

*Ю. Н. Косников*

## ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

*Y. N. Kosnikov*

### ORGANIZATIONAL OPTIMIZATION OF THE INTERFACE SPACE FOR VISUAL MONITORING OF MULTI-PARAMETRIC OBJECTS

**А н н о т а ц и я.** *Актуальность и цели.* Объектом исследования является интерфейс «человек–компьютер» системы мониторинга сложных объектов. Предметом исследования является организация интерфейсного пространства. Целью работы является разработка решений по снижению психофизиологической напряженности оператора системы мониторинга путем оптимизации интерфейсного пространства. *Материалы и методы.* Применены методы системного анализа: стратификация рассмотрения интерфейсного пространства и декомпозиция его структуры. Интегральное состояние объекта контроля отображается на основе генерализации его параметров. *Результаты.* Сформулированы принципы организации интерфейса: эргономичность, комплексность, иерархичность, объектная направленность, когнитивность и минимизация вычислительных ресурсов. Генерализация параметров контролируемых объектов позволяет сопоставить состояние их совокупности некоторому хорошо опознаваемому человеком геометрическому образу. Для нижнего уровня подходит интерфейс, содержащий реалистичные образы элементов пространства и дополненный символьными и геометрическими элементами. Иерархический интерфейс позволяет выполнять с требуемой детальностью контроль ситуации на объекте в целом и его элементов в отдельности. Для экономии вычислительных ресурсов следует применить древовидную структуру интерфейсного пространства. В зависимости от ситуации нужно выбирать ту или иную ветвь дерева и тот или иной уровень иерархии на этой ветви. *Выводы.* Предлагаемый подход к распределению информации о контролируемых параметрах между уровнями иерархии интерфейса, а также к выбору элементов интерфейсного пространства позволяет снизить психофизиологическую напряженность оператора системы мониторинга без потери когнитивности.

**A b s t r a c t.** *Background.* An object of a research is the human/computer interface of an monitoring system of complex objects. An object of research is the organization of the interface space. The work purpose – to reduce the psychophysiological tension of the operator by optimization of the interface space. *Materials and methods.* Methods of systems analysis are applied: stratification of reviewing of the interface space and decomposition of its structure. The integral status of a monitored object is displayed on the basis of parameters generalization. *Results.* The principles of the organization of the interface space are formulated: ergonomics, complexity, hierarchy, object orientation, cognitive level and minimization of computing resources. Generalization of parameters of monitored objects allows to compare a status of their set to some geometrical image which is well identified by the person. The interface containing

realistic images of space elements and added by character and geometrical elements is suitable for the bottom level. The hierarchical interface allows to execute with required detail monitoring of a situation on an object in general and its elements separately. It is necessary to apply a tree structure of the interface space to saving of computing resources. Depending on a situation it is necessary to select this or that branching line and this or that level of hierarchy on this branch. **Conclusion.** The offered approach to distribution of information on controlled parameters between interface levels, and also to a choice of elements of the interface space allows to reduce psychophysiological strength of the operator of a monitoring system without loss of a situation understanding.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** человеко-машинный интерфейс, мониторинг, когнитивность, иерархическая структура, древовидная структура, интегральное представление, мнемоническое представление, детальное представление.

**Key words:** human machine interface, monitoring, cognitive level, hierarchical structure, tree structure, integral representation, mnemonic representation, detail representation.

### *Введение*

Компьютерная система управления, как правило, контролирует характеристики множества различных объектов и представляет собой многопараметрическую систему, функционирующую в режиме реального времени (РВ) [1]. Человек-оператор – неустраняемый элемент такой системы, в связи с чем ее важным компонентом является интерфейс «человек-компьютер». В настоящее время действует тенденция перехода к 3D-интерфейсам и интерфейсам виртуального окружения [2]. Это означает, что оператору представляется интерфейсное пространство, которое следует проектировать по определенным законам. От уровня заложенных в интерфейс организационных решений зависит эффективность работы оператора.

