

## Проектирование операторных с учетом человеческого фактора

---

Статья была опубликована на сайте: [www.controlglobal.com](http://www.controlglobal.com) Дата размещения: 10.07.2004.

Авторы: Ян Ниммо и Джон Москатели

Перевод: Рожецкина Ю.С., ОАО «СПИК СЗМА», Санкт-Петербург, Россия, 27-09-2004

**В настоящее время, в связи с появлением персональных компьютеров и рабочих станций, условия труда сильно изменились.** Это, прежде всего, относится к промышленным центрам управления и операторным. Раньше операторные представляли собой огромные панели с измерительными приборами, расположенными в нескольких комнатах. В них происходил обмен и совместное использование данных измерительных инструментов и приборов. Сегодня им на смену пришли современные помещения для управления, в которых перед компьютерами сидят люди. В связи с этим, изменились и принципы проектирования операторных. Возникла и новая дисциплина - проектирование с учетом человеческого фактора (человекотехника - Human Factor Engineering).

Раньше единственным человеческим фактором, который учитывался при проектировании операторных, было удобство работы с аппаратурой, учитывающееся при ее группировке и расположении. Удобство расположения аппаратуры позволяло операторам и инженерам держать все процессы «под контролем». Иногда при проектировании учитывался еще один человеческий фактор, а именно: минимальная и максимальная высота расположения аппаратуры – примерно 100 – 175 см от пола, чтобы оператору было удобно наблюдать за показаниями приборов.

К сожалению, большая часть панелей управления разрабатывалась не специалистами человекотехниками, а инженерами КИП, незнакомыми с тонкостями эргономики (отраслью научной организации труда, изучающей трудовые процессы и условия труда).

Панели, разработанные инженерами КИП, имели ряд характерных особенностей, которые требовали от операторов способности считывать данные и быстро определять происходящие в процессах изменения по тем немногим данным, которые отображались на бумаге при помощи самописца.

К сожалению, при переходе от аналоговых к цифровым средствам управления многие из этих позитивных особенностей были утрачены. Изменения коснулись, в частности, проектирования операторных для установки распределенных систем управления первого и второго поколения. Именно в это время произошло разрушение прежде эффективной системы обмена управленческой и технологической информацией между операторами (как в аппаратной, так и в операторной), диспетчерами, инженерами и менеджерами.

### **Строительство зданий**

Строительство зданий для операторных осуществлялось с учетом того, что в них будет размещаться аппаратура, а впоследствии, распределенные системы управления. О человеческом же факторе, то есть о людях, которые будут располагаться в здании, думали в последнюю очередь. Операторам приходилось «подстраиваться» под спроектированный дизайн здания. Зачастую в изначальном плане здания не предусмотрено помещения ни для кухни, ни для удобств.

Распределенные системы управления первого поколения располагались в помещениях, которые были построены 50 лет назад для старых панелей управления. В результате, мы имеем длинные, узкие операторные, забитые не оптимально установленным оборудованием, а также полное отсутствие свободного места и нормальных проходов. Такие операторные располагаются в поле и имеют резервные щиты управления (Рис. 1).

**Рис. 1: Операторные первого поколения**



*(Слева) Длинная, узкая операторная с плохим освещением, (Внизу) Стандартная панель управления: сложная, перегруженная информацией, но в целом вполне понятная.*

Операторные второго поколения часто характеризуются своей независимостью от полевого оборудования; как свидетельство этого, появляются первые объединенные операторные. Появление электронной аппаратуры позволило увеличить расстояние между полевыми приборами и операторными, тем не менее, решающим при проектировании операторных все равно остается слово инженера КИП.



Пульты управления представляли собой готовые изделия тех же поставщиков-производителей, что и распределенные системы управления. Это оборудование было очень громоздким, шумным и не отвечало современным эргономическим принципам. Как следствие этого, дополнительное оборудование – аварийная сигнализация, телефоны, система оповещения (громкой связи) и компьютеры с трудом помещались в операторной.

Именно на этом этапе эволюции дизайна операторных зародилась мысль о том, что на работу оператора оказывают большое влияние такие факторы, как планировка помещения, интерфейс управления, здание, в котором располагается операторная.

