

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
імені адмірала Макарова

**ДИМО ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ**

УДК 681.5:004.9:65.012

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ  
РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВІДКРИТИМ  
ВИХІДНИМ КОДОМ**

Спеціальність 05.13.22 - Управління проектами та програмами

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Миколаїв – 2007

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Управління проектами з розробки програмного забезпечення на сьогодні є значним полем як наукової так і практичної діяльності. В галузі виробництва програмного забезпечення задіяно більше двох мільйонів інженерів у всьому світі, 20% яких є менеджерами. В Україні по оцінкам асоціації "ІТ-України" кількість інженерів і менеджерів на 2007 рік складає 75 тисяч чоловік, при чому кожного року навчальні заклади випускають більше 13 тисяч чоловік. При цьому приблизно 38% всіх розробників приймає участь в розробці програмних проектів з відкритим вихідним кодом (в подальшому, відкритим кодом).

Аналіз останніх досліджень в галузі управління програмними проектами показав, що ефективне управління такими проектами є основним способом успішного їх завершення в рамках обмежень часу, вартості і якості. Внаслідок неефективного управління 18% програмних проектів завершуються невдачею, а 53% потребують додаткових витрат часу та фінансів. Водночас, в проектах реалізується тільки 69% заявленої функціональності.

Однак, за останній час з'явилося чимало нових моделей управління програмними проектами, які здатні підвищити ефективність управління. Відмічається, що використання нових способів управління призвело до підвищення відсотку успішних проектів на 13% та зниженню кількості невдач на 14%. Одним з таких способів стала модель розробки програмного забезпечення з відкритим кодом, яка з'явилась в середині 1980х років та набула популярності на початку XXI століття.

Проекти розробки програм з відкритим кодом відомі на практиці як успішні проекти, які завершуються вчасно, з мінімальними витратами та в яких виробляється якісний продукт. Приблизно 27% фірм розробників програмного забезпечення успішно використовують цю модель. Окрім того, існує більше 170 000 некомерційних проектів з розробки відкритого програмного забезпечення, з яких 7% є українськими. В Україні створена асоціація користувачів та розробників відкритого програмного забезпечення (UAFOSS), метою якої є розповсюдження знань про модель розробки з відкритим кодом, а також проведення законодавчих ініціатив щодо впровадження програмних продуктів з відкритим кодом в державні установи. Так, наприклад, в Верховну Раду України було внесено проект закону "Про використання Відкритих і Вільних форм інтелектуальної власності, Відкритих форматів даних та Відкритого (Вільного) програмного забезпечення в державних установах і державному секторі економіки". Також UAFOSS спільно з представництвом ООН в Україні, Мережею розробників відкритого програмного забезпечення України (OSDN) та Комітетом з питань науки і освіти Верховної Ради України проводить круглі столи з проблем розповсюдження відкритого програмного забезпечення та інших об'єктів відкритої інтелектуальної власності в Україні, матеріали яких використовуються під час парламентських слухань з питань розвитку інформаційного суспільства в Україні.

У зв'язку з такою популярністю проектів розробки програмного забезпечення з відкритим кодом та їх значенням для індустрії розробки програмного забезпечення України, виникає необхідність володіти знанням про управління ними. Однак, останні дослідження були спрямовані лише на опис такої моделі розробки та на дослідження конкретних випадків її використання. Внаслідок чого питання вивчення життєвого циклу і системи управління, які забезпечують основу знань для ефективного управління проектами залишаються відкритими. Невивченість існуючих методів виконання процесів управління, в особливості управління часом і вартістю, також заважає ефективному управлінню і успішному завершенню проектів в рамках заданих обмежень часу, вартості і якості.

Тому, розробка моделей життєвого циклу та системи управління є актуальною та необхідною, так як дозволить вдосконалити виконання процесів управління і успішно завершувати програмні проекти з відкритим кодом в рамках обмежень часу, вартості і якості, тобто підвищити ефективність управління.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана в рамках програми науково-дослідних робіт, що проводилися на кафедрі Інформаційних управляючих систем і технологій Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова спільно з ДП НВКГ «Зоря-Машпроект» за темою «Аналіз перспектив та можливостей використання відкритого програмного забезпечення на підприємствах машинобудівної галузі» і спільно з ВАТ НДІ «Центр» за темою «Вдосконалення методів оцінки вартості та часу розробки програмного забезпечення». Моделі системи управління і життєвого циклу виконані згідно з завданнями, зазначеними в статуті Української асоціації розробників і користувачів вільного та відкритого програмного забезпечення UAFOSS. Розробка методики управління проведена під час виконання програмного проекту з відкритим кодом "KDE-Eclipse" в рамках гранту програми «Google Summer of Code», де Димо О.Б. був менеджером і відповідальним виконавцем проекту.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності управління програмними проектами з відкритим кодом.

Для досягнення мети роботи необхідно вирішити такі завдання:

- розробити модель життєвого циклу проектів з відкритим кодом, виділити фази моделі та встановити перелік дій, які виконуються в циклі;
- розробити математичну модель системи управління проектами з відкритим кодом та виконати дослідження стабільності і самоорганізації системи;
- розробити модель оцінки часу і вартості проектів з відкритим кодом;
- провести емпіричні дослідження моделей оцінки часу і вартості для підтвердження їх точності й застосовності;
- розробити методику управління програмними проектами з відкритим кодом.

**Об'єкт дослідження** – процеси управління програмними проектами з відкритим кодом.

**Предмет дослідження** – моделі життєвого циклу і системи управління програмними проектами з відкритим кодом.

**Методи дослідження**. Проведені дослідження базуються на методах теорії систем, теорії подібності, математичної статистики, математичного моделювання, використання комп'ютерних систем і сучасних програмних комплексів.

**Наукова новизна одержаних результатів**. Основним науковим результатом дослідження є множина знань з управління програмними проектами з відкритим кодом, яка дозволяє підвищити ефективність управління завдяки урахуванню особливостей таких проектів.

Наукова новизна результатів дослідження, які виносяться на захист:

*Вперше:*

- розроблена модель життєвого циклу програмних проектів з відкритим кодом на основі аналізу існуючих проектів, яка враховує специфічний для проектів з відкритим кодом процес обробки та управління зовнішніми змінами і додаткові дії з вибору схеми ліцензування та розподіленої розробки; і яка може бути використана як основа прийняття рішень з управління проектом і ефективний спосіб контролю процесу реалізації проекту;
- розроблена математична модель аналізу динаміки системи управління програмними проектами з відкритим кодом на основі узагальненої структурної схеми моделі динаміки програмних проектів, яка враховує додаткові зворотні зв'язки між параметрами системи і середовища та дозволяє дослідити стабільність і самоорганізацію в проектах з відкритим кодом;
- отримані аналогові моделі оцінки часу виконання програмних проектів на основі принципу подібності програмних проектів і використання методу аналізу розмірностей теорії подібності, які враховують суттєві закономірності між визначаючими час параметрами та точність яких перевищує точність існуючих моделей.

