

# Содержание

<b>1. Введение .....</b>	<b>5</b>
1.1. Место эргономики в науке о качестве .....	5
1.2. Понятийный аппарат .....	5
1.3. Экономический эффект от повышения юзабилити .....	8
1.4. Экономический эффект .....	10
1.5. Влияние на безопасность .....	11
1.6. Примеры .....	13
1.6.1. Экономический эффект .....	13
1.6.2. Влияние на безопасность .....	13
Крушение рейса 965 .....	13
Вывод из строя боевого корабля .....	14
Крушение дистанционно управляемых летательных аппаратов .....	15
Авиакатастрофа 1972 г. ....	17
Авария на Три-Мейл-Айленд АЭС .....	18
1.7. Потребность в оценке пользовательских свойств интерфейса. Вывод .....	18
 <b>2. Обзор литературы. Существующие решения</b>	
 <b>для оценки эргономичности ПО .....</b>	<b>21</b>
2.1. История развития стандартов эргономики интерфейса ....	21
ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств. Общие положения .....	21
Стандарты ИСО .....	24
Вывод .....	24
2.2. Существующие критерии общей сертификации ПО .....	25
Отзывы от сертификационных лабораторий .....	27
Вывод .....	28
2.3. Существующие способы оценки эргономичности интерфейсов .....	28
2.3.1. Оценки основанные на сравнении и соответствии среде .....	29
Стандартизованность и соответствие рабочей среде .....	29
Бенчмаркинг .....	30
Примеры .....	31
2.3.2. Экспертная оценка .....	32
Эвристическая оценка .....	33

2.3.3. Анкетирование пользователей по итогам взаимодействия с системой.....	35
Общие требования. Респонденты .....	35
Сколько нужно респондентов .....	36
Анкета по словам.....	37
Лояльность пользователей	
(Net Promoter Score, NPS).....	38
Software Usability Measurement Inventory, SUMI.....	38
System Usability Scale, SUS .....	39
Оценка сложности задач, базирующаяся на единственном вопросе .....	40
2.3.4. Количественные оценки базирующиеся на экспериментальных данных.....	40
Количество ошибок .....	41
Средний уровень выполнения задач .....	41
Объединенная метрика	
(Single Usability Metric, SUM) .....	41
Примеры.....	42
2.3.5. Формальные методы оценки.....	44
Информационный поиск.....	44
Информационная производительность .....	45
Модели KLM-GOMS .....	49
Оценка сложности системы	
Тима Комбера и Джона Мэлтби.....	51
XAOS — Actions, Organizational elements, Summed entropy of RGB values.....	52
LOC-CC модель измерения сложности .....	52
Примеры.....	54
2.4. Система менеджмента качества, как основа разработки эргономичного интерфейса .....	56
Идентификация заинтересованного лица.....	58
Опрос заинтересованных лиц.....	58
Сценарии использования .....	58
<b>3. Разработка количественной оценки .....</b>	<b>60</b>
3.1. Ограничения использования формальной численной оценки.....	60
3.2. Предварительные исследования. Участие экспертов .....	62
3.2.1. Источник данных. Требования к респондентам .....	62
3.2.2. Определение типов пользователей.....	62
3.2.3. Определение пропорций количества пользователей каждого типа.....	63

3.2.4. Оценка частоты использования .....	63
3.2.5. Определение стоимости времени пользователей, либо их значимости с маркетинговой точки зрения.....	64
3.2.6. Калькуляция коэффициента значимости пользователя из полученных данных, либо присвоение коэффициента экспертом .....	65
3.2.7. Ранжирование задач для каждого типа пользователей .....	65
3.2.8. Выделение последовательности экранов, необходимой для решения задачи.....	65
<b>3.3. Формальный расчет .....</b>	<b>66</b>
3.4. Разбиение на классы .....	67
3.5. Пример расчета оценки .....	67
Исследование пользователей .....	68
Проверка.....	76
<b>4. Экономическая часть.....</b>	<b>77</b>
4.1. Построение календарного плана-графика.....	77
4.2. Построение алгоритма получения оценки взаимодействия человек-компьютер.....	79
4.3. Расчет затрат для получения оценки взаимодействия человек-компьютер.....	79
Вывод .....	82
<b>5. Охрана труда и окружающей среды. Анализ рабочего места оператора ПК.....</b>	<b>83</b>
5.1. Введение .....	83
5.2. Санитарно-гигиенические факторы.....	83
5.2.1. Общие требования микроклимата .....	84
5.2.2. Помещение и освещение .....	84
5.2.3. Электроопасность.....	87
5.2.4. Требования по уровню шума.....	87
5.2.5. Вибрация .....	88
5.2.6. Электромагнитные излучения (ЭМИ).....	88
5.3. Эргономика рабочего места.....	89
Устройства ввода информации .....	89
Рабочее кресло .....	89
Работа с клавиатурой.....	90
Внутренний объем.....	90
5.4. Расчет освещенности помещения .....	90
Индекс помещения .....	92
Исходные данные .....	92

Расчет .....	92
5.5. Выводы.....	93
5.5.1. Основные законодательные и нормативные правовые акты по безопасности труда .....	93
Основные законы.....	93
Законодательные акты .....	93
Основные нормативные правовые акты .....	94
<b>6. Список литературы .....</b>	<b>98</b>

# 1. Введение

## 1.1. Место эргономики в науке о качестве

Наука о качестве изучает три сферы: технологическую, управленческую и человеческий фактор. К сожалению, человеческому фактору обычно отдается недостаточно много внимания. Человек при этом является важным фактором в обеспечении качества и эффективности деятельности системы, элементом которой он является.

В литературе за термином «человеческий фактор» закрепилось скорее отрицательное значение, так как на нем акцентируют внимание только при ошибках и отказах. Упускается из виду то, что во многих, как будто бы человеческих ошибках, виновата недостаточно хорошо спроектированная система, которая утомляет оператора и способствует ошибкам, нередко критичным.

Растущий вес и роль человеческого фактора, высокая результативность его учета при решении актуальных проблем качества вызвали к жизни перспективное направление научно-практических работ, получившее название управления эргономичностью.

## 1.2. Понятийный аппарат

Области управления качеством, эргономики и проектирования интерфейсов обладают своим специфическим набором профессиональных терминов и жаргонизмов, а также немного по-разному воспринимают некоторые общие термины. Важно рассмотреть такие термины, чтобы создать единую семантическую основу у специалистов разных областей.

Эргономика — наука о приспособлении должностных обязанностей, рабочих мест, предметов и объектов труда, а также компьютерных программ для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человеческого организма.

Более широкое определение эргономики, принятое в 2010 году Международной Ассоциацией Эргономики (IEA (англ.)), звучит так: «Научная дисциплина, изучающая взаимодействие человека и других элементов системы, а также сфера деятельности по применению теории, принципов, данных и методов этой науки для обеспечения благополучия человека и оптимизации общей производительности системы». В данной работе понятие эргономики будет применяться в основном к компьютерным программам, не затрагивая физических особенностей объекта.

Юзабилити — понятие в микроэргономике, отображающее степень удобства предмета для применения пользователями при достижении определённых целей в некотором контексте.

Базисом для возникновения юзабилити послужила работа в интерактивных средах. В общем плане юзабилити — это научно-прикладная дисциплина, служащая по повышению эффективности, продуктивности и удобства пользования инструментами деятельности. Она изучает и реализует процессы создания совокупности свойств инструмента, влияющих на эффективность его использования в конкретной предметной деятельности. Выражается в применимости данного инструмента, лёгкости, естественности его использования, безошибочности, сопровождаемых удовлетворением пользователя, возникновением у него позитивных эмоций. Можно сказать, что юзабилити занимается потребительскими качествами продукта.

В отличие от эргономики, которая направлена на повышение эффективности человеко-машинной системы в целом, юзабилити интересуется только эффективностью системы в отношении потребителя, пользователя. Ей важно, чтобы система была удобной для человека.

Особенно широкое применение юзабилити получила в сфере создания и эксплуатации компьютерных интерфейсов. Именно здесь отмечены основные успехи этого направления. В зависимости от инструмента и сферы деятельности выделяют *software usability* — разработка программных продуктов и *web-usability* — разработка и совершенствование веб-сайтов.

Термин имеет связь с понятием «эргономичность», но в отличие от последнего меньше ассоциируется с технической эстетикой, с внешним видом и более привязан к утилитарности объекта. Русскоязычный аналог — удобство использования.

Юзабилити старается объяснить поведение человека в сложных системах при весьма специфических обстоятельствах, и потому ее предсказания менее точны, чем предсказания таких полноценных наук, как физика, например. Посему юзабилити опирается в своих рекомендациях по большей части на прошлые эксперименты и опыт, чем на точные формулы.

В то же самое время юзабилити является идеологией — это система веры в определенные права человека:

- В право человека быть выше технологии, которую он сам же создал. Если между технологией и человеком возникает конфликт, меняться должна технология.
- Право человека на управление. Пользователи должны понимать, что происходит, и должны иметь возможность контролировать результат.
- Право человека на простоту. Пользователи должны работать с компьютером без особых усилий.
- Право человека на свое время. Запутанные интерфейсы впустую тратят ценное время человека.

Эти права не всегда уважались. В 60-е годы большинство пользовательских интерфейсов требовали от человека подчинения себе.

Интерфейс пользователя, он же пользовательский интерфейс (UI — англ. user interface) — представляет собой совокупность средств и методов, при помощи которых пользователь взаимодействует с различными машинами, устройствами и системами.

Понятие интерфейса применимо ко всем видам взаимодействия человек-компьютер. Как в области физических приборов (интерфейсы бытовых приборов, управления самолетом, открытие замка), так и в когнитивной области (интерфейсы всех компьютерных программ). Важно заметить, что интерфейсы программного обеспечения (десктопных программ), интерфейсы мобильных приложений (в том числе, планше-

ты, смартфоны, устройства для чтения), интерфейсы веб-приложений (открываемые из браузера), относятся к одной группе. В данной работе интерфейсы веб-приложений, бытовых и программных продуктов будут рассматриваться как системы, существующие по равным законам.

Так как мы рассматриваем эргономический аспект ПО, то есть интерфейс и взаимодействие с пользователем, то рационально использовать модель черного ящика. «Чёрный ящик» — тестирование функционального поведения программы с точки зрения внешнего мира (текст программы не используется). Под «чёрным ящиком» понимается объект исследования, внутреннее устройство которого неизвестно. Понятие «чёрный ящик» предложено У. Р. Эшби. В кибернетике оно позволяет изучать поведение систем, то есть их реакций на разнообразные внешние воздействия и в то же время абстрагироваться от их внутреннего устройства.

### 1.3. Экономический эффект от повышения юзабилити

В современном мире основным инструментом производства является программное обеспечение разных видов, участвующее в бизнес-процессах всех областей деятельности.

Решаемые группами профессионалов задачи изменились таким образом, что взаимодействие с ПО становится неотъемлемой частью их работы. Но далеко не все интерфейсы удовлетворяют основному принципу соответствия пользовательским задачам. Из-за этого несоответствия страдает работоспособность сотрудников, фирмы терпят убытки, случаются человеческие жертвы и наносится вред здоровью людей.

Суммарный эффект управления эргономичностью конечного продукта имеет комплексный характер, объединяя технико-экономическую, целевую и социальную составляющие:

$$E_{yэ} = E_{тэ} + E_{цел} + E_{соц}, \quad (1.1)$$

где  $E_{yэ}$  — суммарный эффект управления эргономичностью в сфере использования конечного продукта

$E_{тэ}$  — технико-экономический эффект

$E_{цел}$  — целевой эффект

$E_{соц}$  — социальный эффект

Технико-экономический эффект определяется сопоставлением затрат на осуществление управления эргономичностью с экономией, полученной при его реализации. Целевой эффект обусловлен ростом успешности выполнения целевой функции объекта качества в течение определенного временного интервала за счет установления и выполнения эргономических требований.

Примером целевого эффекта могут служить результирующие эффекты установления и реализации эргономических требований в практике человеко-ориентированного проектирования летательных аппаратов\*:

- сокращение летной нагрузки экипажа на 20...40%
- увеличение относительного полезного времени выполнения летных задач на 30...60%
- повышение оперативной готовности экипажа к полету

Управление эргономичностью — условие повышения не только конкурентоспособности, но и рентабельности создания и производства высокоэргономичного продукта. При использовании модифицированной модели известного американского специалиста С. Синка результативность учета эргономических требований:

$$R = f(Q, V, Э, P, Q_{тэ}, I), \quad (1.2)$$

где  $Q$  — качество как эргономичность (степень соответствия продукта эргономическим требованиям)

$V$  — количество произведенного продукта

---

\*Данные приводятся в книге Даниляк В.И. Человеческий фактор в управлении качеством: инновационный подход к управлению эргономичностью: учебное пособие.— М: Логос, 2011, без ссылки на источник

$\mathcal{E}$  — экономичность равная  $P_n / P_\phi$ , где  $P_n$  — запланированные ресурсы,  $P_\phi$  — ресурсы, фактически использованные

$Q_{тжс}$  — качество трудовой жизни, характеризуемое степенью удовлетворенности работников средствами и условиями функциональной деятельности

$I$  — инновации, новизна технологий, принципиально новых средств и методов, примененных при создании высокоэргономичного объекта качества.

## 1.4. Экономический эффект

Список всех параметров, на которые влияет улучшение взаимодействия человек-компьютер:

### 1. Сокращение издержек на разработку

1.1. Сокращение затрат на разработку за счёт соблюдения функционала продукта

1.2. Сокращение расходов на разработку за счёт выявления ошибок на ранней стадии разработки

1.3. Снижение стоимости будущего редизайна архитектуры

1.4. Снижение расходов за счёт минимизации или полного отказа от документации

### 2. Уменьшение затрат на поддержку

2.1. Уменьшение затрат на техническую поддержку конечных пользователей

2.2. Сокращение затрат на обучение

2.3. Сокращение затрат на техническое обслуживание

### 3. Рост продаж

3.1. Повышение конкурентоспособности за счет позиционирования товара как простого в применении

- 3.2. Увеличение числа довольных клиентов, совершающих повторные покупки, и рекомендующих товар своим друзьям
- 3.3. Получение высоких рейтингов удобства в обзорах
- 4. Выгода для сотрудников компании
  - 4.1. Быстрое освоение и закрепление знаний
  - 4.2. Сокращение затрат времени и увеличивается производительность
  - 4.3. Изначальное сокращение ошибок сотрудников вместо последующего их исправления
  - 4.4. Сокращение текучки кадров за счёт высокого удовлетворения от работы и мотивации
  - 4.5. Сокращение временных затрат сотрудников на помощь коллегам при решении трудностей

## 1.5. Влияние на безопасность



Рис. 1.1.– Зависимость безопасности труда от эргономики

Нормы безопасности труда устанавливают безопасные условия как граничного, так и начального состоянии функционального комфорта. Состояния безопасности и функционального комфорта связывают, как описанная выше прямая связь, так и обратная — в тех случаях, когда нарушение условий функционального комфорта в течение длительного временного интервала может привести к риску опасной ситуации.

Ситуация опосредованного воздействия опасных факторов все чаще встречается при функционировании современных эргатических систем в силу изоляции (или удаления) субъекта деятельности от места воздействия этих факторов. Устраняя виды прямого опасного воздействия, автоматизация и механизация функциональных процессов активизируют виды опосредованного воздействия, резко увеличивая психические и эмоциональные нагрузки на субъект деятельности.

В условиях монотонного автоматизированного функционального процесса, однообразия текущей информации оператору необходимо сохранять высокий уровень внимания, что требует от него значительных усилий и ведет к напряженности, нередко — к стрессу, утомлению, потере бдительности и высокой вероятности ошибочных действий. В частности, утомление характеризуется комплексом сдвигов, снижающих работоспособность субъекта.

Характер факторов, воздействие которых на пользователя различными путями может вести к возникновению опасной ситуации, дает возможность говорить об их полях воздействия: поле жизнеобеспечения работника и поле его функционального комфорта. Группа факторов контактного воздействия, как правило, располагается на поле жизнеобеспечения, а группа факторов опосредованного воздействия — на поле функционального комфорта. Избежать прямого опасного воздействия удара, ожога, столкновения субъект может, используя средства защиты как индивидуальные, так и коллективные. Предупреждение и устранение возможных последствий латентного опасного воздействия в результате несвоевременной реакции на оперативную информацию, неправильного исполнения командной информации, ошибочного использования органов управления и т.д. обеспечивается выполнением эргономических требований и рекомендаций, направленных на оптимальную организацию функциональной деятельности.

Техноцентрический подход, исповедуемый большинством специалистов инженерного профиля, является причиной целого ряда серьезнейших техногенных аварий и катастроф, в обстоятельствах которых человек был лишен возможности в полной мере

использовать свои преимущества перед техническими устройствами — профессиональные навыки, логику, интуицию и т.д.

## 1.6. Примеры

### 1.6.1. Экономический эффект

Исследования Forrester Research показали, что внимание к UX повышает готовность пользователей платить на 14,4%, повышает их лояльность к бренду на 15,8 %, и повышает вероятность их рекомендовать ваш продукт на 16,6%.

Юзер-центрированные методики уменьшают количество ошибок во взаимодействии система-человек с 5% до 1%\*.

Исследование Wixon and Jones (1995) показали что товары, при производстве которых были учтены потребности потребителя, продавались на 80% лучше, нежели предыдущие аналоги без учёта требований потребителей, и на 60% выше ожиданий производителя.

### 1.6.2. Влияние на безопасность

#### Крушение рейса 965

В декабре 1995 года рейс 965 компании American Airlines вылетел по регулярному маршруту из Майами в Кали, Колумбия. На подлете к посадочной полосе пилоту Боинга-757 потребовалось выбрать следующий радиомаяк по имени «ROZO». Он набрал букву «R» в своем навигационном компьютере. Компьютер отобразил перечень ближайших радиомаяков с именами на «R», а пилот выбрал первую позицию в списке, потому что широта и долгота показались ему верными. К несчастью, вместо «ROZO» пилот выбрал маяк «ROMEO», расположенный в 210 километрах к северо-востоку.

Самолет направлялся на юг и находился в тот момент в долине, пролегающей с юга на север, так что любое отклонение от курса было опас-

---

\* Landauer, T.K. The trouble with computers, Cambridge, Mass: MIT Press, 1995

но. Следуя показаниям полетного компьютера, пилоты начали корректировать курс к востоку, и самолет врезался в гранитный пик на высоте трех километров. Сто пятьдесят два пассажира и восемь членов экипажа погибли. Четыре пассажира выжили, получив серьезные травмы.

Национальная комиссия по безопасности транспорта провела расследование и – как обычно – заявила, что причиной явился человеческий фактор. Вспомогательное навигационное средство, показаниями которого руководствовались пилоты, выдало корректную информацию, но не для посадки в Кали. Человеческий фактор, если следовать буквальному смыслу фразы, действительно был причиной — ведь именно пилот выбрал неправильный маяк. Однако если взглянуть на ситуацию в целом, вины пилота здесь не было.

Передняя панель навигационного компьютера самолета отображала выбранный навигационный маяк и индикатор отклонения от курса. Когда самолет находится на курсе, стрелка расположена по центру, но она никаким образом не указывает на правильность выбора радиомаяка. Индикатор выглядит примерно одинаково перед посадкой и перед катастрофой. Компьютер сообщил пилоту, что на выбранный маяк взят точный курс. К сожалению, компьютер упустил из виду, что такой выбор маяка смертелен.

#### **Вывод из строя боевого корабля**

В сентябре 1997 года, участвуя в морских маневрах в Атлантике, корабль ВМФ США Yorktown, один из новых крейсеров с оборонительной системой Aegis, 2замер на месте. Техник ВМФ, калибруя топливный клапан, ввел нулевое значение в один из управляющих компьютеров – с процессором Pentium Pro и операционной системой Windows NT. Программа попыталась разделить другое число на этот нуль, то есть выполнить операцию, не определенную в математике, что и стало причиной сбоя всей системы управления бортом. Без участия компьютеров двигатель прекратил работать, и корабль два часа сорок пять минут качался на волнах, пока не прибыл буксир. Хорошо, что это произошло не в зоне боевых действий.

### **Крушение дистанционно управляемых летательных аппаратов**

Время от времени из-за простых ошибок в интерфейсах происходят крушения как дистанционно управляемых летательных аппаратов (RPV, remote-piloted vehilces), используемых для военных нужд, так и гражданских радиоуправляемых моделей самолетов. Чтобы понять ошибку и определить метод ее исправления, следует, прежде всего, знать кое-что о том, как эти устройства работают.

При дистанционном управлении летательным аппаратом оператор, находящийся на земле, манипулирует небольшим джойстиком, встроенным в пульт управления.

