

## МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ АДАПТИВНОГО ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА

---

***Анотація.** Запропоновано методику комплексного дослідження адаптивного людино-машинного інтерфейсу. Вона враховує в сукупності такі параметри користувача, як його інформаційну компетентність, психофізіологічні характеристики та ін. Методика спрямована на захист системи від некваліфікованого користувача та користувача, що знаходиться в психофізіологічному стані, неприпустимому для роботи.*

***Ключові слова:** адаптивний людино-машинний інтерфейс, навчальні системи, багатоагентна технологія.*

***Аннотация.** Предложена методика комплексного исследования адаптивного человеко-машинного интерфейса. Она учитывает в совокупности такие параметры пользователя, как его информационную компетентность, психофизиологические характеристики и др. Методика направлена на защиту системы от неквалифицированного пользователя и пользователя, находящегося в психофизиологическом состоянии, недопустимом для работы.*

***Ключевые слова:** адаптивный человеко-машинный интерфейс, обучающие системы, многоагентная технология.*

***Abstract.** The methodology of integrated study of the adaptive human-machine interface is proposed. It takes into account such user parameters as his information competence, physiological characteristics etc. The aim of methodology is the system protection from the unqualified user and the user under the inappropriate psycho-physiological condition.*

***Keywords:** adaptive human-machine interface, learning systems, multi-agent technology.*

### 1. Введение

В существующих способах оценки качества и эффективности функционирования адаптивного человеко-машинного интерфейса на основе обобщенных показателей адаптивности, информативности, эффективности, устойчивости и ресурсоемкости [1–3] показатель адаптивности определяется как степень соответствия между осуществляемыми изменениями характеристик пользовательского интерфейса и актуальными информационными потребностями пользователя. Оценка этого показателя происходит через анализ частных показателей (например, количество обращений за помощью за конкретное время; количество типовых ситуаций; частота использования дополнительных интерфейсных функций; скорость перемещения пользователя при поиске определенных объектов и т.д.) в процессе работы пользователя с системой [1–3].

Известные способы оценивают адаптивность системы к пользователю, при этом не учитывают адаптивность пользователя к системе. Учет этого показателя очень важен, поскольку работа с системой для пользователя, находящегося в повышенном эмоциональном состоянии или не обладающего должным уровнем информационной компетентности, не будет эффективна, что может сказаться на увеличении себестоимости продукции в отраслях, связанных с энергоемким производством. Также возрастает вероятность совершения ошибок, которые могут привести к трудноразрешимым проблемам, а их устранение к большим финансовым затратам.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что разработка методики исследования адаптивного интерфейса, с учетом адаптивности пользователя к системе, является задачей актуальной для современных и перспективных систем.

В данной статье под эффективностью функционирования интерфейса понимается его способность обеспечить взаимную адаптацию системы и пользователя. Оценка эффективности работы интерфейса предложено осуществить путем подсчета затрат времени при получении пользователем доступа к системе, поскольку затраты на доступ к системе пользователя, владеющего информационной компетентностью, а также обладающего психофизиологическими характеристиками на допустимом для работы с системой уровне, будут минимальными.

Целью статьи является отражение результатов исследования макета адаптивного интерфейса для учебно-тренировочных целей, выполненного на основе разработанных теоретических положений и инженерно-технических решений [4–7] и создания методики комплексного исследования адаптивного человеко-машинного интерфейса.

## 2. Исследование параметров функционирования макета адаптивного интерфейса

Данный макет входит в состав системы «Тестирование знаний», пользователями которой являются ученики и учителя (тренеры). Система предназначена для помощи учителю при обучении и проведении тестирования знаний учеников. Она предусматривает следующие возможности для оценки учеников:

- проведение анкетирования с предварительной оценкой информационной компетентности ученика;

- проведение тестирования психофизиологического состояния, при этом, если по результатам тестирования ученик определен, что находится в нерабочем («тревожном») состоянии, то ему запрещен доступ к системе;

- проведение тестирования информационной компетентности, при этом, если он не прошел тест три раза, то ему не разрешен доступ к системе и предложено пройти обучение; если число попыток вхождения в систему превышает  $M_{дон}$ , (установленное учителем), то разрешение на вход в систему выдает учитель (тренер) после проверки знаний, которые пользователь получил в процессе обучения;

- проведение тестирования знаний ученика о предметной области, при этом, если были получены правильные ответы на  $K\%$  вопросов (устанавливается учителем) и менее, то ученику рекомендуют изучить учебный материал и следующее прохождение тестов возможно только после допуска учителя;

- просмотр учебных материалов (электронных учебников, видеофильмов).