*Вдосконалено:*

- способи та критерії обґрунтування вибору моделі розробки програмного забезпечення з відкритим кодом на основі адаптованих методів аналізу розпізнавальних категорій і ризиків, які забезпечують прийняття рішень про здійсненність проекту вже на початку життєвого циклу проекту;

*Одержало подальший розвиток:*

- дослідження явищ самоорганізації з використанням теорії ультрастабільних систем, на основі чого визначаються механізми забезпечення управління самоорганізацією;
- підхід до дослідження проектів з відкритим кодом як аналогів швидких проектів, що дозволяє використовувати вже відомі методи і способи управління швидкими проектами для проектів з відкритим кодом.

**Обґрунтування й вірогідність наукових висновків і рекомендацій забезпечується:** відповідністю розробленої моделі життєвого циклу стандартам ISO 12207 і ДСТУ 3918-

1999; задовільним узгодженням результатів оцінки вартості і часу розробленими моделями з реальними даними проектів з бази даних ISBSG; успішним виконанням проектів з відкритим кодом згідно з запропонованою методикою управління.

**Практичне значення отриманих результатів** визначається застосуванням розроблених моделей та методик як основи знань в управлінні програмними проектами з відкритим кодом; виконанням оцінок часу та вартості розробки програмного забезпечення за допомогою розроблених моделей з вищою на 55% точністю ніж модель COCOMO. Здійснено проекти з відкритим кодом MediaCloth, KDevelop, ActiveReC++ і KDE Eclipse в рамках заданих часу, вартості і якості за запропонованою методикою управління. При цьому практично підтверджена точність оцінок часу і цінність рекомендацій з обґрунтування відкритості коду та вибору типу ліцензування. Результати дисертаційної роботи використовувалися при виконанні вільного проекту з відкритим кодом KDE, були впроваджені на підприємствах Pluron і UkrInvent, Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова.

**Особистий внесок здобувача.** Наукові розробки та висновки дисертаційної роботи опубліковані в статтях [2,3,5] отримані автором самостійно. Внесок автора в колективно опубліковані роботи [1,4] конкретизовано в списку публікацій.

**Апробація результатів дисертації.** Результати роботи обговорювалися на конференціях розробників KDE «Kastle» (Novi Hrad, Czech Rep., 2003), «Akademy 2004» (Ludwigsburg, Germany, 2004), «Akademy 2005» (Malaga, Spain, 2005), "Akademy 2006" (Dublin, Ireland, 2006), "Akademy 2007 (Glasgow, United Kingdom, 2007)"; конференціях "Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми" Вінницького державного педагогічного університету (Вінниця, 2004); "Информационные технологии в XXI веке" (Дніпропетровськ, 2004); "Інноваційний розвиток на основі технологічної зрілості в управлінні проектами" КНУБА (Київ, 2004); "Автоматизация: проблемы, идеи, решения" (Севастополь, 2004); "Світ інформації та телекомунікацій-2005" (Київ, 2005); FOSDEM – Free and Open Source Developers Meeting (Brussels, Belgium, 2005); Linux Desktop Summit (Ottawa, Canada, 2005); LinuxSymposium (Ottawa, Canada, 2005, 2007); Open Source Security (Warsaw, Poland, 2005); II Open Source World Conference (Malaga, Spain, 2006); II Міжнародній науково-практичній конференції "Управление проектами: состояние и перспективы" (Миколаїв, 2006); IX Міжнародній науково-практичній конференції "Информационные технологии в образовании и управлении" (Нова Каховка, 2007).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 16 наукові праці, з них 6 статей у збірниках наукових праць, у тому числі 5 статей в провідних фахових виданнях, що входять до переліку, затвердженому ВАК України, 3 статей і 7 тез у збірниках праць вітчизняних та міжнародних конференцій.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків і списку використаних джерел. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи становить 158 сторінок, рисунків - 29, таблиць - 45. Список використаних джерел містить 121 найменування на 9 сторінках. 5 додатків розміщено на 59 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Вступ** до дисертації містить обґрунтування актуальності теми досліджень, формулювання мети та завдань дисертаційної роботи, визначення об'єкта та предмета дослідження, методологічну основу досліджень, зв'язок роботи з науковими програмами і темами, опис основних наукових результатів, їх новизни та практичної цінності, а також відомості про публікації, апробацію та структуру роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз сучасних знань з управління програмними проектами з відкритим кодом, вказане їх місце серед програмних проектів, зроблено огляд останніх напрямків досліджень життєвого циклу, системи і процесів управління проектів з відкритим кодом, зроблена постановка задачі.

Модель розробки програмних продуктів з відкритим кодом виникла в середині 1980х років. Основними цілями проектів з розробки програм з відкритим кодом є забезпечення вільної участі всіх зацікавлених сторін в виконанні проекту, вільного використання та розповсюдження розроблених в проектах продуктів для будь-яких цілей. Такі характеристики проектів з відкритим кодом дозволили їм набути популярності як серед окремих розробників, так і серед комерційних компаній. Аналіз звітів дослідницьких груп показує, що на сьогодні в світі виконується більш ніж 170 000 програмних проектів з відкритим кодом, в яких зайнято більше 1 100 000 людей. В Україні кількість розробників програмного забезпечення з відкритим кодом за різними оцінками доходять до 7000. При цьому зріст кількості проектів з відкритим кодом відносно всіх програмних проектів складає 2-5% в рік. Значна кількість проектів з відкритим кодом, таких як Linux, KDE, GNOME, Apache, Eclipse, OpenOffice, Mozilla, належить до найбільш успішних проектів за всю історію програмної індустрії. Однак в той час, як окремі успішні проекти привертають увагу менеджерів, інженерів і дослідників, самі моделі життєвого циклу і системи управління проектів з відкритим кодом залишаються здебільш невивченими. Відсутність інформації про моделі призводить до проблем при її виборі і виконанні процесів управління конкретним проектом. Для формування основи знань управління програмними проектами з відкритим кодом стає необхідним дослідження життєвого циклу проектів та розробка його моделі з визначенням переліку, послідовності й змісту фаз циклу та їх складових.