Как правило, для того чтобы временно поднять нос аппарата, требуется потянуть джойстик на себя, а для того чтобы опустить нос, требуется толкнуть джойстик от себя. Для наклона вправо и влево джойстик, соответственно, перемещается вправо или влево. Перемещение джойстика вызывает пропорциональное движение устройства, называемого сервомотором. Сервомотор механически соединен с управляющей плоскостью, например с рулем высоты в хвостовом оперении самолета, позволяющим управлять его продольным наклоном.

Сервомотор не имеет стандартного направления движения относительно движения джойстика управления, поэтому принято на пульте устанавливать переключатель, который позволяет выбрать, какое направление движения джойстика будет соответствовать тому или иному направлению движения сервомотора. Это явно модальное действие вступает в противоречие с привычными реакциями пользователя, как это обычно и происходит при наличии режимов. Следует сказать, что для управления несколькими разными летательными аппаратами зачастую используется один пульт. В каждом аппарате может быть установлено свое направление движения сервомоторов, от которого зависит поведение самолета в воздухе. При переключении управления между аппаратами оператор должен проверять положение переключателей, регулирующих направление движения сервомоторов, чтобы на перемещение джойстика летательный аппарат отвечал соответствующими действиями.

Почти невозможно научить пилота управлять прибором, когда направление движения сервомоторов заранее не известно. Например, представьте себе, что пилот, который готовится выполнить взлет дистанционно управляемого летательного аппарата, не знает о том, что переключатель направления наклона установлен в неверную позицию. Взлет является очень сложным маневром, требующим большого внимания. Обычно при взлете самолет спонтанно слегка заваливается влево или вправо в момент отрыва от земли, и опытный пилот автоматически подает небольшой сигнал на компенсацию этого заваливания. У хорошего пилота эта реакция настолько быстрая, что, наблюдая со стороны, можно вообще ничего не заметить. Если переключатель направления работы сервомоторов установлен в обратное положение, то заваливание, естественно, станет еще больше. В этом случае хорошо тренированный пилот сделает еще большее компенсирующее отклонение джойстика, тем самым только усугубляя заваливание. В конце концов, полет обычно заканчивается разрушением самолета, как только его крыло касается земли или когда самолет полностью переворачивается на спину. (Все эти события могут произойти за доли секунды.) Я еще не видел ни одного пилота, который смог бы быстро догадаться о возникшей проблеме и вовремя изменить свои реакции на обратные, чтобы безопасно закончить взлет. Проверка положения переключателя, когда она выполняется десятки раз, тоже становится привычкой вплоть до того, что вы можете не заметить, действительно ли управляющие плоскости движутся в правильном направлении. (Если они не будут двигаться вообще, то, естественно, это сразу привлечет ваше внимание к наличию проблемы.) Тем не менее, во время таких проверок я сам довольно часто обнаруживал, что аппарат, который я собирался поднять в воздух, имел обратное направление движения сервомоторов. Однако, испытывая недостаток времени или отвлекаясь на другие дела, я, как и сотни других пилотов, не замечал эту неправильность.

Интересно отметить, что такая ошибка, как правило, не происходит при первом полете на новом аппарате, когда вы особенно внимательны к возможным проблемам. Только после того, как полеты на каком-то аппарате становятся «второй натурой»

или просто привычным делом, она обычно и случается.

### **Авиакатастрофа 1972 г.**

Катастрофа, происшедшая в декабре 1972 года, в результате которой погиб 101 человек. Обычно в кабине пилотов загорается зеленый индикатор, сигнализирующий о том, что шасси выпущено и готово к посадке. Во время того полета индикатор выпуска шасси не зажегся, поэтому командир самолета решил подняться на высоту 2000 футов, чтобы сделать круг, а второй пилот переключил на этой высоте управление самолетом в режим автопилота. После этого все три члена экипажа стали пытаться заменить лампочку индикатора, но она застряла, и ее никак нельзя было вытащить. Наверное, из-за всех этих манипуляций с лампочкой кто-то случайно выключил автопилот. Во всяком случае каким-то образом он оказался выключенным. Вскоре, как впоследствии показала запись бортового самописца, зазвучала автоматическая сигнализация — полусекундный сигнал предупредил пилотов о том, что самолет снизился на 250 футов ниже установленной высоты. Также зажегся желтый индикатор предупреждения. Члены экипажа, поглощенные проблемой с зеленой лампочкой, не заметили все эти сигналы. Немного позже, все еще продолжая возиться с лампочкой, второй пилот заметил, что альтиметр показывает угрожающе малую высоту 150 футов. После этого он спросил командира: «Мы еще на высоте 2000, да?» В ответ командир воскликнул: «Эй, что происходит?»

В этот момент зазвучала сирена, предупреждающая о малой высоте. «Несмотря на почти нулевые показания альтиметра, желтый сигнал, предупреждающий об отклонении от назначенной высоты, почти нулевые показания радиоальтиметра и его звучащую сирену, каждый член экипажа был настолько уверен, что самолет находится на высоте 2000 футов, что никто из них не предпринял никаких действий, и уже спустя 8 секунд после того, как командир экипажа посмотрел на показания альтиметра, самолет упал в болота Флориды»\*.

---

\* Garrison, 1995

## **Авария на Три-Мейл-Айленд АЭС**

Авария на Три-Мейл-Айленд АЭС до сих пор считается самой тяжёлой ядерной аварией в США, в ходе неё была серьёзно повреждена активная зона реактора, часть ядерного топлива расплавилась.

Причина проблемы так и не была до конца выяснена, но эксперты и официальные лица объявили, что одним из значимых факторов были ошибки оператора, вызванные плохим интерфейсом.

Официальные доклады и СМИ писали о дизайне приборной панели, ниже приведены лишь некоторые интерфейсные проблемы, которые привели к опасной ситуации:

Индикатор информировал о том, что клапан закрыт, хотя фактически это было не так. Индикаторы клапанов закрывали друг друга, у оператора не было возможности контролировать их все. Операторское место предусматривало аудиальное и визуальное информирование более чем о 1500 разных неисправностей. Очевидно, что такое количество тревожных и информационных сигналов было предусмотрено для улучшения контроля над атомной станцией. Тем не менее, расположение и группировка элементов управления на панели были плохо продуманы и увеличивали количество ошибок оператора вместо того, чтобы их уменьшать\*.

На панели существовала кнопка, которая отключала сигналы о тревоге, но она не использовалась, потому что операторы не могли отменить менее важные сигналы, и сосредоточиться на важных. Кнопка отключала все сигналы, из-за чего могла утеряться важная информация.

## **1.7. Потребность в оценке пользовательских свойств интерфейса. Вывод**

Очевидно, что эргономичность является важным параметром рабочей среды. Но имеющаяся практика показывает, что действие рыночных механизмов само по себе еще не может обеспечить возникновение «спроса на эргономичность» продукта, хотя все чаще

---

\* Brookes, 1982; cited in Leveson, 1995

на рыночном поле возникают ситуации, когда конкурентную борьбу выигрывают продукты с более высоким эргономическим уровнем.

Ситуация на рынке услуг в последние годы претерпевает серьезные изменения. Рост числа компаний, осваивающих одни и те же рыночные ниши, привел к тому, что у потребителей услуг, наконец, появилась возможность свободного и достаточно широкого выбора. Вообще, конъюнктура российского рынка услуг все динамичнее разворачивается в сторону потребителя — конкурентная борьба перемещается из области освоения новых ниш в область повышения качества уже предоставляемых услуг. Сегодня именно качество предлагаемой услуги в основном и определяет конечный выбор потребителя.

Но юзабилити, особенно сложных систем, та характеристика, которую пользователю сложно определить до того, как пройдет длительный период использования продукта. То есть потребитель не имеет возможности оценить важную характеристику качества продукта.

Существующие стандарты не предоставляют четкого оценочного критерия интерфейса и методических средств по анализу, который бы позволял сравнить его с продуктами-конкурентами, и не позволяет производителю каким-либо образом, после прохождения сертификации, заявить покупателю о доказанном «удобстве» продукта.

Практически не существует профессиональных наград в области юзабилити ПО, и у производителей нет никаких оценочных критериев, кроме внутренних, которые они могли бы использовать в рекламных целях.

Экспертные оценки, которые сейчас предоставляет множество фирм, не привязаны к единой шкале и часто оценивают разные параметры с использованием специализированных метрик. На рынке не существует ни официальног, ни отраслевого де-факто принятого всеми стандарта.

Задача, которая стоит в данной работе — показать целесообразность введения единой шкалы для всех оценок юзабилити и формализовать алгоритм, который позволит получать оценку при минимизации трудозатрат экспертов.

Разработанные стандарты окажут положительное влияние на производителей ПО, которые смогут в процессе добровольной сертификации улучшить свой продукт, и привлечь пользователя знаком соответствия.

При внедрении знака соответствия, который будет подразумевать «удобство» интерфейса, пользователи смогут приобретать программы, отличающиеся качеством, что уменьшит совокупный срок обучения пользователя новому ПО, сократит количество ошибок в процессе работы, и увеличит эффективность. Так как оценка носит добровольный характер, маловероятно, что каждый продукт на рынке будет ей обладать. Но при появлении такой оценки, она станет конкурентным преимуществом, что мотивирует производителей ее получать. Задача разработчиков — сделать оценку достаточно простой и недорогой. Это достигается категоризацией ПО: для больших программных комплексов, выполняющих множество задач может использоваться только экспертная оценка, достаточно дорогая. Для такой оценки предлагается ввести перечень обязательных показателей. Но для небольших продуктов участие экспертов будет необходимо лишь на первой стадии, что сильно удешевит оценку и позволит многим компаниям на рынке оценить свой продукт и привлечь потребителей.

## 2. Обзор литературы. Существующие решения для оценки эргономичности ПО

### 2.1. История развития стандартов эргономики интерфейса

В данном разделе рассмотрены самые важные стандарты, касающиеся эргономики ПО. Дублирующие и вторичные стандарты не включены в этот обзор. Стандарты расположены в хронологическом порядке.

#### **ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств. Общие положения**

Рассматривает комплексное качество ПО, в том числе интерфейса.

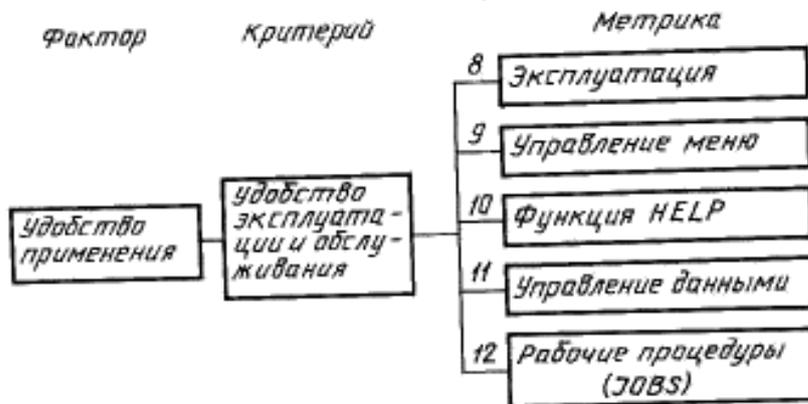
Задаёт метрики оценки и критерии замера метрики. Критерии двоичны (либо 0, либо 1). Соответствие критерию определяется по количеству соблюденных метрик. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению

Определяет 6 характеристик, которые описывают качество программного обеспечения. Описывает использование характеристик качества для оценки качества ПО. Не определяет методы измерения, ранжирования и оценки. Помогает установить требования к качеству ПО.

Таблица 2.1. – Параметры оценки интерфейса в соотв. с ГОСТ 28195-89

Оценочные элементы фактора «удобство применения»			
Код элемента	Наименование	Метод оценки	Оценка
У0101	Возможность освоения программных средств по документации	Экспертный	0–1
У0102	Возможность освоения ПС на контрольном примере при помощи ЭВМ	То же	0–1
У0103	Возможность поэтапного освоения ПС	»	0–1
У0201	Полнота и понятность документации для освоения	»	0–1
У0202	Точность документации для освоения	»	0–1
У0203	Техническое исполнение документации	»	0–1
У0301	Наличие краткой аннотации	»	0–1
У0302	Наличие описания решаемых задач	»	0–1
У0303	Наличие описания структуры функций ПС	»	0–1
У0304	Наличие описания основных функций ПС	»	0–1
У0306	Наличие описания частных функций	»	0–1
У0307	<b>Наличие описания алгоритмов</b>	»	0–1
У0308	Наличие описания межмодульных интерфейсов	»	0–1
У0309	Наличие описания пользовательских интерфейсов	»	0–1
У0310	Наличие описания входных и выходных данных	»	0–1
У0311	Наличие описания диагностических сообщений	»	0–1
У0312	Наличие описания основных характеристик ПС	»	0–1
У0314	Наличие описания программной среды функционирования ПС	»	0–1
У0315	Достаточность документации для ввода ПС в эксплуатацию	»	0–1
У0316	Наличие информации технологии переноса для мобильных программ	»	0–1
У0401	Соответствие оглавления содержанию документации	»	0–1
У0402	Оценка оформления документации	»	0–1
У0403	Грамматическая правильность изложения документации	»	0–1
У0404	Отсутствие противоречий	»	0–1
У0405	Отсутствие неправильных ссылок	»	0–1
У0406	Ясность формулировок и описаний	»	0–1
У0407	Отсутствие неоднозначных формулировок и описаний	»	0–1
У0408	Правильность использования терминов	»	0–1
У0409	Краткость, отсутствие лишней детализации	»	0–1
У0410	Единство формулировок	»	0–1
У0411	Единство обозначений	»	0–1
У0412	Отсутствие ненужных повторов	»	0–1
У0413	Наличие нужных объяснений	»	0–1
У0501	Оценка стиля изложения	»	0–1
У0502	Дидактическая разделенность	»	0–1
У0503	Формальная разделенность	»	0–1
У0504	Ясность логической структуры	»	0–1
У0505	Соблюдение стандартов и правил изложения в документации	»	0–1
У0506	Оценка по числу ссылок вперед в тексте документов	»	0–1
У0601	Наличие оглавления	Экспертный	0–1
У0602	Наличие предметного указателя	То же	0–1
У0603	Наличие перекрестных ссылок	»	0–1
У0604	Наличие всех требуемых разделов	»	0–1
У0605	Соблюдение непрерывности нумерации страниц документов	»	0–1
У0606	Отсутствие незаконченных разделов абзацев, предложений	»	0–1
У0607	Наличие всех рисунков, чертежей, формул, таблиц	»	0–1
У0608	Наличие всех строк и примечаний	»	0–1
У0609	Логический порядок частей внутри главы	»	0–1
У0701	Наличие полного перечня документации	»	0–1
У0801	Уровень языка общения пользователя с программой	»	0–1

Фаза анализа и проектирования



Фазы реализации и тестирования

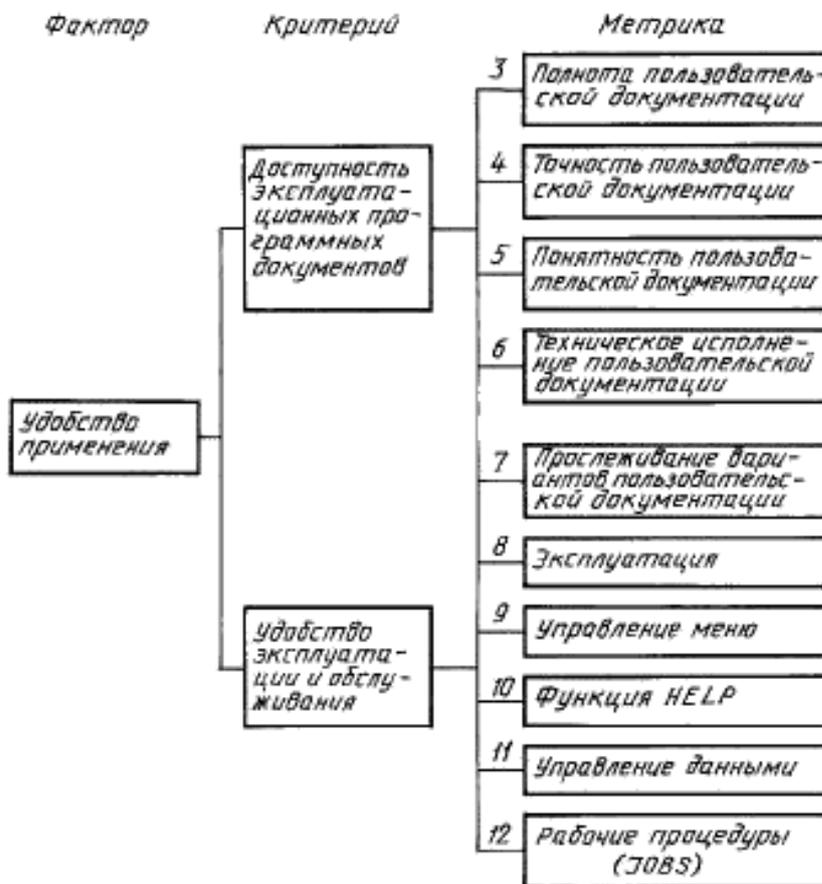


Рис. 2.1. Метрики эргономичности на разных фазах разработки продукта в соотв. с ГОСТ 28195-89

## **Стандарты ИСО**

Стандарты серии ИСО исчерпывающе рассмотрены в работах Найджела Бевана\*.

### **Вывод**

В разработке находится множество стандартов, касающихся программного обеспечения, это свидетельствует о нехватке четких правил и ориентиров для разработчиков. Например, активно разрабатываются стандарты группы ИСО 9241. В стадии разработки часть 100 «Введение в эргономику программного обеспечения», часть 113 «Графический интерфейс GUI и принципы управления», часть 133 «Диалоги непосредственного управления», и т.д.

Разработчики стандартов стараются двигаться в сторону универсализации стандартов. Количество и разнообразие средств управления увеличивается, и невозможно создавать отдельные стандарты для каждого из них. Тем более, что индустрия развивается темпами, которые предполагают, что стандарт будет выходить уже устаревшим. Поэтому сейчас вырабатываются общие когнитивные законы эргономического взаимодействия человек-машина, которые будут равно работать для всего разнообразия интерфейсов, в том числе, с новыми способами ввода-вывода.

На основе существующих стандартов, невозможно провести количественную оценку интерфейса и на данный момент не существует практики выдачи сертификатов «по пользовательскому качеству».

---

\* Bevan N. International Standards for HCI and Usability // International Journal of Human-Computer Studies.– 2001.– 55 (4)

Bevan N. Human-Computer Interaction Standards Proceedings of the 6th International Conference on Human Computer Interaction.– Yokohama, July 1995. Anzai & Ogawa (eds), Elsevier.

Bevan N. International Standards for HCI. – [http://www.nigelbevan.com/papers/International\\_standards\\_HCI.pdf](http://www.nigelbevan.com/papers/International_standards_HCI.pdf)

## 2.2. Существующие критерии общей сертификации ПО

Сертификация программ или сертификация программного обеспечения не является обязательной процедурой. Сертификат на программное обеспечение можно получить на добровольной основе. Сертификация программ проводится на соответствие требованиям ГОСТов, которые определяют нормы и правила для программного обеспечения.

В России действует Система добровольной сертификации программного обеспечения средств измерений и информационно-измерительных систем, разработанная ВНИИ метрологической службы.

Существует несколько принципов классификации программного обеспечения. Например, программное обеспечение (ПО) может подразделяться на системное (операционные системы, кодеки, драйверы), прикладное (архиваторы, антивирусные программы, текстовые редакторы, программы для работы с видео и аудио, Интернет-браузеры и т.д.) и инструментальное (Системы управления базами данных, средства разработки программного обеспечения).

Сертификация программного обеспечения предполагает сертификацию:

- операционных систем и средств их расширения,
- систем программирования и утилит,
- сетевого программного обеспечения,
- систем управления базами данных (СУБД),
- редакционно-издательского программного обеспечения,
- программного обеспечения для деловой и презентационной графики,
- электронных таблиц,
- программного обеспечения для систем «электронных сделок»,
- программного обеспечения для обработки документов,
- программного обеспечения для систем искусственного интеллекта,
- программного обеспечения для моделирования,
- программного обеспечения для научных исследований,
- систем автоматизированного проектирования (САПР),
- программного обеспечения для технологической подготовки производства,

- автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП),
- программного обеспечения для автоматизации управления отраслями и объединениями,
- педагогического программного обеспечения,
- игр, лотерей, аукционов, средств развлечения и пр.,
- баз данных и информационно-справочных систем,
- электронных архивов,
- электронных изданий,
- мультимедиа-приложений и т.д.
- Сертификация программ проводится на соответствие:
- ГОСТ 19.101-77 Виды программ и программных документов
- ГОСТ 19.106-78 Требования к программным документам, выполненным печатным способом
- ГОСТ 19.003-80 ЕСПД. Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические
- ГОСТ 19.001-77 ЕСПД. Р – Схемы алгоритмов и программ
- ГОСТ 19.401-78 Текст программы. Требования к содержанию и оформлению
- ГОСТ 19.404-79 Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению
- ГОСТ 19.501-78 Формуляр. Требования к содержанию и оформлению.
- ГОСТ 19.508-79 Руководство по техническом обслуживанию. Требования к содержанию и оформлению
- ГОСТ 19.601-78 Общие правила дублирования, учета и хранения.
- ГОСТ 19.604-78 Правила внесения изменений в программные документы, выполненных печатным способом.
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению
- ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 9294-93 Информационная технология. Руководство по управлению документированием программного обеспечения
- ГОСТ Р ИСО 9127-94 Системы обработки информации.