Особенностью системы является непосредственное участие учителя в контроле за процессами обучения и тестирования. Система предоставляет ему следующие возможности:

- просмотр отчета о работе учеников с системой; учебного материала; тестов с ответами; журналов классов; результатов тестирования; ошибок учеников;

- изменение настроек в модели ученика (например, разрешить выдачу пароля ученику и допуск на тестирование и т.д.);

- выдачу рекомендаций, замечаний и указаний ученикам;

- установку времени на прохождение теста, коэффициентов  $T\%$  соотношения времени, на которое продлевается время для тестирования учеников категории «Низкая работоспособность» и  $K\%$  соотношения правильных ответов к общему числу вопросов;

- выдачу задания для определения уровня информационной компетентности ученика и установку допустимого числа попыток вхождения в систему.

Макет выполнен с использованием многоагентной технологии, которая позволяет реализовать широкий набор функций интерфейса и сформировать модель обучаемого с учетом нескольких уровней адаптации, соответствующих этапам обучения [8].

В состав макета интерфейса входят следующие подсистемы с агентами-программами (рис. 1):

– координации и контроля (ПКК) с агентами: координации (АК), проверки пароля (АП), распределения ресурсов (АРР) и наблюдения за пользователем (АНП);

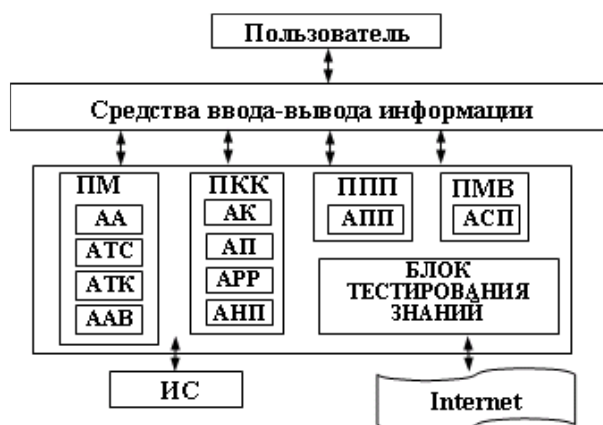


Рис. 1. Укрупненная структурная схема макета адаптивного интерфейса

– моделирования пользователя (ПМП) с агентами анкетирования (АА); тестирования состояния (АТС); тестирования информационной компетентности (АТК); анализа взаимодействия с пользователем (ААВ);

– помощи и подсказки (ППП) с агентом помощи и подсказки (АПП);

– мультимодульного ввода-вывода (ПМВ) с агентом связи с пользователем (АСП).

В таблицах и на рисунках приведенные аббревиатуры обозначают сокращенные наименования агентов, обозначенных выше.

На рис. 2 представлен обобщенный алгоритм взаимодействия ученика и учителя с макетом интерфейса с момента обращения к системе ученика до получения им доступа к системе при первом режиме. Затраты времени при получении учеником доступа к системе будут равны сумме затрат времени на работу программ-агентов. Для этого проведена параметризация альтернативных путей работы алгоритмов агентов всех подсистем интерфейса (рис. 1), участвующих при вхождении пользователя в систему. При этом затраты на прохождение одного функционального блока алгоритма, независимо от его назначения (процесс, решение и т.д.), приравнивались к одному условному такту.

Для примера рассмотрим параметризацию альтернативных путей работы укрупненного алгоритма агента проверки пароля (АП) (рис. 3). Расчеты затрат времени на прохождение альтернативных путей его работы приводятся в табл. 1. Такие действия были проведены и с остальными алгоритмами, а полученные суммы затрат занесены в табл. 2.

