

Ergonomic principles technology distribution functions between the user and means of automation in internal affairs

Stahno R.¹, Alekseev S.² (Russian Federation)

Эргономические принципы технологии распределения функций между пользователем и средствами автоматизации в органах внутренних дел

Стахно Р. Е.¹, Алексеев С. А.² (Российская Федерация)

¹Стахно Роман Евгеньевич / Stahno Roman - кандидат технических наук;

²Алексеев Сергей Алексеевич / Alekseev Sergey - доктор технических наук, кафедра математики и информатики,

Санкт-Петербургский университет МВД России, г. Санкт-Петербург

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы эргономического обеспечения проектирования автоматизированных рабочих мест (АРМ). Рациональное распределение (и согласования) функций между пользователем и средствами автоматизации АРМ.

Abstract: in the article reviewed the questions provide ergonomic design of workstations (AWS). Rational distribution (and coordination) functions between the user and automation tools of workstation (AWS).

Ключевые слова: проектирование, интегрированная АСУ, автоматизация, управление.

Keywords: projecting, integrated ACS (automatic control system), automation, control.

Из всех вопросов эргономического обеспечения проектирования АРМ наиболее важным является вопрос рационального распределения (и согласования) функций между пользователем и средствами автоматизации АРМ. Именно поэтому этот вопрос является исходным при обосновании эргономического облика АРМ, уровня его автоматизации и должен решаться на самых ранних стадиях проектирования.

Необходимо уточнить понятие «упрощение» операций, как для пользователя, так и для средств автоматизации АРМ. Возможные пути «упрощения» операций следующие:

- снижение требований к безошибочности и быстрдействию пользователя (средств автоматизации) по выполнению операции;

- упрощение содержания операции;

- перестановка операций в алгоритме деятельности пользователя (работы средств автоматизации);

- выделение операций, которые смогут выполнять специально создаваемые средства автоматизации;

- повышение требований к уровню квалификации (подготовки) пользователя, передача операции либо пользователю, либо средствам автоматизации, исходя из требований к процессам, средствам и условиям функционирования системы «пользователь - АРМ» и возможностей пользователя и средств автоматизации АРМ.

Основой для метода качественного (предварительного) распределения функций являются четыре базовых принципа [1, 2]:

1. принцип преимущественных возможностей пользователя или средств автоматизации АРМ;

2. принцип соответствия загрузки пользователя его возможностям;

3. принцип ответственности пользователя за результаты решения задачи управления функциональной подсистемой;

4. принцип мотивации пользователя на выполнение управляющих действий.

Может быть предложена балльная экспертная оценка реализации перечисленных принципов в ходе решения задачи распределения функций. 10 баллов - принцип реализован полностью, а имеющие место отклонения практически не влияют на успешность управления функциональной подсистемой. Оценка 6 баллов соответствует случаю некоторого снижения успешности решения задачи управления из-за неполной реализации принципа. Оценка 3 балла выставляется в том случае, если из-за ошибок в эргономическом обеспечении проектирования приняты эргономические решения, которые значительно снижают эффективность управления функциональной подсистемой. Если какой - либо из принципов вообще не рекомендуется без всякого обоснования, то выставляется оценка 0 баллов.

Так как принципы имеют неодинаковую значимость, необходимо использовать весовые коэффициенты $\alpha_1 = 0,4$; $\alpha_2 = 0,3$; $\alpha_3 = 0,2$; $\alpha_4 = 0,1$;

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1. \quad (1)$$

Итоговая экспертная оценка (аддитивная свертка) может быть вычислена по формуле

$$K_{p\phi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \alpha_i U_{ij}, \quad (2)$$

где $K_{рф}$ - степень эргономичности решения задачи эргономического обеспечения проектирования - «распределение функций»; U_{jj} - нормативный эргономический показатель по i -му принципу у j -го эксперта; $m = 4$ - число принципов; N - число экспертов, проводящих оценку решения задачи распределения функций. Следует считать, что, если $K_{рф} \geq 8$, то выбран рациональный вариант распределения.

Для оценки и выбора рационального варианта из ряда конкурирующих вариантов распределения функций может быть использован аналитический метод: обобщенный структурный метод функционально-структурной теории описания и оценки процессов функционирования человеко-машинных систем [2, 3, 4]. В результате применения названного метода можно получить согласованные оценки безошибочности и быстродействия реализации алгоритмов функционирования системы «пользователь - АРМ» по каждому из конкурирующих вариантов распределения функций, осуществленному в соответствии с приведенным алгоритмом оценки, и выбрать лучший с учетом установки деятельности пользователя АРМ конкретного назначения на безошибочность либо на быстродействие.

