

УДК 007.51:681.5

Н. А. Назаренко

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

Методика оценки субъективной удовлетворенности операторов пользовательским интерфейсом программного обеспечения АСУ

Предложена методика оценки субъективной удовлетворенности операторов пользовательским интерфейсом программного обеспечения автоматизированных систем управления (АСУ). Приведена модель показателей, влияющих на удовлетворенность оператора. Модель представлена как в графическом виде, так и с помощью кортежей. Детально рассмотрены все этапы работ, связанных с формированием репрезентативной группы для тестирования, подготовкой и проведением тестирования, а также обработкой полученных результатов. Проанализированы зависимости средней групповой ошибки и доли найденных проблем от количества экспертов и даны рекомендации по формированию репрезентативной выборки, опросу операторов и проведению юзабилити-тестирования. Представлены формулы для обработки результатов исследования и расчета оценок удовлетворенности. Предложенная модель и методика представляют собой методологический базис для создания системы информационной поддержки разработчиков АСУ, АСУТП (автоматизированная система управления технологическим процессом), АСУП (автоматизированная система управления предприятием) и комплексов различного назначения.

Автоматизированные системы управления, субъективная удовлетворенность операторов, юзабилити-тестирование, эксперты, удобство использования, пользовательский интерфейс, программное обеспечение

Эффективный пользовательский интерфейс (ПИ) должен обеспечивать всестороннее использование потенциальных возможностей оператора, технических и информационно-программных средств автоматизированных систем управления (АСУ), высокую безошибочность и быстродействие деятельности при применении системы по назначению. Кроме того, хорошо спроектированный ПИ должен обеспечивать максимальный комфорт оператора при выполнении им рабочих задач, в том числе не должен приводить к неоправданному повышению напряженности его деятельности, снижению уровня психофизиологических и психологических характеристик, необходимых для эффективного и комфортного выполнения профессиональной деятельности.

К показателям, влияющим на эргономическое качество ПИ, относится субъективная удовлетворенность оператора [1]. Данная характеристика – субъективная оценка пользователя его удовлетворенности или неудовлетворенности работой на рабочем месте. Это самый неоднозначный и трудно оцениваемый показатель.

В свою очередь, удовлетворение характеризует отношение оператора к использованию элементов АСУ и может оказывать влияние на такие свойства, как эффективность работы, легкость в освоении, напряженность, утомляемость и т. д.

Структура показателей, влияющих на удовлетворенность операторов, представлена на рис. 1 и формально может быть описана следующим множеством:

$$\{Q_{SS}\} = \{R, \{E\}, \{Q_{ES}\}, k_{EUT}\},$$

где R – надежности программного обеспечения (ПО); $\{E\} = \{k_{FW}, k_{AW}, k_{QW}, k_{CM}, k_{CS}, k_{FS}, k_{OI}\}$ – множество параметров, описывающих эффективность работы оператора с ПО: k_{FW} – безошибочность работы; k_{AW} – точность работы; k_{QW} – быстрота решения рабочих задач; k_{CM} – удобство управления, характеризует удобство использования управляющих элементов ПИ; k_{CS} – настраиваемость ПИ оператором, характеризует возможность и удобство настройки ПИ под нужды и предпочтения оператора; k_{FS} – функциональность

