

УДК 681.58:004.353.2-022.47

## ДВУХУРОВНЕВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИДЕОСИСТЕМА С БОЛЬШОЙ ПАНЕЛЬЮ КОЛЛЕКТИВНОГО ИЛИ ГРУППОВОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

А.А. Мезенцев, В.М. Павлов, А.В. Шарнин

Томский политехнический университет  
E-mail: mezentsev.anton@gmail.com

Описана структура двухуровневой компьютерной видеосистемы, которая позволит повысить информационную ёмкость пространства визуализации панели коллективного пользования современной ядерно-физической установки, которое использует оператор, а также оперативно редактировать геометрию пространства визуализации. Положительный эффект достигается за счёт использования в составе синтезированной структуры компьютерной видеосистемы многопользовательских и индивидуальных видеоконтроллеров. Структура описанной видеосистемы является универсальной и может быть внедрена на действующих экспериментальных установках.

### Ключевые слова:

Информационная ёмкость, видеосистема, многоэкранный графический контроллер, панель коллективного и группового пользования.

### Введение

Экспериментальные энергетические, ядерно-физические установки это сложные, распределённые в пространстве комплексы, для управления которыми необходимо использовать сотни различных физических параметров. Эта информация используется для расчёта алгоритмов работы установки и выдачи команд управления. Результаты экспериментов полностью определяются эффективностью принимаемых операторами решений, следовательно проведение физических экспериментов на установках подобного класса без использования центрального пульта управления невозможно. Энтропия решения персонала установки полностью зависит от количества доступной ему информации об объекте исследования, анализируя которую формулируется суждение о дальнейшем изменении алгоритма проведения эксперимента.

Известно [1, 2], что до 80 % воспринимаемой человеком информации он получает по зрительному каналу. В связи с этим в составе центрального пульта управления используются графические дисплеи и большие экраны коллективного пользования [2, 3]. Графические экраны успешно отображают сотни различных параметров экспериментов одновременно и эти параметры доступны для анализа группе или коллективу операторов. Однако долгое время существовала проблема создания экрана больших габаритов с диагональю в сотни дюймов. На сегодняшний день наиболее эффективным способом построения больших экранов является использование группы дисплеев, собранных в виде матрицы  $M \times N$ . Подобные конструкции получили название «Панель коллективного пользования» (ПКП). Для управления выводом изображения на подобную панель используются специальные многоэкранные графические контроллеры (МГК) (рис. 1), позволяющие группе или коллек-

тиву операторов представлять информацию в выделенной области на ПКП.

Использование описанной видеосистемы позволило решить проблему недостаточного по габаритам физического пространства экранов, однако, в условиях эксперимента важнейшим инструментом для эффективной работы является механизм оперативной настройки сценариев отображения информации<sup>1</sup> на ПКП и механизм, позволяющий увеличить площадь пространства отображения, используемого одним оператором. Эта задача до сих пор не решена средствами многопользовательских МГК. Однако такого рода исследования уже проводились в авиационной отрасли и после их реализации получен положительный эффект.

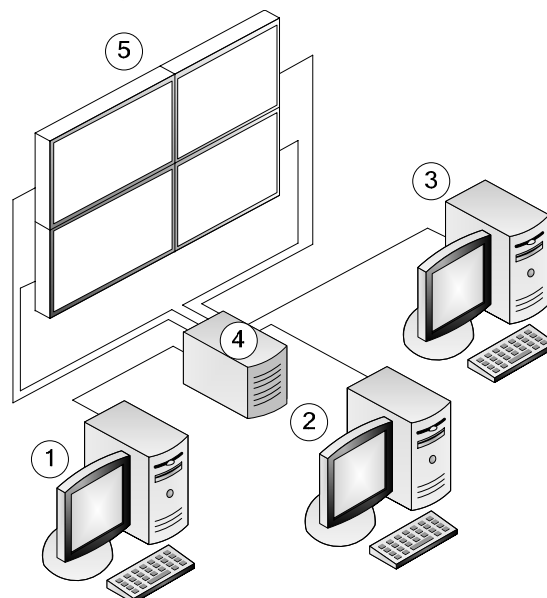


Рис. 1. Структура многопользовательской компьютерной видеосистемы: 1–3) ПЭВМ; 4) многопользовательский многоэкранный графический контроллер; 5) ПКП

<sup>1</sup> Заранее описанный алгоритм визуализации изображения или его частей на экране, определяющий как информационные, так и временные характеристики процесса отображения.