Следует подчеркнуть, что содержание разработанного алгоритма, как правило, будет корректироваться по результатам разработки информационной модели, интерфейса «пользователь - АРМ» и АРМ в целом.

Процесс разработки алгоритма функционирования должен быть реализован в **пять этапов** [3]:

На первом этапе осуществляется:

- составление перечня операций и действий, назначенных пользователю, и перечня операций, назначенных средствам автоматизации АРМ;
- анализ алгоритма функционирования, выполняющего подобные функции в прототипах;
- ориентировочная оценка требуемой эффективности выполнения алгоритма в целом и наиболее значительных операций и действий;
- форматирование варианта укрупненной схемы алгоритма функционирования на основе действий с указанием переходов, передачи управляющих воздействий от пользователя к внешним средствам деятельности и от них к пользователю.

На втором этапе осуществляется декомпозиция действий до уровня операций (включение тумблера, считывания информации со стрелочного индикатора и т. п.) и формирование варианта детализированной схемы алгоритма функционирования на уровне операций с указанием переходов, циклов.

Третий этап - этап оценки спроектированного алгоритма функционирования на основе исходных данных по безошибочности и быстродействию выполнения каждой операции с использованием выбранных соответствующих средств отображения информации, органов управления и средств вычислительной техники АРМ. При этом с использованием обобщенного структурного метода (ОСМ) могут быть получены значения следующих показателей:

- вероятности безошибочного выполнения алгоритма;
- математического ожидания времени выполнения алгоритма;
- дисперсии (среднего квадратического отклонения) времени выполнения алгоритма.

В зависимости от того удовлетворяют ли вычисленные значения показателей управления функциональной подсистемой, **на четвертом этапе** либо уточняются общие эргономические требования к параметрам выбранных средств отображения информации, органов управления и средств вычислительной техники и осуществляется переход к пятому этапу, либо, при неудовлетворительных значениях показателей, проводятся следующие мероприятия:

- замена средств отображения информации, органов управления и средств вычислительной техники на другие, имеющие более высокие временные и/или надежность характеристики;
- осуществляется профессиональный отбор и подготовка пользователей с более высокими скоростными и надежность характеристиками;
- проводится при возможности упрощение алгоритма функционирования за счет перегруппировки средств отображения информации и органов управления на лицевых панелях АРМ.

На пятом этапе должна быть оценена сложность алгоритма показателями:

- темповой напряженности, характеризующей соответствие требуемого для выполнения алгоритма функционирования времени (t_{zp}) располагаемому пользователем (t_{pac}) в ходе его реализации $A_t = t_{zp} / t_{pac}$, значение которого должно лежать $0,75 \leq A_t \leq 1,0$;

- логической сложности (A_n), зависящей от типа логических условий, реализуемых пользователем в ходе алгоритма функционирования, и рассчитываемая по формуле

$$A_n = \frac{1}{N_n} \sum_{i=1}^{n_n} \frac{m_{ni}^2}{m_i}, \quad (3)$$

где N_n - число операций в алгоритме функционирования,

n_n - число непрерывных групп логических условий,

m_{ni} - число логических условий в i -ой группе,

m_i - общее число операций и логических условий в i -ой группе, требуется, чтобы $A_i \leq 0,2$,
 - «стереотипности» алгоритма, оцениваемой по наличию в нем непрерывных последовательностей операций без логических условий

$$A_c = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{n_c} \frac{m_{ci}^2}{m_i}, \quad (4)$$

где N_c - число операций в алгоритме функционирования;

n_c - число групп, содержащих по одной непрерывной последовательности операций;

m_{ci} - число операций в i -ой группе;

m_i - общее число операций и логических условий в i -ой группе, требуется, чтобы $0,25 \leq A_c \leq 0,85$.

- загруженности пользователя, оценивающей относительное время выполнения им функции управления функциональной подсистемой в течение рабочего дня $A_3 = \frac{t_y}{t_d}$, где t_y - время выполнения функции управления, t_d - продолжительность рабочего дня, требуется, чтобы $0,5 \leq A_3 \leq 0,75$.

Сравнение конкурирующих вариантов разработанных алгоритмов функционирования может быть осуществлено с помощью группового показателя $A = \frac{A_1 \cdot A_2}{A_c}$, приемлемое значение которого $0,25 \leq A \leq 0,35$.