Проектам з відкритим кодом притаманне явище самоорганізації, наслідки якого в дослідженнях визначаються як відсутність формального менеджменту, формальної процедури розподілу задач, відсутність додаткових команд для комунікації із зовнішнім середовищем проекту, адаптація команд навіть при радикальній зміні умов середовища. Єдиною запропонованою моделлю ефекту самоорганізації є модель соціальної мережі. Така модель дозволила теоретично довести факт самоорганізації, але не відображає причин її виникнення та не вивчає механізм і способи управління самоорганізацією. Такі знання можуть бути отримані тільки шляхом системного дослідження самоорганізації на базі математичної моделі аналізу динаміки системи управління, яке на сьогодні відсутнє.

Успішність проектів з відкритим кодом обумовлена не тільки самоорганізацією, але й чітким підходом до рішення суттєвих проблем розробки програмного забезпечення. Так відкритість коду є ефективним механізмом зменшення розміру програмного коду продукту, що виробляється в проекті, за рахунок повторного використання. За різними оцінками, доля повторного використання коду становить близько 36% від розміру продукту. Чітке визначення правил та механізмів спільної роботи учасників проекту дозволяє зменшити витрати. При цьому співвідношення якості та вартості в проектах з відкритим кодом за останніми даними на 10 – 1000% перевищує показники аналогічних проектів з закритим кодом. Погляд на проекти з відкритим кодом як на способи стимулювання інтелектуальної діяльності і підвищення професійного рівня обумовлює участь найбільш досвідчених розробників, що вирішує проблему кваліфікації персоналу. А наявність значної кількості інструментів для забезпечення й автоматизації процесу управління проектами з відкритим кодом визначає вирішеність проблеми середовища і інфраструктури проекту. В дослідженнях проектів з відкритим кодом основна увага звертається на непередбачуваність процесу та відсутність чітких способів обґрунтування вибору відкритої моделі. Необґрунтованість рішень про відкритість призводить до невдачі проекту. А такі фактори, як неможливість оцінки часу, вартості та трудомісткості заважають плануванню в проекті. Тому важливими задачами дослідження проектів з відкритим кодом слід вважати розробку методики вибору відкритої моделі та розробку способів оцінки часу та вартості виконання проектів.

На підставі зробленого аналізу методів і способів вдосконалення процесів управління розробкою програмного забезпечення з відкритим кодом були поставлені завдання дослідження. Вирішення цих завдань дозволить ефективно управляти проектами з розробки програмного забезпечення з відкритим кодом і досягати заданої якості в рамках обмежень часу і вартості.

У **другому розділі** розроблені моделі життєвого циклу і системи управління.

Модель життєвого циклу проектів визначена як:

- множина фаз виконання проекту з процесом управління зовнішніми змінами;
- склад технічних робіт в кожній фазі з додатковими діями по вибору схеми ліцензування та розподіленої розробки програмного коду;
- розподіл інженерних та технічних ресурсів за фазами;
- послідовність виконання фаз;
- множина перехідних процесів між фазами.

Таке визначення стало можливим внаслідок дослідження і обробки хронологічних даних існуючих програмних проектів з відкритим кодом. В результаті отримано:

- схематичний опис фаз проекту та їх послідовності (рис. 1);
- діаграми розподілу робіт по фазам проекту;
- таблиці ідентифікації задач і дій, які виконуються в життєвому циклі зі вказівками на розподіл ресурсів проекту.

Визначення цілей,  
альтернатив і обмежень

Оцінка альтернатив,  
ідентифікація і  
вирішення ризиків

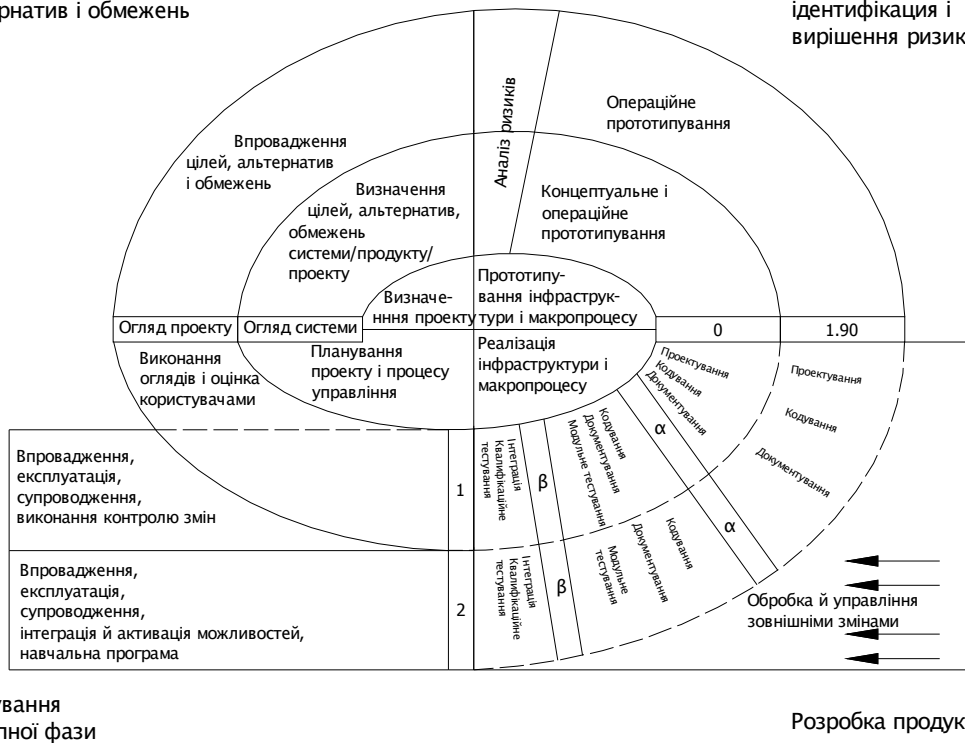


Рис. 1. Модель життєвого циклу проектів з відкритим кодом

Як видно з рис. 1, модель складається з фаз, об'єднаних в чотири групи, які співпадають з квадрантами спіралі:

- визначення цілей, альтернатив та обмежень: в цих фазах виконується визначення цілей всього проекту, визначається перелік вимог до продукту, що виробляється в проекті, визначаються альтернативні шляхи виконання проекту та обмеження часу, вартості та якості;
- оцінка альтернатив, ідентифікація та вирішення ризиків: в цих фазах виконується апробація альтернатив, визначених в попередніх фазах, шляхом прототипування, виконується оцінка та вирішення ризиків, приймається рішення про продовження виконання проекту;
- розробка продукту: в цих фазах виконується програмування, тестування, документування програмного продукту, та випуск його наступних версій; проводиться притаманна проектам з відкритим кодом обробка і управління зовнішніми змінами;
- планування наступних фаз: в той час як розроблена версія продукту проходить фази впровадження та експлуатації, в проекті виконується оцінка виконаних дій та приймається рішення щодо наступних фаз спіралі.