В источнике [3] показано, что бортовые системы отображения информации боевых истребителей и вертолётов, разрабатываемые аэрокосмическими институтами на ранних этапах развития включали в свой состав несколько стрелочных приборов отображения информации. Впоследствии каждый из приборов был заменён на графический дисплей малых размеров. Виртуализация информационного поля позволила отображать информацию более эргономично, а графический индикатор стал унифицированным средством отображения данных. Однако множество графических дисплеев неэффективно использовало пространство приборной панели, а оператор из-за недостатка информации не мог повысить качество управления. Замена графических индикаторов приборной панели на большие экраны и деление полученного пространства визуализации на функциональные зоны, позволили повысить осознание пилотом ситуации в полёте на 190 % [3]. Необходимо отметить, что видеосистема данного класса является индивидуальной, но её функции можно использовать в многопользовательских видеосистемах.

Результатом анализа характеристик компьютерной видеосистемы центрального пульта управления является то, что в условиях растущей сложности и распределённости экспериментальных комплексов проведение физических экспериментов в будущем возможно только при соблюдении следующих требований:

1. пространство визуализации на ПКП должно обладать высокой информационной ёмкостью для отображения тысяч параметров эксперимента и экспериментальных данных;
2. видеосистема должна поддерживать эффективный механизм оперативной настройки сценариев отображения информации на ПКП и локальных дисплеях.

### Информационная ёмкость ПКП

Известно [1], что информационная ёмкость определяет количество информации, которое может быть одновременно представлено в пространстве визуализации экрана. Максимальное количество информации, которую способен отобразить дисплей  $I_3$ , можно описать как [4]:

$$I_3 = n \log_2 m, \quad (*)$$

где  $m$  – количество кодовых равновероятных состояний элементарных информационных единиц пространства визуализации экранов,  $n$  – количество элементарных информационных единиц.

В качестве элементарной информационной единицы пространства визуализации, которая формирует информационную модель мнемознака [1], будем использовать пиксель. Большое количество пикселей в меньшем по размерам пространстве визуализации будет формировать большую информационную ёмкость ( $C_3$ ):

$$C_3 = \frac{I_3}{S_3} = \frac{n \log_2 m}{S_3},$$

где  $S_3$  – площадь экрана.

В соответствии со структурой многопользовательской системы визуализации данных (рис. 1) известно, что для каждого пользователя видеосистемы посредством МГК на ПКП может быть выделена область отображения информации. Текущий сценарий визуализации данных (рис. 2) будет регламентировать пространственное расположение групп областей  $O$  на ПКП в зависимости от текущего этапа экспериментальной компании (эксперимент, послеэкспериментальная обработка данных). Информационная ёмкость ПКП в описанном случае будет определяться суммой информационных ёмкостей отдельных областей отображения видеоданных  $i$ , которые образуют пространство визуализации ПКП в одном из режимов его работы:

$$C_{ПКП} = \sum_i C_{O_i},$$

где  $C_{O_i}$  – информационная ёмкость области отображения на ПКП.

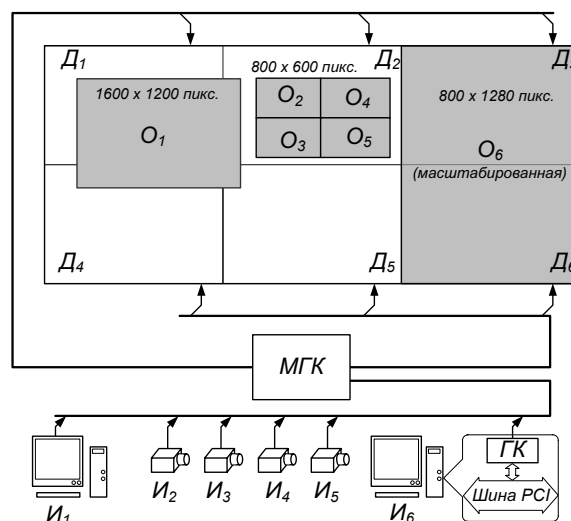


Рис. 2. Структурная схема многотерминальной компьютерной видеосистемы, на ПКП которой представлен результат выполнения сценария отображения сводной информации:  $I$  – независимый источник видеоданных;  $O$  – область отображения информации независимого источника видеоданных;  $D$  – дисплей

