новости»
105005 г.Москва, ул. Фр. Энгельса, д.46