Розроблена модель життєвого циклу була проаналізована на відповідність стандартам ISO/IEC 12207 "Software Lifecycle Processes" і ДСТУ 3918-1999 "Процеси життєвого циклу програмного забезпечення". Як показано на рис. 2 всі процеси визначені стандартами знайшли своє місце в моделі.



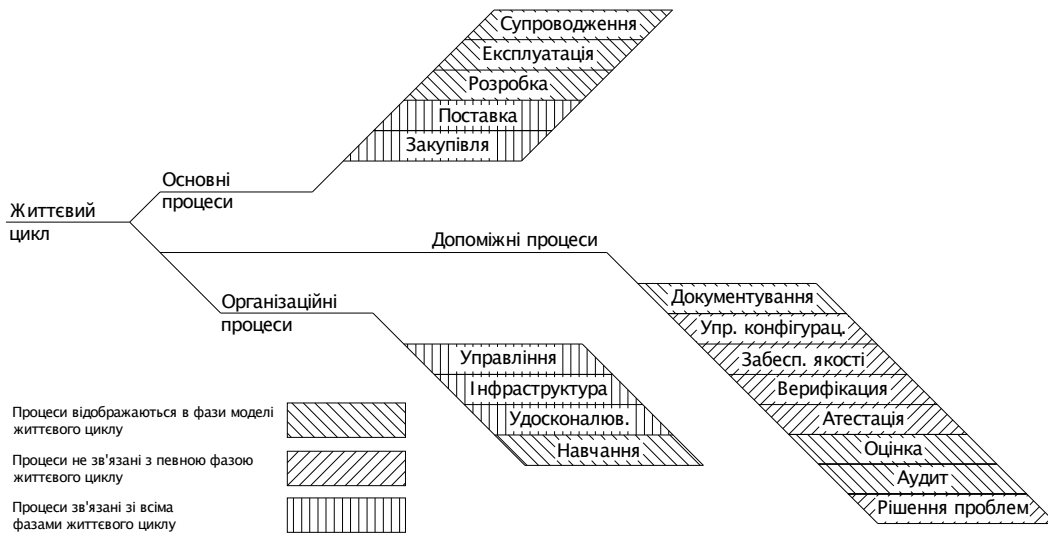


Рис. 2. Місце процесів життєвого циклу стандартів ISO/IEC 12207 і ДСТУ 3918-1999 в моделі життєвого циклу програмних проєктів з відкритим кодом

На основі моделі життєвого циклу проєктів з відкритим кодом була розроблена математична модель системи управління такими проєктами. Ізольована система управління програмним проєктом, тобто система для якої кількість вимог є постійною в часі, представлена сигнальним графом на рис. 3, а модель системи, відповідно графу, є системою диференціальних рівнянь стану

$$\begin{cases} \dot{x}_p = \alpha_{dx} d \\ \dot{d} = \alpha_{td} t \\ \dot{t} = \alpha_{rt} r_c - \alpha_{tt} t \\ \dot{p} = \alpha_{xp} x_p - \alpha_{dp} d + \alpha_{pp} p, \\ \dot{s} = \alpha_{ds} d - \alpha_{bs} b + \alpha_{ps} p \\ \dot{b} = \alpha_{tb} t + \alpha_{sb} s \\ \dot{r}_c = -\alpha_{pr} p - \alpha_{sr} s \end{cases} \quad (1)$$

де  $x_p$  – досвід розробників;  $d$  – кількість розробників;  $t$  – прогнозована тривалість розробки;  $p$  – продуктивність розробників;  $s$  – розмір створюваного програмного продукту;  $b$  – кількість дефектів в продукті;  $r_c$  – кількість функціональних вимог;  $\alpha_{dx}, \alpha_{td}, \alpha_{rt}, \alpha_{tt}, \alpha_{xp}, \alpha_{dp}, \alpha_{pp}, \alpha_{ds}, \alpha_{bs}, \alpha_{ps}, \alpha_{tb}, \alpha_{sb}, \alpha_{pr}, \alpha_{sr}$  – коефіцієнти впливу змінних стану на швидкість їх змін,

$\dot{x}_p, \dot{d}, \dot{t}, \dot{p}, \dot{s}, \dot{b}, \dot{r}_c$  – швидкості змін змінних стану в часі  $\tau$ , виражені їх похідними.

Для обґрунтування можливості успішного виконання програмних проєктів з відкритим кодом досліджені умови стабільності такої системи з використанням критерія Гурвіца. Для цього розроблена програма на мові пакету символічних алгебраїчних обчислень Махіма і чисельним моделюванням визначені границі стабільності та ймовірність стабільності такої системи. За умови вибраних діапазонів значень змінних ймовірність становила 25%, що свідчить про наявність успішних проєктів.



Для обґрунтування впливу визначених ступеневих функцій на самоорганізацію була розроблена програма на мові пакету символьних алгебраїчних обчислень Maxima. За результатами чисельного моделювання було доведено, що при виведенні суттєвих змінних за границі стабільності для знаходження нового поля стабільності потрібно в середньому 4 проби. Це доводить ефективність визначених ступеневих функцій для забезпечення самоорганізації, тобто підвищується вірогідність завершення за умови дестабілізуючих зовнішніх змін при достовірних оцінках часу і вартості виконання програмних проектів.

**Третій розділ** присвячений розробці нових моделей здатних більш точно оцінити час і вартість виконання програмних проектів.

Для цього була використана теорія подібності, яка дозволяє вивчати окремі класи подібних програмних проектів і за допомогою аналізу емпіричних даних узагальнювати досвід та отримувати залежності часу від визначальних параметрів.

Класи подібних програмних проектів були визначені моделлю розробки (узагальненою, швидкою, відкритого коду, і т.і.). Для кожного класу методом аналізу розмірностей отримано модельне критеріальне рівняння оцінки часу у вигляді статичної залежності часу від згрупованих в критерії визначальних параметрів (метрик). Всередині класів проекти розбивались на групи згідно з умовами подібності, які визначаються типом розробляемого продукту (наприклад, система обробки транзакцій, система прийняття рішень, інтегроване середовище розробки, і т.і.).

