

УДК 159.9 (303.732)

Н. А. Назаренко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Информационные системы – проблема формирования требований к оператору

*Проведен анализ особенностей задач по учету человеческого фактора, с которыми сталкивается разработчик сложных информационных систем повышенной ответственности. Выделена задача формирования требований к профессионально важным качествам операторов. Приведены основные последствия неправильного определения комплекса профессионально важных качеств оператора информационных систем повышенной ответственности. Рассмотрен традиционный подход к решению этой задачи и указаны его недостатки. Разработана процедура формирования профессионально важных качеств, основанная на всестороннем анализе имеющихся или возможных ситуаций, поступающих в информационную систему задач и особенностей пользовательского интерфейса подобных систем. Особенность представленной процедуры состоит в том, что она учитывает возможность возникновения противоречий в деятельности операторов. Данная методика легла в методическое обеспечение системы информационной поддержки разработчиков автоматизированных рабочих мест, в состав которых входят информационные системы повышенной ответственности, структура которой также представлена в настоящей статье.*

### **Эргономическое обеспечение проектирования, профессионально важные качества, требования к оператору, информационные системы повышенной ответственности, эффективность информационных систем, информационная поддержка разработчиков**

В настоящее время при разработке современных сложных информационных систем разработчики стараются максимально приспособить их к нуждам возможных пользователей для того, чтобы повысить эффективность их использования и комфортность деятельности пользователей. Особенно это касается современных информационных систем, в которых ошибка оператора может повлечь за собой возникновение аварийной ситуации или просто нанести достаточно большой ущерб. Такие информационные системы будем называть информационными системами повышенной ответственности (ИСПО). Очевидно, что таких систем достаточно много: это большинство систем в энергетике, всевозможные системы военного назначения, информационные управляющие системы на морских и воздушных судах и т. п. Всестороннее соблюдение требований эргономики в процессе разработки и проектирования ИСПО должно создать для оператора достаточно комфортные условия работы и предпосылки для эффективного выполнения возложенных на него задач. Тезис «простая кухарка сможет управлять государством» для таких систем, как ИСПО, совершенно неприменим, так как речь идет не о

простом управлении, а об управлении эффективным и безопасном, что в большинстве случаев далеко не одно и то же. Управление ИСПО осуществляется оператором, работающим на автоматизированном рабочем месте (АРМ), зачастую созданном специально под данный вид деятельности.

Однако следует заметить, что в разных странах подход к формированию требований к оператору, работающему с ИСПО, зачастую совершенно различен. Например, оператор блочного щита управления (БЩУ) АЭС в России должен иметь высшее образование (причем профильное), пройти дополнительную подготовку (1 год), а также стажировку на БЩУ, в то время как во Франции такой же оператор должен иметь среднее образование, а дополнительное обучение и стажировка занимают от одного до трех месяцев. Это обусловлено принципиально разными подходами к организации деятельности оператора и, следовательно, к выполняемым им функциям, а также к разрабатываемым для них ИСПО. Кроме того, «пакет требований» в РФ в значительной степени снижает профессиональную мобильность, тем самым сужая возможности поиска новых специалистов.

В соответствии с требованиями различных нормативных документов разработчики АРМ в процессе проектирования кроме общетехнических, информационных, организационных, технологических и других вопросов должны создать алгоритмы деятельности оператора, а также сформировать комплекс требований к оператору, или, иными словами, определить комплекс профессионально важных качеств (ПВК) будущего оператора (профиль оператора) для эффективного выполнения им своих рабочих задач. Эти две задачи, особенно вторая, совершенно непривычны для разработчика, но их правильное решение оказывает огромное влияние на эффективность функционирования ИСПО в целом. Необходимо заметить, что неправильное определение комплекса ПВК будущего оператора:

- влечет за собой угрозу нормальному функционированию ИСПО;

- снижает эффективность использования ИСПО;

- обуславливает непроизводительное расходование сил и средств, связанных с профессиональным отбором, обучением (подготовкой и переподготовкой операторов), в том числе с созданием тренажеров и методик обучения.

Это перечисление можно, конечно, значительно расширить.

Таким образом, возникает необходимость оказания информационной поддержки деятельности разработчиков современных АРМ ИСПО различного назначения при формировании требований к оператору и определении ПВК (профиля) оператора.