С точки зрения человеческого фактора даже какие-то на первый взгляд незначительные моменты, связанные с условиями труда, могут мешать работе оператора. Такие проблемы со здоровьем, как головная боль, усталость глаз и проблемы со сном зачастую связаны с плохим освещением, недостаточным контролем температуры и влажности в помещении, плохими условиями воздушной среды и состоянием всего здания.

Положение оператора ухудшается еще и плохой планировкой рабочего места, неудобством оборудования - пульта управления, клавиатуры, стула, шумом. Плохим условиям для работы также способствует чрезмерный шум работы вентиляторов, системы сигнализации, громкоговорителя и радиосвязи.

Ко всем этим негативным факторам прибавляется еще и плохо спроектированные системы управления. Многие системы перегружены различной информацией и поступающими сообщениями, что усложняет работу оператора по обнаружению, диагностике и исправлению возникающих неисправностей. Эти сообщения содержат много неважной информации о

незначительных отклонениях и неисправностях, в массе которых теряются более критические неисправности. Кроме этого, пользовательский интерфейс неудобен для обнаружения изменений и серьезных отклонений, из-за неудобной навигации оператору приходится тратить много драгоценного времени, переключая изображения на экране в поисках критических значений данных.

### **Монофункциональность**

Рабочая станция часто проектируется для выполнения какой-то одной конкретной цели – связи с распределенной системой управления – и не может использоваться, например, для написания отчетов или обучения. Аналогичным образом зачастую имеющиеся помещения для хранения руководств и средств связи оказываются недостаточными или неподходящими. К другим проблемам, связанным с условиями труда, относятся сломанные стулья, мебель, не рассчитанная на круглосуточное использование и отсутствие предусмотренных по плану помещений для отдыха операторов. Изобретательные операторы умудряются найти возможность каким-нибудь образом отдохнуть или сделать гимнастику, однако, в целом, при проектировании операторных производственных нужды оператора принимаются во внимание очень редко (Рис. 4).

Другая проблема работы операторов связана со всевозможными отвлечениями. Отвлечь может что угодно: снующие туда сюда люди, скопление в операторной посторонних людей, постоянные звонки по телефону, шум работающего оборудования, хлопанье дверей, звуковая сигнализация, разговоры других операторов по радио и т.п. Данный список можно было бы продолжить, но главное понимать, что отвлечения от выполняемой работы не способствуют качеству ее выполнения и могут привести к ошибкам.

### **Человеку свойственно ошибаться**

Ошибки, допускаемые людьми, приводящие к авариям типа Texaco Pembroke incident<sup>1</sup>, доказали необходимость пересмотра методов проектирования и строительства операторных в перерабатывающей промышленности. Органы стандартизации также начали выпускать руководства и методологические указания по проектированию зданий. Было признано, что ко многим системам, устанавливаемым в операторной, необходим подход с точки зрения человеческого фактора, т.е. поход к проектированию, ориентированный на пользователя (user-centered design approach) (Рис. 2). Так, в ISO 11064, часть 1 «Эргономические принципы проектирования центров управления» зафиксировано:

«Объединение человека и машины с точки зрения организации и условий труда, должно рассматриваться как необходимость оптимизации всей системы. Данная оптимизация состоит в разработке решений, по максимуму использующих взаимодополняющие и согласующиеся возможности как машины, так и человека. Человек, машина (программное и техническое обеспечение), рабочая обстановка, управление (контроль и управление) должны гармонично

---

<sup>1</sup> Texaco Pembroke Incident: взрыв и пожар на заводе Pembroke Cracking Company в Техасе произошел 24 июля 1994. Блок перегонки сырья, поставляемого на установки завода Pembroke Cracking Company (PCC), вышел из строя из-за возникшего на нем пожара. Пожар возник по причине забастовки рабочих. Однако причиной взрыва, произошедшего через 5 часов, был целый ряд ошибок в системе менеджмента и управления, работе оборудования, возникших во время сбоя установки. ... Были выявлены 4 причины возникновения аварии. Причина №3: графическое представление пульта управления не содержало необходимого вида процесса. При возникновении аварийной ситуации чрезмерное количество сообщений о неисправностях привело к снижению эффективности корректирующих действий оператора. Стандарты и ссылки, связанные с данной аварией (проектирование операторных: планировка, человеческий фактор, вопросы эргономики): <http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/techmeascontrol.htm>  
Полный отчет о происшедшей аварии: <http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/casetexaco94.htm>

дополнять друг друга на всех стадиях процесса проектирования, разработки концепции, сборки, монтажа, строительства, пусконаладки, обучения пользователя и функционирования системы».