Таблица 1. Затраты времени на прохождение альтернативных путей работы алгоритма агента проверки пароля (рис. 3)

| N | Альтернативные пути работы алгоритма | Последовательность прохождения функциональных блоков | Сумма затрат времени (в условных тактах) |
|---|--------------------------------------|--|--|
| 1 | Новый пользователь                   | Блок 1, Блок 2, Блок 3, Блок 4, Блок 7               | 1+1+1+1+1=5                              |
| 2 | Постоянный пользователь              | Блок 1, Блок 2, Блок 3, Блок 5, Блок 6, Блок 7       | 1+1+1+1+1+1=6                            |
| 3 | Забыл пароль                         | Блок 1, Блок 2, Блок 3, Блок 5, Блок 6, Блок 7       | 1+1+1+1+1+1=6                            |

Для оценки эффективности работы интерфейса разработана программа, в которой для расчета затрат времени на получение пользователем доступа к системе использовалась табл. 2. С помощью программы для каждого пользователя, обратившегося к системе, определялись затраты времени (в условных тактах) при получении им доступа к системе и фиксировалась последовательность выполнения программ-агентов с указанием результата ее выполнения (получил ли доступ к системе пользователь, а если не получил, то по какой

причине). Полученные данные сведены в таблицу, фрагмент которой приведен ниже (табл. 3).