На сегодняшний день для построения набора ПВК специалиста наиболее эффективны подходы, изложенные в [1]–[3], в которых при формулировании требований к ПВК выделяются ПВК как необходимые для данного оператора, так и нежелательные (недопустимые) для конкретного вида деятельности. Авторами предложена специальная шкала для оценки степени положительного и отрицательного влияния отдельных ПВК специалиста на эффективность его деятельности при решении различных задач [2], [3]. Для конкретного вида деятельности с помощью экспертов определяется набор ПВК оператора, при этом каждое из ПВК оценивается по следующей шкале:

- +3 – ПВК для рассматриваемого вида деятельности обязательно;

- +2 – ПВК для рассматриваемого вида деятельности очень желательно;

- +1 – ПВК для рассматриваемого вида деятельности желательно;

- 0 – ПВК на выполнение рассматриваемого вида деятельности не влияет;

- 1 – ПВК для рассматриваемого вида деятельности нежелательно;

- 2 – ПВК для рассматриваемого вида деятельности очень нежелательно;

- 3 – ПВК для рассматриваемого вида деятельности совершенно (абсолютно) недопустимо.

В дальнейшем оценки комплексуются и разрабатывается эталон специалиста.

В действительности ИСПО многозадачны, поэтому проектировщики соответствующих АРМ ИСПО решают вопросы разработки требований к ПВК оператора следующим образом:

- по каждой из задач в соответствии с алгоритмом деятельности, адекватность которого для реальной деятельности оператора в большинстве случаев весьма проблематична, для всех операций в соответствии с [2] или [3] составляется перечень ПВК (обычно для ПВК, имеющих индекс –3 или +3, т. е. недопустимых и жизненно необходимых);

- реализуется прямое объединение сформированных ПВК (по отдельности) и, если полученные множества не пересекаются, т. е. отсутствуют прямые противоречия, то полученный результат считается профилем оператора.

В формализованном виде такой подход можно представить следующим образом:

- для каждой из решаемых на АРМ ИСПО задач ( $U_i, i = 1, 2, \dots, n$ ) составляется алгоритм деятельности оператора ( $A_i, i = 1, 2, \dots, n$ ), состоящий из набора отдельных операций ( $Q_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, l_i$ );

- каждой из выделенных операций ( $Q_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, l_i$ ) сопоставляется соответствующий набор ПВК – как необходимых для выполнения операции, так и безразличных, и недопустимых ( $W_{ij} = W_{ij}^+ \cup W_{ij}^0 \cup W_{ij}^-, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, l_i$ ).

При этом множества  $W_{ij}^+, W_{ij}^0, W_{ij}^-$ ,  $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, l_i$  попарно не пересекаются.

Ввиду большого количества разнородных задач при попытке формирования профиля прямым

объединением соответствующих ПВК  $W = W^+ \cup W^0 \cup W^-$ , где  $W^+ = \bigcup_{i,j} W_{ij}^+$ ,  $W^0 = \bigcup_{i,j} W_{ij}^0$ ,  $W^- = \bigcup_{i,j} W_{ij}^-$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $j = 1, 2, \dots, l_i$ , можно по-

лучить противоречивость, заключающуюся в том, что множества  $W^+$ ,  $W^0$ ,  $W^-$  не являются попарно несовместными, т. е. одно и то же ПВК для некоторых операций необходимо, а для других – недопустимо.

Изложенный подход, несмотря на его относительную простоту и удобство для разработчиков АРМ, в состав которых входят ИСПО, в ряде случаев может привести к тупиковой ситуации, т. е. к появлению во множествах положительных и отрицательных ПВК одних и тех же качеств, что в ряде случаев обусловлено недостаточной квалификацией разработчиков в данной предметной области.

Кроме того, этот подход совершенно не учитывает возможности возникновения непредвиденных ситуаций, в которых решение задач может потребовать от оператора ИСПО выполнения операций (действий) и, следовательно, наличия соответствующих ПВК, которые ранее были отнесены к категории нежелательных.

Наилучшим выходом в сложившейся ситуации становится разработка системы информационной поддержки (СИП) – автоматизированного модуля, который может осуществлять информа-

ционную поддержку разработчиков АРМ в части определения требований к ПВК операторов.