**Рис. 2: Проектирование, ориентированное на пользователя**



*Операторные будущего. Эскиз Гален Кранц, Архитектурный факультет университета Калифорнии, соответствие требованиям ISO 11064 Руководство по проектированию рабочих станций, требования к планировке помещений и размещению мониторов.*

Во всем мире стали строить новые здания для операторных, которые даже в случае самой серьезной аварии выстоят и защитят тех, кто окажется внутри здания. Кроме этого, с учетом тенденции к централизации, с увеличением средств дистанционного управления, и как следствие, степени мобильности при строительстве зданий, наблюдается тенденция размещать операторов и других специалистов в безопасной зоне, за пределами взрывоопасной зоны. Американский нефтяной институт выпустил «Руководящие принципы по аварийным ситуациям, связанным с размещением заводских корпусов. Практические рекомендации 752», в которых содержатся рекомендации по расположению зданий и размещению персонала. Однако данные рекомендации не являются юридическим требованием и зачастую по финансовым соображениям не учитываются при проектировании новых зданий.

### **Шаги по оптимизации проектирования**

В ISO 11064 сформулирована основная методология организации проектирования операторных, однако следует отметить, что стандарт не учитывает многие системы проектирования условий труда, необходимые для обеспечения безопасности жизнедеятельности операторов.

Стандарты полезны с той точки зрения, что они помогают проектировщику осознать то, как следует использовать пространство, какова оптимальная планировка рабочей станции, а также понять роль других систем, таких как: удаленные рабочие станции. Данная методология предполагает активное участие и активную творческую деятельность проектировщика на основании изложенных в ней принципов.

До начала проектирования должен быть решен ряд важных вопросов. Впоследствии в процессе проектирования разработчик зачастую вынужден вносить изменения, такие как изменение числа пультов управления, модификации распределенной системы управления, изменение технологии, изменение функциональных возможностей программного обеспечения и пользовательского интерфейса, корректировка предыдущего проекта, внедрение новейших достижений в области управления, технологических процессов, усовершенствование системы менеджмента.

### **Шаг 1 : Определение основных пользователей**

Точное определение числа операторов зависит от новых подходов к определению иерархии персонала. Большинство ранее разработанных планов операторных предусматривало большее число операторов, чем это было необходимо или создавало условия неравной загруженности операторов. Необходимо также знать обязанности каждого оператора, для того чтобы определить

объем работ оператора (количество пультов управления). Число операторов также зависит от таких организационных моментов, как необходимость обучения.

### **Шаг 2 : Определение спецификации человеко-машинного интерфейса (HMI)**

После того как число операторов пульта управления определено, необходимо определить характеристики системы человеко-машинного интерфейса (HMI).

Хотя на данном этапе достаточно сложно спроектировать HMI, однако можно подготовить общую спецификацию без указания какого-то конкретного поставщика, которая бы включала стратегию навигации, просмотра графических изображений, эскиз пульта (клавиатуры) и количество экранов на одном пульте. Рекомендации по составлению описания HMI изложены в документе «Методические рекомендации по проектированию человеко-машинного интерфейса», выпущенным EEMUA 201 (Ассоциация пользователей инженерного оборудования и материалов).

На данном этапе может быть также разработано руководство по графическому стилю. При этом потребуется активное участие специалистов-человекотехников, которые должны сформулировать основные требования к принимаемым решениям. Необходимо решить вопросы типа: «Какого цвета должен быть фон экрана – светло серый или традиционный – черный?» Ответ на этот вопрос важен для проектирования освещения помещения, поскольку очень важно избежать бликов на экране дисплея. Последнее решение, которое следует принять на данном этапе, - имеются ли в проекте большие удаленные станции, системы безопасности, системы связи, стационарные панели и т.п.