### *Принципы организации интерфейсного пространства*

Можно выделить следующие концептуальные принципы организации интерфейсного пространства [3]: эргономичность, комплексность, иерархичность, объектная направленность, когнитивность и экономичность. Принцип эргономичности предписывает выбирать организацию интерфейсного пространства и его оформление таким образом, чтобы максимально снизить психофизиологическую напряженность человека в процессе решения им профессиональных задач. Принцип комплексности учитывает, что к интерфейсу предъявляются разноплановые требования, для удовлетворения которых в интерфейсном пространстве должны сочетаться элементы виртуальной реальности и традиционные средства инженерно-психологического кодирования (текст, цвет, формуляры, мнемосимволы и пр.), отображение результатов решения задач мониторинга в режиме РВ и с некоторой временной задержкой. Объектная направленность интерфейса выражается в том, что в интерфейсном пространстве выделяются сущности, комплексно характеризующиеся геометрическими, визуальными и поведенческими свойствами. Для управления ими создается соответствующая группа методов. Иерархичность (многоуровневость) интерфейса позволяет снять противоречивость требований по детальности представления информации в случае необходимости контроля ситуации в целом и объектов мониторинга в отдельности. Для решения каждой прикладной задачи оператор должен иметь возможность выбрать подходящий уровень иерархии интерфейса. Принцип когнитивности ориентирует разработчиков интерфейса не на создание раскрашенных картинок, а на доставку оператору знания о состоянии контролируемых объектов. Именно эта цель обуславливает выбор геометрических форм, текстур, особенностей поведения и дополнительных элементов объектов интерфейсного пространства. Наконец, принцип экономичности учитывает, что формирование интерфейса не является единственной задачей системы мониторинга, следовательно, расход компьютерных ресурсов, потребных для отображения интерфейсного пространства, следует минимизировать. Следует подробнее остановиться на подходах к реализации принципов иерархичности и экономичности, так как они весьма важны, а однозначных решений для них не существует.

*Интегральное и детальное представление состояния объектов мониторинга*

Очевидным решением организации иерархии уровней интерфейсного пространства является сопоставление их уровням когнитивности. При построении интерфейса многопараметрической системы мониторинга верхний уровень должен представлять информацию о состоянии совокупности объектов контроля в целом, средние уровни – о состоянии групп таких объектов, а нижний уровень – о состоянии отдельных объектов контроля, включая количественные значения их параметров. Применить одинаковые организационные решения на всех уровнях иерархии невозможно в силу различия привязанных к ним уровней когнитивности.

Понимание состояния всей совокупности объектов контроля в целом следует формировать у оператора путем генерализации параметров объектов. Под генерализацией понимается обобщение первичного множества параметров и выделение (или синтез) таких характеристик, которые позволяют судить о существенных признаках поведения всего исходного множества параметров. Генерализованная характеристика объектов контроля представляется человеку средствами интегральной индикации и реализуется с помощью инструментов 2D- и 3D-компьютерной графики. В зависимости от количества контролируемых объектов и параметров их интегральное представление может быть организовано более или менее сложно.

Простой формой индикации является круговая диаграмма нормализованных параметров контролируемых объектов [4]. Величины параметров приводятся к оптимальным значениям и сопоставляются с секторами круговой диаграммы. При оптимальном состоянии всех параметров диаграмма представляет собой круг. При отклонении параметров от оптимума возникает ступенчатое различие секторов, что одновременно различается глазом человека. Для увеличения информационной емкости индикатора круговую диаграмму можно заменить на «шаровую», т.е. представлять оператору плавно вращающийся шар, секторы которого сопоставляются параметрам объектов контроля.

Другой формой генерализации является сопоставление состояния совокупности объектов контроля некоторому геометрическому образу. Изменения его формы и структуры несут информацию об изменениях совокупности объектов или их отдельных групп. Для повышения эффективности работы оператора геометрический образ и его изменения должны уверенно опознаваться человеком. Примерами могут служить интегральный образ системы «Коналог», разработанный еще в семидесятые годы прошлого века [5], и так называемая обобщенная мнемосхема, применяемая на пульте оператора атомной электростанции [6].

Для повышения информационной емкости интерфейса в качестве интегрального индикатора применяются хорошо знакомые человеку образы, изменения которых он легко опознает. К их числу можно отнести образы природы, например изображения пейзажа или дерева. Их состояния (штиль – волнение – буря, расцвет – плодоношение – увядание) сопоставляются с различными состояниями совокупности контролируемых объектов. Обучение оператора позволяет ему уверенно различать градации состояния объектов по таким образам.