В состав СИП кроме блоков ввода/вывода информации, аналитики, построения ПВК и администрирования обязательно должны быть включены следующие базы данных:

- база данных о задачах, которые должны решать операторы;
- база данных, содержащая всевозможные ПВК операторов (на уровне перечня);
- база условий деятельности оператора.

Структурная схема СИП представлена на рис. 1.

Ключевым элементом такой СИП являются алгоритмы построения ПВК операторов, которые должны основываться на формальной модели, отражающей, с одной стороны, различные аспекты деятельности оператора, а с другой стороны, изменяющуюся внешнюю среду: различные возникающие ситуации, поток возможных задач, возникающих перед оператором, и их характеристики (важность, интенсивность, ресурсоемкость и др.) и т. д.

При этом на различных этапах создания ИСПО информация о перечне ситуаций и составе специфических задач, решаемых оператором в процессе своей профессиональной деятельности, а также о возможных аварийных ситуациях уточняется от этапа к этапу и требования к ПВК оператора ИСПО формируются итеративно.

Для правильного определения ПВК оператора необходим всесторонний анализ имеющихся (воз-

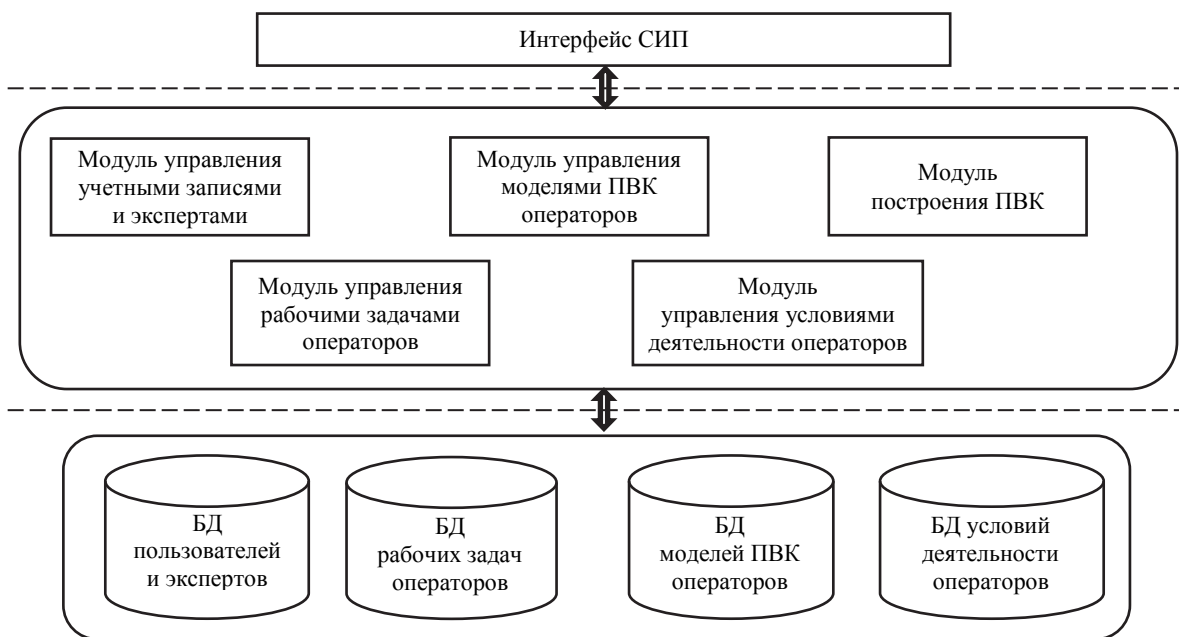


Рис. 1

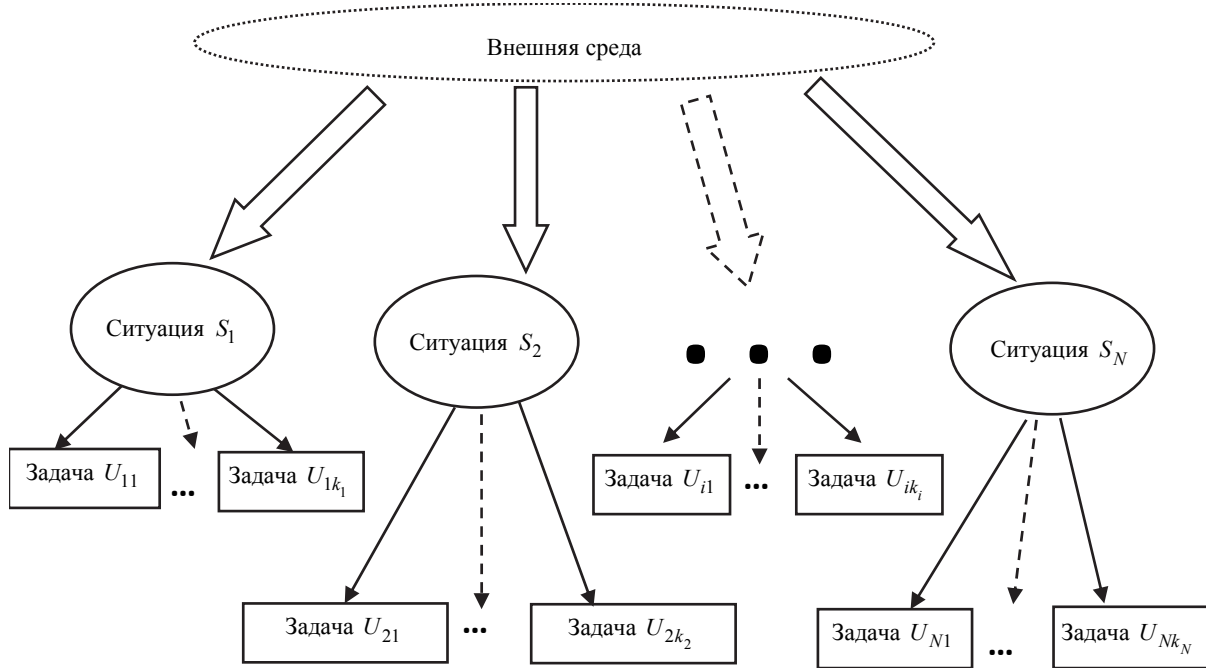


Рис. 2

можных) ситуаций и поступающих в ИСПО задач, а также особенностей пользовательского интерфейса ИСПО [4].

На основании результатов анализа и необходимых требований к процессу принятия решений (реализации этих решений с помощью АРМ) могут быть сформулированы требования к оператору.