### **Шаг 3 : Определение требований к пультам управления**

Имея данные по рабочему персоналу и оборудованию, проектировщик может определить требования к пультам управления. Пульт управления – это одна из основных систем, требующих при проектировании особого внимания с точки зрения эргономики (условий труда). Компании, занимающиеся созданием новых зданий и помещений управления, должны определить для себя, какие средства они готовы потратить на пульта управления. Они могут выбрать использование готовых пультов, производимых поставщиками КИП, готовой офисной мебели или использование для пультов управления готовой мебели, разработанной специально для операторных.

Только одно из предложенных выше решений соответствует международным эргономическим требованиям. Учитывая физические, анатомические, физиологические и поведенческие свойства человека, при проектировании необходимо сделать все возможное для того, чтобы создать нормальные условия труда и удачную планировку рабочего места, способствующую хорошей рабочей позе, нормальной видимости и т.п. В настоящее время в США не существует специального контроля за учетом человеческого фактора, однако регулятивные органы работают над созданием соответствующих стандартов, поскольку ежегодные затраты, вызванные стрессами и усталостью персонала, работающего посменно, составляют более 77 млрд.

### **Шаг 4 : Определение планировки расположения пультов управления**

После того как стало известно число пультов управления в операторной, требования по габаритам и оборудованию, необходимо на основании связи и взаимодействия между устройствами определить расположение пультов управления в операторной. Для этого необходимо изучить взаимосвязи отдельных процессов и определить общие установки (водоснабжение и т.п.), которые могут вызвать «эффект домино» (выход из строя этой установки повлечет сбой всех процессов и установок). Размещение операторов пультов управления по близости может, хотя и не гарантированно, улучшить существующие связи и взаимодействие.

В стандарте ISO 11064, часть 3 «Планировка операторных» содержится руководство по группировке рабочих станций, требованиям к расположению (расстояния и т.п.) видеомониторов для оптимальной видимости.

Данный вопрос для промышленных операторных пока еще не разработан. Последние исследования показали, что стремление установить в операторных стандартные столы и стулья неверно, поскольку при этом не учитывается различие в виде выполняемой работы, а также в том, каким образом люди справляются со стрессом и усталостью. Становится все более очевидно, что основным требованием и принципом должна быть гибкость. Возможность чувствовать себя более свободно - лечь или встать - являются хорошими аналогами традиционному сидению на стуле в согнутой позе. Как знать, каким станет проектирование пультов управления с введением большей свободы для операторов и даже возможности короткого отдыха и сна?

Наиболее важным при проектировании пультов управления является даже не соответствие эргономическим стандартам, а создание такого рабочего места, которое бы хорошо выглядело, уменьшало стресс и усталость оператора и делало его работу максимально эффективной.

Самым простым и наиболее экономным решением является установка стандартного готового оборудования от поставщиков КИП. Но спустя несколько лет регулятивные органы могут пресечь эту тактику и заставить пользователей установить более эргономическое оборудование, что может оказаться достаточно сложно, дорого и нежелательно. На реализацию этого обновления уйдет все, что было сэкономлено на изначальной установке более дешевого оборудования. При выборе оборудования для комплектации рабочего места Заказчик также должен учитывать ежегодные затраты, связанные с утомляемостью персонала, работающего посменно, а также влияние человеческих ошибок на прибыльность компании. То, что на первый взгляд кажется довольно экономным и выгодным решением, в реальности может оказаться весьма неудачным вложением денежных средств.

### Шаг 5 : Определение дополнительных требований

Следующим шагом является определение не основного персонала, расположенного на территории помещений управления. Это могут быть инженеры, диспетчера и другие специалисты, в частности, проводящие обучение. Должны быть решены вопросы типа: должно ли производиться обучение персонала в том же здании или его можно перенести в другое место? После того как все эти вопросы будут решены, можно точно определить требования к помещению операторной.