Для програмних проектів за узагальненою моделлю розробки з прототипуванням аналогова модель оцінки часу має вигляд:

$$D_t = A \cdot D_{com}^e \cdot D_{prod}^f \cdot D_{compro}^i \cdot D_{prodpro}^j \cdot D_{reus}^n \cdot D_{size}^d \cdot D_{sizepro}^g \cdot D_{qua}^m \cdot , \quad (3)$$

$$\text{де } D_t = \frac{t}{t_{cp}}, \quad D_{com} = \frac{c_x \cdot d}{l_f}, \quad D_{prod} = \frac{p}{c_x}, \quad D_{compro} = \frac{c_x \cdot d_{cp}}{l_f}, \quad D_{quapro} = \frac{p_{cp}}{c_x},$$

$$D_{reus} = \frac{c_c}{r_c \cdot r_v}, \quad D_{size} = \frac{s}{t_{cp} \cdot l_f}, \quad D_{sizepro} = \frac{s_{cp}}{t_{cp} \cdot l_f}, \quad D_{qua} = \frac{x_p}{q \cdot c_x},$$

$t$  – час розробки,  $s$  – розмір продукту,  $c_x$  – складність розробки,  $r_c$  – кількість функціональних вимог,  $r_v$  – ступінь покриття функціональних вимог за рахунок використання готових компонентів,  $c_c$  – кількість компонентів,  $d$  – кількість розробників,  $p$  – продуктивність розробників,  $l_f$  – фактор мови програмування,  $x_p$  – досвід розробників,  $q$  – якість,  $s_{cp}$  – розмір прототипу,  $t_{cp}$  – час прототипування,  $d_{cp}$  – кількість розробників, які виконують прототипування,  $p_{cp}$  – продуктивність розробників, які виконують прототипування.

В моделі оцінки часу програмних проектів за узагальненою моделлю без прототипування критерії які враховують прототипування будуть відсутні:

$$D_{ts} = A \cdot D_{com}^e \cdot D_{prod}^f \cdot D_{reus}^j \cdot D_{qua}^i \cdot , \quad (4)$$

$$\text{де } D_{ts} = \frac{t \cdot l_f}{s} \cdot$$

Для швидких програмних проектів кількість використовуваних метрик проекту значно менша ніж для проектів за узагальненою моделлю. Модель оцінки часу буде складатися з двох критеріїв:

$$A_{ts} = A \cdot A_{pq}^c, \quad (5)$$

де  $A_{ts} = \frac{t}{s_t \cdot i_{ed} \cdot d}$ ,  $A_{pq} = \frac{r_{ts} \cdot n_t}{s_t}$ ,  $s_t$  – кількість історій користувачів,  $i_{ed}$  – число ідеальних інженерних днів,  $r_{ts}$  – кількість відтестованих функціональних можливостей,  $n_t$  – кількість тестів.

Програмні проекти з відкритим кодом мають іншу множину визначальних час параметрів:

$$F_t = A \cdot F_{scope}^a \cdot F_{qua}^f \cdot F_{ext}^e, \quad (6)$$

де  $F_t = \frac{t \cdot \delta_d}{d_c}$ ,  $F_{scope} = \frac{s \cdot \delta_d}{d^2 \cdot c_v}$ ,  $F_{qua} = \frac{\delta_d \cdot b}{d_c \cdot r_b}$ ,  $F_{ext} = \frac{r_p \cdot p_v}{d_c \cdot p_v}$ ,  $d_c$  – кількість основних розробників,  $b$  – кількість дефектів,  $\delta_d$  – обсяг залучення сторонніх розробників,  $r_b$  – темп виправлення дефектів,  $c_v$  – обсяг внутрішніх змін,  $r_p$  – обсяг надходження допрацювань,  $p_v$  – розмір допрацювань,  $F_t$  – критерій часу,  $F_{scope}$  – критерій обсягу проекту,  $F_{qua}$  – критерій якості,  $F_{ext}$  – критерій обсягу зовнішніх змін.

Оцінка вартості виконання програмного проекту виконується за залежністю:

$$\begin{aligned} s_m &= t \cdot d; \\ s &= s_m \cdot l, \end{aligned} \quad (7)$$

де  $s_m$  – працезатрати,  $l$  – середня ставка розробника,  $s$  – оцінка вартості,  $t$  – оцінка часу виконання за однією із моделей (4-6).

У **четвертому розділі** проведено емпіричне дослідження розроблених у роботі моделей оцінки часу виконання програмних проектів, їх точності і обґрунтування достовірності.

Для проведення такого дослідження була придбана і використана база даних метрик програмних проектів Міжнародної групи стандартизації оцінок програмного забезпечення ISBSG. Згідно з умовами ліцензійної угоди, в роботі були проаналізовані дані більш ніж 3000 проектів.

Оскільки у використаній базі даних відсутня частина метрик, для моделей (3-6) була побудована спрощена модель:

$$D_t = A \cdot (D_c)^g \cdot (D_p)^h, \quad (8)$$

де  $D_t = \frac{t}{sp}$ ,  $D_c = \frac{sx_p}{q}$ ,  $D_p = pl_f d$  – критерії часу, складності та продуктивності.

Всі проекти було розподілено по класам подібності згідно з типом розробки та типом застосування. Всередині класів проекти поділені на групи згідно з умовою подібності, якою є множина з параметрів засобу замірів, методу планування, характеристики архітектури цільового оточення, типу мови програмування.

В емпіричному дослідженні для проектів з кожної групи розраховані значення критеріїв  $D_t$ ,  $D_p$  і  $D_c$ . Згідно з правилом подібності, для кожної групи критерії повинні мати однакові значення. Тому отримані значення критеріїв оброблялись як статистична вибірка з розподілом Стюдента, для якої розраховувались вибіркова середня та довірчий інтервал. Із середніх значень критеріїв для кожної групи одного класу проектів складається система нелінійних алгебраїчних рівнянь, рішенням котрої є коефіцієнт  $A$  і показники ступеню  $g$  і  $h$ .

В результаті аналізу отримані критеріальні рівняння для наступних класів програмних проектів:

1. проекти розробки систем обробки транзакцій:  $D_t = 308 \cdot D_c^{-0.669} \cdot D_p^{-0.209}$  (9)

2. проекти доробки систем обробки транзакцій:  $D_t = 843 \cdot D_c^{-1.114} \cdot D_p^{-0.107}$  (10)

3. проекти розробки систем підтримки прийняття рішень:  $D_t = 631 \cdot D_c^{-0.82} \cdot D_p^{-0.239}$  (11)

4. проекти розробки систем автоматизації діяльності офісів:  $D_t = 857 \cdot D_c^{-0.427} \cdot D_p^{-0.757}$  (12)

5. проекти розробки систем управління процесами:  $D_t = 219 \cdot D_c^{-0.572} \cdot D_p^{-0.307}$  (13)

Для перевірки точності моделі оцінки часу для кожного проекту розраховувалась оцінка як  $t_{am} = A \cdot s \cdot p \cdot D_c^g \cdot D_p^h$ , яка співставлялась з реальним часом виконання проекту та з оцінкою за найбільш популярною регресійною моделлю СОСОМО. За результатами співставлення (рис. 5) була отримана середня відносна похибка оцінок часу 32% для аналогової моделі і 87% для моделі СОСОМО.