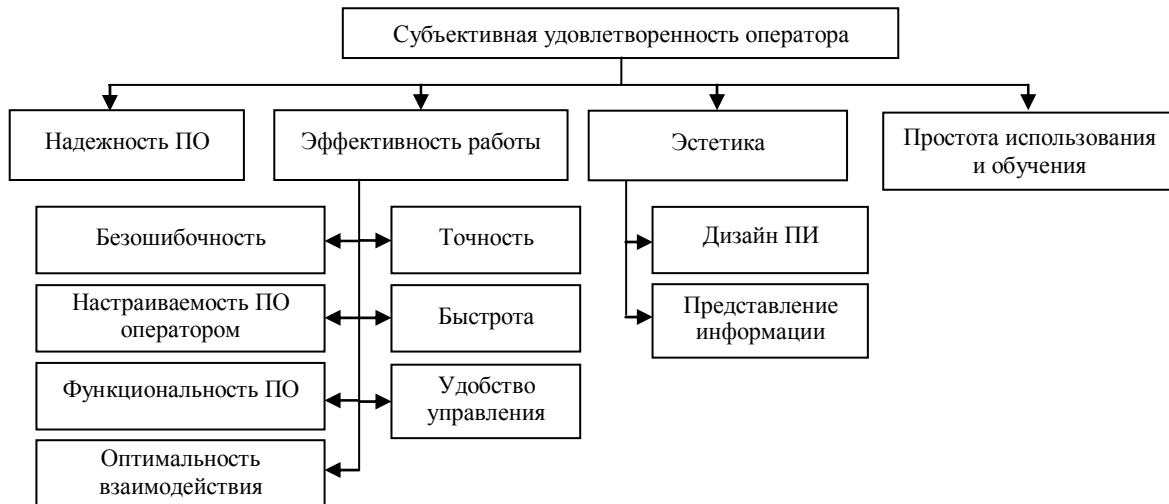


Рис. 1

ПО, характеризует полноту функционала ПО для решения рабочих задач; k_{OI} – оптимальность взаимодействия с ПИ, характеризует качество взаимодействия оператора с ПИ.

$\{Q_{ES}\} = \{k_{DS}, k_{ПИ}\}$ – множество параметров, описывающих эстетическое качество ПО: k_{DS} – коэффициент качества дизайна ПИ; $k_{ПИ}$ – коэффициент качества представления информации оператору. k_{EUT} – коэффициент простоты использования и обучения ПО, зависит от двух независимых друг от друга коэффициентов:

$$k_{EUT} = k_{EU}k_{Tr},$$

где k_{EU} – коэффициент простоты использования ПО, позволяет судить о том, насколько легко и просто использовать ПО для решения рабочих задач; k_{Tr} – коэффициент простоты обучения, показывающий, насколько легко и быстро можно освоить данное ПО.

Замечание: необходимо заметить, что параметр «Надежность ПО» здесь не количественная расчетная оценка надежности ПО, а субъективное восприятие пользователя о надежности ПО.

В связи с этим для проведения оценки субъективной удовлетворенности, в первую очередь, необходимо подобрать репрезентативную группу потенциальных пользователей исследуемой АСУ.

Наличие соответствующей группы потенциальных пользователей позволяет перейти непосредственно к тестированию пользовательского интерфейса и оценке удобства его использования.

Оценка субъективной удовлетворенности в общем случае осуществляется по следующему алгоритму:

1. Формирование репрезентативной группы для тестирования.
2. Подготовка к тестированию.
3. Непосредственное тестирование.
4. Обработка полученных результатов.

В результате анализа и обобщения существующих подходов к тестированию, подробно описанных в [2]–[6], предлагается алгоритм оценки, представленный на рис. 2.

Рассмотрим этапы работ более подробно.

Этап 1. Формирование репрезентативной группы. Этап заключается в выполнении последовательности шагов:

1. Изучение АСУ, производственного процесса и пользователей. На данном этапе исследуются цели и задачи разработки АСУ и спецификация производственного процесса. Изучение пользователей осуществляется путем опроса трех групп:

1. Реальные, действующие пользователи.
2. Потенциальные пользователи (студенты, курсанты, учащиеся техникумов или колледжей).
3. Преподаватели, бывшие пользователи с большим стажем работы на данных или аналогичных системах.

Соотношение опрашиваемых должно быть следующим: 40 % – реальные пользователи, 40 % – потенциальные, 20 % – преподаватели.

В результате исследования пользователей получаем следующую информацию:

- лично-демографические характеристики;
- знания, умения и навыки, необходимые для работы;
- рабочие задачи и алгоритмы их решения.