Различия в полученных оценках безошибочности, быстродействия, зависящих от темповой напряженности, логической сложности, стереотипности алгоритма функционирования и загруженности пользователя, приводят к различным видам алгоритмов функционирования:

1. алгоритмы функционирования, в которых ошибочные и/или несвоевременные действия пользователя не приводят к срыву или к снижению эффективности управления функциональной подсистемой, поскольку у пользователя есть достаточный резерв времени на контроль правильности выполнения алгоритма функционирования;

2. алгоритмы функционирования, в которых ошибочные и/или несвоевременные действия пользователя приводят к снижению эффективности управления функциональной подсистемой, поскольку у пользователя есть минимальный резерв времени для контроля правильности выполнения лишь части наиболее важных действий, входящих в алгоритм функционирования;

3. алгоритмы функционирования, в которых неправильные и/или несвоевременные действия пользователя приводят к срыву управления функциональной подсистемой из-за возникшего дефицита времени на выполнение алгоритма функционирования;

4. алгоритмы функционирования, в которых неправильные и/или несвоевременные действия пользователя приводят к возникновению аварийных ситуаций в ходе управления функциональной подсистемой из-за острого дефицита времени на выполнение алгоритма функционирования.

Для того чтобы не возникали третий и четвертый варианты выполнения алгоритмов функционирования, необходимо удовлетворение следующим общим эргономическим требованиям [4, 5]:

1. алгоритм функционирования не должен требовать от пользователя АРМ одновременного запоминания более трех значений текущих параметров процесса управления функциональной подсистемой, а также содержать более трех логических условий подряд;

2. алгоритм функционирования не должен предусматривать использование пользователем АРМ более двух органов управления одновременно;

3. в алгоритме функционирования должна быть исключена необходимость в вычислении или переводе в уме одних единиц измерения в другие и соблюдения временных интервалов без специального устройства (секундомера, реле времени и т. д.);

4. при выполнении алгоритма функционирования каждое управляющее действие пользователя (воздействие на органы управления) должно вызывать изменение в отображаемой на средствах отображения информации АРМ информационной модели;

5. алгоритм функционирования должен обеспечивать варианты работы пользователя по сокращенному алгоритму (исключения наименее важных операций или действий) при дефиците времени;

6. алгоритм функционирования должен обеспечивать по возможности равномерность поступления новой информации на информационную модель (или ее фрагменты) и примерное равенство числа управляющих воздействий для логически законченных участков алгоритма;

7. нельзя предъявлять пользователю информацию по двум информационным входам (анализаторам), если оба сообщения должны использоваться пользователем одновременно для реализации текущего участка алгоритма и если сообщения различаются по смысловому содержанию;

8. допускается предъявление пользователю АРМ информации одновременно по двум информационным входам, если одно сообщение дублирует другое по смысловому содержанию;

9. время ожидания ответа от средств автоматизации АРМ на запрос пользователя не должно превышать 1 с., в противном случае должна быть обеспечена достаточная продолжительность индикации экрана и/или ответа вплоть до реализации пользователем управляющих воздействий на органы управления;

10. последовательность восполнения пользователем АРМ действий по вводу-выводу информации должна быть слева - направо и сверху – вниз;

11. при разработке алгоритма функционирования должны быть предусмотрены операции функционального контроля пользователем правильности его выполнения и диагностического контроля исправности внешних средств его деятельности (средствах отображения информации, органах управления, средствах вычислительной техники).

Если значения показателей, характеризующих спроектированный алгоритм функционирования (с учетом приведенных рекомендаций), окажутся в пределах установленных норм, что должно быть отражено в техническом задании на проектирование АРМ, то можно приступать к разработке информационной модели и интерфейса «пользователь - средства вычислительной техники АРМ». Уточнение алгоритма функционирования может быть проведено только в ходе испытаний опытного образца АРМ или его функционального макета. В случае получения неудовлетворительных значений показателей необходимо выявлять причины и оценивать последствия, к которым они могут привести. В случае недопустимости таких последствий необходимо перерабатывать алгоритм функционирования, а, в крайнем случае, вновь перейти к этапу распределения функций.

Литература

1. *Алексеев С. А.* Технология эргономического обеспечения проектирования АРМ интегрированной автоматизированной системы управления / Известия вузов. Приборостроение, 2009 № 9. С. 6-11.
2. *Алексеев С. А., Стахно Р. Е., Гончар А. А.* Эргономический облик автоматизированного рабочего места территориальных органов внутренних дел // Проблемы современной науки и образования, 2016. № 7.
3. *Алексеев С. А.* Эргономические аспекты технологии распределения функций между пользователем и средствами автоматизации АРМ / Вестник развития науки и образования, 2009. №5С. 37-41.
4. *Алексеев С. А.* Технология проектирования функциональных подсистем интегрированной автоматизированной системы управления социальной организационно-технической системы / Экономика и управление, 2009. №10. С. 105-108.
5. *Зараковский Г. М.* Эргономика в вопросах и ответах: Материалы понятийной базы эргономики / Г. М. Зараковский, В. М. Мунипов, П. Я. Шлаен. Тверь: Энергоцентр, 1993.