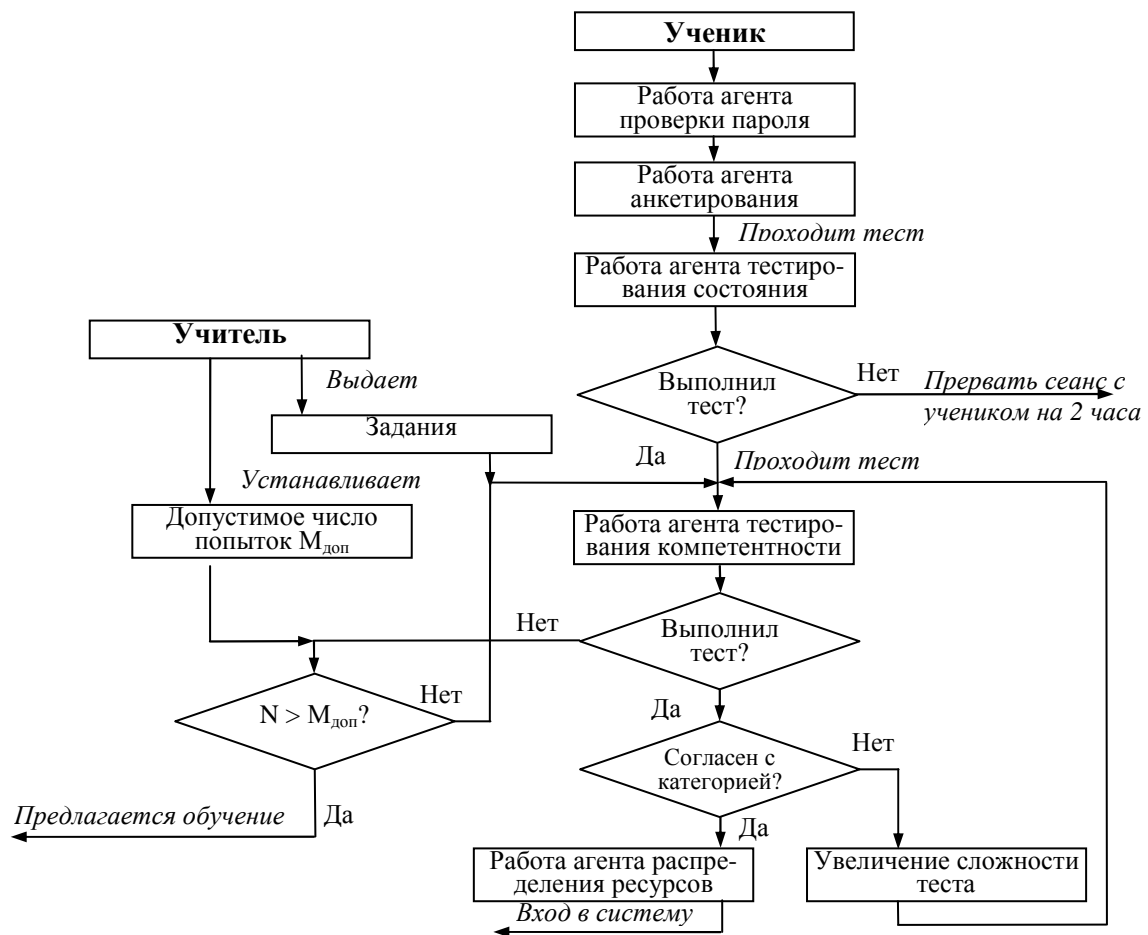


Рис. 2. Алгоритм взаимодействия ученика и учителя с системой на этапе входа ученика в систему для первого режима

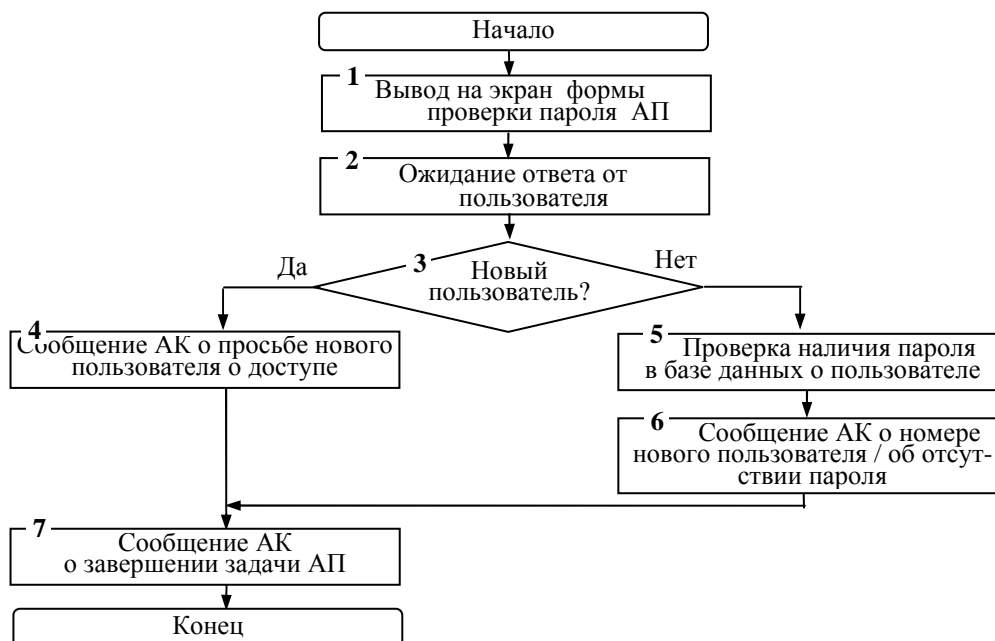


Рис. 3. Укрупненный алгоритм функционирования агента проверки пароля

Таблица 2. Затраты времени на прохождение альтернативных путей работы алгоритмов функционирования агентов макета интерфейса

| Наименование агента                              | Описание альтернативных путей работы алгоритма функционирования агента  | Затраты времени (условные такты) |
|--|---|----------------------------------|
| Агент анкетирования                              | Пользователь обращается впервые   | 14                               |
|  | Пользователь забыл пароль   | 20                               |
| Агент тестирования состояния пользователя        | Состояние пользователя – «высокая работоспособность»  | 20                               |
|  | Состояние пользователя – «нормальное рабочее»   | 28                               |
|  | Определено состояние пользователя как «тревожное»   | 25                               |
| Агент анализа взаимодействия                     | Уровень компетентности пользователя остался прежний   | 5                                |
|  | Уровень компетентности пользователя повысился   | 6                                |
| Агент распределения ресурсов                     | Для режима 1  | 7                                |
|  | Для режима 2  | 5                                |
| Агент тестирования информационной компетентности | Тест пройден с 1-го раза, с результатами пользователь не согласен, ему увеличили категорию, тест прошел с 3-го раза и согласен с результатами | 46                               |
|  | Тест пройден с 1-го раза, с результатами согласен   | 14                               |

