

УДК 004.514.6

Н.М. Дацун, к.ф.-м-н., доц.,  
О.А. Горецький, магістр  
Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна  
datsun@pmi.dgtu.donetsk.ua, alex-ejik@mail.ru

## Підвищення ефективності користувальницького інтерфейсу віртуальних лабораторних робіт

*Запропонований метод оцінки користувальницького інтерфейсу, який поєднує тестування за участю користувачів та метод, заснований на формальному розрахунку. Наведено результати експериментальних досліджень ефективності користувальницького інтерфейсу віртуальних лабораторних робіт. Цільова аудиторія для проведення досліджень була сформована за допомогою соціальних мереж*

**Ключові слова:** ефективність користувальницького інтерфейсу, метод фокус-груп, модель GOMS, віртуальна лабораторна робота, соціальні мережі, юзабіліті-тестування

### Вступ

Користувальницький інтерфейс (КІ) має важливе значення для будь-якої програмної системи, а його "... якість ... можна порівняти за значимістю з такими його показниками, як надійність та ефективність використання обчислювальних ресурсів..." [1].

Основні проблеми при розробці інтерфейсів віртуальних лабораторних робіт (особливо, з загальнонаукових дисциплін) пов'язані з тим, що більшість користувачів мають середній або низький навик роботи з інформаційними системами. З іншого боку, більшість програмістів-розробників не є фахівцями у галузі розробки графічного інтерфейсу користувача.

Мета роботи полягає у дослідженні методу підвищення ефективності користувальницького інтерфейсу віртуальних лабораторних робіт.

Завдання дослідження: поєднати метод юзабіліті-тестування прототипів інтерфейсів віртуальних лабораторних робіт та метод оцінювання швидкості (GOMS) виконання цих робіт з метою підвищення ефективності користувальницького інтерфейсу віртуальних лабораторних робіт (на прикладі дисципліни загальної фізики для студентів технічного університету).

### **Основні визначення та загальні положення**

Визначення: Ефективність роботи з КІ означає забезпечення точності, функціональної повноти та завершеності при виконанні виробничих завдань на робочому місці користувача (людини-оператора).

Розглянемо, яким чином ці показники ефективності інтерпретуються для таких програмних виробів як віртуальні лабораторні

роботи. Точність роботи визначається тим, у якому ступені отриманий користувачем результат роботи відповідає пред'явленим до нього вимогам. Функціональна повнота відбиває ступінь використання первинних та оброблених даних, списку необхідних процедур обробки або звітів, число пропущених операцій або етапів при виконанні поставленого користувачеві завдання. Завершеність роботи описує ступінь виконання завдання середнім користувачем за певний термін, а також число користувачів, які виконали завдання у фіксований термін.

Розробка користувальницького інтерфейсу включає ті ж основні етапи, що і розробка програмного забезпечення [2]:

1. постановка завдання;
2. аналіз вимог і визначення специфікацій;
3. проектування;
4. реалізація.

Хоча тестування інтерфейсних процесів мається на увазі тільки на заключному, четвертому етапі, оцінку ефективності інтерфейсу починають на ранніх етапах.

Існуючі методи оцінки користувальницького інтерфейсу поділяють на дві групи [3]: тестування за участю користувачів та методи, засновані на формальному розрахунку. До першої групи належать: метод фокус-груп, прототипування та аналіз завдань, до другої - метод GOMS та експертна оцінка.

В нашому дослідженні були використані два методи: фокус-груп і GOMS.

Визначення: В основі методу фокус-груп лежить спеціальна форма інтерв'ю, проведеного у групі з 7-10 чоловік. Це користувачі або фахівці, не знайомі із запропонованим їм для оцінки інтерфейсом. Вони можуть бути потенційними або зацікавленими користувачами.

Бажано аналіз проводити в кількох невеликих і незалежних фокус-групах. Такий підхід дозволяє виявити найбільш проблемні ділянки в інтерфейсі і разом з тим він дозволяє провести оцінку у дуже короткий термін, не вдаючись до масштабного тестування. У першу чергу потрібно вирішувати проблеми середніх користувачів, тому що їх абсолютна більшість. Рекомендується проводити кілька ітерацій оцінок інтерфейсу тими ж фокус-групами вже після внесення до нього змін.

Важливим є той факт, що метод фокус-груп можна застосувати як до кількісних досліджень, так і після них. У першому випадку тестуванню піддається прототип інтерфейсу: фокус-групи перевіряють, наскільки КІ відповідає очікуванням. Це дозволяє звузити коло проблем і висунути гіпотези для їх подальшого вирішення. Але цей метод можна застосовувати і пізніше, при юзабіліті-тестуванні.