Источники информации (рис. 2) очень часто имеют различную разрешающую способность, что может привести к низкой эффективности использования физического пространства ПКП, поскольку часть этого пространства может быть не использованной. Информационную ёмкость ПКП в этом случае можно описать уравнением

$$C_{ПКП} = \sum_i C_{O_i} \leq \sum_k C_{Э_k}.$$

Коэффициент полезного использования операторами физического пространства ПКП может быть представлен уравнением

$$K_{ПКП} = \frac{\sum_i S_{O_i}}{S_{ПКП}},$$

где  $S_{O_i}$  – площадь некоторой области отображения на ПКП,  $S_{ПКП}$  – площадь физического пространства ПКП.

Очевидно, что для отображения информации в области  $O_i$ , используется некоторый видеоинтерфейс, подключаемый к графическому контроллеру источника информации  $I_i$ . Следовательно, разрешающая способность изображения представленного в области  $O_i$  может быть ограничена максимальной пропускной способностью видеоинтерфейса и способностью графического контроллера формировать изображение заданного разрешения. Как показано в [5], пропускная способность видеоинтерфейса DVI составляет  $1920 \times 1080 = 2,074$  млн пикселей/с или  $\sim 1,6$  Гбит/с в соответствии с его спецификацией в трехканальном режиме. Графические контроллеры ПЭВМ, подключаемые к локальным шинам PCI-X и PCI Express, имеют предел пропускной способности в 32 Гбайт/с. Следовательно, дальнейшее увеличение разрешающей способности выходного изображения видеосистемы может быть осуществлено только при использовании нескольких видеоинтерфейсов и специальных индивидуальных МГК радиального типа.

Ввиду вышесказанного отметим, что:

1. информационная ёмкость пространства визуализации ПКП используемого оператором может быть повышена только при условии увеличения разрешающей способности изображения, которое формирует источник видеоданных;
2. разрешающая способность изображения, которое формирует источник видеоданных, может быть повышена только при использовании нескольких видеоинтерфейсов, посредством которых информация передаётся на ПКП, так как пропускная способность видеоинтерфейсов ограничена.

#### Сценарии отображения информации

В процессе проведения эксперимента заранее неизвестно, каким образом изменится программа его проведения, поскольку она может быть скорректирована на основании результатов каждого опыта. Следовательно, значимость работы того или иного оператора или подсистемы автоматизированной системы проведения научных исследований (АСНИ) изменяется. Изменяется вид, количество информации, которое представляется каждому оператору на ПКП, и её расположение на экранах. Наиболее актуальной в этом случае становится функция оперативной настройки программного и технического обеспечения АСНИ в соответствии с требованиями эксперимента, т. е. изменение геометрии и расположения пространства визуализации на ПКП, которое использует оператор. Однако на сегодняшний день не существует эффективного

механизма оперативной настройки алгоритмов вывода изображения (сценариев отображения информации) на экраны центрального пульта управления, в котором используется многопользовательская видеосистема, а описанный в [5] случай является универсальным только в видеосистемах группового пользования.

Известно, что изображение, формируемое многопользовательскими графическими контроллерами, имеет прямоугольную геометрию. В связи с этим некоторое количество прямоугольных областей отображения составляющих пространство визуализации ПКП могут не полностью его использовать (рис. 3). Значение коэффициента  $K_{ПКП}$ , в этом случае будет значительно ниже единицы. Стоит отметить, что масштабирование областей отображения в пространстве визуализации ПКП не даёт нужного эффекта, так как это приводит к снижению информационной емкости последнего в соответствии с уравнением (\*).

Решить задачу оптимизации использования физического пространства ПКП ( $S_{ПКП}$ ), можно изменив геометрию некоторых областей отображения ( $S_{O_i}$ ) (рис. 4). На основании метода декомпозиции необходимо разбить её на несколько подобластей ( $S_{O_{ij}}$ ), а затем составить из них область отображения данных произвольной геометрии. Изменение геометрии площади  $S_{O_i}$  позволит использовать некоторые пустые участки физического пространства ПКП (рис. 4).