Таблица 3. Варианты различных вхождений в систему

| № | Последовательность выполнения программ – агентов при вхождении пользователя в систему  | Общая сумма (условные такты) |
|---|--|------------------------------|
| А | <p><b>I режим</b> (Пользователь находится в состоянии высокой работоспособности, тест на соответствие предполагаемому уровню компетентности пройден им с первого раза, и с результатами тестирования пользователь согласен)</p> <p><b>1 попытка</b> П→АК→АП→АК→АА→АК→АТС→АК→АТК→АК→АРР→АК→</p> <p><math>1т + 1т + 5т + 1т + 14т + 1т + 20т + 1т + 14т + 1т + 7т + 1т = 67т</math></p>  | 67                           |
| В | <p><b>II режим</b> (Пользователь находится в состоянии высокой работоспособности, за последний сеанс работы с системой его уровень компетентности не изменился)</p> <p><b>1 попытка</b> П→АК→АП→АК→АТС→АК→ААВ→АК→АРР→АК→</p> <p><math>1т + 1т + 6т + 1т + 20т + 1т + 5т + 1т + 5т + 1т = 42т</math></p>  | 42                           |
| С | <p><b>I режим</b></p> <p><b>1 попытка</b> (Пользователь забыл пароль, его данные обнаружены в базе данных пользователей, не помнит вспомогательного слова для восстановления пароля, запись вытирается, ему рекомендовано пройти анкетирование снова)</p> <p>П→АК→АП→АК→АА→АК→</p> <p><math>1т + 1т + 6т + 1т + 20т + 1т = 30т</math></p> <p><b>2 попытка</b> (В результате тестирования было определено состояние пользователя как «тревожное»)</p> <p>П→АК→АП→АК→АА→АК→АТС→АК→</p> <p><math>1т + 1т + 5т + 1т + 14т + 1т + 25т + 1т = 49т</math></p> <p><b>3 попытка</b> (Пользователем пройден тест с первого раза, но с результатами тестирования он не согласен, ему повысили уровень компетентности, он прошел тест с 3-го раза и согласен с результатами)</p> <p>П→АК→АП→АК→АТС→АК→АТК→АК→АРР→АК→</p> <p><math>1т + 1т + 5т + 1т + 28т + 1т + 46т + 1т + 7т + 1т = 92т</math></p> | 171                          |

|   |  |    |
|---|--|----|
| К | <p><b>II режим</b></p> <p><b>1 попытка</b> (В результате тестирования было определено состояние пользователя как «тревожное»)<br/> <math>\Pi \rightarrow AK \rightarrow AP \rightarrow AK \rightarrow ATC \rightarrow AK \rightarrow</math><br/> <math>1t + 1t + 6t + 1t + 25t + 1t = 35t</math></p> <p><b>2 попытка</b> (Состояние пользователя было определено как «нормальное» рабочее, при анализе взаимодействия пользователя с системой его уровень компетентности повысился, пользователь допущен к работе с системой)<br/> <math>\Pi \rightarrow AK \rightarrow AP \rightarrow AK \rightarrow ATC \rightarrow AK \rightarrow AAB \rightarrow AK \rightarrow APP \rightarrow AK \rightarrow</math><br/> <math>1t + 1t + 6t + 1t + 28t + 1t + 6t + 1t + 5t + 1t = 51t</math></p> | 86 |
|---|--|----|

При анализе полученных данных определены минимальные затраты времени в условных тактах при получении пользователем доступа к системе при работе макета в двух режимах и последовательность выполнения программ – агентов (варианты А и В в табл. 3). Эти данные приняты за опорные для сравнительной оценки с остальными результатами.

На основании табл. 3 построены графики зависимости затрат времени за период момента обращения пользователя к интерфейсу до разрешения ему войти в компьютерную систему от количества попыток его вхождений для двух режимов (рис. 4 и рис. 5).