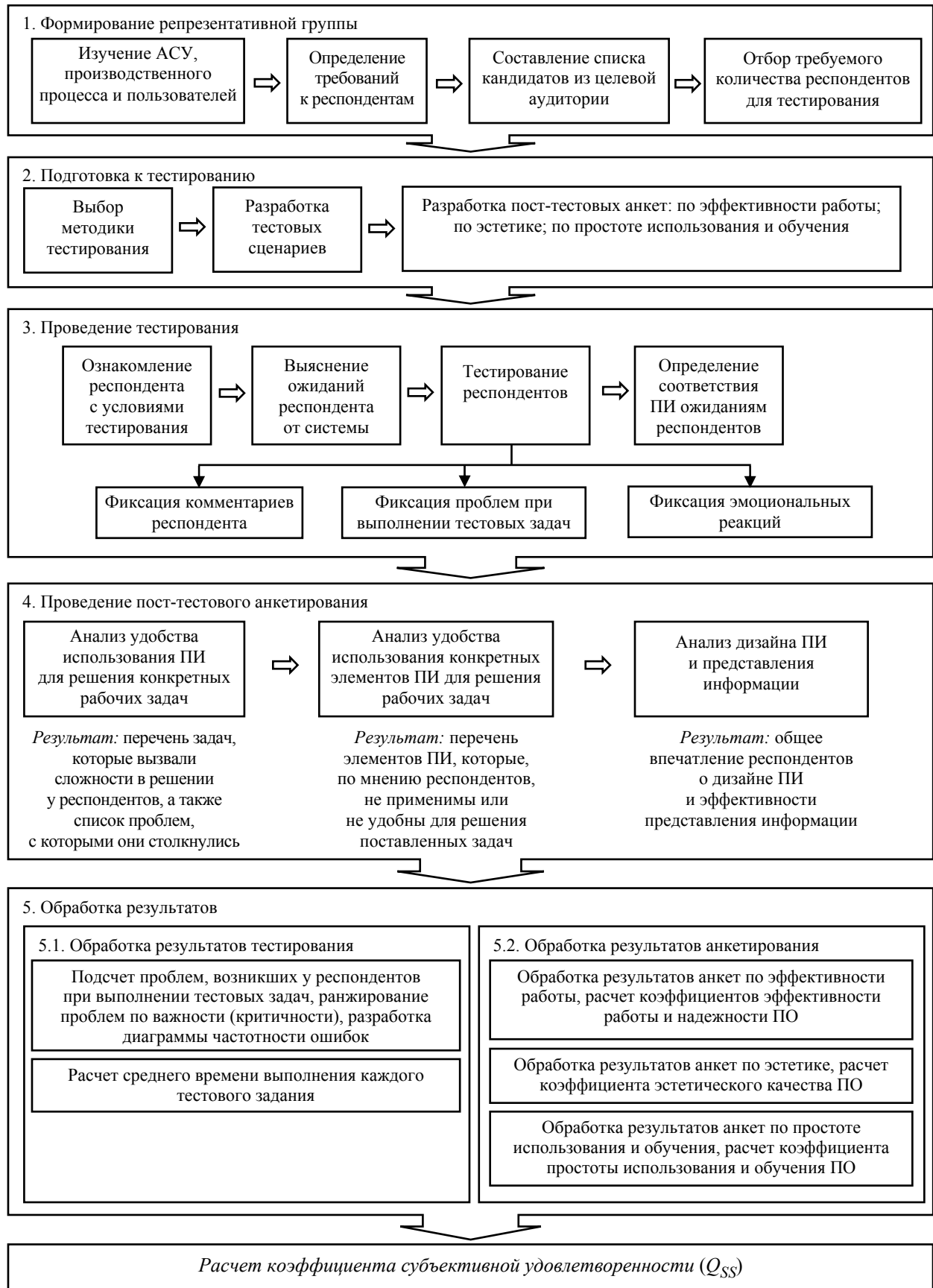


Рис. 2

2. Определение требований к респондентам. Определение требований к респондентам осуществляется на основе анализа результатов исследования целей и задач использования АСУ, производственного процесса и пользователей. Исходя из результатов анализа определяются следующие основные требования:

а) *Пол и возраст:* соотношение мужчин к женщинам должно быть таким же, как в группах реальных и потенциальных пользователей. По возрасту должно соблюдаться следующее соотношение: 40 % респондентов должны иметь возраст действующих пользователей системы, 40 % – потенциальных пользователей, а оставшиеся 20 % – преподавателей (на них можно определить большее количество проблем).

б) *Физиологические, антропометрические, психологические и психофизиологические характеристики:* респонденты должны удовлетворять основным профессионально-важным качествам.

в) *Уровень эмоциональной открытости респондентов:* чем более скован респондент, тем меньше он способен выразить субъективное отношение к удобству использования ПИ.

г) *Опыт работы с системой:* если исследуется ПИ существующей системы, то половина респондентов должна иметь опыт работы с ней (на них определяются проблемы переучивания при внедрении), а половина – нет (на них определяется скорость обучения). Если существуют аналогичные системы, то пропорция следующая: треть – действующие пользователи с опытом работы на данной системе, другая треть – с опытом использования аналогов (преподаватели), оставшиеся – потенциальные пользователи без опыта работы с системой [7].