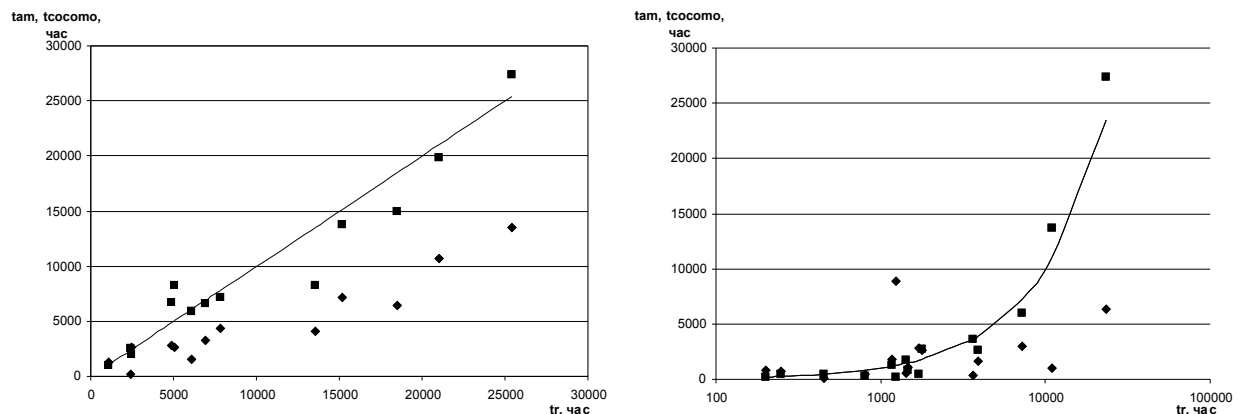


Рис. 5. Співставлення оцінок аналогової моделі, моделі СОСОМО та реальних проектних даних для проектів а) класу 1 б) класу 2:

- – оцінки аналогової моделі ( $t_{am}$ );
- ◇ – оцінки моделі СОСОМО ( $t_{cocomo}$ );

**П'ятий розділ** присвячений розробці вдосконаленої методики більш ефективного управління проектами з відкритим кодом беручи за основу знань розроблені моделі життєвого циклу і системи управління з використанням уточнених моделей оцінки часу і вартості. Методика складається з трьох дій:

- визначення застосовності моделі розробки програмного забезпечення з відкритим кодом для конкретного проекту;
- визначення типу ліцензування і організації взаємодії між учасниками проекту;

- прототипування та ініціалізація середовища проекту.

Для обґрунтування застосовності моделі розробки з відкритим кодом в роботі запропоновано використовувати послідовно два метода – метод аналізу розпізнавальних категорій та метод аналізу ризиків.

За адаптованим для програмних проектів з відкритим кодом методом аналізу розпізнавальних категорій вирішується можливість взагалі використання моделі розробки з відкритим кодом або найближчих альтернатив.

Використання адаптованого для програмних проектів з відкритим кодом методу аналізу ризиків Боєма і Тюнєра дозволяє визначити обсяг планування та обсяг відкритості коду за алгоритмом, зображеним на рис. 6. За результатами аналізу ризиків пропонується стратегія їх вирішення з використанням запропонованого в роботі переліку ідентифікованих ризиків відкритості коду та рекомендацій з їх вирішення.

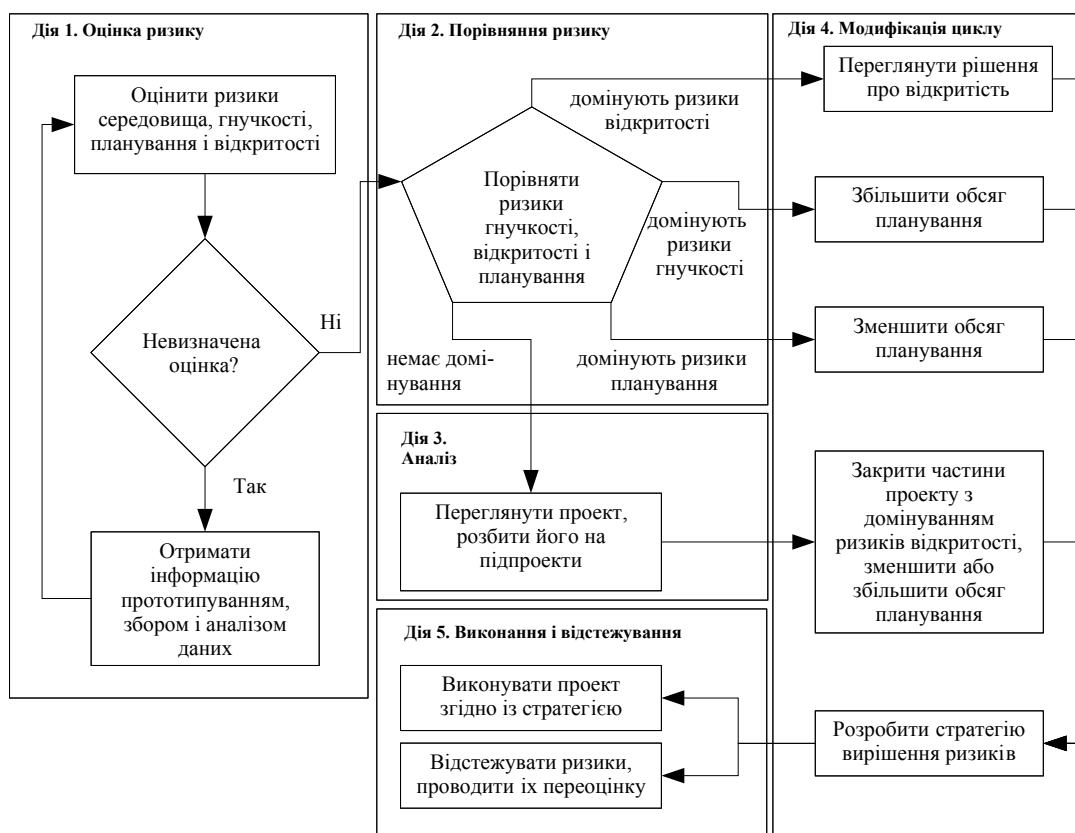


Рис. 6. Алгоритм виконання аналізу ризиків для визначення обсягу відкритості

Наступною дією після визначення застосовності методики є вибір типу ліцензування продукту, який визначає форму взаємодії між учасниками проекту. Останньою дією в запропонованій в роботі методиці є послідовність кроків для прототипування й ініціалізації інфраструктури проекту згідно з розробленою моделлю життєвого циклу. Наведено рекомендації щодо вибору системи управління версіями; настройки списків розсилки; введення в дію IRC каналів проекту; розміщення веб-серверів і форумів; впровадження

системи контролю змін; ініціалізації механізмів забезпечення самоорганізації. Вказано місце і послідовність виконання оцінок часу і вартості розробки.