В соответствии с методами управления выводом изображения на экран, МГК должен разделить исходное изображение, отображаемое в области  $S_{O_i}$  на несколько частей и представить их в соответствующих подобластях визуализации данных  $S_{O_{ij}}$  (рис. 4). Данную методику используют многопользовательские МГК радиального (рис. 1) и индивидуальные МГК магистрального типа (рис. 5).

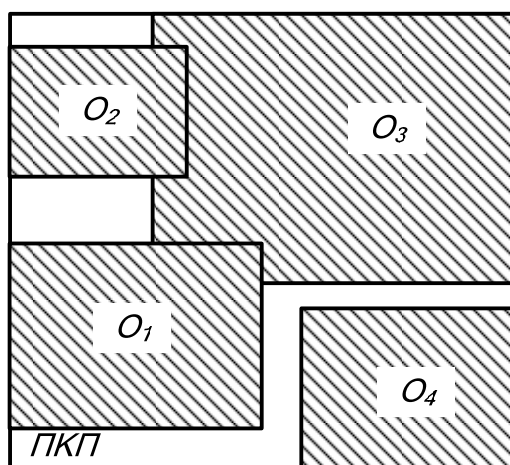


Рис. 3. Структурная схема информационного пространства ПКП

Однако магистральные МГК являются не эффективными, поскольку масштабируют изображение на ПКП, что приводит к снижению её информационной ёмкости в соответствии с уравнением (\*). Следо-

вательно, данный метод не удовлетворяет поставленным требованиям. Рассмотрим обратную задачу – задачу группирования областей отображения данных.

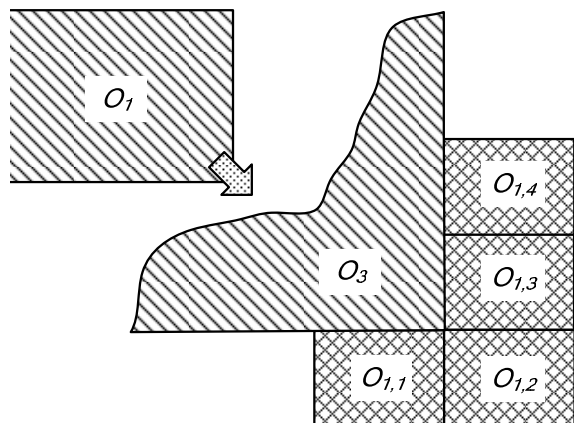


Рис. 4. Принцип деления области отображения данных на подобласти

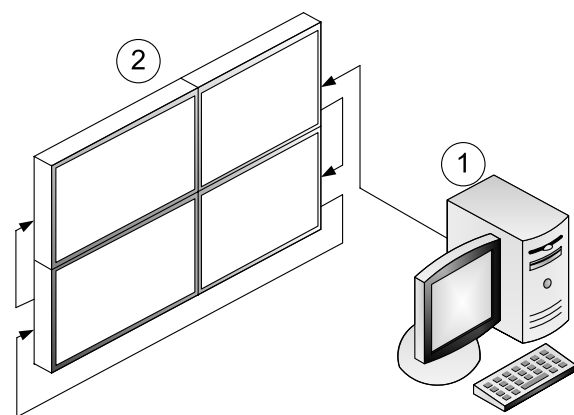


Рис. 5. Структурная схема индивидуальной компьютерной видеосистемы магистрального типа: 1) ПЭВМ; 2) ПКП со встроенными контроллерами видеостены

Пусть каждая область отображения есть графическое пространство отдельного дисплея. Информация от ПЭВМ поступает на экран посредством некоторого видеоинтерфейса (рис. 6, а). Пусть существует некоторый механизм, который позволяет одному источнику информации формировать и передавать видеоизображение по нескольким видеоинтерфейсам (рис. 6, б). Добавим в описываемый механизм многопользовательский контроллер, который будет выполнять функцию группирования областей отображения данных на ПКП.

Результат синтеза искомой структуры компьютерной видеосистемы с настраиваемыми сценариями визуализации данных представлен на рис. 6, в. Опишем функции элементов этой видеосистемы.