д) *Уровень компьютерной грамотности:* должен совпадать с опытом целевой аудитории, у трех четвертей респондентов и низкий уровень – у оставшейся четверти (на ней можно определить большее количество проблем).

Уровень компьютерной грамотности определяется по следующей шкале [7]:

Высокий. Респондент имеет компьютер на работе и дома, большая часть трудовой деятельности выполняется на компьютере или мобильных устройствах, респондент самостоятельно использует компьютер (мобильные устройства) как средство саморазвития, активно пользуется сер-

висами в Интернете (например, регулярно покупает товары и услуги в онлайн-магазинах).

Выше среднего. Респондент имеет компьютер на работе и дома, большая часть трудовой деятельности выполняется на компьютере или мобильных устройствах, но респондент не использует компьютер (мобильные устройства) для решения задач, выходящих за пределы его основной деятельности (работает на компьютере (мобильных устройствах) «от звонка до звонка» и не больше).

Средний. Работа с компьютером (мобильными устройствами) является частью обычной (трудовой или личной) деятельности в течение двух лет или больше.

Низкий. Либо на работе, либо дома есть компьютер (мобильные устройства), но опыт работы с компьютером (мобильными устройствами) не превышает двух лет и он (они) не является значимым инструментом в работе.

Очень низкий. Опыт использования компьютера (мобильных устройств) sporadический, по длительности не превышает трех лет. Компьютер (мобильные устройства) не используется ни на работе, ни дома.

3. Составление списка кандидатов из целевой аудитории. Подбор кандидатов осуществляется не только по вышеперечисленным требованиям. Главным требованием – все респонденты, привлекаемые для тестирования, должны входить в целевую аудиторию разрабатываемой (модернизируемой) системы или аналогичных систем.

4. Отбор требуемого количества респондентов для тестирования. При определении количественного состава респондентов необходимо исходить из имеющихся бюджета и времени, а также требуемой точности. На рис. 3 представлен график зависимости средней групповой ошибки от количества экспертов, а на рис. 4 – зависимость доли найденных проблем от числа членов группы.

Как видно из рис. 3, 4, достаточно иметь в группе 11–15 респондентов, так как дальнейшее увеличение их числа практически не влияет на значение ошибки и количество найденных проблем, а следовательно, не целесообразно. При этом стоит отметить, что минимальное количество экспертов, при котором можно получить качественный результат, равняется пяти [5].