### Шаг 6 : Определение габаритов операторной

Согласно требованиям ISO 11064, данный этап подразумевает работу с пользователями по определению параметров операторной, таких как: необходимое пространство, его использование и требования к смежным помещениям (предпочтения). На этом этапе проектировщики должны определить эргономические требования по каждому помещению в здании. Должны быть оговорены вопросы освещения, уровня шума, звукоизоляции, параметры окон, стен, потолка (Рис.3).



**Рис. 3: Фактический план**

*Стандарты ISO требуют, чтобы проектировщики определяли параметры операторных совместно с пользователями. При создании общего плана операторной должны учитываться такие параметры как освещение, уровень шума, звукоизоляция и т.п. Все это должно позволить операторам и другим специалистам выполнять свою работу качественно, надежно и безопасно.*

### Шаг 7 : Технические требования

На данном этапе необходимо привлечение специалиста-разработчика операторных для уточнения таких вопросов, как отопление и вентиляция, циркуляция воздуха, специальное освещение, требования к электрооборудованию, трубам и средствам связи.

Международная ассоциация эргономики (IEA) определяет эргономику как «человеческий фактор, научную дисциплину, которая изучает взаимодействия людей и других элементов системы, это специальность, которая занимается применением теоретических положений, принципов, данных и методов к проектированию для оптимизации жизнедеятельности человека и функционирования всей системы». Именно это является требованием стандартов, как следствие этого необходимо проводить специальную подготовку инженеров КИП или при проектировании операторных нанимать специалистов по человекотехнике. Ведь речь идет уже не о простой панели приборов.

В уставе Ассоциации по эргономике мы читаем далее: «Человекотехники помогают спроецировать и оценить производимые работы, продукцию, окружающие условия и системы с точки зрения их соответствия человеческим свойства и потребностям».

То есть мы имеем дело с вопросом приоритетов. В операторных важны люди, а не оборудование. На сайте Ассоциации по эргономике ([www.iea.cc/ergonomics](http://www.iea.cc/ergonomics)) мы находим следующий спектр и описание отраслей эргономики: «Физическая эргономика изучает антропологические, физиологические и биомеханические свойства человека в их соотношении с физической деятельностью. (Связанные темы: позы при работе, движения, планировка рабочего места, меры безопасности и здоровье, мышечные и скелетные заболевания, связанные с неправильными условиями труда)».

Для проектирования пульта управления необходимы специальные знания. Эту работу не могут выполнить инженер КИП или архитектор. «Когнитивная эргономика изучает ментальные процессы: восприятие, память, мышление, двигательные реакции – и их роль во взаимодействии человека с другими элементами системы. (Связанные темы: умственная нагрузка, принятие решений, квалифицированный труд, человекомашинное взаимодействие, качество и надежность работы, стрессы и обучение – все, что может иметь отношение к проектированию человекомашинных систем)».

В процессе проектирования таких систем как система сигнализации, человекомашинного интерфейса, а также отбора специалистов, их обучения и контроля их нагруженности потребуются новые навыки, которые не использовались на предыдущих проектах, но которые дадут новые возможности, создадут новые преимущества и позволят основать абсолютно новую культуру и возможности для дальнейшего развития бизнеса.

«Организационная эргономика занимается оптимизацией социотехнических систем, в частности, их структуры, организации принятия решения и процессов», - читаем мы на сайте Ассоциации по эргономике.

По мере того как мы будем изменять культуру, организацию, подход к персоналу, используемые технологии и системы управления, спонсоры смогут увидеть, что мы действительно переживаем смену парадигмы. Старый способ проектирования и строительства операторных ушел в прошлое, уступив место новой парадигме. Правильным шагом является переход на эту новую парадигму.

***Ян Ниммо является президентом и основателем Центра проектирования, ориентированного на пользователя, членом дочернего объединения ASM и поставщиком услуг. Джон***

## **Проектирование операторных с учетом человеческого фактора**

---

*Москателли является партнером-распорядителем Центра проектирования, ориентированного на пользователя. По всем вопросам обращаться к г-ну Ниммо: [inimmo@mycontrolroom.com](mailto:inimmo@mycontrolroom.com).*

Оформить бесплатную подписку на ежемесячное электронное издание журнала “Control Global” Вы можете по адресу: <http://www.ameda.com/cont/>