МГК 3, описанный в [5], выполняет функцию формирования геометрии пространства рабочего стола оператора, которое состоит из нескольких прямоугольных рабочих столов  $O_{ij}$  (рис. 6, в). В области отображения информации  $O_i$  пунктиром показаны границы подобластей, каждая из которых подключена по видеоинтерфейсу к МГК 4 и, затем, к МГК 3. Ввиду наличия двух типов дисплеев в пультовой (дисплеи ПКП, дисплеи на рабочем месте оператора), рабочее пространство функционально делится на два рабочих стола. Драйвер МГК 3 должен обеспечить формирование геометрии рабочего стола для обеих групп дисплеев в любой конфигурации, например, как представлено на рис. 6, в. Видеоинтерфейсы 2 выполняют передачу изображения от МГК 3<sub>n</sub> к многопользовательскому МГК 4. Он выполняет группирование входных потоков видеоданных и, управляя выходными потоками, формирует конечное изображение на ПКП. Драйвер МГК 4 должен предоставить оператору функцию программирования расположения областей отображения ( $O_i$ ) в физическом пространстве ПКП.

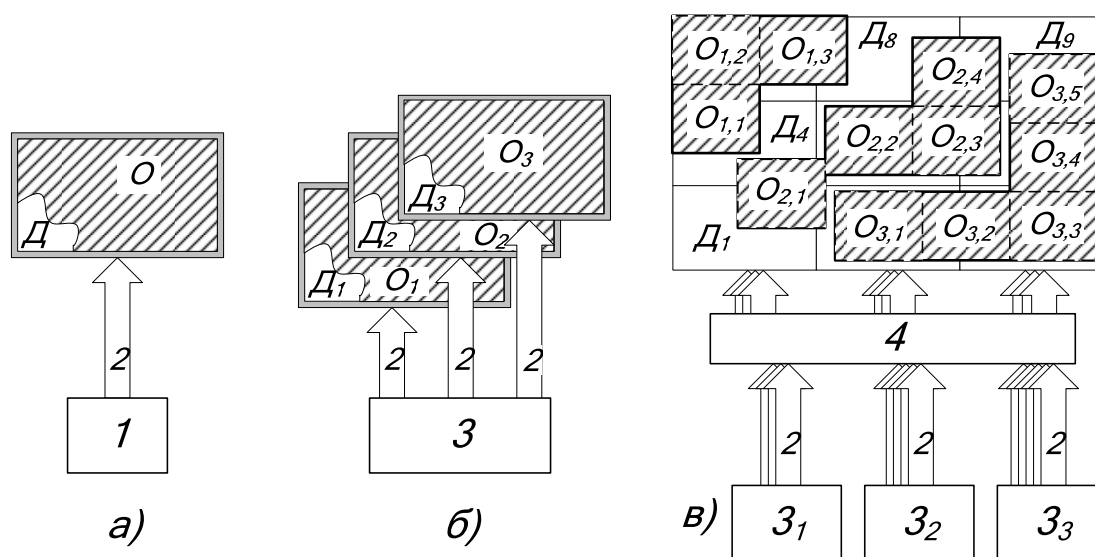


Рис. 6. Механизмы, формирующие принцип работы многопользовательской системы управления процессом визуализации данных радиального типа на ПКП: а) на основе одноканального контроллера б) на основе многоканального контроллера; в) на основе 2-х уровневой системы многоканальных контроллеров; 1) одноканальный графический контроллер; 2) видеоинтерфейс; 3) индивидуальный МГК; 4) многопользовательский МГК

Положительные уникальные особенности разработанной структуры компьютерной видеосистемы позволяют сократить площадь неиспользуемого физического пространства ПКП, что повышает коэффициент использования физического пространства ПКП ( $K_{ПКП} \approx 1$ ) и даёт возможность оперативного редактирования геометрии и расположения областей отображения в пространстве визуализации ПКП. Рассмотрим возможные способы технической реализации компьютерной видеосистемы с синтезированной структурой.

#### Двухуровневая компьютерная видеосистема

Для создания компьютерной видеосистемы со структурой представленной на рис. 6, в, необходимо использовать два типа МГК радиального типа: один многопользовательский и несколько индивидуальных.