- Документация пользователя и информация на упаковке  
для потребительских программных пакетов
- ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств. Общие положения
  - ГОСТ 19.005-85 Единая система программной документации. Р-схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические и правила выполнения
  - ГОСТ 19.201-78 Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению и т.д.

Системы сертификации разного вида отличаются ориентацией на различные типы ПО. Это системы Минобороны, ФСТЭК, ФСБ и другие. Среди них основными можно считать системы ФСТЭК и ФСБ.

ФСБ-сертификация используется для мониторинга подсистем программного обеспечения, которые используют защиту криптографического плана, причем в России сегодня применяют только отечественные алгоритмы криптографии. Чтобы ознакомиться с теми требованиями, которые выдвигает ФСБ для подсистем ПО, необходимо иметь специальное разрешение, так как эти требования не придаются всеобщей огласке.

ФСТЭК-сертификация проверяет техническую защиту информации, применяя некриптографические методы. Требования данной сертификационной системы являются общедоступными, их можно найти на официальном сайте ФСТЭК.

#### **Отзывы от сертификационных лабораторий**

В действующие сертификационные лаборатории был послан запрос на возможность оценки эргономических качеств ПО. Ниже приведены полученные ответы.

Оценка потребительских свойств продукции не осуществляется. Возможно вы сами должны провести статистическую оценку группой пользователей и декларировать те или иные свойства своего продукта, отразив это в своей технической документации. Либо в сравнительных те-

стах с другими производителями (проф. конкурсы).

*Гортест-СПб*

Сертификация программного обеспечения является добровольной. В первую очередь проверяется работоспособность программы, далее возможно проверка на соответствие заявленным параметрам в Технических Условиях или ГОСТам, которые по номенклатуре.

Поэтому если вы хотите проверить на конкретные показатели, вы должны их отразить в ТУ или выбрать пункты из ГОСТов и на соответствие им провести сертификацию.

*Сертификационный центр «Севтест»*

#### **Вывод**

Процесс сертификации ПО, который существует сейчас, оценивает только корректность кода и алгоритмов, и не включает в себя оценку эргономики интерфейса.

### **2.3. Существующие способы оценки эргономичности интерфейсов**

В этой части рассматриваются методики оценки, используемые частными лабораториями и фирмами, которые занимаются экспертной оценкой и проводят исследования в данной области.

Методик оценки достаточно много, но они используются разрозненно, в зависимости от принятых в компании способов разработки.

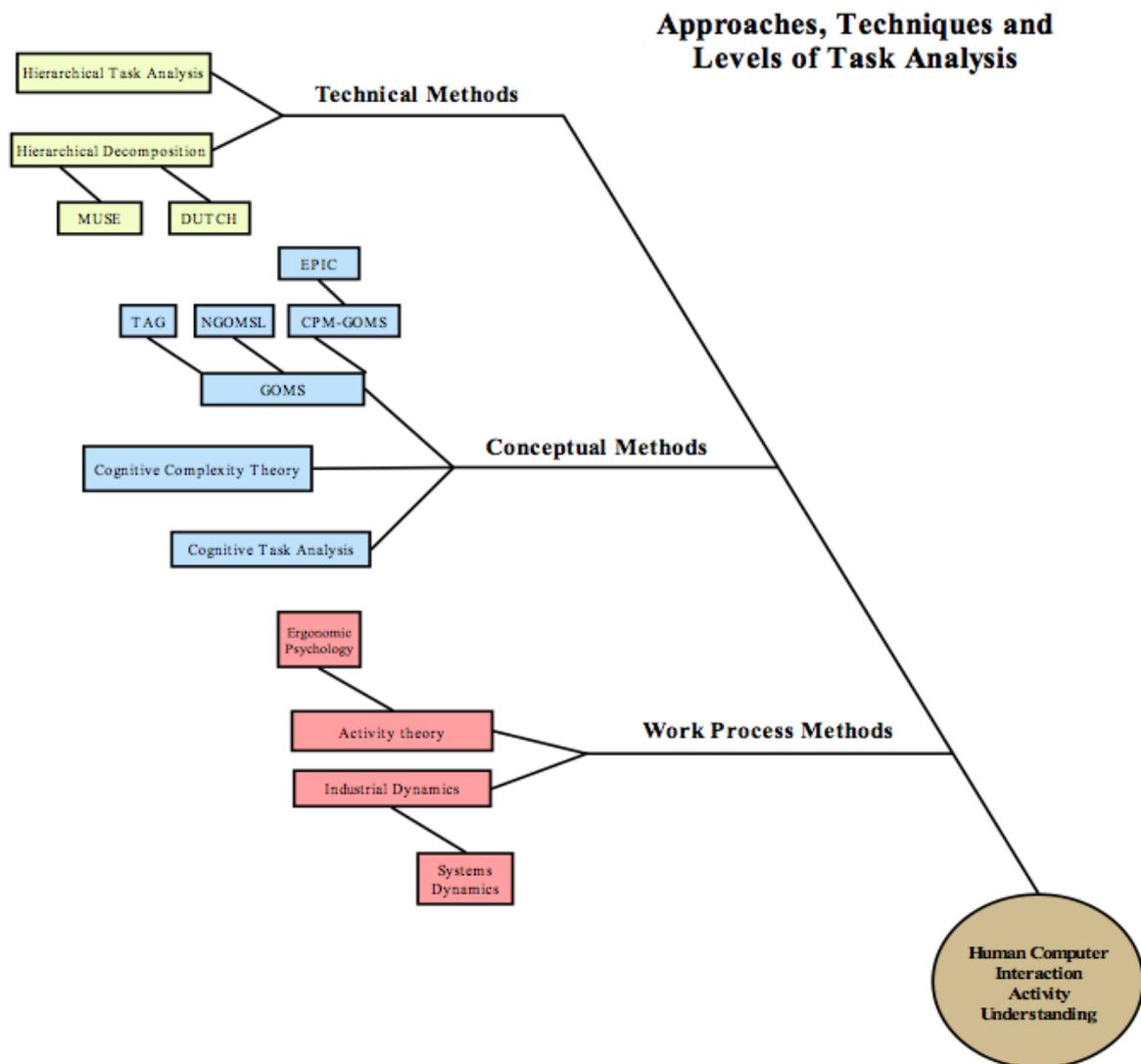


Рис. 2.1. Систематизация методов согласно работе Аби Кристал\*

### 2.3.1. Оценки основанные на сравнении и соответствии среде

#### Стандартизованность и соответствие рабочей среде

Правила среды (операционной системы) создаются и распространяются разработчиками операционной системы.

Выбор разработчиком стандарта типа пользовательского интерфейса, адекватного предметной области и используемой ОС, потенциально должен обеспечить, хотя бы отчасти, выполнение таких принципов качества

\* Crystal A., Ellington B. Task analysis and human-computer interaction: approaches, techniques, and levels of analysis.– Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems, New York, New York, August 2004

пользовательского интерфейса, как естественность и согласованность в пределах рабочей среды. Явный учет синтактики интерфейса облегчает создание однородного по стилю и предсказуемого для пользователя интерфейса. Кроме того, при разработке самого стандарта уже учитывались базовые принципы проектирования пользовательского интерфейса.

Крупные фирмы, такие как Microsoft, Apple или Google, имеют специальные гайдлайны для разработчиков, декларирующие основные законы построения интерфейсов для данной операционной системы. Гайдлайны носят рекомендательный характер, следование им гарантирует только минимальный уровень качества. Для сложных и пионерских приложений требование обеспечения функциональной полноты может вступить в противоречие с ограниченными возможностями, предоставляемыми стандартом управляющих средств пользовательского интерфейса.

### **Бенчмаркинг**

Одной из самых распространенных практик является сравнение продукта с прямыми конкурентами. Бенчмаркинг — важный этап разработки в соответствии с философией постоянного управления качеством. Но он не может быть использован в качестве источника правдоподобных и значимых для покупателя метрик. Бенчмаркинг обеспечивает в большей степени получение информации о функциональных недочетах, а не о количественных метриках.\*

---

\* Подробнее об анализе конкурентов, методы выявления и исследования: Nielsen, J., and Mack, R.L. (Eds.), Usability Inspection Methods, John Wiley & Sons, New York, NY, 1994.

## Примеры

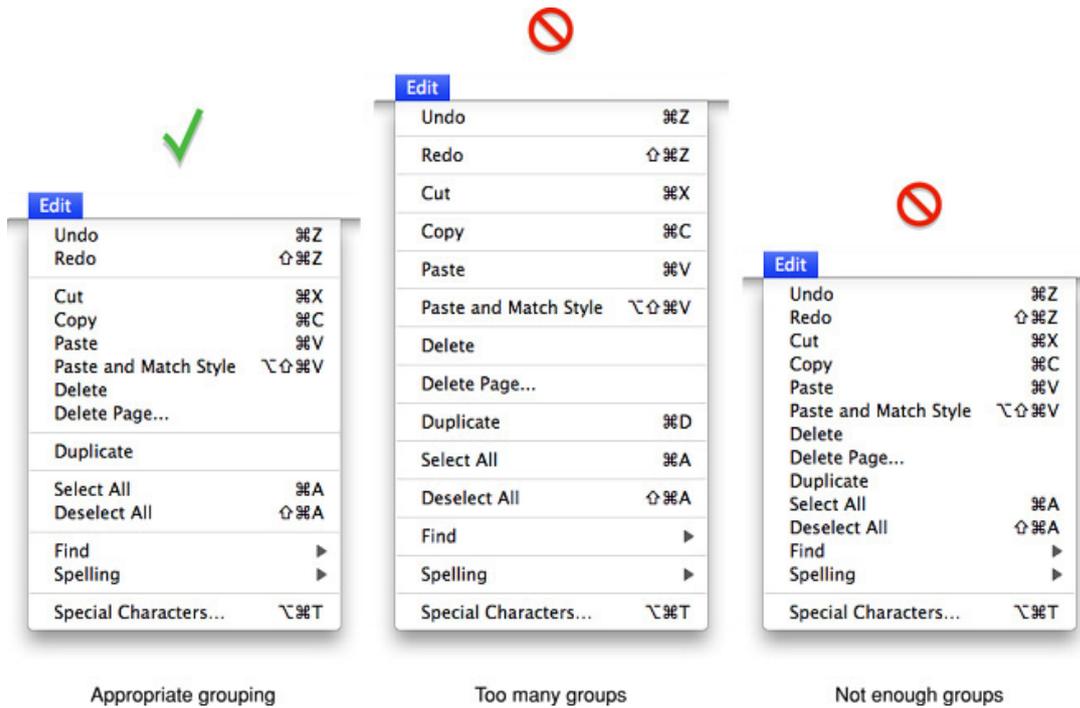


Рис. 2.4.– Пример из руководства для разработчиков, обеспечивающего единообразие интерфейса Apple Developer Guidelines\*

Инструменты навигации	Apple TV							
Временная шкала	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	Must have
Поисковая строка (по телепрограмме)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	Must have
Фильтрация телепрограмм по категориям	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	Must have
Фильтрация каналов по тематикам	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	Must have
Календарь: навигация по дням	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Must have
Популярные телепередачи (превью)	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	Depends
По каналам (композиционно)	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	Depends
Фильтрация каналов по пакетам	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	Uncertain
Фильтрация по времени: сейчас	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	Uncertain

Рис. 2.5. – Бенчмаркинг-отчет — сравнение интерактивных телепрограмм от разных разработчиков

\* <https://developer.apple.com/library/mac/documentation/UserExperience/Conceptual/AppleHIGuidelines/OSXHIGuidelines.pdf>

### 2.3.2. Экспертная оценка

Ярче всего достоинства экспертной оценки (ЭО) проявляются в сравнении ее с юзабилити-тестированием. Ключевой вопрос – что находит тестирование? Ответ – крупные проблемы интерфейса.

Если используется огромная выборка, удастся выявить и часть мелких. Но если тестирование показывает только плохие фрагменты интерфейса, как можно выявить фрагменты недостаточно хорошие? Как тестирование может показать, к примеру, некорректные фрагменты интерфейса, недостаточно серьезные, чтобы вызвать человеческие ошибки, но снижающие скорость работы?

Опыт же эксперта позволяет выявить их без труда:

- Эксперт хорошо знает стандарты на интерфейс, как писанные, так и неписанные. Сами по себе нарушения стандартов не плохи и не хороши, но если они не оправданы, т.е. появились случайно, их лучше устранить.
- Эксперт заведомо внимателен и, что гораздо важнее, смотрит на интерфейс свежим взглядом. Это позволяет ему находить множество мелочей, балансирующих между багом и проблемой интерфейса (например, несогласованность терминологии), которые самим разработчикам уже не видны.
- Эксперт располагает опытом, позволяющим ему безошибочно определять проблемы, которые проявлялись в его профессиональной деятельности раньше. Если какое-то решение не сработало в прошлом, оно, по видимости, не сработает и в будущем. Удивительное свойство таких решений – они повторяются снова и снова. Эксперт знает множество таких решений, хотя и не всегда понимает, почему они неработоспособны.

Качество ЭО может быть сильно улучшено, если увеличить количество экспертов. Поскольку подготовительную работу может провести единственный эксперт, стоимость ЭО с несколькими экспертами ниже суммы гонораров экспертам, выплаченных по отдельности.

В то же время экспертная оценка обладает и рядом недостатков:

- Часть проблем, выявленных при ЭО, проблемами, собственно, не является – синдром «мне так показалось». Если плохо проведенное тестирование не показывает всех проблем, то плохо проведенная оценка не только не показывает часть проблем, но, что еще хуже, показывает проблемы несуществующие. Исправление этих квази-проблем стоит денег, но избежать появления их в отчете по ЭО, к сожалению, невозможно. Хорошо еще, что чем опытнее эксперт, тем меньше квази-проблем он «находит».
- ЭО неспособна выявить уникальные проблемы конкретного интерфейса (они уникальны, а значит, эксперт с ними еще не сталкивался).
- Применение формальных методов анализа интерфейса улучшает результат, но также значительно увеличивает стоимость ЭО.

Количество выявленных проблем при ЭО зависит не только от опыта экспертов, но и от их количества, из-за чего заказывать работу приходится у нескольких разных исполнителей. В результате для заказчика ЭО организационно сложнее юзабилити-тестирования.

Длительность экспертной оценки в часах можно примерно предсказать следующей формулой:

$$X \times 0.3 + X + Y \times 0.6, \quad (2.1)$$

где  $X$  – число экранов и окон системы (на большую часть экранов системы потребуется минут десять, но примерно пятая часть потребует больше времени), а  $Y$  – количество пользовательских задач (они требуют отдельного прохода по интерфейсу).

### **Эвристическая оценка**

Эвристическая оценка была разработана Якобом Нильсеном и Рольфом Моlichem, которые надеялись с ее помощью сократить продолжительность проведения проверки по контрольному списку. При эвристической оценке вместо десятков и сотен конкретных требований

интерфейс проверяется на соответствие всего нескольким общим принципам. Сам Нильсен рекомендовал следующие принципы\*:

- В любой момент времени система показывает, что с ней происходит.
- Система использует термины, понятия и метафоры, присутствующие в реальном мире, а не обусловленные компьютером.
- В любой момент пользователь контролирует систему, а не наоборот. Любую команду можно отменить или повторить.
- В любой момент времени система выглядит и функционирует единообразным и стандартным способом.
- Интерфейс системы препятствует появлению человеческих ошибок.
- В любой момент времени интерфейс показывает объекты и команды сам, не требуя от пользователя вспоминать их.
- В интерфейсе есть методы ускорения работы, предназначенные для опытных пользователей и не мешающие пользователям неопытным; благодаря таким ускорителям опытные пользователи получают резерв для повышения собственной производительности.
- Интерфейс эстетичен и в любой момент времени не содержит ненужной сейчас информации.
- Интерфейс помогает пользователям обнаруживать и исправлять проблемы, включая человеческие ошибки.
- Справка доступна в любой момент времени. Она достаточна, но не избыточна; к ней легко обращаться; она не абстрактна, а нацелена на решение конкретных задач пользователя; в ней описываются конкретные шаги по решению проблем.

Эвристическая оценка никак не учитывает деятельности пользователей, в лучшем случае она покрывает выполняемые пользователями операции. В результате эвристическая оценка не выявляет структурные проблемы интерфейса, которые, как правило, заметно важнее локальных проблем.

---

\* Molich, R., and Nielsen, J. (1990). Improving a human-computer dialogue, *Communications of the ACM* 33, 3 (March), 338-348.

### **2.3.3. Анкетирование пользователей по итогам взаимодействия с системой**

Если пытаться определить удовлетворенность через опрос респондентов, не обойтись без формальных анкет. В самом деле, если формат опроса не фиксирован, не может быть уверенности, что респондентам задан один и тот же вопрос, а значит, и ответы становятся сомнительными.

К сожалению, анкетирование имеет в российских условиях крупный недостаток – надежных анкет просто не существует. Несмотря на то, что в странах загнивающего Запада создано множество вполне работоспособных анкет (SUMI, QUIS, MUMMS, IsoMetrics и др.), ни одна из них не переведена на русский язык и не протестирована заново. В результате эти анкеты, будучи, кстати сказать, весьма дорогими, ничем не надежней любых анкет, которые вы можете придумать самостоятельно.

К сожалению, разработка и тестирование надежных анкет является очень долгим и трудоемким процессом, так что рассчитывать на скорое появление качественных отечественных анкет не приходится.

#### **Общие требования. Респонденты**

При выборе респондентов для тестирования сначала удобно определить общие требования к респондентам, а уж потом подбирать респондентов из целевой аудитории, пользуясь сформированными требованиями.

Первый пункт – нужен ли респондентам опыт работы с системой. Общее правило: если оптимизируется интерфейс существующей системы, половина респондентов должна иметь опыт работы (на них можно определить проблемы переучивания при внедрении), а половина нет (на них определяется скорость обучения). Если существуют конкурирующие системы, лучше другая пропорция: треть с опытом работы с предыдущей версией, другая треть – с опытом использования конкурирующих систем, оставшаяся треть – без опыта работы с системой.

Второй пункт – уровень компьютерной грамотности. При прочих равных предпочтительным выбором является реальный, т.е. совпадающий с опытом целевой аудитории, уровень у трех четвертей респондентов и низкий уровень – у оставшейся четверти

(на ней можно определить большее количество проблем).

На третьем месте стоит возраст. Оптимальная пропорция: три четверти респондентов имеет возраст целевой аудитории системы, оставшаяся четверть старше (на ней можно определить большее количество проблем).

Меньшее влияние на результаты имеет пол респондентов – но это не значит, что подбирать респондентов корректного пола необязательно. Стоит увеличить количество женщин среди респондентов по сравнению с пропорцией в целевой аудитории, поскольку на женщинах легче определять проблемы при внедрении (женщины, в целом, медленнее обучаются, но, обучившись, лучше работают).

Последняя значимая характеристика – уровень эмоциональной открытости респондентов. Чем более скован респондент, тем меньше он способен сказать вам ценного. Даже определив наличие проблемы, вы не сможете добиться от него никакой информации о том, что эту проблему вызвало. Существует прекрасный способ решить проблему недостаточной эмоциональной открытости – стоит иметь базу респондентов и использовать их повторно. Респондент, уже знающий на опыте, что в юзабилити-тестировании нет ничего страшного, значительно охотнее идет на контакт и вообще более разговорчив.

Наконец, когда желаемые для теста свойства пользователей уже определены, пришло время подобрать таких респондентов, которые не только удовлетворяют вышеперечисленным требованиям, но и входят в целевую аудиторию системы.

### **Сколько нужно респондентов**

Эксперт Роберт Вирзи на основании своих исследований предположил, что для теста достаточно пяти респондентов\*. Через год Якоб Нильсен и Томас Ландауэр выпустили работу, в которой утверждали, что пяти респондентов достаточно для того, чтобы выловить 70% проблем и еще три

---

\* Virzi R. Refining the test phase of usability evaluation: how many subjects is enough? – Human Factors - Special issue: measurement in human factors archive, Volume 34 Issue 4, Aug. 1992, pp. 457-468

респондента нужны для того, чтобы довести результативность до 85%\*.