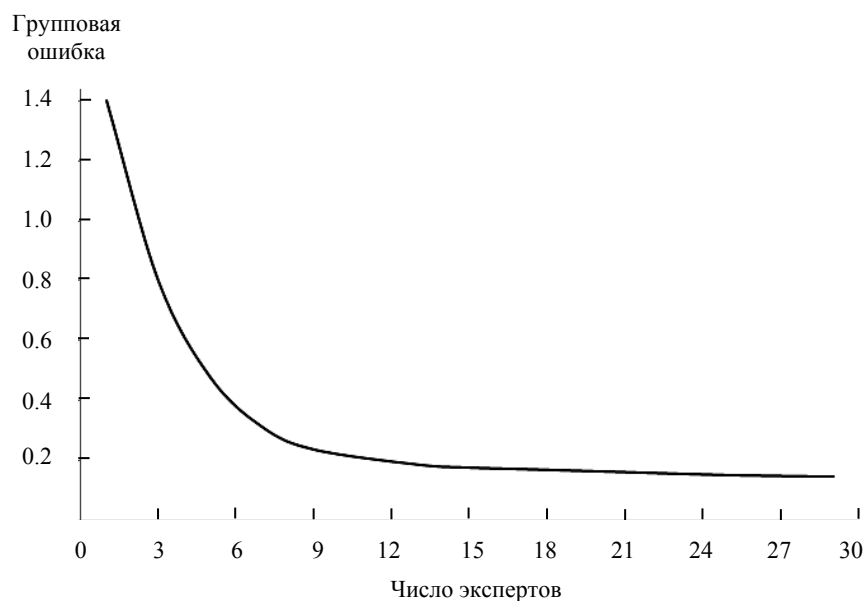


Рис. 3

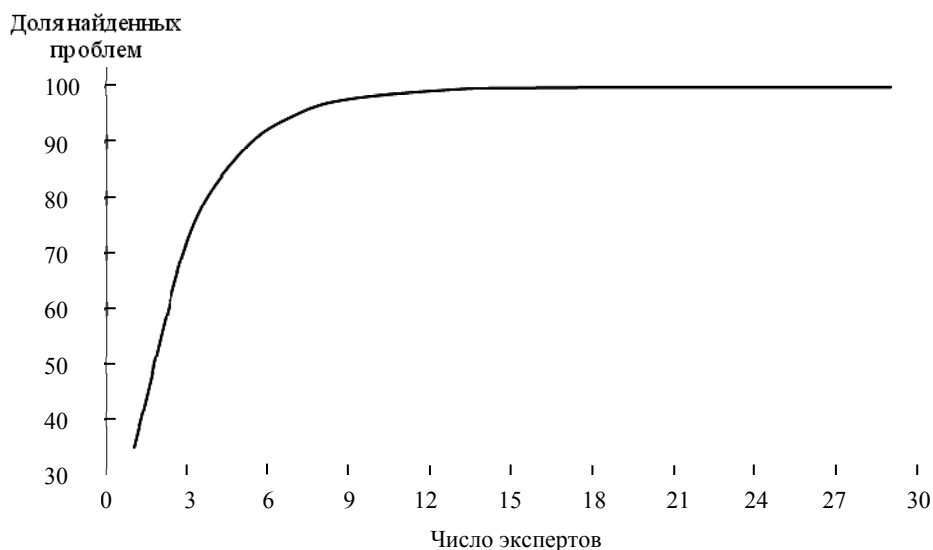


Рис. 4

Этап 2. Подготовка к тестированию. Так как оценка удовлетворенности может осуществляться двумя методами: анкетированием и наблюдением за эмоциональными реакциями пользователя, то на данном этапе необходима подготовка тестовых сценариев работы пользователя и разработка посттестовых анкет для проведения анкетирования.

1. Подготовка тестовых сценариев. Тестовые сценарии представляют собой совокупность пользовательских задач, решаемых на рабочем месте. Перечень задач формируется посредством анализа требований к исследуемой АСУ, проектной и конструкторской документации на систему, а также перечня задач, выявленных по результа-

там опроса пользователей. К сожалению, не всегда представляется возможным протестировать ПИ по всей совокупности задач, особенно если система многофункциональна и включает большое их количество. В соответствии с этим рекомендуется в состав тестовых сценариев включать наиболее важные задачи.

2. Разработка посттестовых анкет. Посттестовые анкеты разрабатываются для исключения неоднозначности формулировок вопросов, что облегчает обработку результатов анкетирования.

Для сокращения времени поиска проблем в ПИ, вызывающих неудовлетворенность работой у оператора, предлагается разработать анкеты трех типов для оценки:

– удобства использования ПИ для решения конкретных задач на рабочем месте;

– удобства использования конкретных элементов ПИ для решения рабочих задач;

– дизайна ПИ и представления информации.

Пользователю предлагается заполнить анкеты первого типа по каждой задаче (тестовому сценарию) в отдельности.

Анкеты второго типа разрабатываются с целью конкретизации и поиска проблемных элементов ПИ, обуславливающих неудовлетворенность работы пользователей.

Содержание анкет второго типа соответствует набору элементов ПИ, обеспечивающих решение каждой из функциональных задач, по которым получено отрицательное удовлетворение пользователей в результате анкетирования по анкетам первого типа.

Анкеты третьего типа направлены на оценку дизайна ПИ и качества представления информации в нем. Как показывает практика, субъективное удовлетворение пользователя обусловлено не только взаимодействием с отдельными элементами ПИ и трудностями при решении рабочих задач, но и общим внешним видом. Следует отметить, что особое внимание необходимо обратить на композиционные решения, цветовую гамму и представление информации, так как именно эти аспекты достаточно слабо регламентированы.

Этап 3. Проведение тестирования по разработанным сценариям. К основным методам, используемым при юзабилити-тестировании, относятся: пассивное наблюдение за выполнением тестовых заданий, протокол «мысли вслух» и активное вмешательство.

Для оценки субъективной удовлетворенности пользователей больше подходит второй метод. Его сущность заключается в том, что пользователь при выполнении подготовленных тестовых задач должен комментировать все свои действия, решения и возникающие трудности. Однако необходимо помнить, что такой метод требует от респондентов значительных усилий. Все комментарии респондента помечаются руководителем тестирования или же тестирование записывается на видеокамеру.