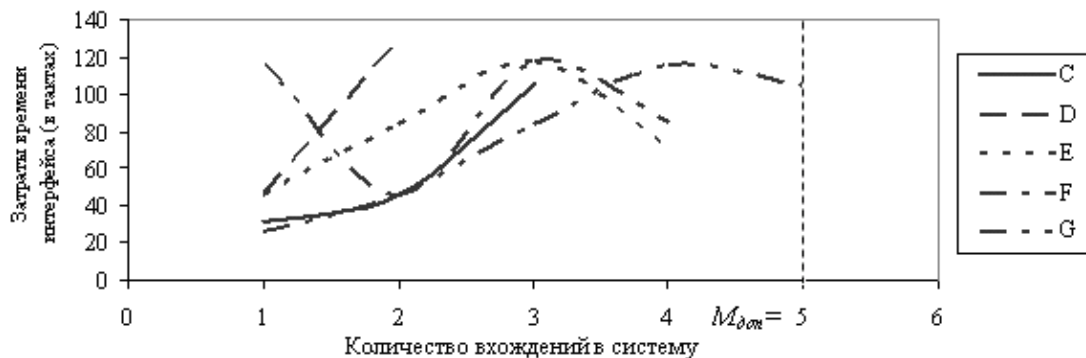


Рис. 4. График «Значения затрат времени интерфейса от количества попыток вхождений пользователя в систему (I режим)»

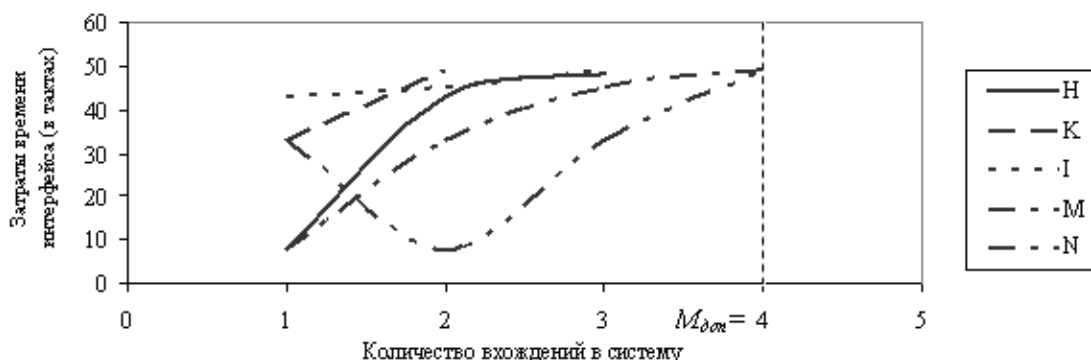


Рис. 5. График «Значения затрат времени интерфейса от количества попыток вхождений пользователя в систему (II режим)»

Для пользователя, впервые обратившегося к системе (вариант А), минимальные затраты времени интерфейса при вхождении пользователя в систему за одну попытку составят 67 условных тактов, для пользователя, постоянно работающего с системой (вариант В), 42 условных такта.

Для пользователя, впервые обратившегося к системе, время доступа может увеличиваться за счет того, что он находится в нерабочем («тревожном») состоянии или не может пройти тест на категорию по уровню информационной компетентности, предварительно присвоенную ему в результате анкетирования (рис. 4). Так, пользователь (вариант С) при первой попытке вхождения не вошел в систему в результате того, что забыл пароль и не помнил вспомогательного слова. Ему было предложено пройти анкетирование и тестирование снова, при второй попытке вхождения в систему было выявлено, что он находится в «тревожном» состоянии, в результате третьей попытки ему пришлось пройти тест на определение уровня несколько раз. Таким образом, для входа в систему пользователь сделал 3 попытки вхождения, на каждое затратил 30, 49 и 92 условных тактов соответственно. Суммарный итог для этого варианта составил 171 условный такт.

Для пользователя, постоянно работающего с системой, основными причинами для увеличения времени доступа является его нахождение в нерабочем («тревожном») состоянии или его несогласие со снижением категории по уровню информационной компетентности в процессе работы и предоставления помощи в обучении (рис. 5). Так, при первом вхождении пользователь (вариант К) не вошел в систему из-за того, что в результате тестирования его состояние было определено как нерабочее («тревожное») и ему не разрешено в течение двух часов подходить к системе, а при втором вхождении ему было разрешено войти в систему. На эти вхождения в систему пользователю понадобилось 35 и 51 условных тактов соответственно. Суммарный итог для этого варианта составил 86 условных тактов.