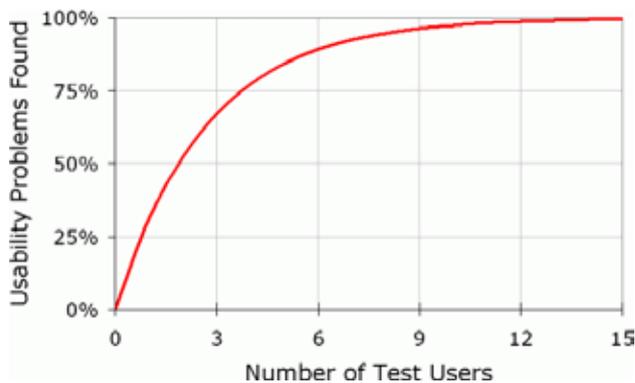


Рис.2.2. – Зависимость количества выявленных проблем от количества пользователей

### **Анкета по словам**

Впервые эту анкету предложили исследователи из Microsoft Usability Laboratory как способ очень быстро, пускай и заведомо ненадежно, оценить удовлетворенность. Анкета очень проста. Респонденту предъявляется лист бумаги с набором случайно подобранных прилагательных, одна половина которых скорее позитивна, вторая – негативна. Респонденту предлагается подчеркнуть слова, которые, на его взгляд, применимы к продукту (сходство анкеты с анкетами, использующимися в методике семантического дифференциала, незначимо – это совершенно разные методы). После того, как анкета заполнена, подсчитывается разница между числом негативных и позитивных терминов.

Устаревший – Эффективный – Нечеткий – Неудобный – Замусоренный  
– Тусклый – Яркий – Чистый – Прямой – Ясный – Непоследовательный  
– Неуправляемый – Привлекательный – Стандартный – Управляемый –  
Хороший – Интуитивный – Веселый – Любительский – Неэффективный  
– Опасный – Скучный – Радостный – Безопасный – Жесткий –  
Раздражающий – Треугольный – Неприятный – Комфортабельный  
– Холодный – Умный – Беспольный – Халтурный – Теплый  
– Светлый – Последовательный – Загадочный – Качественный

---

\* Nielsen J., Landauer T.K. A mathematical model of the finding of usability problems.– CHI '93 Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems pp. 206-213

– Интересный – Ненадежный – Гибкий – Красивый – Некрасивый –  
Непривлекательный – Полезный – Глупый – Запутанный – Удобный  
– Понятный – Непредсказуемый – Четкий – Тяжелый – Современный  
– Легкий – Дружественный – Нестандартный – Плохой – Надежный  
– Сложный – Простой – Темный – Профессиональный – Медленный  
– Круглый – Печальный – Недружественный – Предсказуемый –  
Непонятный – Быстрый – Головоломный – Грустный – Приятный\*

Обратите внимание, что слова неслучайно даны вперемешку, именно так и нужно предъявлять их респондентам.

### **Лояльность пользователей (Net Promoter Score, NPS)**

Определение уровня лояльности достаточно просто и основывается на анкетной оценке пользователя — от 0 (совсем не нравится) до 10 (очень нравится). Ответы разбиваются на сегменты (евангелисты: 9-10, пассивные пользователи: 7-8, противники: 0-6).

Вычитая долю противников из доли евангелистов и преобразуя ее в процентах, получаем уровень лояльности. Например, если у вас 100 евангелистов и 30 обычных пользователей и 80 противников, то NPS равна 20%. Это значит пользователей, которые любят ваш продукт на 20% больше, чем недовольных.

При рассмотрении 1000 пользователей нескольких популярных программных продуктов, исследования Джеффа Сауро показали, что средний уровень лояльности составил 21%.

### **Software Usability Measurement Inventory, SUMI**

SUMI — это анкета, содержащая 50 вопросов, на каждый из которых предусмотрены только ответы «согласен», «не согласен», «не знаю». Ниже приведены несколько примеров вопросов:

- Я бы порекомендовал это моим друзьям
- Инструкции и подсказки помогли мне
- Иногда я сомневался, правильную ли команду я использовал

---

\* Benedek J., Miner T. Product Reaction Cards.— developed and published by Microsoft, 2002

— Информация была преподнесена ясно и структурированно

Все вопросы SUMI относятся к пяти категориям: эффективность, эмоциональный отклик, качество помощи, управляемость, обучаемость.

Результат SUMI анкетирования представляется в виде графика и таблицы с результатами пользователей. Результаты пользователей, грубо отличающиеся в какую-либо сторону, исключаются из исследования.

### **System Usability Scale, SUS**

SUS — разработанная Джоном Бруком оценка юзабилити, которая включает 10 пунктов\*. Нечетные номера пунктов сформулированы позитивно, а четные негативно.

1. Я хотел бы использовать эту систему часто
2. Я нашел систему излишне сложной
3. Я считаю систему простой в использовании
4. Я думаю, мне будет нужна служба поддержки для использования этой системы
5. Мне кажется, что различные функции в этой системе хорошо интегрированы
6. Я думаю, что в системе слишком много несоответствий
7. Я полагаю, что большинство людей легко научатся пользоваться этой системой
8. Я обнаружил, что система очень неповоротлива и утомительна
9. Я чувствовал себя очень уверенно, используя систему
10. Мне нужно было приобрести много новых навыков, прежде чем я мог начать работать с этой системой

---

\* Brooke, J., Jordan, P. W., Thomas, B., Weerdmeester, B. A., & McClelland, I. L. SUS: A 'quick and dirty' usability scale. Usability evaluation in industry.— London, UK: Taylor & Francis, 1996.

Чтобы использовать SUS, участникам должна быть выдана шкала от 1 до 5 (от «полностью несогласен», до «полностью согласен»). Для получения окончательной оценки получившееся число нужно умножить на 2.5. Таким образом максимальная оценка составит 100 баллов, с шагом 2.5 пунктов. SUS является самым популярным вопросником для измерения восприятия юзабилити. SUS оценки варьируются от 0 до 100. В таблице ниже приведены квантили диапазона оценки.

Таблица 2.2.– Квантили диапазона оценки SUS Джеффа Сауро

Grade	SUS	Percentile Rank	Est. Comp Rate
A+	90	99%	100
A	82	93%	100
A-	80	88%	100
B+	78	83%	95
B	75	73%	86
B-	73	67%	81
C+	72	63%	78
C	68	50%	67
C-	63	36%	53
D	55	20%	30
F	50	13%	16
F	44	8%	0

При нормализации результатов сырая оценка SUS 74 превращается в процентиле в 70%. Чтобы попасть в верхний 10% (процентиль, где пользователи, скорее всего, будет рекомендовать продукт другу) промежуток, нужно набрать 80.3. Все, что ниже 51 остается в нижних 15%. Средняя СОЮ составляет 68. Результаты выше 68 считаются выше средних.

#### **Оценка сложности задач, базирующаяся на единственном вопросе**

SEQ — это метрика, основанная на единственном вопросе, который предлагает пользователям оценить, насколько трудной они считают задачу по 7-балльной шкале, где 1 — очень трудно и 7 — очень легко. Средняя сложность задач оцениваемая с помощью SEQ составляет 4,8.

#### **2.3.4. Количественные оценки базирующиеся на экспериментальных данных**

### **Количество ошибок**

Запись любых непреднамеренных действий, ошибок, промахов, оплошностей или просчетов которые пользователь совершает при попытке решить задачу. В дальнейшем можно ошибки или классифицируются по категориям. Среднее количество ошибок при выполнении задачи составляет 0,7. При исследовании на выборке из 719 задач, Джефф Сауро установил, что при подсчете количества промахов и ошибок, у двух из каждых трех пользователей (2/3) была ошибка. Только 10% всех наблюдаемых задач были выполнены безошибочно.

### **Средний уровень выполнения задач**

Базовая юзабилити-метрика выполнения задач — простейший способ измерить юзабилити. Обычно записывается в виде двоичных показателей (1— задача выполнена, 0 — задача провалена). Если пользователи не могут достичь своих целей, то остальное уже не важно. Средний уровень выполнения задач составляет 78% (после исследования более 1100 случаев Джеффом Сауро и Measuring Usability).

### **Объединенная метрика (Single Usability Metric, SUM)**

SUM является средним значением суммы нескольких метрик: метрики завершенности задач, временного показателя и метрики сложности задачи. Средний балл SUM составляет 65%. Это для 3-метрической оценки SUM. Он будет выше для 4-метрической оценки, которая включает в себя ошибки.

В таблице ниже приведены таблицы SUM и процентилей рейтинге из 100 задач. Например, получение сумма баллов за задачу выше 87% ставит задачу в 95-й перцентиль.

Таблица 2.3.— Распределение по перцентильям в соотв. с данными, базирующимися на оценках SUM, собранных со 100 веб-сайтов и ПО.

SUM %	Percentile Rank
55	25%
68	50%
78	75%
82	85%

84	90%
87	95%
91	99%

## Примеры

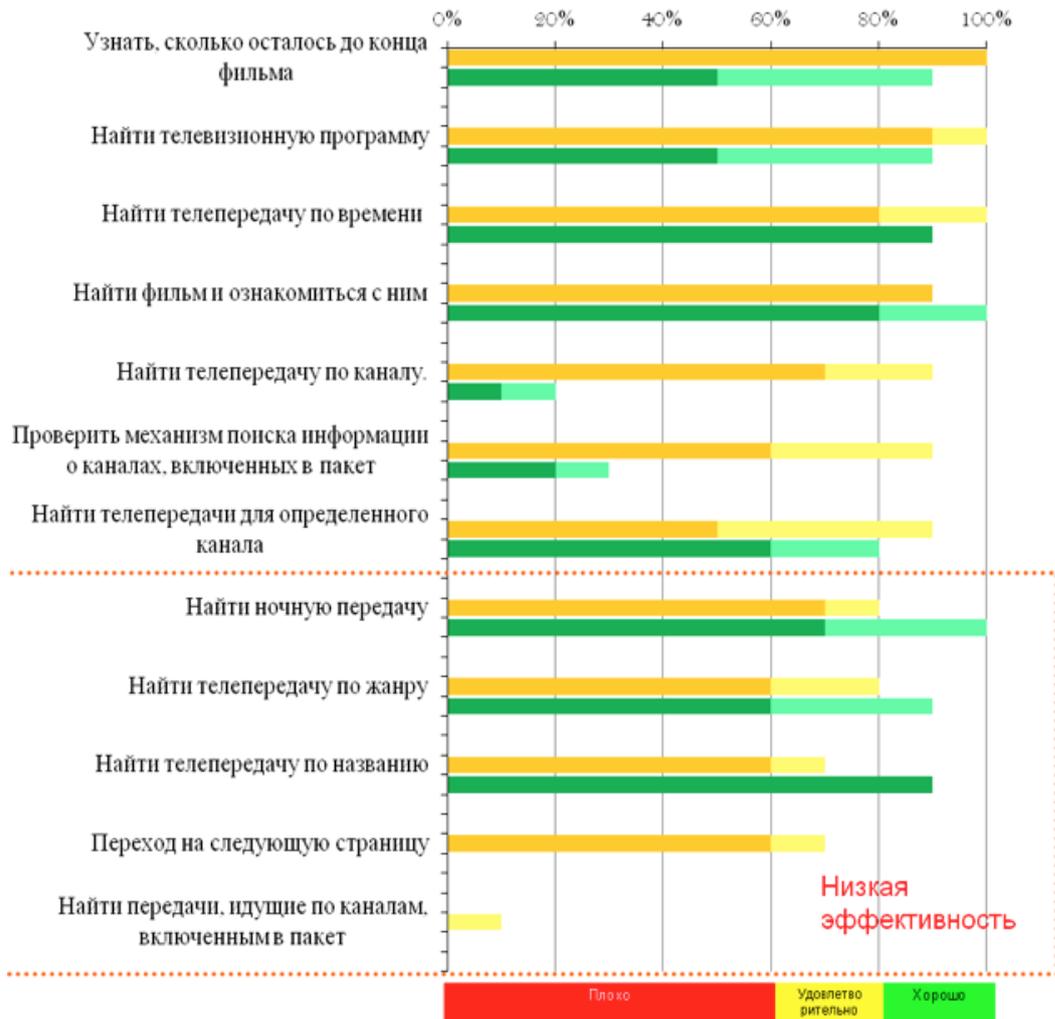


Рис. 2.7. – Определение эффективности интерактивной телепрограммы на основе пользовательских тестов (совмещено с анализом конкурентов). Эффективность в данном случае определяется по времени и количеству допущенных ошибок

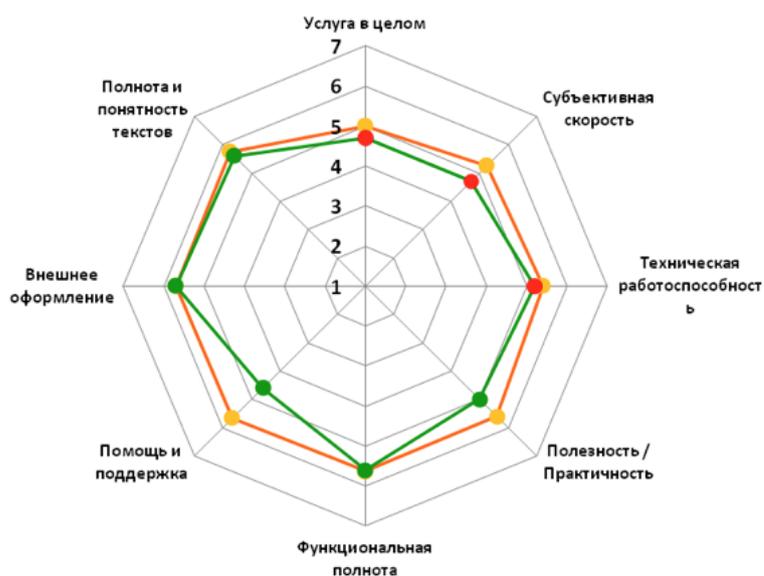


Рис. 2.6. – Оценка характеристик нескольких конкурирующих продуктов на основе анкетирования пользователей

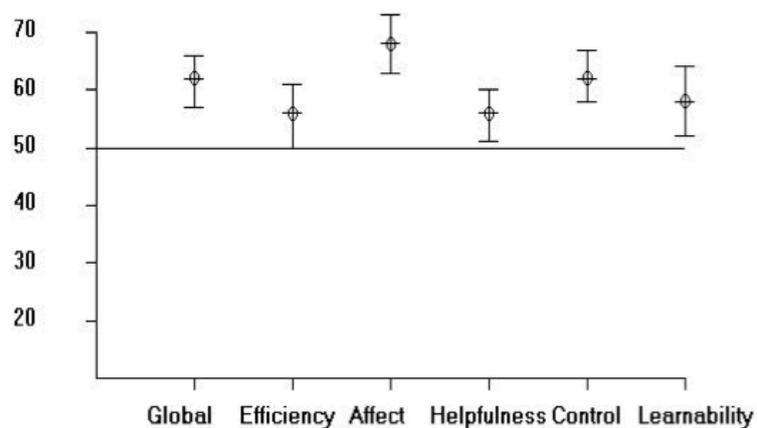


Рис.2.9. – График распределения результатов анкетирования SUMI

Таблица 2.5. – Результаты анкетирования SUMI, выделены отличающиеся результаты, которые не стоит учитывать в итоговой оценке

	G	E	A	H	C	L
User 1	60	52	59	<b>69</b>	47	32
User 2	57	48	53	62	41	61
User 3	25	19	46	35	22	33
User 4	17	14	28	11	26	23
User 5	61	63	55	44	<b>60</b>	64
User 6	24	23	23	36	22	14
User 7	53	62	44	..	..	..
User ..	..	..	..	..	..	..

### 2.3.5. Формальные методы оценки

#### Информационный поиск

К информационному поиску, т.е. нахождению на мониторе объекта с заданным признаком, сводится много видов деятельности пользователя.

Математическое ожидание времени поиска вычисляется по формуле:

$$\tau = \frac{\frac{N}{\eta} + 1}{M + 1} t, \quad (2.2)$$

где  $N$  – общий объем информации (количество элементов на экране пользователя);

$M$  — количество элементов, обладающих заданным для поиска признаком;

$\eta$  — оперативный объем зрительного восприятия;

$t$  — длительность зрительной фиксации.

Величина  $\eta$  ограничена объемом оперативной памяти ( $5 \pm 2$  элемента) и оперативным полем зрения 10 градусов. Длительность фиксации  $t$  зависит от способа кодирования информации и сложности решения задачи. Для определения  $t$  в каждом конкретном случае используют методику, основанную на сочетании экспериментального и аналитического методов.

При этом предполагается проведение небольшого по объему эксперимента. Суть метода заключается в следующем. Выбирают  $m$  различных задач, решаемых пользователем. Каждую задачу разбивают на  $n$  различных, но одинаковых для каждой задачи типов элементарных действий. Число действий  $j$ -го вида в  $i$ -той задаче обозначим  $a_{ij}$ . Тогда среднее значение времени решения  $i$ -той задачи равно

$$a_{i1}t_1 + a_{i2}t_2 + \dots + a_{in}t_n = T_i \quad (2.3)$$

где  $t_j$  — среднее значение времени выполнения  $j$ -го элементарного действия ( $j = 1 \dots n$ )

Если имеется  $m$  задач, различающихся значениями  $a_{ij}$ , то можно получить  $m$  линейных алгебраических уравнений с  $n$  неизвестными  $t_j$ .

На основании теоремы о сложении дисперсий независимых величин имеем:

$$a_{i1}\sigma_1^2 + a_{i2}\sigma_2^2 + \dots + a_{in}\sigma_n^2 = S_i^2 \quad (2.4)$$

где  $\sigma_j^2$  — дисперсия времени выполнения  $j$ -го действия

$S_i^2$  — дисперсия времени решения  $i$ -той задачи

Дисперсия  $\sigma_j^2$  определяются в результате решения системы из  $m$  уравнений. Величины  $T$  и  $S$  берутся из эксперимента.

Исходя из рассчитанного времени информационного поиска можно определить сложность интерфейса.

#### **Информационная производительность**

$E$  — информационная производительность интерфейса. Определяется как отношение минимального количества информации, необходимого для выполнения задачи, к количеству информации, которое должен ввести пользователь. Параметр  $E$  может изменяться в пределах от 0 до 1. Если никакой работы для выполнения задачи не требуется или работа просто не производится, то производительность составляет 1. (Это формальное положение вводится для того, чтобы избежать деления на 0).

Производительность  $E$  может равняться и 0 в случаях, когда пользователь должен ввести информацию, которая совершенно бесполезна. Следует отметить, что в интерфейсах можно встретить немало деталей, которые имеют сомнительную ценность из-за параметра  $E = 0$ . Примером такого бесполезного элемента может быть диалоговое окно, в котором есть только одна-единственная возможность для действия пользователя, например кнопка ОК.

Информация измеряется в битах. Один бит, который представляет собой один из двух альтернативных вариантов (0 или 1, да или нет), является единицей информации.

Например, чтобы выбрать один из каких-либо четырех объектов, потребуется 2 бита информации. Если объекты обозначить как А, В, С и D, первый бит информации определит выбор между А и В или С и D. Когда первый выбор сделан (например, С и D), второй бит определит выбор между следующими двумя элементами (либо С, либо D). Двух двоичных выборов, или двух битов, достаточно для выбора одного элемента из четырех. Чтобы сделать выбор из группы восьми элементов, потребуется 3 бита. Из шестнадцати элементов — 4 бита, и т.д. В общем случае при количестве  $n$  равновероятных вариантов суммарное количество передаваемой информации ( $I$ ):

$$I = \log_2 n \quad (2.5)$$

Количество информации для каждого варианта определяется как

$$I = \log_2 n/n \quad (2.6)$$

Если вероятности для каждой альтернативы не являются равными 0 и  $i$ -я альтернатива имеет вероятность  $p(i)$ , то информация, передаваемая этой альтернативой, определяется как

$$I = p(i) \times \log_2(1/p(i)) \quad (2.7)$$

Количество информации является суммой по всем вариантам.

Отсюда следует, что информационное содержание интерфейса, в котором возможно сделать только нажатие единственной клавиши (а ненажатие клавиши не допускается), составляет 0 бит:

$$I = \log_2 1 = 0$$

Однако может показаться, что нажатие единственной клавиши способно, например, вызвать подрыв динамита для разрушения здания. Таким образом, передает ли это нажатие какую-нибудь информацию? На самом деле нет, потому что ненажатие кнопки не было предусмотрено как альтернатива — интерфейс допускает «только нажатие единственной клавиши». Если же нажатие клавиши не производится в течение 5-минутного периода, когда подрыв возможен, то здание не будет разрушено, и поэтому нажатие или ненажатие передает до 1 бита информации, так как в этом случае имеется альтернати-

ва из двух вариантов. В вычислениях используется вероятность  $p$  того, что здание будет разрушено. Таким образом, вероятность того, что оно не будет разрушено, составляет  $1-p$ . Мы можем вычислить информационное содержание данного интерфейса:

$$I = p \times \log_2(1/p) + (1-p) \times \log_2(1/(1-p))$$

При  $p = S$  результат выражения составит:

$$S \times I + S \times I = S + S = I$$

Значение выражения будет меньше 1, если  $p \neq S$ . В частности при  $p = 0$  или  $p = 1$  оно составит 0.