Многопользовательские контроллеры, как правило, имеют похожую структуру и различаются только по количеству входных и выходных видеоинтерфейсов, а также их пропускной способностью. Среди компаний производителей многопользовательских контроллеров выделим несколько: Digicom, Jupiter, Extron. Для реализации компьютерной видеосистемы с разработанной структурой необходимо, чтобы количество видеовходов МГК 4 было больше количества пользователей видеостены, с учётом того, что каждый оператор использует несколько видеоинтерфейсов для подключения к видеосистеме.

Индивидуальные МГК 3 на схеме рис. 6, в, могут быть реализованы на основе графических контроллеров производства компании MATROX [5]. Представленное в [5] техническое решение полностью совместимо с многопользовательским видеоконтроллером, поскольку использует популярные видеоинтерфейсы D-sub(VGA) и DVI. Также в работе [5] показано, что применение встраиваемых индивидуальных МГК позволит каждому оператору одновременно использовать до восьми дисплеев подключенных к ПЭВМ, следовательно, информационная ёмкость пространства визуализации используемого одним оператором увеличивается в восемь раз. Драйвер МГК компании MATROX позволяет одновременно использовать две группы дисплеев. Таким образом, оператор имеет возмож-

ность формировать изображение, как на локальных дисплеях, так и на ПКП.

#### Заключение

Современные экспериментальные установки — это программно-технические комплексы с изменяемой структурой и составом технических и программных средств. В работах [6–8] представлены технические решения для пультов управления действующих экспериментальных установок. Анализ этих решений показывает, что в их составе используется большое количество терминалов. Этот факт свидетельствует о высокой значимости количества информации и качества её представления операторам пультов управления. Источник [3] показывает, что простое увеличение физического пространства ПКП и групп локальных дисплеев операторов за счёт увеличения количества терминалов не эффективно, а положительного эффекта можно достичь только за счёт модернизации методов управления выводом изображения на экран.

Представленный в данной статье анализ показывает, что использование двухуровневой компьютерной видеосистемы на основе многоэкранных графических контроллеров позволит применять адаптивные методы настройки сценариев отображения видеоданных на средства отображения информации в пультовой экспериментальной комплекса. Поскольку физические и информационные характеристики области отображения могут быть оперативно изменены во время экспериментальной компании. Объединение функций индивидуальных и многопользовательских контроллеров в один комплекс (рис. 6, в) позволит увеличить информационную ёмкость пространства визуализации ПКП и локальных дисплеев в восемь раз, сократить время выполнения оператором комплекса функций. Это повысит эргономику рабочего места, показатели которой рассчитываются на основании критериев представленных в [1, 2].

Синтезированная структура многоуровневой компьютерной видеосистемы (рис. 6, в) является модульной и универсальной. Она может быть внедрена как на действующих установках по управляемому термоядерному синтезу, так и на вновь создаваемых.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тоцкий А.В. Системы отображения информации. — Харьков: Харьковский аэрокосмический ин-т, 1998. — 246 с.
2. Серёда Г.К., Бочарова С.П., Репкина Г.В. и др. Инженерная психология / Под ред. Г.К. Серёды. — Киев: Виша школа, 1976. — 308 с.
3. Кучерявый А.А. Бортовые информационные системы / Под ред. В.А. Мишина и Г.И. Клюева. 2-е изд. перераб. и доп. — Ульяновск: УлГТУ, 2004. — 504 с.
4. Солодов А. В. Теория информации и её применение к задачам автоматического управления и контроля. — М.: Наука, 1967. — 432 с.
5. Мезенцев А.А., Павлов В.М., Байструков К.И., Шарнин А.В., Проектирование системы визуализации данных ТОКАМАКА КТМ // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 312. — № 5. — С. 137–141.
6. Goerg B., Rongen F., W. Tenten. Experience on design, implementation and operation of the TEXTOR control system // Fusion technology. — 1984. — V. 2. — P. 1171–1182.
7. Angelini B., Apicella M.N., Buceti G. et al. FTU OPERATION // Fusion science and technology. — 2004. — V. 45. — № 3. — P. 427–458.
8. Taylor L., Gottschalk E., Maeshima K., McBride P. CMS centres for control, monitoring, offline operations and prompt analysis // Intern. Confer. on Computing in High Energy and Nuclear Physics: Proc. of 119<sup>th</sup> Conf. — 2008. — P. 136–146.

Поступила 13.03.2009 г.