Анализируя рис. 4, можно сделать выводы, что для пользователя, первый раз обратившегося к системе, в основном, увеличение времени доступа к системе заключается в несоответствии его уровня информационной компетентности требованиям системы. Для пользователя, постоянно работающего с системой (рис. 5), увеличение времени доступа к системе происходит, в основном, за счет повышенной эмоциональности: невнимательности (забыл пароль) и «тревожного» состояния. Наблюдение ведется также и за его уровнем информационной компетентности.

### **3. Основные положения методики комплексного исследования интерфейса**

Перед проведением исследования должен быть создан адаптивный интерфейс. Для этого определяют назначение информационной системы и требования к параметрам и набору функций, которые должен реализовать интерфейс. Проводят корректировку параметров интерфейса на соответствие стандартам ISO, государственным, межгосударственным и республиканским стандартам Украины. Разрабатывают архитектуру и структуру макета адаптивного интерфейса с учетом назначения системы, параметров и набора функций интерфейса с использованием многоагентной технологии, которая позволяет реализовать адаптивный интерфейс на качественно новом уровне, расширив набор функций интерфейса, а также дает возможность учесть при моделировании пользователя его личные данные и разнообразные аспекты его деятельности (учеба, работа и т.д.). Затем разрабатывают общий алгоритм работы макета адаптивного интерфейса, алгоритмы функционирования агентов интерфейсной системы макета с учетом особенностей их функционирования на основе обобщенного алгоритма работы макета и алгоритмов взаимодействия пользователя с системой и реализуют программно в составе информационной системы. Далее проводят комплексное исследование адаптивного интерфейса согласно методике, основные положения которой приведены ниже.

1. Выполняют параметризацию альтернативных путей работы алгоритмов функционирования агентов интерфейсной системы макета, при этом затраты на прохождение одного функционального блока алгоритма, независимо от его назначения (процесс, решение и т.д.), приравнивают к одному условному такту и составляют таблицу, аналогичную

табл. 2 «Затраты времени на прохождение альтернативных путей работы алгоритмов функционирования агентов макета интерфейса».

2. Определяют опорные данные: минимальное время (в условных тактах) на получение пользователем доступа к системе при работе макета в двух режимах и фиксации при этом последовательности выполнения программ-агентов с указанием результата ее выполнения. Эти данные свидетельствуют о пользователе, который владеет информационной компетентностью, а также обладает психофизиологическими характеристиками на допустимом для работы с системой уровне.

3. Выполняют разработку и включение в состав интерфейса программы оценки эффективности его применения для двух режимов с использованием таблицы, составленной аналогично табл. 2 (п. 1).

4. Выполняют установку учителем (тренером) количества допустимых попыток вхождений в систему ( $M_{дон}$ ) для пользователя и предоставление тестовых заданий различной сложности для определения уровня информационной компетентности. При превышении пользователем  $M_{дон}$  ему запрещают вход в систему и предлагают пройти обучение.

5. Фиксируют последовательность выполнения программ-агентов с указанием результатов выполнения и длительности выполнения (в условных тактах) при доступе к системе пользователя, которая будет получена в результате выполнения программы (п. 3). Полученные результаты заносят в таблицу, аналогичную табл. 3. Причем переход на новый вариант обращения к системе для одного и того же пользователя осуществляется при получении пользователем доступа к системе. Если доступ к работе с системой пользователем не получен, фиксация результатов следующего вхождения пользователя осуществляется как следующая попытка вхождения в систему. Данный процесс является итерационным и осуществляется каждый раз при входе пользователя в систему.

6. Выполняют анализ вариантов вхождений пользователя (п. 5) каждый раз при обращении пользователя к системе, как при получении им доступа к системе путем сравнения с опорными результатами (п. 2), так и при отсутствии разрешения на работу с системой с выдачей рекомендаций пользователю при необходимости. Разрешение на вход в систему пользователя, у которого количество попыток вхождений в систему превысило  $M_{доп}$ , выдает учитель (тренер) после проверки знаний, которые пользователь получил в процессе обучения.