Этот пример показывает важный момент, который заключается в том, что мы можем оценить объем информации, содержащейся в сообщении, только в контексте всего набора возможных сообщений.

Чтобы подсчитать количество информации, передаваемой некоторым полученным сообщением, необходимо знать в частности вероятность, с которой это сообщение может быть отправлено. Количество информации в любом сообщении не зависит от других сообщений, которые были в прошлом или могут быть в будущем, не связано со временем или продолжительностью и не зависит от каких-либо иных событий, так же как результат подбрасывания симметричной монеты не зависит от результата предыдущих подбрасываний или от времени дня, когда это подбрасывание производится.

Однако действия, которые совершает пользователь при выполнении задачи, можно с большей точностью смоделировать в виде процесса Маркова, в котором вероятность последующих действий зависит от уже совершенных пользователем действий. Тем не менее, для данного рассмотрения достаточно использовать упомянутые вероятности отдельных, единичных событий, при этом будем исходить из того, что все сообщения являются независимыми друг от друга и равновероятными.

Также можно вычислить количество информации, которое передается с помощью устройств, отличающихся от клавиатуры. Если экран дисплея разделен на две области — со словом «Да» в одной области и сло-

вом «Нет» — в другой, то один клик, совершенный в одной из областей, будет передавать 1 бит информации. Если имеется  $n$  равновероятных объектов, то нажатием на один из них сообщается  $\log_2 n$  бит информации. Если объекты имеют разные размеры, то количество информации, сообщаемой каждым из них, не изменяется, но увеличивается время перемещения ГУВ к более мелким объектам. Если объекты имеют разные вероятности, формула остается аналогичной той, которая была дана для случая ввода с клавиатуры равновероятных данных. Различие состоит только в том, что для нажатия клавиши может потребоваться 0.2 с. тогда как для нажатия кнопки в среднем может потребоваться около 1.3 с (без учета времени перемещения руки пользователя с клавиатуры на ГУВ).

В случае голосового ввода информации его информационное содержание можно вычислить, если рассматривать речь как последовательность вводимых символов, а не как непрерывный поток определенного диапазона и продолжительности.

Информационная производительность интерфейса и скорость выполнения – слабо коррелирующие величины. Решение, позволяющее запрашивать у пользователя меньше информации может занимать больше времени, и наоборот.

Время, необходимое пользователю для выбора из многообразия вариантов описывает закон Хика\*. Закон Хика — утверждение, что время реакции при выборе из некоторого числа альтернативных сигналов зависит от их числа.

$$T = b \cdot \log_2(n + 1), \quad (2.8)$$

где  $n$  – количество возможных альтернатив,

$T$  – среднее время совершения действия,

$b$  – константа, которая должна быть определена эмпирически исходя из характеристик пользователя.

---

\* Hick, William E.; On the rate of gain of information. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 4:11-26, 1952.

## Модели KLM-GOMS

GOMS — модель, основанная на оценке скорости печати. Разработчики модели GOMS во время ее создания заметили, что время, требующееся для выполнения какой-то задачи системой «пользователь-компьютер», является суммой всех временных интервалов, которые потребовались системе на выполнение последовательности элементарных жестов, составляющих данную задачу. Хотя для разных пользователей время выполнения того или иного жеста может сильно отличаться, исследователи обнаружили, что для большей части сравнительного анализа задач, включающих использование клавиатуры и графического устройства ввода, вместо проведения измерений для каждого отдельного пользователя можно применить набор стандартных интервалов. С помощью тщательных лабораторных исследований был получен набор временных интервалов, требуемых для выполнения различных жестов.

- $f_K$  (0,28с.) – однократное нажатие клавиши. Вводятся отдельные значения для различных категорий пользователей – эксперт (90 ударов в минуту, 0,12с. на удар), опытный пользователь (55 ударов в минуту, 0,2с. на удар), обычный пользователь (40 ударов в минуту, 0,28с. на удар), новичок (скорость печати неравномерна, 1,2с. на удар). Рекомендуется использовать значение 0,28 с.;
- $f_T(n)$  – логически связанная последовательность нажатий (например, набор слова на клавиатуре), эквивалентно операторам  $K$ , взятым количестве  $n$ . Вычисляется как  $T(n)=n \times K$ ;
- $f_P$  (1,1с.) – указание с помощью манипулятора типа “мышь” на необходимый участок экрана;
- $f_B$  (0,1с.) – нажатие или отпускание кнопки на манипуляторе типа “мышь”;
- $f_{BB}$  (0,2с.) – нажатие, а затем отпускание кнопки на манипуляторе типа “мышь” (одиночный “клик”);
- $f_H$  (0,4 с.) – перемещение рук с клавиатуры на мышь и с мыши на клавиатуру;
- $f_M$  (0,6-1,35с, рекомендуется использовать значение 1,2 с.) – ментальное действие – время, необходимое пользователю для поиска решения;

—  $f W(t)$  – допустимое время ожидания пользователем ответа системы.  
Значение должно быть определено для каждого конкретного случая.

Если для выполнения команды требуется дополнительная информация (как, например, в случае когда для установки будильника пользователю требуется указать время его включения), эта информация называется аргументом данной команды.

Если однотипные действия выполняются в виде серии (например, последовательное нажатие кнопок), то время выполнения первого действия берется табличное, а время всех последующих действий уменьшается на 40%

Если стереотипная (выполняемая по известному алгоритму) последовательность действий прерывается на решение другой, внезапно возникающей задачи, то время выполнения первого (очередного) действия после возвращения к прерванной задаче увеличивается на 25% при вероятности появления второй задачи 0,005-0,1, на 150% при вероятности появления второй задачи менее 0,1.

Если пользователь параллельно (или с быстрым переключением) выполняет два вида операций, то время операций каждого ряда увеличивается на 50%.

Для уточнения модели KLM-GOMS можно использовать закон Фиттса\*. Закон Фиттса (или Фитса) определяет скорость взаимодействия пользователя с элементами интерфейса. Очевидно, время взаимодействия зависит от размеров элемента управления и дистанции, которую предстоит проделать курсору мыши. Одна из математических формулировок закона Фиттса — формулировка Шеннона — выглядит следующим образом:

---

\* Paul M. Fitts (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, volume 47, number 6, June 1954, pp. 381–391. (Reprinted in *Journal of Experimental Psychology: General*, 121(3):262–269, 1992).

$$T = a + b \log_2 \left( 1 + \frac{D}{W} \right), \quad (2.9)$$

$T$  — среднее время, необходимое для перемещения курсора,  
 $a$  и  $b$  — константы, устанавливаемые опытным путем и представляющие время отклика и скорость устройства ввода,  
 $D$  — дистанция,  
 $W$  — ширина элемента управления, измеренная по линии движения курсора.

#### **Оценка сложности системы Тима Комбера и Джона Мэлтби**

Обозначим сложность системы  $C$ . В соответствии с теорией информационной энтропии Клода Шеннона, доработанной Джи Бонсипе\* сложность будет определяться по формуле:

$$C = -N \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (2.10)$$

где  $N$  — количество всех объектов,

$p_i$  — отношения объектов в  $i$ -том классе ко всем объектам ( $p_i = n_i/n$ ),

$n$  — количество классов объектов,

$n_i$  — количество объектов  $i$ -го класса,

Для использования в видео-дисплейных терминалах используем методику, разработанную в вышеупомянутой работе Investigating Layout Complexity:

$$C = C_S + C_D,$$

где  $C_S$  основана на классах-размерах объектов и  $C_D$  на классах-взаимном расположении.

---

\* Bonsiepe, G.A., A Method of Quantifying Order in Typographic Design, Journal of Typographic Research, Vol. 2, 1968, pp. 203-220.

Сложность отдельного объекта:

$$C_o = C/N$$

#### **XAOS – Actions, Organizational elements, Summed entropy of RGB values**

Метрика разработана Кристианом Штикелем для определения сложности интерфейса исходя из анализа визуальной составляющей\*.

Очевидным и простым способом для определения визуальной сложности интерфейса является измерение размера графического файла (JPEG, TIFF, GIF) с некоторым образцом. Сжатие графических изображений рассматривается не с точки зрения зрительного восприятия, а с точки зрения теории информации.

Визуальная сложность  $X$  зависит от трех факторов:

$$X = A \times O \times S, \tag{2.11}$$

где  $A$  – количество возможных взаимодействий, который могут рассматриваться как функциональные элементы;

$O$  – количество групп, в которые можно организовать отдельные элементы;

$S$  – суммарная энтропия RGB.

Все виды ссылок или элементов графического интерфейса (такие как кнопки, чекбоксы и т.д.) мы рассматривали как функциональные элементы.

#### **LOC-CC модель измерения сложности**

Методика разработана Иззатом Альсмади и Мохаммедом Аль-Каби\*\*.

При разработке метрики были учтены ограничения: метрика или комбинация метрик должны рассчитываться автоматически с помощью metadata пользовательского интерфейса

---

\* Stickel C., Ebner M., Holzinger A. The XAOS Metric – Understanding Visual Complexity as a measure of usability. – Work & Learning, Life & Leisure, Springer, 2010, pp. 278-290

\*\* Alsmadi I., Al-Kabi M. GUI Structural Metrics // The International Arab Journal of Information Technology, Vol. 8, No. 2, April 2011

и должны позволять использование в процессе разработки.

Количество контролов (Controls' Count, CC) сравнивается с количеством строк кода (Lines of Code, LOC). Очевидно, что программа имеющая миллионы строк кода ожидаемо будет более сложной, чем программа, чье количество строк кода измеряется в тысячах. Точно так же, интерфейс, имеющий большое количество контролов скорее всего более сложен, чем интерфейс, имеющий мало управляющих элементов. Так же, как в случае со строками кода LOC это не прямая зависимость, но эта метрика проста для измерения и тестирования.

Авторами разработан инструмент, пригодный для автоматического тестирования, подсчитывающий количество CC и на основании этих данных, показывающий динамику изменений интерфейса.

## Примеры

Рис. 2.10. – Виджет конвертации валют-1



Рис. 2.11. – Расчет по модели KLM-GOMS виджета конвертации валют-1

С использованием «Enter»:

$$H+M+P+K+H+M+K+M+K+K+K+M+K = 8,7 \text{ с}$$

С использованием мыши:

$$H+M+P+K+H+M+K+M+K+K+K+H+M+P+K = 10,2 \text{ с}$$

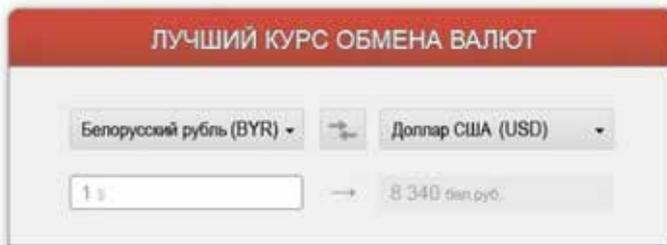


Рис. 2.12. – Виджет конвертации валют-2



Рис. 2.13. – Расчет по модели KLM-GOMS виджета конвертации валют-2

$$H+M+P+K+H+M+K+K+K+K = 5,6 \text{ с}$$



Рис. 2.14. – Расчет с помощью закона Фиттса виджета конвертации валют-1

$$T_1 = 50 + 150 \times \log_2(65/17 + 1) = 390 \text{ мс}$$

$$T_2 = 50 + 150 \times \log_2(45/20 + 1) = 305 \text{ мс}$$

$$T = 390 + 305 = 695 \text{ мс}$$

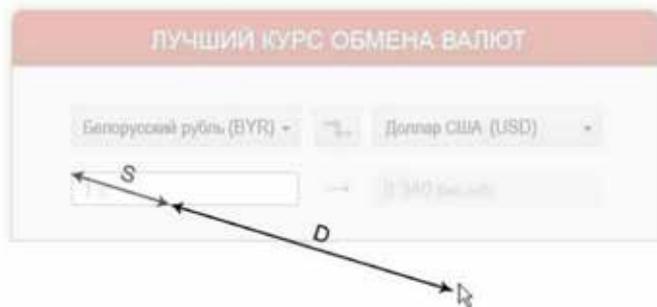


Рис. 2.15. – Расчет с помощью закона Фиттса виджета конвертации валют-2

$$T = 50 + 150 \times \log_2(60/22 + 1) = 334 \text{ мс}$$

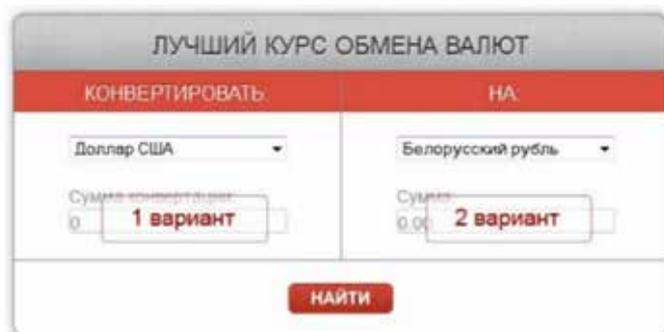


Рис. 2.16. – Расчет с помощью закона Хика виджета конвертации валют-1

$$T = 150 \times \log_2(2 + 1) = 237 \text{ мс}$$

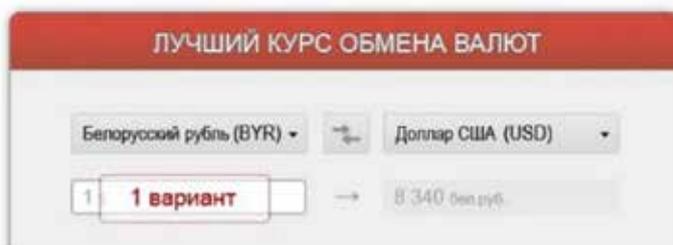


Рис. 2.17. – Расчет с помощью закона Хика виджета конвертации валют-2

Время на выбор варианта окна ввода информации не теряется

## 2.4. Система менеджмента качества, как основа разработки эргономичного интерфейса

В современном мире подход к качеству только как к «соответствию стандартам» устарел. Чтобы удовлетворить покупателя, компания-производитель должна придерживаться философии постоянного улучшения качества и уделять внимание менеджменту качества на всех этапах производства.

Множество технологий управления требованиями, которые применяются в разработке ПО, например, Agile, XP, Lean, Scrum, RUP и др., выполняют функции идентификации, выявления, документирования, анализа, отслеживания, приоритизации требований лиц.

Крупнейшие компании применяют эти и другие методологии, позволяющие им постоянно улучшать продукт в соответствии с требованиями пользователей.

Безусловно, сертификация менеджмента таких компаний будет более информативна для потребителей на длительном промежутке времени. Правильный процесс менеджмента, ориентированный на заказчика, позволит компании показывать хорошие результаты на длительном промежутке времени.

Тем не менее, у потребителя нередко возникает необходимость оценить несколько моделей одного производителя. Чтобы помочь покупателю сориентироваться между различными моделями, целесообразно ввести оценку эргономических свойств продукта, базирующуюся не на системе менеджмент, а на непосредственных качествах продукта. Так же такая система может быть применена для продуктов, которые, даже будучи произведены в компании, не внедрившей систему качества, тем не менее обладают высокими пользовательскими свойствами благодаря талантливим специалистам.

Система менеджмента, ориентированная на постоянное улучшение качества, предполагает опросы и исследования аудиторией. Для разработанной в данной работе количественной оценки будут важны эти исследования, поэтому компаниям, чей технологический процесс уже включает в себя эти стадии, декларация соответствия не будет требовать затрат на дополнительные исследования.

Ниже приведены основные модули разработки и управления требованиями, результаты которых целесообразно использовать в процессе декларации соответствия.

### **Идентификация заинтересованного лица**

Заинтересованные лица являются людьми или организациями (юридические лица, такие как компании, комитеты по стандартизации), у которых есть действительный интерес к системе. Они могут быть затронуты этой системой прямо или косвенно. Начиная с 1990-х основной акцент при разработке требований ставится на идентификации заинтересованных лиц. При этом нужно учесть что заинтересованные лица не ограничены организацией, нанимающей аналитика. К заинтересованным лицам также относятся:

- любой, кто пользуется системой (пользователи и обслуживающий персонал)
- любой, кто извлекает выгоду из системы (функциональную, политическую, финансовую и социальную)
- любой вовлечённый в покупку или обеспечение системы
- организации, которые регулируют аспекты системы (финансовые, безопасность, и другие)
- люди или организации, настроенные против системы (отрицательные заинтересованные лица),
- организации, ответственные за системы, которые взаимодействуют с системой согласно проекту
- те организации, которые объединяются горизонтально с организацией, для которой аналитик проектирует систему

### **Опрос заинтересованных лиц**

Опрос заинтересованных лиц является широко используемой техникой при сборе требований. Эти опросы могут выявлять требования не попавшие в рамки проекта либо противоречащие ранее собранным. Однако каждое заинтересованное лицо будет иметь собственные требования, ожидания и видение системы.

### **Сценарии использования**

Вариант использования (англ. Use Case) — техника для документации потенциальных требований для создания новой системы или изменения существующей. Каждый вариант описывает один или несколько способов взаимодействия системы с конечным пользо-

вателем или другой системой, для достижения определённой цели. Варианты использования обычно избегают технического жаргона, предпочитая вместо этого язык конечного пользователя или эксперта в данной области. Они часто создаются совместно специалистами по сбору требований и заинтересованными лицами.

Варианты использования — наиболее важный инструмент для моделирования требований с целью спецификации функциональных возможностей разрабатываемого программного обеспечения или системы в целом. Они могут содержать дополнительное текстовое описание всех способов, которыми пользователи могут работать с программным обеспечением или системой. Такое текстовое описание называется сценарием. Как правило, варианты использования отвечают на вопрос «Что должна выполнить система для конкретного актера?», не отвечая на вопрос «Каким образом система должна это реализовать?» Текст сценария в этом случае дополняет графическое представление вариантов использования в форме описания последовательности шагов или действий, следуя которым пользователь может достичь желаемой цели при взаимодействии с системой. Полнота функциональных требований к разрабатываемой системе достигается спецификацией всех вариантов использования с соответствующими сценариями, отражающими все пожелания и потребности пользователей к разрабатываемой системе.

## 3. Разработка количественной оценки

### 3.1. Ограничения использования формальной численной оценки

Существует несколько методик оценки пользовательских интерфейсов. С привлечением экспертов, с привлечением пользователей и количественные методы.

Проблемы оценок с привлечением пользователей:

- Дорого привлекать реальных пользователей;
- Долго искать реальных пользователей;
- Не всегда есть возможность привлекать реальных пользователей.

Проблемы экспертных оценок:

- Низкое качество оценки;
- Долго проводить оценку;
- Нет доказательств правильности;
- Нужен хороший юзабилити-специалист;
- Дорого привлекать специалиста.

Потенциальный недостаток подхода количественных формальных метрик заключается в неэтичности сводки оценки работы человека к нескольким числовым параметрам и по ним судить о производительности и удобстве. Полная и всеобъемлющая оценка приложения или системы возможна только экспертной группой после получения экспериментальных результатов от пользователей.

Но для небольших систем целесообразно использовать методику формальных оценок, которая большей частью основана на количественных выводах. Формальные оценки получаются недостаточно полными без использования экспертной помощи, но участие экспертов сведено к минимуму, что значительно снижает издержки. Из-за сравнительно

низкой цены способа, оценить уровень эргономичности своего продукта сможет большое количество небольших команд разработчиков.

Не подходят для формальной количественной оценки любые приложения, предназначенные для творческой деятельности использующие суперконтроль-рабочую область (Photoshop, Illustrator, AutoCAD), и имеющие неформализованные критерия результата. Пригодность для численной оценки определяется экспертом.

Эргономичность приложения является некоторой функцией:

$$Э = f(C, R, I, Q, B).$$

где  $C$  (complexity) — сложность, дальше рассматривается как функция зависящая от количества классов объектов (разнообразие классов) и количества объектов в каждом классе;

$R$  (readability) — легкочитаемость, визуальная гармоничность;

$I$  (information) — информационная эффективность (передача только необходимой информации программе). Возможно, может быть оценена как длина последовательности контролов, с которыми нужно взаимодействовать пользователю, что выполнить задачу. В терминах дерева GUI XML — это самый длинный или самый глубокий путь или иначе tree depth.;

$Q$  (quickness) — быстрота взаимодействия (зависит от взаиморасположения и величины объектов, с которыми взаимодействует пользователь);

$B$  (branching) — максимальное количество путей, по которым пользователь может пойти, после взаимодействия с неким контролом. Так же можно рассматривать эту метрику как максимальное число детей контрола в дереве XML.

Так как функция содержит слишком много параметров, которые в данный момент невозможно верно оценить, оценка будет вестись по параметру  $C$ .

## 3.2. Предварительные исследования. Участие экспертов

Разрабатываемая методика оценки базируется на идее эргономичности как выполнения задач пользователя самым быстрым и оптимальным путем. Поэтому для оценки продукта необходима информация о пользователях.