Одна з кількісних оцінок якості інтерфейсу має вигляд:

$$S_i = \frac{R_i}{P_i} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де:

- $P_i$  – кількість знайдених помилок, проблем і т.п. в інтерфейсі;
- $R_i$  – кількість проблем, для яких запропоновано відповідне рішення;
- $S_i$  – фактор продуктивності роботи фокус-групи;
- $i$  – номер ітерації.

Найбільш типова залежність для успішних проектів зображена на рис. 1.

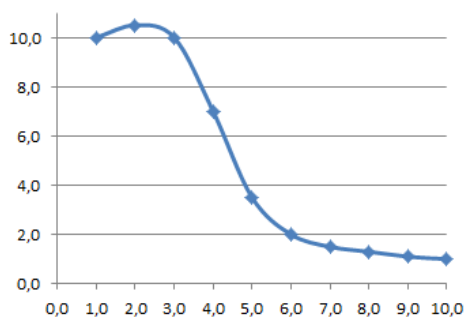


Рисунок 1 - Залежність числа помилок по ітераціям

**Визначення.** Метод GOMS дозволяє промоделювати виконання задачі користувачем та на базі такої моделі оцінити якість інтерфейсу. Кожна мета/завдання (Goal), яку хоче досягти користувач за допомогою інтерфейсу, складається з набору методів (Methods). Методи побудовані з елементарних операторів (Operators). Якщо мета може бути досягнута декількома засобами, то вибір здійснюється за правилами вибору (Selection Rules).

Формально модель методу може бути описана так [4]:

- $O = \{O_i\}, i \in No$  – множина операторів;
- $o_i = \langle d_i, t_i \rangle$  – оператор (якась дія користувача  $d_i$  і середній час  $t_i$ , що витрачається користувачем на цю дію);
- $G = \{G_j\}, j \in Ng$  – множина цілей, які користувач виконує за допомогою інтерфейсу;
- $G_k = \langle M_k, S_k \rangle$ , де:
- $M = \{M_k\}, k \in Nm$  – множина методів досягнення мети  $G_k$ ;
- $S_k = \{S_{kp}\}, p \in Ns$  – множина вибору методу досягнення мети  $G_k$ .

Модель базується на тому, що для множин  $O$  і  $G$  будуються послідовності дій  $M_k$ , які приводять до мети  $G_k$ , та визначаються критерії  $S_k$  вибору між ними. Отримані статистичні оцінки часу  $t_i$  ( $o_i$ ) виконання кожної елементарної дії  $o_i$ . Для кожної послідовності дій  $M_k$  проводиться розрахунок часу  $T_k(M_k)$ , який буде витрачено на досягнення мети  $G_k$  підсумовуванням часу  $t_i$  ( $o_i$ ) по усім операціям  $o_i$ . Якщо мінімум цього часу досягається на послідовності дій  $M_r$ , цей варіант вважається найбільш придатним за рівнем ефективності його використання для користувача інтерфейсу.

Тому що метод GOMS був розроблений на початку використання графічних інтерфейсів, він орієнтований тільки на такі пристрої введення, як клавіатура та миша, і не враховує роботу з сенсорними екранами.

З погляду на використання методу GOMS для оцінки інтерфейсів віртуальних лабораторних робіт його модель не враховує, що у процесі роботи відбувається навчання, а при простоті – забування. Але з іншого боку, метод орієнтований на середніх користувачів, що дозволяє виконати оцінювання ефективності інтерфейсу для саме цієї категорії потенційних студентів – користувачів.

### Проектування і реалізація прототипу інтерфейсу віртуальних лабораторних робіт

Для реалізації прототипу інтерфейсу віртуальних лабораторних робіт виконаний аналіз засобів проектування, розробки і оцінювання ефективності КІ. Цей клас програмних систем поділяють на 5 груп [1, 5]: системи управління користувальницьким інтерфейсом (UIMS); інструментальні засоби проектування та розробки інтерфейсу (Interface Builders); інструментальні засоби розробки інтерфейсу (Tools & Toolkit); засоби прототипування інтерфейсу (Prototyping Tools); засоби оцінювання ефективності інтерфейсу [5].

В нашому дослідженні виконана реалізація трьох віртуальних лабораторних робіт із дисципліни "Фізика", які виконуються студентами технічних факультетів ДонНТУ:

1. №43 «Измерение удельного сопротивления металлов методом вольтметра и амперметра» [6];

2. №49 «Исследование зависимости полезной мощности и коэффициента полезного действия источника ЭДС от силы тока» [7];

3. №50 «Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника постоянного тока» [8].