Для доведення ефекту підвищення ефективності управління розроблена методика використовувалась для управління проектами з відкритим кодом MediaCloth, KDevelop, ActiveReCpp і KDE-Eclipse, які були завершені вчасно і в яких були вироблені програмні продукти із заданою функціональністю і якістю.

## **ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі вирішено важливе науково-технічне завдання – підвищена ефективність управління програмними проектами з відкритим кодом і забезпечено їх завершення в рамках заданих обмежень часу, вартості та якості на підставі розробленої моделі життєвого циклу і системи управління проектів розробки програмного забезпечення з відкритим кодом та розробленої і емпірично підтвердженої моделі оцінки часу і вартості виконання таких проектів.

При цьому отримані такі результати:

1. Розроблена модель життєвого циклу програмних проектів з відкритим кодом, яка визначає перелік і послідовність дій для виконання в проекті, зазначає місце процесів управління в життєвому циклі та відповідає вимогам стандартів ISO 12207 і ДСТУ 3918-1999.
2. Розроблена математична модель системи управління програмними проектами з відкритим кодом та створено програмне забезпечення, яке для даних обмежень значень параметрів стану системи і коефіцієнтів їх взаємного впливу розраховує вірогідність стабільності системи.
3. Обґрунтовані керуваність проекту і можливість його успішного завершення наявністю поля стабільності системи управління, яке дозволяє прийняти рішення ще до початку проекту про його здійсненність.
4. Визначено, що наявність в моделі системи управління ступеневих функцій забезпечує самоорганізацію в проектах з відкритим кодом, що підвищує вірогідність їх успішного завершення за умови дестабілізуючих зовнішніх змін.
5. Розроблені аналогові моделі оцінки часу та вартості розробки програмного забезпечення які враховують не тільки розмір продукту та і його якість, темп розробки і доробки, показники ефективності проектної команди та інші параметри, які визначають час і вартість.
6. Визначені чисельні параметри аналогових моделей проектів розробки і доробки систем обробки транзакцій, підтримки прийняття рішень, автоматизації діяльності офісів і управління процесами на виробництві з середньою похибкою оцінок часу на 55% нижчою ніж похибка оцінок існуючої моделі COCOMO.
7. Доведено, що застосування розроблених моделей оцінки часу при виконанні програмних проектів з відкритим кодом KDevelop і MediaCloth знизило похибку

оцінки часу відповідно до 6% й 17%, що дозволило коректно визначити обсяг витрат для виконання проектів із заданою якістю і підтвердити підвищення ефективності управління проектами.

8. Розроблено методику управління програмними проектами з відкритим кодом, яка включає алгоритм обґрунтування вибору відкритої моделі з використанням методів аналізу розпізнавальних категорій і аналізу ризиків; рекомендації з типу ліцензування продукту і ініціалізації інфраструктури проекту.
9. Обґрунтовано, що використання методики підвищило ефективність управління проектами з відкритим кодом завдяки правильному вибору моделі розробки програмного забезпечення з відкритим кодом для проектів MediaCloth і ActiveReCsp, успішному забезпеченню ініціалізації і виконання проектів MediaCloth, ActiveReCsp, KDevelop і KDE Eclipse в рамках заданих обмежень якості, вартості і часу.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у фахових виданнях, які входять до переліку затвердженому ВАК України

1. Дымо А.Б., Морозова А.С. Открытая модель жизненного цикла программных проектов. // Збірник наукових праць НУК. - Миколаїв: НУК, 2005. - №5 (404). - С.134-141.  
*Особистий внесок здобувача: розроблено модель життєвого циклу програмних проектів з відкритим кодом і визначено перелік фаз, які складають життєвий цикл.*
2. Дымо А.Б. Применение теории подобия для оценки стоимости разработки программных продуктов. // Збірник наукових праць НУК. - Миколаїв: НУК, 2006. - №3 (408). - С.162-167.
3. Дымо А.Б. Модели оценок времени выполнения программных проектов на основе базы данных метрик проектов ISBSG // Збірник наукових праць НУК. - Миколаїв: НУК, 2006. - № 5 (410). - С.53-56.
4. Дымо А.Б., Олейник А.И. Определение объема открытости исходного кода в программном проекте методом анализа рисков // Вестник ХНТУ. - Херсон: ХНТУ, 2007. - №4(27). - С. 248 - 251.  
*Особистий внесок здобувача: ідентифіковано ризики відкритості кода програмного проекту та адаптовано алгоритм виконання аналізу ризиків для проектів з відкритим кодом.*
5. Дымо А.Б. Исследование динамики системы управления программными проектами с открытым кодом // Збірник наукових праць НУК. - Миколаїв: НУК, 2007. - № 3 (414). - С.174-179.