### 3.2.1. Источник данных. Требования к респондентам

Если система уже реализуется на рынке, рекомендуется исходить из актуальной информации о пользователях, если нет, то использовать данные предварительного анализа, либо данные о пользователях похожего ПО.

При разработке ПО на основе принципов постоянного управления качеством, данные о пользователях должны быть собраны еще до начала разработки, как фундамент для проектирования. Поэтому требование предоставления статистики о пользователях не должно удорожать получение оценки.

Если же этих данных нет и получить их не представляется возможным, то коэффициент значимости для каждого типа пользователей определяется экспертом. Актуальная информация о пользователях системы должна основываться на выборке не менее чем из 50 человек. Выборка может быть получена с помощью инструментов, собирающих статистику с уже работающего продукта, либо из специально проведенного наблюдения за пользователями.

### 3.2.2. Определение типов пользователей

Сначала необходимо понять для выполнения каких задач пользователи используют оцениваемое ПО. Задача – это цель, которая должна быть достигнута с помощью программного обеспечения. Важно понимать, что задачей не может являться, например, установка таймера микроволновой печи на 6 мин. 30 сек., задачей является получить еду, подогретую до определенной температуры или правильно ее разморозить. Соответственно, задача может выполняться благодаря умному сканеру, который будет самостоятельно

распознавать тип блюда и необходимое для него время разморозки.

Пользователи распределяются на группы с соответствии с их задачами. Такие параметры как возраст, пол, знакомство с системой на данном этапе не учитываются. Группы пользователей обозначаются соответственно  $U_1, U_2, U_3 \dots U_k$ .

Оптимальное количество рассматриваемых задач должно быть не слишком большим и не слишком маленьким. Слишком большое количество рассматриваемых задач приведет к удорожанию и затягиванию процесса оценки. Слишком же маленькое количество задач даст нерелевантную оценку.

Целесообразно выделять не более 10 типов пользователей, у каждого из которых будет не более 3 приоритетных задач.

### 3.2.3. Определение пропорций количества пользователей каждого типа

На этой стадии определяются коэффициенты соотношений размеров категорий пользователей к количеству всех пользователей.

$K_n(U_k)$  — (number of users) коэффициент соотношения количества пользователей  $U_k$  к числу всех пользователей.

$$K_n(U_k) = \frac{N(U_k)}{N \sum_{i=1}^n U_i}, \quad (3.1)$$

Соответственно, сумма количественных коэффициентов будет равно 100% для всех пользователей.

### 3.2.4. Оценка частоты использования

Каждый из пользователей работает над продуктом в течение какого-то промежутка времени. Длительность промежутка может быть установлена с помощью интервью или анкетирования, но более надежным способом является наблюдение и составление среднего статистического значения.

$K_{su}(U_k)$  — (system usage) относительный коэффициент использования системы пользователями  $U_k$ .

$$K_{\text{вв}}(U_k) = \frac{\nu(U_k)}{\nu_{\text{max}}}, \quad (3.2)$$

где  $\nu_{\text{max}}$  – максимальная частота использования для всех типов пользователей.

Частота использования определяется из исследования, если продукт или близкие по функциям системы, уже присутствуют на рынке, или из предварительного анализа.

Частота использования определяется исходя из времени, которое пользователь проводит, взаимодействуя с системой. Так как коэффициент относительный, то есть безразмерный, единицы могут варьироваться в зависимости от данного исследования, например «часов в неделю», «минут в день», «дней в году».

### **3.2.5. Определение стоимости времени пользователей, либо их значимости с маркетинговой точки зрения**

$K_w(U_k)$  — (user wage) относительный коэффициент стоимости времени пользователей

$$K_w(U_k) = \frac{W(U_k)}{W_{\text{max}}}, \quad (3.3)$$

где  $W_{\text{max}}$  – максимальная средняя зарплата среди пользователей.

Из критерия зарплаты следует исходить, если ПО разрабатывается для внутреннего использования, либо для корпоративных пользователей, которые будут использовать его для решения профессиональных задач. Если ПО предназначено для использования во вне рабочее время, тогда вместо зарплаты учитывается коэффициент маркетинговой значимости пользователей. Например, отдел маркетинга определяет целевую аудиторию и позиционирование микроволновой печи: «для использования в офисе, быстрого подогрева субпродуктов и напитков». Следовательно, тип пользователей, главной задачей которого является быстрый подогрев еды будет обладать более

высоким коэффициентом маркетинговой значимости, чем тип пользователей, которые нуждаются в гриль-готовке или разморозке.

### **3.2.6. Калькуляция коэффициента значимости пользователя из полученных данных, либо присвоение коэффициента экспертом**

$K(U_n)$  – итоговый коэффициент для типа пользователей

$$K_u(U_k) = K_w(U_k) \times K_n(U_k) \times K_s(U_k), \quad (3.4)$$

### **3.2.7. Ранжирование задач для каждого типа пользователей**

Каждой из задач пользователей, выявленных на первой стадии, присваивается коэффициент важности в процентах, исходя из того, что общая сумма коэффициентов должна равняться 100%. Задачи (tasks) обозначаются  $t_1, t_2, t_3$ . Коэффициенты соответственно:  $C_{it}(U_l)$  – коэффициент важности  $t_i U_l$ .

### **3.2.8. Выделение последовательности экранов, необходимой для решения задачи**

После выделения задач, составляются юзкейсы, состоящие из очередности экранов, которые должен пройти пользователь для достижения своей цели.

Например, если при оценке выявлено 2 типа пользователей, у первого из которых 2 приоритетные задачи, а у второго — одна, юзкейсы будут представлять из себя три цепочки.

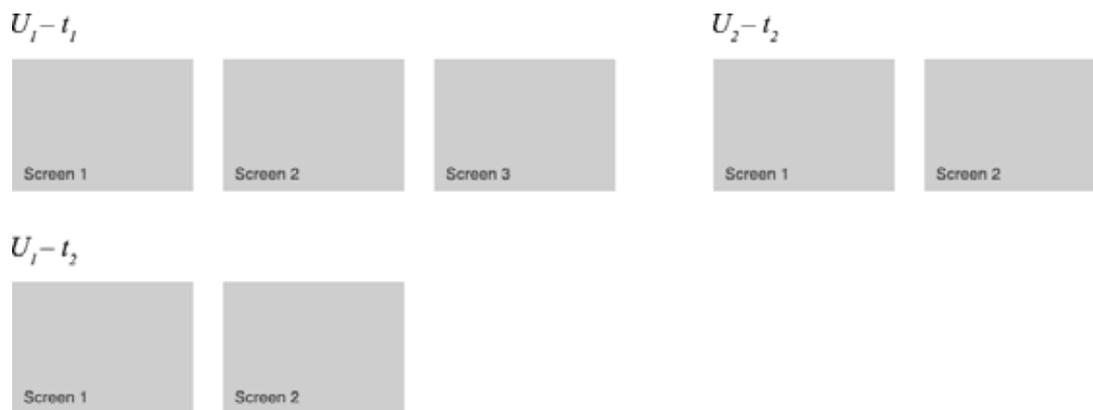


Рис. 4.1. – Пример юзкейсов для системы с 2-мя типами пользователей

### 3.3. Формальный расчет

Изначально оценивается сложность по методике Тима Комбера и Джона Мэлтби:

$$C = -N \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (3.6)$$

где  $N$  — количество всех контролов на 1 экране последовательности,

$p_i$  — отношения объектов в  $i$ -том классе ко всем объектам ( $p_i = n_i/n$ ),

$n$  — количество классов объектов,

$n_i$  — количество объектов  $i$ -го класса.

Исходный алгоритм предполагает оценку только одного, главного экрана приложения, не учитывая оценки нескольких последовательных экранов ПО. Для определения итоговой оценки, сложность каждого экрана ( $C_{sm}$  ( $U_k$ )) приложения определяется по формуле 3.10, после чего полученные показатели суммируются. Итоговый коэффициент сложности для задачи:

$$C_m(U_k) = \sum_{i=1}^m C_{si}, \quad (3.7)$$

Итоговой коэффициент сложности пользователя вычисляется с помощью суммирования сложностей всех его задач с соответствующими коэффициентами важности.

$$C_{ik} = \sum_{i=1}^n (C_{in} \times K_{in}) \quad (3.8)$$

Итоговая сложность программы вычисляется суммированием сложностей каждого пользовательского сценария помноженных на коэффициент важности конкретного пользователя.

$$\Xi_{ik} = \sum_{i=1}^k (C_{ik} \times K_u) \quad (3.9)$$

### 3.4. Разбиение на классы

Группировка (сортировка, классификация) состоит в том, что исследуемое множество разбивают на  $n$  классов и объект относится к одному из них. Внутри каждого класса объекты считаются равнопредпочтительными. Численные границы классов будут определены экспертами после накопления большего объема статистической информации.

### 3.5. Пример расчета оценки

По разработанной методике проведена оценка нескольких сходных по назначению программ. Оцениваемое ПО генерирует QR-коды. QR код «QR - Quick Response - Быстрый Отклик» — это двухмерный штрихкод (бар-код), предоставляющий информацию для быстрого ее распознавания с помощью камеры на мобильном телефоне.

При помощи QR-кода можно закодировать любую информацию, например: текст, номер телефона, ссылку на сайт или визитную карточку. Как показало исследование, проведенное компанией comScore в 2011 году, 20 млн жителей США использовали мобильные телефоны для сканирования QR-кодов.

В Японии подобные коды наносятся практически на все товары, продающиеся в магазинах, их размещают в рекламных буклетах и справочниках.

## Исследование пользователей

Составлено на основе исследований Forrester\*.

### What users expect after a QR Code scan?



Рис. 4.2.– Ожидания пользователей о содержании QR-кода

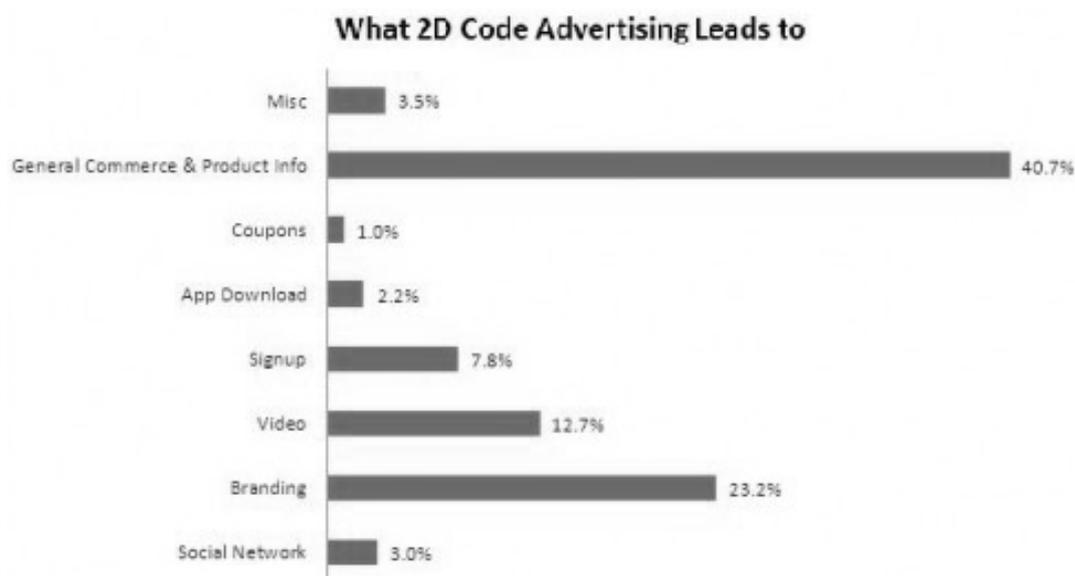


Рис. 4.3.– Статистика использования QR-кодов по содержанию рекламными отделами и агенствами

Технические особенности технологии QR разделяют несколько категорий кодов:

- текст,
- адрес URL, либо адрес URL, используемый определенным приложением (в том числе точка на Google Maps, видеоролик с YouTube, сообщение в Twitter, сообщение в Facebook, сообщение в LinkedIn, сообщение в FourSquare, ссылка на прямое скачивание в App Store, звонок в Skype, адрес электронной почты),
- телефон,

\* Julie A. Ask, – 2D BAR CODES: DRIVING CONSUMERS TO PURCHASE eBusiness Professionals Should Employ These Tactics To Engage Consumers.– Forrester Research [http://www.forrester.com/rb/Research/2d\\_bar\\_codes\\_driving\\_consumers\\_to\\_purchase/q/id/60906/t/2](http://www.forrester.com/rb/Research/2d_bar_codes_driving_consumers_to_purchase/q/id/60906/t/2)

- СМС, отправляемое на определенный номер,
- контакт формата VCard.

Исходя из рис. 4.2. и 4.3. понятно, что абсолютное большинство распознаваемых кодов содержат в себе текст (с информацией о продукте, скидочным кодом и т.д.) либо ссылку, открываемую в браузере или в стороннем приложении.

Выделяем 5 основных типов пользователей:

- $U_1$ : получение QR-кода требуемого размера с некоторым текстом,
- $U_2$ : получение QR-кода требуемого размера со стандартной ссылкой, открываемой в браузере или в некотором стороннем приложении,
- $U_3$ : получение QR-кода требуемого размера с телефонным номером,
- $U_4$ : получение QR-кода требуемого размера содержащего SMS и телефонный номер
- $U_5$ : получение QR-кода требуемого размера с контактной информацией в формате vCard.

По косвенным данным (содержанию тех и других кодов из рис.4.3.) эксперт определяет значимость  $K_u(U_1) = 44\%$ ,  $K_u(U_2) = 36\%$ ,  $K_u(U_3) = 10\%$ ,  $K_u(U_4) = 5\%$ ,  $K_u(U_5) = 5\%$ .

Так как для пользователей выделена одна задача, то  $K_{il}(U_1) = K_{il}(U_2) = K_{il}(U_3) = K_{il}(U_4) = K_{il}(U_5) = 100\%$ .

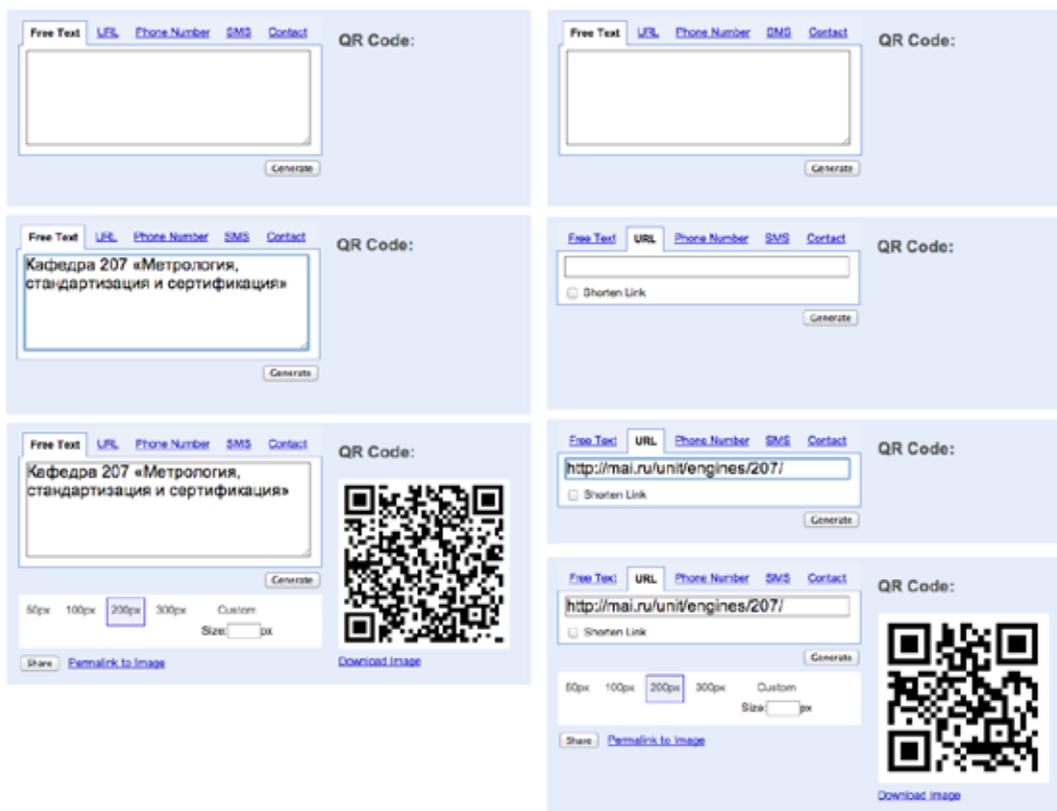


Рис.4.5.– Последовательность экранов, необходимая для выполнения задачи  $U_1$  (слева) и  $U_2$  (справа)

Выделяем классы объектов для всех сценариев:

- $n_1$  — ссылки верхнего меню,
- $n_2$  — поле ввода,
- $n_3$  — кнопка генерации изображения,
- $n_4$  — контрол выбора размера,
- $n_5$  — QR-код с возможностью скачивания.

Количество классов объектов в последовательности  $n = 5$ ,

Для сценария  $U_1$ :

$$C_{s1}(U_1) = -6 (4/5 \times \log_2 4/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 7,$$

$$C_{s2}(U_1) = -6 (4/5 \times \log_2 5/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 7,$$

$$C_{s3}(U_1) = -8 (4/5 \times \log_2 4/5 + 3 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 13.$$

$$C_{ul} = 7 + 7 + 13 = 27$$

Для сценария  $U_2$ :

$$C_{s1}(U_2) = -6 (4/5 \times \log_2 4/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 7,$$

$$C_{s_2}(U_2) = -6(4/5 \times \log_2 4/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 7,$$

$$C_{s_3}(U_2) = -6(4/5 \times \log_2 4/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 7,$$

$$C_{s_4}(U_2) = -8(4/5 \times \log_2 4/5 + 3 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 13.$$

$$C_{u_2} = 7 + 7 + 7 + 13 = 34$$



Рис.4.6.– Последовательность экранов, необходимая для выполнения задачи  $U_3$  (слева) и  $U_4$  (справа)

Для сценария  $U_3$ :

$$C_{s_1}(U_3) = -6(4/5 \times \log_2 4/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 7,$$

$$C_{s_2}(U_3) = -6(4/5 \times \log_2 4/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 7,$$

$$C_{s_3}(U_3) = -6(4/5 \times \log_2 4/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 7,$$

$$C_{s_4}(U_3) = -8(4/5 \times \log_2 4/5 + 3 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 13.$$

$$C_{u3} = 7+7+7+13 = 34$$

Для сценария  $U_4$ :

$$C_{s1}(U_4) = -6 \left( \frac{4}{5} \times \log_2 \frac{4}{5} + 2 \times \frac{1}{5} \times \log_2 \frac{1}{5} \right) = 7,$$

$$C_{s2}(U_4) = -7 \left( \frac{4}{5} \times \log_2 \frac{4}{5} + \frac{2}{5} \times \log_2 \frac{2}{5} + \frac{1}{5} \times \log_2 \frac{1}{5} \right) = 12,$$

$$C_{s3}(U_4) = -7 \left( \frac{4}{5} \times \log_2 \frac{4}{5} + \frac{2}{5} \times \log_2 \frac{2}{5} + \frac{1}{5} \times \log_2 \frac{1}{5} \right) = 12,$$

$$C_{s4}(U_4) = -9 \left( \frac{4}{5} \times \log_2 \frac{4}{5} + \frac{2}{5} \times \log_2 \frac{2}{5} + 2 \times \frac{1}{5} \times \log_2 \frac{1}{5} \right) = 15.$$

$$C_{u4} = 7+12+12+15 = 46$$



Рис.4.7.– Последовательность экранов, необходимая для выполнения задачи  $U_5$  (пропущено 4 экрана, с 3 по 7, они аналогичны 2-ому, но фокус находится на разных полях ввода). Параметр сложности рассчитывается исходя из задачи, что пользователь планировал заполнить не все поля, но только 4 основных в карточке контакта)

Для сценария  $U_5$ :

$$C_{s1}(U_5) = -6 (4/5 \times \log_2 4/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 7,$$

$$C_{s2}(U_5) = -9 (4/5 \times \log_2 4/5 + 4/5 \times \log_2 4/5 + 1/5 \times \log_2 1/5) \\ = 12 = C_{s3} = C_{s4} = C_{s5} = C_{s6} = C_{s7},$$

$$C_{s8}(U_5) = -12 (4/5 \times \log_2 4/5 + 4/5 \times \log_2 4/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 17.$$

$$C_{u5} = 7 + 12 \times 5 + 17 = 84$$

Рассчитанная метрика показывает абстрактную сложность решаемой пользователем задачи, основанную на разнообразии и количестве элементов, с которыми приходится взаимодействовать пользователю в процессе решения задачи.

$$\mathcal{E}_{u1} = 11,8 \text{ (м.к. } K_u(U_1) = 44\%, C_{u1} = 27);$$

$$\mathcal{E}_{u2} = 12,24 \text{ (м.к. } K_u(U_2) = 36\%, C_{u1} = 34);$$

$$\mathcal{E}_{u3} = 3,4 \text{ (м.к. } K_u(U_3) = 10\%, C_{u1} = 34);$$

$$\mathcal{E}_{u4} = 2,3 \text{ (м.к. } K_u(U_4) = 5\%, C_{u1} = 46);$$

$$\mathcal{E}_{u5} = 4,2 \text{ (м.к. } K_u(U_5) = 5\%, C_{u1} = 84);$$

$$\mathcal{E} = 11,8 + 12,24 + 3,4 + 2,3 + 4,2 = 33,94$$

Для сравнения оценим другую программу, выполняющую похожие задачи.