Полученные результаты тестирования и полученные в его ходе комментарии пользователей ана-

лизируются с целью выявления проблемных мест ПИ, которые вызывают сложности в работе и служат источником негативных эмоций.

Для успешного проведения тестирования необходимо придерживаться следующего алгоритма:

1. Ознакомление респондента с условиями тестирования.

2. Выяснение у него ожиданий от системы.

3. Непосредственно тестирование.

4. Выяснение соответствия ПИ ожиданиям респондента.

Ознакомление респондента с условиями тестирования состоит в том, что ему последовательно объясняют цели и задачи тестирования, правила и порядок работы при его проведении.

Выяснение ожиданий пользователя от системы заключается в предварительном опросе респондентов о том, что они ожидают увидеть в ПИ и как, по их мнению, будут выполняться отдельные функции.

Непосредственно тестирование заключается в выполнении респондентом подготовленных тестовых сценариев с высказыванием комментариев о выполняемых им действиях и возникающих трудностях. Помимо комментариев пользователя необходимо кратко отмечать возникшие у него проблемы при выполнении заданий.

Определение соответствия ПИ ожиданиям пользователя заключается в посттестовом анкетировании респондентов о соответствии ПИ его ожиданиям о выполнении отдельных функций.

Этап 4. Проведение посттестового анкетирования. Анкетирование респондентов осуществляется сразу после их работы по тестовым сценариям. В таком случае у них сохраняются более свежие ощущения от работы с ПИ и они не забудут о возникших затруднениях либо о несоответствии элементов ПИ их ожиданиям.

В общем случае для организации анкетирования предлагается следующий порядок:

1. Опрос респондентов об анкетах для оценки удобства использования ПИ для решения конкретных рабочих задач. В результате опроса выявляется перечень задач, которые у респондентов вызвали сложности при решении, а также список проблем, с которыми они столкнулись при их выполнении.

На основании перечня задач составляется перечень элементов интерфейса, посредством которых осуществляется их решение и формируется анкета для оценки удобства использования конкретных элементов интерфейса.

2. Опрос респондентов об анкетах для оценки удобства использования конкретных элементов ПИ для решения рабочих задач. В результате опроса выявляется перечень элементов ПИ, которые, по мнению респондентов, неприменимы или неудобны для выполнения тех или иных операций в контексте решаемой задачи.

3. Опрос респондентов об анкетах для оценки дизайна ПИ и представления информации. В результате опроса выявляется общее впечатление пользователей о дизайне исследуемого ПИ и эффективности представления информации.

На каждый вопрос анкеты респондент должен дать ответ по пятизначной шкале:

- 1 – удовлетворяет полностью;
- 0.75 – в основном удовлетворяет;
- 0.5 – удовлетворяет не во всем;
- 0.25 – мало удовлетворяет;
- 0 – не удовлетворяет.

Этап 5. Обработка результатов. Обработка результатов состоит из двух частей:

1. Обработка результатов тестирования.
2. Обработка результатов анкетирования.

Обработка результатов тестирования заключается в подсчете проблем, возникших у респондентов при выполнении тестовых заданий, определении места (задачи) возникновения проблем, ранжировании данных проблем по важности (критичности), разработке диаграммы частотности ошибок операторов, расчете среднего времени выполнения тестовых задач. Рекомендуются результаты тестирования представлять в виде графиков, диаграмм и таблиц.

Обработка результатов анкетирования осуществляется по следующему алгоритму:

1. По каждому вопросу анкеты вычисляется ее средняя оценка удовлетворенности (\tilde{a}_j):

$$\tilde{a}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m a_{ij},$$

где a_{ij} – оценка удовлетворенности i -го респондента по j -му вопросу; m – количество респондентов.

2. По каждой анкете вычисляется общая оценка удовлетворенности (A_z):

$$A_z = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \tilde{a}_j,$$

где n – количество вопросов в z -й анкете.

3. Определение результирующей оценки:

$$Q_{SS} = \frac{1}{z} \sum_{z=1}^k A_z,$$

где k – количество анкет.

Этап 6. Представление результатов. По результатам исследования получается как количественная оценка субъективной удовлетворенности пользователей ПИ, так и качественная в виде ранжированного списка проблем, возникших у респондентов при выполнении тестовых задач, а также списка проблемных элементов ПИ. Данная информация может служить базисом для разработки рекомендаций по улучшению ПИ ПО АСУ.