Віртуальні лабораторні роботи призначені для використання в системі дистанційного навчання, насичені графікою, мають високу інтерактивність, містять елементи взаємодії з викладачем. Об'єктно-орієнтована модель програмного комплексу, класи та методи для реалізації віртуальних лабораторних робіт і тестування їх інтерфейсів були розроблені за допомогою середовища розробки Flash Develop. Реалізація програм виконана мовами програмування Actionscript 3.0 та PHP 5. Експериментальні дослідження виконувалися на ПК з процесором Intel Pentium P6100, ОЗУ – 2 Гб, інтегрованою відеокартою – Intel HD.

### **Експериментальне дослідження характеристик інтерфейсу віртуальних лабораторних робіт з використанням соціальних мереж**

Експериментальний стенд являє собою розподілену інформаційну систему. Роль серверу виконує сайт [vagonchik.com](http://vagonchik.com). На ньому були розміщені програми трьох віртуальних лабораторних робіт і модуль обробки даних, отриманих від тестерів.

Цільова аудиторія була сформована за допомогою соціальних мереж ВКонтакте і Facebook. Членам фокус-груп були розіслані повідомлення із запрошенням виконати юзабіліті-тестування віртуальних лабораторних робіт та їх URL [9].

Ці лабораторні роботи надають всі функції з емуляції виконання відповідної роботи на віртуальному обладнанні, а також:

- обробки експериментальних даних, зібраних користувачем у процесі виконання роботи;
- формування даних для створення звіту у вигляді PDF-файлу;
- контрольного тестування з теоретичного матеріалу лабораторної роботи.

Для реалізації моделі методу фокус-груп користувачам-тестерам додатково надана можливість залишити свої зауваження та побажання з приводу інтерфейсу цих робіт.

Для виконання оцінювання ефективності інтерфейсу лабораторних робіт в їхніх програмах передбачена додаткова функція хронометражу виконання робіт зі складання електричної схеми та проведення експерименту.

Робота модуля обробки даних, отриманих від користувачів-тестерів, і функції адміністратора цього експериментального стенду описані в [9].

Алгоритм роботи експериментального стенду в процесі юзабіліті-тестування (виконання користувачем-тестером лабораторної роботи):

1. лабораторна робота відправляє дані, отримані від користувача, модулю обробки даних, а той у свою чергу відправляє звіт про успішність отримання даних та генерації звіту;

2. модуль обробки даних відправляє адміністратору PDF-звіт електронною поштою;

3. модуль обробки даних записує отримані від користувача дані на сервер, а сервер повертає звіт про успішність отримання даних та їх запису;

4. лабораторна робота записує дані, отримані від користувача до бази даних сервера.

Для зберігання даних, отриманих від користувачів під час юзабіліті-тестування, використовується база даних з двома таблицями.

Таблиця з інформацією від тестерів містить зауваженнями/пропозиції тестерів фокус-груп по удосконаленню інтерфейсу віртуальних лабораторних робіт.

Таблиця хронометражу виконання лабораторних робіт використовується для аналізу ефективності інтерфейсу за методом GOMS. Ця таблиця містить інформацію про час, витрачений користувачем на складання електричного кола, і час, витрачений користувачем на виконання лабораторної роботи у цілому.

### **Процедура юзабіліті-тестування прототипів інтерфейсів**

Процедура юзабіліті-тестування прототипів інтерфейсів віртуальних лабораторних робіт була проведена за три ітерації:

- ітерація 1: користувачам було запропоновано початковий варіант інтерфейсу програми лабораторної роботи; після виконання тестерами лабораторної роботи і обробки отриманих від них даних були проведені зміни в інтерфейсі програми (варіант інтерфейсу наведений в [4]);

- ітерація 2: проміжний варіант інтерфейсу програми був знову запропонований користувачам для тестування; після виконання тестерами лабораторної роботи і обробки отриманих даних про цей варіант інтерфейсу були зроблені додаткові зміни в інтерфейсі програми;

- ітерація 3: третій варіант інтерфейсу програми був знову запропонований користувачам для тестування, і був схвалений тестерами як остаточний варіант інтерфейсу лабораторної роботи.

Так, в результаті тестування користувачами інтерфейсу лабораторної роботи №43 за методом фокус-груп (103 користувача на ітерації 1 і 172 користувача на ітерації 2) були

отримані дані та зауваження, а також сформульовані способи усунення цих зауважень, (табл. 1 і табл. 2).