Вторая программа обладает несколько меньшим количеством функций, поэтому количество выделяемых пользователей так же будет меньше.

Выделяем 2 основных типа пользователей:

- $U_1$ : получение QR-кода требуемого размера с некоторым текстом,
- $U_2$ : получение QR-кода требуемого размера со стандартной ссылкой, открываемой в браузере или в некотором стороннем приложении.

По косвенным данным (содержанию тех и других кодов из рис.4.3.) эксперт определяет значимость  $K_u(U_1) = 55\%$ ,  $K_u(U_2) = 45\%$ .

Так как для пользователей выделена одна задача, то  $C_{ul}(U_1) = C_{ul}(U_2)$ .



Рис.4.7.– Последовательность экранов, необходимая для выполнения задачи  $U_1$

и  $U_2$  (так как технологической разницы, между обычным текстом и текстом ссылки нет, они генерируются одинаково, в одном поле).

Выделяем классы объектов для всех сценариев:

$n_1$  — поле ввода,

$n_2$  — QR-код с возможностью скачивания.

Количество классов объектов в последовательности  $n = 2$ ,

Для сценария  $U_1$ :

$$C_{s1}(U_1) = -2 (1/2 \times \log_2 1/2 + 1/2 \times \log_2 1/2) = 2,$$

$$C_{s2}(U_1) = -6 (4/5 \times \log_2 5/5 + 2 \times 1/5 \times \log_2 1/5) = 2.$$

$$C_{ul} = 2 + 2 = 4$$

Для сценария  $U_2$  последовательность экранов будет аналогична, следовательно  $C_{ul} = C_{u2} = 4$ .

$$\mathcal{E}_{ul} = 2,2 \text{ (т.к. } K_u(U_1) = 55\%, C_{ul} = 4);$$

$$\mathcal{E}_{u_2} = 1,8 \text{ (м.к. } K_u(U_2) = 45\%, C_{ul} = 4\text{);}$$

$$\mathcal{E} = 4$$

### Проверка

Чтобы проверить результаты методики, сравним показатели программ 1 и 2 по аналогичным пользовательским сценариям друг с другом и с результатами оценки KLM-GOMS.

Для первой программы:

$$T_1(U_1) = M + BB + H + K + H + BB = 0,6 + 0,2 + 0,4 + 0,28 + 0,4 + 0,2 = 2,08 \text{ с.}$$

$$\mathcal{E}_1(U_1) = 11,8$$

$$T_1(U_2) = M + BB + M + BB + H + K + H + BB = 0,6 + 0,2 + 0,6 + 0,2 + 0,4 + 0,28 + 0,4 + 0,2 = 2,88 \text{ с.}$$

$$\mathcal{E}_1(U_2) = 12,24$$

$$T_1 = 4,96 \text{ с.}$$

$$\mathcal{E}_1(U_1 + U_2) = 11,8 + 12,24 = 24,04$$

Для второй программы:

$$T_2(U_1) = T_2(U_2) = M + H + K + H = 0,6 + 0,4 + 0,28 = 1,28$$

$$\mathcal{E}_2(U_1) = 1,8$$

$$\mathcal{E}_2(U_2) = 2,2$$

$$T_2 = 2,56 \text{ с.}$$

$$\mathcal{E}_2(U_1 + U_2) = 1,8 + 2,2 = 4$$

Очевидно, что результаты двух методик коррелируют. Для установления точности методики необходимо проведение большего количества оценок, а также контрольных юзабилити-тестирований.

## 4. Экономическая часть

Экономическая часть дипломной работы состоит из двух частей: организационной – построение календарного плана-графика определения оценки удобства взаимодействия человек-компьютер для определенной системы и экономической. Целью экономического раздела является расчет затрат на проведение мероприятий по проведению исследований, анализа и итоговому присвоению оценки удобства взаимодействия человек-компьютер. Полученные результаты сравниваются со средними ценами на другие способы оценки юзабилити: тестированием и экспертной оценкой.

### 4.1. Построение календарного плана-графика

Для построения календарного плана-графика был определен состав и продолжительность выполненных этапов, определены исполнители каждого этапа. Данные для построения календарного плана-графика представлены в таблице 6.1, календарный график предоставлен на рис. 6.1.

Таблица 6.1. – Данные для построения календарного плана-графика

	Состав работ (этапов)	Исполнители	Ручная обработка, дни $T_j$	Машинная обработка, дни	Общая продолжительность этапа, дни
1	Анализ предметной области и статистических материалов	Эксперт	0,3	0	0,3
2	Присвоение типам пользователей коэффициента значимости	Эксперт	0,4	0,2	0,6
3	Составление последовательностей экранов для каждой пользовательской задачи	Эксперт	0,1	0,1	0,2
4	Формальный расчет	Эксперт	0	0,2	0,2
10	Утверждение полученной оценки	Начальник комиссии	0,3	0	0,3
<b>Итого</b>			<b>1,1</b>	<b>0,5</b>	<b>1,6</b>

Длительность отдельных этапов рассчитывается по формуле:

$$T_j = \frac{\sum t_i \times K_n}{P_j \times q \times K_{вн}}, \quad (6.1)$$

где  $\sum t_i$  – суммарная трудоемкость выполнения работ на  $j$ -ом этапе, н-час.;

$K_n$  – коэффициент перевода рабочих дней в календарные (принимается равным соотношению количества календарных дней к количеству рабочих дней или укрупнено  $K_n = 1,4$ );

$P_j$  – количество работников, одновременно участвующих в выполнении работ данного  $j$ -го этапа, чел.;

$q$  – продолжительность рабочего дня, час (в данном случае  $q = 8$  часов);

$K_{вн}$  – планируемый коэффициент выполнения норм ( $K_{вн} = 1,0$  при повременной оплате труда).

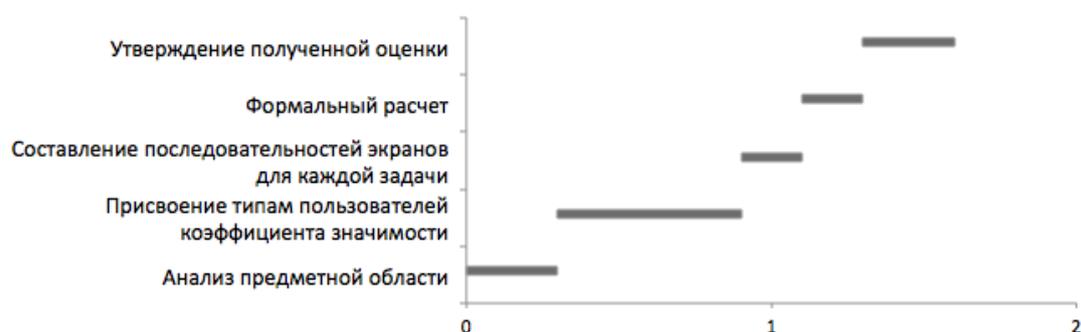


Рис. 6.1. – Календарный план-график для оценки взаимодействия человек-компьютер для системы среднего размера

Общее количество дней разработки составило 1,6 дней. В соответствии с календарным планом-графиком можно сделать вывод, что самый длинный этап – это первичные исследования и анализ, а так же основанный на них этап присвоения пользователям коэффициента значимости. Самым коротким этапом является формальный расчет по экранам последовательности.

## 4.2. Построение алгоритма получения оценки взаимодействия человек-компьютер

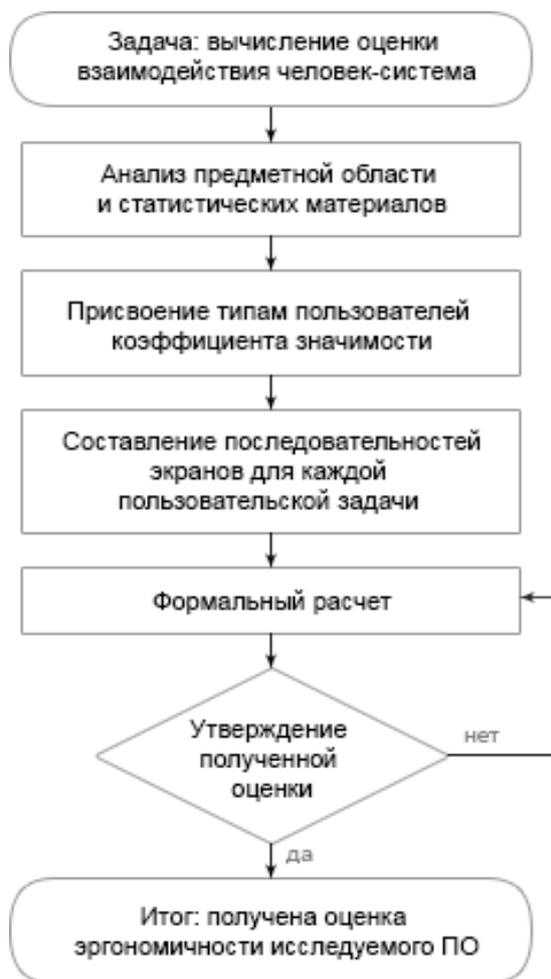


Рис. 6.2. – Блок-схема получения количественной оценки взаимодействия человек-компьютер

## 4.3. Расчет затрат для получения оценки взаимодействия человек-компьютер

Исходные данные для расчета затрат представлены в таблице 6.2. Машинное время представлено в таблице 6.1.

Таблица 6.2. – исходные данные для расчета затрат

№	Наименование показателей	Обозначение	Значение показателей
1	Расходные материалы: флэш – карта, заправка чернилами картриджа для принтера, бумага	$M_p$	2500 руб. (в т.ч.: 1000 руб., 1200 руб., 300 руб.)
2	Среднечасовая ставка	$\tau_{раз}$	300 руб./час
3	Период времени разработки	$T_{раз}$	1,1 дней
4	Коэффициент отчисления во внебюджетные государственные фонды на соц. страхование	$\kappa_{соц}$	0,302
5	Машинное время работы	$T_{маш}$	0,5 дня
6	Стоимость машино-часа работы	$\tau_{маш}$	200 руб./час
7	Коэффициент накладных расходов	$\kappa_{нр}$	0,35
8	Рентабельность работы	$P_p$	15%

### Затраты на разработку

$$Z_{разр} = M_p + Z_{раз} + Z_{соц} + Z_{эвм} + H_p, \quad (6.2)$$

### Зарплата разработчика

$$Z_{раз} = \tau_{раз} \times q \times (T_{раз} + T_{маш}), \quad (6.3)$$

$$Z_{раз} = 300 \times 8 \times (1,1 + 0,5) = 3\,840 \text{ (руб.)}$$

### Отчисления во внебюджетные государственные фонды на соц. страхование

$$Z_{соц} = Z_{раз} \times \kappa_{соц}, \quad (6.4)$$

$$Z_{соц} = 3\,840 \times 0,302 = 1\,160 \text{ (руб.)}$$

### Затраты на услуги ЭВМ

$$Z_{эвм} = \tau_{маш} \times q \times T_{маш}, \quad (6.5)$$

$$Z_{эвм} = 200 \times 8 \times 0,5 = 800 \text{ (руб.)}$$

### Накладные расходы

$$H_p = Z_{раз} \times \kappa_{нр}, \quad (6.6)$$

$$H_p = 3\,840 \times 0,35 = 1\,344 \text{ (руб.)}$$

Итого, затраты на разработку

$$Z_{разр} = M_p + Z_{раз} + Z_{соц} + Z_{эвм} + H_p, \quad (6.7)$$

$$Z_{разр} = 2\,500 + 3\,840 + 1\,160 + 800 + 1\,344 = 9\,644 \text{ (руб.)}$$

Цена разработки

$$C_{разр} = Z_{разр} \times (1 + (P_p/100)) = 9\,644 \times (1 + 0,15) = 11\,090 \text{ (руб.)}$$

В таблице 6.3 рассмотрена структура затрат для получения оценки, рассчитаны проценты в общих затратах для построения круговой диаграммы, которая изображена на рисунке 6.3.

Таблица 6.3.– Структура затрат при разработке

№ п/п	Статья затрат	% в общих затратах	Сумма затрат, руб.
1	Расходные материалы	3%	2 500
2	Зарплата специалиста	53%	3 840
3	Отчисления во внебюджетные государственные фонды на соц. страхование	16%	1 160
4	Затраты на услуги ЭВМ	9%	800
5	Накладные расходы	19%	1 344
6	Себестоимость темы	100%	9 644
7	Прибыль		1 446
8	Стоимость темы		11 090



Рис. 6.3.– Диаграмма затрат

### Вывод

В разделе «Экономическая часть» проанализировано и просчитано количество дней и затрат на установление оценки взаимодействия человек-компьютер. В итоге получилось:

- Длительность разработки составляет 1,6 дней.
- Себестоимость темы 9 644 руб.
- Цена разработки составляет 11 090 руб.

Цены на юзабилити услуги на рынке достаточно высоки. Фирмы отечественного рынка предлагают услуги юзабилити тестирования по цене от 64 000 р. При этом средняя цена по рынку составляет порядка 90 000 р. Средняя стоимость анализа и экспертной оценки от 20 000 до 150 000 р. в зависимости от уровня эксперта. То есть разработанный метод формальной оценки, несмотря на некоторые его ограничения и недостатки, гораздо дешевле предоставляемых услуг оценки интерфейсов.

## 5. Охрана труда и окружающей среды. Анализ рабочего места оператора ПК

### 5.1. Введение

При определении оценки взаимодействия человек-компьютер, работа специалистов, которые занимаются наблюдением за пользователями и непосредственным определением оценки и составлением отчетов, проходит за ПК. Рабочее место сотрудников должно отвечать требованиям к работе за ПК. Условия работы должны отвечать требованиям к сидячей работе, творческой работе, работе с высокими умственными нагрузками. Помещение представляет собой кабинет для работы с использованием ПК, рассчитанный на несколько человек. Применяемое оборудование относится к офисному оборудованию.

Рассматривается рабочее место при работе за ПЭВМ с целью повышения эффективности работы, уменьшения риска заболеваний и травмобезопасности, увеличения экономической эффективности, выявления проблем, формирования мероприятий по их решению. Оценка включает рассмотрение норм и требований, предъявляемых компьютерному труду, рассмотрение правильной организации компьютерного рабочего места (обоснованность его пространственных параметров, режима труда во времени, с учетом эргономических законов и норм, применяемых к труду оператора). Ниже каждый из этих факторов будет рассмотрен подробнее.

### 5.2. Санитарно-гигиенические факторы

Помещения с персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) должны иметь естественное (через световые проемы, ориентированные преимущественно на север и северо-восток и обеспечивающие коэффициент естественной освещенности не ниже 1,5-1,2 %) и искусственное освещение; температуру воздуха 21-25 °С, относительную влажность 40-60 %, скорость движения воздуха

0,1-0,2 м/с; содержание вредных химических веществ не должно превышать ПДК; уровень шума — не более 50 дБА; уровень вибрации — скорректированные значения по виброускорению — не более 30 дБ, по виброскорости — не более 72 дБ; внутреннюю отделку интерьера с использованием диффузно-отражающих материалов с коэффициентом отражения для потолка — 0,7-0,8, для стен — 0,5-0,6 и для пола — 0,3-0,5; поверхность пола должна быть ровной, нескользкой, удобной для влажной уборки, обладать антистатическими свойствами.

### **5.2.1. Общие требования микроклимата**

Воздух рабочей зоны (микроклимат) помещений определяют следующие параметры: температура воздуха в помещении, выраженная в градусах Цельсия; относительная влажность воздуха — в процентах; скорость его движения — в метрах в секунду; интенсивность радиации, преимущественно в инфракрасной и частично в ультрафиолетовой областях спектра электромагнитных излучений, — в джоулях на квадратный сантиметр в минуту. Эти параметры по отдельности и в комплексе влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальный микроклимат в помещении обеспечивает поддержание теплового равновесия между организмом и окружающей средой. Поддержание на заданном уровне параметров, определяющих микроклимат — температуру, влажность и скорость движения воздуха, может осуществляться с помощью кондиционирования или, с большими допусками, вентиляцией. Но вентиляция и даже кондиционирование воздуха не защищают от теплового излучения.

### **5.2.2. Помещение и освещение**

В помещении, предназначенном для работы на компьютере, должно иметься как естественное, так и искусственное освещение. Лучше всего, если окна в комнате выходят на север или северо-восток. В помещениях ежедневно должна проводиться влажная уборка.

Желательно, чтобы площадь рабочего места составляла не менее 6 квадратных метров, а объем — 20 кубических метров. Стол

следует поставить сбоку от окна так, чтобы свет падал слева. Наилучшее освещение для работы с компьютером - рассеянный неяркий свет, который не дает бликов на экране. В поле зрения пользователя не должно быть резких перепадов яркости, поэтому окна желательно закрывать шторами либо жалюзи. Искусственное же освещение должно быть общим и равномерным, в то же время использование одних только настольных ламп недопустимо.

Уровень естественного освещения нормируется коэффициентом естественной освещенности (КЕО) — это отношение естественной освещенности внутри помещения  $E_{вн}$  к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности  $E_{н}$ . Нормирование КЕО осуществляется по СНиП «Естественное и искусственное освещение». Освещенность  $E$  измеряется в люксах (Лк). Фактическая освещенность должна быть больше или равна нормируемой.

При эксплуатации зданий необходимо поддерживать светоотдачу и светопропускаемую способность окон, т. е. производить их своевременную чистку. При незначительном выделении пыли — 4 раза в год.

Искусственное освещение может быть общим и комбинированным, а может быть внутренним и наружным. Искусственное освещение обеспечивается электролампами различной мощности, заключенными в специальную арматуру (светильники, различных типов и исполнений).

Общее освещение может быть равномерным и локализованным. Наиболее характерным является освещение одинаковыми светильниками, распределенными на равной высоте и равном расстоянии между собой, т. е. над симметрично расположенным оборудованием – это равномерное общее освещение. Локализованное освещение над оборудованием несимметрично расположенным, т. е. разная мощность ламп, светильники на разной высоте и разном расстоянии, т. е. конкретно над оборудованием.

Источники искусственного освещения — электролампы  $U = 127, 220$  В; мощностью от 15 до 1500 Вт. Чем выше мощность, тем выше светоотдача. Для местного освещения  $U = 12, 36$  В;  $W = 50$  Вт и выше.

Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПК следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы мониторы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 Лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 Лк.

Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПК, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения: для потолка 0,7-0,8; для стен 0,5-0,6; для пола 0,3-0,5. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5-0,7. Корпус ПК, клавиатура и другие блоки и устройства ПК должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4-0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/

м<sup>2</sup>, защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов. Так же, следует ограничивать отраженную блесккость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПК не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup> и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м<sup>2</sup>.

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20. Показатель дискомфорта в административно-общественных помещениях не более 40.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПК, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1-5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

### **5.2.3. Электроопасность**

Помещения, где размещаются рабочие места с ПК, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Не следует размещать рабочие места с ПК вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПК.

### **5.2.4. Требования по уровню шума**

Шумом называется любой мешающий и нежелательный звук в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц. Шум редко состоит из одной частоты, как правило, это сочетание частот, которое может быть широкополосным и узкополосным. По временным характеристикам шум следует подразделять на постоянный и непостоянный (колеблющийся, прерывистый, импульсный).

Максимальный уровень звука непостоянного шума на рабочих местах не должен превышать 110 дБ А, а максимальный уровень звука импульсного шума на рабочих местах не должен превышать 125 дБ АI. Для условий труда «Труд высших производственных руководителей, связанных с контролем группы людей, выполняющих преимущественно умственную работу» уровень шума равен 50 дБ А. Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПК.

Снизить уровень шума в помещениях с ПК можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки помещений, подтвержденных специальными акустическими расчетами.

Дополнительным звукопоглощением служат однотонные занавеси из плотной ткани, гармонирующие с окраской стен и подвешенные в складку на расстоянии 15-20 см от ограждения. Ширина занавеси должна быть в 2 раза больше ширины окна.

Следствием вредного воздействия производственного шума может являться развитие профзаболеваний, повышение общей заболеваемости, снижение работоспособности, повышение степени риска получения травм, несчастные случаи, связанные с нарушением восприятия предупреждающих сигналов, нарушение слухового контроля работы оборудования.