Весьма информативным интегральным индикатором является так называемое «Лицо Чернова» [7]. Это образ человеческого лица, состояние характерных элементов которого (бровей, глаз, носа, рта, ушей) сопоставляется с группами контролируемых параметров. При изменении параметров лицо «гримасничает», и эти гримасы уверенно распознаются человеком. Внедрение такой формы индикации сдерживалось некоторой несерьезностью образа, походившего на детский рисунок, но, тем не менее, она нашла применение в ряде программных пакетов (например, [8]).

В настоящее время уровень развития компьютерной техники позволяет перейти от стилизованного лица к объемному реалистичному образу – «голове Чернова». Существуют программные пакеты, формирующие 3D-модели головы человека по его фотографии [9, 10]. Другим путем моделирования головы человека является применение технологии покадровой реконструкции 3D-модели на основе видеопоследовательности. Эту технологию разработали специалисты Вашингтонского университета [11]. Названными инструментами можно создать и сохранить в памяти компьютера образы, соответствующие различным градациям состояния объектов контроля. Создается набор (библиотека) образов с различными сочетаниями форм и размеров элементов головы. При изменении состояния объектов из библиотеки будет выбран

и предъявлен оператору соответствующий образ. В результате изменения образов происходят дискретно, что хорошо различается человеком.

Альтернативным приемом является управление формой 3D-модели головы в режиме РВ. Модель создается в виде полигональной сетки, расположение вершин которой определяет форму и размеры элементов головы. Для управления ими нужно выявить отвечающие за это вершины, определить направления их перемещения, выявить количественные зависимости формы и размеров от состояния групп параметров, разработать процедуры управления. Этот вариант является алгоритмически сложным, но экономит память компьютера.

Нижний уровень иерархии интерфейса несет детальную информацию о состоянии объектов мониторинга. В связи с большой информативной насыщенностью реализация этого уровня должна быть максимально эргономичной. В реальном мире человек живет и действует в 3D-пространстве, поэтому интерфейс, построенный по его законам, является наиболее эффективным. В то же время задача интерфейса – не погрузить человека в виртуальное реалистичное жизненное пространство, а оперативно дать верное представление о состоянии объектов. Для этого подходит интерфейс, содержащий реалистичные образы элементов пространства и дополненный символическими и геометрическими элементами (надписями, шкалами, пиктограммами, указателями и пр.).

Функции и изобразительные решения средних уровней иерархии интерфейса определяются принятой структуризацией информации о контролируемых объектах. Элементы интерфейса на средних уровнях, с одной стороны, должны указывать на конкретные группы контролируемых параметров, а с другой – отражать интегральное состояние этих групп с целью оперативного восприятия их состояния.

### *Древовидная организация интерфейсного пространства*

По мере опускания по уровням иерархии количество и детальность отображаемых параметров растут. Параллельное представление всех параметров в какой бы то ни было форме требует больших вычислительных затрат, что противоречит принципу экономии ресурсов. Для его выполнения следует применить древовидную организацию интерфейсного пространства и в зависимости от ситуации выбирать ту или иную ветвь дерева и тот или иной уровень иерархии на этой ветви. В таком случае одновременно отображаемая часть интерфейсного пространства относится к одному узлу дерева и содержит ограниченный набор элементов. Управление движением по ветвям дерева может быть различным: определяться оператором (вызывные элементы интерфейса), системой мониторинга (например, по сигналу выхода параметров за границы допустимых значений) или и оператором и системой мониторинга – комбинированное управление. В последнем случае система мониторинга предъявляет проблемный блок параметров, а оператор, используя свои знания и опыт, осуществляет выбор элементов отображения или управления.

В качестве примера на рис. 1 схематично показан иерархический интерфейс многопараметрической системы контроля.