По коэффициенту субъективной удовлетворенности пользователей принимают решение об общем уровне удовлетворенности пользователей ПО АСУ:

- уровень удовлетворенности крайне низок при $Q_{SS} \leq 0.67$;
- уровень эргономичности удовлетворительный при $0.67 < Q_{SS} \leq 0.85$;
- уровень эргономичности высокий при $0.85 < Q_{SS}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаренко Н. А. Методика оценки уровня эргономичности автоматизированных систем управления производством // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2019. Вып. 10. С. 39–46.
2. Львов В. М. Человеко-ориентированные технологии создания и экспертизы автоматизированных систем: учеб. пособие. Тверь: Триада, 2005.
3. Магазанник В. Д., Львов В. М. Человеко-компьютерное взаимодействие: учеб. пособие для вузов. Тверь: Триада, 2005.

4. Гото К., Котлер Э. Веб-редизайн / пер. с англ. СПб.: Символ-Плюс, 2003.
5. Nielsen J. How to conduct a heuristic evaluation. URL: <https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/> (дата обращения 12.04.2021).
6. Унгер Р., Чендлер К. UX-дизайн. Практическое руководство по проектированию опыта взаимодействия / пер. с англ. СПб.: Символ-Плюс, 2011.
7. Головач В. В. Юзабилити-тестирование по дешевке. URL: <https://medium.com/usethics-doc/юзабилити-тестирование-по-дешевке-2e853250960f> (дата обращения 12.04.2021).

N. A. Nazarenko

Saint Petersburg Electrotechnical University

METHODOLOGY FOR EVALUATION OF SUBJECTIVE SATISFACTION OF OPERATORS BY USER INTERFACE OF THE SOFTWARE OF ACS

A technique for assessing the subjective satisfaction of operators with the user interface of the software for automated control systems (ACS) is proposed. A model of indicators affecting operator satisfaction is presented. The model is presented both graphically and using tuples. All stages of work related to the formation of a representative group for testing, preparation and testing, as well as processing of the results are considered in detail. The dependences of the average group error and the proportion of problems found on the number of experts are analyzed and recommendations are given on the formation of a representative sample, interviewing operators and conducting usability testing. Formulas for processing research results and calculating satisfaction ratings are presented. The proposed model and methodology represent a methodological basis for creating a system of information support for developers of ACS, ACS, ACS and complexes for various purposes.

Automated control systems, operator subjective satisfaction, usability testing, experts, usability, user interface, software

УДК. 007.51:681.5

Н. А. Назаренко, П. И. Падерно

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

Методика эргономической экспертизы автоматизированных систем управления

Предложена методика эргономической экспертизы (ЭЭ) автоматизированных систем управления (АСУ). Проведен анализ основных задач, возникающих при ее подготовке и проведении. Проанализированы основные этапы, а также виды работ, выполняемых на каждом из них. Представлены исполнители всех этапов эргономической экспертизы и описана особенность их деятельности. Даны обоснованные рекомендации по формированию рабочей и экспертной групп. Детально проанализированы все представленные работы и комплекс возникающих при этом различных задач. Рассмотрено решение задач, связанных с уточнением модели эргономического качества АСУ, а также с оценкой относительной значимости эргономических параметров. Проведен анализ основных задач, решение которых служит основой для разработки программы и методик ЭЭ, направленной на оценку эргономического качества АСУ на различных этапах ее разработки. Предложенный подход, методика и комплекс полученных результатов представляют собой методологический базис для создания системы информационной поддержки разработчиков АСУ, АСУТП, АСУП и комплексов различного назначения.

Автоматизированные системы управления, эргономическая экспертиза, этапы проведения, рабочая группа, эксперты, квалификация, формирование экспертной группы, программа и методики эргономической экспертизы, эргономическое качество, уровень эргономичности

Одним из важных этапов эргономического обеспечения разработки автоматизированных систем управления (АСУ) является эргономическая экспертиза (ЭЭ) – довольно сложное мероприятие, целью которого служит, с одной стороны,

контроль правильности выполнения работ по эргономическому обеспечению на всех стадиях создания АСУ [1], а с другой стороны, – определение эргономического качества готового изделия (системы). Результат проведения ЭЭ представляет собой