#### **5.2.5. Вибрация**

При выполнении работ с ПК в производственных помещениях уровень вибрации не должен превышать допустимых значений согласно «Санитарным нормам вибрации рабочих мест» (категория 3, тип «в»). В производственных помещениях, в которых работа на ПК является основной, уровень вибрации на рабочих местах не должен превышать допустимых норм.

#### **5.2.6. Электромагнитные излучения (ЭМИ)**

Мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ПК (на электроннолучевой трубке) при любых положениях регулировочных устройств не должна превышать 1 мкЗв/час (100 мкР/час).

### 5.3. Эргономика рабочего места

Чтобы работа была комфортной и безопасной необходимо позаботиться об аппаратном оборудовании компьютера. Как правило, наибольший вред здоровью пользователя компьютера наносят устройства ввода-вывода: монитор, клавиатура, мышь.

В наше время, когда проблемы безопасности работы за компьютером стоят как нельзя остро, появляется множество различных стандартов на экологическую безопасность оборудования персонального компьютера. Современный монитор должен соответствовать, по крайней мере, трем общепринятым стандартам безопасности и эргономике: FCC Class B2, MPR-II, TCO'95, EPA Energy Star VESA DPMS.

#### **Устройства ввода информации**

В отличие от мониторов для компьютерных устройств ввода (клавиатура и мышь) в настоящее время не имеется общепринятых и широко распространенных стандартов. В тоже время многие производители данного оборудования рекламируя свою продукцию, описывают различные конструктивные решения, повышающие эргономичность ее использования: клавиатура с возможностью регулирования расположение клавиш, мышь с формой, уменьшающей усталость кисти при длительной работе. Хотя некоторые из них стоит рассматривать только как броскую рекламу, многие модели действительно являются своеобразным технологическим скачком вперед с точки зрения безопасности работы за компьютером.

#### **Рабочее кресло**

Удобное рабочее кресло — это залог здоровья, работоспособности, и производительности. Идеальная высота сиденья — когда ступни ног полностью касаются пола, а угол сгиба коленей при этом

составляет примерно  $90^\circ$ . Очень важно, чтобы край сиденья имел мягкую скругленную вниз форму. Это позволяет избежать давления на кровеносные сосуды и не нарушать циркуляцию крови.

Угол между спинкой кресла и сидением должен составлять чуть более  $90^\circ$ . Иногда стулья снабжаются специальным механизмом, позволяющим одновременно менять угол наклона спинки и сиденья так, что положение позвоночника остается правильным в любой момент времени.

#### **Работа с клавиатурой**

Неправильное положение рук при печати на клавиатуре приводит к хроническим растяжениям кисти. Важно не столько отодвинуть клавиатуру от края стола и опереть кисти о специальную площадку, сколько держать локти параллельно поверхности стола и под прямым углом к плечу. Поэтому клавиатура должна располагаться в 10-15 см (в зависимости от длины локтя) от края стола. В этом случае нагрузка приходится не на кисть, в которой вены и сухожилия находятся близко к поверхности кожи, а на более “мясистую” часть локтя. Современные, эргономичные модели имеют оптимальную площадь для клавиатуры за счет расположения монитора в самой широкой части стола. Глубина стола должна позволять полностью положить локти на стол, отодвинув клавиатуру к монитору.

#### **Внутренний объем**

Значимым фактором является под пространство столешницей. Высота наших столов соответствует общепринятым стандартам, и составляет 74 см. Также необходимо учесть, что пространства под креслом и столом должно быть достаточно, чтобы было удобно сгибать и разгибать колени.

### **5.4. Расчет освещенности помещения**

Расчет освещенности помещения сводится к выбору системы освещения, определению необходимого числа светильников, их типа и размещения. Обычно искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света

двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп.

Будем использовать люминесцентные лампы, поскольку по сравнению с лампами накаливания они имеют ряд существенных преимуществ:

- по спектральному составу света близки к дневному, естественному свету;
- более высокий КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания);
- повышенная светоотдача (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания);
- более длительный срок службы.

Цель расчета освещения — определить количество светильников, необходимых для обеспечения минимальной нормированной освещенности ( $E_{min}$ ) и мощность осветительной установки, необходимых для обеспечения в помещении нормированной освещенности. Расчет общего освещения проведен методом коэффициента использования светового потока.

Количество светильников:

$$N = \frac{E_{min} \times k \times S \times z}{\Phi \times n \times \eta}, \quad (6.1)$$

где  $E_{min}$  — минимальная нормированная освещенность, лк;

$k$  — коэффициент запаса (для люминесцентных ламп  $k=1,3$ );

$S$  — освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;

$z$  — коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения) (при расчете освещения от светильников с люминесцентными лампами  $Z = 1,1$ );

$n$  — число ламп в светильнике;

$\eta$  — коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Для определения коэффициента использования светового потока ( $\eta$ ) находят индекс помещения ( $I$ ) и предполагаемые коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка  $r_n$ , стен  $r_c$ , пола  $r_p$ .

Обычно для светлых помещений:  $r_n = 70\%$ ;  $r_c = 50\%$ ;  $r_p = 30\%$ .

### Индекс помещения

$$I = \frac{A \times B}{h \times (A + B)}, \quad (6.2)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $h$  – длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м.

$$h = H - h_{св} - h_p, \quad (6.3)$$

$H$  – геометрическая высота помещения;

$h_{св}$  – свес светильника ( $h_{св} = 0,2 \dots 0,8$  м);

$h_p$  – высота рабочей поверхности ( $h_p = 0,8 \dots 1,0$  м).

### Исходные данные

$A = 5$  м;  $B = 6$  м;  $H = 3$  м;  $h_p = 0,8$ ;  $h_{св} = 0,5$ ;  $r_n = 70\%$ ;  $r_c = 50\%$ ;  $r_p = 30\%$ .

Выбор светильников – ARS/R 418. В одном светильнике  $n = 4$  люминесцентные лампы мощностью по 18 Вт.  $\Phi$  лампы = 1150 лм;  $E_{min} = 300$ лк.

### Расчет

Площадь:  $S = A \times B = 5 \times 6 = 30 \text{ м}^2$

Расчетная высота:  $h = 3 - 0,5 - 0,8 = 1,7$ ;

Индекс помещения:  $I = (5 \times 6) / (1,7 \times 5 + 6) = 30 / 18,7 = 1,604$ ;

Зная  $I = 1,604 \approx 1$ , находим по таблице значение  $\eta = 49\% = 0,49$ .

Таблица 7.1. Значение коэффициента использования  $\eta$  для светильников с люминесцентными лампами, %

I	$r_n = 70\%$	50	30
	$r_c = 50\%$	30	10
	$r_p = 30\%$	10	10
0,5	28	21	18
1,0	49	40	36
3,0	73	61	58
5,0	80	67	65

Необходимое количество светильников:

$N = 5,7 \approx 6$  светильников

Для данного помещения необходимо 6 светильников, в каждом светильнике установлены по 4 лампы мощностью  $W=18$  Вт каждая.

Мощность одного светильника:

$$W_{св} = n \times W = 4 \times 18 = 72 \text{ Вт}$$

Мощность осветительной установки:

$$W_{уст} = N \times W_{св} = 6 \times 72 = 432 \text{ Вт}$$

## 5.5. Выводы

В разделе «Охрана труда и окружающей среды» рассмотрены рекомендации по соблюдению санитарно-гигиенических норм, норм эргономики рабочего места, рекомендации по учету психофизиологических факторов. Для расчета был выбран фактор освещенности, выполнен расчет освещенности помещения, мощность и оптимальное количество светильников.

### 5.5.1. Основные законодательные и нормативные правовые акты по безопасности труда (по состоянию на 01.06.2002 г.)

#### Основные законы

Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации», 1999 г.

Трудовой кодекс Российской Федерации, 2002 г.

#### Законодательные акты

Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве: Постановление Правительства Российской Федерации от 11 марта 1999 г. № 279.

Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда: Постановление Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 14 марта 1997 г. № 12.

## **Основные нормативные правовые акты**

- ГОСТ 12.1.001—89 ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.1.002—84. Электрические поля токов промышленной частоты напряжением 400 кВ и выше. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.1.003-83\* ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.0.004—90 ССБТ. Обучение работающих безопасности труда.
- ГОСТ 12.1.005—88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- ГОСТ 12.1.006—84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.1.012—90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.1.038—82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
- ГОСТ 12.1.040—83 ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения.
- ГОСТ 12.1.045—84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
- ГОСТ 12.2.003—91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.2.032—78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- ГОСТ 12.3.002—75\* ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.4.026—76\* ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности.
- ГОСТ 14202—69. Сигнальная окраска трубопроводов.
- ГОСТ 21889—76\*. Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.

ГН 2.2.5.563—96. Предельно допустимые уровни (ПДУ) загрязнения кожных покровов вредными веществами. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1996.

ГН 2.1.5.689—98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1998.

ГН 2.2.4/2.1.8.582—96. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1996.

ГН 2.2.5.686—98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1998.

ГН 2.2.5.687—98. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1998.

МУ № 4425—87. Методические указания Минздрава СССР. Санитарно-гигиенический контроль систем вентиляции производственных помещений. М.: Минздрав СССР, 1998.

НПБ 105—95. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. М: ВНИИПО МВД, 1995.

ОНД—86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеиздат, 1987.

ОНД—90. Методика расчета рассеивания газообразных выбросов в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1990.

ОП. Общие правила взрывобезопасности для взрывоопасных химических и нефтехимических производств. М.: Химия, 1988.

ПДУ 1742—77. Предельно допустимые уровни воздействия постоянных магнитных полей при работе с магнитными устройствами и магнитными материалами. Минздрав СССР, 1977.

Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. М.: НЦ ЭНАС, 2001.

ПБ 10—115—96. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов под давлением. М.: Госгортехнадзор России: ИПО ОБТ, 1994.

Р2.2.755—99. Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999.

СанПиН 2.1.4.544—96. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Санитарные правила и нормы. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.

СанПиН 2.1.4.1074—01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2001.

СанПиН 5804—91. Санитарные правила и нормы устройства и эксплуатации лазеров. Минздрав России, 1991.

СанПиН 2.2.2.542—96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, ПЭВМ и организация работы. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.

СанПиН 2.2.4.548—96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.

СанПиН 2.2.4/2.1.8.055—96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.

СН 2.2.4/2.1.8.562—96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.

СН 2.2.4/2.1.8.556—96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 1997.

СН 2.2.4/2.1.8.583—96. Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1996.

СП 1042—73. Санитарные правила организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию. М.: Минздрав СССР, 1974.

СН 2971—84. Предельно допустимые уровни (ПДУ) напряженности электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередач. Минздрав СССР, 1984.

СН 4557—88. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях. Минздрав СССР, 1988.

СНиП 21—01—97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Госстрой России, 1997.

СНиП 3.05.02—88\*. Организация, производство и приемка работ. Газоснабжение. М.: Государственный комитет по делам строительства, 1991.

СНиП 3.05.03—85. Организация, производство и приемка работ. Теплоснабжение. М.: Государственный комитет по делам строительства, 1985.

СНиП 2.09.04—87. Административные и бытовые здания. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.

СНиП 23—05—95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. М.: Минстрой России, 1995.

СанПиН 5802—91. Электромагнитные поля токов промышленной частоты. Санитарные правила и нормы. Минздрав России, 1991.

СП 2.6.1—758—99. Нормы радиационной безопасности, НРБ—99. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999.

## 6. Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 Информационная технология, пакеты программ, требования к уровню качества и тестирование.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Информационная технология, оценка программной продукции, характеристики качества и руководства по их применению.
3. ISO 9241-10-1996 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). P.10. Dialogue principles.
4. ISO/IEC 13407-1999 Designing user Interfaces with humans in mind.
5. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989.
6. Даниляк В.И. Человеческий фактор в управлении качеством: инновационный подход к управлению эргономичностью: учебное пособие.– М. Логос, 2011.
7. Обознов А.А., Баканов А.С. Проектирование пользовательского интерфейса: эргономический подход.– М.: Институт психологии РАН, 2009.
8. Стрелков Ю. К. Материалы к курсу.– М.: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Психологический факультет, 1998.
9. Волченков Е. Стандартизация пользовательского интерфейса // Открытые системы.– 2002, 04
10. Randolph G. Bias, Deborah J. Mayhew Cost-Justifying Usability, Second Edition: An Update for the Internet Age, Second Edition.– Morgan Kaufmann, 2005.
11. Hackos J., Redish, J. User and Task Analysis for Interface Design.– Wiley, 1998.
12. Kirwan, B., Ainsworth, L.K. A Guide to Task Analysis.– L: Taylor and

Francis, 1992.

13. Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S. & Carey, T. Human-Computer Interaction.– MA: Addison-Wesley, 1994.

14. Nielsen, J., and Mack, R.L. Usability Inspection Methods. –NY: John Wiley & Sons, 1994.

15. Leitner G., Hitz M., Holzinger A. HCI in Work and Learning, Life and Leisure.– Springer, 2010

16. Dumas JS., Redish, J. Practical Guide to Usability Testing.–A.: Intellect Books, 1999.

17. Stickel C., Ebner M., Holzinger A. The XAOS Metric – Understanding Visual Complexity as a measure of usability.– Work & Learning, Life & Leisure, Springer, 2010, pp. 278-290

18. Rubin J, Handbook of Usability Testing,– NY: John Wiley and Sons, 1994

19. Comber T., Maltby J.R. Investigating Layout Complexity; in Proc. CADUI, 1996, pp.209-228.

20. Bevan N. International Standards for HCI and Usability // International Journal of Human-Computer Studies.– 2001.– 55 (4)

21. Bevan N. Measuring usability as quality of use // Journal of Software Quality Issue.– 1995.– 4, pp 115-140

22. Свиридов В. А. Человеческий фактор.– <http://nafanin.deda.ru/human-factor/human-factor-spreads.pdf>

23. Лукашин Ю.П., Рахлина Л.И. Современные направления статистического анализа взаимосвязей и зависимостей.– М.: ИМЭМО РАН, 2012.– <http://www.imemo.ru/ru/publ/2012/12018.pdf>

24. Лотов А.В. Курс лекций «Многокритериальные задачи принятия решений».– <http://inno.cs.msu.su/implementation/master/010517/04/>

25. Sauro J. 10 Benchmarks For User Experience Metrics. – <http://www.measuringusability.com/blog/ux-benchmarks.php>

26. Nielsen J. Goal Composition: Extending Task Analysis to Predict Things People May Want to Do.– <http://www.useit.com/papers/goalcomposition.html>

## 7. Рецензия

Выпускная квалификационная работа Матюниной Ю.А. выполнена на актуальную на сегодняшний день тему, поскольку от эргономики ПО напрямую зависит его рыночный успех и удовлетворенность пользователей. В текущей рыночной обстановке не существует четких критериев, на которые могли бы ориентироваться разработчики. Автором разработан алгоритм получения численной оценки для ПО, и даны рекомендации по развитию и уточнению оценки.

Содержание работы соответствует целям и задачам дипломной работы. В первой главе автором описана роль эргономики в современной рыночной обстановке и о ее роли в сохранении здоровья и жизни людей. Во второй главе обработано большое количество научного материала, в том числе зарубежного, на высоком теоретическом и методологическом уровне проведено исследование научных работ по оценке эргономичности. В третьей главе описана методика оценки ПО, даны теоретические предпосылки и указаны возможные направления развития и пути применения разработанной методики. Четвертая глава описывает экономическую целесообразность применения разработанной методики. В пятой главе рассмотрены необходимые требования к условиям труда операторов ПК.

Материал в выпускной квалификационной работе логически структурирован, написан научным стилем изложения.

Данная работа имеет большую практическую значимость для компаний, работающих в области разработки ПО.

Недостатки и замечания по работе. Выбрана такая предметная область, где сложно локализовать задачу, поэтому объем работы слишком велик. Не хватает проверенного статистического материала для утверждения достоверности методики.

Рекомендуемая оценка для квалификационной работы — отлично. Студент заслуживает присвоения квалификации инженер по специальности 200503 «Стандартизация и сертификация».

## 8. ОТЗЫВ

В работе Матюниной Ю.А. содержательно сформулированы задачи и предоставлен четкий план разработки оценки эргономичности ПО. Тема дипломной работы является актуальной в текущей экономико-социальной обстановке.

Матюниной Ю.А. глубоко изучила отечественные и зарубежные научных источники, профессионально структурировала в дипломе методы, используемые для оценки интерфейсов. В работе предложен метод оценки, который может использоваться для многих практических задач в области разработки ПО, доказана его экономическая рентабельность.

Результаты работы могут использоваться в дальнейших научных исследованиях. Автор определила пути улучшения и дальнейшей разработки методики, предложил введение дополнительных уточняющих критериев.

Автор в процессе написания квалификационной работы показала, что способен самостоятельно разбираться и решать сложные научно-практические задачи. Дипломная работа студента обладает научной ценностью, является самостоятельным исследованием, работа отвечает всем необходимым требованиям, заслуживает наивысшей оценки и может быть допущена к защите.

## 9. Текст защиты

Здравствуйте, уважаемый председатель и члены государственной аттестационной комиссии, вашему вниманию предлагается дипломная работа на тему «Разработка количественной оценки взаимодействия человек-компьютер и декларация его соответствия».

### **Человеческий фактор недооценивают**

Наука о качестве изучает три сферы: технологическую, управленческую и человеческий фактор. К сожалению, человеческому фактору обычно отдается недостаточно много внимания.

В литературе за термином «человеческий фактор» закрепилось скорее отрицательное значение, так как на нем акцентируют внимание только при ошибках и отказах. Упускается из виду то, что во многих, как будто бы человеческих ошибках, виновата недостаточно хорошо спроектированная система, которая утомляет оператора и способствует ошибкам, нередко критичным.

Направление научно-практических работ, которые занимаются этим вопросом носит несколько названий, в более широком смысле — управление эргономичностью, в более узком, когда дело касается только когнитивного взаимодействия, но не включает физические параметры испытуемых — юзабилити или удобство использования.

### **Эргономика, юзабилити, инерфейс**

Взаимодействие между человеком и компьютером происходит через пользовательский интерфейс. Интерфейс — совокупность средств и методов, при помощи которых пользователь взаимодействует с различными машинами, устройствами и системами.

В современном мире основным инструментом производства является программное обеспечение разных видов, участвующее в бизнес-процессах всех областей деятельности. Решаемые группами профессионалов задачи изменились таким образом, что взаимодействие с ПО становится неотъемлемой частью их работы. Но далеко не все интерфейсы удовлетворяют основному принципу соответствия

пользовательским задачам. Из-за этого несоответствия страдает работоспособность сотрудников, фирмы терпят убытки, случаются человеческие жертвы и наносится вред здоровью людей.

### **Экономические потери**

Рассмотрим экономические потери, которые терпят фирмы, уделяющие недостаточное внимание эргономике. Юзабилити обозначает работающую систему качества и внимание к интересам пользователей на всех стадиях продукта, поэтому сокращаются затраты на разработку: не внедряются ненужные функции, ошибки выявляются на ранней стадии. Затраты на поддержку снижаются существенно, потому что включают в себя затраты на обучение и на техническое обслуживание и помощь пользователям. Очевидно, что понятный интерфейс сильно сократит как количество времени на обучение, так и необходимый размер штата тех.поддержки.

### **Безопасность**

Но кроме экономических факторов, есть еще и более важный вопрос. Нормы безопасности труда устанавливают безопасные условия как граничного, так и начального состояния функционального комфорта. Состояния безопасности и функционального комфорта связывают, как прямая связь (чем комфортнее, тем безопаснее), так и обратная — в тех случаях, когда нарушение условий функционального комфорта в течение длительного временного интервала приводит к опасной ситуации.

Оператору, который работает в условиях монотонного автоматизированного производства, необходимо сохранять высокий уровень внимания, что требует от него значительных усилий и ведет к напряженности, нередко — к стрессу, утомлению, потере бдительности и высокой вероятности ошибочных действий.

### **Обзор стандартов, существующих метрик, обзор научной литературы, отечественной и зарубежной**

В работе рассмотрены существующие стандарты (действующие и уже нет), затрагивающие проблемы эргономичности. Сделан обзор метрик, которые используются в стандартах.

Но сейчас я не буду на этом подробно останавливаться.

В разработке находится множество стандартов, касающихся программного обеспечения, это свидетельствует о нехватке четких правил и ориентиров для разработчиков, и об интересе к этой теме.

#### **Методика определения оценки**

В заключение коротко скажу последних двух частях дипломной работы.

В работе так же содержится экономическая часть, которая содержит расчеты трудозатрат, времени и стоимости получения оценки для интерфейса системы среднего размера.

В работе присутствует теоретическая часть по поводу охраны труда и окр.среды, а также сделаны расчеты необходимого освещения в кабинете разработчиков.

Спасибо.