Рассмотрим процедуру формирования комплекса ПВК оператора (профиля) на этапе эскизного проекта (рис. 2).

Будем полагать, что нам известны, хотя бы ориентировочно:

- перечень возникающих ситуаций:  $S_i, i = 1, 2, \dots, N$ ;
- перечни (типы) задач, которые необходимо будет решать в каждой из предполагаемых ситуаций:  $U_{ij}, i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, k_i$ .

Процедура реализуется в несколько этапов.

*Этап 1.* Для задач типа  $U_{ij}, i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, k_i$  в соответствии с [2] и [3] формируем набор множеств  $\bar{W}_{ij} = \{W_{ij}^{+3}, W_{ij}^{+2}, W_{ij}^{+1}, W_{ij}^0, W_{ij}^{-1}, W_{ij}^{-2}, W_{ij}^{-3}\}, i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, k_i$ .

В результате этого этапа получаем некоторый «микропрофиль» оператора, обеспечивающий решение конкретной задачи. При этом будем полагать, что все множества из набора  $\bar{W}_{ij}$  попарно не пересекаются.

*Этап 2.* Для каждой ситуации  $S_i, i = 1, 2, \dots, N$  формируем аналогичный набор множеств

$$\bar{W}_i = \{W_i^{+3}, W_i^{+2}, W_i^{+1}, W_i^0, W_i^{-1}, W_i^{-2}, W_i^{-3}\},$$

где  $\bar{W}_i^Z = \bigcup_{j=1}^{l_i} W_{ij}^Z, i = 1, 2, \dots, N, Z = +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3$ .

Эти множества будем называть ситуационными ПВК.

*Этап 3.* Корректировка множеств ситуационных ПВК.

3.1. Попадание ПВК в множества одного знака.