Таблиця 1 – Приклади зауважень тестерів фокус-груп та усунення цих зауважень (ітерація 1)

Проблема	Усунення проблеми
Проблема подвійної діскліксії	Вибір елемента меню, складання схеми і т. і. стало можливе як для одиночного натиснення кнопки миші, так й для подвійного
Вікно програми не вміщувалося повністю на моніторах з роздільною здатністю від 1024 × 768 і менше	Елементи інтерфейсу були розмішені більш компактно
Відсутній опис ходу роботи, який було необхідно користувачеві шукати самому в Інтернеті	У вікні експерименту розмішено вікно «Хід роботи»
Незручно розташовані кнопки	Усі додаткові кнопки для виконання експерименту було згруповані в одній панелі, а не окремо біля кожного приладу
Таблиця з даними для звіту і вікно допомоги незручно розмішені у окремому вікні	Указані таблиця і вікно були переміщені у вікно експерименту

Таблиця 2 - Приклади зауважень тестерів фокус-груп та усунення цих зауважень (ітерація 2)

Проблема	Усунення проблеми
Вікно таблиці для звіту перекриває панель з приладами	Вікно таблиці і вікно допомоги зроблені спливаючими вікнами
Вікно допомоги не розміщується у вікні програми без перекриття з іншими вікнами	

У табл. 3 представлена статистика про помилки і недоліки інтерфейсу програми лабораторної роботи №43, отримані від користувачів на усіх трьох ітераціях тестування.

Таблиця 3 - Помилки та недоліки інтерфейсу

Ітерація тестування	Кількість відповідей про помилки, отриманих від тестерів
1	78
2	85
3	42

Для всіх варіантів інтерфейсу (на трьох ітераціях) за методом GOMS і програмно за

допомогою експериментального стенду були прораховані середні кількісні характеристики. Це час складання схеми і час виконання поставленого завдання по заповненню таблиці даними, отриманими в результаті експерименту з віртуальною лабораторною роботою.

Дані досліджень для лабораторної роботи №43 наведені в табл. 4-7. Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок, що можливість зібрати схему за допомогою миші та клавіатури є найбільш ефективним варіантом. В табл. 7 відсутній розрахунок з використанням тільки клавіатури, тому що без використання миші неможливо перемикання між вікнами програми.

Таблиця 4 - Розрахунок часу складання схеми за моделлю GOMS

Номер ітерації	З використанням тільки миші, с	З використанням тільки клавіатури, с	З використанням миші та клавіатури, с
1	25,4	19,8	17,7
2	28,8	26,1	22,6
3	28,7	27,4	26,3

Таблиця 5 - Програмний розрахунок часу складання схеми

Номер ітерації	З використанням тільки миші, с	З використанням тільки клавіатури, с	З використанням миші та клавіатури, с
1	30,3	27,8	29,1
2	34,6	36,8	31,1
3	27,1	26,9	25,4

Таблиця 6 - Розрахунок часу виконання роботи за моделлю GOMS

Номер ітерації	З використанням тільки миші, с	З використанням тільки клавіатури, с	З використанням миші та клавіатури, с
1	134,7	128,4	134,7
2	134,2	126,8	134,2
3	124,4	115,3	124,4

Таблиця 7 - Програмний розрахунок часу виконання роботи

Номер ітерації	З використанням тільки миші, с	З використанням миші та клавіатури, с
1	149,6	133,1
2	153,6	144,2
3	121,1	114,4

Підвищенню швидкості складання схеми для користувачів, які раніше не були знайомі з програмою, сприяли:

- зміни, внесені за результатами виправлення зауважень користувачів;

- скорочення відстані між приладами на схемі, внаслідок чого користувачеві довелося менше витратити часу на переміщення курсору миші.

Причини різниці між розрахунками за методом GOMS (теоретичними) та експериментальними показниками можна пояснити тим, що деякі користувачі проводили експерименти засобом, найбільш зручним для них, наприклад, тільки комбінованим (миша та клавіатура), або тільки мишею.

### Висновки

Запропонований метод оцінки користувальницького інтерфейсу, який поєднує в часі тестування за участю користувачів (метод фокус-груп) та метод, заснований на формальному розрахунку (GOMS). Для апробації цього методу розроблені шаблони програми трьох віртуальних лабораторних робіт із дисципліни "Фізика" та модуль обробки даних, отриманих від користувачів-тестерів. Проведено три ітерації юзабіліт-тестування шаблону для віртуальних лабораторних робіт. На базі лабораторної роботи «Измерение удельного сопротивления металлов методом вольтметра и

амперметра» проведені дослідження ефективності інтерфейсу за запропонованим методом. Цільова аудиторія для проведення досліджень була сформована, використовуючи соціальні мережі. Дослідження показали, що із зростанням кількості користувачів-тестерів з соціальних мереж, можна підвищити швидкість створення ефективних інтерфейсів інтерактивних навчальних програм.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше для юзабіліт-тестування віртуальних лабораторних робіт був запропонований метод оцінки КІ, який поєднує тестування за участю користувачів та метод, заснований на формальному розрахунку.