Верхний уровень интерфейса представлен интегральной индикацией состояния объекта контроля в виде эволюций модели человеческого лица (показаны три фазы эволюции). Выражение лица, соответствующее ухудшению параметров объекта, заставляет оператора обратиться к среднему уровню иерархии (обращение показано на рис. 1 стрелкой), который имеет вид обобщенной структурной схемы объекта. Выявив проблемный блок (он отмечен заливкой), оператор переходит (вторая стрелка) на второй средний уровень, который отображает состояние узлов контролируемого объекта в виде мнемосхем. Для количественного контроля параметров выбранного узла оператор переходит (третья стрелка) на нижний уровень иерархии. Он представлен виртуальными измерительными приборами. При построении рис. 1 использованы изображения, приведенные в источниках [11, 12].

Предлагаемый подход к распределению информации о контролируемых параметрах между уровнями иерархии интерфейса, а также к выбору элементов интерфейсного пространства позволяет снизить психофизиологическую напряженность оператора системы мониторинга без потери когнитивности.

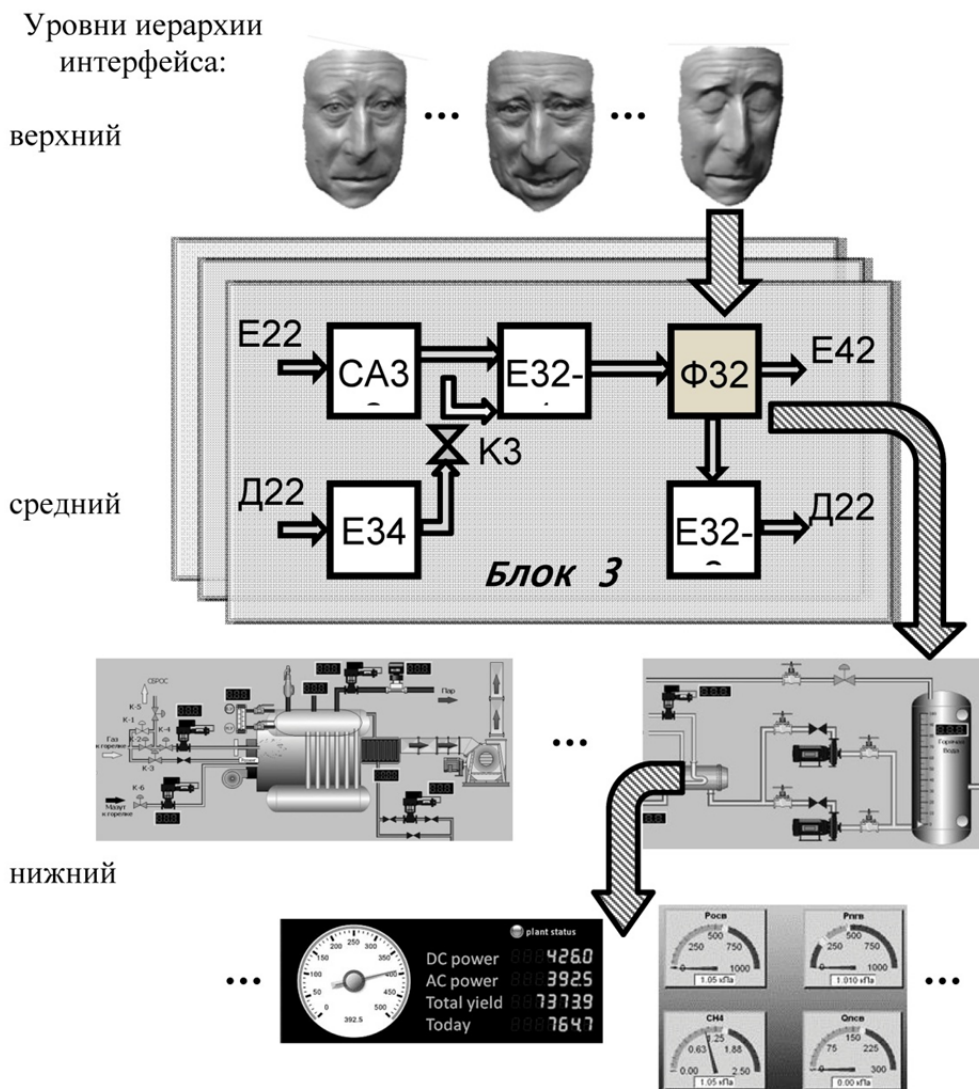


Рис. 1. Пример иерархического интерфейса

**Библиографический список**

1. Бершадский, А. М. Разработка и моделирование гетерогенных инфраструктур для беспроводного информационного обеспечения процессов мониторинга / А. М. Бершадский, А. Г. Финогеев, А. С. Бождай // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2010. – № 1 (13). – С. 36–45.
2. Актуальные информационные технологии: визуализация информации, виртуальное окружение, неогеография, осязаемые изображения / А. Алешин, В. Афанасьев, П. Брусенцев, Е. Еремченко, А. Клименко, С. Клименко, И. Никитин, Л. Никитина, В. Пестриков, А. Сурин, О. Сурина // Научная визуализация. – 2013. – Т. 5, № 4. – С. 1–17. – URL: <http://sv-journal.com/index.php?lang=ru> (дата обращения: 15.03.2014).
3. Косников, Ю. Н. Построение интерфейса человек–компьютер для системы автоматизированного управления сложными объектами / Ю. Н. Косников // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2014. – № 4 (32). – С. 82–92.
4. Дюндиков, Е. Т. Технология динамической интеграции и представления разнородных данных для анализа и оценки состояния многопараметрических объектов / Е. Т. Дюндиков, А. А. Качкин // Информационные технологии. – 2010. – № 2. – С. 66–73.