Рассмотрим случай, когда некоторое ПВК на этапе 1 для задачи  $U_{ij}$  попало в множество  $W_{ij}^Z$ , а для задачи  $U_{ik}$  – в множество  $W_{ik}^V$ . При этом предполагаем, что  $Z$  и  $V$  имеют один знак, но выполняется неравенство  $|Z| > |V|$ . В этом случае наблюдается пересечение соответствующих множеств  $\bar{W}_i^Z$  и  $\bar{W}_i^V$ . Для того чтобы этого избежать, сформулируем правило поглощения: если некоторое ПВК попало одновременно в два множества  $\bar{W}_i^Z, \bar{W}_i^V$  и при этом выполняются условия  $|Z| > |V|, ZV > 0$ , то относим это ПВК только к множеству  $\bar{W}_i^Z$ , убирая из множества  $\bar{W}_i^V$ . Таким образом получаем, что если некоторое ПВК попада-

ет в несколько различных множеств (одного знака), то после процедуры поглощения оно остается только в «более сильном».

### 3.2. Анализ «нулевого» множества.

3.2.1. Элемент (ПВК) из множества  $\overline{W}_i^0$  присутствует также в каком-либо другом множестве  $\overline{W}_i^Z$ . В этом случае рассматриваемый элемент из множества  $\overline{W}_i^0$  не удаляем, а оставляем в обоих множествах.

3.2.2. Элемент (ПВК) из множества  $\overline{W}_i^0$  присутствует в нескольких множествах с разными знаками  $\overline{W}_i^Z$  и  $\overline{W}_i^V$ ,  $ZV < 0$  (частично противоположных). Тогда рассматриваемый элемент следует перенести в оба эти множества, удалив из множества  $\overline{W}_i^0$ .

#### Этап 4. Анализ противоречий.

Под противоречием в данном случае будем понимать факт, заключающийся в том, что некоторое ПВК ( $\alpha$ ) попало, в результате работы по этапам 1–3 в множества с противоположными знаками, т. е. выполняются соотношения  $\alpha \in \overline{W}_i^Z$ ,  $\alpha \in \overline{W}_i^V$ , и при этом  $ZV < 0$ .

4.1. Анализ реализуется последовательным поиском пересечений  $\alpha \in \overline{W}_i^Z$ ,  $\alpha \in \overline{W}_i^V$ , и при этом  $ZV < 0$ . Целесообразно осуществлять поиск противоречий (пересечений множеств с разными знаками) начиная с множества  $\overline{W}_i^{+3}$  и последовательного поиска пересечений его с множествами  $\overline{W}_i^{-3}$ ,  $\overline{W}_i^{-2}$  и  $\overline{W}_i^{-1}$ . Далее повторяем то же самое для множества  $\overline{W}_i^{+2}$ , а потом и для множества  $\overline{W}_i^{+1}$ . В результате получаем следующий набор множеств:

$$\omega_{iZV} = \overline{W}_i^Z \cap \overline{W}_i^V, Z = 1, 2, 3, V = -1, -2, -3.$$

Для различения степени противоречий введем следующие градации:  $\omega_{iZV} \neq \emptyset$ ,  $ZV = -9$  – «неустранимое»,  $\omega_{iZV} \neq \emptyset$ ,  $ZV = -6$  – «очень серьезное»,  $\omega_{iZV} \neq \emptyset$ ,  $ZV = -4$  или  $-3$  – «серьезное»,  $\omega_{iZV} \neq \emptyset$ ,  $ZV = -2$  – «небольшое»,  $\omega_{iZV} \neq \emptyset$ ,  $ZV = -1$  – «незначительное».

4.2. Если для всех  $Z = 1, 2, 3$ ,  $V = -1, -2, -3$  выполняется соотношение  $\omega_{iZV} = \overline{W}_i^Z \cap \overline{W}_i^V = \emptyset$ , то при формировании требований к ПВК для конкретной ситуации не было противоречий и, следовательно, для данной ситуации решение задачи формирования требований к ПВК оператора завершено.

Невыполнение соотношения  $\omega_{iZV} = \overline{W}_i^Z \cap \overline{W}_i^V = \emptyset$ ,  $Z = 1, 2, 3$ ,  $V = -1, -2, -3$  означает наличие противоречий в требованиях, предъявляемых к ПВК оператора.

4.3. Имеются неустранимые и/или очень серьезные противоречия, т. е.  $\exists Z, V: \omega_{iZV} \neq \emptyset$ ,  $ZV = (-9) \vee (-6)$ .

Наличие неустранимых и/или очень серьезных противоречий указывает на то, что или задачи, которые должен решать оператор в данной ситуации, поняты не совсем правильно и, следовательно, к ПВК оператора предъявляются очень жесткие (противоречивые) требования, или же некоторые задачи, возникающие в рассматриваемой ситуации, не могут быть выполнены одним оператором.