Практична значущість запропонованого методу полягає в скороченні часу створення ефективних інтерфейсів інтерактивних навчальних програм для дистанційного навчання. Розроблені програми використовуються у процесі навчання студентів очно-заочної прискореної форми навчання та виконання ними лабораторних робіт через сайт дистанційного навчання ДонНТУ [10] у дистанційному курсі «Фізика».

Подальший напрямок досліджень пов'язаний з оцінкою ефективності розроблених шаблонів у фокус-групах реальних користувачів віртуальних лабораторних робіт у процесі їх навчання.

### Список використаної літератури

1. Гультьев А.К., Машин В.А. Проектирование и дизайн пользовательского интерфейса. - СПб.: Изд-во Корона-Принт, 2010. - 350 с.
2. Иванова Г.С. Технология программирования: Учебник для вузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 320 с.: ил. (Сер. Информатика в техническом университете).
3. Зуев А.С. Математическое и программное обеспечение средств проектирования и совершенствования интерактивных графических человеко-машинных интерфейсов. Дисс... канд. техн. наук. М.: МГУПИ, 2007. - 129с.
4. Горещкий А.А. Оценка качества пользовательского интерфейса обучающих программ/ Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг (ІУС КМ - 2011) : II Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, 11-13 квітня 2011 р., м. Донецьк : зб. доп. у 2 т./ Донец. націонал. техн. ун-т; редкол.: Є.О. Башков (голова) та ін. - Донецьк: ДонНТУ, 2011. - Т.2. - с.93-97.

5. CogTool — сервис для подсчета времени выполнения задач методом GOMS <http://fresh.gui.ru/2011/06/14/cogtool-servis-dlya-podscheta-vremeni-vypolneniya-zadach-metodom-goms/>
6. Інформаційний портал ДонНТУ. – 2012. – Режим доступу: [http://info.donntu.edu.ua/el\\_izdan/fisik/1/lab43.pdf](http://info.donntu.edu.ua/el_izdan/fisik/1/lab43.pdf). – ЛР №43.
7. Інформаційний портал ДонНТУ. – 2012. – Режим доступу: [http://info.donntu.edu.ua/el\\_izdan/fisik/1/lab49.pdf](http://info.donntu.edu.ua/el_izdan/fisik/1/lab49.pdf). – ЛР №49.
8. Інформаційний портал ДонНТУ. – 2012. – Режим доступу: [http://info.donntu.edu.ua/el\\_izdan/fisik/1/lab50.pdf](http://info.donntu.edu.ua/el_izdan/fisik/1/lab50.pdf). – ЛР №50.
9. Горецкий А.А. Использование Интернет-технологии для организации и проведения юзабилити-тестирования/ Информатика та комп'ютерні технології (ІКТ – 2011). VII міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. 22- 23 ноября 2011 р., м. Донецьк: зб. доп./ Донец. націонал. техн. ун-г; редкол.: Є.О. Башков (голова) та ін. - Донецьк: ДонНТУ, 2011. - с.74-78.
10. Центр дистанционного обучения ДонНТУ. – 2012. - Режим доступу: <http://dist.donntu.edu.ua/>.

Надійшла до редколегії 31.03.2012

**Н.Н. ДАЦУН, А.А. ГОРЕЦКИЙ**

Донецкий национальный технический университет

**N.N. DATSUN, A.A. GORETSKY**

Donetsk National Technical University

**Повышение эффективности  
пользовательского интерфейса виртуальных  
лабораторных работ.**

**Improving the effectiveness of the user  
interface of virtual labs**

Предложен метод оценки пользовательского интерфейса, который совмещает тестирование с участием пользователей и метод, основанный на формальном расчете. Приведены результаты экспериментальных исследований эффективности пользовательского интерфейса виртуальных лабораторных работ. Целевая аудитория для проведения исследований была сформирована с помощью социальных сетей.

The method of evaluation of the user interface is offered. It combines testing with participation of users and a method based on a formal calculation. Results of experimental studies on the effectiveness of UI of virtual labs are given. The target audience for carrying out researches was created by means of social networks.

**Ключевые слова:** эффективность пользовательского интерфейса, метод фокус-групп, модель GOMS, виртуальная лабораторная работа, социальные сети, юзабилити-тестирование

**Keywords:** effectiveness of the user interface, Focus group method, GOMS Models, virtual laboratory work, social networks, usability testing