5. Литвак, И. И. Основы построения аппаратуры отображения в автоматизированных системах / И. И. Литвак, Б. Ф. Ломов, И. Е. Соловейчик. – М.: Сов. радио, 1975. – 352 с.
6. Алонцева, Е. Н. Представление информации для обзора состояния энергоблока атомной станции / Е. Н. Алонцева, А. Н. Анохин, А. С. Стебенев, Э. Ч. Маршалл // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2005. – № 4. – С. 34–39.

7. Raciborski, R. Graphical representation of multivariate data using Chernoff faces / R. Raciborski // The Stata Journal. – 2009. – № 3. – P. 374–387.
8. Hunt, N. Chernoff Faces in Microsoft Excel / N. Hunt // Сайт «Wiley Online Library». – URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-9639.2004.00173.x/abstract> (дата обращения: 15.08.2016).
9. Создание 3D-моделей на основе фотографий: обзор решений // Сайт «3Domen». – URL: <http://3domen.com/index.php?newsid=5684> (дата обращения: 15.08.2016).
10. Шалаев, В. Сервис 3DEFY: закачай фото, сделай несколько кликов, получи цифровую 3D-модель! // Сайт «3dwiki». – URL: <http://3dwiki.ru/servis-3defy-zakachaj-foto-sdelaj-neskolko-klikov-poluchi-cifrovuyu-3d-model> (дата обращения: 15.08.2016).
11. Suwajanakorn, S. Total Moving Face Reconstruction / S. Suwajanakorn, I. Kemelmacher-Shlizerman, S. M. Seitz // 13th European Conference «Computer Vision» – ECCV 2014 (Zurich, Switzerland, September 6–12, 2014), Proceedings. – Zurich, Switzerland, 2014. – Part IV. – P. 796–812. – URL: <http://grail.cs.washington.edu/projects/totalmoving> (дата обращения: 15.08.2016).
12. Комплект автоматики котла ДЕ-10-14 ГМ (ПЛК110) // Сайт ООО «Бийская Энергетическая Компания». – URL: <http://biek.ru/avtomatika-kotla-de-10-14-gm> (дата обращения: 15.08.2016).

---

**Косников Юрий Николаевич**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой  
информационно-вычислительных систем,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: [jkos@pnzgu.ru](mailto:jkos@pnzgu.ru)

**Kosnikov Yuriy Nikolaevich**

doctor of technical sciences, professor,  
head of sub-department  
of information-computer systems,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

---

УДК 004.5

**Косников, Ю. Н.**

**Организационная оптимизация интерфейсного пространства для визуального мониторинга многопараметрических объектов / Ю. Н. Косников // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 3 (21). – С. 26–31. DOI 10.21685/2307-5538-2017-3-4.**