7. Переход на п. 5.

Результатом выполнения методики является информация, полученная при выполнении п. 5, п. 6, которая представлена в виде таблицы, аналогичной табл. 3, или графиков, аналогичных рис. 4, рис. 5.

#### 4. Выводы

Предложенная методика комплексного исследования эффективности применения адаптивного человеко-машинного интерфейса, в отличие от известных, в которых расчет эффективности интерфейса осуществляется при помощи сложных формул с множеством данных, взятых эмпирическим путем, позволяет использовать реальные алгоритмы работы программ интерфейса, проведя их параметризацию. При этом затраты на прохождение одного функционального блока алгоритма (процесс, решение и т.д.) приравниваются к одному условному такту, что делает подсчет независимым от аппаратных средств компьютера, на котором выполняется программа.

Данная методика учитывает в совокупности такие параметры пользователя, как его информационную компетентность, психофизиологические характеристики и др. за счет подсчета затрат времени при получении пользователем доступа к системе. Она направлена



на минимизацию затрат времени при входе в систему пользователя, поскольку увеличение длительности времени входа в систему пользователем свидетельствует о его параметрах, недостаточных для работы с ней, что может сказаться на увеличении себестоимости продукции в отраслях, связанных с энергоемким производством, или совершении ошибок, которые могут привести к трудноразрешимым проблемам, а их устранение – к большим финансовым затратам. Применение методики позволяет провести оценку этих параметров пользователя и дать рекомендации по их улучшению.

Участие учителя (тренера), который контролирует процесс обучения и тестирования, позволяет гибко разрешать спорные вопросы взаимодействия системы и пользователя-ученика.

Проведенные в соответствии с данной методикой исследования макета адаптивного интерфейса свидетельствуют, что пользователь, не обладающий должным уровнем информационной компетентности, не будет допущен к работе с системой, как и пользователь, обладающий повышенной эмоциональностью (несобранностью). Все это говорит о защите системы от некомпетентных и неуравновешенных пользователей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бень А.П. Методи побудови інтелектуальних адаптивних інтерфейсів "людина – комп'ютеризована система" на основі моделі користувача: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «Інформаційні технології» / А.П. Бень. – Херсон, 2000. – 20 с.
2. Радванська Л.М. Моделі, методи та засоби підвищення ефективності інтерфейсу користувача ЕОМ у системах організаційного управління: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «Інформаційні технології» / Л.М. Радванська. – Херсон, 1999. – 17 с.
3. Ходаков Д. В. Моделі, методи та засоби адаптивності користувальницького інтерфейсу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «Інформаційні технології» / Д.В. Ходаков. – Херсон, 2003. – 19 с.
4. Курзанцева Л.И. Модель и алгоритм функционирования интеллектуального интерфейса «пользователь–компьютерная система» / Л.И. Курзанцева // УСиМ. – 2007. – № 6. – С. 36 – 44.
5. Курзанцева Л.И. О построении адаптивного интеллектуального интерфейса пользователя компьютерной системы / Л.И. Курзанцева // IX Междунар. научн. конф. имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2009», (19–22 мая 2009 г.): сб. тр. / гл. ред. С.В. Сирота. – К.: Просвіта, 2009. – С. 219 – 225.
6. Курзанцева Л.И. О построении интеллектуального адаптивного интерфейса на базе агентной технологии для компьютерных систем широкого назначения / Л.И. Курзанцева // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2010. – № 1. – С. 16 – 21.
7. Курзанцева Л.И. О построении интеллектуального интерфейса компьютерной системы со свойствами адаптации / Л.И. Курзанцева // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2007. – № 6. – С. 104 – 110.
8. Автоматизированные обучающие системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://mfii.tsput.ru/old\\_site/umr/nit/lect/lect4.htm](http://mfii.tsput.ru/old_site/umr/nit/lect/lect4.htm).

*Стаття надійшла до редакції 21.09.2011*