Следует заметить, что первая причина может быть устранена на следующем этапе проектирования (уточнение требований к ПВК оператора на этапе технического проекта), в то время как невозможность выполнения некоторых задач одним оператором может в значительной степени повлиять на численность операторов (для коллективного АРМ ИСПО).

4.4. Имеются серьезные противоречия, т. е.  $\exists Z, V: \omega_{iZV} \neq \emptyset$ ,  $ZV = (-4) \vee (-3)$ .

Наличие серьезных противоречий указывает на необходимость уточнения специфики выполнения некоторых задач, частоты их возникновения, необходимых ресурсов, а также возможности их коллективного выполнения. Это следует отметить в соответствующей документации.

4.5. Детальный анализ и устранение небольших ( $\omega_{iZV} \neq \emptyset$ ,  $ZV = -2$ ) и незначительных ( $\omega_{iZV} \neq \emptyset$ ,  $ZV = -1$ ) противоречий, которые нельзя устранить сразу же на основе уточнения известной информации, следует отнести к работам следующего этапа.

На этом работа по отдельным ситуациям завершена.



Этап 5. Получение комплексного набора требований к ПВК

5.1. По аналогии с этапом 2 формируем базовый набор требований к ПВК для оператора АРМ ИСПО по всем ситуациям. Получаем

$$\overline{\overline{W}} = \{ \overline{W}^{+3}, \overline{W}^{+2}, \overline{W}^{+1}, \overline{W}^0, \overline{W}^{-1}, \overline{W}^{-2}, \overline{W}^{-3} \},$$

где  $\overline{W}^Z = \bigcup_{i=1}^N \overline{W}_i^Z$ ,  $Z = +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3$

5.2. Для сформированного в п. 5.1 базового набора требований повторяем операции, аналогичные операциям, выполненным на этапе 3.

5.3. Анализ противоречий выполняется по аналогии с этапом 4.

После окончания всех этапов формируется документ, в котором:

– перечисляются требования к ПВК оператора АРМ ИСПО, не требующие особого внимания на следующих стадиях создания ИСПО с учетом их значимостей, т. е. те, по которым не выявлено никаких противоречий;

– требования к ПВК оператора, по которым имеются противоречия, требующие особого внимания на следующей стадии создания ИСПО.

Предложенный подход к процедуре формирования требований к ПВК оператора может быть положен в основу создания системы информационной поддержки деятельности разработчика ИСПО на стадиях эскизного и технического проектов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинченко Т. П., Фрумкин А. А. Автоматизированная система профессиональной психодиагностики. Психологические исследования. СПб.: Речь, 2008. 213 с.
2. Фрумкин А. А. Психологический отбор в профессиональной и образовательной деятельности. СПб.: Речь, 2004. 210 с.
3. Назаренко Н. А., Падерно П. И. Определение номенклатуры свойств и построение обобщенного психо-

логического портрета профессии (должности) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Информатика, управление и компьютерные технологии. 2006. Вып. 3. С. 107–110.

4. Назаренко Н. А., Леонов А. В., Шумская Д. Э. Методика определения профессионально важных качеств на основе особенностей пользовательского интерфейса АРМ // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2017. № 7. С. 38–45.

N. A. Nazarenko

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

## INFORMATION SYSTEMS – THE PROBLEM FORMATION OF REQUIREMENTS TO THE OPERATOR

*The analysis of the characteristics of the tasks of accounting for the human factor, faced by the developer of complex information systems increased responsibility. The task of forming the requirements for professionally important qualities of operators has been highlighted. The main consequences of the incorrect definition of the complex of professionally important qualities of the operator of information systems of increased responsibility are given. The traditional approach to solving this problem is considered and its shortcomings are indicated. A procedure has been developed for the formation of professionally important qualities based on a comprehensive analysis of the existing or possible situations that come to the information system of tasks and features of the user interface of such systems. A feature of the procedure presented is that it takes into account the possibility of contradictions in the activities of operators. This methodology has been laid down in the methodological support of the information support system for developers of automated workplaces, which include increased responsibility information systems, the structure of which is also presented in this article.*

**Ergonomic design support, professionally important qualities, requirements for operator, information systems increased responsibility, effectiveness of information systems, information support for developers**