### Додаткові публікації, матеріали конференцій

1. Дымо А.Б., Кошкин К.В. Организация работы студентов в рамках проекта автоматизации деятельности университетов при выполнении дипломного проектирования // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. - Київ-Вінниця: ДОВ Вінниця, 2004. - №6. - С. 343 - 349.  
*Особистий внесок здобувача: обгрунтована застосовність програмного забезпечення з відкритим кодом для розробки систем автоматизації діяльності університетів і запропонован перелік програмних способів з відкритим кодом, які можливо застосовувати при розробці.*
2. Дымо А.Б. CASE средства создания программного обеспечения автоматизации деятельности университетов // Международная научно-техническая конференция “Автоматизация: проблемы, идеи, решения”: Материалы конференции. - Севастополь: СевНТУ, 2004. - С.58 - 59.
3. Дымо А.Б. Инструменты поддержки жизненного цикла разработки программного обеспечения автоматизации деятельности университетов // “Информационные технологии в XXI веке”: Материалы конференции. - Днепропетровск: ИПК ИнКомЦентра УГХТУ, 2004. - С. 67-68.
4. Дымо А.Б. Интенсификация разработки программного проекта: открытая модель // “Світ інформації та телекомунікацій-2005”: Матеріали конференції. - Київ: ДУІКТ, 2005. - с. 132.
5. Дымо А.Б. Аналоговое моделирование: инновация в области оценки показателей программных проектов // “Світ інформації та телекомунікацій-2005”: Матеріали конференції. - Київ: ДУІКТ, 2005. - с. 133.
6. Dymo A. KDevelop – the Comprehensive Tool for Development Tasks // Linux Symposium 2005: Programme. - Ottawa, Canada, 2005. - p. 56.
7. Dymo A. Rapid Linux Desktop Development with KDE and KDevelop // Desktop Developers' Conference: Programme. - Ottawa, Canada, 2005. - p. 24.
8. Dymo A. Automated search for security problems inside the C++ code // Open Source Security conference: Conference Proceedings. - Warsaw, Poland, 2005. - pp. 21-36.
9. Dymo A. Open Source Software Engineering. // II Open Source World Conference: Proceedings Book. - Malaga, Spain, 2006. - pp. 59-63.
10. Dymo A. Accomplishments And Challenges of The KDevelop Team. // "aKademy 2006" KDE Contributors Conference: Proceedings of the Conference. - Dublin, Ireland, 2007. - p. 9.
11. Dymo A. Ruby on Rails Application Development with KDevelop and RadRails // Linux Symposium: Event Programme. - Ottawa, Canada, 2007. - p. 16.

## **АНОТАЦІЯ**

**Димо О.Б. Підвищення ефективності управління проектами розробки програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом. - Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.22 – Управління проектами і програмами. - Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України, Миколаїв, 2007.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладної задачі розробки способів підвищення ефективності управління програмними проектами з відкритим кодом.

Розроблена модель життєвого циклу проектів розробки програмного забезпечення з відкритим кодом. Побудована математична модель динаміки системи управління такими проектами, досліджений механізм самоорганізації в системі для забезпечення ефективного управління в умовах дестабілізуючих зовнішніх змін. Розроблені аналогові моделі оцінки вартості і часу розробки програмного забезпечення, які дають більш точні оцінки ніж існуючі моделі і дозволяють успішно завершувати проекти в рамках заданих часу, вартості і якості. Розроблено і впроваджено в практику методіку управління програмними проектами з відкритим кодом, що регламентує дії для ефективного управління при ініціалізації і виконанні проектів.

**Ключові слова:** проект, життєвий цикл, самоорганізація, управління вартістю, управління часом, методіка управління, система управління, програмне забезпечення з відкритим кодом, аналогова модель.

## **АННОТАЦИЯ**

**Дымо А.Б. Повышение эффективности управления проектами разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом - Рукопись.**

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.22 – Управление проектами и программами. - Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова Министерства образования и науки Украины, Николаев, 2007.

В диссертационной работе дано теоретическое обоснование и практическое решение актуальной задачи по разработке средств повышения эффективности управления программными проектами с открытым кодом.

Показано, что в условиях возникновения все большего числа программных проектов с открытым кодом основными причинами их неуспешного завершения является

неизученность модели разработки, отсутствие достоверных способов оценок времени и стоимости их выполнения а также четких рекомендаций по обоснованию выбора модели.

На основе анализа уже выполненных и выполняемых проектов разработана модель жизненного цикла, выделены фазы модели и определено содержание каждой фазы. Разработанная модель жизненного цикла является основой знаний для эффективного управления проектами.

Построена модель динамики системы управления программным проектом с открытым кодом в виде системы дифференциальных уравнений состояния. Исследована устойчивость и сверхустойчивость системы, выделены параметры, влияющие на самоорганизацию и численным моделированием показано, что вероятность устойчивости системы составляет 25%, а для поиска нового устойчивого состояния требуется в среднем 4 итерации, что доказывает возможность эффективного управления при внешних дестабилизирующих условиях.

Применены принципы аналогового моделирования для получения моделей оценок времени и стоимости разработки программного обеспечения. Путем использования метода анализа размерностей теории подобия получены аналоговые модели оценки времени и стоимости для программных проектов.

Исследованы данные о более чем 3000 проектов из базы данных ISBSG и получены значения параметров моделей оценки времени и стоимости разработки. Проведен сравнительный анализ оценок аналоговых моделей и модели COCOMO и показано что средняя относительная погрешность аналоговых моделей (32%) меньше чем COCOMO (87%), что позволяет применять их для более эффективного управление программными проектами в рамках заданных ограничений времени, стоимости и качества.

Разработана методика управления программными проектами с открытым кодом, включающая в себя рекомендации по обоснованию выбора открытой модели и типа лицензирования, инициализации проекта и механизма обеспечения самоорганизации, взаимодействию участников проекта. Указаны место и последовательность выполнения оценок времени и стоимости разработки. Предложенная методика применена при управлении проектами KDevelop, MediaCloth, ActiveReCxx и KDE-Eclipse, которые были успешно выполнены.

**Ключевые слова:** проект, жизненный цикл, самоорганизация, управление стоимостью, управление временем, методика управления, динамика управления, программное обеспечение с открытым кодом, теория подобия, аналоговая модель.

## **ABSTRACT**

**Dymo O.B. Enhancement of open source software project management efficiency.** - Manuscript.

Thesis for Candidate of Technical Sciences degree in Speciality 05.13.22 – Project and Program management. - National University of Shipbuilding named after admiral Makarov of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Mykolayiv, 2007.

The scientific task of enhancement of open source software project management efficiency is solved in the dissertation.

Open source software development lifecycle model and project management system dynamics model are developed. The self-organization mechanism is studied to ensure the manageability of the system in case of destabilizing external changes. Analog models of software development cost and time with better precision than existing cost and time models are developed, thus ensuring the efficient management within given time, cost and quality bounds. The open source project management strategy including recommendations for effective management during project initialization and development is proposed and used in practice.

**Keywords:** project, lifecycle, self-organization, cost estimation, time estimation, management strategy, management dynamics, open source software, similarity theory, analog model.

Свідотство про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів  
видавничої продукції ДК № 2506 від 25.05.2006.

Підписано до друку 09.10.2007 р. Папір офсетний. Формат 60×84×16  
Гарнітура Таймс. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 0,7  
Обл.-вид. арк. 0,8. Тираж 100 прим. Зам № 321

---

Друкарня видавництва Національного університету кораблебудування,  
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5